

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XVIII.

1 Maja 1936 r.

Zeszyt 9.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

Od Komisji Referatowej

Spis referatów na str. 396

W bieżącym roku referaty Zjazdowe zostały podzielone na sześć sekcji:

I Naukowa z podsekcją szkolnictwa elektrycznego.

II Elektryfikacyjna.

III Przemysłowa.

IV Trakcyjna.

V Telekomunikacyjna.

VI Postępy przemysłu elektrotechnicznego w Polsce.

W Sekcji pierwszej mamy przedewszystkiem kilka przyczynków o charakterze teoretycznym, mających jednak również pewne znaczenie praktyczne. Spodziewać się więc należy, że właśnie na tle tych praktycznych wniosków wywiązać się powinna dyskusja, oświetlająca wszechstronnie poruszane w referatach zagadnienia.

Odrębny dział stanowią następne referaty, omawiające sprawy szkolnictwa elektrotechnicznego głównie w zakresie gimnazjum elektrycznego, którego organizacja realizuje się obecnie. W referatach są przedstawione myśli twórców programu, podkreślony cel kształcenia na tym poziomie i metody, prowadzące do osiągnięcia tego celu w różnych działach. Pożądanem jest bardzo, aby treść tych referatów wywołała dyskusję, która mogłaby wpłynąć na udoskonalenie programów i metod nauczania. Spodziewamy się usłyszeć tu zdanie przedewszystkiem elektryków, którzy w życiu praktycznym stykają się z pracą techników, mających średnie wykształcenie.

Referat Dr. St. Ziemeckiego dotyczący podstaw wykształcenia elektryków na poziomie licealnym — omawia zagadnienie nauczania fizyki. Przedmiot ten ma tak doniosłe znaczenie dla podstaw wiedzy elektrotechnicznej, że niewątpliwie sprawa właściwego potraktowania metod i zakresu nauczania w tym przedmiocie znajdzie wielu zainteresowanych i wywiąże się rzeczowa dyskusja.

Przy sposobności można będzie poruszyć i oświetlić wielostronnie wogóle sprawę programów i zakresu nauczania na poziomie licealnym, ważnem to jest szczególnie z tego względu, że właśnie obecnie programy te są opracowywane. Byłoby pożądane, aby wszyscy elektrycy, którzy sprawami nauczania się interesują, przygotowali na zjazd materiał dyskusyjny, z którym mogliby wystąpić i przyczynić się do najlepszego ujęcia oświaty zawodowej w dziedzinie elektrotechniki u nas w Polsce.

Sekcja elektryfikacyjna ma przedewszystkiem kilka referatów z dziedziny wielkich sieci, które stanowią najbardziej aktualne zagadnienie dnia dzisiejszego dla elektryków polskich. Dziś mamy bardzo wdzięczne i ważne zadanie rozwinięcia wielkich sieci elektrycznych w Polsce w sposób najbardziej celowy i umiejętny, stosując najwłaściwsze konstrukcje i najnowocześniejsze urządzenia. W tych warunkach wymiana zdań wśród zawodowców, opracowujących odpowiednie działy elektryfikacji w Polsce, oczywiście będzie bardzo cenna.

Poza ten ważny temat porusza referat prof. Chrzastowskiego: racjonalnego wyboru napędu parowego i jego rozwoju, — temat tak aktualny dla naszych elektrowni.

Nie można jednak przy tem zapominać również o naszych siłach wodnych, których przegląd dają dwa inne referaty. Dyskusja nad możliwością i koniecznością wyzyskania tych źródeł energii jest niezbędna. Wreszcie zawsze są w czasie niewyczerpane tematy poruszone w referatach Hardina i Raucha, dotyczące należytego sprecyzowania uprawnień i taryfikacji. Tu dyskusja może dużo oświetlić i ułatwić znalezienie najwłaściwszej drogi przy rozwiązywaniu tych zagadnień.

Trzecia Sekcja, — przemysłowa — w tym roku zawiera obszerne referaty, dotyczące elektryfikacji: urządzeń przeładunkowych i przemysłów włókienniczego, papierniczego i cukrowniczego. We wszystkich referatach omówione są sposoby stosowania napędu elektrycznego, a szczególnie

szeroko uwzględniono udoskonalenia ostatnich lat. Należy uważać za bardzo pożyteczne zapoznanie się inżynierów pewnej specjalności z napędem elektrycznym w innych przemysłach, gdyż w ten sposób doświadczenie, zdobyte w jednym przemyśle, może być wykorzystane w innym. Wspólna dyskusja może wiele rzeczy wyjaśnić i wyłonić nowe pomysły stosowania silników elektrycznych i regulacji ich biegu.

Do sekcji przemysłowej należy również zagadnienie organizacji bezpieczeństwa pracy oraz analiza statystyki porażen elektrycznych. Rozważanie w dyskusji tych tematów może nie jedno podkreślić i zwrócić uwagę na możliwości ulepszenia naszych urządzeń pod względem bezpieczeństwa przy obsłudze i zastosowaniu w życiu codziennym.

Do sekcji trakcyjnej należy również zagadnienie organizacji bezpieczeństwa pracy oraz analiza statystyki porażen elektrycznych. Rozważanie w dyskusji tych tematów może nie jedno podkreślić i zwrócić uwagę na możliwości ulepszenia naszych urządzeń pod względem bezpieczeństwa przy obsłudze i zastosowaniu w życiu codziennym.

Sekcja trakcyjna, opierając się na trzech referatach, zajmie się na tegorocznym Zjeździe głównie sprawą porównania różnych środków komunikacyjnych — miejskich i podmiejskich. Na czem oprócz wybór rodzaju wozów i jakie są ich zalety i wady: są to pytania bardzo wdzięczne do rzeczowej dyskusji.

Problem zaopatrywania kolei elektrycznej prądem, poruszony w ostatnim referacie, bardzo jest ciekawy ze względu na nowe doświadczenia, przeprowadzane obecnie w Niemczech z lokomotywami prostownikowymi.

Sekcja telekomunikacyjna ma referaty bardzo urozmaicone, oparte głównie na pracach Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego, tak z dziedziny radjotechniki, jak i komunikacji drutowej. Na szczególnie wzmiankę zasługuje sprawa badania czułości odbioru telegraficznego, usuwanie zakłóceń w radjoodbiornikach od trakcji elektrycznej i instalacja radjokomunikacji na falach decymetrowych.

Zagadnienia powyższe, chociaż dość specjalne, mogą jednak wzbudzić zainteresowanie szerszego grona osób, interesujących się postęпами radjotechniki i pracujących w tym dziale lub pokrewnych.

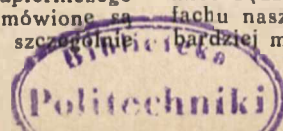
Po za tem mamy kilka referatów jeszcze bardziej specjalnych, świadczących o wielostronnych pracach i badaniach, przeprowadzanych w Instytucie.

Wymiana myśli na zebraniach zjazdowych sekcji telekomunikacyjnej może oświetlić krytycznie wyniki prac dotychczasowych, dać podjęcie do udoskonalenia przedstawionych pomysłów, powzięcia nowych oraz wytyczenia dróg, po których powinny się rozwijać dalsza działalność instytucji badawczych w Polsce.

W ostatniej sekcji — postępow przemysłu — znajdziemy sporo wiadomości o nowych przedmiotach, wykonywanych w kraju, których wyrób lub udoskonalenie rozpoczęto w ostatnim czasie. Sprawozdania tego rodzaju świadczą zawsze o ruchliwości naszych przemysłowców i przystosowaniu się do nowych potrzeb i zdążaniu w miarę możliwości za postępem.

Kończąc przegląd materiału, zebranego na zjazd tegoroczny, należy podkreślić jego wielostronność i znaczny zakres. Uczestnicy zjazdu będą musieli oczywiście wybrać sobie niektóre dziedziny, do których mieć będą szczególne zainteresowanie. Byłoby pożądane, aby uczestnik zjazdu, zamierzający przyjąć żywszy udział w pracach zjazdowych, zechciał chociaż przejrzeć artykuły, wydrukowane przed zjazdem, i obmyślił swoje uwagi do ich tematu. Im więcej będzie osób przygotowanych w ten sposób, tem bardziej treściwa i zajmująca będzie dyskusja oraz owocniejsza będą jej wyniki.

Przygotujmy się więc wszyscy do zebrania zjazdowych, a niewątpliwie będziemy mieli zadowolenie, że nie zmarnowaliśmy czasu, poświęconego na pobyt w Wilnie, gdzie mieć będziemy obok możności wymiany myśli w dziedzinie fachu naszego, jeszcze sposobność poznania jednego z najbardziej malowniczych miast w Polsce. Prof. M. Pożaryski.



SEKCYJA NAUKOWA

Podsekcja ogólna

Warunki możliwości zastąpienia długiej linii elektrycznej sztucznym układem

Dr. inż. Leon Staniewicz

Streszczenie. Zastąpienie długiej linii elektrycznej sztucznymi układami pod nazwą *T* i *II* nie zawsze jest możliwe. Autor podaje wzory, za pomocą których, w każdym poszczególnym przypadku, można ustalić granice takiej możliwości. Na kilku przykładach pokazane jest zastosowanie wprowadzonych wzorów.

Mówiąc o długiej linii elektrycznej, mam na myśli długie przewody, w których, przy prądzie zmiennym, musimy uwzględnić oporność rzeczywistą, indukcyjność, pojemność, i upływność, rozłożone wzdłuż przewodów, przyczem ograniczę się do linii jednorodnych, w których wymienione wielkości rozłożone są równomiernie i mają wartości stałe; poza tem prąd zmienny ma przebieg sinusoidalny i stan obwodu jest ustalony.

$$\cos 2\alpha = \frac{1}{Z^2} \frac{AR + \omega^2 LC}{A^2 + \omega^2 C^2}; \quad \sin 2\alpha = \frac{1}{Z^2} \frac{(AL - RC)\omega}{A^2 + \omega^2 C^2};$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{2} [\sqrt{(A^2 + \omega^2 C^2)(R^2 + \omega^2 L^2)} + AR - \omega^2 LC]};$$

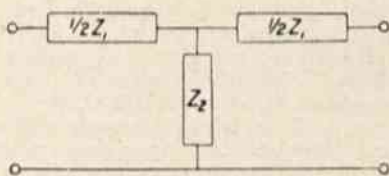
$$b = \sqrt{\frac{1}{2} [\sqrt{(A^2 + \omega^2 C^2)(R^2 + \omega^2 L^2)} - AR + \omega^2 LC]};$$

$$k = a + jb.$$

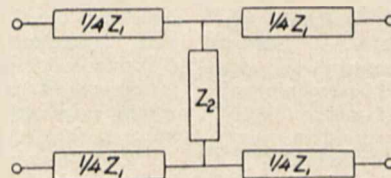
Należy zauważyć, że $\cos 2\alpha$ ma zawsze wartość dodatnią, więc argument α może się zmieniać tylko w granicach

$$-\frac{\pi}{4} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{4},$$

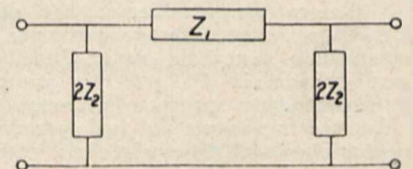
przyczem znak α zależy od znaku wyrażenia $AL - RC$.



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

Gdy chodzi tylko o wyrażenie zależności napięć i prądów między dwoma dowolnymi punktami takiej linii, np. między jej początkiem i końcem, można, w niektórych przypadkach, zastąpić linię przez układ zastępczy, zawierający oporności pozorne w pewien sposób połączone.

Najbardziej znane są dwa układy pod nazwą *T* (rys. 1 lub 2) oraz *II* (rys. 3 lub 4), gdzie Z_1 i Z_2 stanowią oporności pozorne.

Oznaczając przez R, L, C i A , obliczone na jeden kilometr długości linii, oporność rzeczywistą, indukcyjność, pojemność i upływność; przez ω pulsację prądu zmiennego ($\omega = 2\pi f$, gdzie f stanowi częstotliwość prądu); zakładając $j = \sqrt{-1}$ i stosując metodę symboliczną, mamy następujące wzory dla oporności falowej Z , współczynnika tłumienia α , współczynnika długości fali b i stałej rozchodzenia się fali k (L. Staniewicz. Teoria Prądów Zmiennych. Warszawa. 1935, str. 282, 283 i 308):

$$\hat{Z} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{A + j\omega C}} = Z(\cos \alpha + j \sin \alpha),$$

gdzie

$$Z = \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{A^2 + \omega^2 C^2}};$$

Aby sztuczny układ mógł zastąpić rozpatrywaną linię, której długość oznaczmy przez l , powinny być spełnione następujące warunki (T. P. Z. str. 322 i 323):

dla układu *T*

$$\hat{Z}_1 = \frac{2(\hat{S} - 1)\hat{Z}_0}{\hat{S}}; \quad \hat{Z}_2 = \frac{\hat{Z}_0}{\hat{S}};$$

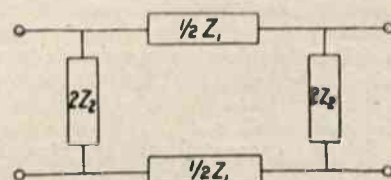
dla układu *II*

$$\hat{Z}_1 = \hat{Z}_2 \hat{S}; \quad \hat{Z}_2 = \frac{1}{2} \frac{\hat{Z}_2 \hat{S}}{\hat{S} - 1},$$

gdzie $\hat{S} = \cosh \text{hip } kl$ stanowi współczynnik linjowy, zaś Z_0 i Z_2 oznaczają odpowiednio oporności pozorne danej linii w stanie jałowym i w stanie zwarcia; ponieważ (T. P. Z. str. 311)

$$\hat{Z}_0 = \hat{Z} \cot \text{hip } kl, \quad \hat{Z}_2 = \hat{Z} \tanh \text{hip } kl,$$

przeto, po podstawieniu tych wartości do powyższych wzorów i po odpowiednich przekształceniach, otrzymamy



Rys. 4.

dla układu T

$$\hat{Z}_1 = 2 \hat{Z} \operatorname{tg} \operatorname{hip} \frac{kl}{2}, \quad \hat{Z}_2 = \frac{\hat{Z}}{\sin \operatorname{hip} kl};$$

dla układu II

$$\hat{Z}_1 = \hat{Z} \sin \operatorname{hip} kl, \quad \hat{Z}_2 = \frac{1}{2} \frac{\hat{Z} \sin \operatorname{hip} kl}{\cos \operatorname{hip} kl - 1}.$$

Każda z oporności pozornych Z_1 i Z_2 składa się naogół z oporności rzeczywistej R i oporności urojonej X , czyli

$$\hat{Z}_1 = R_1 + jX_1, \quad \hat{Z}_2 = R_2 + jX_2.$$

przyczem oporność rzeczywista nie może mieć wartości ujemnej.

Podstawiając do wzorów na Z_1 i Z_2 zamiast Z i k ich wartości i oddzielając części rzeczywiste od części urojonych, otrzymamy wartości oporności rzeczywistych w układzie T

$$R_1 = 2Z \frac{\cos \alpha \cdot \sin \operatorname{hip} al - \sin \alpha \cdot \sin bl}{\cos \operatorname{hip} al + \cos bl},$$

$$R_2 = Z \frac{\cos \alpha \cos bl \cdot \sin \operatorname{hip} al + \sin \alpha \cdot \sin bl \cdot \cos \operatorname{hip} al}{\cos^2 bl \cdot \sin \operatorname{hip}^2 al + \sin^2 bl \cdot \cos \operatorname{hip}^2 al};$$

ponieważ $l > 0$, przeto mianowniki w obu ostatnich wzorach są większe od zera, więc aby R_1 i R_2 miały wartości dodatnie, wystarczy, aby były spełnione następujące warunki:

$$f_1(l) = \cos \alpha \cdot \sin \operatorname{hip} al - \sin \alpha \cdot \sin bl > 0,$$

$$f_2(l) = \cos \alpha \cdot \cos bl \cdot \sin \operatorname{hip} al + \sin \alpha \cdot \sin bl \cdot \cos \operatorname{hip} al > 0;$$

ale $\cos \alpha > 0$, jak to na początku było stwierdzone, przeto powyższe warunki możemy przepisać w postaci

$$f_1(l) = \sin \operatorname{hip} al - \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin bl > 0 \quad \dots \dots \dots (1),$$

$$f_2(l) = \cos bl \cdot \sin \operatorname{hip} al + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin bl \cdot \cos \operatorname{hip} al > 0 \quad \dots \dots (2).$$

Dla układu II znajdziemy analogicznie warunki, które muszą być spełnione, aby oporności rzeczywiste wypadły dodatnie, w postaci

$$f_3(l) = \sin \operatorname{hip} al + \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin bl > 0 \quad \dots \dots \dots (3),$$

$$f_4(l) = \cos bl \cdot \sin \operatorname{hip} al - \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin bl \cdot \cos \operatorname{hip} al > 0 \quad \dots \dots (4);$$

Rozpatrzmy zastosowanie tych wzorów na kilku przykładach.

Przykład I. Linja napowietrzna wysokiego napięcia.

Dane $R = 0,2 \Omega/\text{km}$; $L = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ H}/\text{km}$; $C = 9 \cdot 10^{-9} \text{ F}/\text{km}$;
 $A = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ S}/\text{km}$; $f = 50 \text{ okr./sek}$; $\omega = 314$.

Na podstawie tych danych znajdujemy

$$a = 0,26 \cdot 10^{-3}; \quad b = 1,07 \cdot 10^{-3}; \quad \alpha = -14^\circ, \quad \operatorname{tg} \alpha = -0,25;$$

$$\text{długość fali } \lambda = \frac{2\pi}{b} = 5869 \text{ km}.$$

Dla układu T ze wzorów (1) i (2) otrzymamy

$$f_1(l) = \sin \operatorname{hip} al + 0,25 \sin bl > 0,$$

$$f_2(l) = \cos bl \cdot \sin \operatorname{hip} al - 0,25 \sin bl \cdot \cos \operatorname{hip} al > 0.$$

Warunek pierwszy będzie zawsze spełniony, czyli zawsze $f_1(l) > 0$ ponieważ $\sin \operatorname{hip} al$ dla $l > 0$ jest większy od zera, $\sin bl$ dla wartości bl , zawartych w granicach 0 do π jest większy od zera, zaś dla wartości $bl > \pi$, czyli $al > \frac{a}{b} \pi = 0,76$, gdy $\sin bl$ ma wartość ujemną, $\sin \operatorname{hip} al > 0,25$. Pozostaje więc do zbadania $f_2(l)$. Łatwo zauważyć, że

$$f_2(l) > 0, \text{ gdy } \cos bl > 0, \sin bl < 0,$$

czyli, dla l nie przekraczających długości jednej fali (5869 km), gdy

$$\frac{3}{2} \pi \leq bl \leq 2\pi,$$

$$4403 \leq l \leq 5869;$$

$$f_2(l) < 0, \text{ gdy } \cos bl \leq 0, \sin bl > 0,$$

czyli, gdy

$$\frac{\pi}{2} \leq bl \leq \pi, \\ 1468 \leq l \leq 2935.$$

Należy jeszcze rozpatrzyć przypadki, gdy

$$0 < bl < \frac{\pi}{2}, \quad \text{oraz} \quad \pi < bl < \frac{3}{2} \pi,$$

$$0 < l < 1468 \quad 2935 < l < 4403.$$

W pierwszym przypadku badanie wykazuje, że $f_2(l) < 0$, czyli niezbędny warunek nie jest spełniony; w drugim przypadku $f_2(l)$ pozostaje ujemną do wartości $bl = \pi + 0,4 \pi = 1,4 \pi$ czyli do $l = 4113$, gdy $f_2(l) = 0$; następnie przy wzroście l staje się dodatnią. W ten sposób, w granicach długości jednej fali, rozpatrywana linja może być zastąpiona układem T tylko, gdy

$$4113 < l \leq 5869.$$

Dla układu II ze wzorów (3) i (4) będziemy mieli

$$f_3(l) = \sin \operatorname{hip} al - 0,25 \sin bl > 0,$$

$$f_4(l) = \cos bl \sin \operatorname{hip} al + 0,25 \sin bl \cos \operatorname{hip} al > 0.$$

Pierwsza z tych funkcji $f_3(l)$ z początku ma wartość ujemną; dla wartości $bl = 0,4$, $l = 375$, przechodzi ona przez wartość 0, następnie staje się dodatnią; czyli możliwość zastosowania układu II , z tego warunku, rozpoczyna się dla $l > 375$. Badając $f_4(l)$, znajdziemy, że funkcja ta jest większą od 0, gdy $0 < bl < 2,058$, czyli $0 < l < 1924$; przy większych wartościach l , $f_4(l)$, w granicach długości jednej fali, pozostaje ujemną. Wobec tego, rozpatrywaną linję można zastąpić układem II tylko dla $375 < l < 1924$.

Zestawiając otrzymane rezultaty, przychodzimy do wniosku, że dla długości rozpatrywanej linii

od 0 do 375 km nie można zastosować ani T , ani II ,

od 376 do 1923 km można zastosować II

od 1924 do 4113 km nie można zastosować ani T , ani II ,

od 4114 do 5869 km można zastosować T .

Przykład II. Linja telefoniczna kablowa, pupinizowana; przewody o średnicy 1,4 mm. Dane dla tej linii są następujące:

$$R \text{ (łącznie z opornością cewek)} = 28 \Omega/\text{km};$$

$$L = 70 \text{ mH}/\text{km}; \quad C = 0,0355 \mu\text{F}/\text{km}; \quad A = 0,8 \mu\text{S}/\text{km};$$

$$\omega = 5000.$$

Znajdujemy z obliczenia:

$$a = 0,01; \quad b = 0,25; \quad \alpha = 0; \quad \text{długość fali } \lambda = 25 \text{ km}.$$

Ze wzorów (1), (2), (3) i (4) otrzymujemy:

$$f_1(l) = \sin \operatorname{hip} al > 0,$$

$$f_2(l) = \cos bl \sin \operatorname{hip} al > 0,$$

$$f_3(l) = \sin \operatorname{hip} al > 0,$$

$$f_4(l) = \cos bl \sin \operatorname{hip} al > 0.$$

Widzimy, że $f_1(l) = f_3(l)$ oraz $f_2(l) = f_4(l)$, to znaczy, że warunki możliwości zastąpienia rozpatrywanej linii sztucznym układem są jednakowe dla obu układów T i II

Dla $l > 0$ $f_1(l)$ i $f_3(l)$ są większe od 0, zaś $f_2(l)$ lub $f_4(l)$ będą większe od 0 w przypadku, gdy $\cos bl > 0$, czyli, gdy:

$$2n\pi < bl < \frac{\pi}{2} + 2n\pi,$$

$$25n < l < 6,25 + 25n$$

$$\text{oraz } \frac{3}{2} \pi + 2n\pi < bl \leq (n+1)2\pi,$$

$$18,75 + 25n < l \leq (n+1)25,$$

gdzie n oznacza dowolną liczbę całkowitą lub zero.

Przykład III. Linja telegraficzna kablowa.

Dane: $R = 3,4 \Omega/\text{km}$; $L = 0,2 \text{ mH}/\text{km}$; $C = 0,21 \mu\text{F}/\text{km}$; $A = 1,5 \mu\text{S}/\text{km}$; $f = 50 \text{ okr./sec}$.

Obliczamy: $a = b = 10,6 \cdot 10^{-3}$; $\alpha = -\frac{\pi}{4}$; $\operatorname{tg} \alpha = -1$;

$$\text{długość fali } \lambda = 592 \text{ km}.$$

Ze wzorów (1) i (2) otrzymujemy warunki dla układu T

$$f_1(l) = \sin hip al + \sin al > 0,$$

$$f_2(l) = \cos al \cdot \sin hip al - \sin al \cdot \cosh ip al > 0,$$

Ponieważ dla $l > 0$ $\sin hip al > \sin al$, przeto zawsze $f_1(l) > 0$. Badając funkcję $f_2(l)$, zauważymy, że

$$\frac{df_2(l)}{dl} = -2a \sin al \cdot \sin hip al,$$

z czego wynika, że $f_2(l)$ wzrasta, gdy $\sin al < 0$, czyli, gdy $\pi + 2n\pi < al < 2\pi + 2n\pi$, natomiast maleje, gdy $2n\pi < al < \pi + 2n\pi$,

Ponieważ dla $l = 0$, $f_2(l) = 0$, przeto z początku, przy wzroście l , funkcja pozostaje ujemną; od wartości $al = \pi$, $f_2(l)$ zaczyna wzrastać, pozostając jeszcze ujemną i przybiera wartość 0, gdy

$$\cos al \cdot \sin hip al = \sin al \cdot \cosh ip al,$$

czyli $\tanh ip al = \tanh al$;

ponieważ $\tanh ip al$ dla $al > \pi$ ma wartość bliską 1, więc powyższe równanie będzie miało miejsce, gdy

$$al = \pi + \frac{\pi}{4} + 2n\pi,$$

$$\text{czyli } l = \frac{5\pi}{4a} + 592n,$$

poczem staje się większą od zera. Następnie przy dalszym wzroście l , $f_2(l)$ wzrasta i dopiero od wartości $al > 2\pi + 2n\pi$,

czyli $l > \frac{2\pi + 2n\pi}{a}$ zaczyna maleć, pozostając dodatnią aż do wartości $al = 2\pi + \frac{\pi}{4} + 2n\pi$, gdy znowuż $f_2(l) = 0$, poczem staje się ujemną; zaczyna wzrastać od $al = 3\pi + 2n\pi$,

przechodzi przez 0, gdy $al = 3\pi + \frac{\pi}{4} + 2n\pi$ i staje się znowu dodatnią. Z tego wynika, że układ T , w rozpatrywanej linii, może być zastosowany, gdy

$$\pi + \frac{\pi}{4} + 2n\pi < al < 2\pi + \frac{\pi}{4} + 2n\pi,$$

czyli

$$\frac{5\pi}{4a} + \frac{2n\pi}{a} < l < \frac{9\pi}{4a} + \frac{2n\pi}{a}$$

oraz

$$3\pi + \frac{\pi}{4} + 2n\pi < al < 4\pi + \frac{\pi}{4} + 2n\pi.$$

W naszym przykładzie, gdy $a = 10,6 \cdot 10^{-3}$, warunki możliwości zastosowania układu T będą

$$370 + 592n < l < 666 + 592n$$

oraz

$$962 + 592n < l < 1528 + 592n.$$

Dla układu II ze wzorów (3) i (4) będziemy mieli

$$f_3(l) = \sin hip al - \sin al > 0,$$

$$f_4(l) = \cos al \cdot \sin hip al + \sin al \cdot \cosh ip al > 0$$

Dla $l > 0$, zawsze $f_3(l) > 0$. Badając funkcję $f_4(l)$, zauważymy, że

$$\frac{df_4(l)}{dl} = 2a \cos al \cdot \cosh ip al$$

wynika z tego, że $f_4(l)$ wzrasta ze wzrostem l , gdy $\cos al > 0$, czyli, gdy

$$2n\pi < al \leq \frac{\pi}{2} + 2n\pi,$$

oraz

$$\frac{3}{2}\pi + 2n\pi < al \leq 2\pi + 2n\pi,$$

natomiast $f_4(l)$ maleje, gdy $\cos al < 0$, czyli, gdy

$$\frac{\pi}{2} + 2n\pi < al \leq \frac{3}{2}\pi + 2n\pi.$$

Zaczynając od $l = 0$, $f_4(l)$, będąc dodatnią, wzrasta,

następnie maleje, przechodzi przez wartość 0, gdy $al = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4}$,

poczem staje się ujemną i pozostaje ujemną aż do wartości

$al = \frac{3}{2}\pi + \frac{\pi}{4}$; odtąd staje się dodatnią aż do wartości

$al = 2\pi + \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4}$ i t. d. Wobec tego będzie $f_4(l) > 0$

i warunek niezbędny spełniony, gdy

$$2n\pi < al < \frac{3}{4}\pi + 2n\pi,$$

$$592n < l < 212 + 592n$$

oraz

$$\frac{7}{4}\pi + 2n\pi < al < \frac{11}{4}\pi + 2n\pi,$$

$$518 + 592n < l < 814 + 592n.$$

Zestawiając otrzymane rezultaty, otrzymujemy następujące wyniki dla rozpatrywanej linii telegraficznej; dla długości:

od 1 do 212 km można zastosować II,

od 213 do 370 km nie można zastosować ani T ani II

od 371 do 518 km można zastosować T ,

od 519 do 665 km można zastosować T i II,

od 666 do 813 km można zastosować II,

od 814 do 962 km nie można zastosować ani T , ani II

od 963 do 1184 km można zastosować T i t. d.

O cieplnym współczynniku indukcyjności cewek

(Sur le coefficient thermique de la selfinduction des bobines).

Prof. Dr. Janusz Groszkowski

(Zakł. Radjotechn. Politt. Warsz.

Państwowy Instytut Telekomunikacyjny)

Streszczenie. Rozpatruje się zależność współczynnika indukcyjności cewek od temperatury. Na wielkość jego wywierają wpływ nie tylko zmiany wymiarów cewki lecz również zmiany oporności właściwej materiału uzwojenia wskutek zjawisk naskórkowości oraz prądów wirowych.

W liście do Redakcji „The Wireless Engineer” w grudniu 1935 r. [1]*) podałem wyniki wstępnych badań nad współczynnikiem cieplnym indukcyjności cewek (patrz Dodatek I**). Na podstawie tych wyników postawiłem pewną hipotezę, próbującą wytłumaczyć przyczyny rozbieżności, jakie istnieją w tej kwestji między przewidywaniami teoretycznymi a doświadczeniem. Mianowicie, wyniki licznych doświadczeń pokazują, że współczynnik cieplny induk-

cyjności (c. s. i.) — wbrew wynikom rozważań teoretycznych (patrz Dodatek II) — nie jest równy współczynnikowi rozszerzalności linijowej (s. r. l.) materiału, z którego wykonana jest cewka, lecz bywa zazwyczaj większy i nierzadko kilkakrotnie może go przewyższać. Tak np. s. c. i. cewki miedzianej, bezszkieletowej (typu samotrzymającego się), zbudowanej w taki sposób, iż wszystkie jej wymiary mogą zmieniać się swobodnie wraz z temperaturą (stosownie do praw rozszerzalności), dosięgać może 100 na milion na stopień (n. m. n. s.), podczas gdy s. r. l. miedzi jest tylko rzędu 17 n. m. n. s.

Nieliczne próby znalezienia przyczyn rozbieżności między teorią a doświadczeniem nie zostały dotąd uwieńczone pełnym powodzeniem. E. B. Moullin [2] zbadał niektóre czynniki, mogące tu odgrywać pewną rolę, jak to: wewnę-

*) P. bibliografja na końcu artykułu.

**) Na końcu artykułu.

trzną indukcyjność przy wielkich częstotliwościach, własną pojemność cewki, niejednakową rozszerzalność w kierunku promieniowym i osiowym cewki, odkształcenia zwojów i t. p. Uwzględniając odpowiadające tym wpływom poprawki i wprowadzając je do będących w dyspozycji wzorów teoretycznych, można było zmniejszyć rozbieżności między teorią a doświadczeniem aż do 50%; jednakże w żadnym razie poprawki te nie były w stanie uzasadnić wyników doświadczalnych, dających — jak wspomniano — wartości kilkakrotnie większe od teoretycznych. Co się tyczy samych rozważań odnośnie tych poprawek, to — w większości wypadków — odnosiły się one raczej do układów prostych, które nie zawsze pozwalają na ekstrapolację otrzymanych wyników na układy rzeczywiste, spotykane w praktyce.

A. H. Thomas [3] z N. P. L. w ostatniej swej pracy zwrócił uwagę i rozpatrzył szczegółowo wpływ odkształceń mechanicznych, jakie mogą występować w uzwojeniach cewki, oraz wpływ pojemności własnych cewki. Aczkolwiek rozważania te miały przedewszystkiem na celu doprowadzenie do konstrukcji cewek specjalnych, typu skompensowanego, niemniej przyczyniają się w dalszym ciągu do wyjaśnienia tych czynników, które mogą wpływać na rozbieżność między teorią a doświadczeniem. Jednakże nie wszystkie rozbieżności zostały przez to wyjaśnione, gdyż wyniki doświadczenia pozostają wciąż jeszcze większe od teoretycznych.

Ponieważ — jak wynika z bliższych rozważań (patrz Dodatek III) — wpływ lampy generacyjnej układu pomiarowego na c. s. i. (wskutek zmian oporności cewki wraz z temperaturą) jest stosunkowo niewielki, nie przekracza bowiem — nawet w niekorzystnych przypadkach — kilku do kilkunastu procentów, przeto za omawianą rozbieżność między teorią a doświadczeniem nie można czynić odpowiedzialnym układ pomiarowy.

Wciąż pozostaje nieznanym jakiś czynnik, wywierający znaczny wpływ na wielkość s. c. i. cewki. Czynnikiem tym — zgodnie z moim wstępnym komunikatem, wymienionym na początku — zdaje się być efekt prądów wirowych w uzwojeniach samej cewki.

Istotnie, jeśli przyjmiemy, że masę metalu zwojów cewki można rozpatrywać jako wtórne uzwojenie transformatora (zmieniające strumień uzwojenia pierwotnego cewki), to oczywiście będzie, że ze wzrostem temperatury oporność materiału uzwojeń rośnie, a przeto oddziaływanie uzwojenia wtórnego na pierwotne maleje; w ten sposób otrzymujemy dodatkowy (pozorny) wzrost indukcyjności, który przyczynia się do wzrostu indukcyjności, wywołanego rozszerzalnością cewki. W wyniku otrzymujemy s. c. i. cewki λ' większy od obliczonego teoretycznie na podstawie praw rozszerzalności (λ) (p. Dodatek IV).

Prof. G. W. Howe w artykule wstępnym („Editorial”) [4], poświęconym poruszonemu przezemnie [1] zagadnieniu c. s. i., traktuje zjawisko prądów wirowych w uzwojeniu cewki jako najogólniej ujęte zjawisko naskórkowości. Nasuwa się w związku z tem od razu pytanie, czy istnieje różnica między efektem naskórkowości, a efektem prądów wirowych, czy też może oba te określenia — w odniesieniu do zachodzących tu zjawisk — oznaczają jedno i to samo. Otóż wydaje się jednak, że czasami byłoby korzystne rozróżniać te dwa efekty, gdyż pewna różnica między nimi istnieje. Mianowicie, w prostym przewodniku lub w solenoidzie idealnym (nieskończenie długim, utworzonym nie przez zwoje, lecz przez warstwę jednolitą prądu, nieposiadającą własnych pojemności), każdy element długości przewodnika znajduje się w tych samych warunkach w stosunku do zmiennego pola magnetycznego (przewodu lub solenoidu), a zatem linie prądowe pozostają zawsze równole-

głe do osi przewodnika, doznając jedynie pewnego przesunięcia w przekroju, dzięki czemu niema prądów poprzecznych, płynących w kierunkach prostopadłych do osi przewodnika. Zjawisko tego rodzaju przesuwania się linii prądowych w przekroju nazywamy *efektem naskórkowości*.

Inaczej natomiast przedstawia się sprawa w przypadku cewki rzeczywistej (a więc cewki o skończonej długości, utworzonej przez zwoje przewodnika o przekroju kołowym, o danym skoku, posiadającej pojemność własną): tutaj nie wszystkie zwoje obejmują ten sam strumień magnetyczny; wiadomem jest, że np. w cewce masowo nawiniętej, dzięki częściowemu zamykaniu się strumienia w otoczeniu zwojów środkowych, zwoje skrajne obejmują mniejszy strumień oraz że strumienie, przenikające przez poszczególne elementy przewodnika, mogą nie być jednakowe w różnych miejscach zwojów.

Ogólnie więc rzecz biorąc, poszczególne elementy zwoju mogą znajdować się w niejednakowych warunkach w stosunku do zmiennego pola magnetycznego, w wyniku czego w przewodniku uzwojenia — oprócz równoległego (do osi przewodnika) przesunięcia linii prądowych — mogą wystąpić również pewne prądy, które płyną w kierunku prostopadłym do osi przewodnika (a więc prądy poprzeczne w przekroju), zamykając się na większej lub mniejszej długości odcinka uzwojenia. Efekt, odpowiadający tym ostatnim — w odróżnieniu od poprzedniego efektu — możemy nazwać *efektem prądów wirowych*.

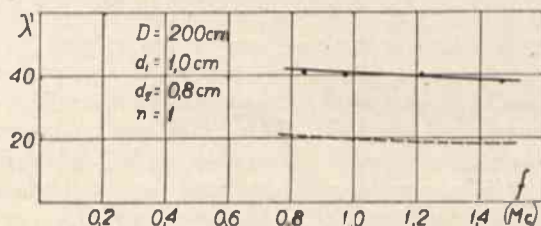
Jaskrawy przykład możliwości powstania takich prądów wirowych w uzwojeniu cewki może wystąpić wówczas, gdy część jednego zwoju cewki, przesadnie odkształconego, znajduje się w głównym polu cewki. Część ta będzie siedliskiem pewnych prądów, zamykających się na jej długości, które nie mogą być, oczywiście, uważane za efekt naskórkowości. W cewce normalnej odkształcenia zwojów nie są tak znaczne, mimo to jednak nieprawidłowości uzwojeń oraz odkształcenia pola magnetycznego na krańcach cewki, szczególnie w cewkach wielowarstwowych mogą być przyczyną prądów wirowych w uzwojeniu; co się tyczy efektu naskórkowości, to — oczywiście — występuje on od tego niezależnie, jako równoległe przesunięcie linii prądowych na całej długości przewodnika uzwojenia.

Spotykane w literaturze rozważania teoretyczne nad rozkładem prądów wiekiej częstotliwości w przekroju przewodnika cewki, przeprowadzane dla obliczenia bądź to indukcyjności bądź to oporności, dotyczą zazwyczaj układów prostych i wyidealizowanych (np. przewodnika prostego [2], solenoidu nieskończenie długiego o zwojach przekroju kwadratowego, ściśle nawiniętych [9]), w których zjawiska zachodzące wprowadzają się istotnie tylko do równoległego przesunięcia linii prądowych w przekroju, a więc do czystego efektu naskórkowości. Jasnym jest, iż w ten sposób otrzymane wzory są niewystarczające wtedy, gdy występuje jeszcze efekt prądów wirowych, a więc w większości przypadków spotykanych w praktyce przy stosowaniu cewek rzeczywistych. Oczywiście, oprócz efektu prądów wirowych — jak wspomniano — może występować czysty efekt naskórkowości, który może — w pewnych warunkach — odgrywać i, istotnie, odgrywa dużą rolę. Tak np. dla cewki jednozwojowej kołowej o średnicy $D = 10$ cm z przewodnika miedzianego o przekroju kołowym średnicy $d = 0,1$ cm, jak pokazują rozważania teoretyczne (p. Dodatek V), s. c. i. w funkcji częstotliwości przechodzi przez maksimum; ta maksymalna wartość występuje przy częstotliwości $f = 250$ kc i wynosi $\lambda \approx 87$, wobec s. r. l. miedzi $\lambda \approx 17$. Gdy częstotliwość wzrasta poza tę wartość, λ' zmniejsza się i np. przy $f = 1$ Mc uzyskuje wartość $\lambda' \approx 46$. Dla sprawdzenia doświadczalnego wpływu naskórkowości wykonano miedzia-

ną cewkę jednozwojową (mogącą swobodnie zmieniać swe wymiary wraz z temperaturą) o średnicy $D = 200$ cm i $d = 1,0$ cm. (Jednak, zamiast przewodnika o pełnym przekroju, użyto tu rurki miedzianej o zewnętrznej średnicy $d_1 = 1,0$ cm i wewnętrznej $d_2 = 0,8$ cm, a to w celu umożliwienia jej nagrzewania przy pomocy strumienia gorącej wody). Dla cewki jednozwojowej z przewodnika pełnego zależność λ' od częstotliwości wyraża się wzorem (p. Dodatek V):

$$\lambda' \approx 17 + \frac{2,5}{\sqrt{f \text{ Mc}}}$$

i ma przebieg, przedstawiony linią przerywaną na rys. 1. Wyniki doświadczalne, otrzymane dla cewki z przewodnika rurowego *) w zakresie zmian częstotliwości od 0,8 do 1,5 Mc, pokazane są na tym rysunku linią ciągłą. Chociaż występuje tu znaczna różnica liczbowa, jednak charakter przebiegu obu krzywych jest bardzo zbliżony.



Rys. 1.

Pozostaje teraz do omówienia wpływ własnej pojemności cewki na s. c. i. Jak wynika z rozważań (p. Dodatek VI), wpływ ten — jeśli częstotliwość pomiarowa leży znacznie niżej własnej częstotliwości cewki — jest niewielki, nie przekracza jednostek procentow, a w przeprowadzanych doświadczeniach jedynie w przypadku największej cewki, badanej przy najwyższej częstotliwości pomiarowej ($f = 1,6$ Mc), mógł osiągać 15%. Potwierdzeniem tego, iż wpływ pojemności nie powinien się przyczyniać w dużym stopniu do niepomiernego wzrostu s. c. i., są wyniki doświadczalne, otrzymane z cewkami konstantanowymi, do których dodawano zwoje raz z miedzi, raz z konstantanu. Jeśliby wzrost s. c. i. był spowodowany efektami pojemnościowymi, występującymi wskutek dodania zwojów, to w obu przypadkach (po dodaniu zwojów miedzianych i konstantanowych) efekt ten powinien być taki sam, czemu przeczyły wyniki doświadczenia.

Dla sprawdzenia słuszności rozważań odnośnie prądów wirowych i ich wpływu na s. c. i. dzięki zmianie efektu transformatorowego wraz ze zmianą oporności właściwej materiału uzwojenia pod wpływem temperatury, przeprowadzono pewne doświadczenie, będące „experimentum crucis”. Doświadczenie to opierało się na prostym rozumowaniu następującym:

Jeśli za wzrost c. s. i. ponad wartość λ jest odpowiedzialna zmiana oporności uzwojenia, czyli cieplny współczynnik oporności właściwej (c. s. o. w.), to w takim razie: 1^o cewka, wykonana z materiału o zerowym c. s. o. w., powinna wykazać c. s. i. równy teoretycznemu λ ; 2^o dodanie do cewki o zerowym c. s. o. w. zwojów z materiału o c. s. o. w. większym od zera powinno zwiększyć jej c. s. i.; 3^o dodanie zwojów o zerowym c. s. o. w. nie powinno zwiększyć c. s. i.

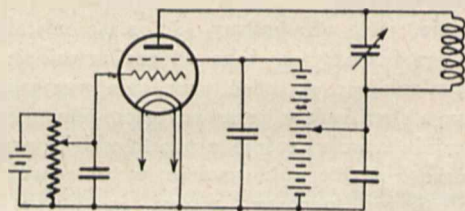
*) Szereg wyników doświadczalnych, przytoczonych w niniejszej pracy, zaczerpnięty jest z pracy dyplomowej p. E. Fonda mińskiego, wykonanej pod moim kierownictwem w Zakładzie Radjotechniki Politechniki Warszawskiej.

Jako materiał o dużym c. s. o. wybrano miedź, dla której c. s. o. w. $\beta = 4200 \cdot 10^{-6}$ na $^{\circ}\text{C}$; jako materiał o zerowym c. s. o. w. wzięto konstantan, dla którego β zawiera się w granicach od minus kilkudziesięciu do plus kilkudziesięciu, zależnie od gatunku (stosowany materiał posiadał $\beta = 8 \cdot 10^{-6}$ na $^{\circ}\text{C}$).

Da doświadczeń wybrano cewki typu „izotropowego”, t. j. takie, których wszystkie wymiary zmieniają się z temperaturą stosownie do współczynnika rozszerzalności liniowej materiału uzwojenia. Najprostszą i najpewniejszą tu okazała się konstrukcja bezszkieletowa, a więc cewki „samotrzymające się”. Są to bądź cewki sztywne dzięki dostatecznej sztywności samych zwojów (cewki kilkozwojowe z grubego przewodnika pełnego lub rurki) bądź cewki masowo nawijane (więcej zwojowe), utrzymujące swój kształt dzięki zamocowaniu zwojów (izolowanych emalją) w paru punktach obwodu przy pomocy tego samego co uzwojenie materiału. Tego rodzaju cewka, wolna od wszelkich innych materiałów (poza emalją izolującą), daje dużą pewność, iż wymiary jej będą się właściwie zmieniać z temperaturą; poza tym cewka taka posiada stosunkowo niewielką pojemność cieplną, co pozwala na względnie szybkie uzyskiwanie cieplnych stanów ustalonych, a więc ułatwia i tak żmudne pomiary.

Co się tyczy naprężeń, powodujących większą rozszerzalność promienistą cewki, niż osiową, omawianych w pracy Thoma'sa [3], to wydaje się, iż w cewkach opisanej tu konstrukcji efekt ten powinien być znikomy, dzięki masowej ich postaci oraz zamocowaniu uzwojenia w paru punktach obwodu cewki. Dla usunięcia jednak ew. naprężeń materiału badane cewki uprzednio wygrzewano do temperatury wyższej od najwyższej temperatury, jaka występowała później w trakcie pomiarów. Dzięki temu nigdy nie obserwowano skoków częstotliwości, zaś wyniki były zawsze powtarzalne.

C. s. i. oraz jego zależność od częstotliwości określone były metodą zmian częstotliwości obwodu generacyjnego, zestawionego z badanej cewki (ogrzewanej) oraz z kondensatora (w stałej temperaturze); obwód pobudzany był przy pomocy dynatronu (rys. 2). Dynatron pracował zawsze tuż



Rys. 2.

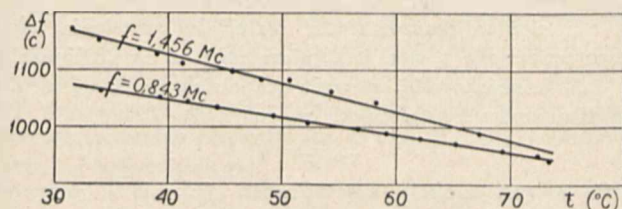
przy granicy powstawania drgań; ten stan pracy był doregulowywany ręcznie przez zmianę potencjału siatki plodynatronowej. Dokładność tego rodzaju regulacji była zupełnie wystarczająca, gdyż wynosiła kilka cykli wobec kilkuset cykli, wywołanych przez nagrzewanie cewki. Doświadczenia inne pokazały, iż tę samą dokładność można było uzyskać przy pomocy automatycznego sprawdzania układu do granicy powstawania drgań [8]. Zmiany częstotliwości w stosunku do stałej częstotliwości odniesienia mierzono przy pomocy akustycznego częstotliwościomierza mostkowego.

Badana cewka umieszczona była w termostacie powietrznym (o dużych wymiarach, w celu uniknięcia wpływu wstrząsów); kondensator wraz z układem pobudzającym znajdował się nazewnątrz termostatu. C. s. i. określano z nachylenia krzywej zmian częstotliwości w funkcji temperatury jako

$$\lambda' = \frac{1}{f} \frac{\Delta f}{\Delta t}$$

w granicach temperatur od 25°C do 60°C .

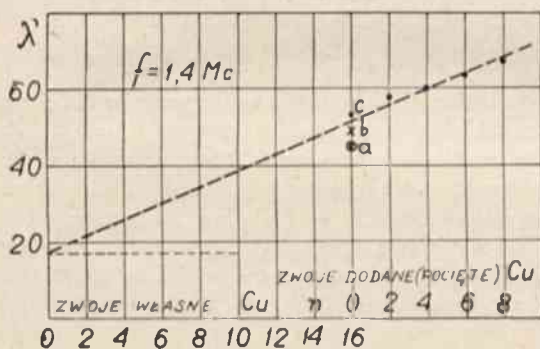
Przebieg krzywych $\Delta f = f(t)$ był prawidłowy i powtarzalny; przykład takich dwóch krzywych z punktami pomiaru przedstawia rys. 3.



Rys. 3.

Pierwsza serja pomiarów orientacyjnych została wykonana przy jednej częstotliwości $f = 1,4$ Mc dla cewek: miedzianej i konstantanowej o średnicy $D = 7$ cm, ilości zwojów $n = 16$, grubości drutu $d = 0,1$ cm, konstrukcji wyżej opisanej.

Dodawane zwoje miały postać (rozciętych) kół tej samej co cewka średnicy i tej samej co drut uzwojenia cewki grubości.



Rys. 4.

Otrzymane wyniki ujęte są w poniższej tabelicy oraz na wykresie rys. 4, przedstawiającym zależność c. s. i. od ilości dodawanych zwojów oraz wpływ niewielkich mas metalowych doczepianych do cewki.

Tabela

C. s. i. cewek z dodawanymi zwojami (pociętymi).

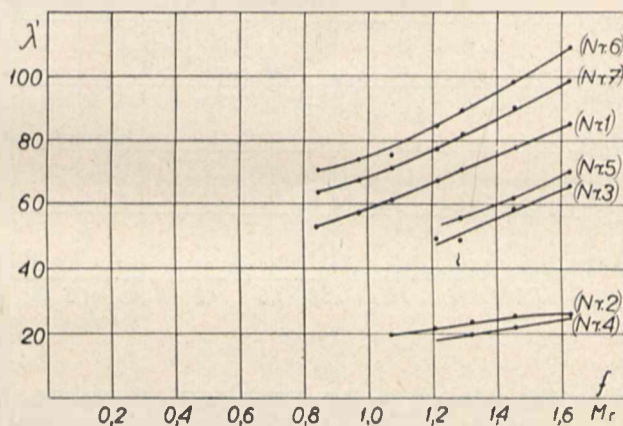
Zwoje dodane	Cewka 16 zwojowa	
	miedziana	konstantanowa
niema	45	17
16 zwojów miedzianych	67	28
16 zwojów konstantanowych	47	18

Z tabelicy wynika, iż c. s. i. (samej) cewki miedzianej, wynoszący $\lambda' = 45$, znacznie przewyższa wartość odpowiadającą c. r. l. miedzi ($\lambda' = 17$), podczas gdy c. s. i. cewki konstantanowej jest $\lambda' \approx 17$, bliski do $\lambda' \approx 16$, dzięki temu, iż c. s. o. w. konstantanu jest bliski zeru.

Dodanie zwojów miedzianych do cewki konstantanowej zwiększa jej λ' z 17 na 28, podczas gdy dodanie zwojów konstantanowych prawie że nie zmienia λ' . Również dodanie zwojów konstantanowych do cewki miedzianej prawie że już nie wpływa na jej λ' , podczas gdy dodanie miedzianych zwiększa w dalszym ciągu λ' . Wzrost c. s. i. wraz ze zwiększaniem ilości zwojów dodawanych pokazany jest na wykresie 4. Wynika stąd prawie proporcjonalność między c. s. i. a ilością n dodawanych zwojów; przez ekstrapolację wyników do $n = 0$, wydaje się, iż dojdziemy do $\lambda' = \lambda$.

W tem samym doświadczeniu zaobserwowano wpływ niewielkich mas metalowych, dodawanych do cewki, na wzrost jej c. s. i. Mianowicie punkt a na rys. 4 określa c. s. i. cewki 16-to zwojowej, punkt b — po dodaniu dwóch kawałków paro-centymetrowej długości cienkiego (0,03 mm) drutu miedzianego (przytrzymującego dodawane zwoje w dwóch punktach obwodu cewki), punkt c — po dodaniu jeszcze dwóch takich kawałków. Dalsze punkty odnoszą się do dodawanych zwojów (w obecności tych czterech kawałków drutu).

Druga serja pomiarów dotyczyła zależności c. s. i. od częstotliwości dla różnych cewek z dodawanymi zwojami. Pomiar przeprowadzono w zakresie $f = 0,8 \div 1,6$ Mc. (Używanie szerszego zakresu częstotliwości napotykało na trudności z jednej strony ze względu na pogarszanie się obwodu oscylacyjnego — przy zwiększaniu pojemności, z drugiej strony ze względu na zbliżanie się do fali własnej — wpływ pojemności własnej na c. s. i.). Wyniki pomiarów ujęte są w postaci wykresów na rys. 5.



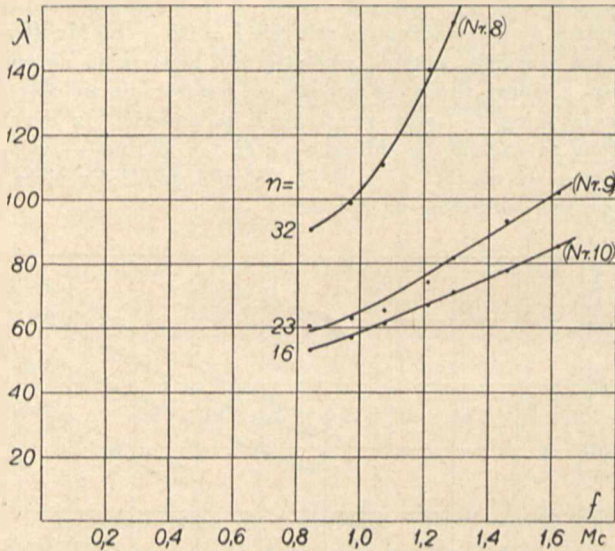
Rys. 5.

1. Krzywa Nr. 1 przedstawia zależność $\lambda' = f(f)$ dla cewki N 1. miedzianej, masowej o średnicy $D = 8$ cm, ilości zwojów $n = 16$, z drutu o średnicy $d = 0,1$ cm, Indukcyjność $L = 35 \mu H$, oporność (przy $f = 1,4$ Mc) $R \approx 3 \Omega$.
 2. Krzywa Nr. 2 dla identycznej cewki N 2, konstantanowej ($R \approx 11 \Omega$). Różnica w wartości λ' dla obu tych cewek jest uderzająca (miedź $60 \div 85$, konstantan $20 \div 25$).
 3. Krzywa Nr. 3 odnosi się od cewki N. 3, otrzymanej z cewki N. 2 przez dodanie do niej 16 zwojów drutu miedzianego tej samej grubości ($R \approx 19 \Omega$). Widzimy, iż dodanie tych zwojów zwiększyło λ' cewki konstantanowej z $20 \div 25$ na $45 \div 65$, a więc nadało jej własności prawie cewki miedzianej.
 4. Krzywa Nr. 4 odnosi się do cewki N. 4, otrzymanej z cewki N. 2 przez dodanie do niej 16 zwojów drutu konstantanowego. Dodanie tych zwojów nie wpłynęło (w granicach dokładności pomiarów) na wielkość c. s. i.
 5. Krzywa Nr. 5 odnosi się do cewki N. 5, otrzymanej z cewki N. 2 przez dodanie 16 zwojów drutu mosiężnego. Tutaj również następuje wzrost c. s. i. do wartości $50 \div 70$.
 6. Krzywa Nr. 6 dotyczy cewki N. 6, otrzymanej z cewki N. 1 przez dodanie 16 zwojów drutu miedzianego. S. c. i. wzrósł tu z $50 \div 85$ na $70 \div 110$.
- Dodawane w powyższych doświadczeniach zwoje miały postać cewki tych samych co badana cewka wymiarów i nie były z nią elektrycznie połączone lecz tylko przylegały do niej na całym obwodzie, dzięki z mocowaniu w paru punktach; końce dodawanej cewki pozostawały wolne.
7. Krzywa Nr. 7. odnosi się do cewki N. 7, otrzymanej z cewki N. 1 przez dodanie do niej 16 zwojów miedzianej

nych, pociętych na jednozwojowe odcinki. Tutaj wzrost c. s. i. jest nieco mniejszy, niż w poprzednim przypadku (cewki niepociętej), gdy wynosi z $50 \div 85$ na $65 \div 100$.

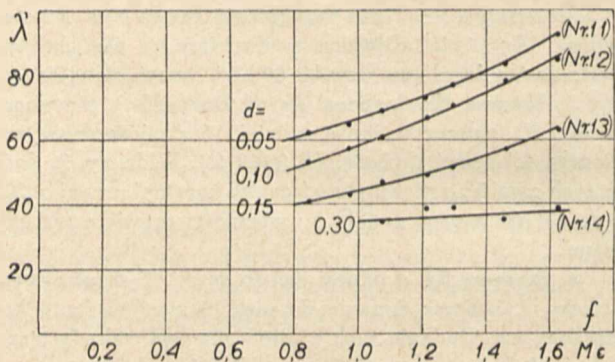
Następnie przeprowadzono badanie wpływu ilości zwojów (własnych) cewki na c. s. i. i na jego zależność od częstotliwości.

Wykonano trzy serie pomiarów dla masowych cewek miedzianych o danych: $D = 8$ cm, $d = 0,1$ cm i ilości zwojów $n = 32, 23$ i 16 (otrzymywanych przez odcinanie). Wyniki przedstawione są na rys. 6. Widać tu wzrost λ' z czę-



Rys. 6.

stotliwością i to wzrost ten znaczniejszy, im większa jest ilość zwojów cewki. Wpływ grubości drutu na c. s. i. pokazany jest na rys. 7, gdzie przedstawione są krzywe $\lambda' = f(f)$ dla cewek miedzianych N. 11, 12, 13 i 14 o danych $D = 8$ cm, $n = 16$ zw., o grubości drutu: $d = 0,05; 0,1; 0,15$ i $0,3$ cm. Wynika stąd, iż c. s. i. oraz jego zależność od częstotliwości maleje wraz ze wzrostem grubości przewodnika.



Rys. 7.

Wreszcie, dla zbadania wpływu skoku uzwojenia na c. s. i., zmierzono zależność $\lambda' = f(f)$ dla dwóch cewek miedzianych cylindrycznych o danych $D = 8$ cm, $d = 0,3$ cm, $n = 15$, o skokach $g = 0,3$ cm i $g = 0,5$ cm. Cewki te były bezszkieletowe i utrzymywały swój kształt (podwieszono w jednym punkcie osi pionowo) dzięki powiązaniu zwojów niewielką ilością cienkiego drutu miedzianego. C. s. i. okazał się, praktycznie biorąc, niezależny od częstotliwości w zakresie $f = 0,8 \div 1,6$ Mc i wyniósł:

- dla cewki o skoku 0,3 cm — $\lambda' \approx 24$,
- dla cewki o skoku 0,5 cm — $\lambda' \approx 19$.

Reasumując powyższe rozważania, możemy ustalić następujące czynniki, które wpływają na c. s. i. λ' cewki, zmieniającej swe wymiary pod wpływem temperatury zgodnie z c. s. r. 1.:

1. cieplna rozszerzalność materiału uzwojenia, określona przez jego c. s. r. 1. λ , niezależny od częstotliwości f ;
2. naskórkowość, powodująca zwiększenie się c. s. i. cewki o wielkość proporcjonalną do

$$x \psi'(x) \cdot \beta$$

gdzie x jest funkcją częstotliwości ($x \approx \sqrt{f}$), przyczem dla f , leżących powyżej pewnej wartości, wzrost c. s. i., wywołany naskórkowością, jest proporcjonalny do

$$\frac{\beta}{\sqrt{f}}$$

3. prądy wirowe, powodujące zwiększenie c. s. i. o wielkość, proporcjonalną do częstotliwości w potęgze, zawartej między jednością a dwoma;
4. pojemność własna cewki, powodująca zwiększenie c. s. i. o wielkość, proporcjonalną do kwadratu częstotliwości.

W ten sposób c. s. i. w funkcji częstotliwości wyraża się wzorem kształtu (dla pewnego zakresu f)

$$\lambda' = \lambda + a \cdot f^{-1/2} + b \cdot f^{-(1 \div 2)} + c \cdot f^2.$$

W zależności od wartości współczynników a, b i c otrzymujemy taki lub inny przebieg krzywej $\lambda' = f(f)$. Zazwyczaj dla cewek wielozwojowych, gdzie przeważa efekt prądów wirowych oraz pojemności własnej nad efektem naskórkowości, krzywa $\lambda' = f(f)$ jest wznosząca się. Dla cewki jednozwojowej natomiast może być w pewnym zakresie częstotliwości λ' niezależne od f albo nawet może się zmniejszać ze wzrostem f .

DODATEK I.

Cieplny współczynnik indukcyjności.

Cieplny współczynnik indukcyjności (c. s. i.) cewki określa się względną zmianą indukcyjności ΔL , odpowiadającą zmianie temperatury cewki o $1^\circ C$:

$$\lambda' = \frac{1}{L} \left(\frac{\Delta L}{\Delta t} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Będziemy go wyrażać w jednostkach na milion i na stopień (n. m. n. s.).

DODATEK II.

Teoretyczna zależność c. s. i. od s. r. 1.

Dla cewki wykonanej izotropowo, t. zn. takiej, że wszystkie jej wymiary zmieniają się wraz z temperaturą stosownie do cieplnej rozszerzalności jej materiału, c. s. i. powinien być równy współczynnikowi rozszerzalności linijowej (s. r. 1.). Istotnie, jeśli oznaczymy s. r. 1. przez λ , zmiana skali wymiarów geometrycznych cewki wraz z temperaturą będzie zachodzić według zależności

$$l = l_0 (1 + \lambda t)$$

Ponieważ indukcyjność cewki w układzie cgs em. wyraża się w jednostkach długości, przeto

$$L \approx l = l_0 (1 + \lambda t) \dots \dots \dots (2)$$

a więc c. s. i. jest

$$\lambda' = \frac{1}{L} \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{1}{l} \frac{\Delta l}{\Delta t} = \lambda \dots \dots \dots (3)$$

C. s. i. cewek wykonanych anizotropowo lub też podlegających deformacjom, rozpatrzony jest w pracach Moullin'a [2], Thomas'a [3], Piddington'a [5], Griffith'a [6] i innych.

DODATEK III.

Wpływ lampy.

Zakładamy, iż cewka badana wraz z kondensatorem (o stałej pojemności) tworzy obwód oscylacyjny pobudzany lampą dynatronową (rys. 2). Oporność w gałęzi kondensatora zakładamy równą zero, oporność cewki niech będzie R . Jeśli układ generacyjny zawsze zostaje sprowadzany do granicy powstawania drgań, częstotliwość w tym stanie granicznym wyraża się zależnością [7]:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \left(1 - \frac{R^2 C}{L}\right) = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2} \dots (1)$$

Ze zmianą temperatury cewki zmianie ulegają R i L ; jeśli układ zawsze sprowadzany jest do granicy, wówczas zmiana częstotliwości, odpowiadająca tym zmianom, określa się zależnością

$$\frac{d\omega}{\omega} = -\frac{1}{2} \frac{dL}{L} - \frac{CR^2 dR}{L^2 R} + \frac{CR^2 dL}{L^2 L} \dots (2)$$

otrzymaną przez zróżniczkowanie (1).

Zależność R i L od temperatury można wyrazić wzorami

$$R = R_0 (1 + \beta t) \dots (3)$$

$$L = L_0 (1 + \lambda t) \dots (4)$$

gdzie β jest współczynnikiem cieplnym oporności właściwej (c. s. o. w.) uzwojenia cewki, zaś λ współczynnikiem rozszerzalności liniowej (s. r. l.) materiału uzwojenia. Z (3) i (4) otrzymujemy

$$\frac{dR}{dt} = R_0 \beta \approx R \beta \dots (5)$$

$$\frac{dL}{dt} = L_0 \lambda \approx L \lambda \dots (6)$$

Zatem zmiana częstotliwości generatora wraz ze zmianą temperatury cewki będzie

$$\frac{1}{\omega} \frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2R}{r}\right) \lambda - \frac{R}{r} \beta \dots (7)$$

przyczem przez r oznaczona została oporność dynamiczna obwodu oscylacyjnego

$$r = \frac{L}{RC} = \frac{\omega^2 L^2}{R} \dots (8)$$

Ponieważ zazwyczaj dla stosowanych układów generacyjnych jest $2R \ll r$, przeto (7) może być napisane jako

$$\frac{1}{\omega} \frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{2} \lambda - \frac{R}{r} \beta \dots (9)$$

Oznaczając dobroć obwodu przez

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

równanie (9) przekształcimy w dalszym ciągu do postaci

$$\frac{1}{\omega} \frac{d\omega}{dt} = -\frac{1}{2} \left(\lambda + \frac{2}{Q^2} \beta\right) = -\frac{1}{2} \lambda \left(1 + \frac{2}{Q^2} \frac{\beta}{\lambda}\right) \dots (10)$$

Dla miedzi $\lambda = 17 \cdot 10^{-6}$, $\beta = 4300 \cdot 10^{-6}$, przeto $\frac{\beta}{\lambda} \approx 250$.

Co się tyczy dobroci obwodów Q , to zawiera się ona w szerokich granicach, zależnie od zakresu częstotliwości. Tak np. dla zakresu częstotliwości w otoczeniu $1Mc$, Q jest rzędu od kilkudziesięciu do paruset, a przeto wyrażenie $\frac{2}{Q^2} \frac{\beta}{\lambda}$ wynosi od paru dziesiątych do paru setnych, a więc jest małe wobec jedności.

DODATEK IV.

C. s. i. transformatora ze zwartym uzwojeniem wtórnym.

Indukcyjność L pierwotnego uzwojenia transformatora (powietrznego), na skutek oddziaływania uzwojenia wtórnego o indukcyjności N i oporności S , sprzężonego z pierwot-

nem przez indukcyjność wzajemną M , zmniejsza się o wartość

$$\frac{\omega^2 M^2}{S^2 + \omega^2 N^2} N \dots (1)$$

gdzie ω jest pulsacją prądu zmiennego $\omega = 2\pi f$, a więc wyraża się wzorem

$$L' = L - \frac{\omega^2 M^2}{S^2 + \omega^2 N^2} N \dots (2)$$

W przypadku, gdy $\omega^2 N^2 \ll S^2$, (2) będzie

$$L' = L - \frac{\omega^2 M^2}{S^2} N \dots (3)$$

Przyjmując, iż zmiany z temperaturą zachodzą według zależności

$$\begin{aligned} L &= L_0 (1 + \lambda t) \\ M &= M_0 (1 + \lambda t) \\ N &= N_0 (1 + \lambda t) \\ S &= S_0 (1 + \beta t) \end{aligned} \dots (4)$$

(λ — s. r. l. uzwojeń, β — c. s. o. w. uzwojeń), otrzymamy na c. s. i. wyrażenie

$$\lambda' = \frac{1}{L'} \frac{dL'}{dt} \approx \lambda - \frac{\omega^2 M^2 N}{S^2 L} (3\lambda - 2\beta) \dots (5)$$

przyczem w danym przypadku wyraz $\frac{\omega^2 M^2 N}{S^2 L}$ jest b. mały wobec jedności.

Dla miedzi pozatem $\beta \gg \lambda$, a przeto (5) można napisać:

$$\lambda' = \lambda + \left(2 \frac{\omega^2 M^2 N}{S^2 L}\right) \beta \dots (6)$$

Jeśli założyć, że M , N i L nie zależą od częstotliwości, zaś S może się ew. zmieniać wraz z częstotliwością według zależności

$$S \approx \sqrt{\omega} \dots (7)$$

(określającej efekt nasakórkowości w przewodniku), wówczas (6) przybierze postać

$$\lambda' \approx \lambda + k \cdot \omega \cdot \beta \dots (8)$$

Prawdopodobniejsza postać wzoru (8) będzie

$$\lambda' \approx \lambda + k \omega \beta^m \dots (9)$$

gdzie m zawarte jest między 1 a 2.

DODATEK V.

C. s. i. cewki jednozwojowej.

Indukcyjność (w cgs e. m.) pierścienia kołowego o średnicy D cm o przekroju kołowym o średnicy d cm z materiału niemagnetycznego o oporności właściwej ρ przy częstotliwości prądu f , (gdzy $\frac{d}{D} < 0,2$) wyraża się wzorem ([10] str. 250) (\ln - log. nat.).

$$L = 2\pi D \left[\ln \frac{8D}{d} - 2 + \delta \right] \dots (1)$$

gdzie $\delta = \varphi(x)$,

$$\text{zaś } x = 0,14 d \sqrt{\frac{f}{\rho}} \dots (2)$$

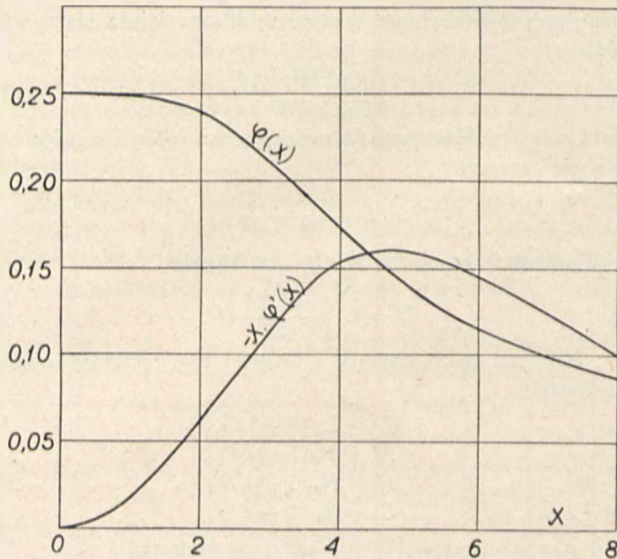
Przebieg funkcji $\delta = \varphi(x)$ podany w tablicy [10] str. 282, wykreślony jest na rys. 8.

Wzór (1) może być napisany w postaci

$$L = 2\pi D \ln \frac{1,1 D}{d} \left[1 + \frac{\varphi(x)}{\ln \frac{1,1 D}{d}} \right] \dots (3)$$

C. s. i. znajdziemy przez różniczkowanie (3), jako

$$\lambda' = \frac{1}{L} \frac{dL}{dt} = \lambda + \frac{x \varphi'(x)}{\ln \frac{1,1 D}{d}} \left(\lambda - \frac{1}{2} \beta \right) \dots (4)$$



Rys. 8.

jeśli przyjmujemy, iż ze zmianą temperatury zachodzą zmiany wg. zależności

$$\begin{aligned} D &= D_0(1 + \lambda t) \\ d &= d_0'(1 + \lambda t) \dots \dots \dots (5) \\ \rho &= \rho_0(1 + \beta t) \end{aligned}$$

Przebieg funkcji $x\varphi'(x)$ podany jest na rys. 8, skąd wynika, iż $x\varphi'(x)$ osiąga max.

$$x\varphi'(x)_{\max} \approx -0,16 \dots \dots \dots (6)$$

dla $x \approx 5$.

Dla $x > 3$ można przyjmować z dostatecznym przybliżeniem

$$\xi = \frac{0,7}{x} \dots \dots \dots (7)$$

zaś

$$\varphi'(x) = -\frac{0,7}{x^2} \dots \dots \dots (8)$$

Dla przewodnika o przekroju kołowym wzór (4) w zakresie $x > 3$ przybierze postać

$$\lambda' = \lambda + \frac{5}{\ln\left(\frac{1,1D}{d}\right) \cdot d \sqrt{\frac{f}{\rho}}} \cdot \left(\frac{1}{2}\beta - \lambda\right) \dots \dots (9)$$

Dla miedzi $\lambda = 17 \cdot 10^{-6}$, $\beta = 4200 \cdot 10^{-6}$ ($\lambda \ll \beta$), $\varphi = 1,7 \tau_1 \Omega - \text{cm}$, przeto (9) będzie (lg — log. dziesiętny).

$$\lambda' \approx 17 + \frac{5,9}{d \sqrt{f_{\text{Mc}}} \lg\left(\frac{1,1D}{d}\right)} \dots \dots \dots (10)$$

C. s. i. — zgodnie z (6) — osiąga tu maximum

$$\lambda' = 17 + \frac{145}{\lg\left(\frac{1,1D}{d}\right)}$$

dla częstotliwości

$$f \approx \frac{2500}{d^2}$$

Np. dla cewki jednozwojowej o danych: $D = 10 \text{ cm}$, $d = 0,1 \text{ cm}$, $g_{10} \frac{1,1D}{d} \approx 2,04$; maximum to będzie

$$\lambda'_{\max} = 17 + 70 = 87$$

przy częstotliwości $f \approx 250 \text{ kc}$.

Przy $f = 1 \text{ Mc}$ będzie $\lambda' \approx 17 + 29 = 46$.

Dla cewki o danych: $D = 200 \text{ cm}$, $d = 1 \text{ cm}$ (dla $f > 2500 \text{ c}$) mamy zależność

$$\lambda' = 17 + \frac{2,5}{\sqrt{f_{\text{Mc}}}}$$

DODATEK VI.

Wpływ pojemności własnej na c. s. i.

Oznaczając własną pojemność cewki przez K , określamy częstotliwość obwodu zestawionego z cewki L i kondensatora dostrajającego C wzorem

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{CL(1 + K/C)}} \dots \dots \dots (1)$$

Można tu uważać, iż pojemność K zmienia indukcyjność cewki do wartości

$$L' = L\left(1 + \frac{K}{C}\right) \dots \dots \dots (2)$$

C. s. i. będzie zatem

$$\frac{1}{L'} \frac{dL'}{dt} = \frac{1}{L} \frac{dL}{dt} + \frac{1}{C\left(1 + \frac{K}{C}\right)} \frac{dK}{dt}$$

Jeśli przyjmujemy, że w przypadku cewki izotropowej — K zmienia się z temperaturą według zależności

$$K = K_0(1 + \lambda t) \dots \dots \dots (3)$$

otrzymamy (2) jako

$$\lambda' = \lambda \left(1 + \frac{K}{K+C}\right) \dots \dots \dots (4)$$

albo, wyrażając C przez ω ,

$$\lambda' = \lambda (1 + KL\omega^2) \dots \dots \dots (5)$$

Gdy $K = 0$, mamy $\lambda' = \lambda$. Gdy $K < 0$ dla $\omega = 0$ jest $\lambda' = \lambda$, natomiast ze wzrostem ω rośnie λ' do wartości 2λ przy fali własnej cewki (gdy $C = 0$).

Np. dla cewki bezszkieletowej, masowej o danych $D = 8 \text{ cm}$, $n = 32$ zw $[L \approx 160 \mu H]$, szacując pojemność własną $K = 10 \mu \mu F$ (przesadnie) otrzymamy przy $f = 1,5 \text{ Mc}$ ($C \approx 60 \mu \mu F$) $\lambda' = \lambda(1 + 0,14)$, a więc wpływ K wyniesie tu 14%.

BIBLIOGRAFJA.

1. J. Groszkowski, The Temperature Coefficient of Inductance, (Correspondance), W. E., v. 12, Nr. 12, 1935.
2. E. B. Moullin, The Temperature Coefficient of Inductance with Special Reference to the Valve Generator, Proc. Inst. Rad. Eng. v. 23, N. 1, 1935, p. 65.
3. H. A. Thomas, The Stability of Inductance Coils for Radio Frequencies, J. Inst. El. Eng. v. 77, N. 467, 1935, November.
4. G. W. O. H. The Temperature Coefficient of Inductance (Editorial), W. E. v. 12, N. 12, 1935.
5. J. H. Piddington, A. Temperature Compensated Dynatron Oscillator of High Frequency Stability. Paper N. 516, The Sydney Division of the Institution.
6. W. H. F. Griffith, Inductances of High Permanence, W. E. a E. W. v. 6, 1929.
7. J. Groszkowski, The Interdependence of Frequency Variation and Harmonic Content and the Problem of Constant Frequency Oscillators. Proc. Inst. Rad. Eng., v. 21, N. 7, 1933 p. 958.
8. J. Groszkowski, Oscillators with Automatic Control of the Thershold of Regeneration. Proc. Inst. Rad. Eng. v. 22 N. 2 1934, p. 145.
9. J. G. Coffin, The Influence of Frequency upon the Selfinductance of Coils, Bull. Bureau of Standards, v. 2, N. 2, 1906, p. 275.
10. Bureau of Standards, Radio Instruments and Measurements, Circular N. 74, 1924, p. 244.
11. S. Butterworth, Effective Resistance of Inductance Coils at Radio Frequency, W. E. a E. W. v. 3, 1926, p. 203.

Usuwanie wylądowań krawędziowych przy badaniu materiałów izolacyjnych i kabli

Inż. Kazimierz Kolbiński

Streszczenie. Przy badaniu wytrzymałości elektrycznej dielektryków występują naprężenia krawędziowe, dające przypadkowe wartości wytrzymałości elektrycznej badanego materiału. Niniejszy artykuł zawiera głównie omówienie sposobu usuwania naprężeń krawędziowych przy pomocy zanurzenia badanego materiału do środowiska półprzewodzącego oraz prób przeprowadzonych w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. Stosowalność metody zależy w dużym stopniu od przedmiotu badanego (próbka materiału, bądź też gotowy wyrób). Sposób omawiany znalazł również zastosowanie przy badaniu kabli wysokiego napięcia.

Badania, przeprowadzone nad wytrzymałością dielektryków na przebicie, wykazywały już od dawna zależność naprężenia przebicia (K_p) od szeregu czynników, które w żadnym wypadku dla danego dielektryka nie są stałe.

Czynnikami, które przedewszystkiem decydują o wielkości K_p , są: grubość badanego dielektryka, temperatura, rodzaj napięcia, szybkość podwyższania napięcia i — bardzo ważny — rozkład pola elektrycznego. Na ten ostatni czynnik zwrócono specjalną uwagę w ostatnich latach, przyczem owocem badań było wyciągnięcie szeregu wniosków, które badanie materiałów izolacyjnych popchnęły na nowe tory i umożliwiły usunięcie szeregu błędów i trudności, dawniej istniejących.

Bezpośrednim skutkiem nierównomierności pola są naprężenia krawędziowe, o których wszyscy badający zgodnie twierdzą, że właśnie one wywierają tak niekorzystny wpływ na wytrzymałość elektryczną materiałów izolacyjnych stałych. Sama istota tego oddziaływania nie jest dotychczas dostatecznie zbadana i określona. Jeden z autorów *) pisze, że przy tych naprężeniach: 1) Występują drgania wielkiej częstotliwości i materiał podlega specjalnym naprężeniom nie notowanym przez woltomierz. 2) Naprężenia krawędziowe w oleju powodują miejscowe nagrzewanie i naprężenie mechaniczne wskutek rozszerzalności cieplnej. 3) Wylądowania krawędziowe powodują bombardowanie jonowe lub elektronowe. 4) Rozkład pola w pobliżu elektrod jest prawdopodobnie zmieniony przez naprężenia krawędziowe i naprężenia mogące być zmienne przez koncentrację dielektryka.



Rys. 1.

Ciekawy przykład działania naprężeń krawędziowych przedstawia rys. 1. Jest to mianowicie płytka szklana, badana elektrodą punktową w nafcie. W paru miejscach płytki wyraźnie widać dużą ilość przebić w postaci zatopionych kanalików, ułożonych na regularnym obwodzie koła zatoczonego dokoła punktu przyłożenia elektrody.

Sposoby, dążące do usunięcia szkodliwych dla badanych materiałów naprężeń krawędziowych, podzielić można na dwie zasadnicze grupy:

1) badanie próbek odpowiednio ukształtowanych o zwiększonych grubościach materiałów w miejscach zetknięcia z krawędzią elektrody (Mościcki, Semenov,

Walther, Rochow, Schumann, Inge i Walther);

2) badanie materiałów w odpowiednich środowiskach półprzewodzących i posiadających jednocześnie pewną dość dużą stałą dielektryczną, które to środowiska powodują zasadniczą zmianę pola elektrycznego i zarazem usuwają naprężenia krawędziowe.

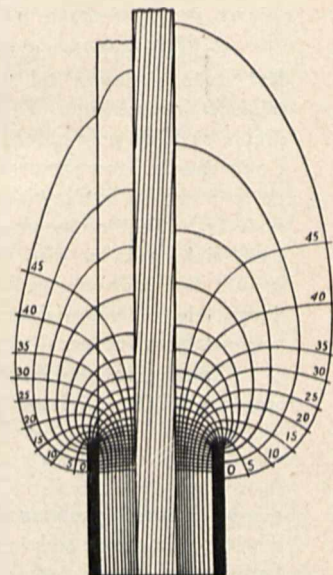
Metoda pierwsza nadaje się przedewszystkiem w przypadkach, gdy możliwe jest przygotowanie odpowiednich próbek z badanych materiałów, metoda druga — wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z gotowymi produktami, jak: izolatory, kable i t. d.

Artykuł niniejszy ma głównie na celu opisanie sposobu elektrycznego badania gotowych kabli wysokiego napięcia, do których, jako do gotowych produktów, nadaje się przedewszystkiem drugi sposób usuwania naprężeń krawędziowych. Pomijając przeto sposób pierwszy, który zresztą nie wymaga nawet szerszego omawiania, jako dość jasny sam przez się, przejdę do krótkiego objaśnienia drugiego sposobu.

Zasada. Rozpatrzmy przypadek najprostsz, a jednocześnie najczęściej spotykany w praktyce, gdy elektroda styka się bezpośrednio z materiałem izolacyjnym o przewodności γ , i stałej dielektrycznej ϵ , tak, że materiał izolacyjny ma większą powierzchnię od elektrody (rys. 2). Naprężenia krawędziowe powstające na krawędzi elektrody, mogą tu bardzo szybko doprowadzić do przebicia, które właściwie nie będzie miało związku z wytrzymałością danego dielektryka, wtedy, gdy jest on w polu jednorodnym pod środkiem elektrody. W wypadku, jeżeli w sąsiedztwie elektrody będzie powietrze, po przyłożeniu napięcia do elektrod, najpierw popłynie prąd powierzchniowy, poczem, przy zwiększaniu napięcia, zaczną się wylądowania krawędziowe, które przy dalszym zwiększaniu napięcia przejdą w wylądowanie smużyste i wreszcie wylądowanie ślizgowe, dosięgające krawędzi badanej np. płytki i dają przeskok iskry naokoło dielektryka. Wszystkie te wylądowania powstają jako skutek naprężeń stycznych do powierzchni otrzymanych z rozkładu linii pola, które w danym wypadku załamują się wskutek przechodzenia z jednego dielektryka do drugiego.

Wyżej opisany wypadek powstania wylądowań krawędziowych jest typowy przy badaniu kabli. Jeżeli zauważymy, iż często przy zaprawianiu kabla do próby może się zdarzyć, że płaszcz ołowiany nie przylega ściśle do izolacji kabla, to w tym miejscu wskutek obecności powietrza powstanie dodatkowe większe naprężenie.

Z licznych doświadczeń znaleziono, że wylądowania powierzchniowe powstają tem wcześniej, im większa jest



Rys. 2.

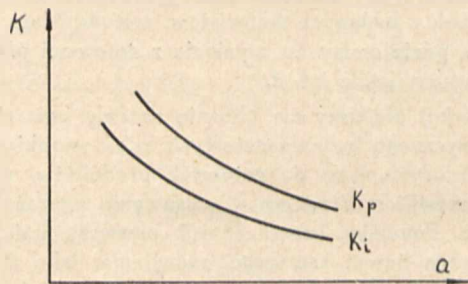
*) Takeshi Nishi — CIGRE, 1929.

stała dielektryczna. Iskry ślizgowe z wyładowań smużystych powstają przy

$$U_a = \frac{1,355}{C^{0,44}} 10^{-4} \text{ kV}$$

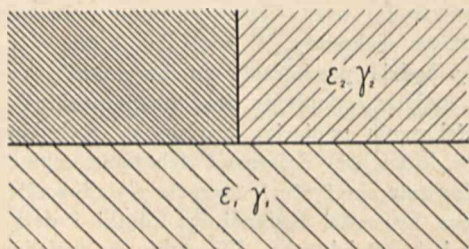
gdzie C jest pojemnością w faradach na 1 cm^2 powierzchni dielektryka. Zależność od pojemności tłumaczy się tem, że prąd, potrzebny do wywołania iskier związany jest z pojemnością układu badanego.

Rozkład naprężeń wzdłuż powierzchni jest podobny do rozkładu między dwiema płytami, naprężenie krytyczne zmniejsza się z rosnącą odległością. Jednocześnie krzywa naprężeń krytycznych tych wyładowań (K_i) leży niżej, niż dla powietrza (K_p). Wpływa na to przede wszystkim zawilgocenie powierzchni lub wogóle zanieczyszczenie. Rys. 3.



Rys. 3.

Jeżeli teraz rozpatrzmy wypadek, kiedy badany dielektryk wraz z elektrodą znajduje się w środowisku o stosunkowo dużej przewodności (Rys. 4), to zobaczymy, że istnieje tu związek między wielkością przewodności i znikaniem wyładowań krawędziowych, a co zatem idzie, zwiększenie wytrzymałości badanego materiału.



Rys. 4.

Zakładamy, że przewodność γ_1 materiału badanego jest dużo mniejsza od γ_2 środowiska, jak to zwykle ma miejsce w praktyce. W pierwszej chwili po włączeniu napięcia rozkład pola zależy od stałych dielektrycznych ϵ_1 i ϵ_2 i naprężenia krawędziowe pozostają bez zmiany. Wobec tego jednak, że środowisko ma stosunkowo dużą przewodność (γ_2) i jest do pewnego stopnia materiałem przewodzącym, linie pola w nim znikają, płynie prąd natomiast i w rezultacie gradient potencjału na odcinku, stykającym się z środowiskiem przewodzącym, maleje wg. krzywej o łagodnym przebiegu.

Zmianę rozkładu pola można również uważać za ładowanie powierzchni izolatora. Można tu zastosować wzór

$$E = E_0 \left(1 - C \frac{T}{Cr} \right)$$

gdzie C będzie pojemnością ładowanej warstwy izolatora, r wielkością odwrotnie proporcjonalną do przewodności γ_2 . Ładowanie będzie tem dłuższe, im mniejsze γ_2 . Duże znaczenie ma tu również czas podnoszenia napięcia (napięcie udarowe) i rodzaj napięcia. Przy napięciu zmiennym i dość

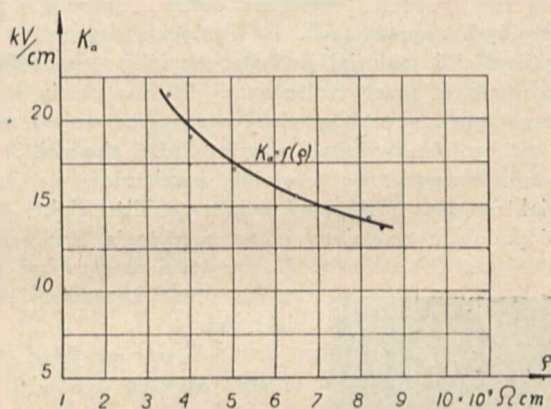
dużej przewodności środowiska naprężenia krawędziowe znikają prawie zupełnie.

Badanie materiałów izolacyjnych. Zastosowanie tej metody do badania wytrzymałości materiałów izolacyjnych przeprowadziłem w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej w sposób następujący:

Próbkę dielektryka umieszczano w cieczy o dużej oporności, poczem oporność tej cieczy zmniejszano przez dodawanie płynów przewodzących. Jako wartość dolnej granicy oporności mieszaniny można przyjąć średnio około $3 \cdot 10^{10} \Omega \text{ cm}$. Pewne trudności przedstawiało dobranie takich cieczy, które po wymieszaniu dawałyby środowisko prawie zupełnie jednorodne z którego składniki mieszaniny nie oddzielałyby się zbyt szybko.

Stwierdzono, że już nawet przy stosunkowo niewielkim zmniejszeniu oporności zachodzi zanikanie naprężeń krawędziowych, co np. bardzo wyraźnie wystąpiło przy zmniejszaniu oporności nafty, w której wyjątkowo dobrze udało się zaobserwować naprężenia krawędziowe przy badaniu wytrzymałości płytki szklanej. Początkowa wartość oporności właściwej nafty wynosiła $8 \cdot 10^{11} \Omega \text{ cm}$. Odpowiadała jej wytrzymałość płytki szklanej o grubości 2,06 mm średnio 13,2 kV/mm (skut.). Zmniejszenie oporności środowiska do $4 \cdot 10^{10} \Omega \text{ cm}$ dało zupełnie wyraźne przesunięcie się przebieg pod środek elektrody punktowej i dalsze, niezbyt jednak duże zmniejszanie oporności (mieszanina ze względów praktycznych okazała się niezbyt wygodna) pozwoliło na osiągnięcie dla tejże płytki szklanej wartości $K_p = 22,7 \text{ kV/mm}$. Szereg innych mieszanin dawał również wyniki zupełnie zadawalające.

Najlepszą równomierność wzrastania wytrzymałości próbki udało się otrzymać dla mieszaniny technicznego oleju rycynowego z acetonem octowym (rys. 5).



Rys. 5.

Dla płytki szklanej grubości 1,84 mm, badanej przy stałym zmniejszaniu oporności środowiska, otrzymano wzrost wytrzymałości elektrycznej K_p tej płytki z 13,7 do 21,2 kV/mm przy całkowitem usunięciu naprężeń krawędziowych; wartości 21,2 kV/mm nie udało się już podwyższyć wskutek tego, że środowisko poniżej wartości $3 - 4 \cdot 10^{10} \Omega \text{ cm}$ zaczynało przewodzić, a stała dielektryczna wzrosła powyżej 20. Dla porównania podam parę przykładów z badań przeprowadzonych zagranicą.

Semenoff i Walther doszli np. do wartości $K_p = 20,7 \text{ kV}$ dla płytek grubości 0,075 mm przy użyciu mieszaniny o oporności $0,9 \cdot 10^6$ i stałej dielektrycznej $\epsilon = 3,1$, podczas gdy napięcie przebicia dla tychże próbek w oleju rycynowym o oporności $2,3 \cdot 10^{11}$ i $\epsilon = 4,4$ wynosiło $K_p = 7,4 \text{ kV}$. Bardzo dobre wyniki osiągnęli Inge

i Wul w cieczech o stałej dielektrycznej do 8,1, przy czym ciecze te były półprzewodzące.

Littleton i Shaver badali izolatory w oleju transformatorowym, do którego wdmuchiwali parę wodną i otrzymali napięcie, przy którym następowało przebicie izolatora, dwukrotnie wyższe niż w wypadku czystego oleju.

Po osiągnięciu dobrych wyników z próbkami szklanymi, wypróbowałem omawianą metodę na gotowych przedmiotach, a mianowicie na izolatorach telefonicznych szklanych Nr. 1 (wg. PNT).

Izolatory zanurzone były w cieczy i jako elektrody służyły: rtęć, nalana do gwintowanego wgłębienia izolatora, i drut, owinięty dookoła szyjki. W przypadku, gdy ciecz, w której zanurzono izolator, miała dużą oporność, otrzymano średnią wartość, przy której następowało przebicie izolatora, 97 kV (skut.), przy czym przebicie to następowało zawsze między drutem owiniętym na szyjce i rtęcią, to jest tam, gdzie występowały naprężenia krawędziowe. Z chwilą gdy oporność mieszaniny została zmniejszona przez dodanie przewodzącej domieszki, badane izolatory nie ulegały przebicciu przy 132 kV (skut.), a więc przy napięciu 36% wyższym.

Bardzo dużo badań z gotowymi izolatorami przeprowadzała m. in. fabryka Hermsdorf-Schomburg (Hescho). Przy stosowaniu jako środowiska mieszaniny smoły pogazowej z węglem brunatnym z masą zalewową osiągnięto wartości napięcia przebiccia 20 — 30% wyższe niż dla zwykłego oleju transformatorowego.

Badanie kabli. — Omawiana metoda, jak widać z powyższych badań, przedstawia bardzo duże korzyści, jeśli chodzi o pomiar wytrzymałości elektrycznej dielektryków i może mieć bardzo duży zakres stosowalności przy różnych sposobach jej wykonania, co ma miejsce np. w przypadku kabli. Badanie kabli przy zastosowaniu metody usuwania naprężeń krawędziowych, prócz zasadniczej korzyści przeprowadzenia właściwego pomiaru wytrzymałości elektrycznej izolacji — daje szereg bardzo ważnych korzyści dodatkowych.

Usunięcie prawie zupełne jakichkolwiek wyładowań przy badaniu kabli, pozwala na spokojne przeprowadzenie próby napięciowej bez ciągłej obawy przeskoków i — co zatem idzie — zbytecznych zwarć transformatorów; osiągamy również dużą oszczędność przy zaprawianiu końców badanego kabla (przeszło 50%), a ponieważ końce te nie grzeją się i wobec tego nie wycieka z nich masa impregnacynna, niema potrzeby ponownego obcinania kawałków kabla, wysuszonych przez próbę. Uniemożliwia się oczywiście przypadkowe przebicie izolacji kabla na końcu płaszczu.

Jedną z równie bardzo ważnych korzyści, jakie daje omawiany sposób zaprawiania końców kabla do prób elektrycznych, jest ogromne ułatwienie przeprowadzenia badania strat dielektrycznych kabla, co w praktyce fabrycznej przy badaniu całych odcinków fabrykacyjnych pozwala na ścisłą kontrolę dobroci wykonania odcinka w czasie fabrykacji i umożliwia ew. poprawienie i ustalenie sposobu wykonania następných odcinków.

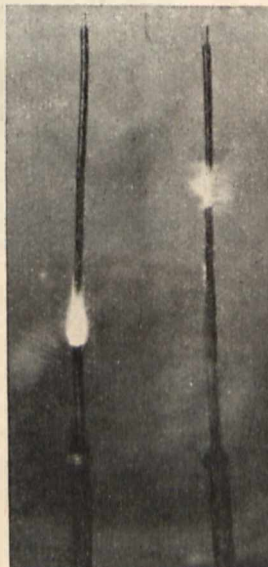
Sposób wykonania próby taki, jak np. dla izolatorów, jest w przypadku kabli niewygodny (zanurzanie końców kabla w cieczy), należało tu więc opracować sposób inny.

Wygodniejszym sposobem zaprawiania końców kabla celem usunięcia naprężeń krawędziowych jest nakładanie warstwy stałego materiału półprzewodzącego na izolację zaprawionego końca, po zdjęciu zeń ołowianego płaszczu

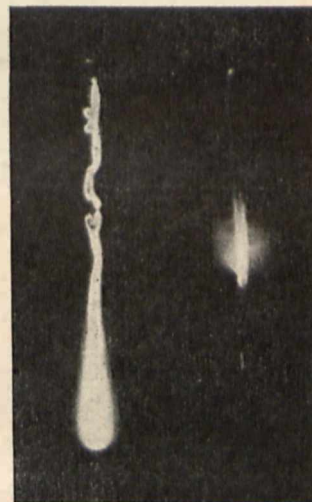
(ew. papieru metalizowanego, w przypadku kabli o polu promieniowym). Jeżeli chodzi o wartość oporności materiału w tym celu używanego, to dotychczasowe próby dały dobre wyniki np. dla materiału o pewnym określonym składzie przy oporności 1-5.10¹⁰ Ω cm. Wartość tę można jednak jeszcze obniżyć ze względu na to, że mamy zawsze możliwość pozostawienia na końcu odcinka, niepokrytego materiałem półprzewodzącym, co zabezpiecza przed zwarcie.

Najkorzystniej jest oporność nałożonego na izolację końca żyły materiału półprzewodzącego zwiększać ku końcowi kabla, a więc np. ścieniać, ew. nakładać warstwy — o coraz większej oporności. Podkreślić trzeba konieczność starannego przygotowania końców kabla i prawie zupełną jednorodność materiału, jeśli chodzi o przewodzenie; nawet stosunkowo niewielkie błędy popełnione mogą zupełnie uniemożliwić osiągnięcie dobrych rezultatów.

Szereg prób, przeprowadzonych w Warszawskiej Wytwórni Kabli z kilkoma rodzajami kabli, potwierdziło możliwość osiągnięcia dobrych wyników przy zastosowaniu omawianego sposobu zaprawiania końców kabla.



Rys. 6.



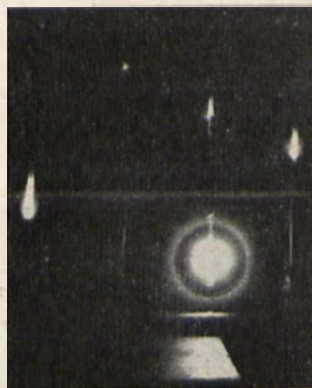
Rys. 7.

Na rys. 6 i 7 widzimy końce kabli jednożyłowych 1 × 10 mm², z których lewy został zaprawiony w zwykły sposób, przy czym płaszcz ołowiany został zdjęty na długości 30 cm; na prawym zaś kablu po takim samym zaprawieniu, izolacja została pokryta warstwą materiału półprzewodzącego na długości 15 cm w taki sposób, że warstwa ku końcowi kabla była coraz cieńsza.

Rys. 6 przedstawia końce wyżej wymienionych kabli pod napięciem 35 kV, zaś rys. 7 — pod napięciem 45 kV w chwili, gdy na kablu, zaprawionym w sposób zwykły, rozpoczęły się przeskoki od płaszczu do żyły, po uprzednim przejściu przez wszystkie fazy wyładowań powierzchniowych, które w sposób widoczny ukazują się przy 35 kV na rys. 6. Kabel zaś, którego koniec jest pokryty materiałem półprzewodzącym, przy napięciu 45 kV nie wykazuje wyładowań w kierunku końca żyły. Ciekawy wynik, jeśli chodzi o badanie, jaka winna być długość warstwy półprzewodzącej, dają rys. 8 i 9, gdzie cztery odcinki kabla 1 × 10 mm² mają płaszcz ołowiany, zdjęty również na długości 30 cm, różnią się jedynie długością warstwy materiału półprzewodzącego na izolacji (8 cm, 16 cm i 24 cm), poczynając od prawej strony — różnica wielkości wyładowań przy 35 kV zupełnie widoczna, przy czym na

odcinka 2-im widać przebicie, które jednak nastąpiło nie na końcu płaszczki ołowianego, lecz pod nim w odległości kilku cm od jego końca. Kabel przebity został następnie usunięty, napięcie doprowadzone do 47 kV, przy których nastąpiły przeskoki na kablu o końcu nieokrytym materiałem półprzewodzącym. Różnica w wielkości wyładowań jest w danym przypadku jeszcze wyraźniejsza.

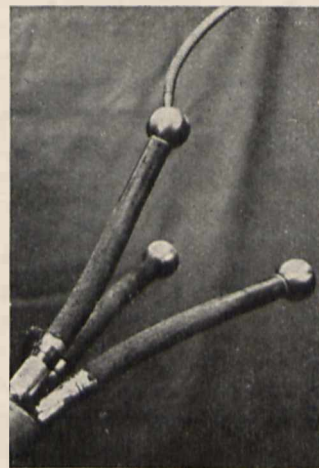
W dalszym ciągu zastosowano omawiany sposób przy badaniu kabli 35 kV o polu promieniowym. Rys. Nr. 10 przedstawia koniec odcinka 300-metrowej długości przygotowanego do próby napięciowej i pomiaru kąta strat dielektrycznych. Papier metalizowany na żyłę, zdjęty na długości 30 cm od końca żyły. Przy napięciu probierczym 52 kV nie można było nawet przy przyćmionem świetle zauważyć jakichkolwiek wyładowań — słychać jedynie lekki



Rys. 8.



Rys. 9.



Rys. 10.

szmer, końce kabla po próbie zupełnie chłodne. Czas trwania całej próby łącznie z przygotowaniem i pomiarem strat (do przybliżonego ustalenia krzywej strat) wynosi parę godzin, podczas gdy dawniej wykonanie analogicznej próby trwało około 2 dni roboczych ze względu na trudności, zwłaszcza przy próbie stratności, do której pożądane było wykonywanie muf końcowych zalewanych masą kablową.

Przy nieco dłuższym zaprawieniu końców kabla, badano odcinek na napięcie do 110 kV, z równie dobrym wynikiem.

Z powyższego widać, jak duże korzyści daje opisywany sposób zaprawiania kabli, już przy obecnym stanie rzeczy. Dalsze próby pójść w kierunku ustalenia materiału oraz sposobów przygotowywania kabli, aby osiągnąć najlepsze wyniki przy możliwie łatwym i szybkim wykonaniu próby.

Opisywane badania zostały wykonane częściowo w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej (w 1932 r.), częściowo w Laboratorium Warszawskiej Wytwórni Kabli S. A. w Okęcu (w 1935 r.).

LITERATURA.

1. Takeshi Nishi. C. I. G. R. E. 51. 1929.
2. M. von Cauvenberghe. C. I. G. R. E. Annexe VI. Essais de perforation d'isolateurs sous huile spéciale.
3. Drewnowski K. Podstawy techniki wysokich napięć, 1933.
4. Dunsheat P. High voltage cables, 1930.
5. Grünwald, F. AfE. Bd. 12. ETZ. 1924.
6. Inge L. u. Al. Walther. Feldverteilung u. Durchschlagsspannung von festen Isolatoren A. E. Bd. XXIV. S. 88 — 98 — 1930.

7. Inge L. N. Semenof u. A. Walther. Ueber den Durchschlag festen Isolatoren A. E. Bd. XVII S. 433. 1926.

8. Inge L. u. A. Walther. Durchschlag von festen Isolatoren im homogenen u. nichthomogenen elektrischen Feldern A. E. Bd. XIX. S. 257 — 1928.

9. Inge L. u. A. Walther. Feldverteilung u. Durchschlag von festen Isolatoren A. E. Bd. XXV S. 26 — 1931.

10. Inge L. u. B. Wul Rindentladungen A. E. Bd. XXV. S. 598 — 1931.

11. Littleton u. Shaver. El. World Bd. 91 — 1928.

12. Müller Harald. Hescho Mitteilungen, Heft 59/60 1931.

13. Rochov H. A. E. Bd. XIV S 361. 1925.

14. Schumann. W. O. Zeitsch. techn. Phys. Nr. 9. S. 443. 1925.

15. Semenoff N. u. A. Walther. Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. 1928.

Podsekcja szkolnictwa elektrycznego

Szkolnictwo elektrotechniczne według nowego ustroju

Inż. G. Hensel, Inż. A. Bedyński i Inż. W. Kotelewski

(Artykuł został wydrukowany w zesz. 1-ym Przeglądu Elektrotechnicznego z roku bieżącego).

Plan referatu:

1. Organizacja nowych szkół ogólnokształcących, służących podbudową programową do nowych szkół zawodowych.

2. Szkoły zawodowe w świetle ustawy z dn. 11 marca 1932 r. o ustroju szkolnictwa.

3. Szkolnictwo elektrotechniczne.

4. Szkoły elektrotechniczne typu zasadniczego.

5. Plan nauki i program gimnazjów elektrycznych.

6. Wytyczne programowe liceów elektrycznych.

Nauczanie urządzeń elektrycznych w Gimnazjach elektrycznych (szkołach elektrycznych stopnia gimnazjalnego)

Inż. Leopold Temerson

Streszczenie. Autor omawia poszczególne punkty programu „Urządzeń Elektrycznych”, wydanego przez M-stwo W. R. i O. P. dla szkół elektrycznych stopnia gimnazjalnego. Charakter szkoły nowego typu, mającej przygotować inteligentnego monter-electryka, wymaga praktycznego podejścia do przedmiotu z pominięciem trudniejszych wzorów przy szerokim uwzględnieniu tablic liczbowych i wykresów. Nauczanie Urządzeń Elektrycznych winno być oparte na obfitem korzystaniu z pomocy naukowych w postaci modeli przepisowego sprzętu instalacyjnego i przyrządów, ilustracji wykonanych urządzeń oraz na urządzaniu wycieczek do zelektryfikowanych zakładów przemysłowych.

Cwiczenia rysunkowe i rachunkowe winny być oparte na istniejących przepisach S. E. P. i wykonywane przy użyciu cenników i katalogów fabrycznych.

W myśl rozporządzenia M. W. R. i O. P. o organizacji szkolnictwa zawodowego zadaniem gimnazjów elektrycznych jest kształcenie pracowników, usprawnionych w wykonywaniu robót elektromonterskich i posiadających zasób wiadomości teoretyczno-zawodowych i ogólnych.

Urządzenia elektryczne są bodaj najważniejszym przedmiotem teoretyczno-zawodowym, gdyż w naszych warunkach znaczna większość absolwentów gimnazjów elektrycznych znajdzie zatrudnienie w zakładach i biurach elektro-instalacyjnych; mniejszy natomiast odsetek zostanie wchłonięty przez fabryki maszyn elektrycznych i warsztaty elektromechaniczne. Zresztą t. zw. „elektromechanicy”, to jest monterzy, specjalizujący się w nawijaniu, naprawach, konserwacji i obsłudze maszyn elektrycznych, muszą również dokładnie opanować dział instalacji, znać dokładnie aparaturę rozdzielczą, budowę i obsługę tablic rozdzielczych, jako ściśle związanych z maszynami elektrycznymi.

Dla telemechaników i radjomonterów podstawę dla dodatkowej specjalizacji stanowią wiadomości ze wszystkich działów urządzeń elektrycznych.

Program nauki urządzeń dla gimnazjów elektrycznych został wobec tego ujęty dość obszernie i szczegółowo, aby ułatwić nauczycielowi systematyczne przerobienie licznych i różnorodnych działów programu.

Wobec zróżniczkowania poszczególnych typów szkół zawodowych w nowej ustawie o ustroju szkolnictwa, waż-

nem jest wyodrębnienie programu każdego przedmiotu dla danego typu szkoły, w tym wypadku — stopnia gimnazjalnego. Program ten winien różnić się wyraźnie od programu szkoły innego typu (np. licealnego) i podkreślać pewne momenty ważne dla montera - elektryka, z pominięciem, względnie z luźnym zaznaczeniem działów, mogących mieć wartość dla elektryka o wyższym poziomie wykształcenia technicznego.

Z tych właśnie względów szczegółowy układ programu został pomyślany w ten sposób, aby umożliwić nauczycielowi właściwe ujęcie obszernego materiału i zachowanie granic, określonych charakterem szkoły typu gimnazjalnego.

Plan godzin gimnazjum elektrycznego przewiduje rozpoczęcie nauki urządzeń w letnim półroczu klasy II w ilości 4 godzin tygodniowo. W półroczu zimowym kl. II natomiast uczniowie otrzymują wstępne wiadomości z elektrotechniki w przedmiocie „podstawy elektrotechniki z mierznictwem”, dzięki czemu są już przygotowani do zrozumienia celu stosowania przewodów i kabli, wyłączników i bezpieczników. W ten sposób zachowana zostaje korelacja między wymienionym podstawowym przedmiotem, a urządzaniami elektrycznymi.

Opis ustroju przewodów i kabli ogranicza się do najczęściej spotykanych w praktyce typów, przewidzianych w normach SEP, przyczem program przewiduje wyjaśnienie celu stosowania poszczególnych rodzajów izolacji, odzieży i ochrony mechanicznej przewodów. Odnośnie przygotowanie daje nauka materiałoznawstwa w klasie 1-ej, gdzie uczniowie zapoznają się z własnościami i sposobami otrzymywania materiałów przewodowych i izolacyjnych.

Zarówno opis ustroju przewodów i kabli, jak i czynności związanych z ich montażem wymaga demonstrowania licznych wzorów przewodów, kabli, rurek, osprzętu instalacyjnego, muf kablowych i t. p., oraz małych modeli wykonanych instalacji przy użyciu najbardziej typowych przewodów i rurek. Niezależnie od gotowych modeli konieczne jest stosowanie licznych tablic rysunkowych, dotyczących łączenia, odgałęziania i umocowania przewodów, rurek, kabli, wyłączników, gniazd, muf kablowych i t. p. Należy również zademonstrować uczniom narzędzia monterskie

oraz sposób ich użycia, stosując przy objaśnieniu prawidłową polską terminologię.

Uczniowie powinni opanować pamięciowo najważniejsze znormalizowane przekroje przewodów oraz średnice rurek instalacyjnych i umieć określać „na oko” przedstawioną próbkę przewodu, względnie rurki.

Wiadomości powyższe stanowią również przygotowanie do pierwszych *ćwiczeń rysunkowych* (w kl. II-ej), polegających na kreśleniu układów połączeń wyłączników i przełączników przy użyciu symboli, przewidzianych w normach SEP. Dla zaznajomienia uczniów z zastosowaniem symboli graficznych do całości instalacji, program przewiduje ćwiczenie, polegające na odczytywaniu planu wykonanej instalacji mieszkaniowej. Przygotowanie do ćwiczeń rysunkowych otrzymują uczniowie przy nauce rysunku zawodowego w klasie I-ej i II-ej, przy czym ważnym elementem jest wykonywanie planów budowlanych, co wiąże się ze wspomnianym wyżej ćwiczeniem: odczytywaniem gotowych planów instalacji mieszkaniowych.

Podstawowe wiadomości z urządzeń elektrycznych, dotyczące ustroju przewodów, sposobów ich zakładania, stosowania osprzętu instalacyjnego w różnych pomieszczeniach — stanowią przygotowanie do wstępnych prac warsztatowych z działu instalacji wewnątrz i na zewnątrz budynku. Naogół jednak, prace warsztatowe uczniów niekoniecznie muszą być poprzedzane wiadomościami teoretycznymi z urządzeń, ponieważ są to przeważnie czynności proste i wyjaśnienie ich może być dokonane przez instruktora warsztatowego.

Omawiając przewody i sprzęt instalacyjny, należy specjalnie podkreślić konieczność stosowania przepisowych materiałów ze względu na trwałość, pewność w pracy i bezpieczeństwo otoczenia. Uczniowie winni zapoznać się ze znakiem przepisowym SEP w postaci nitki na przewodach, względnie innych znaków na przyrządach i sprzęcie instalacyjnym. Pożądane jest również zaznajomienie uczniów z nitkami fabrycznymi firm krajowych, wyrabiających przewody i kable prądu silnego.

Zasada działania bezpieczników topikowych korkowych i paskowych jest uczniom znana z podstaw elektrotechniki przy omawianiu prawa Joule'a; przepisy SEP natomiast, dotyczące zastosowania bezpieczników w sieciach trójprzewodowych prądu stałego i trójfazowego, a wymagające znajomości tych układów, muszą być poprzedzone krótkim wyjaśnieniem zasady ich powstawania. Wyjaśnienia te wyprzedzają co prawda odnośne wiadomości z podstaw elektrotechniki, przewidziane dopiero w programie kl. III-ej, lecz są najzupełniej wystarczające dla zrozumienia przez uczniów przepisów SEP o rozmieszczeniu bezpieczników topikowych. W dziale tym zapoznają się uczniowie z tabelą dopuszczalnych obciążeń przewodów izolowanych i wyborem właściwego bezpiecznika dla danego przekroju.

W związku z coraz większym rozpowszechnieniem wyłączników samoczynnych dla siły i światła zamiast bezpieczników topikowych — program przewiduje systematyczne omówienie zasadniczych konstrukcyj i schematów tych przyrządów wraz z pokazem modeli, omówieniem działania, montażu i obsługi wyłączników samoczynnych.

Przy porównaniu automatów z bezpiecznikami topikowymi, podkreślić należy nie tylko wygodę i oszczędność w eksploatacji wyłączników samoczynnych, ale i oszczędność na przekrojach przewodów instalacyjnych.

Program klasy III-ej rozpoczyna nader ważny dział, dotyczący urządzeń domowych dla siły i światła. W dziale tym uczeń poznaje zasadnicze części instalacji domowej,

jak przyłączyć, pion, urządzenia odbiorcze oraz przepisy na przyłączenie urządzeń domowych do sieci zakładów elektrycznych. W dalszym ciągu program przewiduje sporządzenie planów instalacji oświetleniowej przy użyciu obowiązujących oznaczeń i symboli graficznych.

Wspomniane wyżej przepisy dla urządzeń domowych omawiają dość dokładnie szczegóły techniczne ich wykonania, lecz wymagają uzupełniających wyjaśnień i uzasadnień.

Z urządzeniami domowymi wiąże się obliczanie przekroju przewodów dla siły i światła; na wstępie podaje się uczniom wzory na spadek napięcia dla prądu stałego i jednofazowego wraz z przykładami liczbowymi w zastosowaniu do instalacji w mieszkaniach i niewielkich warsztatach.

Zastosowanie zdobytych wiadomości znajdują uczniowie w ćwiczeniach, obejmujących szkic instalacji domowej, względnie warsztatowej wraz z obliczeniem przekroju na spadek napięcia, lub stratę mocy i uwzględnieniem wspomnianych wyżej przepisów dla urządzeń siły i światła.

Pomiary oporności izolacji wiążą się ściśle z montażem instalacji mieszkaniowych i są oparte na przepisach SEP, które należy uzasadnić, opierając się na znanych już uczniom wiadomościach z podstaw elektrotechniki. Dotyczy to zwłaszcza pomiaru oporności izolacji kilku obwodów równoległych, których oporność maleje z rosnącą liczbą obwodów. To samo odnosi się zresztą do linii napowietrznych.

Dużą uwagę poświęca się technice oświetleniowej i grzejnictwu elektrycznemu. Program przewiduje systematyczne omówienie wszystkich działów oświetlenia elektrycznego, począwszy od podstawowych jednostek, wykresów rozsyłu światła żarówek i opraw, zarysu fabrykacji żarówek — do najprostszyc obliczeń oświetlenia przy użyciu tabel jasności i sprawności żarówek. W dziale tym omówić należy przepisy dla lamp w pomieszczeniach specjalnych i zaznajomić uczniów z konstrukcją opraw, stosowanych w tych pomieszczeniach. Oddzielnie należy wspomnieć o lampach ręcznych niskonapięciowych do kontroli kotłów i zbiorników i obowiązujących dla nich przepisach.

Zakończenie działu techniki oświetleniowej stanowią rury świetlące, które należy dość szeroko uwzględnić w programie nauczania. Ważne jest zwłaszcza zaznajomienie uczniów z układami połączeń, obsługą, montażem rur świetlanych oraz odnośnymi przepisami SEP, które winny być ściśle przestrzegane ze względu na wysokie napięcie, przy jakim urządzenia te pracują.

Jako uzupełnienie zdobytych przez uczniów wiadomości z dziedziny urządzeń instalacyjnych i oświetlenia, przewidziane jest ćwiczenie, polegające na opracowaniu instalacji w niewielkim warsztacie wraz z ustaleniem liczby i wielkości lamp.

Ćwiczenie to obejmuje poza tym wykonanie planu instalacji siły i światła, obliczenie przekroju przewodów oraz sporządzenie kosztorysu urządzenia.

Podstawy teoretyczne grzejnictwa elektrycznego poznają uczniowie w podstawach elektrotechniki, a w czasie ćwiczeń w pracowni zapoznają się praktycznie z obliczeniem sprawności grzejników. Na lekcjach urządzeń elektrycznych należy zaznajomić uczniów z elementami konstrukcyjnymi najważniejszych grzejników zarówno użytku domowego, jak i typu przemysłowego. Wspomnieć należy również o specjalnych taryfach dla celów grzejnych, o nocnych taryfach dla buljerów, o prostych metodach obliczania grzejników i wreszcie o przepisach SEP z punktu widzenia bezpieczeństwa ogniowego.

Zakończenie kursu klasy III-ej stanowi obszerny dział przepisów bezpieczeństwa, których istotę i ważność należy

podkreślić zarówno z punktu widzenia trwałości i pewności pracy urządzeń, jak i ochrony życia i mienia ludzkiego. Umotywowanie i wyjaśnienie licznych przepisów, wydanych w tej dziedzinie przez SEP, jest o tyle ułatwione, że uczniowie mają już odpowiedni podkład wiadomości z podstaw elektrotechniki (prądy zmienne) i z urządzeń elektr. (instalacje budynkowe, stan izolacji).

Przepisy bezpieczeństwa dotyczą w zasadzie dwojakiemu rodzajowi ochrony: przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej; uczeń winien zrozumieć istotę niebezpieczeństwa prądu i zdawać sobie sprawę z warunków, wpływających na społeczną odpowiedzialność owego niebezpieczeństwa, jak: wielkość napięcia, wilgoć, stan izolacji, rodzaj prądu. W dziale tym omówić należy pomieszczenia specjalne i sposoby wykonywania w nich instalacji, przyczem zwrócić specjalną uwagę na przepisy dla teatrów i kinematografów, podkreślając znaczenie światła bezpieczeństwa w tych lokalach.

Uziemienia ochronne, jako jeden z najważniejszych elementów, zabezpieczających urządzenia elektryczne i obsługę, wymagają zaznajomienia uczniów zarówno z istotą uziemienia, jak i z jego prawidłowym wykonaniem i dozorem.

Do przepisów bezpieczeństwa zaliczyć należy wreszcie wskazówki obchodzenia się z urządzeniami w razie pożaru oraz ochronę budowli od wyładowań atmosferycznych. W związku z urządzeniami piorunochronowymi przytoczyć należy sposoby dokonywania kontroli tych urządzeń oraz podać przykłady wykonanych urządzeń.

Do działu przepisów bezpieczeństwa należy również ratownictwo porażonych prądem, co jednakże jest objęte programem „Nauki o Człowieku” w kl. IV. Mimo to pożądane jest zapoznanie uczniów z odnośnymi tabelami, wydanymi przez SEP — już na lekcjach urządzeń elektrycznych, pozostawiając ćwiczenia praktyczne z tej dziedziny lekarzowi szkolnemu.

Nauka urządzeń w klasie IV rozpoczyna się obliczaniem przewodów prądu trójfazowego, przyczem materiał nauczania opiera się na zdobytych wiadomościach z podstaw elektrotechniki (zakończonych w klasie III). Obliczanie spadku napięcia, straty mocy i przekroju dla sieci trójfazowych oraz sprawdzenie na nagrzewanie i wytrzymałość mechaniczną winno być przerabiane na przykładach liczbowych, a następnie ugruntowane przy samodzielnych pracach uczniów. Prace te obejmują mały projekt oświetlenia typowego domu mieszkalnego z sieci 4-ro przewodowej prądu 3-fazowego oraz opracowanie instalacji światła i siły w niewielkim warsztacie.

Oba ćwiczenia powinny być wykonane przy zastosowaniu obowiązujących norm i przepisów, a wszelkie rysunki — przy użyciu właściwych oznaczeń i symboli graficznych. Przy wyborze silników do warsztatów uczniowie korzystają z katalogów firmowych wytwórni maszyn i aparatów elektrycznych; sporządzanie kosztorysów instalacji winno się również opierać na istniejących cennikach firm instalacyjnych.

Obszerny dział stanowią linie napowietrzne wraz z ich osprzętem. W zakresie programu gimnazjalnego dział ten winien być potraktowany raczej opisowo z pominięciem skomplikowanych wzorów wytrzymałościowych, a nawet empirycznych. Przyszły monter elektryk będzie bowiem korzystał z gotowych tabel zwisów i naciągów dopuszczalnych dla przewodów, wzgl. odpowiednich wykresów. Należy przeto dokładnie zaznajomić uczniów z owymi tabelami i wykresami oraz przerobić szereg zadań praktycznych dla poszczególnych wypadków, w których o zwisie przewodu decyduje ładunek, wzgl. upał, a o naciągu mróz, wzgl. śadź.

Omawiając konstrukcje wsporcze (słupy) dla linii napowietrznych, należy się dłużej zatrzymać na słupach drewnianych, jako najczęściej u nas spotykanych, podać sposoby nasycania, wzmacniania, oraz wymagane wymiary, zależnie od warunków pracy słupa.

Poza drewnianymi, należy omówić słupy żelazne kratowe, rurowe, wieże stalowe, słupy betonowe i podać ich zakres stosowania.

Wreszcie należy wspomnieć pokrótce o obsadzie słupów w ziemi i fundamentach betonowych dla słupów.

Mówiąc o izolatorach linii napowietrznych, należy przypomnieć uczniom odnośne wiadomości z materiałoznawstwa, dotyczące własności porcelany, szkła, ambroiny. Pożądane jest zademonstrowanie próby izolatorów na przeskok i przebiecie, a w każdym razie należy pokazać uczniom fotografie i przezrocza wykonanych prób.

Uczniowie winni się zapoznać z fabrycznymi typami izolatorów, ze sposobami umocowania izolatorów na trzonach, przewodów na izolatorze. Odnośne czynności demonstruje się uczniom na gotowych modelach oraz tablicach rysunkowych. Zdobyte w ten sposób wiadomości zostają następnie wykorzystane w warsztatach elektrycznych w dziale „Instalacja linii napowietrznych” przy nakręcaniu izolatorów na trzony, łączeniu i odgałęzianiu przewodów i t. p. Wspomnieć należy również pokrótce o przepisowych próbach mechanicznych i elektrycznych izolatorów.

Przewidziane programem „Przepisy techniczne na skrzyżowanie i zbliżenie...” wymagają zwięzłego i przystępnego ujęcia, najlepiej w postaci przejrzystych tabel, zawierających zestawienie przepisowych środków ochronnych dla różnych wypadków skrzyżowania, wzgl. zbliżenia linii prądu silnego.

Nader ważnym działem jest montaż linii napowietrznych oraz remont i dozór takowych. Uczniowie winni się zapoznać z odpowiednimi narzędziami oraz praktycznym użyciem tabel zwisów przy zakładaniu przewodów na słupach. Ważną jest pozatem znajomość przepisów bezpieczeństwa przy pracy na linii w czasie kontroli i montażu.

Niezbędnym warunkiem wstępnego przyswojenia sobie przez uczniów zasad montażowych jest zastosowanie w szerokim stopniu metody pogładowej przy użyciu przezroczy, pokazów epidjaskopowych oraz przez urządzenie wycieczek na trasę budowanych linii.

Urządzenia rozdzielcze stanowią odrębny dział, obejmujący opis najważniejszych przyrządów rozdzielczych i zabezpieczających wysokiego napięcia, tablic rozdzielczych i wreszcie podstacy transformatorowych.

Po omówieniu różnych typów odłączników i ich obsługi, należy zatrzymać się dłużej nad wyłącznikami olejowymi, ich mechanizmem, napędem, wyzwalaczami, wreszcie dozorem, montażem i obsługą. Poszczególne części i ich działanie należy demonstrować na modelach podczas lekcji, a różne typy wyłączników, schematy wyzwalaczy i t. p. — pokazać uczniom na fotografiach, przezroczach i gotowych tablicach rysunkowych.

W związku z rosnącym zastosowaniem wyłączników bezolejowych program przewiduje omówienie najważniejszych typów, ich budowę i obsługę.

Mówiąc o przyrządach zabezpieczających, należy wymienić bezpieczniki wysokiego napięcia oraz ochronniki przepięciowe. Zjawiska przepięcia wymagają pewnych wyjaśnień teoretycznych, które należy możliwie spopularyzować i omówić następnie najważniejsze przyrządy zabezpieczające niskiego i wysokiego napięcia, a zwłaszcza najnowsze typy ochronników katodowych. Uczniowie winni się zapoznać ze schematami włączenia ochronników, ich obsługą i kontrolą.

Wiadomości o tablicach rozdzielczych obejmują dwa zasadnicze działy: tablice prądu stałego i zmiennego. Pierwsze należy potraktować w związku z urządzeniem do ładowania akumulatorów, których zasadę i budowę uczniowie poznali w podstawach elektrotechniki.

W programie uwzględniono zasadnicze schematy połączeń baterji z prądnicami do ładowania i sieci, obsługę tablicy i baterji, montaż akumulatorów i wreszcie przepisy bezpieczeństwa przy pracy w akumulatorni.

Jako ćwiczenie z tego działu, wykonywują uczniowie schemat tablicy do ładowania akumulatorów, korzystając przytem z katalogów i szkiców wymiarowych.

Cwiczenia praktyczne z obsługi tablic są przewidziane w programie warsztatów elektrycznych dla klasy IV w dziale, dotyczącym obsługi akumulatorów.

Tablice prądu zmiennego wiążą się już z rozdzielniami i podstacjami; należy je przeto potraktować wspólnie, podając uczniom kolejno układy połączeń od najprostszych do bardziej złożonych. Najważniejsze układy, jak: połączenie prądnic niskiego i wysokiego napięcia z szynami zbiorczymi, układy synchronizacyjne prądnic trójfazowych, prostsze schematy elektrowni i podstacji — należy omówić, wyjaśniając kolejność łączenia przyrządów rozdzielczych, mierniczych i zabezpieczających, przyczem należy podać również rozmieszczenie aparatów na tablicy.

Mówiąc o rozdzielniach i podstacjach, należy wymienić systemy umieszczania przyrządów w budynkach, rodzaje podstacji; budynkowe, słupowe, napowietrzne oraz podać przepisy montażowe i zabezpieczające SEP.

Cwiczenia z działu rozdzielni i podstacji polegają na wykonaniu schematu elektrycznego niewielkiej stacji transformatorowej, rysunku tablicy z rozmieszczeniem przyrządów oraz budynku podstacji z zaznaczeniem miejsca ustawienia przyrządów. Wymiary przyrządów powinny być dobrane według szkiców wymiarowych z katalogów fabrycznych.

Wiadomości o elektrowniach winny zawierać krótki opis zasad obliczania mocy zainstalowanej, wyboru miejsca na elektrownie, obliczania kosztów własnych, rozplanowania

pomieszczeń. Należy podać wykresy obciążenia elektrowni oraz zasady taryfikacji.

Cały powyższy dział wymaga szczególnie obfitych ilustracji w postaci przezroczy i fotografii rozdzielni, podstacji i elektrowni. Koniecznym wreszcie uzupełnieniem jest organizowanie wycieczek do miejscowych i zamiejscowych zakładów elektrycznych oraz stacji transformatorowych.

Omawiając poszczególne działy programu urządzeń elektrycznych, wspominaliśmy o konieczności stosowania licznych pomocy naukowych, bez których trudno sobie wyobrazić racjonalne nauczanie tego przedmiotu.

W inwentarzu pomocy naukowych do urządzeń elektrycznych winny się znajdować: tablice bardziej złożonych układów połączeń, rysunki i fotografie przyrządów rozdzielczych, stacji transformatorowych; szereg tablic pokazowych, dotyczących montażu przewodów, izolatorów, słupów, kabli ziemnych i t. p., komplet przezroczy z dziedziny wykonanych urządzeń w zakładach przemysłowych oraz elektrowniach krajowych i zagranicznych; liczne próbki przewodów, kabli, wzory osprzętu instalacyjnego i kablowego; modele gotowych przyrządów rozdzielczych, skrzynek okapturzonych i t. p. Wzory i modele winny być stale uzupełniane i kompletowane.

Nader pożądanę jest posiadanie własnej wzorowej podstacji transformatorowej, lub przetwornicowej, urządzonej w sposób możliwie nowoczesny i przejrzysty. Stacja taka, poza swem zadaniem dydaktycznym, może służyć jednocześnie do celów użytkowych, zasilając naprzykład pracownię i warsztaty szkolne.

Cwiczenia rysunkowe i obliczeniowe, stanowiące praktyczne uzupełnienie treści lekcji, wymagają korzystania przez uczniów z katalogów i cenników firmowych oraz szkiców wymiarowych. Firmy elektrotechniczne chętnie ofiarowują swe wydawnictwa szkołom dla spopularyzowania własnych wyrobów, a uczniowie zapoznają się z istniejącymi typami maszyn i przyrządów, ich wymiarami oraz cenami rynkowymi.

Warsztaty elektrotechniczne Gimnazjum elektrycznego

lnż. L. Ciechanowski

Streszczenie. Referat ma na celu zapoznanie zainteresowanych osób z programem zajęć, organizacją i metodą pracy w warsztatach elektrotechnicznych gimnazjów elektrycznych.

Podane są odnośne zarządzenia M. W. R. i O. P., ogólne zestawienie godzin, przeznaczonych na pracę warsztatową w poszczególnych klasach i działach warsztatowych, kolejne krótkie omówienie wykonywanych prac w każdym z działów, w końcu wytyczne, dotyczące organizacji pracy, metody nauczania, korelacji zajęć warsztatowych z nauczaniem przedmiotów teoretycznych.

I. Podstawa organizacji.

Podstawę organizacji gimnazjów zawodowych, a więc i gimnazjów elektrycznych, tworzy:

1. Ustawa z dnia 11.III.32 (Dz. U. R. P. Nr. 38/32 poz. 389) o ustroju szkolnictwa oraz

2. rozporządzenie Ministra Wyz. Rel. i Ośw. Publ. o organizacji szkolnictwa zawodowego z dnia 11.XI.33. (Dz. Ust. Min. W. R. i O. P. Nr. 15/33.)

Z ustawy o ustroju szkolnictwa zwrócić należy uwagę na wstęp i art. 24 i 29, które przytaczamy:

Wstęp: „Ustawa niniejsza wprowadza takie zasady ustroju szkolnictwa, które mają Państwu ułatwić organizację

wychowania i kształcenia ogółu na świadomych swych obowiązków twórczych obywateli Rzeczypospolitej, obywatelom tym zapewnić jaknajwyższe wyrobienie religijne, moralne, umysłowe i fizyczne, oraz jaknajlepsze przygotowanie do życia, zdolniejszym zaś i dzielniejszym jednostkom ze wszystkich środowisk umożliwienie osiągnięcia najwyższych szczebli naukowego i zawodowego wykształcenia”.

Art. 24. „Szkolnictwo zawodowe ma za zadanie przygotować wykwalifikowanych zawodowo pracowników dla życia gospodarczego przez teoretyczne i praktyczne kształcenie zawodowe z uwzględnieniem potrzebnego zakresu wykształcenia ogólnego przez wychowanie społeczno-obywatelskie”.

Art. 29. „Szkoły zawodowe stopnia gimnazjalnego dają obok przygotowania praktycznego, przygotowanie zawodowe teoretyczne, oraz uwzględniają w potrzebnym zakresie wykształcenie ogólne”.

Z rozporządzenia Ministra W. R. i O. P. o organizacji szkolnictwa zawodowego widać należy pod uwagę § 32, którego treść jest następująca:

§ 32. 1) Szkoły elektryczne stopnia gimnazjalnego noszą nazwę: gimnazja elektryczne.

2) Zadaniem gimnazjów jest kształcenie dla przemysłu elektrycznego i innych dziedzin życia gospodarczego pracowników, którzyby byli uprawnieni w wykonywaniu robót elektromonterskich, oraz posiadali odpowiedni zasób wiadomości teoretycznych, zawodowych i ogólnych.

3) Gimnazja elektryczne są czteroletnie.

6) Ośrodkiem nauczania jest warsztat elektrotechniczny i instalacje elektryczne. Podstawę programową tworzą: praktyczna nauka elektromonterstwa (w warsztacie elektrycznym i mechanicznym, oraz w pracowniach), podstawy elektrotechniki, instalacje elektryczne, materiałoznawstwo elektryczne i ogólne, rysunek zawodowy. Program uwzględnia zasady organizacji zakładu elektrotechnicznego (pod względem technicznym, handlowym i administracyjnym) oraz wiadomości pomocnicze, ściśle związane i bezpośrednio niezwiązane z zawodem.

7) Przy szkołach tych istnieją zorganizowane dla celów praktycznego szkolenia uczniów szkolne warsztaty elektryczne.

8) Do gimnazjów elektrycznych przyjmuje się kandydatów, którzy: a) przedstawiają świadectwo ukończenia klasy VI szkoły powszechnej, lub inne świadectwo, uznane za równorzędne".

II. Zajęcia warsztatowe.

Celem niniejszego referatu będzie krótkie przedstawienie i omówienie przewidywanych w programie dla gimnazjów elektrycznych zajęć warsztatowych. Zajęcia te rozkładają się na szereg prac w poszczególnych działach warsztatowych, które zapoznawac będą uczniów z różnorodnymi pracami wykwalifikowanego, samodzielnego przyszłego elektromontera.

Działy te oraz ilość godzin, które zostały przydzielone dla każdego z nich, podaje niżej załączone zestawienie:

Klasa	Ślusarnia	Kuźnia	Elektromechanika	Instalacja światła	Instalacje tele i radio-techniczne	Inst. linij nap. i podziem	Przewijanie i naw. masz. elektr. i transi.	Narzędziownia i wypoż.	Magazyn	Obsługa silnik. i akum.	Montaż, instal. masz. elektr. i tabl. rozdż.	Teletechnika	Radjotechnika	Biurowarsztatowe	R a z e m
	I.	II.	III.	IV(pr.sil)	Ogółem dla kierunku prądów silnych	IV (tel. i radjo-tech.)	Ogółem dla kierunku tele i radjo-techniki								
I.	510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	510
II.	—	40	140	90	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300
III.	—	—	72	72	60	60	12	12	—	—	—	—	—	—	360
IV(pr.sil)	—	—	90	—	—	—	252	—	—	54	126	—	—	54	576
Ogółem dla kierunku prądów silnych	510	40	302	162	102	60	312	12	12	54	126	—	—	54	1746
IV (tel. i radjo-tech.)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	326	150	—	476
Ogółem dla kierunku tele i radjo-techniki	510	40	212	162	102	60	60	12	12	—	—	326	150	—	1646

Teraz z kolei rozpatrzmy i zapoznajmy się z każdym działem osobna.

1) Ślusarnia.

Praca uczniów w ślusarni trwa w klasie pierwszej przez cały rok, bardzo mało różni się od pracy w tymże dziale w gimnazjum mech. Praca ta ma za zadanie zapoznanie uczniów z obchodzeniem się i władaniem zwykłymi na-

rzędziami ślusarskimi przy wykonywaniu głównych czynności ślusarskich. Czynności te są brane pod uwagę przy wyborze przedmiotów, dawanych uczniom do wykonania. Oczywiście, przedmioty, wykonywane obok tego, że dają uczniom możliwość zapoznania się z głównymi zabiegami, powinny być wybrane celowo, to znaczy, muszą być takie, z którymi uczniowie, przyszli monterzy, będą się stykali podczas swej samodzielnej pracy. Obok narzędzi, jak młotek, przebijak do muru, będą wykonywali też żelazko elektryczne, świecznik elektryczny, lutownicę elektryczną i t. d. Odpowiedni dobór przedmiotów wykonywanych zaznajomi także uczniów ze sposobami obróbki innych metali, jak miedź, oraz stopów, jak bronz i mosiądz, zapozna z właściwościami tych metali, oraz z różnicą w doborze narzędzi i operowania nimi. Stopniowe przejścia od przedmiotów niezłożonych do składających się z kilku i kilkunastu części ma na celu zapoznanie z pasowaniem tych części, ich wzajemnym składaniem oraz wdrożeniem do dokładności obróbki, przy czym stopień dokładności winien być celowo określony, w zależności od zastosowania przedmiotu. Sprawdzanie wykonanych robót odbywać się będzie przy pomocy: miarki, suwmiarki, kątownika, które to narzędzia będą także służyły uczniowi do oznaczania obróbki (trasowanie).

Podczas pracy w ślusarni w uczniach należy wpajać zamiłowanie do porządku, do szanowania powierzonych im narzędzi i przedewszystkiem do „czystej roboty”. Niezmiernie ważną rzeczą jest wpajanie i przyzwyczajanie uczniów do właściwych polskich nazw narzędzi.

W wyniku całorocznej pracy w ślusarni uczeń powinien osiągnąć sprawność we władaniu zwykłymi narzędziami ślusarskimi, przy wykonywaniu samodzielnem niezłożonych przedmiotów o niewielkiej dokładności wymiarów 0,5 — 0,2 mm, oraz zapoznać się z urządzeniem wzorowego warsztatu ślusarskiego.

2. Kuźnia.

Każdy elektromonter powinien mieć podstawowe wiadomości z pracy w kuźni i powinien umieć wykonać w razie potrzeby najprostsze przedmioty, potrzebne w zawodzie oraz najprostsze narzędzia.

Znajomość najprostszej obróbki technicznej będzie mu potrzebna przy wykonywaniu np. śruby fundamentowej, czy też kotwy tablicowej, a wiadomości oraz sprawne wykonywanie takich czynności, jak: hartowanie, odpuszczanie, nawęglanie — przyda mu się przy zaprawianiu narzędzi pracy, np. przebijaka do muru czy też śrubokrętu. To też program prac w kuźni przewiduje te czynności, oczywiście w ich najogólniejszym zakresie, jednakże takim, aby uczeń po przejściu tego działu dobrze orjentował się we właściwościach różnych materiałów, oraz wiedział, jaki materiał jak należy, poddając go danemu zabiegowi, ogrzać i do jakiej temperatury. Temperaturę ogrzania materiału powinien umieć ocenić według barwy. Nie należy również zapominać o bezpieczeństwie pracy. To też na utrzymanie narzędzi w należyтым porządku, gwarantującym całkowite bezpieczeństwo w ich użyciu, jak również i na obsługę ogniska kowalskiego, należy zwracać baczną uwagę.

3) Elektromechanika.

Dział ten obejmuje klasy II, III i IV kier. pr. silnych; w klasie II dzieli się na pracę w ślusarni i na obrabiarkach, w klasie III do wyżej wymienionych poddziałów dochodzi jeszcze praca w galwanizerni. W klasie IV w dziale tym wykonywane będą naprawy przyrządów i maszyn oraz ich montaż.

Praca w ślusarni obejmuje także prócz podstawowych czynności ślusarskich, przewidzianych w klasie I, a mających zastosowanie przy samodzielnem wykonywaniu nie-

zbyt złożonych przyrządów elektrycznych, jak wyłączniki drążkowe, rozruszniki i t. p., w klasie II, przygotowanie części silników, przyrządów i aparatów el-nych do montowania w klasie III-iej, wreszcie podczas samego montażu wyżej wymienionych przedmiotów i ich ewentualnych napraw, w klasie IV kier. pr. sil. jeszcze inne działy. Jednym z ważniejszych zajęć, znajomość którego, jak dotychczas, w małym stopniu rozpowszechniona wśród elektromonterów, jest praca na obrabiarkach. Program przewiduje pracę na tokarkach normalnych oraz strugarkach poprzecznych. Poza dokładnym zapoznaniem się z mechanizmami wyżej wymienionych maszyn uczniowie będą przerabiali prace tak dobrane, aby mogli się zapoznać z podstawowymi, najniezbędniejszymi czynnościami, znajomość których umożliwi im samodzielne wykonanie nawet dość złożonych przedmiotów. Sposoby działania mechanizmów, odpowiednie ich ustawienie, dobór narzędzi do danej czynności i materiału, sposób przeprowadzania tej czynności w zależności od rodzaju materiału, są głównymi wytycznymi, które powinny być brane pod uwagę w czasie nauczania. Jednocześnie należy kłaść nacisk na staranną, dokładną obróbkę. W klasie II przedmioty wykonywane będą jaknajmniej skomplikowane. Po osiągnięciu sprawności w ich wykonywaniu przejdą uczniowie do wykonywania przedmiotów bardziej skomplikowanych, wymagających dość dokładnej znajomości pracy na tokarkach. Przy wyborze przedmiotów wykonywanych należy postępować w ten sposób, aby przedmioty, wykonywane przez uczniów poszczególnych klas, składały się w rezultacie na jeden przedmiot, posiadający mniej lub więcej skomplikowanych części.

Każdy z uczniów powinien przerobić przetoczenie komutatora lub pierścieni; czynność tę winien znać każdy monter-elektryk.

Do prac w ślusarni w kl. II zostały włączone takie czynności, jak kompletne przygotowanie części do oporników grzejnych, ich całkowite wykonanie, sprawdzenie i wmontowanie do przedmiotów, wykonanych poprzednio w kl. I. Prace te wymagają dużej staranności w wykonaniu, to też będą dawały możliwość przyzwyczajania się do tej staranności oraz do odpowiedzialności za dokładne wykonanie. Prace takie, jak: wykonywanie połączeń przewodów, przygotowywanie końców przewodów, wiercenie otworów w materiałach izolacyjnych, cięcie, gięcie, gwintowanie rurek izolacyjnych stalowo-pancernych, będą pracami wyłącznie ćwiczebnymi, stanowiąc jednocześnie przygotowanie do wykonywania tych czynności w dziale instalacji elektrycznych. Szerokie zastosowanie upiększania wykonywanych przedmiotów oraz zabezpieczenia ich przed działaniem różnych czynników, czy to atmosferycznych, czy też chemicznych, zadecydowało o wprowadzeniu do programu zajęć warsztatowych w kl. III w dziale elektromechaniki działu galwanicznego krycia metali. Ze względu na krótki czas pracy 72 godz. rocznie w kl. III) poprzestać należy na pobieżnym zaznajomieniu z podstawowymi czynnościami, poprzedzającymi sam proces galwanizacji, zapoznać z procesem galwanizacji, ze sposobami konserwacji elektrolitu. O ileby czas na to pozwolił, dobrze byłoby przeprowadzić chociaż zbiorowy pokaz chemicznego barwienia poszczególnych metali.

W klasie IV kier. pr. silnych w dziale elektromechaniki przeprowadzone będą naprawy i montaż, przy których to czynnościach potrzebne będą wszystkie wiadomości, uzyskane w tym dziale w poprzednich klasach, wraz z czynnościami ślusarskimi z kl. I.

4. Instalacje światła.

Program zajęć warsztatowych przewiduje na pracę w tym dziale w kl. II — 90 godzin i w kl. III 72 godz. Praca

ta będzie wyłącznie ćwiczebną, zaznajamiającą uczniów z praktycznym zastosowaniem różnorodnego sprzętu elektrycznego, z wykonywaniem instalacji oświetleniowych, z zastosowaniem właściwej instalacji, odpowiadającej warunkom istniejącym w pomieszczeniach o różnym przeznaczeniu.

Prace obejmują cztery działy:

- a) instalację świetlną w wykonaniu przewodami płaszczowymi i w ołowiu (kl. II),
- b) instalację na gąłkach porcelanowych różnego typu (kl. II),
- c) instalację świetlną przewodami w rurkach izolacyjnych obołowionych na tynku (kl. III),
- d) instalację przewodami w rurkach izolacyjnych obołowionych pod tynkiem (kl. III).

Prace te powinny być wykonywane w warunkach jaknajbardziej zbliżonych do rzeczywistości. Najodpowiedniej w warunkach szkolnych byłoby przeznaczenie większego, osobnego pomieszczenia, w którym odbywałby się montaż i demontaż instalacji. Dla zabezpieczenia właściwych ścian można je wzmocnić przez domurowanie ścianek z jednej cegły, na których wszystkie czynności byłyby przeprowadzane. Instalacje będą wykonywane przez uczniów, pracujących w grupach po dwóch, na podstawie planów instalacyjnych, uprzednio w tym celu przygotowanych.

Plany te powinny uwzględniać w pierwszym rzędzie najczęściej stosowane i wykonywane układy. Wyznaczenie miejsca na liczniki, na punkty świetlne, na przewody i osprzęt instalacyjny pozostawia się uczniom, którzy ustalają to z instruktorem. Podczas pracy uczniowie zapoznają się także z narzędziami, używanymi przy wykonywaniu instalacji, oraz z ich użyciem i zastosowaniem. Po wykonaniu danego ćwiczenia, w czasie zgóry wyznaczonym, uczniowie sprawdzają stan jej izolacji, sami wyszukują i naprawiają ewentualne błędy, w końcu, po przyłączeniu całości do sieci, sprawdzają jej działanie pod prądem. Ponieważ osprzęt instalacyjny, używany podczas ćwiczeń, zużywa się stale, należy wpajać w uczniów jaknajoszczędniejsze jego użycie. W wyniku pracy w tym dziale uczniowie powinni osiągnąć sprawność w wykonywaniu instalacji światła na podstawie schematów, umiejętność sprawdzenia stanu izolacji, umiejętność jaknajszybszego odnalezienia i usunięcia powstałego uszkodzenia.

5) Instalacje tele- i radjotechniczne.

Do prac w tym dziale, które również, jak i poprzednie, powinny być wykonywane w warunkach najbardziej zbliżonych do rzeczywistości, należąć będą ćwiczenia w wykonywaniu instalacji dzwonekowych, począwszy od najprostszej, a skończywszy na najbardziej skomplikowanej, składającej się np. z dwu dzwoneków, kilku przycisków i numeratora; ćwiczenia instalowania kompletnego odbiornika detektorowego, ćwiczenia w instalowaniu instalacji telefonicznej abonentowej. Prócz powyższych zajęć przerabiane będą również ćwiczenia pomocnicze, jak: czyszczenie i zestawianie typowych ogniów, zarabianie drutów telefonicznych, przewijanie cewek np. dzwoneków i lutowanie cienkich przewodów. W wyniku uczniowie powinni osiągnąć ogólną znajomość powyższych urządzeń, ich wykonywania i ewentualnych napraw.

6) Instalacje linii napowietrznych i podziemnych (kablowych).

Przy wykonywaniu ćwiczeń, przewidzianych programem dla tego działu, napewno większość szkół napotka na poważne trudności, związane z uzyskaniem terenu, odpowiadającego tym pracom. Praktyczne zapoznanie z budową linii napowietrznych i podziemnych kablowych jest koniecz-

ne dla monterów elektryków, pracujących samodzielnie. Prace te, przeprowadzane w warunkach, odpowiadających rzeczywistości, dadzą doskonałe pojęcie o ich wykonaniu. A więc przy ćwiczeniu w budowie linii napowietrznej, przeprowadzonym grupowo (klasa podzielona na 2 — 3 grupy), uczniowie zapoznają się i przerobią własnoręcznie wszystkie czynności, poczynając od wytrasowania linii, wykopania dołu i ustawienia w nim uprzednio uzbrojonego słupa, a skończywszy na umocowaniu przewodów i dołączeniu całej linii do sieci. Te same uwagi dotycząłyby i linii podziemnej kablowej. Przy wykonywaniu jak jednych, tak i drugich, uczniowie zapoznają się ze sprzętem, potrzebnym do wykonania, z narzędziami, ich użyciem i zastosowaniem.

Materiały potrzebne niewiele, gdyż ćwiczenia wykonywane mogą być co rok te same, a zatem materiały byłyby używane z roku na rok i wymagałyby bardzo minimalnego uzupełnienia. W wyniku uczniowie powinni osiągnąć ogólną znajomość budowy linii napowietrznych i kablowych podziemnych.

7) Przewijanie i nawijanie maszyn elektrycznych i transformatorów.

Z czynności, wchodzących w zakres prac elektromontera, poważną pozycję stanowią naprawy uszkodzonych maszyn elektrycznych, wymagające w wielu wypadkach znajomości i umiejętności ich nawijania względnie przewijania.

Uwzględniając ten poważny dział, program przewiduje nań największą (po za ślusarnią) ilość godzin bo 312 (kl. III — 60 i IV kier. pr. siln. — 252).

Przewidziane są prace następujące: przewijanie i nawijanie transformatorów, przewijanie i nawijanie ręczne maszyn prądu stałego i zmiennego, przewijanie i nawijanie szablonowe maszyn pr. stałego i zmiennego. Jako materiał do wykonania brane są pod uwagę różne naprawy maszyn, dostarczanych zzewnątrz, jak również i wykonanie maszyn, produkowanych w warsztatach elektrotechnicznych. Dla tych ostatnich byłby to ostateczny etap przy ich wykonaniu. Przy wykonywaniu tych przedmiotów (prace grupowe po 2-ch uczniów, uczniowie, po zapoznaniu się z urządzeniami nawijalnymi, przystępowaliby do wykonania właściwych prac, na które składałyby się przy przewijaniu: usunięcie starego uzwojenia, oczyszczenie stojana lub wirnika, sprawdzenie stojana i wirnika, oraz następne czynności wspólne i dla przewijania i dla nawijania, a mianowicie: izolowanie żłobków, przygotowanie szablonów, ręczne lub szablonowe przygotowanie zezwojów, ich otaśmowanie, układanie wiązek i t. d. aż do ostatecznego zmontowania i wypróbowania. Prace te musiałyby obejmować zarówno maszyny prądu stałego, jak i zmiennego. Przewijanie i nawijanie transformatorów wykonywane byłoby dla transformatorów, przeznaczonych dla dzwonek, urządzeń neonowych i t. p. Ogólnie biorąc — dla transformatorów niedużej mocy i dla napięcia max. 3000 V. Umożliwiłoby to poznanie przez uczniów prócz zasadniczych czynności nawijania także i narzędzi, służących do tego celu, jak również materiałów nawojowych i izolacyjnych ich właściwego doboru i sposobów zastosowania. Po przepracowaniu 312 godzin w nawijalni uczeń powinien osiągnąć umiejętność w powyższych czynnościach w takim stopniu, aby mógł samodzielnie, z całą odpowiedzialnością, przystąpić do tych prac po ukończeniu nauki.

8) Narzędziownia i wypożyczalnia.

Praca w narzędziowni ma za zadanie zapoznać ucznia ze sposobami przechowywania i konserwacji narzędzi, z ich najprostszymi naprawami, ze sposobem szlifowania narzędzi przy użyciu szlifierki tarczowej. Wypożyczalnia, połączona z narzędziownią w jedną całość, ma zapoznać ucznia z wy-

dawaniem i przyjmowaniem narzędzi tak tych, które są potrzebne do chwilowego użytku, jak i tych, które są wydawane na dłuższy okres czasu.

9) Magazyn.

Podczas pobytu w magazynie uczeń zaznajamiać się będzie ze sposobami przyjmowania i wydawania materiałów, z magazynowaniem materiałów surowych i półfabrykatów, z konserwacją i magazynowaniem wyrobów gotowych, z prowadzeniem księgowości magazynowej. Zaznajomienie się z temi czynnościami będzie dość ogólne, ze względu na małą ilość godzin (12 godzin), lecz wystarczy, aby dać ogólne pojęcie o właściwym wykonaniu tych czynności.

10) Obsługa silników i akumulatorów.

Objektami obsługiwanymi będą zasadniczo urządzenia, znajdujące się na terenie szkolnych warsztatów czy też pracowni. Urządzenie warsztatów szkolnych da możność zapoznania się z właściwą obsługą maszyn elektrycznych i innych urządzeń warsztatowych, jak pędni i t. p.

Obsługa akumulatorów, którą będzie posiadała prawdopodobnie każda szkoła dla celów laboratoryjnych, również nie nastręczy wielkich trudności. Na pewne trudności można się natknąć przy zaznajomieniu z obsługą transformatorów i silników spalinowych w tych szkołach, które nie będą posiadały powyższych urządzeń.

11) Montaż i instalacja tablic rozdzielczych i maszyn elektrycznych.

W dziale tym wykonywane będą ćwiczenia, dobrane w ten sposób, że dadzą dokładne pojęcie o sposobie wykonywania kompletnych, mniejszych urządzeń siłowych. Przykładem orientacyjnym takiego ćwiczenia byłoby np. urządzenie rozdzielni, składającej się z prądnicy pr. stałego, silnika bocznikowego lub szeregowego oraz obwodów świetlnych. Przerobienie takiego ćwiczenia zapozna uczniów przede wszystkim ze sposobem wykonania urządzenia rozdzielczego, czy to na tablicach marmurowych, bakelitowych lub żelaznych, czy też przy pomocy okapturzonych skrzynek żeliwnych. Praca przy tablicach obejmowałaby założenie i przymocowanie przyrządów elektrycznych na właściwym miejscu, wykonanie połączeń tych przyrządów, założenie tablic i przyłączenie ich do dopływów i odpływów.

Ćwiczenia takie dawałyby też sposób ustawienia maszyn, umieszczenia aparatów elektrycznych, doprowadzenia przewodów i wkońcu połączenia całości. Połączenie czynności pierwszych z drugimi da całkowity obraz wykonywania urządzeń najczęściej spotykanych.

12 i 13) Teletechnika i radjotechnika.

Dwa powyższe działy obejmują nauczanie uczniów klasy IV kier. tel. i rad. i trwają przez cały rok. Innych działów uczniowie tej klasy nie przechodzą. Działy te przewidują przerabianie szeregu ćwiczeń. Po przerobieniu wszystkich przewidzianych ćwiczeń uczniowie powinni posiadać umiejętność:

a) w dziedzinie pomiarów: wykonywanie najprostszymi pomiarów tele- i radjotechnicznych, oporności wewnętrznej źródeł prądu, uziemień, przewodów, izolacji, pojemności kondensatorów, indukcyjności cewek, tłumienia, długości fal, obchodzenia się z przyrządami pomiarowymi, nabycie wprawy w szybkim i przejrzystym wykonywaniu połączeń i w zdejmwaniu charakterystyk;

b) w telegrafji: znajomość budowy, zasad działania i konserwacji aparatów telegraficznych; umiejętność łączenia aparatów i znajomość ich współpracy, umiejętność zbiórki, zbiórki i regulacji morsa i juza, regulacji dalekopisu, wyszukiwania i usuwania uszkodzeń aparatów telegraficznych, wykonywanie drobniejszych napraw tych aparatów;

c) w telefonji: znajomość budowy i zasad działania aparatów i łącznic telefonicznych; umiejętność rozbiorów, zbiórki i regulowania aparatów telefonicznych, wyszukiwania i usuwania uszkodzeń aparatów i łącznic, montowania i wykonywania łatwiejszych przeróbek aparatów i łącznic;

d) w radjotelegrafji i radjotelefonji: znajomość elementów i działania urządzeń radjotechnicznych; osiągnięcie biegłości w montowaniu, uruchomieniu, usuwaniu uszkodzeń i konserwowaniu aparatów radioelektrycznych odbiorczych i nadawczych mniejszej mocy;

e) ogólnie: osiągnięcie biegłości w zdejmowaniu schematów z natury, wprawy w orientowaniu się w układach połączeń, w szybkim wykonywaniu połączeń wg. podanych schematów oraz w sprawdzaniu i badaniu urządzeń i przyrządów teletechnicznych.

14) Biuro warsztatowe.

Praca w biurze warsztatowym ma za zadanie zapewnienie uczniowi osiągnięcia znajomości organizacji pracy w warsztacie w zakresie niezbędnym dla monterów elektryka. Obejmuje ona zatem wszystkie czynności, potrzebne ku temu, a mianowicie: wykonywanie rysunków warsztatowych, schematów instalacyjnych, schematów uzwojeń, kalkulacji robót, sporządzenia kalkulacji materiałowej, ogólnej kalkulacji wstępnej, w końcu kalkulacji ostatecznej. Zaznajomienie się z powyższymi pracami da przyszłemu samodzielnemu pracownikowi możliwość dobrego prowadzenia wykonywanych przez nich prac.

III. Praktyki wakacyjne.

Uzupełnieniem zajęć warsztatowych są obowiązkowe praktyki wakacyjne, które podzielone zostały na dwa okresy: pierwszy przy przejściu ucznia z kl. II do III, drugi z kl. III. do IV. W zasadzie praktyki obejmować będą działy przerobione w warsztatach szkolnych. Praktyki okresu I obejmować będzie instalacje użytkowe w wykonaniu przewodami płaszczowymi, na gąłkach porcelanowych, praca przy budowie osprzętu instalacyjnego i aparatów elektrycznych prostszych.

Praktyka II okresu obejmować będzie instalacje rurką na i pod tynkiem, instalacje zewnętrzne, budowę linii napowietrznych i podziemnych (kablowych). Ostatni dział szczególnie powinni mieć ci uczniowie, którzy, nie mając w szkole odpowiednich warunków ku temu, nie zapoznali się z pracą w tej dziedzinie. Prócz tego praktyki obejmowałyby także i fabryki elektryczne, wyrabiające maszyny, transformatory, aparaty elektryczne.

Należałoby pewien czas praktyki przeznaczyć na zapoznanie z konserwacją i obsługą maszyn oraz z urządzeniami fabrycznymi. Uczeń podczas praktyki obowiązany byłby do prowadzenia dziennika, w którym umieszczałby opisy wykonywanych przez siebie prac. Dziennik ten byłby przeglądany przez kierownictwo firmy, która po ukończeniu praktyki wystawiałaby swą opinię, uzależniającą przejście ucznia do klasy następczej.

Zorganizowanie praktyk należy zasadniczo do dyrekcji gimnazjum, lecz dobrze byłoby, aby sprawa ta była także poruszona przez Ministerstwo W. R. i O. P., które wpływałoby na to, aby firmy jaknajliczniej zgłaszały praktyki, dopomagając tym sposobem do kształcenia młodych sił technicznych. Praktyki powinny się odbywać w możliwie lepiej zorganizowanych przedsiębiorstwach, takich jak: elektrownie, fabryki elektrotechniczne, fabryki, posiadające większe rozdzielnie elektryczne, średnie i większe biura i zakłady instalacyjne. Miejmy nadzieję, że przedsiębiorcy, zdając sobie sprawę z znaczenia praktyki w szkoleniu, ofiarują chętnie swe wiadomości, praktykującym w danym zakładzie uczniom.

IV. Organizacja warsztatów.

Organizacja warsztatów szkolnych przewiduje oddzielenie czynności, mających charakter biurowy od czynności instruktorskich, związanych bezpośrednio z pracą uczniów w warsztatach. Jednocześnie przewiduje się też istnienie specjalnego działu warsztatów — magazynu.

Biuro warsztatowe. Powołane jest ono do utrzymania pracy warsztatów na właściwym poziomie organizacyjnym i technicznym, do zapewnienia jaknajlepszych warunków nauczania w warsztatach, a w szczególności do odciążenia instruktorów od prac, nienależących do ich kompetencji, a utrudniających im dobre spełnienie głównych zadań instruktora: wydawania, nadzorowania, odbioru i oceny prac oraz instruowania.

Szefem biura warsztatowego jest kierownik warsztatów, który ustala zakres pracy biura warsztatowego i przeprowadza podział czynności między biuro warsztatowe, a instruktorski personel warsztatowy. Skolei omówię poszczególne sprawy, załatwiane przez biuro warsztatowe.

a) Opracowanie programu przedmiotowego i ćwiczebnego ma za zadanie zabezpieczenie wykonania programu czynności. Oczywiście, program przedmiotowy nie może być rozumiany, jako obowiązujący. Będzie on ulegać zmianom częściowo lub nawet w całości w razie wpływu odpowiednich zamówień z zewnątrz, jednakże z tym zastrzeżeniem, że w każdym przypadku powinien odpowiadać wymaganiom pedagogicznym.

Program ćwiczeń natomiast powinien być obowiązujący ze względu na to, że przerabiane ćwiczenia będą ćwiczeniami zasadniczymi. Przy doborze przedmiotów i ćwiczeń powinno się uwzględnić następujące postulaty:

- 1) dobór powinien zapewnić wykonanie programu,
- 2) powinien dostarczyć robót różnych typów,
- 3) powinien uwzględnić metodę pracy seryjnej,
- 4) pożądanym jest, aby uwzględniał w dostatecznej mierze element żywych robót zamówieniowych,
- 5) musi liczyć się z interesami sfer gospodarczych i unikać zdrażnień na tle wytwarzania konkurencji,
- 6) musi zapewnić warsztatom ciągłość pracy,
- 7) w pracach ćwiczebnych dbać, aby były one jaknajbardziej zbliżone do rzeczywistości,
- 8) dobierać takie ćwiczenia, aby w połączeniu ze sobą dawały one pewną całość.

b) Program, jak przedmiotowy, tak i ćwiczebnym, opracowuje się w początku roku szkolnego najmniej na czas jednego półrocza. Plan przejścia uczniów przez działy warsztatowe opracowuje się na cały rok z góry i podaje się uczniom do wiadomości.

c) W wypadku udzielenia zamówienia przez klienta załatwienie sprawy osobiste lub też w drodze korespondencji oraz ustalenie i decydowanie o treści zamówień należy do kompetencji kierownika. Każde zamówienie, przewidziane do wykonania, winno być wpisane do księgi i zaopatrzone kolejnym numerem bieżącym, który oznaczać będzie daną pracę w warsztatach. Numerem tym znaczone będą wszystkie dokumenty, związane z wykonywaniem danego zamówienia. Po zaksięgowaniu zamówienia opracowuje się go technicznie. Praca ta polega na wykonaniu rysunków konstrukcyjnych, względnie schematów, rysunków wykonawczych, planów obróbki, wykazu materiałów, przygotowaniu kart operacyjnych i zapotrzebowań materiałowych. Rysunki powinny być wykonane zgodnie z P. N., zaznaczona powinna być na nich obróbka i dokładność wykonania. Karty operacyjne, sporządzone w porozumieniu z zainteresowanymi instruktorami, zawierać powinny wykaz czynności z zaznaczeniem przewidzianego czasu, który oznacza się

na podstawie zaawansowania uczniów w tej lub innej poszczególnej czynności. Karty operacyjne są podstawą do wypisywania kart roboczych. Wykaz materiałów kierowany jest do magazynu. Przygotowanie przez biuro warsztatowe kart roboczych i zapotrzebowań materiałowych ma na celu odciążenie od tych czynności instruktorów warsztatowych oraz właściwe sformułowanie treści karty, właściwe grupowanie czynności, wyznaczenie odpowiedniej ilości pracy, oraz prawidłowego wyznaczenia czasu, potrzebnego na jej wykonanie.

Kierownik warsztatu wydaje warsztatom do wykonania zamówienia zapomocą zlecenia warsztatowego, z dołączonym do niego pełnym materiałem opracowania technicznego.

Po otrzymaniu zleceń instruktor, po dokładnym zapoznaniu się z rodzajem pracy, rozdziela tę pracę pomiędzy uczniów, zaopatrując ich w indywidualne karty, które prowadzone są dla kontroli wykonywania programu w zakresie czynności, czasu pracy i wyników. Są one zarazem materiałem do oceny okresowej i rocznej ucznia. Karty powyższe przechowywane są w biurze warsztatowym. Karty indywidualne służą do zapisywania na podstawie kart roboczych wszystkich prac z odnotowaniem rodzaju pracy, czasu przeznaczanego, zużytego i oceny. Równoległe do karty indywidualnej, prowadzonej przez kierownictwo, powinni także karty posiadać i uczniowie.

Czynności likwidacyjne po ukończeniu zamówienia polegają na przeprowadzeniu kalkulacji ostatecznej, ekspedycji, wystawieniu rachunku, odnotowaniu, załatwianiu i skierowaniu materiałów opracowania technicznego i dokumentów rachunkowych do archiwum.

Magazyn materiałowy i wyrobów gotowych mogą być zarówno rozdzielone, jak i też stanowić jedną całość. Wykonywanie czynności magazynowych, jak: przyjmowanie, przechowywanie, wydawanie i ewidencja materiałów, powinny odbywać się na zasadach, przyjętych w racjonalnej organizacji fabrycznej. Prowadzenie ksiąg magazynowych powinno być uzgodnione z obowiązującymi przepisami. Magazyn dąży do zaspokojenia potrzeb materiałowych warsztatów przy najmniejszym związaniu kapitału w remanentach magazynowych. Pod tym względem konieczna jest współpraca magazynu z biurem warsztatowym. Materiały wydawane są na zapotrzebowanie, znaczone numerem zamówienia wykonywanego. Przechowywanie i prowadzenie ewidencji narzędzi dotyczy tylko narzędzi nowych. Narzędzia, wydawane do użytku, są przechowywane i ewidencjonowane w narzędziowni.

Warsztaty właściwe składają się z sal warsztatowych urządzonych i wyposażonych odpowiednio do swego przeznaczenia. Poszczególne działy warsztatowe, stanowiące odrębne jednostki organizacyjne, korzystają z odrębnych lub wyodrębnionych lokali, stanowiących wspólny lokal warsztatów w jednej całości terenowej.

Pomieszczenie do wykonywania prac ćwiczebnych instalacyjnych oraz szlifiernia i galwanizernia powinny być jednak organizowane zupełnie oddzielnie.

Pożądaną jest takie ugrupowanie lokali, któreby ograniczało konieczność przechodzenia uczniów przez warsztaty obce i dawało łatwy dostęp do działów pomocniczych. Biuro warsztatowe powinno mieć bezpośrednio połączenie z warsztatami i być bezpośrednio dostępne dla klientów i interesantów.

W obrębie warsztatów powinny mieścić się szatnie, zaopatrzone w szafki dla każdego ucznia, oraz umywalnie o ilości stanowisk nie mniejszej, niż dla 1/5 uczniów.

V. Organizacja pracy warsztatowej.

Skolei rozpatrzmy organizację pracy warsztatowej. Na początku roku szkolnego każdy z nowych uczniów otrzymuje w warsztacie ślusarskim stanowisko z imadłem, szuffadą, kompletem narzędzi i kilkoma markami do wypożyczania narzędzi dodatkowych. Uczniowie dawni zostają rozmieszczeni w działach warsztatowych, stosownie do planu regulującego przechodzenie przez te działy. Każdorazowa zmiana w przechodzeniu uczniów w działach warsztatowych ogłaszana jest w formie zarządzenia. Na wstępie zapoznajemy uczniów z obowiązującym regulaminem warsztatowym i zasadniczymi przepisami bezpieczeństwa. Przepisy powinny być wyjaśnione aż do osiągnięcia całkowitego ich zrozumienia przez uczniów. Przepisy bezpieczeństwa powinny być uzupełnione specjalnymi przepisami w miarę przejścia ucznia na nowe stanowisko, zawierające specjalne elementy niebezpieczeństwa pracy.

Rozpoczęcie i zakończenie zajęć warsztatowych oznajmia się zapomocą sygnału. Jako najmniejsza jednostka warsztatowa powinna być praca 120 minutowa, a największa — 4-godzinna w klasach niższych, a w klasach wyższych może być ona powiększona ponad 4 godziny. Podczas zajęć warsztatowych teren warsztatów uważa się za zamknięty, a wejście i wyjście odbywa się za wiedzą przełożonego. Podczas pracy należy zwracać baczną uwagę i nie pozwalać na opuszczanie bez potrzeby miejsca pracy, powodujące zmniejszenie wykorzystania czasu. Po ukończeniu pracy uczeń powinien zostawić w należyłym porządku zajmowane przez siebie stanowisko, umyć się i oczyścić. Dzień szkolny należy rozpocząć od nauki teoretycznej. W żadnym wypadku zajęcia warsztatowe nie powinny być przerywane przez godziny nauki teoretycznej. Praca uczniów odbywa się pod nadzorem instruktorów. Na jednego instruktora powinno przypadać nie więcej, niż 25 uczniów w ślusarni, 20 — w kuźni, po 15 — w oddziale mechanicznym, przy pracach instalacyjnych i w nawijalni. Zlecenie wykonania robót wraz z pełnym opracowaniem technicznym otrzymuje instruktor od kierownika warsztatów. Pracę do wykonania przez uczniów rozdaje instruktor, przestrzegając jak najstaranniej aby uczeń otrzymał pracę, odpowiadającą wymaganiom programu i zaawansowaniu. Wraz z pracą wręcza się uczniowi kartę roboczą, zawierającą określenie pracy i wyznaczony czas na jej wykonanie. Przez cały czas wykonywania pracy uczeń zachowuje kartę, notując na niej przepracowane godziny. Karta robocza wraz ze szkiecem powinna w sposób dostatecznie wyczerpujący objaśniać ucznia w sprawie zleconej roboty. W miarę potrzeby instruktor daje uzupełniające wyjaśnienia ustne i wprowadza ucznia w daną pracę, udzielając mu wskazówek, dotyczących wykonania, obrabianego materiału, przeznaczenia wykonywanego przedmiotu, lub ćwiczenia, okoliczności jego używania. Wskazówki te dążą do tego, aby praca ucznia miała charakter świadomy i żeby uczeń nigdy nie był ślepym wykonawcą. Podczas zajęć zwracać się winno baczną uwagę na metodę pracy ucznia. Należy wymagać, aby wszelkie czynności przygotowawcze były wykonane przed przystąpieniem do pracy właściwej, a same prace były tak zorganizowane, aby mogły się odbywać bez przerw i przeszkód i miały charakter planowy i płynny. Rola wychowawcza instruktora w tym kierunku jest doniosła i winna być podkreślona. Sprawą dużej wagi jest właściwe wyznaczenie czasu. Błędy demoralizujące ucznia i zniechęcają go, to też wyznaczenie czasu powinno odbywać się w sposób krytyczny. Nacisk kładzie się na dotrzymanie terminów i każde odchylenie od nich winno być skrupulatnie badane. Skrupulatnemu badaniu poddane winny być wszelkie wypadki psucia robót i narzędzi. Za-

sadniczo wypadki te nie powinny mieć miejsca przy dostatecznym nadzorze, oraz gdy przydzielone prace odpowiadają zaawansowaniu ucznia i są poprzedzone wystarczającymi objaśnieniami. W wypadku lekceważenia otrzymanych wskazówek, niedbalstwa lub bezmyślności, uczeń ponosi odpowiedzialność za szkodę. Przy odbiorze wykonanej pracy od ucznia instruktor ocenia ją, odnotowuje ocenę na karcie roboczej i wpisuje ją do zeszytu kontroli robót, który posiada uczeń. Stanowi to jednocześnie potwierdzenie odbioru wykonanej pracy. Wykonane prace kieruje instruktor do magazynu wyrobów gotowych. Wykończone prace ćwiczebne kontrolowane są również przez instruktora. Kontrola ta polega na stwierdzeniu przepisowego wykonania, estetycznego wyglądu, jakości połączeń, stanu izolacji, wreszcie na wypróbowaniu jej pod prądem. Ostatnia ta czynność powinna być wykonana bezwzględnie w obecności instruktora. Przy wykonywaniu wszelkich prac zwracać należy uwagę na oszczędne zużycie materiału. Specjalnie to dotyczy prac ćwiczebnych.

Odbiór robót odbywa się dwukrotnie: przez instruktora, w związku z przyjęciem roboty od ucznia i wystawieniem oceny, oraz przez obsługującego magazyn. Odbiór powinien odbywać się na podstawie przepisanych lub koniecznych dla danej roboty wymagań, oraz po przeprowadzeniu badań i pomiarów maszyn i przyrządów elektrycznych. Karty robocze odebrane z robotami, po ich sprawdzeniu, przechodzą do biura warsztatowego, wraz z zapotrzebowaniami materiałowymi i stanowią materiał do kalkulacji ostatecznej wykonanego zamówienia. Praca uczniów w biurze warsztatowym i magazynie ma za zadanie praktyczne zapoznanie uczniów z temi działami. Uczniowie powinni być traktowani, jak pracownicy, zapoznający się z organizacją i działaniem komórki, w której pracują.

Podanie organizacji warsztatów i pracy w nich, ma na celu wytworzenie warunków, sprzyjających przeprowadzeniu praktycznej nauki zawodu, przy jednoczesnym zachowaniu charakteru wytwórczego warsztatów jako podstawy, na której wspiera się wykonanie zadania pedagogicznego. Powinno się zapewnić uczniowi możliwość przejścia praktyki zawodowej w warunkach dobrze wprowadzających w zawód i w możliwość uzyskania przez uczniów maksymalnego usprawnienia.

Nauka powinna być prowadzona w pracy warsztatowej tak, aby wiadomości i usprawnienia były asymilowane w miarę pracy automatycznie i stawały się w sposób naturalny zdobyczą ucznia. Ważną rolę w pracy tej odgrywa instruktor, jako ten, który bezpośrednio styka się z uczniami i jest świadkiem wykonywania przez nich wszystkich robót. Główną rolą instruktora, szczególnie w pierwszym roku nauczania, jest ułatwienie uczniowi prawidłowego wkroczenia w zawód, nabrania właściwych przyzwyczajzeń zawodowych, budzenia w uczniu zainteresowania do pracy. Rolę instruktora w klasach wyższych

można określić, jako rolę życzliwego doradcy i pomocnika młodzieży przy opanowywaniu przez nią wprawy zawodowej. W roli tej instruktor rozłącza swój nadzór baczny, lecz dyskretny, zapobiega błędom, niedopuszcza złych metod, nie szczędi zachęty, wrazie potrzeby udziela nagany. Na skuteczność metod, stosowanych przez instruktora ma wielki wpływ jego osobowość oraz charakter, widoczny w jego stosunku do młodzieży, który jest funkcją tej osobowości. Z tego względu jest pożądane, aby instruktor obok wiedzy zawodowej i kultury ogólnej, posiadał również zmysł nauczyciela i wychowawcy młodzieży.

VI. Korelacja pracy warsztatowej z przedmiotami teoretycznymi.

Bardzo ważną rzeczą jest sprawa uzgodnienia i korelacji pracy pomiędzy kierownictwem warsztatów a personelem wykładającym. Uczniowie podczas pracy warsztatowej nie mogą nabywać jednocześnie wiadomości teoretycznych, powinni oni do warsztatów przyjść z odpowiednim przygotowaniem teoretycznym, które pogłębią przy czynnościach praktycznych. W nauczaniu przedmiotów zawodowych i innych, ściśle związanych lub nawet niezwiązanych bezpośrednio z zawodem, zawsze powinna być zwracana uwaga na te momenty, z którymi uczeń zetknie się w swej pracy zawodowej. Uczeń przybywający do warsztatu powinien posiadać już wiadomości teoretyczne o rodzajach materiałów, o ich własnościach, sposobie ich otrzymywania, i o ich zastosowaniu. Powinien być też obznajomiony z rodzajami różnych narzędzi, potrzebnych do różnego rodzaju obróbki, oraz z ich używaniem i stosowaniem w odpowiednich okolicznościach.

Pewnym odstępstwem od wyżej przytoczonych wytycznych byłaby praca uczniów kl. I, którzy, przystępując do zajęć warsztatowych bezpośrednio po wstąpieniu do szkoły wpraw nabierają wiadomości praktycznych uzupełniając je w miarę przechodzenia programu wiadomościami teoretycznymi.

Ważną również rzeczą jest znajomość teoretyczna zjawisk fizycznych, z którymi uczeń stale stykać się będzie w swej pracy warsztatowej. W nauczaniu takich przedmiotów, jak: urządzenia el-ne, podstawy elektrotechniki z pomiarami, maszyny elektryczne z pomiarami, powinny być przez nauczyciela uwypuklone i dokładnie omówione te wszystkie zjawiska, z którymi uczeń spotka się w swej pracy praktycznej, w pracy samodzielnego monter-elektryka.

Połączenie takiej nauki teoretycznej z nauką praktyczną w warsztatach da dopiero pożądane wyniki i miejmy nadzieję, że przyszłe gimnazja elektryczne dadzą społeczeństwu pełnowartościowych pod każdym względem obywateli, przygotowanych do samodzielnej owocnej pracy, pracy monterów elektryków.

Kierunek teletechniczny i radjotechniczny w Gimnazjum elektrycznym

lnż. W. Ziembński

Streszczenie. Autor omawia program nauczania czteroletniego gimnazjum elektrycznego dla kierunku teletechniki i radjotechniki, podając plan godzin oraz charakterystyki poszczególnych przedmiotów specjalnych.

Ogólna charakterystyka.

Zadaniem gimnazjum elektrycznego jest praktyczne przygotowanie elektromonterów dla przemysłu elektrycznego i dziedzin pokrewnych.

W teletechnice i radjotechnice, jako działach elektrotechniki, rozróżniamy dwa główne tereny pracy monterów:

- a) fabryki i biura instalacyjne,
- b) centrale i sieci telekomunikacyjne.

Przemysł teletechniczny lub radjotechniczny w zasadzie posiada charakter produkcji masowej albo seryjnej.

Do czynności wykonawczych w fabrykach, polegających na obróbce mechanicznej, są potrzebni kwalifikowani rzemieślnicy-metalowcy i robotnicy przyuczeni, którym spe-

cialne wiadomości z zakresu teletechniki nie są potrzebne. Natomiast do prac przy montażu, próbach, instalacji i naprawach całości konstrukcyjnych czy aparatów, zarówno w wytwórni, jak i u odbiorcy — potrzebni są specjaliści-monterzy.

W centralach i sieciach telekomunikacyjnych czynności monterów-specjalistów porównane być mogą z czynnościami elektromonterów na elektrowniach. Polegają więc one przede wszystkim na czynnościach energetycznych, związanych z uruchamianiem i prowadzeniem urządzeń telekomunikacyjnych, następnie na czynnościach instalacyjnych, obejmujących przygotowanie i instalację central lub budowę (i konserwację) linii telekomunikacyjnych.

Szczegółowa analiza czynności monterów we wszystkich dziedzinach elektrotechniki wykazuje specjalizację w trzech kierunkach:

- a) techniki prądów silnych,
- b) teletechniki,
- c) radjotechniki.

Czteroletnie gimnazjum elektryczne przygotowuje pracowników dla wszystkich trzech kierunków, jednak, uwzględniając zbliżone zakresy wiadomości oraz mając na celu zapewnienie absolwentom jaknajszerszej możliwości zatrudnienia w różnych dziedzinach, wyodrębnia programowo tylko dwa kierunki:

- I) techniki prądów silnych,
- II) tele- i radjotechniki.

Wyodrębnienie kierunków tych następuje na czwartym roku nauczania.

Wspólny program trzech pierwszych lat umożliwi podanie uczniom gruntownych podstawowych wiadomości z elektrotechniki ogólnej oraz wiadomości pomocniczych.

W klasie IV teletechnika i radjotechnika są połączone ze względu na znaczne pokrewieństwo programowe, zarówno w przedmiotach teoretycznych, jak i zajęciach praktycznych.

Główną cechą układu materiału nauczania w klasie IV jest utrzymanie ścisłej korelacji między przedmiotami specjalnymi. W ten sposób wzajemne uzupełnienie wiadomości z poszczególnych dziedzin pozwala na opanowanie przez ucznia całości wiedzy niezbędnej o różnych urządzeniach telekomunikacyjnych.

Realizacja programu nauczania opiera się na syntetycznym ujęciu wiadomości i usprawnień, wymaganych od montera-specjalisty. Wymagania te dla kierunku teletechniki i radjotechniki mogą być sformułowane następująco: monter, niezależnie od dziedziny pracy, winien posiadać, obok usprawnienia w typowych czynnościach monterskich — praktyczną i w odpowiednim zakresie teoretyczną znajomość podstaw elektrotechniki, rysunku zawodowego, konstrukcji i instalacji aparatów i urządzeń telekomunikacyjnych, metod pomiarowych, materiałoznawstwa, maszynoznawstwa elektrycznego i ogólnego oraz znajomość przepisów, dotyczących instalacji telekomunikacyjnych, ponadto niezbędne wiadomości z organizacji przedsiębiorstw.

Przedmioty zawodowe.

Celem przygotowania absolwenta do pracy w zawodzie, odpowiadającej powyższym wymaganiom, i dania mu, obok wykształcenia zawodowego, dostatecznego przygotowania ogólnego, właściwego szkole danego stopnia, plan przedmiotów i godzin gimnazjum elektrycznego jest ułożony następująco:

Jak wynika z programu, przedmiotami z a w o d o w e m i wspólnymi w kl. I — III dla obydwu kierunków specjalizacji są: a) podstawy elektrotechniki z miernictwem, b) urządzenia elektryczne, c) materiałoznawstwo z chemią, d) technologia, e) fizyka z maszynoznawstwem ogólnym,

Plan godzin gimnazjum elektrycznego.

L. p.	Przedmioty	K l a s y					Razem	
		I	II	III	IV	IV	Kier. prądów silnych i radjotechn.	Kier. tele- i radjotechn.
		Wspólna	Wspólna	Wspólna	Kier. prądów silnych	Kier. tele- i radjotechn.		
1	A. Zajęcia warsztatowe:	15	10	12	18	12/16	55	51
2	Praktyka okresowa (wakacyjna)	—	392	396	—	—	784	784
	Razem A.	15	10	12	18	14	55	51
3	B. Przedmioty zawodowe:							
	Podstawy elektrotechniki z miernictwem	—	6	4	—	—	10	10
4	Urządzenia elektryczne	—	0/4	4	6	—	12	—
4a	Linje teletechniczne	—	—	—	—	2	—	8
5	Materiałoznaw. z chemią	3	—	—	—	—	—	—
5a	Technologia	—	4/0	—	—	—	5	9
6	Fizyka z maszynoznawstwem ogólnym	3	3	2	—	—	8	8
7	Maszyny elektr. z pomiar	—	—	5	5	4/0	10	7
8	Tele- i radjotechnika	—	—	2	—	—	2	2
9	Telefonja	—	—	—	—	4	—	4
10	Telegrafia	—	—	—	—	3	—	3
11	Radjotechnika	—	—	—	—	5	—	5
12	Organizacja zakł. elektr.	—	—	—	3	3	3	3
13	Rysunki	2	3	—	—	—	5	5
	Razem B.	8	16	17	14	19	55	60
	C. Przedmioty ściśle związane z zawodem:							
14	Matematyka z kreśl. geom	7	4	2	—	—	13	13
15	Geografia gospodarcza	2	2	2	—	—	6	6
16	Nauka o Polsce współcz.	—	—	—	2	2	2	2
17	Nauka o człowieku	—	—	—	1	1	1	1
	Razem C.	9	6	4	3	3	22	22
	D. Przedmioty niezwiązane bezpośrednio z zawodem:							
18	Religja	1	1	1	1	1	4	4
19	Język polski	3	3	2	2	2	10	10
20	Historja	—	2	2	—	—	4	4
21	Język obcy	2	2	2	2	2	8	8
22	Ćwiczenia cielesne	2	2	2	2	2	8	8
	Razem D.	8	10	9	7	7	34	34
	Ogółem	40	42	42	42	43	166	167

f) maszyny elektryczne z pomiarami, g) tele- i radjotechnika, h) rysunki.

Materiał nauczania, zawarty w powyższych przedmiotach, daje solidną podbudowę dla wszystkich przedmiotów specjalnych, przewidzianych w kl. IV dla kierunku teletechniki i radjotechniki. Zarówno teletechnika, jak i radjotechnika, a zwłaszcza radjotechnika opierają się na zjawiskach złożonych, zmuszających do operowania przy nauczaniu trudnymi pojęciami. Dobra więc znajomość praw podstawowych elektrotechniki jest konieczną do opanowania zasad działania urządzeń telekomunikacyjnych.

Wyprzedzający dalszą specjalizację przedmiot tele- i radjotechniki, zawarty w programie kl. III, składa się z trzech działów: 1) telegrafji, 2) telefonji i 3) radjotechniki.

Zaznajamia on wszystkich uczniów w ogólnych zarysach z zasadami telefonji i telegrafji oraz z istotą radjokomunikacji i dając dla kierunku prądów silnych ogólne pojęcie o współczesnych środkach komunikacji elektrycznej, wprowadza zarazem przyszłych specjalistów w dziedzinę prądów słabych i szybkozmiennych.

Przedmiotami specjalnymi w kl. IV dla kandydata na montera (kierunku teletechniki i radjotechniki) są:

- a) telefonja,
- b) telegrafia,

- c) radjotechnika,
d) linje teletechniczne.

Telefonia. Przedmiot ten ma na celu: 1) zaznajomienie ucznia z budową, zasadami działania i obsługą manipulacyjną aparatów i łącznic telefonicznych MB i CB oraz 2) wprowadzenie go w dziedzinę telefonji automatycznej i wielokrotnej. Myślą przewodnią przy nauczaniu telefonji jest dążność do szczegółowego zaznajomienia ucznia z urządzeniami, spotykanymi u abonentów (aparaty i małe łącznice), gdzie w przyszłości może pracować samodzielnie.

Telegrafia. Celem nauczania jest dokładne zaznajomienie uczniów z budową, działaniem i konserwacją: 1) morsa, 2) juza, 3) stukawki i 4) dalekopisu, jako mających szersze zastosowanie. Dalej materiał nauczania przewiduje zapoznanie uczniów: 1) z budową, konserwacją i obsługą łącznic telegraficznych i 2) z badaniem przewodów i urządzeń stacyjnych. Pozatem cele nauczania przewidują praktyczne zaznajomienie z przenośnią telegraficzną oraz ogólne z zasadami telegrafji przeciwosobnej i działaniem aparatów Baudota, Siemens'a i Wheatstone'a. W zakończeniu uwzględnione są wiadomości o rozplanowaniu urządzeń i aparatów na dużych stacjach telegraficznych.

Radjotechnika. Materiał nauczania radjotechniki składa się z trzech części: a) podstaw radjotechniki, b) techniki lamp elektronowych i c) urządzeń radjokomunikacyjnych. Materiał ten w głównych zarysach ułożony jest w kolejności, logicznie odpowiadającej poszczególnym etapom mechanizmu radjokomunikacji. Ponieważ program kl. III nie wyczerpuje całkowicie wiadomości o prądach zmiennych w zakresie niezbędnym do zrozumienia nauki o urządzeniach radjoelektrycznych — wstępem do nauki o tych urządzeniach jest pogłębienie i rozszerzenie wiadomości o prądach zmiennych, ze szczególnem uwzględnieniem zjawisk, mających w radjotechnice pierwszorzędne znaczenie. Cele nauczania przedmiotu radjotechniki przewidują praktyczne zaznajomienie uczniów z budową, działaniem i obsługą radjostacji mniejszej mocy i odbiorników radjofonicznych, pozatem z naprawami, obejmującymi usuwanie prostszych uszkodzeń. Program radjotechniki zwraca szczególną uwagę na korelację tego przedmiotu z telefonią i telegrafją, dla wzajemnego uzupełnienia wiadomości, dotyczących zastosowania lamp elektronowych w teletechnice.

Linje teletechniczne. Celem nauczania jest tu zaznajomienie z właściwościami elektrycznymi linii, materiałami, sprzętem i narzędziami, potrzebnymi do budowy i konserwacji, z budową linii i odnajdywaniem oraz usuwaniem uszkodzeń. Materiał nauczania dzieli się na: a) linje drutowe i b) linje kablowe. Ponieważ lekcje z urządzeń

elektrycznych oraz zajęcia warsztatowe w kl. kl. II i III dają uczniom już pewien zasób wiadomości z dziedziny budowy linii napowietrznych i kablowych silnoprądowych, więc w materiale linii teletechnicznych kl. IV zwrócona jest szczególna uwaga na linje teletechniczne kablowe.

Maszyny elektryczne. (Kl. IV). Materiał nauczania, dotyczący maszyn elektrycznych z pomiarami, podzielony jest na dwie części i przerabiany w klasie III i IV. W klasie III (maszyny prądu stałego) lekcje są wspólne, w klasie zaś IV wiadomości dotyczące maszyn elektrycznych prądu zmiennego, transformatorów, przetwornic i prostowników są ujęte osobno dla każdego kierunku specjalizacji. Program maszyn elektrycznych dla kierunku teletechniki i radjotechniki jest w kl. IV bardziej zredukowany i ma głównie na celu zaznajomienie uczniów z działaniem i obsługą maszyn i aparatów, z którymi mogą się spotkać przy pracy na stacjach lub centralach telekomunikacyjnych.

Zajęcia warsztatowe.

Gimnazjum zawodowe jest szkołą wybitnie praktyczną i dlatego szkolenie praktyczne w gimnazjum posiada dominujące znaczenie.

Ośrodkiem nauczania jest warsztat i instalacje elektryczne. Poniżej podany jest plan zajęć warsztatowych dla kierunku tele- i radjotechniki.

Wszystkie zajęcia warsztatowe w kl. kl. I — III są wspólne dla obydwu kierunków specjalizacji. Zajęcia te, poprzedzające specjalizację w kl. IV, metodycznie przygotowują uczniów do opanowania czynności, potrzebnych do umiejętnej obsługi i konserwacji aparatów teletechnicznych i radjotechnicznych. Najważniejszymi pod tym względem są zajęcia w ślusarni, kuźni, obróbka maszynowa, nawijanie i przewijanie maszyn, instalowanie tablic rozdzielczych oraz obsługa ogniw i maszyn.

Instalacje tele- i radjotechniczne (kl. II i III) dzielą się na: a) urządzenia sygnalizacyjne (kl. II) i b) instalacje tele- i radjotechniczne (kl. III). Zajęcia te, wspólne dla obydwu kierunków, mają na celu, z jednej strony, zaznajomienie uczniów z przyrządami i narzędziami, potrzebnymi do zakładania instalacji słaboprądowych, z drugiej zaś osiągnięcie sprawności w wykonaniu tych instalacji. W kl. III zajęcia warsztatowe polegają na czyszczeniu i zestawianiu ogniw, zarabianiu sznurów, przewijaniu cewek, lutowaniu przewodów, instalowaniu aparatury telefonicznej u abonenta, wykonaniu instalacji wewnętrznej, zejścia ze słupa i przejścia przez ścianę.

Wszystkie te prace mają charakter ćwiczebny i użytkowy, zbliżony do prac odpowiadających rzeczywistości.

Zajęcia warsztatowe.

K l a s a	Ślusarnia	Kuźnia	Elektromechanika	Instalacja światła	Instalacje tele- i radjotechniczne	Instalacja linii napowietrznych i podziemnych	Przewijanie i nawijanie maszyn elektr. i transformatorów	Narzędziownia i wypożyczalnia	Magazyn	Obsługa silników i akumulatorów	Montaż i instalacja tablic rozdzielcz. i maszyn elektr.	Teletechnika	Radjotechnika	Biurowarsztatowe	R a z e m
I	510	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	510
II	—	40	140	90	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	300
III	—	—	72	72	60	—	60	12	12	—	—	—	—	—	360
IV (p. s.)	—	—	90	—	—	—	252	—	—	54	126	—	—	54	576
Ogółem dla prądów silnych	510	40	302	162	102	60	312	12	12	54	126	—	—	54	1746
IV (t. i r.)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	326	150	—	476
Ogółem dla tele- i radjotechniki	510	40	212	162	102	60	60	12	12	—	—	326	150	—	1646

Zajęcia warsztatowe kierunku teletechniki i radjotechniki w kl. IV obejmują: a) ćwiczenia z teletechniki i b) ćwiczenia z radjotechniki. Zajęcia te mają na celu przedewszystkiem praktyczne zaznajomienie uczniów z budową i zasadą działania aparatów, przyrządów oraz urządzeń telekomunikacyjnych (o ile możliwe — typu polskiego i normalnego), w zakresie wymaganym od monterów, oraz zdobycie umiejętności uruchamiania przyrządów, wykonywania wszelkich regulacji mechanicznych i konserwowania aparatów i urządzeń. Dalej cele nauczania przewidują nabycie wprawy w wyszukiwaniu niedomagań i uszkodzeń i usuwaniu tychże.

Poza zaznajomieniem się ze sprzętem i jego właściwościami, program zajęć warsztatowych kl. IV uwzględni nabycie umiejętności zdejmowania i rysowania schematów, wykonywania najprostszych pomiarów tele- i radjotechnicznych (oporności, pojemności, indukcyjności, tłumienia, częstotliwości i t. p.) oraz badania przewodów napowietrznych i obwodów kablowych.

Zajęcia warsztatowe odbywają się w kl. IV w ścisłym związku z nauczaniem przedmiotami specjalnymi. Kolejność prac przewiduje na początku ćwiczenia, do których uczniowie są przygotowani z poprzednich klas, a następnie na zmianę ćwiczenia z telegrafji, telefonji, radjotechniki, od łatwiejszych do trudniejszych, w miarę wyczerpywania materiału przez nauczycieli.

Nauczanie fizyki w Liceach elektrycznych

Doc Dr. St. Ziemecki

Streszczenie. Fizyka w liceach elektrycznych powinna dawać uczniowi pewien całokształt wiedzy, tłumaczący zjawiska techniczne, z którymi wypadnie mu spotkać się w życiu. Zważywszy szybkie postępy nauki i techniki, należy uwzględnić nie tylko fizykę klasyczną, fizykę w. XIX-go, lecz również zagadnienie doby obecnej. Racjonalne postawienie nauczania fizyki w liceach jest sprawą tem ważniejszą, iż, w myśl nowych programów, gimnazjum daje w zakresie fizyki wiadomości nader niekompletne, o charakterze raczej jakościowym, niż ilościowym.

W nauczaniu fizyki na poziomie licealnym dwa cele należy mieć na względzie. Z jednej strony uczeń powinien otrzymać podstawy naukowe, pozwalające mu zrozumieć istotę różnorodnych urządzeń technicznych, z którymi spotka się w życiu, z drugiej strony nauczanie powinno rozszerzyć jego horyzonty myślowe, podnieść inteligencję ogólną, a nawet — zaprawić w ścisłym myśleniu i wystawianiu się.

Absolwent nowego gimnazjum przyjdzie do liceum prawdopodobnie z wiadomościami gruntownymi, jednak stosunkowo szczupłymi i niepogłębionymi. W myśl obowiązujących instrukcji, nauczanie gimnazjalne wysuwa na plan pierwszy czysto doświadczalne jakościowe ujęcie zjawisk. Dla orientacji zaznaczę, na przykład, że w gimnazjum omawia się ściśłość i rozprężliwość powietrza, pomija się jednak sformułowanie prawa Boyle - Mariotte'a. Wspomina się, dość dorywczo, o ładunkach elektrycznych*), nie wprowadza się jednak prawa Coulomb'a. Będzie więc zadaniem fizyki licealnej zmienić nastawienie myślowe młodzieńca, przyzwyczajając go do ilościowego ujmowania rzeczy i do ścisłego, krytycznego określania wielkości fizycznych.

*) Nauka o prądzie elektrycznym, w myśl obowiązującego programu gimnazjalnego, ma się opierać na własnościach energetycznych prądu. O ładunkach elektrycznych dowiaduje się uczeń dopiero w elektrostatyce w jednym z końcowych rozdziałów nauki o elektryczności.

Charakter nauczania.

Wytyczne programowe przewidują w gimnazjum zawodowym metodę nauczania praktyczną i poglądową.

Na pierwszym miejscu postawiony jest pokaz i doświadczenie. Z materiału nauczania wyeliminowana jest głębsza analiza urządzeń, z którymi uczniowie nie spotykają się na praktyce i znajomość których nie jest im potrzebna ze względu na zakres ich czynności. Matematyczne uzasadnienie zjawisk jest ograniczone do przypadków istotnie koniecznych, bowiem w wyjaśnieniach swych nauczyciel powinien zasadniczo opierać się na wnioskach wysuniętych z doświadczenia i fizycznej interpretacji zjawiska.

Praktyki wakacyjne.

Praktyki wakacyjne podzielone są na okresy. Pierwszy okres obowiązuje uczniów przy przejściu z II do III klasy i w zasadzie obejmuje działy przerobione już w warsztatach szkolnych (np. prace instalacyjne wewnętrzne). Okres drugi zostaje zrealizowany przy przejściu z kl. III do IV. Podczas tej praktyki uczniowie specjalizujący się w kierunku teletechniki i radjotechniki powinni zapoznać się z budową linii napowietrznych i kablowych.

Ze względu na szczupłość wymiaru godzin wypadnie pewne zagadnienia z nauki o prądzie elektrycznym przemieścić do odpowiednich działów techniki. Tak więc prawo Ohma, prawa Kirchhoffa, ciepło Joule'a i t. p. muszą znaleźć miejsce w podstawach elektrotechniki, gdzie uczeń, przerabiając liczne przykłady liczbowe, nabierze biegłości w posługiwaniu się odnośniami wzorami.

Uważalibyśmy jednak za rzecz niedopuszczalną przeniesienie całej dziedziny elektryczności na teren nauczania technicznego. Albowiem w takim razie siłą rzeczy musiałyby odpaść te dziedziny fizyki nowoczesnej, w których ujawnia się ścisła łączność między elektrycznością a materią i które omawiają strukturę materji. A zatem — jonizacja gazów, przechodzenie elektryczności przez gazy rozrzedzone, promienie katodowe, promienie elektryczności dodatniej, elementarne zagadnienia z dziedziny promieniowania elektromagnetycznego, ciała radioaktywne winny być omawiane nie na lekcjach elektrotechniki, lecz — w fizyce. Jest bowiem rzeczą jasną, że zagadnienia te wychodzą zupełnie poza obręb bezpośrednich zainteresowań inżyniera, w elektrotechnice byłyby zatem uwzględniane jedynie w sposób dorywczy i dogmatyczny.

Tylko w związku z fizyką te naczelné problemy nauki uwypuklą się należycie, oparte zaś o bezpośredni eksperyment uzyskują treść konkretną i żywą.

Niedocenia się naogół niebezpieczeństwa wyłącznie dogmatycznego traktowania nauki. Jest ono jednak zupełnie realne. Człowiek, uczony dogmatycznie, przyzwyczajając się do bezmyślnego powtarzania cudzych opinii i zatracając zdolność do wydawania samodzielnych krytycznych sądów. Weźmy pierwszy z brzegu przykład konkretny. Gdy uczeń po szeregu obserwacji i doświadczeń drogą rozumowania dochodzi do wniosku, iż wszelkie ciała materialne zawierają elektrony ujemne, to zdobycie tej wiadomości przyczynia się z jednej strony do wzbogacenia jego wiedzy, z

drugiej zaś — uczy go zastanawiania się i myślenia. Jeżeli kiedyś później dowie się o istnieniu elektronów dodatnich, światopogląd jego nie załamie się: wie on, że nowe fakty prowadzą do nowych wyobrażeń, stanowiących rozszerzenie i uzupełnienie poglądów dawnych. Gdy jednak bez najmniejszego uzasadnienia narzuca się uczniowi pogląd o określonej strukturze atomów, nie wzbogaca się w sposób istotny jego umysłu. Naraża się go w dodatku na niebezpieczeństwo zupełnej dezorientacji w przypadku, gdy koncepcje naukowe w dalszej lub bliższej przyszłości ulegną zmianie.

Aby uniknąć nieporozumień, podkreślam, że nie pragnę bynajmniej, by nauczanie fizyki w technicznych szkołach licealnych obejmowało fizykę najnowszą, fizykę ostatniego lat dziesiątka. Tembardziej daleki jestem od myśli,

by miało charakter abstrakcyjny, teoretyzujący. Nie — nauczanie powinno się odznaczać prostotą, jasnością i poglądowością; nie może się ono jednak cofać przed wyraźnym formułowaniem pojęć. Musi też, choć — w pewnym dystansie, dotrzymywać kroku i nauce i technice. Tak dobrze urządzenia fizyki klasycznej, jak również komórka fotelektryczna, lampka elektronowa, przyrząd interferencyjny, aparat do sztucznej przemiany pierwiastków powinny należeć do zakresu fizyki licealnej.

W takich okolicznościach nie tylko damy młodzieży pewną sumę wiadomości konkretnych, lecz również wzbudzimy zainteresowanie nauką i zapał, wytworzymy emocjonalny stosunek do nauki i techniki, rzecz z dydaktycznego punktu widzenia najcenniejszą.

SEKCJA ELEKTRYFIKACYJNA

Uwagi o zakresie uprawnień nadawanych z mocy art. 1 ustawy elektrycznej

W. Herdin

Streszczenie. Postanowienia aktów koncesyjnych, wyznaczające zakres działania zakładu elektrycznego, powinny być wyraźne, dokładne i stanowcze; wymagają tego w szczególności przepisy o postępowaniu administracyjnym.

Z tego stanowiska dotychczasowe uprawnienia nasuwają m. in. zastrzeżenia: co do określenia obszaru zasilania zakładów elektrycznych; co do operowania pojęciami rozdzielania i przesyłania energii elektrycznej, których to pojęć ugruntowanie i rozgraniczenie powinno być — zgodnie z charakterem i przeznaczeniem ustawy elektrycznej — oparte na przesłankach gospodarczych, a nie technicznych; co do ujęcia postanowień, dotyczących prawa wyłączności.

Zakres uprawnień, nadawanych przez Państwo przedsiębiorstwu elektrycznym, normuje się: pod względem rodzaju i celu czynności — na zasadzie art. 1, pod względem miejsca — na zasadzie art. 4 w związku z art. 1 ustawy elektrycznej.

Obowiązek uzyskania uprawnienia rządowego (koncesji) na prowadzenie zakładu elektrycznego zachodzi w myśl art. 1 rzeczonej ustawy tylko o tyle, o ile przedsiębiorca ma zawodowo zbywać energię elektryczną innym osobom albo zasilac nią publiczne środki komunikacji, korzystające z prądu silnego. Można by więc uważać, że koncesji udziela się poprostu na zawodowy zbytek energii, względnie na zasilanie nią publicznych środków komunikacji. Jednakże ustawodawca nie ograniczył się do oznajmienia, że na zawodowy zbytek energii albo zasilanie nią publicznych środków komunikacji wymagana jest koncesja rządowa, lecz postanowił, że koncesji udziela się na wytwarzanie, przetwarzanie, przesyłanie lub rozdzielanie energii w celu zawodowego zbytku albo w celu zasilania publicznych środków komunikacji. Takie ujęcie przedmiotu koncesjonowania, wyplýwało — rzecz jasna — z założenia, iż w dziedzinie elektryfikacji Państwo powinno w interesie gospodarstwa społecznego nie tylko decydować, czy powierzyć zgłaszającemu się przedsiębiorcy zawodowy zbytek energii (wzgl. zasilanie nią publicznych środków komunikacji), ale również — czy powierzyć mu taki czy też inny rodzaj czynności, prowadzących do zawodowego zbytku energii (wytwarzanie, przetwarzanie, przesyłanie lub rozdzielanie energii).

Przy ujmowaniu decyzji, powierzającej przedsiębiorcy czynności elektryfikatorskie w formie aktu uprawnienia, Państwu normalnie zależy, aby to, co akt uprawnienia mówić będzie jego wykonawcom o zakresie funkcji uprawnienia, odpowiadało rzeczywistym zamierzeniom Państwa; uprawnionemu przedsiębiorcy — aby skutkiem brzmienia tego aktu zakres praw jego nie doznał uszczuplenia w porównaniu z tem, na co miał prawo liczyć w wyniku pertraktacji o koncesję; innym przedsiębiorcom elektrycznym — aby brzmienie aktu nie pomniejszyło w praktyce zakresu ich praw, których uszanowania mieli się prawo spodziewać; wszystkim wreszcie czynnikom — aby pełnienie przez uprawnionych przedsiębiorców ich zadań gospodarczo-elektrycznych odbywało się bez wzajemnych tarć, sporów i zatargów.

Dlatego ważną jest rzeczą, iżby w aktach koncesyjnych postanowienia zasadnicze, wyznaczające zakres działania zakładu elektrycznego, były jak najbardziej wyraźne, dokładne i stanowcze. Odpowiada to zresztą formalnemu wymaganiu prawa, wyrażonemu w art. 78 rozporządzenia z dnia 22 marca 1928 r. o postępowaniu administracyjnym (Dz. U. R. P. Nr. 36, poz. 341), który stanowi, że decyzja władzy administracyjnej powinna załatwiać sprawę, będącą przedmiotem rozpatrzenia, oraz wszystkie istotne wnioski osób interesowanych w możliwie najbardziej zwięzłym i w y r a ż n e m ujęciu. Uchybienie temu wymaganiu stanowi o wadliwości postępowania, mogącej uzasadnić zaskarżenie decyzji i spowodować uchylenie jej przez wyższą instancję.

Wszelako formułowanie decyzji administracyjnych w ogóle, a postanowień aktów koncesyjnych w szczególności, jest sztuką trudną. Jej trudność może leżeć m. in. w niedostatecznym wyjaśnieniu podstawowych nawet pojęć i terminów, którymi wypada operować na gruncie ustaw i rozporządzeń, dotyczących gospodarki elektrycznej. W miarę stosowania tych przepisów prawa, a zwłaszcza w miarę, gdy niedociągnięcia — nieuniknione zwłaszcza w początkach — ujawniać się będą w skutkach, niejedno się wyjaśni, wyrówna, sprecyzuje. Uwagi poniższe są skreślone właśnie z myślą o tem, aby — przez stwierdzenie, co w postanowieniach koncesyjnych, dotyczących zakresu działania zakładów elektrycznych, nasuwać może wątpliwości i zastrzeżenia, oraz przez próbę wyświelenia i rozgraniczenia odpowiednich pojęć i terminów dać choć drobny przyczynek do prawidłowego ujęcia aktów koncesyjnych.

Według art. 4 ustawy elektrycznej uprawnienie winno zawierać określenie obszaru zasilanego. Akty koncesyjne czynią zadość temu wymaganiu najczęściej w ten sposób, że nadają posiadaczom koncesji prawo wytwarzania, przetwarzania, przesyłania lub rozdzielania energii elektrycznej „w celu zawodowego jej zbytku na obszarze” określonym. Nie używają one wyrażenia „obszar zasilany”, choć użyto go właśnie w ustawie. Wyrażenia „obszar zasilany” i „obszar na którym się zbywa” mogą w zasadzie oznaczać pojęcia niejednakowe. Pierwsze z tych wyrażen można rozumieć w znaczeniu obszaru, na którym działała i jest użytkowywana względnie jest gotowa do działania i zużytkowania energia elektryczna dostarczana przez uprawnionego.*) Natomiast gdy się mówi o zbywaniu energii na pew-

*) Przy dotychczasowej zresztą technice zasilania energią elektryczną — zapomocą przewodów — niema w istocie „obszaru” zasilanego, w znaczeniu powierzchni lub przestrzeni o określonych konturach, na której działałaby dostarczana przez uprawnionego energia, lecz jest zbiorowisko punktów jej działania, położonych wzdłuż przewodów. „Obszar” w ścisłym znaczeniu byłby dopiero, gdyby energia elektryczna dla celów napędowych i oświetleniowych była doprowadzana „bez drutu”, „przez eter”.

nym obszarze, to brzmienie tych słów upoważniałoby raczej do wniosku, że chodzi o obszar obejmujący punkty, w których ma miejsce dostarczanie (oddawanie) energii odbiorcom. Tu wszakże wypada zaznaczyć różnicę między pojęciem „zbytu” i pojęciem „dostarczania” lub „oddawania” energii: pierwsze oznacza przejście prawa własności rzeczy zbywanej, drugie — przejście fizycznego jej posiadania od jednej do drugiej osoby. Przy tem rozróżnieniu staje się rzeczą jasną, że „zbyt” z istoty swej nie odbywa się w ramach jakiegokolwiek przestrzeni i używane w uprawnieniach wyrażenie „zbyt na obszarze” jest w gruncie rzeczy nieściśłością.

Znaczenie postanowień konkretnego aktu uprawnienia, dotyczących obszaru zbytu, rozważył Najwyższy Trybunał Administracyjny w wyroku z dnia 8 lutego 1933 r. L. Rej. 2651/31, zestawiając je z przepisami art. 4 i art. 1 ustawy elektrycznej, i doszedł do wniosku, że w kwestji, czy przedsiębiorstwo elektryczne przekroczyło swój terytorjalny zakres działania „decydujące znaczenie może mieć... z reguły tylko miejsce zużycia energii elektrycznej, nie zaś miejsce jej sprzedaży względnie odbioru”. Trybunał przyjął tedy, że użyte w danym uprawnieniu wyrażenie „w celu... zbytu energii elektrycznej na obszarze...” oznacza „w celu zbytu energii elektrycznej do użytkowania na obszarze...” W konsekwencji Trybunał oddalił skargę na orzeczenie, którego mocą zarządzono przerwanie przez zakład elektryczny dostawy prądu dla zakładu przemysłowego, położonego na obszarze cudzego uprawnienia, pomimo że odbiór energii z obliczeniem jej ilości odbywał się na obszarze, przydzielonym dostawcy.

Powyższe stanowisko Trybunału nie powinno stać na przeszkodzie do takiego normowania w koncesji obszaru działania zakładu elektrycznego, aby prąd dostarczany (oddawany) na obszarze, określonym w koncesji, mógł być użytkowywany i poza obrębem tego obszaru, co może być potrzebne zwłaszcza w przypadkach, gdy przewiduje się na tym obszarze dostarczanie prądu dla zelektryfikowanej kolei, wychodzącej poza ten obszar. Należy wszakże wtedy tekstowi uprawnienia, określającemu obszar działania zakładu, nadać odpowiednie, dostatecznie wyraźne brzmienie.

W zakresie uprawnień zakładów elektrycznych, koncesjonowanych na zasadzie ustawy elektrycznej, mieści się najczęściej rozdzielanie energii, dość często obok przesyłania energii, a częściej obok wytwarzania i przetwarzania. Rzadziej spotykamy samo tylko wytwarzanie, bądź samo przesyłanie energii, albo wytwarzanie połączone z samym tylko przesyłaniem.

Przeglądając niektóre uprawnienia, jako też konfrontując jedne z nich z drugimi, odnosi się wrażenie, że koncesjonodawca operuje terminami: „wytwarzanie w celu zawodowego zbytu”, „rozdzielanie” i „przesyłanie” energii elektrycznej w poszczególnych przypadkach niekoniecznie trafnie, oraz że w posługiwaniu się temi terminami zdradza niejaka chwiejność, — skąd wnosić można, że w praktyce koncesjonodawczej pojęcia, odpowiadające rzeczonym terminom, nie są dość pewnie ugruntowane i rozgraniczone.

Obok właściwych uprawnień przesyłowych, nadających prawo przesyłania energii z określonego zakładu (albo z określonej miejscowości lub obszaru) na odległość do innego zakładu (lub innej określonej miejscowości lub obszaru) napotykamy uprawnienia, dające zakładom elektrycznym, niekiedy lokalnym, obejmującym jedno miasto (i to niekoniecznie wielkie) albo jedną gminę wiejską, prawo przesyłania i rozdzielania energii na pewnym obszarze. Obok uprawnień, dających prawo przesyłania energii w celu hurtowego zbytu, mamy uprawnienia, dające prawo rozdzielania energii w celu hurtowego zbytu

i uprawnienia dające prawo hurtowego rozdzielania (jako też uprawnienia, dające prawo detalicznego rozdzielania) energii w celu zawodowego jej zbytu. Obok uprawnień dających prawo wytwarzania i przetwarzania energii w celu zawodowego jej zbytu, w miejscu wytwarzania względnie przetwarzania, określono odbiorcy (lub z zastrzeżeniem, iż uprawniony nie ma prawa rozdziału), znajdujemy uprawnienia, dające prawo wytwarzania i przetwarzania energii w celu zawodowego jej zbytu na miejscu, lecz bez jakiegokolwiek ograniczenia co do osób i co do rozdziału, a wszakże i bez wyraźnego nadania prawa rozdziału.

Punktem wyjścia dla próby ustalenia i rozgraniczenia pojęć wytwarzania, przetwarzania, przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej w rozumieniu ustawy elektrycznej (w związku z zawodowym zbytem energii) musi być moment gospodarczy. Ustawa ta bowiem jest ustawą gospodarczą i ze względu na cel swój i ze względu na materję, którą normuje.

Z tego stanowiska wytwarzanie, przetwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej są to — w rozumieniu rzeczonyj ustawy — ogniwa całokształtu działalności gospodarczej, mającej na celu zaopatrzenie poszczególnych jednostek gospodarczych w energję elektryczną, nie zaś tylko pewne sposoby i pewne działania techniczne. Pojęcie każdego z tych ogniw mieści w sobie nietylko moment pewnego działania celowego, ile moment osiągnięcia odpowiedniego wyniku o znaczeniu gospodarczem. Ze stanowiska art. 1 ustawy elektrycznej obojętną jest rzeczą, z jakich materiałów, przy pomocy jakich sposobów i urządzeń, w jakich warunkach technicznych uzyskuje się dobro ekonomiczne, zwane energją elektryczną; jakimi sposobami, za pomocą jakich urządzeń i w jakich warunkach temu dobru ekonomicznemu, wytworzonemu w pewnej postaci (prąd stały, prąd o wysokim napięciu) nadaje się — stosownie do potrzeby — postać odmienną (prąd zmienny, prąd o niskim napięciu); jakimi sposobami energję tę z jednego miejsca przerzuca się drugie; w jaki wreszcie sposób i za pomocą jakich urządzeń energją tą obdziela się poszczególne jednostki gospodarcze, potrzebujące energii. Ważne jest to, czy się tę energję w celu zawodowego jej zbytu uzyskuje, czy się ją otrzymuje w odpowiednio przekształconej postaci, czy się ją przenosi i doprowadza do miejsca przeznaczenia, czy się nią obdziela jednostki gospodarcze potrzebujące energii; te bowiem czynności gospodarcze są — według art. 1 ustawy elektrycznej — przedmiotem koncesjonowania.

Z pośród terminów, użytych w tej ustawie — wątpliwości co do znaczenia, jako też trudności w rozgraniczeniu odnośnych pojęć, nasuwać mogą przedewszystkiem terminy „przesyłanie” i „rozdzielanie”. Pochodzi to niewątpliwie stąd, że bez względu na takie czy inne sprecyzowanie pojęcia działalności, oznaczonej nazwą „rozdzielania” — w praktyce działalność ta jest zwykle połączona z przenoszeniem energii na pewne odległości, choćby niewielkie, za pomocą przewodów, których kompleks nazywa się właśnie „siecią rozdzielczą”. Stąd też widoczna w praktyce skłonność, zacieśniająca zakres pojęcia „rozdzielania” (także i w rozumieniu ustawy elektrycznej) do czynności rozprowadzania, rozsyłania energii elektrycznej za pomocą przewodów, to znaczy w istocie do przenoszenia czyli przesyłania jej przewodami do pewnej liczby punktów odbioru. A przecież okoliczność, iż dana działalność jest z wyjątkiem połączona z pewnymi czynnościami, nie przesądza jeszcze, iżby te czynności należały do istoty owej działalności. Ze owo rozsyłanie energii za pomocą sieci rozdzielczych jest — w obecnym stanie techniki — zwykłym sposobem obdzie-

lania energią elektryczną poszczególnych odbiorców — nie znaczy to jeszcze, iżby pełnienie tej funkcji gospodarczej nie mogło się odbywać innymi sposobami. I obecnie przecie może się zdarzyć np., że zakłady przemysłowe, położone bezpośrednio wokół elektrowni, będą obdzielane energią bez użycia sieci rozdzielczej. Czyż ze stanowiska gospodarczego względnie prawnogospodarczego funkcja przedsiębiorstwa elektrycznego w stosunku do tych zakładów będzie odmienna od jego funkcji w stosunku do pozostałych odbiorców — w tym sensie, iżby należało uznać, że pomiędzy jednych rozdzielca się energią, a pomiędzy drugich jej się nie rozdziela? Byłoby to prawie i gospodarczo sztuczne i mylne rozróżnienie. W rzeczywistości różnica będzie polegała na tem, że obdzielenie jednych odbiorców wymaga dodatkowo pokonania odległości przez przeniesienie energii na odległość, co w stosunku do drugich, bezpośrednio sąsiadujących z zakładem elektrycznym — nie będzie zachodziło. Znaczy to poprostu, że do odbiorców, znajdujących się w mniejszej lub większej odległości, energia będzie przesyłana. Jeżelibyśmy chcieli, idąc drogą utartą (choć niezupełnie prawidłowo poprowadzoną i nieuregulowaną dokładnie), uznać, że w tym przypadku zachodzi właśnie rozdzielanie, a nie przesyłanie energii, to natrafimy na nieprzewyciężone przeszkody przy wszelkiej próbie rozgraniczenia między rozdzielaniem i przesyłaniem energii. W czem bowiem znajdziemy sprawdzian dla tego rozgraniczenia? Trudno powiedzieć, że rozdzielanie będzie wtedy, gdy przenoszenie energii będzie się odbywało w granicach jakiegoś miasta czy wsi; a gdy tylko część energii będzie dostarczana poza tę granicę, np. do graniczącej tuż posiadłości albo do przedmieścia, to co do tej, choćby zupełnie nieznacznej części — przedsiębiorstwo elektryczne będzie już wykonywało funkcję przesyłania i uprawnienie z tego tylko powodu musi być nadane także na przesyłanie energii (w takim ujęciu — rzecz prosta — odpowiednie przesunięcie granicy administracyjnej skutkowało by automatycznie zakwalifikowanie funkcji, jako rozdzielania, choć w czynnościach zakładu ani gospodarczo ani nawet technicznie nie zaszłyby najmniejsza zmiana). Również nie da się zastosować jakiś sprawdzian techniczny, np. sprawdzian wysokiego napięcia, jako decydujący o przesyłaniu, gdy niskie napięcie stanowiłoby o rozdzielaniu, a nie przesyłaniu energii. Takiego rozróżnienia nie przeprowadzają też udzielane dotychczas uprawnienia, niekiedy wyraźnie zupełnie nakładające na zakład elektryczny, któremu nadano uprawnienie na rozdzielanie, ale nie na przesyłanie energii, obowiązek wybudowania i uruchomienia sieci wysokiego i niskiego napięcia.

Gdyby zaś — w miarę postępu techniki — zaszła radykalna zmiana w sposobie wykonywania funkcji rozdzielczej zakładów elektrycznych, tak np. iż sieć rozdzielcza byłaby zbędna, a obdzielenie energią poszczególnych odbiorców odbywałoby się za pomocą jakichś specjalnych urządzeń nadawczo-odbiorczych (podobnie np. jak w dziedzinie radia), to czyż możnaby wtedy uznać, że zakłady elektryczne, działające temi sposobami, nie rozdzielają energii? A w konsekwencji — czy wypadłoby też może uznać, że nadanie nowym zakładom, działającym w taki nowoczesny sposób, prawa dostarczania energii odbiorcom na obszarze, przydzielonym istniejącym już zakładom z mocy uprawnienia, opiewającego na wyłączne rozdzielanie energii, nie byłoby naruszeniem wyłączności, skoro wyłączność nadano na rozdzielanie energii?

W świetle powyższych rozważań należy uznać, że i ustawa elektryczna nie wiąże pojęć wytwarzania, przetwarzania, przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej z określonymi, stosowanymi przy obecnym stanie techniki

sposobami technicznymi i urządzeniami; nie czyni rozróżnienia między rozdzielaniem (lub przesyłaniem) dokonywanem zapomocą jednego sposobu i jednych urządzeń, a rozdzielaniem (lub przesyłaniem) zapomocą innego sposobu lub innych urządzeń. Ustawa ta niewątpliwie wychodzi z istoty czynności (związanej z jej celem), a nie z techniki jej wykonywania, tem samem zaś operuje, jak to wynika z jej zadań, pojęciami z zakresu gospodarki elektrycznej, a nie techniki. Daje ona w ten sposób podstawę do odpowiedniego ujmowania i rozgraniczania zadań poszczególnych zakładów elektrycznych w uprawnieniach rządowych, nadawanych tym zakładom z mocy ustawy elektrycznej, które to uprawnienia, stanowiąc o zakresie działania zakładów elektrycznych na kilka dziesiątków lat naprzód, również gospodarkę, a nie technikę muszą mieć na widoku. Z tych założeń wychodząc, za rozdzielanie energii elektrycznej wypadnie uznać — zgodnie z samą już nazwą — czynność, polegającą na dzieleniu (rozdrabnianiu, rozdawaniu) energii elektrycznej, którą dany zakład elektryczny ma do dyspozycji w pewnej ilości, pomiędzy odbiorców, z których każdy otrzymuje pewną część oddawanej przez zakład energii, aby wykorzystać ją dla takich czy innych celów.

Tak rozumiane rozdzielanie energii w przeważającej ilości przypadków łączy się z jej przesyłaniem, zazwyczaj przesyłaniem wielokierunkowem, które możnaby nazywać „rozsyłaniem” albo „rozprowadzaniem” energii (rzecz charakterystyczna, że żadnego z tych wyrażen nie użyto w ustawie elektrycznej, choć właśnie — gdyby przez rozdzielanie rozumiano taką właśnie czynność, te wyrazy byłyby właściwsze). To też przy wypełnianiu formularzy uprawnien treściwą, dotyczącą zakresu działania konkretnych zakładów, należałoby temu dawać odpowiedni wyraz. Pewna liczba przedsiębiorstw elektrycznych o lokalnem znaczeniu (elektrownie w miastach) zastrzegła sobie wyraźnie prawo przesyłania energii. Jest to praktyka godna zalecenia jeszcze i dlatego, że w pewnych okolicznościach dla lokalnego zakładu elektrycznego rozdzielczego czy wytwórczo-rozdzielczego może być rzeczą pożyteczną sprowadzać sobie energię zzewnątrz własną linią elektryczną, a w braku zastrzeżenia o prawie przesyłania wymagałoby to dodatkowego uprawnienia na przesyłanie energii.

Na tle dotychczasowej praktyki niedość jasny jest zakres niektórych uprawnień z pośród tych, które nadają prawo zbytu (zawodowego) energii na miejscu w zakładzie elektrycznym uprawnionego. O ile bowiem jasną jest sytuacja na gruncie uprawnień, których mocą nadano prawo wytwarzania energii w celu zawodowego zbytu energii na miejscu jednemu określönemu odbiorcy, co oznacza uprawnienie czysto wytwórcze, o tyle przy uprawnieniach, nadających prawo zbytu energii loco zakład uprawnionego bez określenia, komu energia może być zbywana, ale z zaznaczeniem, że „bez prawa rozdziału” (jak to się w paru przypadkach spotyka), niewiadomo już dokładnie, czy uprawniony może zbywać prąd na miejscu nieograniczonej liczbie odbiorców, byleby się do jego zakładu sami przyłączyli, czy też ma tylko prawo zbytu przedsiębiorcy, uprawnionemu do rozdzielania energii na odnośnym obszarze; w przypadkach zaś, gdy i zastrzeżenia „bez prawa rozdziału” niema, ale uprawnienie wymienia wyraźnie tylko prawo wytwarzania energii w celu zawodowego zbytu jej na miejscu, stan rzeczy jest jeszcze mniej jasny, ani bowiem nadanie prawa wytwarzania energii, ani nawet nadanie prawa zawodowego zbytu, nie przesądza, czy uprawniony ma prawo wytwarzania i zbytu energii na rzecz jednego (w tych razach zapewne wielkiego) odbiorcy, czy też na rzecz nieograniczonej liczby odbiorców, którzy się przyłączyli swojami przewodami. Jeżeli — jak sądzić można — woła kon-

cesjodawcy i koncesjonariusza przy nadawaniu tych uprawnień było wyposażyć koncesjonariusza w prawo wytwarzania i zbytu energii na miejscu na potrzeby nieograniczonej liczby odbiorców, jacy się mogą zgłosić, w takim razie należytem i niedwuznacznym wyrazem tej woli byłoby ujęcie zakresu praw takiego koncesjonariusza w wyrazach: „prawo wytwarzania, przetwarzania i rozdzielania energii elektrycznej na miejscu w zakładzie elektrycznym uprawnionego, znajdującym się w w celu zawodowego jej zbytu”. Z powodu tego rodzaju uprawnień nie od rzeczy będzie zauważyć, że pomimo wymagania art. 4 ustawy elektrycznej — pomijają one określenie obszaru zasilanego. Ich obszar zasilania (przynajmniej w sensie wyjaśnionym przez Najwyższy Trybunał Administracyjny) jest nieograniczony. Do zakładu takiego może przyłączyć się, pod warunkiem dościa doń ze swoją linią elektryczną, każdy odbiorca (oczywiście w praktyce mógłby to być tylko odbiorca wielki) choćby z drugiego krańca Państwa, a ponieważ przesyłanie energii dla siebie nie wymaga uprawnienia, przeto tego rodzaju operacje elektryfikacyjne usuwałyby się z pod unormowania, przewidzianego w art. 1 — 7 ustawy elektrycznej.

Należyte ujęcie i wyrażenie zakresu uprawnień poszczególnych zakładów elektrycznych jest ważne w szczególności, jako sposób rozgraniczenia praw zakładów, które mogłyby się znaleźć w kolizji ze sobą. Poddając się obowiązkiowi zadośćuczynienia, na określonych warunkach, za potrzebowaniu na energię elektryczną, koncesjonariusz musi być należycie zabezpieczony przed możliwym współzawodnictwem. Klauzula wyłączności, wchodząc w zakres praw koncesjonariusza, powinna być skuteczna. Ważne jest więc odpowiednie jej sformułowanie w uprawnieniu.

Udzielone dotychczas uprawnienia mogą nasuwać i pod tym względem pewne zastrzeżenia. W uprawnieniach tych, o ile obejmują one prawo rozdzielania energii w celu zawodowego jej zbytu, klauzula wyłączności brzmi przeważnie w ten sposób, że przez czas trwania danego uprawnienia

nikomu innemu nie będzie nadane prawo rozdzielania energii elektrycznej w celu zawodowego jej zbytu na obszarze objętym tem uprawnieniem. Zdarzało się już, że inny przedsiębiorca zgłaszał wniosek o nadanie mu uprawnienia na przesyłanie energii na tymże obszarze w celu zawodowego tamże zbytu, twierdząc, że skoro wcześniejszemu koncesjonariuszowi przyznano wyłączność tylko w zakresie rozdzielania energii, tedy nadanie nowemu przedsiębiorcy prawa przesyłania energii na tymże obszarze nie koliduje z poprzednio nadaną wyłącznością. Fakt, iż zdarzyło się nawet nadanie uprawnienia, w podobny sposób kolidującego z wcześniejszymi uprawnieniami (zresztą skasowanego z przyczyn formalnych przez Najwyższy Trybunał Administracyjny) wskazuje, jak nieoczekiwane konsekwencje może mieć niewłaściwe operowanie pojęciami przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej.

Spodziewać się zresztą należy, iż uprawnienia, w podobny sposób naruszające cudzą wyłączność, nie mogłyby się ostać przy należytej obronie swych praw ze strony interesowanych, pomimo niedość szczęśliwego sformułowania klauzul wyłączności, tak, jak nie ostały się uprawnienia, kolidujące z prawami zakładów elektrycznych, posiadających umowy koncesyjne z gminami, choć w tych umowach klauzule wyłączności formalnie opiewały tylko na wyłączne korzystanie z dróg i ulic na obszarze gminy.

Niemniej jednak — odpowiednia zmiana w formułowaniu klauzuli wyłączności w uprawnieniach elektrycznych byłaby godna zalecenia choćby tylko dla porządku. Powinaby ona iść w kierunku nadawania zakładom elektrycznym wyłączności zawodowego zbytu energii elektrycznej*) na obszarze, objętym danem uprawnieniem.

*) Wypada zauważyć, że w paru przypadkach władza koncesjodawcza, zapewne na życzenie koncesjonariuszy, dorywczo przyjęła podobną koncepcję; stylizacja jednak odnośnych tekstów nie była udatna.

Linie dalekosiężne prądu zmiennego

Streszczenie. Po krótkim streszczeniu teorii linii dalekosiężnych omówiono szczegółowo kompensację linii i zastosowanie kompensatorów. Naszkicowano problem stabilizacji statycznej i dynamicznej. Wkońcu przytoczono kilka danych, dotyczących gospodarczości linii.

Jeśli projektujemy pewną linię dalekosiężną, znamy już zwykle z góry moc przesyłową, obieramy napięcie przesyłowe i uwzględniając pewien procentowy spadek napięcia względnie odpowiednią stratę mocy na sieci otrzymamy przekrój przewodów, a na podstawie rozważań gospodarczych decydujemy o rozpiętości słupów, ich kształtach i t. d.

Wyjdźmy z założenia innego, a mianowicie przyjmijmy z góry pewne średnice i obliczmy, jaką energię przy prądzie trójfazowym możemy temi przewodami o przyjętej średnicy przesyłać¹⁾.

Wyniki ujmijemy w tabeli I.

Z przyjętej średnicy „*d*” obliczymy przekrój „*q*”, a przyjmując gospodarczą gęstość prądu 1,7 A/mm² (uzasadnienie *p.* rozdział o gospodarczości linii) otrzymamy prąd pozorny „*I*’”. Uwzględniając naskórkowość (skin-effect) otrzymamy prąd rzeczywisty „*I*”. Wielkość napięcia przewodowego „*U_p*” jest przy danej średnicy zależna od do-

puszczalnych strat ulotu (corona). W ostatniej kolumnie wyliczono moc pozorną dla układu trójfazowego.

Dla napięć poniżej 30 kV przekroje, a zatem i średnice, muszą być powiększone ze względów mechanicznych, w znaczeniu czysto elektrycznym przekroje używane dla napięć poniżej 30 kV nie są zatem należycie wykorzystane.

Tablica I.

<i>d</i> mm	<i>q</i> mm ²	<i>I</i> ' A	ΔJ %	<i>I</i> A	<i>U_p</i> kV.	<i>N</i> kVA	dla oblicz. miarodajne
1,78	2,5	4,25	—	4,25	15	110	wytrzym. mechaniczna
2,75	6,—	12,7	—	12,7	30	660	
7,5	35	51	—	51,0	60	5 300	straty energii
12,5	95	153	1	152	100	26 200	
18	200	340	1,2	336	150	87 200	
25	385	655	6	616	200	215 000	wytrzym. elektryczna
36	800	1360	22	1060	300	550 000	
50	1550	2640	37	1660	400	1 150 000	
Przewody rurowe: $\frac{\phi_w}{q}$					19,5	110 000	
					185		
					30	280 000	
					320		
					43	610 000	
					420		

¹⁾ R. Rüdtenberg. „Das Verhalten el. Kraftwerke beim Zusammenschluss” ETZ 1929, str. 970 in.

Dla napięć średnich (60 — 150 kV) miarodajnymi dla ustalania przekrojów są przede wszystkim straty energii, a dopiero dla napięć 200 kV i większych kierujemy się przy odbiorze przekroju wytrzymałością elektryczną (średnice ustalamy uwzględniając ulot, a przekrój uwzględniając skin-effect). W tabeli I wypisano zatem i moc trójfazową przy obiorze przewodów rurowych.

Zarys teorii linii dalekosiężnych.

Zasadnicza teoria linii dalekosiężnych jest dziś już gruntownie opracowana²⁾.

W niniejszym artykule będzie omawiana teoria w skróceniu przyczem wyniki będą podane w formie analitycznej³⁾.

Dla linii dalekosiężnych o wyższych napięciach nie możemy przede wszystkim zaniedbać pojemności linii. Wiemy z teorii, że indukcyjność i pojemność linii powoduje to, że przenoszenie energii elektrycznej wzdłuż linii odbywa się zapomocą fal, które w powietrzu rozprzestrzeniają się z chyżością:

$$v = \pm \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \dots \dots \dots (1)$$

gdzie *L* — indukcyjność linii w H/km,
C — pojemność linii w F/km.
v — chyżość falowa w km/sek.

Dla linii napowietrznych chyżość fal jest praktycznie równa chyżości światła i wynosi około 300 000 km/sek, dla linii kablowych chyżość ta wynosi około 150 000 km/sek.

Kształt przestrzenny fal może być dowolny. Ponieważ chyżość wszystkich elementów fali jest zawsze ta sama, przeto i kształt przestrzenny fali musi być identyczny z kształtem czasowym fali w jakimkolwiek punkcie linii, a więc np. gdy kształt czasowy fali napięciowej jest sinusoidą (w każdym punkcie linii) to i kształt przestrzenny fali musi być sinusoidalny.

W ogólnym wypadku obciążenia linii otrzymamy dwie fale, jedną idącą wprzód np. od początku do końca linii, a drugą idącą wstecz, t. j. od końca do początku linii.

O ile obserwujemy zatem np. falę napięciową, to w ogólnym wypadku na wielkość napięcia w danym punkcie linii składa się składowa fali napięcia biegnącej wprzód i składowa fali napięcia biegnącej wstecz.

Mamy zatem, jeśli *U_n* oznacza chwilową wartość fali napięcia biegnącej wprzód, a *U_w* oznacza chwilową wartość fali napięcia biegnącej wstecz

$$U = U_n + U_w \dots \dots \dots (2)$$

a analogicznie dla prądu

$$i = i_n - i_w \dots \dots \dots (3)$$

Wiemy dalej z teorii, że zawsze

$$\frac{U_n}{i_n} = \frac{U_w}{i_w} = \pm \sqrt{\frac{L}{C}} = \pm Z \dots \dots \dots (4)$$

gdzie „*Z*” oznacza t. zw. opór falowy linii. Fazowa wartość oporu falowego wynosi dla linii napowietrznych przeciętnie około 380 omów, dla kabli około 38 omów.

Moc tak fali biegnącej wprzód, jak fali biegnącej wstecz, jest zawsze mocą rzeczywistą czyli czynną i równa się np. dla fali energetycznej biegnącej wprzód:

$$N_n = U_n \cdot i_n = i_n^2 Z = \frac{U_n^2}{Z} \dots \dots \dots (5)$$

Opór omowy linii powoduje zawsze tłumienie fal (i zmianę kształtu przestrzennego fal), tak, że na podstawie teorii otrzymujemy relację:

$$\frac{U_x}{U_0} = \frac{i_x}{i_0} = e^{-\frac{r}{2Z} \cdot x} \dots \dots \dots (6)$$

gdzie *U_x* — napięcie w oddaleniu „*x*” km od końca linii
U₀ — „ „ na końcu linii,
r — oporność omowa linii w Ω/km.
x — długość linii w km.

Liczbowo tłumienie daje nam np. na linii o napięciu przewodowym 200 kV i długości 1000 km o oporze omowym 0,1 omów/km około 13% straty w fali napięcia i prądu. O ile zaniedbamy tłumienie i uwzględnimy, że napięcie i prąd na początku linii zmieniają się sinusoidalnie, to napięcie i prąd wzdłuż linii muszą się zmieniać również sinusoidalnie. Jest to bardzo ważne, o ile kreślimy wykresy napięcia i prądu wzdłuż linii, gdyż znając np. powyższe wartości dla dwóch punktów linii, możemy przez te dwa punkty wyrysować sinusoidę bez liczenia dalszych punktów.

Jeśli chcemy daną linię dalekosiężną wykorzystać należycie pod względem gospodarczym, powinniśmy taką przesyłać, dla której niema fali energetycznej wstecznej (ze wzorów 2 i 3 widać, że fala biegnąca wstecz ma znak —, to zn. że nie przyczynia się do pozytywnego przeniesienia energii na linii od nadawcy do odbiorcy), czyli że *U_w* = 0, *i_w* = 0. Tę najkorzystniejszą moc nazywamy mocą naturalną linii. Okazuje się, że moc naturalna linii trójfazowej określona jest wzorem:

$$N_n = 3 I_f^2 \cdot Z = \frac{U_p^2}{Z} \dots \dots \dots (7)$$

gdzie *U_p* — napięcie przewodowe w kV,
I_f — prąd fazowy w kA,
N_n — moc naturalna w MW (1 MW = 1 000 kW),
Z — fazowy opór falowy w omach.

Moc naturalna jest zarazem mocą rzeczywistą odpowiadającą obciążeniu końca linii czystym oporem omowym równym liczbowo oporowi falowemu linii *Z*.

Moc naturalna, jak widzimy ze wzoru (7), zależy praktycznie tylko od wielkości napięcia przesyłowego. Zakładając *Z* = 380 omów dla linii napowietrznych a 38 omów dla linii kablowych otrzymujemy tabelę II.

Tabela II.
 Moc naturalna trójfazowych linii dalekosiężnych.

<i>U_p</i> kV	Linia napowietrzna MW	Linia kablowa MW
15	0,59	5,9
30	2,36	23,6
60	9,46	94,6
100	26,3	263,0
150	59,2	592
200	105	1050
300	236	—
400	422	—

Porównując tabelę II z tabelą I widzimy, że dla napięcia 100 kV moc naturalna pokrywa się z mocą maksymalną linii dla danego przekroju. Dla napięć 15 do 30 kV mocy naturalnej nie można osiągnąć, t. zn. że odnośne przekroje obrane w tabeli I odpadają także ze względów elektrycznych.

Moc naturalna linii kablowych jest 10-krotnie wyższa od mocy linii napowietrznych, co stanowi pewną korzyść dla linii kablowych.

O ile przesyłamy moc naturalną daną linią, to napięcie i prąd wzdłuż linii mają niezmienną wartość (kształt

²⁾ Spis literatury: R ü d e n b e r g „El. Hochleistungsübertragung auf weite Entfernung, Berlin, J. Springer 1932.
³⁾ Teoria linii dalekosiężnej w przedstawieniu symbolicznem p. A. S m o l a n s k i, PE 1934 zeszyt 12, 13, 14.

przestrzenny napięcia i prądu jest linią prostą ($U = \text{const}$, $I = \text{const}$, co stanowi zatem wyjątek w zasadzie sinusoidalnego rozkładu przestrzennego napięć i prądów wzdłuż linii w ogólnym wypadku). Prądy pojemnościowe i indukcyjne spadki napięcia w tym wypadku nie zmieniają wielkości napięć i prądów, napięcie i prąd dochodzą do końca linii tylko z pewnym opóźnieniem w czasie, zmieniają zatem tylko fazę względem wektorów początku linii. Kąt fazowy czyli kąt opóźnienia ϑ wynosi:

$$\vartheta = \frac{\omega x}{v} = \omega x \sqrt{l \cdot c} \dots \dots \dots (8)$$

- ϑ — kąt w mierze łukowej,
- ω — częstość kołowa w sek^{-1} ,
- x — odległość w km,
- v — chyżość fali w km/sek.

Wprowadzając miarę kątową w stopniach i częstotliwość f , otrzymujemy:

$$\vartheta^\circ = \frac{360 f x}{v} \dots \dots \dots (8a)$$

oraz wstawiając $f = 50$ i $v = 300\,000$ otrzymamy:

$$\vartheta^\circ = \frac{6 x}{100} \dots \dots \dots (8b)$$

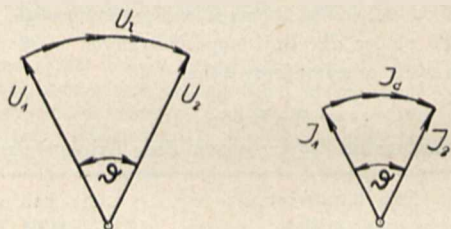
W tabeli III podane są kąty fazowe dla $f = 50$.

Tabela III.

Kąty fazowe ϑ dla $f = 50$ i linii napowietrznych.

x km	10	50	100	200	400	600	800	1000	1500
$\vartheta = \frac{\omega x}{v}$	0,01	0,05	0,105	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05	1,57
ϑ°	0,6°	3°	6°	12°	24°	36°	48°	60°	90°

Wykres wektorowy linii dalekosiężnej dla mocy naturalnej jest bardzo prosty (rys. 1), gdyż końce wektorów napięcia i prądu poruszają się po kołach, spadek indukcyjny względnie prąd pojemnościowy równają się odpowiednim łukom kół o promieniu U wzgl. I .



Rys. 1.

Wykres linii dalekosiężnej dla mocy naturalnej bez uwzględnienia strat.

Całkowity prąd pojemnościowy dla mocy naturalnej i długości linii x km wynosi:

$$I_{cn} = \omega c x U \dots \dots \dots (9)$$

ponieważ:

$$U = I_n \sqrt{\frac{l}{c}}$$

oraz

$$v = \frac{1}{\sqrt{l c}}$$

otrzymujemy:

$$I_{cn} = \frac{\omega x}{v} \cdot I_n = \vartheta \cdot I_n \dots \dots \dots (10)$$

co zresztą wprost z wykresu na rys. 1 wynika.

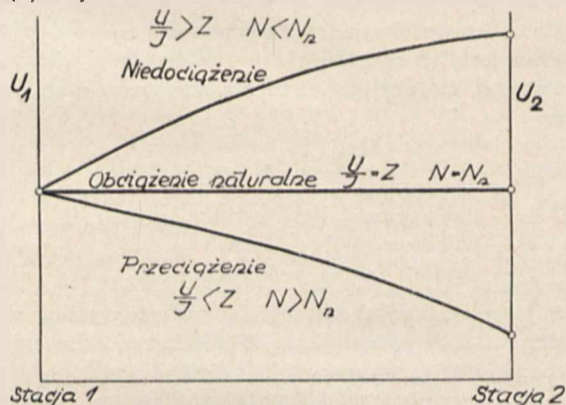
Analogicznie otrzymujemy całkowity spadek indukcyjny:

$$U_l = \frac{\omega x}{v} \cdot U_n = \vartheta \cdot U_n \dots \dots \dots (11)$$

Widzimy ze wzorów 10 i 11, że tak prąd pojemnościowy,

jak i spadek indukcyjny określone są kątem opóźnienia ϑ . Z tabeli III widzimy, że dla linii o długości 200 km prąd pojemnościowy wynosi już 21% prądu naturalnego.

Dla ogólnego wypadku obciążenia linii oczywiście napięcia i prądy wzdłuż linii nie będą równe, przebieg ich zależy od stosunku $\frac{U_2}{I_2}$ i od $\cos \varphi_2$ na końcu linii, gdzie indeks „2” oznacza wartości na końcu linii. Zależnie od tego, czy $\frac{U_2}{I_2} \cong Z$, otrzymamy obciążenia poniżej mocy naturalnej ($\frac{U_2}{I_2} > Z$), lub powyżej mocy naturalnej ($\frac{U_2}{I_2} < Z$). W pierwszym wypadku przeważa prąd pojemnościowy i napięcie na końcu linii będzie wyższe od napięcia na początku linii, w drugim wypadku przeważa spadek indukcyjny i napięcie na początku linii będzie wyższe od napięcia na końcu linii (rys. 2).



Rys. 2.

Przebieg napięcia na linii dalekosiężnej przy różnych obciążeniach.

Rozważmy jeszcze stan jałowy na linii dalekosiężnej. Dla stanu jałowego otrzymujemy warunek:

$$I_2 = 0.$$

Pomijając tłumienie, otrzymamy:

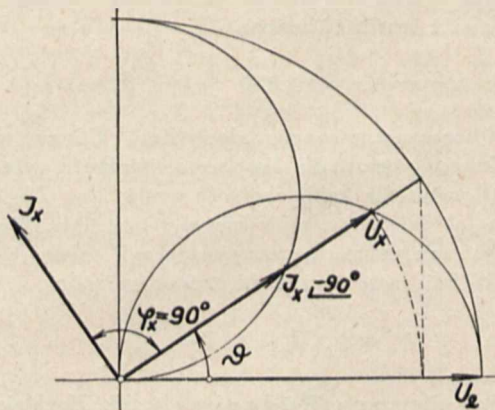
$$I_x = \frac{U_2}{Z} \cdot \sin \vartheta \dots \dots \dots (12)$$

$$U_x = U_2 \cdot \cos \vartheta \dots \dots \dots (13)$$

gdzie ϑ określone jest wzorem 8. Na rys. 3 uwidoczniiony jest przebieg napięcia i prądu pojemnościowego linii dla biegu jałowego bez uwzględnienia tłumienia ($r = 0$). Na rys. 4 przedstawiony jest przebieg przestrzenny prądu i napięcia dla biegu jałowego linii w układzie prostokątnym. Dla długości linii „a” otrzymujemy napięcie na początku linii U_{10} i prąd I_{10} :

$$U_{10} = U_2 \cdot \cos \vartheta \dots \dots \dots (14)$$

$$I_{10} = \frac{U_2}{Z} \cdot \sin \vartheta \dots \dots \dots (15)$$



Rys. 3.

Wykres kołowy linii dalekosiężnej przy biegu jałowym, bez uwzględnienia tłumienia ($r = 0$).

Z obu równań przez eliminację napięcia na końcu linii „ U_2 ” otrzymujemy:

$$I_{10} = \frac{U_{10}}{Z} \operatorname{tg} \vartheta \dots \dots \dots (16)$$

Zwyżkę napięcia możemy obliczyć ze wzoru:

$$\frac{U_2}{U_{10}} = \frac{1}{\cos \vartheta} \dots \dots \dots (17)$$

Równanie (17) jest matematycznym wyrazem t. zw. efektu Ferranti'ego. Jeśli uwzględnimy nadto rozproszenie czyli spadek indukcyjny transformatora i generatora na początku linii „ S ”, to jasnym się staje, że SEM-na „ E_0 ” generatora zasilającego będzie jeszcze mniejsza, aniżeli napięcie „ U_{10} ”, mianowicie:

$$E_0 = U_{10} - \omega S \cdot I_{10} \dots \dots \dots (18)$$

czyli:

$$E_0 = U_{10} \left(1 - \frac{\omega S}{Z} \operatorname{tg} \vartheta \right) \dots \dots \dots (19)$$

Zatem stosunek napięcia U_2 na końcu linii do SEM-nej indukowanej w generatorze na początku linii wynosi:

$$\frac{U_2}{E_0} = \frac{1}{\cos \vartheta - \frac{\omega S}{Z} \cdot \sin \vartheta} \dots \dots \dots (20)$$

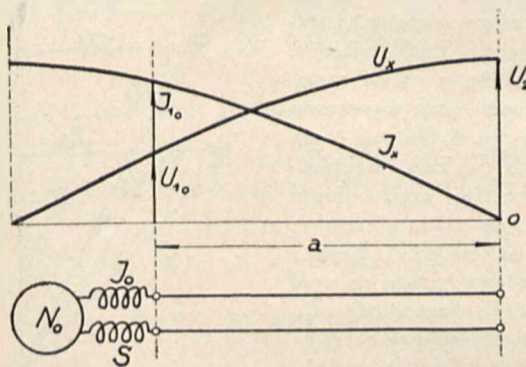
Jeśli przyjmiemy

$$\frac{\omega S}{Z} = 1$$

otrzymamy dla długości linii $a = 500$ km całkowitą zwyżkę napięcia

$$\frac{U_2}{E_0} = 2,73.$$

Jeśli U_2 na końcu linii wynosi 200 kV, to z powyższych wzorów możemy łatwo obliczyć, że napięcie na początku linii wynosi $U_{10} = 173,2$ kV, a prąd na początku linii $I_{10} = 263$ A, podczas gdy moc bierna pojemnościowa zasilająca linię wynosiłaby 79 000 kVA! Widzimy z tego przykładu, że na liniach dalekosiężnych spotykamy się z olbrzymimi obciążeniami biernymi przy odciążonej linii.



Rys. 4.

Wykres przestrzenny linii dalekosiężnej dla stanu jałowego.

Przy dowolnych obciążeniach następują także ogólnie zwyżki względnie zniżki napięć, któreby dały wartości niedające się ruchowo opanować. Ponieważ technicznie dążymy do utrzymania równego napięcia na początku i końcu linii (choćby ze względu na normalizację sprzętu elektrycznego) oraz w poszczególnych miejscach odbioru, przeto musimy się ograniczyć do długości odcinków linii nie większych jak 200 km. O ile zatem mamy linie bardzo długie, musimy je podzielić na odcinki o długości 100—200 km z stacjami pomocniczymi, w których to stacjach musimy regulować napięcie linii.

Praktycznie będziemy dążyli do tego, aby napięcie na stacji było wielkością stałą niezależnie od zmian obciążenia na linii.

Kompensacja linii dalekosiężnych.

Widzieliśmy poprzednio, że przeniesienie energii na linii dalekosiężnej odbywa się w najkorzystniejszych warunkach wtedy, gdy fala wsteczna jest równa zeru, wówczas obciążenie na końcu linii odpowiada wzorom:

$$\frac{U_2}{I_2} = Z$$

oraz

$$\cos \varphi_2 = 1.$$

Obciążenie linii jest jednak ustawicznie zmienne. Ażeby korzystnie przenieść moc na linii moglibyśmy np. uczynić stale stosunek $U_2 : I_2$, równy oporowi falowemu linii. Byłoby to bardzo niekorzystne, bo musielibyśmy stale pracować ze zmiennym napięciem. Zostaje nam drugi sposób: dostosować opór falowy do każdorazowego stosunku $U_2 : I_2$. Sposób ten nazywamy kompensacją linii dalekosiężnej.

Opór falowy możemy stosunkowo łatwo zmienić przez dodanie indukcyjności lub pojemności. W ogólnym wypadku zatem opór falowy będzie wynosił:

$$\sqrt{\frac{\Lambda}{K}} = \frac{U}{I} = \sqrt{\frac{I + S}{c + P}} \dots \dots \dots (21)$$

S — indukcyjność dodatkowa,

P — pojemność dodatkowa.

Zasadniczo powinniśmy dodatkową indukcyjność (S) względnie pojemność (P) rozłożyć w sposób ciągły wzdłuż linii, praktycznie jednak wystarczy skupić je w stacjach posiłkowych, z tem jednak zastrzeżeniem, aby odległości punktów posiłkowych nie były zbyt duże, to jest nie przekraczały 100 — 200 km.

Nastawienie aparatów kompensacyjnych jest bardzo proste: o ile przenosimy moc naturalną na linii, wszelka kompensacja staje się zbyteczna. O ile moc przeniesiona „ N ” jest mniejsza od mocy naturalnej „ N_n ” musimy kompensować „indukcyjnie”, t. zn. włączyć dodatkową indukcyjność przez dodanie dławików w szereg linii, lub zmniejszyć pojemność przez włączenie dławików „poprzecznie” czyli równoległe do linii. O ile natomiast moc „ N ” przekracza moc naturalną ($\frac{U}{I} < Z$), wówczas musimy opór falowy sztucznie zmniejszyć, czyli zmniejszyć indukcyjność, np. przez załączenie kondensatorów w szereg linii lub zwiększyć pojemność linii, dając kondensatory „poprzecznie” czyli równoległe do linii. Musimy zatem linię przeciążoną ($N > N_n$) kompensować „pojemnościowo”.

Rzecz jasna, że indukcyjność względnie pojemność dodatkowa muszą się dać regulować, aby mogły sprostać zmiennym obciążeniom.

Energetycznie zasada kompensacji jest bardzo prosta, z równania (21) bowiem otrzymujemy po zniesieniu pierwiastka i wymnożeniu obu stron równania przez częstość kolumną „ ω ”:

$$\omega K U^2 = \omega \Lambda I^2 \dots \dots \dots (22)$$

Zależność ta mówi nam, że linia jest wówczas skompensowana, gdy moc bierna „poprzeczna” linii (t. j. zależna od napięcia, jest równa mocy biernej „podłużnej”, t. j. zależnej od prądu. Warunek określony równaniem (22) potwierdza nam jeszcze raz fakt, że najkorzystniejszym przeniesieniem energii na linii jest przeniesienie czystej mocy czynnej (rzeczywistej) przy $\cos \varphi_2 = 1$. Mając linię skompensowaną możemy nią przesyłać dowolne moce na dowolne odległości.

Kompensacja ciągła.

Rozważmy teraz regulację przy kompensacji ciągłej i zbadajmy, jaką wielkość musi urządzenie kompensacyjne posiadać. Jako kompensację ciągłą linii uważamy taką kompensację, przy której urządzenie kompensacyjne (a więc dła-

wiki wzgl. kondensatory) są rozłożone w sposób ciągły wzdłuż linii.

Wiemy, że moc naturalna wynosi:

$$N_n = U^2 \cdot \sqrt{\frac{c}{l}}$$

Dla linii skompensowanej moc kaźdoczesna wynosi:

$$N = U^2 \sqrt{\frac{K}{\wedge}} \dots \dots \dots (23)$$

Stosunek obu mocy wynosi:

$$\frac{N_w}{N_n} = \sqrt{\frac{l \cdot K}{c \cdot \wedge}} \dots \dots \dots (24)$$

Rozpatrzmy tylko kompensację „poprzeczną” czyli równoległą. Załóźmy zatem:

$$\begin{aligned} \wedge &= l \\ K &= c + P \end{aligned}$$

Wówczas otrzymamy:

$$1 + \frac{P}{c} = \left(\frac{N_w}{N_n}\right)^2 \dots \dots \dots (25)$$

Poniewaź załóźyliśmy, że pracujemy przy stałym napięciu, możemy napisać:

$$\begin{aligned} N_c &= c \cdot \omega \cdot x \cdot U^2 \\ N_p &= P \cdot \omega \cdot x \cdot U^2 \end{aligned}$$

a zatem:

$$\frac{N_p}{N_c} = \frac{P}{c} \dots \dots \dots (26)$$

Moc bierna N_c jest w odniesieniu do mocy naturalnej określona stałym stosunkiem i wynosi:

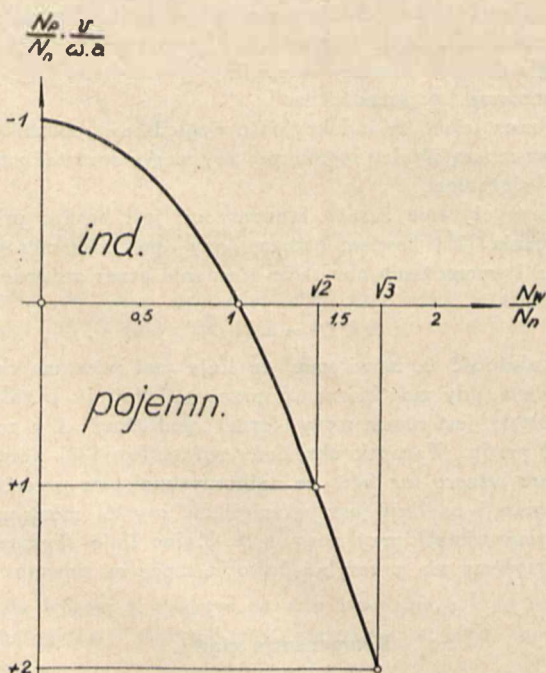
$$\frac{N_c}{N_n} = \frac{I_c}{I_n} = \frac{\omega x}{v} \dots \dots \dots (27)$$

zgodnie zresztą z równaniem (10).

Przez kombinację równań (25, 26 i 27) dochodzimy do zależności:

$$\frac{N_p}{N_n} = \frac{\omega x}{v} \left[\left(\frac{N_w}{N_n}\right)^2 - 1 \right] \dots \dots \dots (28)$$

Poniewaź braliśmy pod uwagę pojemność dodatkową w naszych założeniach, przeto dodatnia wartość „ N_p ” z równania (28) przedstawia nam moc bierną pojemnościową, ujemna natomiast — moc indukcyjną. Równanie (28) przedstawia nam graficznie parabolę (rys. 5), przyczem zależność



Rys. 5.

Zależność mocy biernej, potrzebnej do kompensacji, od obciążenia przy kompensacji ciągłej.

ta ważna jest tylko dla kompensacji ciągłej. „ N_p ” oznacza zatem moc bierną, którą sztucznie musimy wytworzyć celem kompensacji linii. Z rys. 5 widzimy, że przy biegu jałowym linii musimy kompensować indukcyjnie (t. j. np. załącząc dławiki), przyczem moc bierna musi wynosić liczbowo:

$$N_p = -\frac{\omega a}{v} \cdot N_n$$

gdzie „ a ” oznacza długość linii w km. Dla przeciążenia widzimy, że już dla $N_w = 1.73$ mocy naturalnej urządzenie kompensacyjne byłoby bardzo duże, gdyż

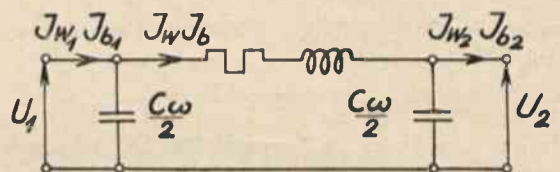
$$N_p = 2 \frac{\omega a}{v} \cdot N_n$$

Praktycznie zatem niewiele możemy w ruchu przekroczyć moc naturalną linii. Normalnie dojdziemy do maksymalnych obciążeń w wysokości $\sqrt{2}$ czyli około 1,4 mocy naturalnej, a o ile jesteśmy zmuszeni do przesyłania większych mocy, dajemy linie równoległe.

Kompensacja odcinkowa.

Dotychczas braliśmy pod uwagę kompensację ciągłą. W rzeczywistości jednak kompensujemy linie dalekosiężne w stacjach posiłkowych wzgl. w odbiorach. Zobaczymy obecnie, jakie wyniki otrzymamy dla kompensacji odcinkowej.

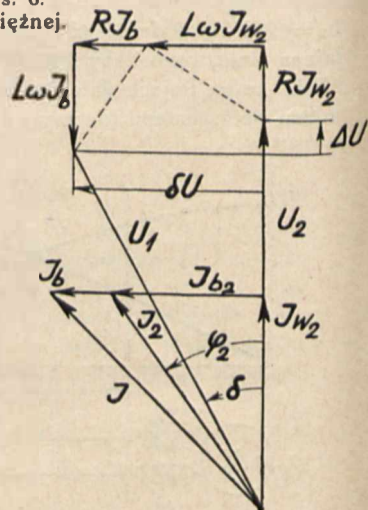
Zastosujemy poniżej teorię przybliżoną linii dalekosiężnych, polegającą na tem, że pojemność przyjmujemy sku-



Rys. 6.

Układ zastępczy linii dalekosiężnej.

pioną na początku i końcu danego odcinka linii. Załóźenie powyższe daje wyniki praktycznie w zupełności wystarczające. Linję dalekosiężną możemy zatem zastąpić schematem, wyrysowanym na rys. 6. Na rys. 7 narysowano wykres wektorowy końca linii czyli odbioru z tem, że prąd odbioru I_2 rozłożono na prąd czynny czyli wiatowy I_{w2} oraz na prąd bierny czyli bezwiatowy I_b . Prąd pojemnościowy określamy jako dodatni, prąd indukcyjny jako ujemny. Z rysunku 7 czytamy:



Rys. 7.

Wykres wektorowy linii dalekosiężnej na uodstawie układu zastępczego (rys. 6).

$$\Delta U = I_{w2} R - I_b \cdot L \omega \dots \dots \dots (29)$$

$$\delta U = I_{w2} L \omega + I_b \cdot R \dots \dots \dots (30)$$

gdzie „ I_b ” oznacza prąd bierny na środku linii i który zgodnie z naszymi założeniami, poczynionymi w wstępie niniejszego rozdziału określa się równaniem:

$$I_b = I_{b2} + \frac{\omega C}{2} \cdot U_2 \dots \dots \dots (31)$$

Teorja daje nam rozwiązanie następujące:

$$\begin{aligned} \left[\frac{N_{w2}}{N_n} + \frac{\rho}{\delta(1+\rho^2)} \right]^2 + \left[\frac{N_{b2}}{N_n} - \left(\frac{1}{\delta(1+\rho^2)} - \frac{\delta}{2} \right) \right]^2 = \\ = \left[\frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{1}{\delta \sqrt{1+\rho^2}} \right]^2 \dots \dots \dots (32) \end{aligned}$$

Oznaczenia w powyższym wzorze są następujące:

N_{w_2} — moc czynna (rzeczywista), odbierana na końcu linii,

N_{b_2} — moc bierna (urojona), odbierana na końcu linii, przy czym pojemnościowa moc uważana jest za dodatnią,

N_n — moc naturalna linii,

$\rho = \frac{r}{l_w}$ — stosunek oporności omowej w Ω/km do indukcyjnej linii w Ω/km .

U_1 — napięcie na początku linii,

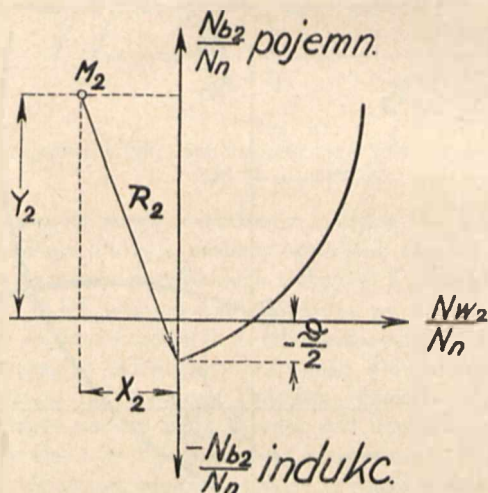
U_2 — napięcie na końcu linii,

δ — miara odległości (p. wzór 8).

Jeśli w układzie współrzędnych prostokątnych oznaczymy oś odciętych przez $\frac{N_{w_2}}{N_n}$, a oś rzędnych przez $\frac{N_{b_2}}{N_n}$, to widzimy, że równanie (32) przedstawia nam koło. Otóż nasza linja będzie wówczas skompensowana, jeśli

$$\frac{U_1}{U_2} = 1$$

dla dowolnych obciążeń N_{w_2} . Rys. 8 przedstawia nam zatem wykres kołowy linii skompensowanej i to wykres dla koń-



Rys. 8.

Wykres kołowy linii skompensowanej dla końca linii.

ca linii, czyli odbioru. Dla początku linii (nadajnika) otrzymujemy równanie bardzo podobne, brzmi ono bowiem:

$$\left[\frac{N_{w_1}}{N_n} - \frac{\rho}{\delta(1+\rho^2)} \right]^2 + \left[\frac{N_{b_1}}{N_n} + \left(\frac{1}{\delta(1+\rho^2)} - \frac{\delta}{2} \right) \right]^2 = \left[\frac{U_2}{U_1} \cdot \frac{1}{\delta \cdot \sqrt{1+\rho^2}} \right]^2 \dots \dots \dots (33)$$

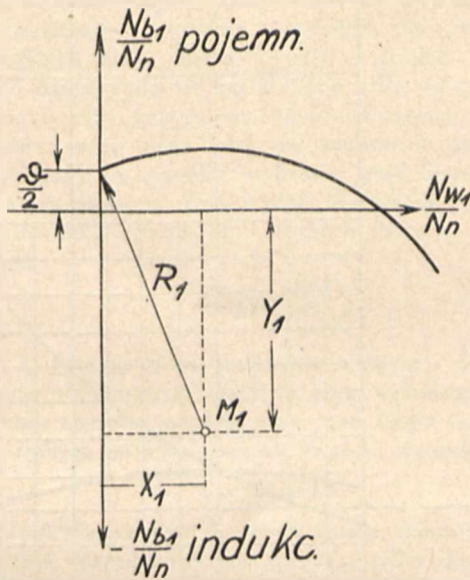
O ile linja ma być skompensowana, zakładamy znowu

$$\frac{U_2}{U_1} = 1$$

i otrzymujemy znowu koło o innym położeniu, lecz o tej samej wartości liczbowej współrzędnych środka koła i o tym samym promieniu, co dla koła końca linii (rys. 9).

O ile oba koła narysujemy razem, otrzymamy kompletny wykres ruchowy linii skompensowanej (rys. 10). Przypuśćmy, że odbiór jest obciążony mocą czynną względną (odniesioną do mocy naturalnej) $\frac{N_{w_2}}{N_n} = OT_2$. Wówczas odbiór musi być równocześnie obciążony mocą bierną pojemnościową $\frac{N_{b_2}}{N_n} = S_2T_2$, aby napięcie na początku i na końcu linii było stałe ($U_1 = U_2$). Kąt fazowy napięć U_1 i U_2 wynosi „ δ ”. Ten sam kąt „ δ ” odmierzymy od promienia M_1P_1 tak, że $\sphericalangle P_1M_1S_1 = \delta$. Nadajnik wysyła zatem moc

rzeczywistą $\frac{N_{w_1}}{N_n} = OT_1$ i pojemnościową moc bierną $\frac{N_b}{N_n} = S_1T_1$. Na rys. 11 narysowano wykres kompensacyjny linii o napięciu 200 kV i o długości 200 km.



Rys. 9.

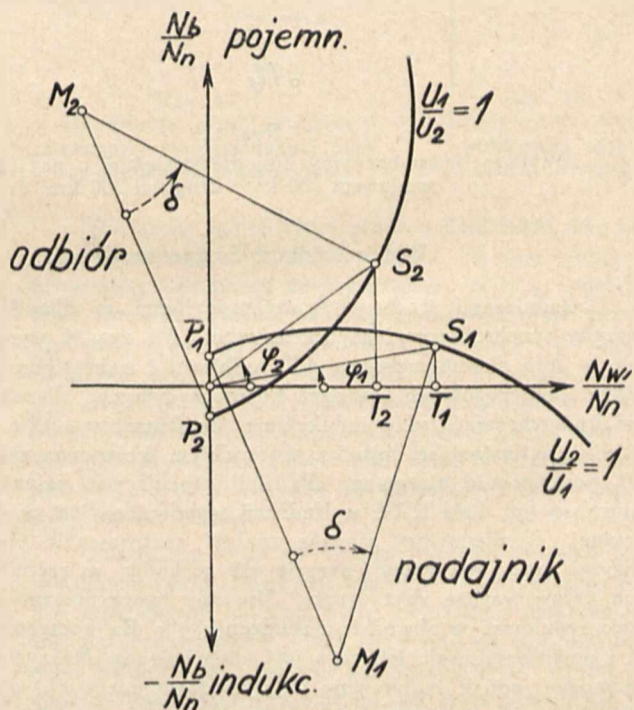
Wykres kołowy linii skompensowanej dla początku linii.

Rozważmy jeszcze bieg jałowy linii skompensowanej (rys. 12). Rys. 12b przedstawia prąd bierny pojemnościowy linii nieskompensowanej przy biegu jałowym, a na rys. 12c narysowano praktyczny rozkład wypadkowego prądu biernego. Rys. 12a przedstawia nam przebieg napięcia na linii.

Diagram kompensacyjny na rys. 13 przedstawia nam zupełnie jasno warunki pracy na końcach linii. Widzimy, że koniec linii ma być obciążony indukcyjnie bierną mocą względną:

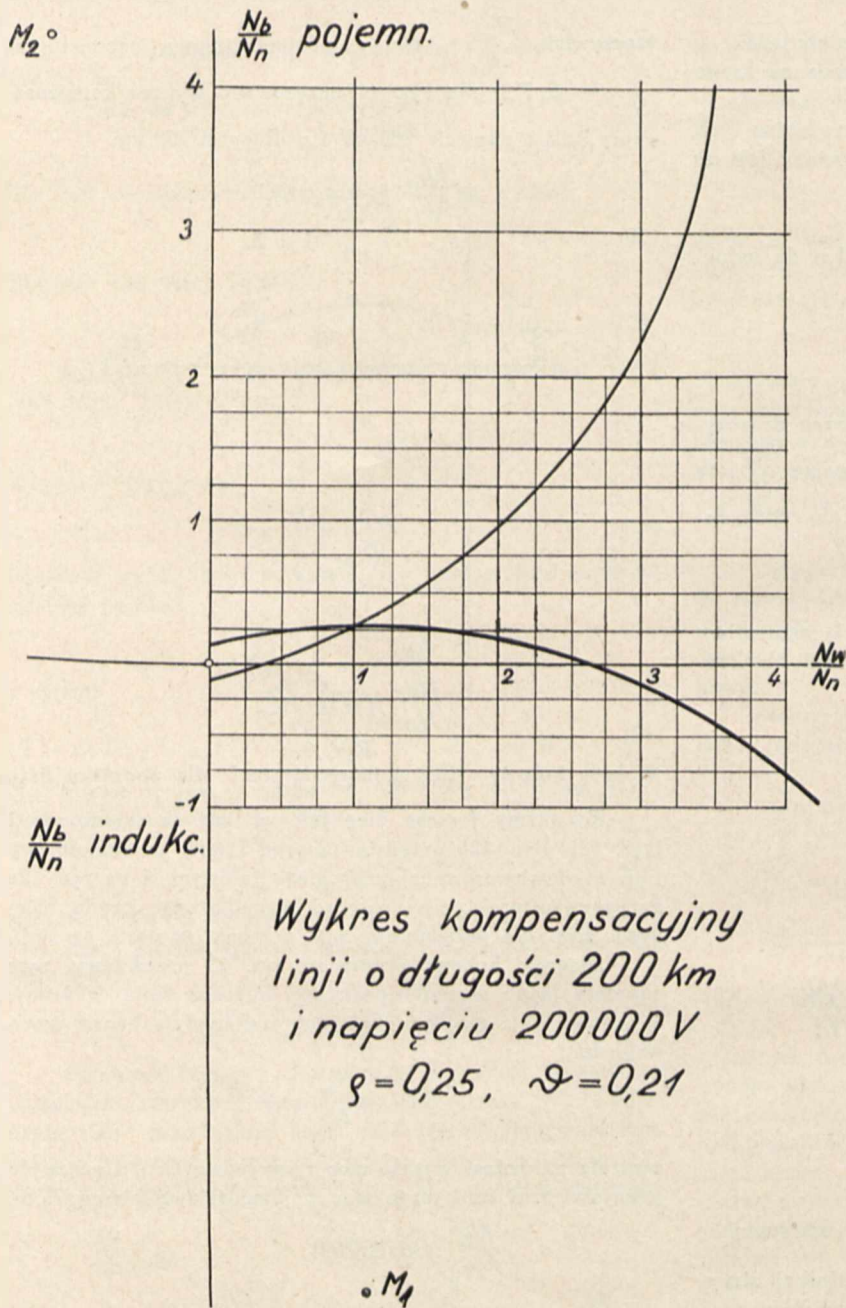
$$OP_2 = \frac{N_{b_2}}{N_n} = -\frac{\delta}{2}$$

centrala natomiast wysyła moc rzeczywistą OT_1 , służącą do pokrycia strat linii, oraz moc pojemnościową bierną T_1S_1 .



Rys. 10.

Kompletny wykres ruchowy linii skompensowanej.

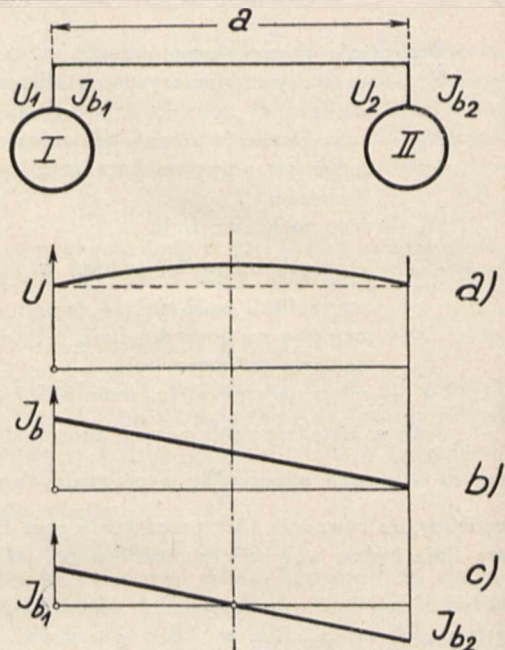


Rys. 11.

Wykres kompensacyjny linii dalekosiężnej o napięciu przewodowym 200 kV i długości 200 km.

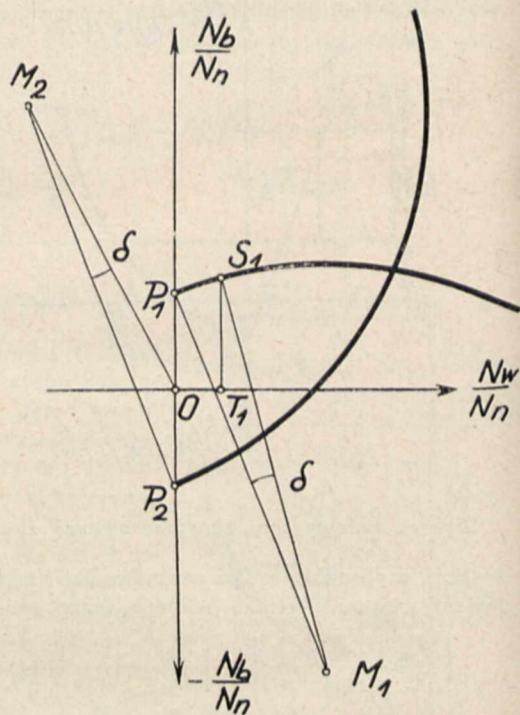
Wybór środków kompensacyjnych.

Zasadniczymi środkami kompensacyjnymi są dławiki, kondensatory, maszyny synchroniczne i asynchroniczne. Na rys. 14 wyrysowano wykres kołowy linii skompensowanej (dla odbioru) i nakerślono na nim zakresy działań poszczególnych urządzeń kompensacyjnych. Dławiki mogą oczywiście kompensować tylko indukcyjnie, kondensatory tylko pojemnościowo. Dławiki natomiast są najtańszym środkiem kompensacyjnym, stąd też są dziś powszechnie stosowane dla linii pracujących narazie poniżej mocy naturalnej (np. linja RWE w Nadrenji wyposażona jest w dławiki kompensacyjne). Kondensatory mogące znaleźć zastosowanie przy obciążeniach powyżej mocy naturalnej, narazie nie wchodzi w rachubę, gdyż są dla tych celów jeszcze zbyt drogie. Maszyny synchroniczne dają się bardzo łatwo regulować w obwodzie wzbudzenia tak dla kompensacji indukcyjnej, jak i pojemnościowej. Ich cena jest umiarkowana. Maszyn synchronicznych nie można jednak indukcyjnie (t. j. niedowzbudzonych) obciążyć tak wysoko, jak pojemnościowo (przy przewzbudzeniu), zwykle musimy się zadowolić maksymalnym obciążeniem indukcyjnym, równym około połowie maksymalnego obciążenia pojemnościowego. Jeśli chcemy użyć maszyny synchronicznej w pełnym zakresie, t. j. aż do kompensacji przy biegu jałowym, musimy się zdecydować na większy model maszyny.

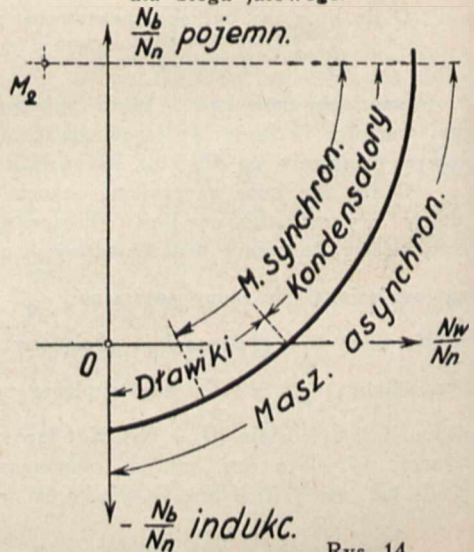


Rys. 12.

Wykres biegu jałowego linii skompensowanej.



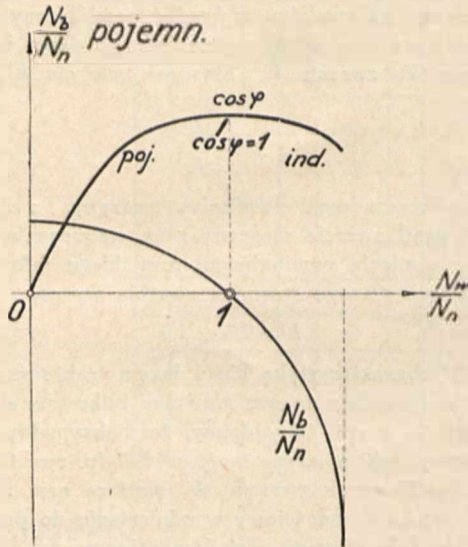
Rys. 13. Wykres kołowy linii skompensowanej dla biegu jałowego.



Rys. 14.

Zakres działania urządzeń kompensacyjnych.

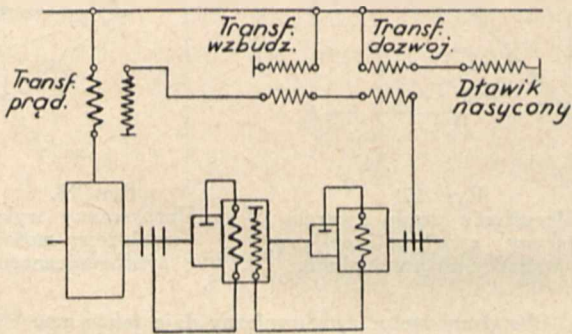
asynchronicznych również, żeby z chwilą, gdy napięcie spada, oddawały większą moc bezwatuową i naodwrot. Ponieważ zwyczajne maszyny asynchroniczne, posiadające wzbudzenie wprost z sieci, zachowują się przeciwnie, musimy ich wzbudzenie doprowadzić do odwrotnej zależności od zmiany napięcia. Jako przykład rozwiązania tego problemu niech posłuży kompensator asynchroniczny w układzie Liwsczitza (rys. 20). Napięcie wzbudzenia składa się z różnicy dwóch napięć, które z powodu zastosowania dławika z rdzeniem żelaznym zmieniają się różnie ze zmianą napięcia, dzięki cze-



Rys. 19.

Przebieg $\cos \varphi$ i względnej mocy bierniej przy motorze synchronicznym w zależności od obciążenia względnego przy stałym wzbudzeniu ($F_c = \text{const.}$).

mu możemy zwiększyć napięcie wzbudzenia przy spadku napięcia w stacji. Ten wzrost napięcia wzbudzenia zostaje nadto zwiększony przez dodatek, pochodzący od składowej zależnej od prądu.



Rys. 20.

Schemat kompensatora asynchronicznego w układzie Liwsczitza.

Regulacja mocy bezwatuowej linii.

Należy jeszcze omówić sprawę regulacji mocy bezwatuowej na linii. Na podstawie rys. 7 możemy bardzo łatwo wyprowadzić następujący wzór na moc bierną stacji:

$$N_{b2} = \frac{r}{l\omega} \cdot N_{w2} - \sum \frac{\omega c a}{2} U^2 + \sum \left\{ \left[1 + \left(\frac{r}{\omega l} \right)^2 \right] \frac{\omega l a}{2} \cdot I^2 \right\} \quad (35)$$

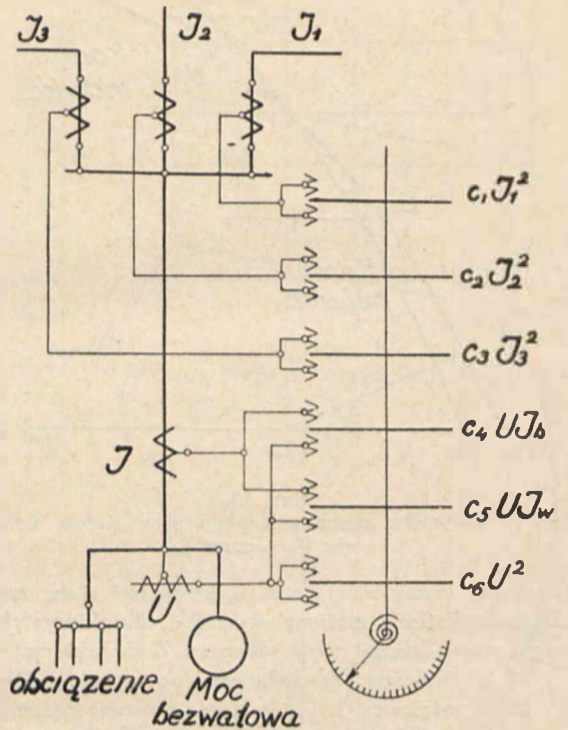
przyczem N_{b2} oznacza moc bezwatuową stacji, jest ona liczona jako dodatnia, gdy jest pojemnościową (np. odbiór kondensatorowy). N_{w2} oznacza moc czynną czyli rzeczywistą, odbieraną w stacji¹⁾. Wielkość „a” oznacza, jak poprzednio, długość linii pomiędzy dwoma stacjami, wielkość „ $\frac{r}{l\omega}$ ” ozna-

¹⁾ I oznacza całkowity prąd linii w połowie jej długości.

cza, jak poprzednio, stosunek oporności omowej do indukcyjnej danego odcinka linii. Jeśli z danej stacji rozchodzi się szereg linii, wzór 35 przekształca się na następujący:

$$N_{b2} = \frac{r}{l\omega} \cdot N_{w2} - \sum \frac{\omega c a}{2} U^2 + \sum \left\{ \left[1 + \left(\frac{r}{\omega l} \right)^2 \right] \frac{\omega l a}{2} \cdot I^2 \right\} \quad (36)$$

Dla regulacji mocy bezwatuowej w danej stacji należy zatem przewidzieć jakiś indikator, który musi mierzyć poszczególne człony równania 35. Przyjmijmy dla przykładu, że z danej stacji odchodzą trzy linie dalekosiężne (rys. 21), wów-



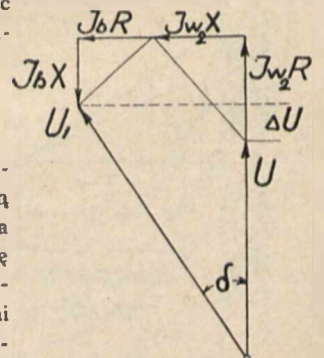
Rys. 21.

Przykład regulacji mocy bierniej w stacji z 3-ma odchodzącymi liniami dalekosiężnymi.

czas musimy dla naszego indikatora przewidzieć: trzy człony proporcjonalnie do I_1^2 , I_2^2 oraz I_3^2 ; następnie jeden człon mierzący $U I_{b2}$, czyli moc bezwatuową stacji, dalej jeden człon proporcjonalny do mocy rzeczywistej $U I_{w2}$ stacji, a nadto jeden człon proporcjonalny do U^2 . Momenty obrotowe tych różnych członów, wykształconych jako człony Ferrarisa, działają na wspólną oś i są ustalone odpowiednio do stałych współczynników ze wzoru 35, które są dla każdej stacji dane. Tylko w wypadku, gdy sieć znajduje się w równowadze mocy biernych, indikator zostaje w spoczynku. Przy nadwyżce mocy kompensacyjnej porusza się wskazówka indikatora w jedną, przy niedoborze mocy kompensacyjnej w drugą stronę skali. Zapomocą tego indikatora możemy zatem automatycznie regulować moc bierną, potrzebną do kompensacji.

Współpraca elektrowni.

Weźmy pod uwagę 2 elektrownie, połączone ze sobą linią dalekosiężną. Niech elektrownia o napięciu U_1 zasila elektrownię o napięciu U_2 (rys. 22). Wyrazmy moc odebraną w elektrowni II zapomocą kąta falowego pomiędzy wektorami napięć tych elektrowni. Na podstawie równań 29 i 30 wiemy, że:



Rys. 22.

Wykres wektorowy linii dalekosiężnej dla końca linii.

$$\Delta U = I_{w_2} R - I_b L \omega \dots (29)$$

$$\delta U = I_{w_2} L \omega + I_b R \dots (30)$$

Z rys. 22 czytamy dalej:

$$U_1 + \Delta U = U_1 \cos \delta \dots (37)$$

$$\delta U = U_1 \sin \delta \dots (38)$$

Jeśli chcemy pracować z równymi napięciami na początku i końcu linii, równanie 37 możemy napisać w innej formie:

$$\Delta U = U (\cos \delta - 1) \dots (39)$$

Moc odbierana na końcu linii równa się:

$$N_{w_2} = U I_{w_2}$$

Wstawiając za I_{w_2} wartość z równania 30, otrzymamy:

$$N_{w_2} = \frac{U}{L \omega} (\delta U - I_b R) \dots (40)$$

O ile skolei wprowadzimy za I_b wartość uzyskaną z równania (29), otrzymamy po wstawieniu wartości na ΔU i δU z równań (38) i (39) w równanie (40)*) ostateczny rezultat:

$$N_{w_2} = \frac{U^2 \cdot \sin \delta}{L \omega (1 + \rho^2)} + \frac{\rho U^2 (\cos \delta - 1)}{L \omega (1 + \rho^2)} \dots (41)$$

Jeśli pominiemy drugi człon równania (41), otrzymamy bardzo prostą relację:

$$N_{w_2} = \frac{U^2 \cdot \sin \delta}{L \omega (1 + \rho^2)} \dots (42)$$

Widzimy ze wzoru (42), że moc przesłana jest zależna nie tylko od kwadratu napięcia przesyłowego, oporu omowego i indukcyjnego linii, ale jeszcze od sinusa kąta fazowego δ pomiędzy wektorami napięcia obu elektrowni. Moc maksymalna, jaką możemy przesłać daną linią, odpowiada kątowi $\delta = 90^\circ$ i wynosi:

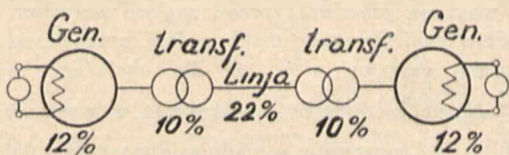
$$N_{w_2 \max} = \frac{U^2}{L \omega (1 + \rho^2)} \dots (43)$$

Moc maksymalną, określoną równaniem (43), zwiemy granicą stateczności, czyli stabilizacji „statycznej”. Praktycznie nie możemy się posunąć do obciążenia linii mocą maksymalną, gdyż zawsze musimy się liczyć z przeciążeniami. Jeśli przyjmiemy jako rezerwę 50%, wówczas dopuszczalna moc będzie równa $\frac{2}{3}$ mocy maksymalnej z równania 43. Temu obciążeniu odpowiada kąt $\delta = 42^\circ$.

O ile pominiemy opór omowy, otrzymamy na stosunek indukcyjnego spadku napięcia do napięcia linii wyrażenie:

$$\frac{\delta U}{U} = \sim \frac{L \omega \cdot I_{w_2}}{U} = \sin \delta \dots (44)$$

Stosunek ten mówi nam, że jeśli kąt fazowy ma wynosić maksymalnie 42° , to wtedy maksymalny indukcyjny spadek napięcia nie powinien przekroczyć 66% ($\sin 42^\circ = 0,66$). Jeśli weźmiemy pod uwagę, że na końcach linii mamy transformatory, które dla wyższych napięć i mocy stosowanych w liniach dalekosiężnych mają napięcie zwarcia około 10%, a same generatory posiadają także procentowy spadek napięcia indukcyjny w wysokości około 12%, wówczas pozostanie nam na samą linię do dyspozycji względny spadek indukcyjny w wysokości około 22%. (P. rys. 23). W obliczeniu powyższym uwzględniono także spadki indukcyjne maszyn obu



Rys. 23.

Rozkład spadków indukcyjnych na linii dalekosiężnej z uwzględnieniem central na obu końcach linii.

*) W równaniu tem wprowadzoną za $\frac{R}{L \omega}$ wartość ρ .

elektrowni, t. zn. że kąt δ liczony jest pomiędzy wektorami SEM-nych obu central. Nie możemy bowiem założyć tak szybkiej regulacji napięć w centralach, aby ich napięcia mogły być uważane za stałe. Gdybyśmy nie stosowali regulatorów pośpiesznych napięcia („Schnellregler”), musielibyśmy dodatkowo uwzględnić zmiany pól poprzecznych w maszynach. Dzisiejsze samoczynne regulatory napięcia działają jednak tak szybko, że możemy pole magnetyczne w szczelinie maszyn synchronicznych założyć jako stałe, czyli SEM-ne maszyn jako stałe, a w ogólny spadek napięcia indukcyjny wliczyć spadki indukcyjne statorów.

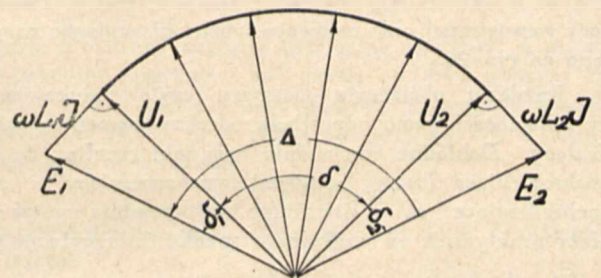
Wielkość 22%, jaka nam pozostała do dyspozycji dla samej linii, odpowiada kątowi $\delta = 12 \div 13^\circ$. Dla tych założeń możemy według wzoru 42 wyliczyć maksymalną praktyczną moc, jaką przy danej długości linii jesteśmy w stanie przesłać. Na podstawie założenia $\sin \delta = 0,22$ oraz normalnego oporu indukcyjnego $l \omega = 0,4 \Omega/\text{km}$ oraz $\rho = 0$ otrzymamy na podstawie wzoru 42 tabelę IV.

Tabela IV.

Maksymalna długość linii dalekosiężnych przy $\delta U = 22\%$

U kV	Moc przeniesiona w MW							km
	10	20	50	100	200	300	400	
30	50	25	10	—	—	—	—	
60	200	100	40	20	—	—	—	
100	550	280	110	55	28	11	—	
150	1250	630	250	125	63	25	12	
200	2200	1100	450	220	110	45	22	
300	5000	2500	1000	500	250	100	50	
400	8800	4400	1750	880	440	175	88	

Z tabeli IV widzimy np. że dla linii o napięciu przewodowym 200 kV i mocy trójfazowej 110 MW otrzymujemy maksymalną długość linii 200 km. Jest to maksymalnie dopuszczalna długość linii ze względu na stabilizację statyczną linii. Bez specjalnych środków pomocniczych nie możemy zatem przenieść powyższej mocy na większe odległości. Jeśli mamy jednak szereg stacji wsporczych, o których już poprzednio mówiliśmy, i jeśli owe stacje rozmieścimy wzdłuż linii w odstępach wyliczonych dla danej mocy według tabeli IV, możemy dowolną energię przenieść na dowolne odległości.¹⁾ Na rys. 24. wykreślono wykres wektorowy linii



Rys. 24.

Wykres wektorowy skompensowanej linii dalekosiężnej wraz z stacjami wsporczymi i centralnymi na obu końcach linii.

dalekosiężnej wraz z stacjami wsporczymi i centralami końcowymi.

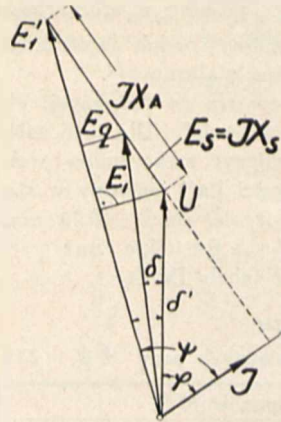
Musimy oczywiście przy linii skompensowanej dbać o to, aby napięcia w poszczególnych stacjach wsporczych były regulowane i stałe. Jeśli weźmiemy pod uwagę moc indukowaną w generatorach np. w centrali 1, to widzimy z wykresu, że moc ta wyniesie w przybliżeniu:

¹⁾ F. G. Baum: Voltage regulation and insulation for large power-transmission systems. Journal A. J. E. E. 1921, str. 643.

$$N = \frac{U_1 \cdot E_1}{L_1 \omega} \cdot \sin \delta_1 = N_m \cdot \sin \delta_1 \dots (45)$$

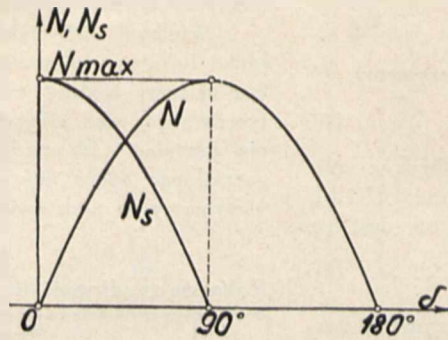
gdzie N_m oznacza moc maksymalną generatora względnie centrali 1.

Moc, przeniesiona przez linię dalekosiężną skompensowaną i wyposażoną w poszczególne stacje wsparcze, mogłaby być zatem dowolnie wielka, gdyby centrale nie posiadały mocy maksymalnej, przy której generatory wypadają z taktu.



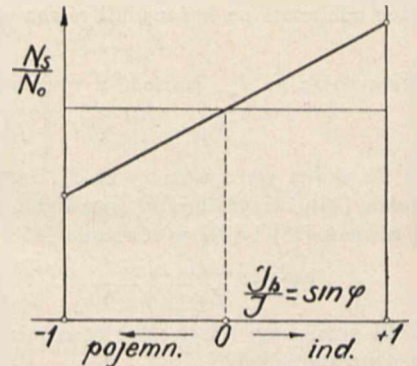
Rys. 25.

Wykres wektorowy generatora synchronicznego.



Rys. 26.

Przebieg mocy wewnętrznej oraz momentu synchronizującego w zależności od kąta δ .



Rys. 27.

Przebieg momentu synchronizującego w zależności od $\sin \phi$

Biorąc pod uwagę wykres wektorowy generatora synchronicznego (rys. 25), otrzymamy na moc wewnętrzną czyli indukowaną generatora wyrażenie:

$$N_i = \frac{E_1' \cdot U \cdot \sin \delta'}{X_A} \dots (46)$$

gdzie „ X_A ” oznacza t. zw. reaktancję twornika. Przyrost mocy wewnętrznej na jednostkę kąta δ nazywamy momentem synchronizującym maszyny. Moment synchronizujący równa się zatem:

$$N_s = \frac{d N_i}{d \delta} = N_{max} \cos \delta \dots (47)$$

lub:

$$N_s = k_s \cdot N_0 \dots (48)$$

gdzie N_0 oznacza moc nominalną maszyny, a k_s t. zw. współczynnik synchronizacji, który dla normalnych maszyn wynosi od 1—3, a jako średnią wartość można przyjąć 1,5. Przebieg mocy wewnętrznej oraz momentu synchronizacyjnego narysowano na rys. 26.

Każdemu obciążeniu maszyny, czyto indukcyjnemu, czy pojemnościowemu odpowiada odrębny moment synchronizujący. Dokładna teoria daje nam taki rezultat, że moc synchronizująca (nazwy „moment synchronizujący” i „moc synchronizująca” są w literaturze równorzędnie spotykane) zależy praktycznie od względnego spadku indukcyjnego statora $\frac{E_s}{U}$, od względnego rozproszenia pola poprzecznego twornika (w odniesieniu do prądu nominalnego) $\frac{E_q}{U}$ i od $\sin \varphi$ czyli stosunku prądu biernego I_b do prądu nominalnego I . Stosunek mocy synchronizującej do mocy nominalnej wynosi w przybliżeniu:

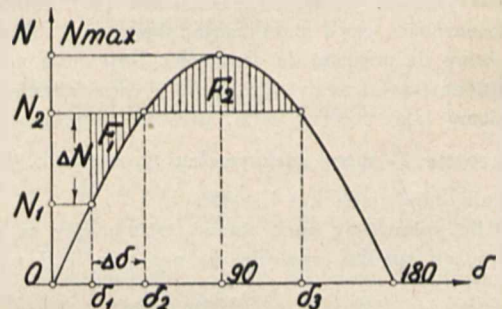
$$\frac{N_s}{N_0} = \frac{1}{\frac{E_s}{U} + \frac{E_q}{U}} + \frac{I_b}{I} \dots (49)$$

Na podstawie równania 49 oraz rys. 27 widać, że maszyny obciążone pojemnościowo mają mniejszą moc synchronizującą, czyli łatwiej wypadają z taktu aniżeli maszyny obciążone indukcyjnie, co zresztą jest znane z teorii i praktyki ruchu równoległego generatorów synchronicznych.

Dotychczas omawialiśmy t. zw. stabilizację statyczną.

Nie wolno jednak pominąć zakłóceń tej równowagi, które występują przez nagłe zmiany obciążenia na liniach. O ile obciążymy linię, a temsamem centralę mocą N_1 (rys. 28), to przy nagłej wyższe obciążenia rotor generatora nie ustawi się od razu w nowe położenie równowagi, dopiero po wykonaniu szeregu wahań rotora ustali się nowe położenie równowagi przy obciążeniu N_2 . Na rys. 28 przebieg ten ujęto graficznie. Niech maszyna pracująca z mocą N_1 przy kącie δ_1 zostanie

nagle obciążona do mocy N_2 . W maszynie zwiększa się wówczas kąt δ do kąta δ_2 późniejszej równowagi, przyczem moc maszyny wzrasta po sinusoidzie. Pole F_1 przedstawia zatem różnicę między energią obciążenia udarowego $N_2 \cdot \Delta \delta$ a energią wytworzoną w maszynie, innymi słowy pole F_1 przedstawia pracę nagromadzoną w masach rotujących. Następnie kąt δ_2 zostaje przekroczony, masy rotujące oddają



Rys. 28.

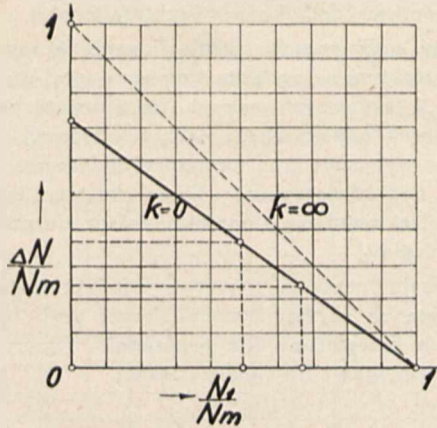
Stateczność dynamiczna maszyny synchronicznej.

pracę z powrotem i rotor wychyli się do położenia odpowiadającego kątowi δ_3 . Maszyna wróci do nowego punktu pracy N_2 tylko w tym wypadku, o ile energia sprowadzająca, odpowiadająca polu F_2 , jest większa od energii odpowiadającej polu F_1 . Granicznym wypadkiem równowagi dynamicznej jest zatem taki wypadek, że $F_1 = F_2$.

Przy współczynniku tłumienia $k = 0$ dopuszczalny przyrost nagłego obciążenia ΔN odniesiony do mocy maksymalnej N_m w zależności od względnej mocy pierwotnej N_1 przy jakiej maszyna pracowała przed nagłym wzrostem obciążenia, odniesionej do mocy maksymalnej przedstawia rys. 29. Z rysunku czytamy n. p., że dla obciążenia wstępnego $N_1 = \frac{2}{3} N_m$ nagłe dodatkowe obciążenie w wysokości ponad 24% N_{max} już spowoduje wypadnięcie maszyny z taktu, podczas gdy statyczna obciążalność wynosi 50% wartości przyjętego obciążenia wstępnego.

O ile maszyna posiada uzwojenie tłumiące, to powierzchnie F_1 i F_2 będą ustawicznie mniejsze i można dopuścić większe obciążenia dodatkowe.

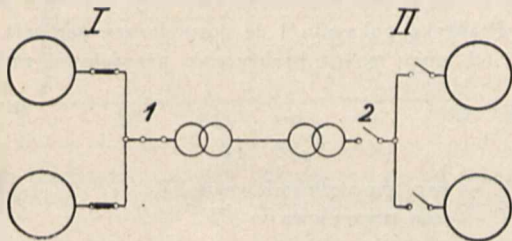
Należy poświęcić jeszcze kilka słów przeszkodom ruchu na liniach. Weźmy pod uwagę, że przy linii dalekośnej (rys. 30) w stacji końcowej II wyłączy wyłącznik, wtedy linja przechodzi nagle ze stanu obciążenia na stan jałowy, następuje nagle zwyżka napięcia na linii. Prądy obciążeniowe i ich spadki napięć odpadają nagle, prądy pojemnościowe i ich zwyżki napięć pozostają, wskutek czego napięcie na



Rys. 29.

Zależność względnego dopuszczalnego zwyżka obciążenia $\frac{\Delta N}{N_m}$ od względnego obciążenia wstępnego $\frac{N_1}{N_m}$.

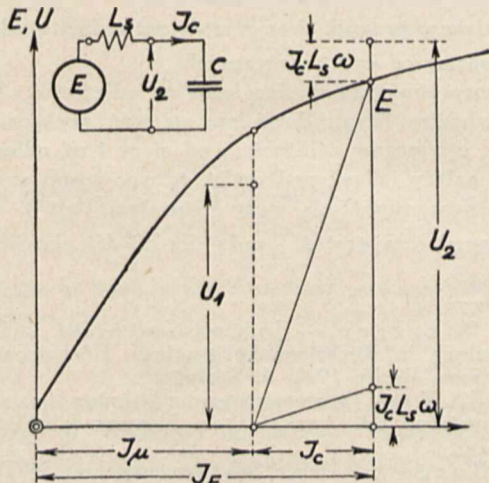
końcu linii gwałtownie wzrośnie. Prąd pojemnościowy płynie także przez uzwojenia transformatora i generatora w elektrowni I i wywołuje w tej centrali dalsze zwyżki napięć. Całkowite napięcie może zatem łatwo wzrosnąć do 100% po-



Rys. 30.

Nagłe odciążenie linii dalekośnej.

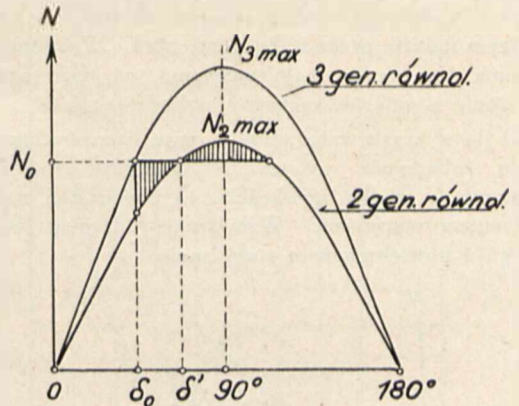
wyżej napięcia ruchu. Ponieważ prądy pojemnościowe wzmacniają pola generatorów nastąpi dalsza zwyżka napięcia. (Rys. 31.) Gdyby maszyny centrali I nie miały ragu-



Rys. 31.

Wykreślne wyznaczenie napięcia U_2 przy biegu jałowym generatora synchronicznego (obciążonego na pojemność „C” linii), pracującego przed nagłym odciążeniem linii przy napięciu U_1 i wzbudzeniu I_μ .

lacji napięcia i przy poprzednim obciążeniu linii dawały napięcie U_1 przy wzbudzeniu I_μ , to przy nagłym odciążeniu z uwzględnieniem pojemności linii otrzymalibyśmy dla $I_\mu = \text{const.}$ napięcie U_2 . Widzimy z rysunku, że korzystnym jest aby maszyny pracowały z wielkim nasyceniem i posiadały charakterystykę silnie zakrzywioną, nadto konieczną jest szybka regulacja napięcia.



Rys. 32.

Stateczność dynamiczna centrali z 3-ma generatorami przy wypadnięciu z taktu jednego z nich.

O ile w elektrowni, w której pracują 3 generatory równoległe, wypadnie jeden z nich z biegu równoległego, to całkowita indukcyjność L_w się powiększy i moc sprzężenia

$$N \sim \frac{U^2 \cdot \sin \delta}{L \omega}$$

się zmniejszy (powiększa się bowiem mianownik w równaniu). Z załączonego rysunku 32 widać, że generatory pozostałe mogą łatwo wypaść z taktu wskutek uderzenia dynamicznego.

Jeśli przejdziemy do kwestji zwarcia na sieci, to zaznaczyć należy, że moce synchronizujące maleją z kwadratem napięcia. O ile np. maszyna pracuje w centrali z obciążeniem nominalnym $N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_w$, to w razie zwarcia na szynach zbiorczych minimalne napięcie dopuszczalne ze względu na stabilizację statyczną możemy obliczyć ze wzoru:

$$\frac{U_{\min}}{U} = \sqrt{\frac{E_s}{U}} \dots \dots \dots (50)$$

gdzie U oznacza napięcie nominalne maszyny, a E_s spadek indukcyjny maszyny. Jeśli mamy np. dwie maszyny sprzężone, i jeśli każda z nich posiada procentowy spadek indukcyjny 12,5%, to wypadną one przy zwarciu z taktu przy napięciu, wynoszącym

$$\sqrt{2 \cdot 0,125} = 0,5$$

napięcia nominalnego, o ile przedtem były nominalnie obciążone.

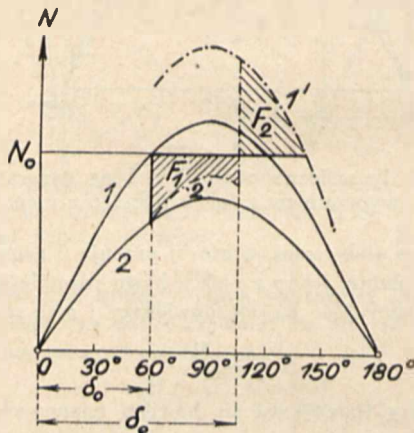
Szczupłe ramy niniejszego artykułu nie pozwalają na omówienie licznych przypadków, jakie nastęrcza praktyka. W końcu należy jeszcze zaznaczyć, jakie własności powinny posiadać maszyny, aby mogły sprostać wymogom stabilizacji.

Maszyny powinny posiadać stosunek zwarcia $k = 0,8 \div 1$ (dolna granica dla turbogeneratorów, górna dla maszyn z biegunami wypukłymi). Maszyna o małym stosunku zwarcia jest tańsza i ma mniejsze straty, aniżeli maszyna o dużym stosunku zwarcia. Ze względu na stabilizację są pożądane maszyny o małym rozproszeniu czyli małym spadku indukcyjnym (około 10%) oraz transformatory o napięciu zwarcia około 8—12%. Należy jednakże nadmienić, że prądy zwarcia się powiększają, o ile spadki indukcyjne zmniejszamy.

Co się tyczy uzwojeń tłumiących, to ze względu na stabilizację ruchu są one pożądane, tak dla dużych generatorów, jak i kompensatorów (p. wykres 29). Uzwojenie tłumiące daje zwiększenie czasu wahań i pozwala na większe przeciążenia; uzyskuje się zatem więcej czasu na odłączenie.

Co się tyczy wzbudnic, to muszą one być tak zbudowane, żeby ile możliwości jak najmniej zwiększały bezwładność magnetyczną obwodu wzbudzającego. Można to osiągnąć w pierwszym rzędzie przez wzbudzenie obce. Wzbudnica główna winna być nadto mało nasycona, co daje oczywiście zwiększenie wymiarów maszyny wzbudzającej.

O ile w czasie zaburzenia, a więc bezpośrednio po powstaniu zaburzenia, wzbudzenie maszyny synchronicznej zwiększymy z wielką szybkością, to proces ten nazywamy wzbudzeniem udarowym. Wzbudzenie udarowe jest pożądane, gdyż powiększa nam stabilizację.



Rys. 33.

Wpływ wzbudzenia udarowego na stateczność dynamiczną maszyny synchronicznej.

- 1 — Przebieg momentu obrotowego przed zakłóceniem bez wzbudzenia udarowego.
- 2 — Przebieg mom. obrot. po zakłóceniu bez wzbudzenia udarowego.
- 2' — Przebieg mom. obrot. bezpośrednio po zakłóceniu z wzbudzeniem udarowym.
- 1' — Przebieg mom. obrot. po odłączeniu zakłócenia z wzbudzeniem udarowym.

Przebieg zakłócenia bez wzbudzenia udarowego i z wzbudzeniem udarowym pokazuje rys. 33. Linja kreskowana charakteryzuje nam działanie wzbudzenia udarowego. Widać z wykresu, że powierzchnia F_1 , która przyspiesza rotor, jest mniejsza od powierzchni F_2 , która działa hamująco na rotor, t. zn., że stateczność dynamiczna została zachowana. Wzbudzenie udarowe umożliwiło nam zatem większe statyczne obciążenie N_0 . Zaznaczyć jednak należy, że zastosowanie wzbudzenia udarowego zwiększa nam prądy zwarcia w sieci oraz moc odłączalną wyłączników. Wzbudzenie udarowe następuje zwykle po zwarciu oporu dodatkowego za pomocą przekaźnika.*)

Regulacja napięcia.

W końcu należy jeszcze kilka słów powiedzieć o regulacji napięcia. Ze względu na pewność ruchu używamy transformatorów wytrzymałych na zwarcia, lecz pewność tę musimy okupić stosunkowo wielkim napięciem zwarcia. Otrzymujemy wtedy spadki napięć, któreby bez regulacji przekroczyły granice dopuszczalne. Napięcia maszyn też nie możemy dopasować do wszystkich możliwych przypadków

*) P. Mandl. Verhalten der Maschinen und Transformatoren, w książce: Rüdénberg, El. Hochleistungsübertragung auf weite Entfernung, str. 171,

obciążeń, jak np. wtedy, gdy na tę samą linię załączamy odbiorców prądu, jednych w pobliżu centrali, drugich daleko od niej, i to w dodatku o różnych krzywych obciążenia. Musimy zatem ustawicznie dbać o regulację napięcia.

Jeśli chodzi o systemy regulacji napięcia, to rozróżniamy regulację napięcia

- 1) zapomocą dodatkowego wektora napięcia,
- 2) zapomocą dodatkowego wektora prądu.

Co się tyczy sposobu regulacji napięcia zapomocą dodatkowego wektora napięcia, to stosujemy tutaj przy niższych napięciach i mniejszych mocach transformatory obrotowe. Przy wyższych napięciach i większych mocach stosuje się dziś prawie wyłącznie transformatory dodatkowe, dające się regulować pod obciążeniem. Transformatory takie posiadają natomiast regulację stopniową, zatem nie pozwalają na regulację ciągłą.*)

Regulacja napięcia zapomocą dodatkowego wektora prądu polega na regulacji mocy biernej czyli bezwątowej. Problemy te omówiliśmy już poprzednio obszernie w rozdziale o kompensacji linii dalekosiężnej.

Gospodarczość linii dalekosiężnych.

Problem gospodarczości linii dalekosiężnych ogranicza się praktycznie do obioru najkorzystniejszego napięcia, najkorzystniejszej gęstości prądu i najkorzystniejszego przekroju, o ile daną jest moc przesyłowa i długość linii.

Odnosnie wyboru najkorzystniejszego napięcia przesyłowego należy nadmienić, że wzory, wyprowadzone na podstawie rozważań gospodarczych są naogół bardzo skomplikowane, to też w praktyce stosujemy zwykle pewne przybliżenia. Praktyka pokazała,¹⁾ że gospodarcze napięcie w zależności od mocy można praktycznie przedstawić zapomocą wzoru

$$U_g = \frac{\sqrt{N}}{1,5} \dots \dots \dots (51)$$

gdzie U_g — napięcie przewodowe w kV
 N — moc przesyłowa w kW.

Zależność tę przedstawia krzywa „I” na rys. 34. Krzywa „2” przedstawia napięcie, wyliczone z mocy naturalnej (p. wzór 7 oraz tabela II). Na podstawie bowiem wzoru 7, przyjmując opór falowy $Z = 380$ omów, otrzymujemy wartość:

$$U_n = \frac{\sqrt{N}}{1,62} \dots \dots \dots (52)$$

Widzimy, że wychodząc z mocy naturalnej, praktycznie nie odbiegamy od cyfr praktycznych.

Wzory powyższe są niezależne od odległości. Wprawdzie, gdybyśmy liczyli dokładnie wartość napięcia gospodarczego, otrzymamy zależność i od mocy i od odległości,²⁾ niemniej należy jednak podkreślić, że moc gospodarczo najkorzystniejsza odpowiada mocy naturalnej linii*).

Gospodarcza gęstość prądu dla miedzi określona jest wzorem:

*) O. Burger — Leistungsübertragung und Spannungsregelung in Höchstspannungsnetzen, Höchstspannungs-tagung Essen, Berlin 1926, J. Springer.

S. S. W. — Spannungsregelung unter Last mittels Transformatoren mit Anzapfungen, Siemens-Jahrbuch 1929, str. 225 i n.

O. Burger — Ueber Spannungsregelung in Drehstr.-Anlagen EuM1927, str. 537.

1) O. Burger, „Berechnung v. Drehstromkraftübertragungen”, Berlin, J. Springer, wyd. II. 1931, str. 166.

2) Markt, Elektrot. u. Maschinenbau 1930, str. 927.

*) Piloty: Wirtschaftlichkeit der Dreh- u. Gleichstromkraftübertragung, p. Rüdénberg, El. Hlütgt. str. 301.

$$i_d = 25,8 \sqrt{\frac{p \cdot p_{cu}}{h_v \cdot k}} \dots \dots \dots (53)$$

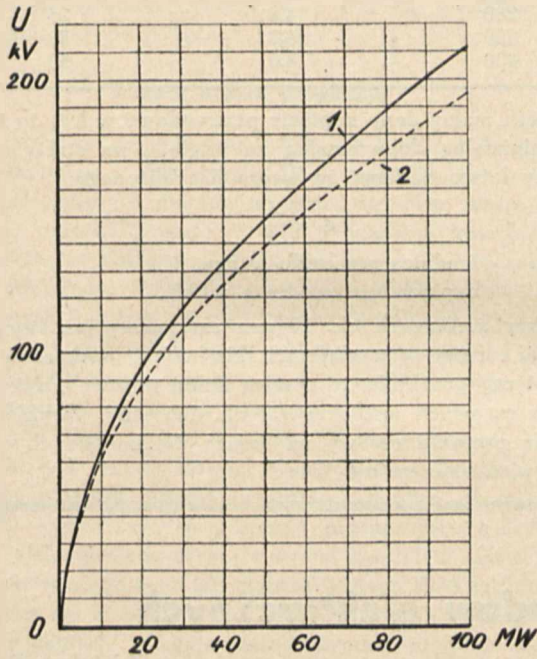
gdzie p — całkowita stopa procentowa łącznie z oprocentowaniem kapitału, amortyzacją i odpisem na fundusz odnowienia w %

p_{cu} — koszt miedzi w zł/kg

h_v — czas trwania największych strat w godzinach

k — koszt jednej kWh loco elektrownia w gr/kWh.

Wykres 35 przedstawia zależność gospodarczej gęstości prądu dla miedzi w zależności od ceny prądu, i to dla $h_v = 2000, 3000$ i 4000 h, oraz $p = 10$ i 15% , przyczem przyjęto cenę miedzi P_{cu} w wysokości $1,50$ zł/ kg.



Rys. 34.

Wykres zależności napięcia gospodarczego od mocy przesyłowej; 1) według Burgera, 2) według autora.

Mając napięcie, moc i gęstość prądu dla najkorzystniejszych warunków pracy, możemy obliczyć przekrój gospodarczy.

Wychodząc znowu z mocy naturalnej, otrzymamy prąd:

$$I_g = \frac{N_n}{\sqrt{3} \cdot U} \dots \dots \dots (54)$$

Moc naturalną możemy wyrazić równaniem:

$$N_n = \frac{U^2}{Z}$$

Stąd otrzymamy: $I_g = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z} \cdot 10^3 \text{ A} \dots \dots \dots (55)$

Przekrój gospodarczy wyniesie zatem:

$$q = \frac{I_g}{i_d} = \frac{U \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z \cdot i_d} \dots \dots \dots (56)$$

Kładąc za opór falowy Z wartość przeciętną 380 omów, otrzymamy wreszcie:

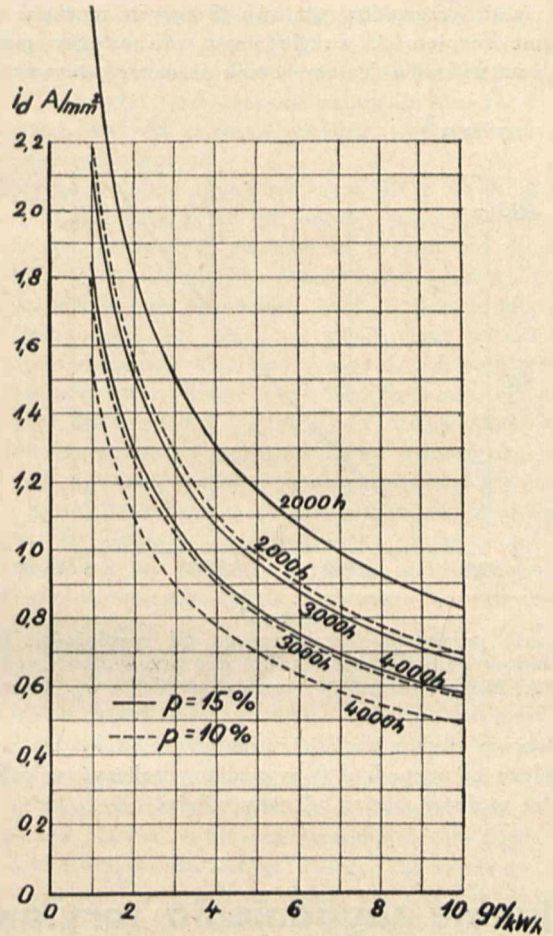
$$q \approx \frac{U \cdot 10^3}{0,66 \cdot i_d} \dots \dots \dots (57)$$

Na wykresie 36 narysowano zależność przekroju gospodarczego w zależności od napięcia przewodowego dla różnych gęstości prądu. Dla gęstości prądu około $1,5 \text{ A/mm}^2$ otrzymamy łatwy wzór:

$$q_g \approx \sim U. \text{ (liczbowo)}$$

Na wykresie 36 uwidoczniłono także dane z praktyki: krzywa „I” przedstawia nam wartości z tabeli I dla przewodów

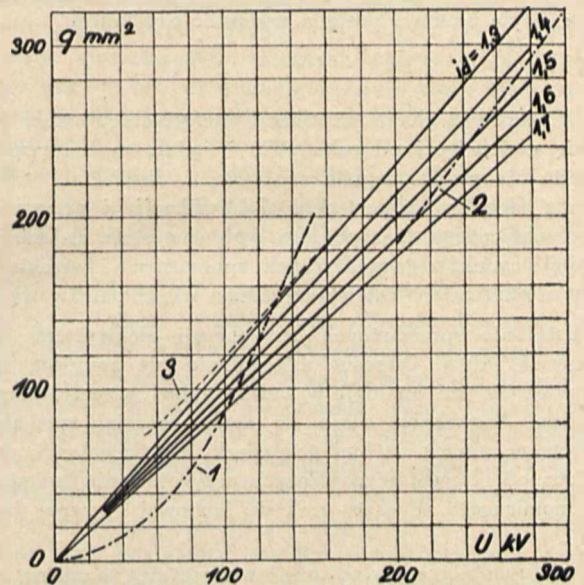
pełnych, krzywa „2” przedstawia gospodarczy przekrój dla przewodów rurowych, a krzywa „3” przekroje stosowane w amerykańskich sieciach*).



Rys. 35.

Wykres gospodarczej gęstości prądu w zależności od ceny jednostkowej prądu loco elektrownia.

Pozostaje jeszcze do omówienia najkorzystniejsza rozpiętość słupów. Wykres 37 przedstawia przeciętną wartość

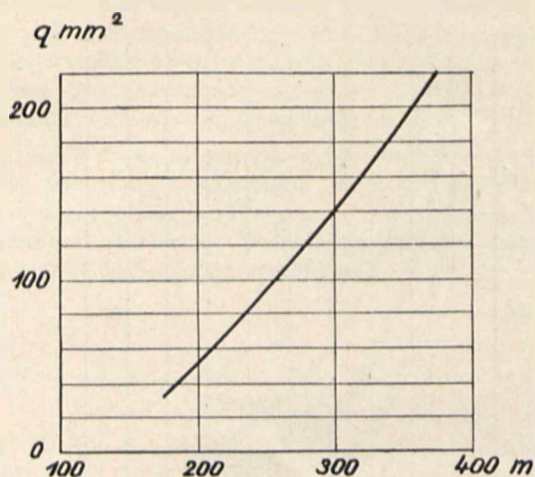


Rys. 36.

Zależność przekroju gospodarczego od napięcia przesyłowego dla różnych gęstości prądu.

*) wg. E. V. Panuell'a, p. P. E. 1925, Z. 23.

przekroju gospodarczego w zależności od rozpiętości dla słupów żelaznych kratowych. Wartości te odpowiadają także rozpiętościom, używanym przy systemie portalowym. Dla glinu wzgl. przewodów stalowo-glinowych możemy obrać te same rozpiętości, uwzględniając równoważny przekrój miedzi na wykresie. Należy jednak zaznaczyć, że wykres 37



Rys. 37.

Zależność przekroju gospodarczego od rozpiętości: 1) dla przewodów pełnych (tab. I), 2) dla przewodów rurowych (tab. I), 3) dla warunków amerykańskich wg. Pannell'a.

przedstawia litylko wartości orientacyjne, dokładne wartości należy od wypadku do wypadku przeliczyć, zależą one bowiem w dużej mierze od ceny miedzi.

W końcu jeszcze kilka słów o obiorze średnicy przewodu, którą jak wiadomo musimy obrać ze względu na straty ulotu (corona-effect). Straty ulotu w warunkach normalnych zaczynają się pojawiać, o ile natężenie pola elektrycznego na powierzchni przewodu przekracza wartość ok. 21 kV/cm. Licząc z rezerwą ok. 30% na uwzględnienie różnych ujemnych wpływów, otrzymujemy dla linii napowietrznych wartości ujęte w tabeli V.

Tabela V.

Nap. przewod. kV	Odstęp przewodów m	Średnica przewodu mm
100	3,0	12
150	3,8	18
200	4,6	25
300	6,3	36
400	8,0	50

Jeśli mamy dane napięcie przewodowe w kV, to średnicę minimalną dopuszczalną ze względu na straty ulotu możemy łatwo obliczyć ze wzoru przybliżonego:

$$d = \frac{U}{8}$$

gdzie d — średnica przewodu w mm,

U — napięcie przewodowe w kV.

Przy średnicach ok. 20 mm zaczynamy już stosować przewód rurowy ze względu na skin-effect (naskórkowość), co się tyczy przekroju, to granicą dolną stosowalności przewodów rurowych jest przekrój ok. 185 mm². Zwykle stosuje się przewód rurowy na liniach dalekosiężnych o napięciu nie mniejszym niż 150 kV.

Aktualne zagadnienia taryfowe zakładów elektrycznych

Inż. Zdzisław Rauch

Streszczenie. Budowa taryf elektrycznych opiera się na szczegółowej analizie, a następnie syntezy własnych kosztów produkcji i na ocenie istotnej wartości energii, odbieranej do różnych celów. Rozważania na temat zalet i wad poszczególnych taryf dla gospodarstwa domowego prowadzą do wniosku, że taryfa blokowa posiada wyższość nad innymi.

Właściwa ewolucja taryfikacji energii elektrycznej datuje się mniej więcej od roku 1920 i śmiało można powiedzieć, że nie prędko będzie zakończona. Jest ona bowiem związana nie tylko z postępem elektryfikacji i przemysłu elektrotechnicznego, lecz podlega wpływom stale zmieniających się stosunków gospodarczych, społecznych i wzrastającego w wielu krajach interwencjonizmu władz państwowych.

Ustalanie sprzedażnych cen energii elektrycznej nie jest rzeczą łatwą. Odnosne zagadnienia nie znajdują ani pierwowzorów, ani analogii w żadnej gałęzi przemysłu wytwórczego. Taryfikacja staje się coraz bardziej specjalną dziedziną w ramach ogólnej gospodarki elektrownianej, wymagającą od referentów taryfowych przygotowania techniczno-ekonomicznego, dłuższej praktyki fachowej i pewnej dozy intuicji.

Wielu odbiorcom elektrowni wydaje się, że niema nic prostszego, jak oznaczenie ceny prądu, że wystarczy zsumować wszystkie wydatki produkcji energii i obliczyć przeciętny koszt jednej kilowatogodziny, który stanowiłby po dodaniu godziwego zysku uniwersalną a więc wspólną dla ogółu ludności na danym terenie jednostkową cenę sprzedaż-

ną. W rzeczywistości jednak sprawa jest bardziej skomplikowana. Przed niewielu laty elektrownie także wyznawały zasadę, że należy ograniczać się najwyżej do dwóch ogólnych cen, jednej dla światła, drugiej dla motorów. Wyjątkowo traktowano tylko największych odbiorców. Dopiero po wojnie światowej, w miarę inwestowania coraz większych kapitałów w zakładach elektrycznych i w miarę rozpowszechniania się najrozmaitszych zastosowań elektryczności rozumiano, że trwanie przy jednej tylko czy dwóch cenach jest niebezpieczne dla rentowności wielkich kapitałów, włożonych w przedsiębiorstwo, z drugiej zaś strony nie daje się pogodzić ze sprawliwą obsługą klientów zakładu. Nowoczesnym zadaniem każdej elektrowni jest kompletne opanowanie na swoim terenie wszystkich dziedzin życia, potrzebujących doprowadzenia zzewnątrz energii w każdej jej postaci. Spełnienie tego zadania zależy w wysokim stopniu od polityki taryfowej, uprawianej przez dany zakład elektryczny, wytyczną zaś właściwej polityki taryfowej jest zapewnić ludności zapomocą racjonalnie zróżniczkowanych cen takie warunki poboru energii, aby pozyskać dla zbytu jaknajwięcej odbiorców, decydujących się na całkowite zelektryfikowanie swoich urządzeń technicznych i gospodarstw domowych.

Jak wysiłki, podjęte w tym kierunku, mogą się sówicie opłacić, dowodzą szwajcarskie wyniki akwizycyjne, podane na ostatnim kongresie „Uniped'u”. Mianowicie przeciętne gospodarstwo domowe zużyło w r. 1933 w Szwajcarii 660 kWh za 95 fr. szw., a przeciętne gospodarstwo kompletne zelektryfikowane 3470 kWh za 237 fr. szw. Według do-

świadczeń francuskich sam odbiornik radiowy podnosi o 35% zużycie prądu w instalacjach, korzystających z energii elektrycznej tylko dla światła, a statystyki włoska i niemiecka zgodnie podają przeciętne zapotrzebowanie odbiornika radiowego na 70 kWh rocznie.

Ciekawe zagadnienia występują w elektrowniach publicznych już przy budowie nowoczesnych taryf. Pomimo więc szczupłych ram niniejszego referatu, postanowiłem poświęcić część oddanego mi do dyspozycji miejsca omówieniu głównych zasad i elementów budowy taryf, co mi da sposobność do przytoczenia niektórych aktualnych kwestyj, żywo dyskutowanych w literaturze fachowej. Punktem wyjścia dla każdej nowej taryfy musi być oczywiście obliczenie własnych kosztów produkcji, które wraz z t. zw. wartościowaniem nadaje taryfie pożądaną formę.

Własne koszty produkcji.

Materiałów do obliczenia własnych kosztów dostarcza nam buchalterja i statystyka. Dane, zaczerpnięte z tych dwóch pomocniczych działów w stanie surowym, muszą być gruntownie przeanalizowane w celu podzielenia kosztów na trzy kategorie: kosztów stałych, zmiennych i dotyczących obsługi odbiorców (manipulacyjne), oraz w celu rozbicia tak zestawionych kosztów na poszczególne grupy odbiorców.

Co do wysokości kosztów stałych rozstrzygają w pierwszym rzędzie koszty kapitału, t. j. wydatki na oprocentowanie kapitałów własnych, pożyczonych i różne odpisy. Elektrownia różni się pod względem finansowym tem od innych zakładów przemysłowych, że potrzebuje w stosunku do swego rocznego obrotu pieniężnego bardzo poważnych kapitałów inwestycyjnych. Dobrze prosperujące przedsiębiorstwa elektrowniane obracają swoim kapitałem zainwestowanym raz w ciągu 4—5 lat, słabsze w ciągu 7—8 lat, czego nie spotyka się w żadnej innej gałęzi przemysłu. Stąd roczne koszty kapitału osiągają niejednokrotnie 50% lub więcej sumy wszystkich wydatków elektrowni. Oprócz obsługi kapitału także prawie wszystkie inne wydatki, za wyjątkiem podatku obrotowego, części kosztów konserwacji, małej części robocizny, części opału oraz za wyjątkiem obsługi odbiorców, należą do kategorii stałych kosztów produkcji. Wysokie koszty stałe, wynoszące niekiedy nawet 80% ogólnych kosztów produkcji, stawiają każde przedsiębiorstwo elektrowniane przed niezbędną koniecznością jaknajintensywniejszego wykorzystania swoich możliwości produkcyjnych, a kardynalne zagadnienie, którego rozwiązanie stanowi przedmiot usiłowań zarządu każdej elektrowni, jest: bez wybitnego podnoszenia czynnej mocy zakładu zbliżyć się możliwie do nieosiągalnego zresztą ideału, t. j. do prostokątnego wykresu produkcji.

W dalszych moich rozważaniach będę miał na myśli zawsze spółkę akcyjną jako najczęstszą formę organizacyjną średnich i wielkich elektrowni. Przy obliczaniu kosztów kapitału trzeba pamiętać o następujących zasadach. O ile oprocentowanie kapitałów pożyczonych normowane jest rynkowymi warunkami kredytowymi, to kapitał akcyjny powinien być ze względu na zachętę lokacyjną oprocentowany nieco wyżej. Według dawniejszych metod nie uwzględniano w obliczeniach taryfowych dochodu z kapitału zakładowego, wychodząc z założenia, że dochód ten jest zyskiem, a nie wydatkiem. Innymi słowy uważano, że każdą wykalkulowaną cenę prądu należy zaokrąglić w górę dla zabezpieczenia zysku akcjonariuszom. Według obecnie ogólnie panującego zapatrywania dochód z akcji elektrownianych należy w kalkulacjach taryfowych traktować na równi z innymi niezbędnymi wydatkami. Oprócz kapitału akcyjnego zazwyczaj ulokowana jest w inwestycjach znaczna część funduszy, uzy-

skanych z odpisów. Zachodzi pytanie, czy również te, z własnych źródeł czerpane i unieruchomione środki pieniężne mają być oprocentowane? Bezwarunkowo tak, choćby dlatego, że żaden kapitał, bez względu na jego pochodzenie, nie powinien pracować biernie.

Dalsze zagadnienie dotyczy umorzenia kapitałów pożyczonych. Otóż spłata pożyczek nie należy do kosztów produkcji energii, nie jest zatem wydatkiem, wpływającym na wysokość cen sprzedażnych.

Odpisy są tematem zbyt obszernym, abym się mógł tu niemi zająć. Zaznaczę tylko, że odpisy amortyzacyjne w elektrowniach uprawnionych powinno się przyjmować do celów taryfowych przynajmniej w przeciętnej wysokości, wynikającej z postanowień uprawnień, i liczyć zawsze od pełnej wartości początkowej urządzeń. Elektrownie przezerone tworzą oprócz funduszu amortyzacyjnego i przewidzianego ustawą funduszu rezerwowego także inne fundusze, jak np. renowacyjny (na wypadek katastrofy w urządzeniach lub przedwczesnego wycotania maszyn z ruchu wskutek nowych wynalazków), specjalny zasobowy, likwidacyjny (Tilgungsfond) i t. d. Do kalkulacji taryfowej przyjmuje się jednak tylko odpisy do funduszu amortyzacyjnego, chyba że wyjątkowe warunki, jak np. bezpłatne przejście niezamortyzowanego zakładu na własność gminy, zmuszają do tworzenia również innych funduszy.

Poza obsługą kapitału należą do kosztów stałych wszystkie wydatki eksploatacyjne, które elektrownia musiałaby ponosić, będąc w normalnym ruchu, lecz nie produkując energii, wysyłanej na zewnątrz.

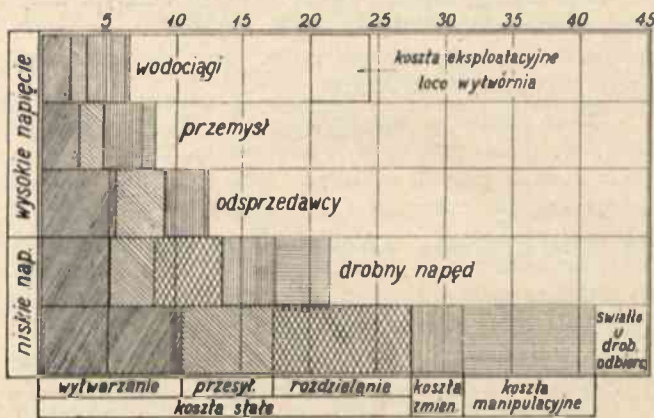
Mając zestawione wszystkie stałe koszty produkcji, będziemy się starali przerzucić je taryfowo na odbiorców. Wysokość kosztów stałych, w których dominującą rolę odgrywa obsługa kapitału zainwestowanego, zależy, jak wiadomo, od maksymalnego szczytu obciążenia elektrowni. Czynna bowiem moc elektrowni musi być normalnie conajmniej tak wielką, aby pokonać maksymalny szczyt obciążenia. Poszczególne grupy odbiorców obciążamy kosztami stałymi w takim stosunku, w jakim one przyczyniły się do wywołania tego szczytu.

Teraz rzuca się tu cały szereg pytań, a mianowicie: jak dokonać sprawiedliwej repartycji; jak stwierdzić, którzy odbiorcy i w jakim stopniu przyczynili się do powstania szczytu trwającego z reguły kilka minut, jak traktować odbiorców, posiadających w swoich wykresach obciążenia wysokie szczyty, lecz przesunięte czasowo wobec maksymalnego szczytu elektrowni; jak postąpić wobec większych odbiorców, którzy w powyższym krytycznym momencie wogóle nie odbierali energii? Liczni teoretycy starali się rozwiązać te zagadnienia, często przy pomocy zawitych metod matematycznych, z wynikiem więcej lub mniej szczęśliwym, żaden jednak z nich nie umiał podać prostych formuł, któreby mogły mieć ogólne praktyczne zastosowanie i nie prowadziły do skomplikowanych dodatkowych obliczeń. Powtarza się więc aksjomat, że zagadnienia gospodarcze nie zawsze dają się ująć w formę ścisłej teorii, a szukanie prawdy na drodze matematycznej ma widoki powodzenia tylko wówczas, gdy założenia rachunkowe są pewne i niewzruszalne, co w danym przypadku nie ma miejsca. Natomiast zupełnie zadowolniające, jakkolwiek tylko przybliżone wyniki dają metody graficzne, wspomagane rachunkiem elementarnym. Najczęściej stosowane jest nakładanie na tym samym wykresie krzywych obciążenia elektrowni w dniu największego obciążenia i w kilku innych charakterystycznych dniach. Rozporządzając mierzonymi lub szacowanymi obciążeniami u wielkich odbiorców, znając obciążenia oświetlenia ulic, obciążenia tramwajów, wodociągów, własne obciążenie elektrowni, uwzględniając stopień równoczesności, — możemy zapomoca

porównania nałożonych na siebie krzywych z dostateczną dokładnością zorientować się co do udziału każdej grupy odbiorców w maksymalnym obciążeniu zakładu i wyrazić ten udział w taryfach. Ostatecznie szczegółowa analiza wskaże nam, które koszty stałe ma się odnieść do każdej z grup odbiorców. Np. odbiorcy wielcy, pracujący na wysokim napięciu, będą zwolnieni od udziału w kosztach sieci rozdzielczych.

Przy repartycji *kosztów zmiennych*, które obejmują wszystkie wydatki eksploatacyjne, zależne od oddawanej pracy elektrycznej, zwać trzeba na straty energii w sieciach. Straty będą oczywiście inne dla odbiorców, zużywających energję nietransformowaną, a inne dla odbiorców odległych, zasilanych prądem kilkakrotnie przetransformowanym. Dobrą orientację w tej kwestji daje wykres energii według Sankey'a.

Na *koszta obsługi odbiorców*, które są zależne od ilości odbiorców, składają się następujące wydatki: procentowanie i umorzenie kosztu liczników, laboratorjów licznikowych, wydatki na utrzymanie tych urządzeń, ustawianie i odczytywanie liczników, obliczanie należności prądowych, inkaso, monitorowanie odbiorców i t. p. Roczne przeciętne koszty obsługi wynoszą niejednokrotnie powyżej zł. 20 na jednego odbiorcę, co stanowi nieprzewyższoną przeszkodę w przyłączaniu najmniejszych odbiorców „na licznik”.



Rys. 1.

Końcową fazą czynności, opisanych w tym rozdziale, jest synteza kosztów w poszczególnych grupach odbiorców. Rys. 1 podaje własne koszty produkcji pewnej elektrowni, rozbite na 5 grup jej odbiorców. Wykres ten wskazuje, że ceny prądu muszą być różne dla różnych kategorii odbiorców, ponieważ każda kategoria powoduje w elektrowni inne koszty własne. A zatem bez przeprowadzenia obliczenia na zasadach powyżej podanych, a opierając się jedynie na przeciętnych kosztach eksploatacyjnych wytwórni, nie wolno wyciągać wniosków co do wysokości cen sprzedażnych, zwłaszcza o ile chodzi o sprzedaż energii na niskim napięciu. Jak widać z wykresu, koszt 1 kWh, sprzedanej drobnemu odbiorcy dla światła, jest przeszło 9 razy wyższy od kosztu eksploatacyjnego w wytwórni. W ostatnich czasach słyszy się często z rozmaitych stron zarzuty, że dana elektrownia postępuje nieuczciwie, bo produkuje albo zakupuje prąd po 6 gr., a sprzedaje drobnym odbiorcom po 60 gr. za 1 kWh dla światła. Przedewszystkiem cena 60 gr. jest oczywiście maksymalną, przeciętna cena sprzedaży osiągnie może zaledwie 45 do 50 gr. i w tej wysokości jest napewno uzasadniona. Wspomniane zarzuty, powtarzane coraz częściej nie tylko na radach gminnych, zebraniach konsumentów i w bezkrytycznej prasie, lecz wygłaszane także przez jednostki, mające pretensję do znajomości zagadnień

gospodarczych, dowodzą kompletnej i ogólnej dezorientacji w tej materji i przeciwdziałają w sposób niezwykle szkodliwy akcji akwizycyjnej i rozwojowi elektryfikacji.

Ocena istotnej wartości energii elektrycznej.

Nietylko koszty własne produkcji decydują o wysokości cen i formie taryfy. W celu ustalenia właściwej taryfy dla pewnej kategorii odbiorców, bierze się obecnie także pod uwagę, jaką istotną wartość, wyrażoną w pieniądzu, przedstawia jednostka energii dla danej kategorii. I tak np. w zakresie światła wartość energii będzie różna w zależności od tego, czy oświetlenie ma za zadanie ułatwiać czynności domowe, czy też ma służyć celom handlowym, luksusowym lub bezpieczeństwa. Odbiorca może zapłacić znacznie wyższą cenę za prąd, zużywany do drobnych grzejników, jak do wielkich werników. Ze stanowiska przeto konsumenta energia elektryczna przedstawia wartość względną, a nie absolutną, która zależy od rozmaitych czynników, a m. in. od zamożności odbiorcy, od współzawodnictwa z innymi źródłami energii (węgiel, ciężki olej, benzyna, nafta, spirytus, gaz świetlny), od ceny ostatecznego produktu w przedsiębiorstwach fabrycznych i t. p. Może nie ściśle analogiczny, ale w każdym razie podobny objaw spotykamy w przedsiębiorstwach przewozowych, jak: kolej, żegluga, poczta; racjonalne taryfy przewozowe uwzględniają wartość transportowanych towarów, jakkolwiek własne koszty przewozu są zawsze te same.

Jakie skutki pociąga za sobą niedostateczna giętkość cen energii bez należytego uwzględnienia jej istotnej wartości, widoczne jest z praktyki holenderskiej. Pomimo niezaprzeczenie wysokiej kultury Holendrów i przyzwyczajenia do wygód, stwierdzono w Amsterdamie liczne przypadki powrotu do świecenia i gotowania naftą. To samo stwierdzają niektóre elektrownie austriackie z tą różnicą, że tam — zdaje się — ważniejszą rolę odgrywa denaturat spirytusowy.

Hugo Eisenmenger, jeden z najwybitniejszych autorów taryfowych, pisze w liście do sekretarjatu czasopisma ETZ przy sposobności krytykowania pewnego referatu: „Na podstawie moich studjów nabrałem przekonania, że rozdział kosztów energii bez uwzględnienia wartościowania daje zupełnie jednostronne i błędne rezultaty”.

Realne ceny energii będą w rzeczywistości oscylować około własnych kosztów produkcji w granicach, wytyczonych oceną istotnej wartości energii, zużywanej dla różnych celów. Sprzedaż energii podlega więc, tak jak wszystkie transakcje handlowe, prawu podaży i popytu, a jedną z najważniejszych, niezbędnych cech taryfy elektrycznej, jest jej elastyczność. Czynność doświadczonego referenta taryfowego w elektrowni polega na tem, aby uzgodnić interesy swego zakładu i odbiorców zapomocą cen, uwzględniających z jednej strony istotną wartość świadczeń energetycznych, a z drugiej strony zapewniających pokrycie kosztów produkcji. Czasem musi on przerzucać niektóre działy kosztów produkcji w całości lub w części z jednej grupy odbiorców na inną.

Przeгляд najważniejszych taryf.

Jedną z najwybitniejszych współczesnych cech gospodarki elektrownianej na całym świecie jest żywe zainteresowanie powiększeniem zbytu energii przedewszystkiem w mieszkaniach. Dlatego w dalszej części niniejszego artykułu zajmie się wyłącznie taryfami dla gospodarstwa domowego.

Wszystkie taryfy nowoczesne rozwinęły się z dwóch pierwotnych, zasadniczych, t. j. ryczałtowej i licznikowej, których rozpatrzeniu trzeba poświęcić kilka słów. Jeżeli przedstawimy w układzie współrzędnych (rys. 2) własne koszty produkcji 1 kWh jako funkcję godzin użytkowania naj-

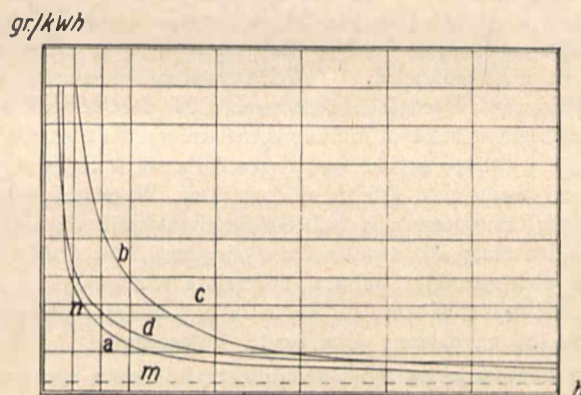
wyższej mocy, to otrzymamy hiperbolę (*a*), dla której jedną asymptotą będzie prosta, wskazująca kosztą zmienne (*m*), a drugą oś rzędnych. Sprawiedliwa taryfa powinna się wyrażać podobną krzywą, przebiegającą możliwie blisko krzywej kosztów własnych. Warunek ten teoretycznie mogłaby spełnić w znacznej części, jak widać na rys. 2, taryfa ryczałtowa (*b*), gdyby nie trzeba było wprowadzać do jej kalkulacji wysokiego „spółczynnika bezpieczeństwa”. Dla obliczenia ceny przyjmuje się niekorzystne warunki, a więc wysokie zużycie energii i wysoki stopień równoczesności, mając na uwadze niewątpliwe marnotrawstwo prądu w instalacjach ryczałtowych. Nieliczni oszczędni odbiorcy będą płacić drogo za prąd, rozrzutni zaś, przekraczający ilość godzin użytkowania, przyjętą w kalkulacji, narażą elektrownię na straty. Te ostatnie polegają—jak łatwo można przekonać się—nie tyle na bezpłatnym poborze pracy elektrycznej, począwszy od wspomnianej kalkulacyjnej granicy, jak na obciążaniu elektrowni i sieci w krytycznych momentach zazwyczaj pełną mocą zainstalowaną. Ten system taryfikacji miał może jeszcze rację w czasach, kiedy zapotrzebowanie energii przez drobnych odbiorców ograniczało się do oświetlenia, z chwilą jednak instalowania na większą skalę żelazek i innych grzejników elektrycznych, stawał się coraz bardziej nieracjonalnym. Z tą też chwilą rozpoczęły elektrownie skrupulatniej przeprowadzać rewizje w instalacjach dla sprawdzenia, czy w urządzeniach nie powiększono potajemnie mocy zainstalowanej, a to psuło stosunki wzajemne, wywołując często ostre zażargi. Dla uniknięcia tych kłopotów wstawiano ograniczniki w instalacjach ryczałtowych, lecz przekonano się wkrótce, że aparaty te działają prohibicyjnie na rozwój zużycia prądu. Innym także niezręcznym zabiegiem było stawianie liczników w instalacjach ryczałtowych i zaliczanie nadwyżki kilowatogodzin, zużytych ponad pewną normę, określoną ryczałtem.

Nie dadzą się zaprzeczyć następujące zalety zwykłej taryfy ryczałtowej: Dla dostawcy nadzwyczaj prosta manipulacja, o ile ma do czynienia z klientelą uczciwą, dla odbiorcy zaś pewność budżetowania wydatków prądowych. A jednak naogół wady przeważają. Taryfa ta wychodzi z użycia i to nawet w elektrowniach wodnych, w których stosunek kosztów zmiennych do stałych jest wartością bardzo niską. Np. w Szwajcarii było w r. 1905 przyłączonych na ryczałt 74% wszystkich odbiorców, a w r. 1931 już tylko 16%; objaw zupełnie naturalny, gdyż wysokie szczyty obciążenia przypadają tam na okres małej wody i ze wzrostem przyłączonej mocy trzeba było uciec się do innych systemów taryfowych, o których później wspomnę. Pomimo wszystko niektóre elektrownie stosują z dobrym wynikiem taryfę ryczałtową do pewnych specjalnych celów, np. do buljerów, pracujących wyłącznie w nocy, do małych motorów kuchennych, najmniejszych instalacji 1 ÷ 3-żarówkowych, oświetlenia klatek schodowych i t. p. Z krajów europejskich tylko Norwegja, rozporządzająca potężnymi zakładami wodnymi, całkowicie zelektryfikowana i pozbawiona trosk akwizycyjnych, może sobie pozwolić na utrzymanie taryfy ryczałtowej do oświetlenia, gotowania i ogrzewania mieszkań. Czas użytkowania mocy przyłączonej dochodzi tam, jak stwierdzono, w instalacjach ryczałtowych do 6 000 godzin rocznie.

Zwykła taryfa licznikowa przedstawia się w wykresie (rys. 2) jako linja prosta (*c*), równoległa do osi odciętych. Odpowiada ona własnym kosztom produkcji tylko w jednym punkcie (*n*) i była mniej więcej sprawiedliwą w okresie używania energii elektrycznej w mieszkaniach tylko do światła, kiedy się liczone z przeciętnym użytkowaniem rocznym powyżej 300 do 400 godzin. Skoro jednak w danej instalacji załączono np. żelazko czy płytkę kuchenną, odbiorca przepłacał energję i często musiał rezygnować z używania tych

przyborów. W obecnych warunkach zwykła taryfa licznikowa byłaby więc bardzo niesprawiedliwą dla gospodarstw domowych i wykluczałaby ich elektryfikację na większą skalę.

Elektrownie, zdając sobie sprawę z tego stanu rzeczy, udzielały początkowo indywidualnych rabatów przy użytkowaniu wyższym, niż normalne, opusty te następnie generalizowano i tak powstały taryfy licznikowe stopniowane. Badano np. zużycie energii przez odbiorców w roku poprzednim i udzielano im opustu od normalnej ceny za nadwyżkę zużytych kilowatogodzin w porównaniu z normą roku poprzedniego. Postępowanie to było błędne, ponieważ ci odbiorcy, którzy wykorzystywali dawniej w większych rozmiarach swoje urządzenia, a zatem dawali elektrowni większe dochody, byli pokrzywdzeni w następnych latach w stosunku do odbiorców zbyt oszczędnych. Dalej używana była w wielu zakładach elektrycznych taryfa, polegająca na generalnych kilkrotnych opustach przy osiągnięciu pewnej ilości kilowatogodzin, a więc np. przy miesięcznym zużyciu do 20 kWh obowiązywała maksymalna cena 60 gr/kWh, po przekroczeniu 20 kWh do 30 kWh przeciętną cenę za wszystkie zużyte kWh zniżano na 50 gr. i t. d. Również — niesłuszna metoda, rachunek bowiem za 20 kWh wynosił zł. 12, a za 22 kWh — tylko zł. 11, wobec czego zastrzegano sobie, że rachunek za większą ilość, niż 20 kWh, nie może być niższy od sumy



Rys. 2.

zł. 12, co znowu budziło pewne wątpliwości u konsumentów. Uprawnienia rządowe, zwłaszcza dawniejsze, przypisują taryfę schodkową. Cechą jej są opusty od każdorazowej nadwyżki godzin użytkowania przyłączonej mocy ponad ściśle określone normy. Taryfa ta jest niepraktyczną ze względu na to, że przypisuje roczne obliczenia godzin użytkowania, pozatem moc przyłączona nie zawsze da się ściśle zbadać. Pojęcie godzin użytkowania nie jest dostępne dla umysłów szerokich warstw ludności. Następnie każdy system taryfikacji, przewidujący końcowe roczne rozliczenia, staje się przyczyną licznych nieporozumień w stosunkach z konsumentami i perturbacji w biurach sprzedaży energii oraz podważa ścisłość miesięcznych statystyk handlowych. Jedynie racjonalnymi są definitywne miesięczne rachunki za dostarczoną energję. Często spotyka się metodę stosowania kilku liczników w jednym mieszkaniu, przyczem sieć urządzenia domowego bywa dzielona na osobne obwody pomiarowe, a każdy z nich załączamy na oddzielny licznik. Mamy więc obwód światła, obwód drobnych grzejników, kuchni elektrycznej i t. d. i dla każdego z tych celów inną cenę. Instalacja tego rodzaju jest bardzo kosztowna i zachęcająca do nadużyć.

W związku z podjęciem usilnej propagandy polskie elektrownie także próbowały najpierw stosować taryfę podlicznikową. Mam tu na myśli urządzenia, w których działa obok licznika głównego drugi przenośny licznik odliczający o utrudnionym rozruchu. Ten drugi aparat służy do rejestracji energii, zużytej przez grzejniki i zaliczanej po cenie niż-

szej, niż dla światła. Zapatrywania fachowców co do wartości tej taryfy są podzielone, w każdym razie trzeba zauważyć, że powierza się odbiorcy, a zwłaszcza jego służbie, precyzyjny aparat przenośny, który nie zawsze traktowany jest z należytą troskliwością; pozatem drugi licznik powoduje dodatkowe koszty, a całość takiego urządzenia z różnych dalszych jeszcze powodów nie nadaje się do pełnej elektryfikacji mieszkań.

Dotychczas przytaczałem przykłady stopniowania cen w zależności od ilości zużytej energii względnie od celu jej zużycia. Są jednak jeszcze inne kryteria, rozstrzygające o potrzebie stopniowania. Kapp i Rasch ogłosili tezę tej treści, że za cenę energii wpływać powinna przede wszystkim pora dnia, w której jest ona odbierana, jak również pora roku. Uzasadnienie tego twierdzenia jest następujące. Elektrowni zależy na tem, aby, o ile możliwości, spłaszczyć dzienne szczyty i wypełnić doliny wykresu obciążenia. Do tego celu zmierzają, obok innych, w pierwszym rzędzie taryfy podwójne, potrójne i wielokrotne. Jako przyrząd pomiarowy służy tu licznik z 2-ma lub więcej liczydłami (compteur à double tarif, compteur multiple). Liczydła przełącza się zapomocą specjalnego zegara, albo też — jak to jest w Szwajcarii praktykowane — osobną siecią sterowniczą, wspólną dla wszystkich liczników. Jeżeli mamy do czynienia z potrójną taryfą, to najdroższa energia będzie mierzona mniej więcej od 7 — 9h i od 16 — 21h, tańsza od 9 — 16h, a najtańsza od 21 — 7h. Urządzenia pomiarowe są skomplikowane i drogie, a konserwacja ich dość kłopotliwa. Taryfa ta ma w każdym razie znaczne walory dla elektrowni wodnych i dlatego szybko rozpowszechniła się w Szwajcarii, kraju sił wodnych i fabrykacji zegarków. W mieszkaniach używa się tam przeważnie 2-ch liczników podwójnych, z których jeden służy dla światła i małych grzejników drugi dla kuchni elektrycznej i buljera, normalnie włączanego automatycznie tylko na noc. Buljer może być w razie potrzeby przełączany na dzienny prąd, wyżej opłacany.

Z końcem ubiegłego stulecia Hopkinson opublikował zapatrywanie, że dobra taryfa powinna być nie tylko odpowiedzialniemi kosztów produkcji prądu, lecz uwzględniać ponadto podział tych kosztów na stałe i zmienne. To był początek taryfy dwuczłonowej. Amerykanie, idąc jeszcze dalej, skonstruowali taryfę trójczłonową (Doherty), w której człon pierwszy przedstawia udział w kosztach stałych (moc), drugi w kosztach zmiennych (praca), a trzeci wyraża koszt obsługi odbiorców (manipulacja). Ta ostatnia forma odpowiada więc ściśle znanemu równaniu taryfowemu i ma przebieg graficzny (rys. 2, krzywa d), bardzo zbliżony do hiperboli kosztów własnych. Łącząc w amerykańskiej formule człon pierwszy z trzecim, otrzymujemy taryfę dwuczłonową. Te dwie taryfy należą w swojej pierwotnej formie do najsprawiedliwszych i bardzo elastycznych, o ile chodzi o wartościowanie energii, a stanowią w gruncie rzeczy połączenie dwóch zasadniczych taryf: ryczałtowej i zwykłej licznikowej.

Przy słabem uświadomieniu ludności w zagadnieniach, o których piszę, niestety tylko fachowcom wiadomem jest, że dla kalkulacji cen prądu nie wystarcza określenie wyłączniczo mocy lub wyłączniczo rozmiaru odbieranej pracy elektrycznej, lecz że oba te czynniki razem wzięte decydują dopiero o wysokości ceny, dla której najważniejsze kryterium obliczeniowe stanowi czas użytkowania potrzebnej mocy. Brak znajomości tych elementarnych zasad jest pierwszą i najważniejszą przeszkodą rozpowszechnienia taryfy dwuczłonowej. Drugą trudność powoduje oznaczenie dwóch różnych jednostek elektrycznych podobnymi nazwami: kilowat i kilowatogodzina. Pojęcia te laicy identyfikują, co pociąga za sobą nieporozumienia, nieufność do dostawcy,

a conajmniej brak wspólnego języka dla kupca i nabywcy. Przeciętny obywatel nie może zrozumieć, na jakiej zasadzie za jeden i ten sam towar każą mu płacić dwie ceny: jedną stałą, drugą zmienną. Wszak nie mówiąc już o innych artykułach codziennej potrzeby, które przecież inaczej kupuje, pamięta on, że także za prąd płacił dawniej pojedynczą cenę jednostkową, korzystając czyto z taryfy ryczałtowej, czy z licznikowej.

Dalsze trudności następcza pierwszy człon, będący wyrazem kosztów stałych. Dotychczas nie wynaleziono jeszcze ściślej a zarazem praktycznej podstawy dla ustalania opłaty stałej. Wprawdzie możliwym jest obliczyć sumaryczną moc wszystkich odbiorników w danym gospodarstwie domowym i, otrzymując w ten sposób ilość przyłączonych kilowatów, wymierzyć według przyjętych stawek opłatę stałą, lecz moc przyłączona w instalacjach ustawicznie zmienia się i to przeważnie rosnąc. Czy można być pewnym, że odbiorca zgłosi zaraz w elektrowni przyłączenie świecznika o wielkiej ilości żarówek, świeżo nabyty piecyk lub kuchenkę elektryczną? Muszą się więc odbywać częste kontrolne wizyty u odbiorców, niezwykle niesympatyczne dla obu stron i zakłócające spokój domowy. Jak tu propagować grzejnictwo w tych warunkach, skoro odbiorca wie, że po wizycie aktywizatora, sprzedającego mu grzejnik, za chwilę zjawi się urzędnik elektrowni i podniesie mu moc obliczeniową (Arnold)?

Ostatecznie można także mierzyć moc u odbiorcy zapomocą wskaźnika najwyższego obciążenia, można jej przekroczeniem przeciwdziałać licznikiem maksymalnym, szczytowym, nadmiarowym (Tarifgerät, ETZ 1935, Nr. 8), to przecież sposoby te są zanadto kosztowne. Pomiar miesięcznego maksimum niema racji, trzeba by brać za podstawę obliczeniową rzeczywiste najwyższe roczne obciążenie albo też przynajmniej jedno z 2-ch następujących, a takie postawienie kwestji prowadzi do rocznych obliczeń z odbiorcą, co jako wysoce niekorzystne scharakteryzowałem już przy omawianiu taryfy licznikowej; o ile tam jednak rozchodziło się o bonifikaty, to tu elektrownia żądałaby najczęściej dopłaty. Pomiar mocy ma pewne dobre strony dla dostawcy energii, a mianowicie przyczynia się bezwarunkowo do wyrównania dziennego wykresu obciążenia i czyni zbytecznymi częste kontrole instalacji. Opłaty za 1 kW mocy mierzonej powinny być znacznie wyższe (o około 50%) od stawek, przeznaczonych dla mocy przyłączonej. Niektóre elektrownie przyjmują za podstawę opłaty stałej moc licznika, co jednak hamuje, podobnie jak ogranicznik, rozwój zużycia. Dalszy etap w tych poszukiwaniach przedstawiają pośrednie orientacyjne mierniki mocy, jak: kubatura, powierzchnia mieszkań lub ilość izb.

Taryfy dwuczłonowe rozpowszechniają się zwłaszcza w Austrii, Niemczech, Szwecji, Holandji i Anglii. Elektrownie berlińskie przeszły w r. 1934 z mocy przyłączonej na określanie pierwszego członu według ilości izb mieszkalnych, w Anglii uzależnia się często stałą opłatę od wysokości podatku lokatorskiego.

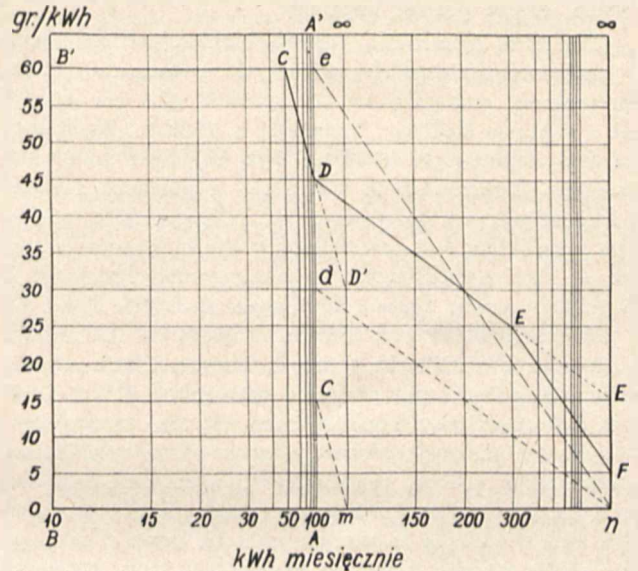
Zasadniczo taryfa ta pozostaje jednolicznikowa dla wszystkich zastosowań energii w gospodarstwach. Jej pierwszy człon obejmuje zwykle jedną stawką światło i wszystkie odbiorniki w gospodarstwie domowym, lecz możliwym jest także inne załatwienie sprawy, a mianowicie dla każdego celu zużycia energii moc oblicza się po innej cenie stosownie do zasady wartościowania, a wszystkie odbiorniki czerpią pracę elektryczną według tejsamej stawki lub też pierwszy człon jest wspólny dla wszystkich odbiorników, a drugi stopniuje się w dół, zależnie od ilości pobranych kilowatogodzin. Stała opłata wyraża dla dostawcy gwarancję pokrycia przynajmniej stałych kosztów produkcji. Jeżeli zatem w pewnym miesiącu odbiorca nie zużywał wcale energii, to

i tak musi uiścić pełną opłatę stałą za ten miesiąc i odczuwa to niezwykle boleśnie, podobnie przy małym zapotrzebowaniu energii zapłaci — jak to widać na krzywej (rys. 2-d) bardzo wysoką cenę przeciętną za kilowatogodzinę. Elekrownie „poprawiają” więc tę taryfę, przerzucając część kosztów stałych na drugi człon, a to wraz z innymi dowolnymi zmianami odbiera taryfie dwuczłonowej jej właściwy charakter, lecz — być może — zbliża ją jeszcze bardziej do idei wartościowania.

Ostatnią nowością na polu taryfikacji elektrycznej jest *taryfa blokowa*. Przechodząc warjanty taryfy dwuczłonowej, wskazałem na trudności, związane z ustaleniem faktycznej mocy, oddawanej do dyspozycji odbiorcy, co spowodowało elekrownie do wprowadzenia pewnych zastępczych, a łatwiej uchwytnych podstaw opłaty stałej, m. inn. ilości izb mieszkalnych. Ta ostatnia zmiana nasunęła myśl zbudowania regresywnej taryfy licznikowej, opartej na kontyngentach pracy elektrycznej, zależnych od ilości izb mieszkalnych. Tak więc powstała nowa taryfa, zwana blokowa, a budowę jej wyjaśni najlepiej przykład: Na podstawie statystyki i wyczerpujących badań w terenie elekrownia spodziewa się uzyskać przeciętne miesięczne zużycie energii w n -izbowym gospodarstwie domowym do światła (I blok) 50 kWh, do drobnych motorków i grzejników (II blok) 50 kWh, do gotowania elektrycznego (III blok) 200 kWh. Przeprowadziwszy zaś analizę kosztów produkcji stwierdza, że koszty te zostaną pokryte przy cenach sprzedażnych za 1 kWh w pierwszym bloku 60 gr., w drugim 30 gr., a trzecim 15 gr., zaś nadwyżkę ponad 300 kWh gotowa jest sprzedawać po 5 gr/kWh. Ceny dla mieszkań, składających się z większej lub mniejszej ilości izb, muszą być oczywiście te same, a tylko kontyngenty kilowatogodzin będą różne.

W układzie współrzędnych przeciętna cena 1 kWh, jako funkcja zużytej pracy elektrycznej, przebiega dla taryfy blokowej, poczynawszy od II-go bloku, po odcinkach hiperbol, które mają wspólną asymptotę w osi rzędnych, zaś poziome asymptoty ich stanowią proste, znajdujące się od osi odciętych w odległościach, odpowiadających jednostkowym cenom energii w poszczególnych blokach. Rysowanie hiperbol z wyznaczeniem licznych ich punktów w układzie współrzędnych jest kłopotliwe, dlatego zdecydowałem się na wykres przebiegu przeciętnej ceny w skali hiperbolicznej (rys. 3), tembardziej, że w tym systemie załamania linii $B' C D E F$, wyrażającej przebieg przeciętnej ceny, występują znacznie wyraźniej. Z wykresu tego widzimy przedewszystkiem, że górna część hiperboli II-go bloku jest odcięta przy cenie 60 gr., a więc przy małym zużyciu energii przeciętna cena 1 kWh może osiągnąć co najwyżej 60 gr., podczas gdy w taryfie dwuczłonowej (rys. 2) przy h , zdążającym do zera, przeciętna cena gwałtownie wzrastała na stromej części hiperboli. Poprowadźmy z punktów m względnie n równoległe do prostych CD , DE i EF . Linje te przetną się z prostą pionową AA' (100 kWh) w punktach c , d i e . Punkt e wskazuje na stałą opłatę miesięczną = $60 \times 100 =$ zł. 60, a ponieważ F na linii nieskończonościowej jest najniższą opłatą, wynoszącą 5 gr/kWh, stwierdzamy, że mamy tu do czynienia z ukrytą taryfą dwuczłonową, której opłata stała = zł. 60 miesięcznie, a opłata za pracę = 5 gr/kWh. Jeżeli czwarty blok odrzucimy, to stała opłata zmieni się na zł. 30 miesięcznie, przy opłacie za pracę 15 gr/kWh, jak wynika z wykresu. W pierwszym bloku równoległa do $B'C$ wykreślona z punktu m wpada w oś AB , co wskazuje na oczywisty fakt, że w tym bloku ukryta taryfa dwuczłonowa jest pozbawiona pierwszego członu, lecz zało opłata pracy jest najwyższa. Ta graficzna dyskusja wskazuje, że taryfa blokowa jest w pierwszym bloku zwykłą taryfą licznikową, która poczynawszy od drugiego bloku zmienia się na dwuczłonową ze zwię-

szającą się w dalszych blokach opłatą stałą i zmniejszającą się opłatą za pracę. Można więc powiedzieć, studjując wykresy (rys. 2 i 3), że taryfa blokowa usuwa niesprawiedliwość zwykłej taryfy licznikowej, przystosowując cenę sprzedażną do własnych kosztów produkcji, gdyż ze wzrostem zużycia energii ponad pewną normę linja prosta taryfy licznikowej przechodzi w hiperbole, zbliżone do hiperboli własnych kosztów.



Rys. 3.

Taryfa blokowa operuje tylko jednym normalnym licznikiem bez ogólnie zniechęcającej stałej taksy za moc, jest dość prosta w stosowaniu, jako łatwo zrozumiała zdobywa sobie sympatię odbiorców i ogromnie ułatwia pracę akwizycyjną; pomimo to jednak budzi ona u niektórych taryfikatorów — zdaniem ich — poważne wątpliwości. Kiedy Hopkins ogłosił swoje studja nad proponowaną przez niego taryfą dwuczłonową, która bezwarunkowo eliminowała błędy taryfy licznikowej, liczni fachowcy zakwestjonowali słuszność jego poglądów i potrzebę zmiany w metodach rozliczania się elekrowni z odbiorcami. Podobne losy przechodzi obecnie taryfa blokowa. Zarzucają jej, że ceny prądu i kontyngenty bloków, obliczone na podstawie danych przeciętnych, są niesprawiedliwe, gdyż wielka część biedniejszych odbiorców nie przekracza I-go bloku, mając w użyciu grzejniki, a inni, lepiej sytuowani, przechodzą z światłem do tańszych bloków, zatem ta metoda jest antyspołeczna; że w niepewnych, jak obecnie, czasach niedopuszczalne są w taryfikacji tak radykalne zmiany, które przedstawiają dla elekrowni ryzyko poważnych strat, że brak ograniczeń co do poboru mocy pociągnie za sobą napewno potrzebę rozbudowy zakładów elektrycznych, co wobec niemożności uzyskania obecnie większych kapitałów może wywołać znaczne trudności i kłopoty. Zarzuty powyższe są niesłuszne. Stosunek wzrostu szczytu do czasu jego użytkowania zwykle przedstawia się coraz korzystniej przy rozległym spotrzebowaniu energii do grzejnictwa, które w wyższym stopniu wypełnia doliny krzywej obciążenia, niż podnosi jej szczyt, elekrownie zaś naogół rozporządzają obecnie niewyżytkowaną mocą wskutek gorszej pracy w przemyśle. Co najwyżej może większe warniki budziłyby wątpliwości pod tym względem, dlatego podgrzewanie wody powinno się odbywać w porze nocnej. Czy wprowadzenie taryfy blokowej należy odłożyć na okres bezskutecznie oczekiwanej przez nas od kilku lat poprawy konjunktury? Sądzę, że właśnie w ciężkich czasach, które przeżywamy, placówki przemysłowe, więc i elekrownie, powinny stosować wszelkie rozporządzalne środki

i zabiegów, aby utrzymać się na powierzchni, a w pogoni za odbiorcą dać mu w miarę możliwości warunki, jakie jemu *teraz* dogadzają, wyczekujący zaś konserwatyzm i wygodny kwiatyzm mogą zniszczyć przedsiębiorstwo, zanim nastąpi zmiana w konjunkturze. Żadna taryfa nie może być słuszną dla wszystkich obywateli, ponieważ niewątpliwie każda operuje wartościami przeciętnymi. Do pewnego stopnia niesprawiedliwość wyolbrzymiania taryfy blokowej da się usunąć, o czym jeszcze poniżej wspomnę.

Na czele oponentów taryfy blokowej kroczy jedna z zachodnio-francuskich większych elektrowni, której reprezentanci zabierają w tej sprawie głos na kongresach i w prasie fachowej, wykazując z wielkim temperamentem wady tej taryfy i szkodliwość jej dla elektrowni i konsumentów. Elektrownia ta opiera się w polemice na własnych praktycznych doświadczeniach. Wprowadziła ona bowiem przed kilku laty następującą taryfę blokową: Pierwszy blok = moc zainstalowana (z pewnymi modyfikacjami) \times 400 godzin rocznie. Tę samą kontyngent w drugim bloku. Cena pierwszego bloku 1,75 fr/kWh, drugiego — 1,30 fr/kWh, reszta — 0,65 fr/kWh. Całą zużytą energję zalicza się miesięcznie prowizorycznie po cenie pierwszego bloku, a dopiero z końcem roku bonifikuje się różnicę, wynikającą z niższych cen dalszych bloków. Innymi słowy elektrownia założyła sobie uboczne przedsiębiorstwo, co nakształt kasy oszczędności, do której konsumenci mieli znosić bezprocentowe wkłady. Taryfa ta utrzymywała się przez 4 lata, poczem uległa zmianie. Wówczas wspomniany bank wprowadził rozwiązanie, lecz na udrękę klienteli wymyślono inne trudnienia, zwłaszcza gwarancję minimalną w wysokości pełnej faktury za pierwszy blok, którą każdy odbiorca, nieużywający energii w pewnym miesiącu lub nieosiągający górnej granicy tego bloku, był obowiązany zapłacić. W takich warunkach oczywiście wyniki finansowe musiały być złe i dały ostatecznie powody do gorzkiego rozczarowania.

Ponieważ jestem przy tym temacie, azznaczyć wypada, że uzupełnianie taryf licznikowych gwarancjami minimalnymi lub innymi, o ile chodzi o drobnych odbiorców niema głębszej racji. Jeśli bowiem ten lub ów odbiorca pozostaje ze swoim zużyciem w pewnym miesiącu lub roku poniżej ustalonej normy, to fakt ten nie zagraża rentowności elektrowni, skoro wielu innych napewno tę normę przekroczy. Zresztą odbiorca taki jest zwykle finansowo słaby i gwarancji nie zapłaci, a przed przyłączeniem nie można jej przecież żądać; najczęściej kończy się na tem, że odbiorca przechodzi na naftę. Jeżeli jednak przypadki podobnego niedociągania do normy występują masowo i zmniejszają w sposób widoczny wpływy gotówkowe, to raczej należy czemprędzej zmienić taryfę, która niewątpliwie jest błędną, niedostosowaną do panujących warunków ekonomicznych i stopnia zamożności mieszkańców; gwarancja bowiem nie zdoła na dłuższy czas wyrównywać ubytku w inkasie, a tylko niepotrzebnie drażni ludność.

Najczęściej za podstawę kontyngentów blokowych przyjmuje się ilość izb mieszkalnych (pokojów), wliczając również kuchnię. Ubikacje uboczne, jak: przedpokoje, łazienki, spiżarnie i t. p., nie są brane pod uwagę. Największe zużycie energii i największe wpływy inkasowe wykazuje za-

zwyczaj kategoria mieszkań 2—4-izbowych, dlatego te średnie mieszkania powinny być punktem wyjścia skrupulatnego obliczenia kontyngentów i opłat. Ważny szczegół: przy oznaczaniu ilości izb podstawowych nie zważa się na to, czy istnieje w nich wszystkich instalacja elektryczna; w ten sposób usuwa się sposobność do ewent. nadużyć i zachęca odbiorcę do rozszerzenia instalacji na całe mieszkanie. Wielkość mieszkania jest dla omawianych celów najpewniejszą i najsprawiedliwszą miarą zamożności (wartościowania!) i zapotrzebowania energii. Lepszej miary dotychczas nie wynaleziono, jakkolwiek niektóre elektrownie stosują także, jako podstawę kontyngentową, powierzchnię mieszkania lub nawet podatek lokatorski (Anglja). Mieszkania ludzi zamożnych, np. willowe, zawierają stosunkowo więcej ubikacji ubocznych i dlatego rzeczywiście, jak wyżej wspomniałem, powstaje wątpliwość, czy ci odbiorcy nie są protegowani. Lecz i na to jest sposób. Oznacza się pro domo sua stosunek dopuszczalnej ilości izb głównych do ilości izb ubocznych w każdej kategorii mieszkań i jeżeli jest więcej izb ubocznych, niż temu stosunkowi odpowiada, to nadwyżkę ich trzeba wliczyć do bloków. Normy odnośne mają charakter wewnętrzny, bo elektrownie i tak zastrzegają sobie swobodną ocenę jednostronną, wiele izb danego mieszkania należy przyjąć za podstawę przydziału do jednej z kategorii.

Ilość bloków bywa różna w miarę potrzeby, lokalnych stosunków, indywidualnych zapatrywań zarządów elektrowni i t. d. i dochodzi w wyjątkowych przypadkach do 8-miu; przeważnie taryfa blokowa składa się z 4 stopni, a stopniowanie cen energii wyraża się mniejwięcej stosunkiem 10:5:2:1, przyczem cena pierwszego bloku jest zgodna np. z maksymalną ceną uprawnieniową. Czwarty blok przeznaczony jest najczęściej dla werników wody i innych podobnych odbiorników, włączanych automatycznie tylko na noc.

Wprowadzając taryfę blokową, pomimo wyczerpujących poprzednich studjów, trudno z góry przewidzieć, jakie ona da rezultaty w praktyce. Trzeba przeto od początku obserwować jej rozwój przy pomocy szczegółowej statystyki i w ten sposób ułożyć „warunki dostawy energii”, aby one umożliwiały bez wielkich trudności w krótkim terminie ewentualną zmianę kontyngentów, względnie cen.

W ostatnich czasach zaznacza się na całym świecie hiperprodukcja taryf elektrycznych. Nie ulega wątpliwości, że należy dążyć do odrzucenia systemów przestarzałych i wybitnie błędnych, z drugiej jednak strony jakakolwiek unifikacja, czy choćby tylko normalizacja w tych sprawach, z powodu wielkiej różnorodności warunków produkcji, dostarczania i poboru energii, nie jest możliwa.

Scharakteryzowałem istotne cechy najczęściej używanych taryf mieszkaniowych, nie wdając się w szczegóły mniej ważne. Porównując zalety i wady opisanych w niniejszym referacie form taryfowych, przytoczyłem temsamem aktualne zagadnienia w tej dziedzinie i dochodzę do konkluzji, że taryfa blokowa ma ze wszystkich taryf największe walory i, należycie zbudowana, przy współdziałaniu zręcznej propagandy, może w wysokim stopniu przyczynić się do przyspieszenia ogólnej elektryfikacji mieszkań, a temsamem podnieść rentowność przedsiębiorstw elektrownianych.

Ochrona urządzeń elektrycznych od przepięć atmosferycznych

Stanisław Szpor

Streszczenie. Artykuł omawia encyklopedycznie nowoczesne poglądy na ochronę linii napowietrznych i rozdzielni od przepięć atmosferycznych.

W sieciach napowietrznych przepięcia atmosferyczne są znacznie groźniejsze od łączeniowych oraz ziemnozwarciowych i stanowią główny przedmiot ochrony przeciwprzebieciowej.

W ostatnich latach przeprowadzono wiele badań nad przepięciami atmosferycznymi i nad własnościami izolatorów, maszyn i aparatów, narażonych na uszkodzenia. Na tej podstawie odrzucono niektóre aparaty ochronne jako bezwartościowe, np. ochronniki iskiernikowe (rozkowe) z szeregowymi opornikami o stałej oporności i dławiki szeregowe. Wiele środków ochronnych uznano za odpowiednie, szczególnie przewody odgromowe i ochronniki zaworowe i określono warunki skuteczności i zakres zastosowania.*)

Ochrona przeciwprzebieciowa ma różne cele, np. ograniczenie częstości zwarć w linjach, uniknięcie zniszczenia transformatorów, maszyn i aparatów. Między temi zadaniami występują niekiedy sprzeczności techniczne. Poza tem mamy do czynienia z walką względów technicznych z gospodarczymi. Opracowanie systemu ochrony polega na dostosowaniu pewnej ilości środków ochronnych do warunków technicznych z uwzględnieniem czynników gospodarczych. Stosowane systemy ochronne zależą od napięć roboczych.

I. WARUNKI OCHRONY PRZECIWPZEBIECIOWEJ.

§ 1. Piorun.

Piorun jest wyładowaniem pojemności chmury względem ziemi przez drogę iskrową. Droga wyładowania nie powstaje jednocześnie na całej swej długości, lecz rozwija się najpierw w miejscu największego natężenia pola elektrycznego w chmurze, skąd wydłuża się z pewną szybkością ku ziemi. Czoło iskry niesie przed sobą zagęszczenie pola elektrycznego, dzięki czemu dalsza droga ulega jonizacji i czoło przesuwa się dalej.

Z przebiegiem powstawania drogi iskrowej związana jest zależność miejsca uderzenia pioruna od różnych czynników:

1) Wpływ zawartości jonów w powietrzu, zależny np. od występowania ciał radioaktywnych w ziemi i w powietrzu, polega na tem, że iskra może rozwinąć się prędzej na drodze o większej zawartości jonów.

2) Piorun ma skłonność do uderzenia w najwyższy przedmiot uziemiony.

3) Znaczna oporność uziemienia punktu nawet wysokiego utrudnia uderzenie pioruna; przy szybko zbliżającej się iskrze przedmiot o wielkiej oporności uziemienia przybiera przez indukcję elektrostatyczną część napięcia końca iskry względem ziemi; napięcie między tym punktem uziemionym a iskrą ulega więc zmniejszeniu wskutek oporności uziemienia, co sprzyja rozwinięciu się pioruna po innej drodze.

Po dojściu drogi pioruna do ziemi rozpoczyna się właściwe wyładowanie o przebiegu aperiodycznym lub oscylacyjnym. Amplituda prądu wyładowania jest najczęściej

rzędu 1kA i 10kA, rzadko dochodzi do 100 kA, a tylko wyjątkowo notowano około 200 kA. Czas narastania prądu pioruna wynosi najczęściej kilka mikrosekund. Czas całego przebiegu prądowego jest zwykle rzędu $10 \div 100$ mikrosekund. Często zdarzają się wyładowania wielokrotne, powtarzające się szybko po tej samej drodze. Przeważają pioruny ujemne, t. j. powstające przy znaku minus na chmurze.

§ 2. Przepięcia atmosferyczne w sieciach.

Przy uderzeniu pioruna w przewód roboczy prąd rozgałęzia się w dwie strony linji. Falam prądowym odpowiadają fale napięciowe zgodnie z opornością falową linji, równą około 500Ω ; np. przy uderzeniu 100 kA może powstać przepięcie: $\frac{100 \text{ kA}}{2} \cdot 500 \Omega = 25\,000 \text{ kV}$. Tak wielkie

przepięcia muszą wywołać ulot, wyładowania na izolatorach, rozbite słupów drewnianych, przyczem część prądu udarowego zależna od oporności uziemienia izolatora lub słupa zostaje odgałęziona do ziemi, a przepięcie fali obniżone.

Niebezpieczeństwo bezpośredniego uderzenia pioruna w sieć jest szczególnie groźne dla izolatorów, maszyn i aparatów w pobliżu punktu uderzenia. Znaczna część prądu pioruna (np. rzędu 10 kA) może bowiem przejść przez uszkodzoną część izolacji i wywołać silne zakłócenie.

Natomiast w większej odległości od punktu uderzenia (np. rzędu 1 km) działają tylko fale wędrowne o amplitudach ograniczonych przez wyładowanie na izolatorach linjowych i przez ulot. Jeżeli fala wędrowna wywoła nawet wyładowanie w podstacji, to prąd udarowy jest przytem ograniczony przez oporność falową linji (wypada np. rzędu 1 kA).

Najłagodniejsze są przepięcia indukowane w linjach napowietrznych przez piorun w sąsiedztwie. Amplitudy dochodzą zwykle tylko do 100 kV.

§ 3. Wymagania przeciwprzebieciowe.

Zakłócenia przeciwprzebieciowe mogą występować w izolacji linjowej i stacyjnej.

Izolację linjową można stosunkowo łatwo tak zbudować, ażeby przepięcia prowadziły tylko do przeskoków, a nie do przebić i trwałych uszkodzeń. Uzyskuje się to przez przepisanie odpowiedniego stosunku napięcia przebiecia do napięcia przeskoku (np. powyżej 1,3), przez zastosowanie okuć odsuwających łuk od talerzy izolatora i przez próby falami udarowymi. Dlatego większość zakłóceń przepięciowych w linjach polega obecnie tylko na przeskokach i zwarciach z ziemią pojedynczych, a rzadziej podwójnych i potrójnych. Ochrona przepięciowa linij napowietrznych ma więc na celu głównie uniknięcie zwarć, wyłączeń i przerw w dostawie prądu (warunek 1-szy).

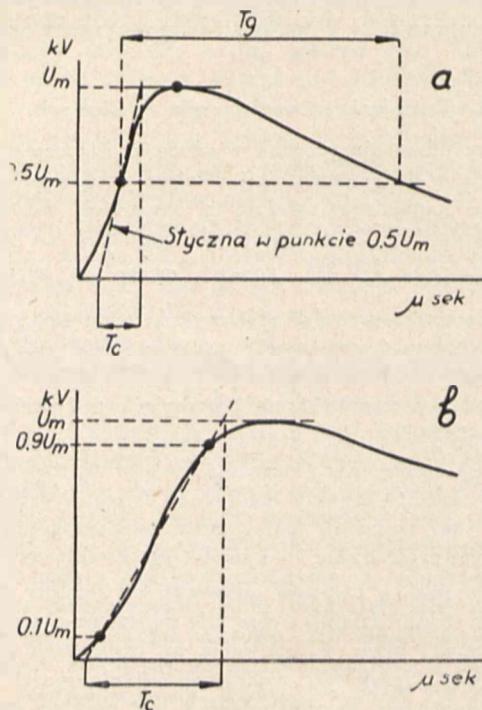
Natomiast izolacja stacyjna jest narażona na szczególnie kosztowne uszkodzenia przepięciowe, a uzyskanie odporności udarowej jest stosunkowo trudne. Ochrona przeciwprzebieciowa stacyj ma więc na celu głównie uniknięcie zniszczenia maszyn i aparatów elektrycznych (warunek 2-gi).

Warunek 2-gi jest zawsze doniosły. Natomiast znaczenie 1-szego może być odmienne w różnych sieciach i w różnych gałęziach sieci. W ważnych linjach przesyłowych warunek 1-szy odgrywa bardzo poważną rolę, natomiast może mieć zupełnie małe znaczenie w drobnych odgałęzieniach rozdzielczych.

*) Przerastałami przepisami i wskazówkami, np. VDE 0141/1934, o uziemieniach ochronnych, VDE 0145, 1933 o ochronie przeciwprzebieciowej można posługiwać się tylko z wielką ostrożnością.

§ 4. Własności materiałów izolacyjnych, izolatorów, koordynacja.

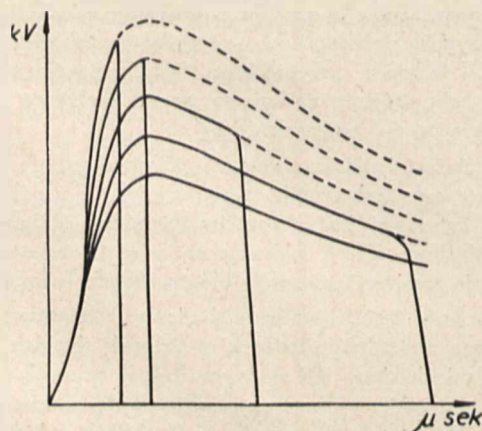
Przy próbach laboratoryjnych używa się fal udarowych o przebiegu aperiodycznym (rys. 1). Falę określa się przez amplitudę U_m , zredukowaną długość czoła T_c , długość grzbietu T_g . Rys. 1a przedstawia wyznaczenie tych wielkości wg. przepisów niemieckich, rys. 1b wg. szwajcarskich, rozpowszechniających się na terenie międzynarodowym; zredukowana długość czoła niemiecka wypada dla tej samej fali znacznie mniejsza od szwajcarsko-międzynarodowej.



Rys. 1.

Przy próbach izolatorów lub części izolacyjnych przebicie albo przeskok powoduje stromy zanik napięcia udarowego (rys. 2). Występuje przytem opóźnienie zapłonu, związane np. z charakterem jonizacyjnym zjawisk wytrzymałościowych. Przy większych napięciach zapłon następuje na czole fali, przy mniejszych napięciach dopiero na grzbiecie. Obniżając napięcie, dochodzimy do najmniejszego napięcia zapłonu, poniżej którego izolator wytrzyma fale bez wyładowania.

Dla dokładnego określenia własności udarowych izolacji zdejmuje się całą charakterystykę napięciowo-czasową (rys. 3). Jest to albo zależność opóźnienia zapłonu od amplitudy fali przy stałej długości czoła i grzbietu, albo też

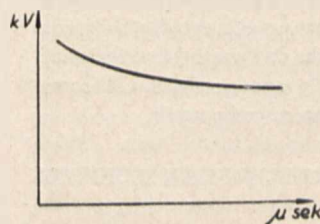


Rys. 2.

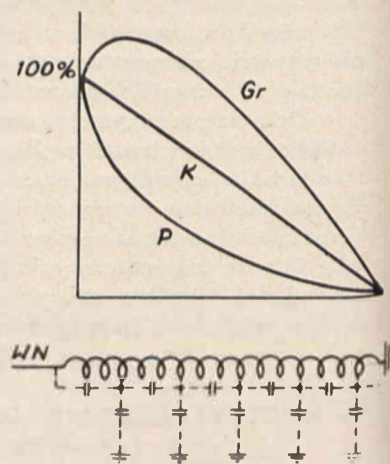
zależność najmniejszego napięcia zapłonu od długości grzbietu fali. Na charakterystykach napięciowo-czasowych opiera się dokładna koordynacja izolacji, t. j. stosowanie w urządzeniach różnych poziomów izolacyjnych tak, ażeby niższy poziom stanowił zabezpieczenie przepięciowe wyższego poziomu. Wymagane jest przytem odpowiednie przesunięcie charakterystyk napięciowo-czasowych.

Na podstawie prób udarowych określa się niekiedy współczynnik impulsu, t. j. stosunek napięcia udarowego do napięcia wytrzymywanego przy próbie statycznej (np. prądem zmiennym, przyczem należy przeliczyć wartość maksymalną napięcia). Współczynnik impulsu zależy od kształtu fali, od materiału i kształtu izolatora.

Większy współczynnik impulsu dla przeskoku po izolatorze, niż dla przebicia może powodować przebicie izolatora falą udarową, chociaż przy prądzie zmiennym zachodzi tylko przeskok powierzchniowy. Pożądane więc są próby udarowe typu, a w ich braku przybliżoną wskazówkę daje próba na przebicie prądem zmiennym, przekraczająca wg. przepisów napięcie przeskoku (np. współczynnik 1,3).



Rys. 3.



Rys. 4.

Dokładne badania koordynacyjne są obecnie częste dla najwyższych napięć roboczych. Przy średnich napięciach poprzestaje się zwykle na mniejszej staranności. Dla zabezpieczenia izolatorów wystarczy ograniczenie amplitud przepięć do pewnej wysokości. Np. dla izolatorów na $U_n = 30$ kV obowiązuje napięcie próbne $2 U_n + 10 = 70$ kV, lub $2,2 U_n + 20 = 86$ kV; mniejsze z tych napięć próbnych ma więc amplitudę 99 kV; napięcie przeskoku jest zwykle większe od próbnego, pozatem w rachubę wchodzi współczynnik impulsu większy od 1, można więc liczyć na poziom wytrzymałości udarowej conajmniej 120 kV.

§ 5. Własności transformatorów, maszyn wirujących i aparatów.

Dla przebiegów udarowych nie można rozpatrywać uzwojenia transformatora jako linii długiej, której charakterystyczną cechą jest jednostajny rozkład pojemności względem ziemi. W niektórych częściach uzwojenia transformatora, np. dla zwojów wewnątrz cewki, pojemności względem ziemi zanikają zupełnie, a znaczenie mają tylko pojemności między częściami uzwojenia. Od pojemności międzyzwojowych, warstwowych, międzycewkowych i względem ziemi zależy rozkład napięcia początkowy w chwili przyłożenia stromej fali udarowej do uzwojenia.

Krzywa P na rys. 4 przedstawia rozkład początkowy dla transformatora z jednym biegunem uziemionym. Przy długiej fali udarowej rozkład napięć dąży do jednostajnego końcowego wg. prostej K na rys. 4, t. j. jak dla prądu zmiennego. Przejście od rozkładu początkowego do końcowego zachodzi drogą oscylacji, przyczem obwiednia przepięć względem ziemi ma charakter krzywej Gr na rys. 4.

Przebiegi względem ziemi mogą wskutek oscylacji wy-
paść większe w środku uzwojenia, niż na początku. Przebiegi
międzycewkowe i międzyzwojowe są zwykle największe
na początku uzwojenia.

Dlatego stosuje się niekiedy wzmocnioną izolację pierw-
szych zwojów; należy przytem pamiętać, że niezręczne
wzmocnienie izolacji, np. przez zgrubienie warstwy materiału
o małej wytrzymałości elektrycznej i małej stałej dielek-
trycznej zwiększa zarazem przebiegi międzyzwojowe i może
dać nawet gorszy wynik.

Nowoczesnym sposobem jest stosowanie osłon elektro-
statycznych dla zbliżenia rozkładu początkowego do roz-
kładu końcowego i uniknięcia oscylacji. Odpowiednio za-
projektowane ekrany prowadzą do konstrukcji nie oscyłu-
jących.

Zabezpieczenie przeciwprzebiegiowe transformatorów
ma na celu głównie obniżenie amplitudy przebiegu do od-
powiedniej granicy. Stromość czoła fali ma dla transformato-
rów znacznie mniejsze znaczenie. Poziom wytrzymałość
udarowej transformatorów olejowych jest dość wysoka, pom-
imo stosunkowo małych napięć próbnych, np. dla wysokich
napięć tylko $2 U_n + 1$ kV, dzięki znacznemu współczynniko-
wi impulsu izolacji olejowej (np. 2) i dzięki zastosowaniu
izolatorów przepustowych o większych napięciach próbnych
wg. praktyki izolatorowej.

Dla maszyn wirujących przebiegi przebiegiowe są bar-
dziej zbliżone do warunków w liniach długich, ponieważ
uzwojenia zębokłowe mają dość duże i dość jednostajnie
rozłożone pojemności względem ziemi. Przebiegi między-
zwojowe wypadają przy stromej fali znaczne. Dlatego
oprócz obniżania amplitudy ważną sprawą dla maszyn wiru-
jących jest również łagodzenie czoła fali.

Aparaty elektryczne: wyłączniki, odłączniki, bezpiecz-
niki, transformatory napięciowe i prądowe mają własności
udarowe izolatorów i uzwojeń, z których składają się. Sto-
sowanie ostrzejszej próby prądu zmiennego $2,2 U_n + 20$ kV
daje dość korzystny poziom wytrzymałości udarowej.

Uzwojenia szeregowo wysokonapięciowe (transforma-
torów prądowych, przekładników bezpośrednich) posiadają
wobec małego napięcia między zaciskami izolację niskona-
pięciową. Przy falach udarowych, atmosferycznych a nawet
łączeniowych, przebiegi w przypadku znacznej długości i
indukcyjności uzwojenia mogą powodować przeskoki między
zaciskami lub przebicie izolacji międzyzwojowej. Jeżeli na-
wet napięcie robocze jest za małe, ażeby podtrzymać wyla-
dowanie, to jednak izolacja stopniowo pogarsza się przy ta-
kich przebiegach i może nastąpić zwarcie zwojów. Zabezpie-
czenie iskiernikami, ochronnikami, opornikami z materiału
o zmiennej oporności (§ 10) przedstawiają odrębny dział
dodatkowy ochrony, w dalszym ciągu nieporuszony.

II. ELEMENTY OCHRONY PRZECIWPRZEBIEGIOWEJ.

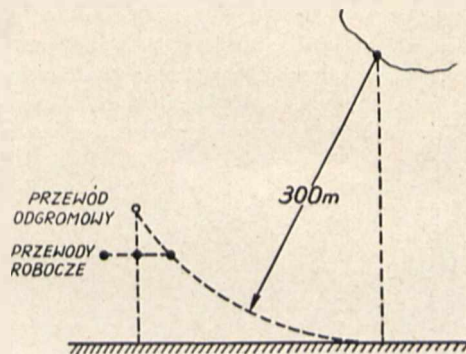
§ 6. Przewód odgromowy.

Przewód uziemiony, zawieszony nad przewodami ro-
boczymi, służy do przyciągnięcia pioruna, a zatem zabez-
piecza przewody od uderzenia, zmniejsza niebezpieczeństwo
przebiegu w urządzeniach rozdzielczych, oraz usuwa prze-
skoki na izolatorach linowych, ograniczając częstość zwarć
i przerw dostawy energii. Przewód odgromowy może więc
spełniać jednocześnie oba wymagania ochrony (§ 3). Sku-
teczność przewodu uziemionego wymaga spełnienia 3 wa-
runków.

Warunek 1-szy.

Przewód odgromowy musi być zawieszony dość wysoko nad
przewodami roboczymi, ażeby iskra pioruna nie mogła go

ominąć i dojść do przewodu roboczego z boku. To działanie
osłonne zależy od wysokości punktu wyjścia iskry; im mniej-
sza wysokość, tem większe niebezpieczeństwo. Przyjęto za-
kładać punkt wyjścia iskry na wysokości 300 m nad po-
wierzchnią ziemi i tak dobierać warunki geometryczne, ażeby
odległość punktu wyjścia od przewodów roboczych była
zawsze większa, niż od przewodu odgromowego lub od po-
wierzchni ziemi.



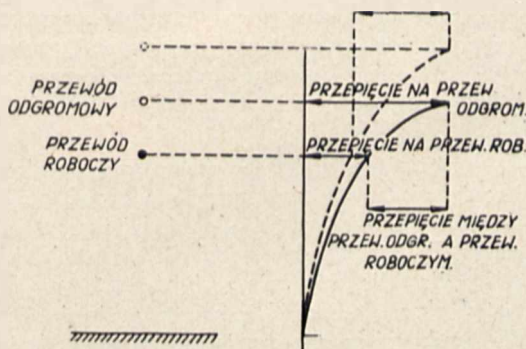
Rys. 5.

Rys. 5 przedstawia sposób określenia minimalnej wy-
sokości zawieszenia pojedynczego przewodu uziemionego.
Rys. odpowiada takiemu położeniu chmury, że odległość
punktu wyjścia iskry od przewodu odgromowego, od ziemi
i od przewodu roboczego są jednakowe. Przy przesunięciu
chmury nad linią odległość od przewodu odgromowego wy-
pada najmniejsza; a przy odsunięciu chmury od linii odleg-
łość od ziemi jest najmniejsza; zawsze więc istnieją warunki
ominięcia przewodów roboczych przez piorun.

W rzeczywistości warunki mogą być mniej korzystne,
ponieważ iskra nie musi rozwijać się po linii prostej, ale idąc
drogą powyginaną, łatwiej może trafić z boku w przewód
roboczy. W przypadku dwóch przewodów odgromowych z
dwóch stron stupa działanie osłonne jest bardziej doskonałe,
a sprawdzenie warunków geometrycznych przeprowadza się
według przedstawionych zasad.

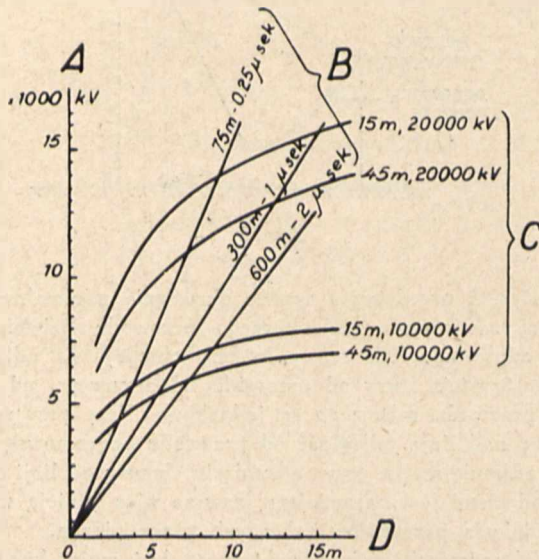
Warunek 2-gi.

Przy uderzeniu pioruna w przewód odgromowy między
2 słupami powstaje znaczne przebiecie między przewodem
odgromowym a ziemią, zależne od prądu i od oporności fa-
lowej linki wg. § 2. Przebieciu temu towarzyszy rozkład
pola, posiadający kształt przedstawiony na rys. 6 i odpo-
wiadający w przybliżeniu zależnościom elektrostatycznym.
Przewód roboczy w szybkim przebiegu falowym nie może
wpłynąć na rozkład pola wg. warunków napięciowych w od-
ległych punktach krańcowych, otrzymuje więc pod miejscem
uderzenia przebiecie, wynikające z rozkładu elektrostatycz-
nego.



Rys. 6.

Rys. 6 wskazuje, że szczególnie silne pole elektryczne występuje między przewodem odgromowym i przewodem roboczym. Grozi więc przeskok i związane z nim zwarcie z ziemią. Czynnikiem łagodzącym jest krótki czas trwania największego przepięcia, związany z drogą fal do najbliższych słupów i z drogą fal odbitych od słupów do miejsca uderzenia. Fale odbite silnie obniżają pierwotne przepięcie. Im mniejsza odległość międzysłupowa, tem krótszy czas trwania wielkiego przepięcia i tem większy spótczynnik impulsu wchodzi w grę dla powietrza między przewodem odgromowym i przewodem roboczym. Najgroźniejsze jest uderzenie w srodku odcinka międzysłupowego, gdyż wówczas droga fali do najbliższego słupa i spowrotem jest najdluzsza.



Rys. 7.

A — przepięcie między przewodem odgromowym a przewodem roboczym; D — wysokość przewodu odgromowego nad przewodem roboczym; B — charakterystyki wytrzymałości udarowej powietrza między przewodem odgromowym a przewodem roboczym dla różnych odległości międzysłupowych; C — Charakterystyki przepięcia między przewodem odgromowym a przewodem roboczym dla różnych wysokości przewodu roboczego nad ziemią i dla różnych przepięcia między linką odgromową a ziemią.

Rys. 7 przedstawia szereg zależności napięcia między przewodem odgromowym i roboczym od wysokości przewodu odgromowego nad roboczym. Jedna rodzina charakterystyk przedstawia wytrzymałość udarową powietrza przy różnych czasach przepięcia, a zatem przy różnych odległościach międzysłupowych; charakterystyki te są prostolinjowe. Druga rodzina krzywych przedstawia przepięcia między przewodem odgromowym i roboczym przy różnych przepięciach przewodu odgromowego względem ziemi, a zatem przy różnych prądach udarowych wg. § 2, oraz dla różnych wysokości przewodu roboczego nad ziemią. Kształt paraboliczny krzywych przepięciowych jest uzasadniony na rys. 6; ze wzrostem wysokości przewodu odgromowego nad roboczym przepięcie między przewodami rośnie znacznie mniej, niż proporcjonalnie.

Wytrzymałość udarowa powietrza powinna być większa od występującego w niem przepięcia, zatem punkt przepięcia krzywej przepięciowej i odpowiedniej prostej wytrzymałościowej daje minimalną wysokość przewodu odgromowego. Np. dla odległości międzysłupowej 300 m, dla przepięcia między przewodem odgromowym a ziemią 20 000 kV, czyli dla prądu uderzeniowego 80 kA, dla wysokości przewodu roboczego nad ziemią 15 m otrzymujemy z wykresu minimalną wysokość przewodu odgromowego około 15 m,

natomiast dla wysokości przewodu roboczego 45 m tylko około 12,5 m.

Ta różnica pochodzi stąd, że wyższy przewód roboczy jest słabiej sprzężony z ziemią, a silniej z przewodem odgromowym, dzięki czemu otrzymuje się mniejsze przepięcie między przewodami odgromowym i roboczym. Własność ta czyni przewód odgromowy dla najwyższych napięć gospodarczo korzystniejszym, niż dla niższych napięć, przy których przewód odgromowy wymaga stosunkowo znacznego zwiększenia wysokości słupów.

Przy stosowaniu wykresu z rys. 7 należy pamiętać o dodatkowym czynniku łagodzącym. Zmniejszenie odległości międzysłupowej ma wpływ nie tylko przez zmniejszenie czasu trwania największego przepięcia, lecz również przez obniżenie przepięcia. Prąd udarowy narasta bowiem z ograniczoną szybkością, długość czoła wynosi np. kilka mikrosekund. Fale odbite od słupów, przychodzące do punktu uderzenia po upływie czasu rzędu 1 mikrosekundy nie dopuszczają więc do powstania maksymalnego przepięcia jakie wystąpiłoby bez wpływu odbić. Np. przy prądzie 80 kA nie należy brać krzywej przepięciowej dla 20 000 kV, lecz dla tem mniejszego napięcia, im mniejsza odległość międzysłupowa. Prowadzi to do mniejszych wysokości przewodu odgromowego, np. około 5 m zamiast 10 ÷ 15 m.

W praktyce stosuje się przewód odgromowy często dla linii na najwyższe napięcia robocze (powyżej 100 kV), przy czym wysokości 3 ÷ 7 m dają dobre wyniki. Przy średnich napięciach roboczych trudno jest pogodzić dla przewodu odgromowego warunki techniczne z ekonomicznymi.

Warunek 3-ci. Oporność uziemieniowa słupa.

Przy uderzeniu pioruna w słup żelazny, lub drewniany z doprowadzonym uziemieniem do przewodu odgromowego, prąd uderzeniowy daje spadek napięcia na oporności uziemieniowej. Na słupie występuje więc przepięcie względem odległej ziemi. Przewód roboczy zaś jest sprzężony pojemnościowo z ziemią. Zatem izolator linjowy otrzymuje przepięcie między słupem a przewodem roboczym, co grozi przeskokiem i zwarcie przewodu roboczego z ziemią.

Pewne złagodzenie uzyskuje się dzięki działaniu linki uziemionej, która otrzymuje przepięcie słupa i przenosi pojemnościowo część tego napięcia na przewód roboczy. Napięcie między słupem a przewodem roboczym wynosi więc tylko część przepięcia słupowego.

Przepięcie na izolatorze nie powinno przekroczyć wytrzymałości udarowej izolatora, oporność uziemienia więc winna być mała. Im większy prąd udarowy bierze się w rachubę, tem ostrzejsze wypadają wymagania co do jakości uziemienia.

Dopuszczalne oporności uziemień wynoszą:

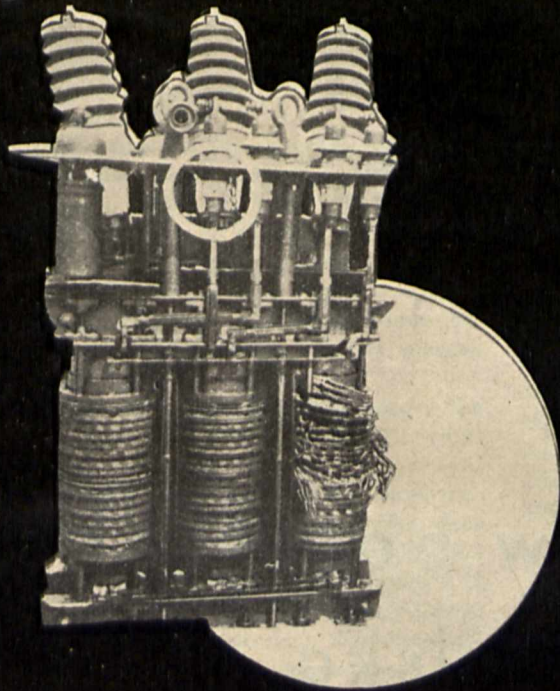
dla 220 kV — 10 ÷ 11 Ω dla 100 kA, 17 ÷ 18 Ω dla 60 kA
dla 30 kV — 3 ÷ 4 Ω dla 100 kA, 5 ÷ 7 Ω dla 60 kA

Im niższe napięcie, tem ostrzejsze wymagania uziemieniowe. Zatem i ten względ wskazuje na większe trudności zastosowania przewodu odgromowego przy średnich napięciach.

Przeciwwaga.

Niekiedy obniżenie oporności uziemienia słupa do 10 Ω przedstawia znaczne trudności. Wówczas zwiększenie bezpieczeństwa można uzyskać zapomocą przeciwwagi, czyli dłuższego systemu uziemieniowego, idącego od słupa najlepiej pod przewodami roboczymi. Przeciwwaga działa nie tylko przez swą oporność uziemieniową, lecz również przez sprzężenie pojemnościowe z przewodami roboczymi, na któ-

na przepięcia
i e d n a r a d a
—kup ochronnik zaworowy



—znikną szkody.

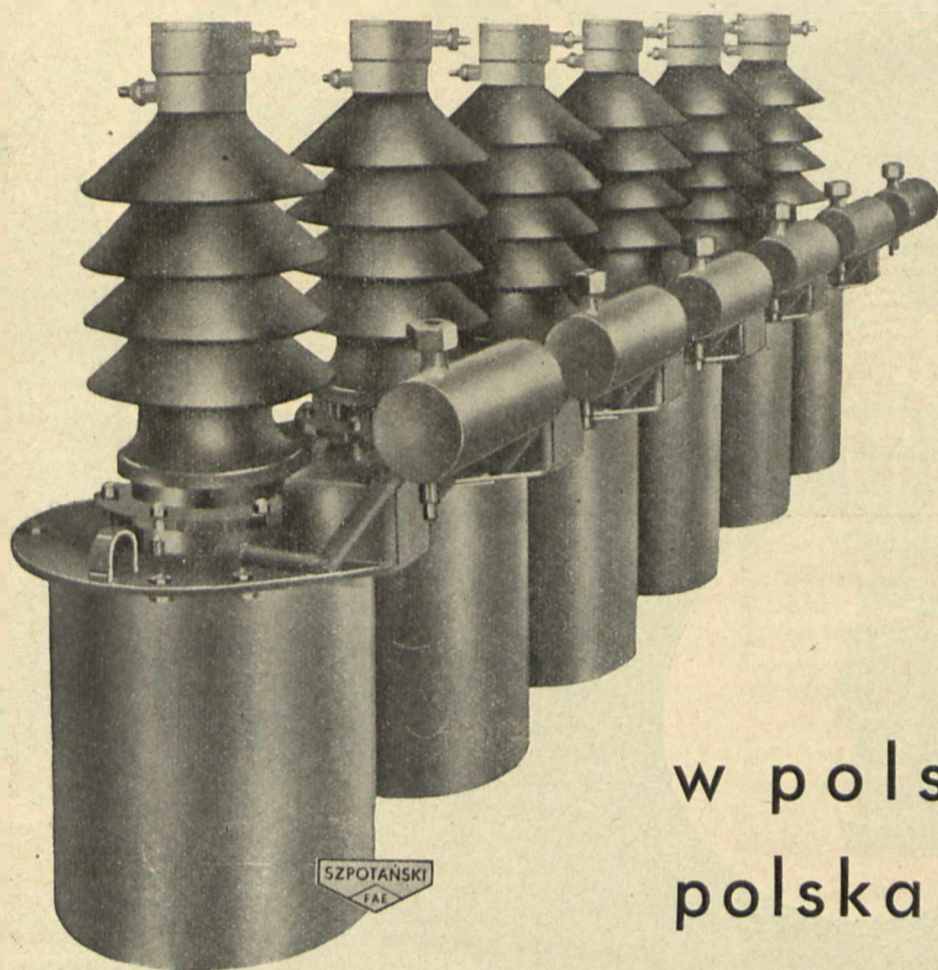
Oto przykłady uszkodzeń podane w Przegl. Elektr. Nr. 9 r. 1935 przy omawianiu statystyki Komisji Przepięciowej S. E. P. Każda burza na odcinku 100 km powodowała średnio ponad 200 zł strat bezpośrednich, nie uwzględniając przerw dostawy energii. W 11 sieciach w ciągu 10 miesięcy było ogółem 142 burz.

Czy nie warto się zabezpieczyć?

Praktyka wykazała również, że ochronniki nie oparte na właściwej zasadzie i nie poddane bardzo ostrym próbom nie tylko nie zabezpieczają, lecz zwiększają straty. Ochronniki zaworowe posiadają dobrą charakterystykę ochronną i są próbowane prądami rzędu bezpośredniego uderzenia piorunu. Broszury i bliższe informacje na żądanie.

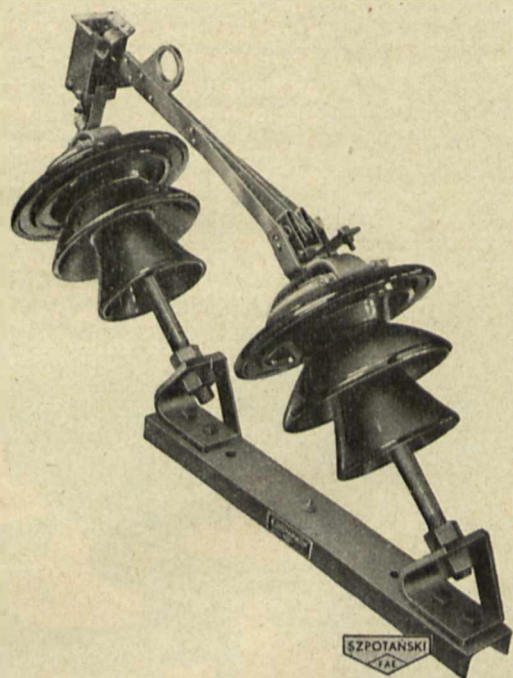


K. SZPOTAŃSKI i S-KA S. A.



w polskiej sieci
polska aparatura

Aparaty Fabryki K. Szpotański i S-ka S. A. pracują w całej Polsce. Odbiorcy są z nich zadowoleni i kupują je chętnie, bo wiedzą, że każdorazowo nabywają aparat odpowiadający wszystkim nowoczesnym wymaganiom. Fabryka nie żałuje na studia i próby stale ulepszając konstrukcje i śledząc wszystkie postępy w tej dziedzinie. Dla utrzymania wysokiej jakości swych wyrobów Fabryka zwraca bardzo dużą uwagę na metody i sposób produkcji i dobrem wykonaniem podnosi wartość konstrukcji. Nasi odbiorcy najlepiej mogą ocenić słuszność paradoksu: **„Aparat K. Szpotański i S-ka S. A. chociażby drożej kosztował – jest tańszy”**.



K. SZPOTAŃSKI i S-KA S. A.

rych otrzymuje się przepięcia bardziej zbliżone do słupa, przewodu odgromowego i przeciwwagi, dzięki czemu przepięcie na izolatorach wypada mniejsze.

Wydlużenie przeciwwagi powyżej 100 m nie daje już znacznej poprawy. Przy zbyt wielkich opornościach uziemień, np. powyżej 100 Ω przeciwwaga nie daje dostatecznego zabezpieczenia.

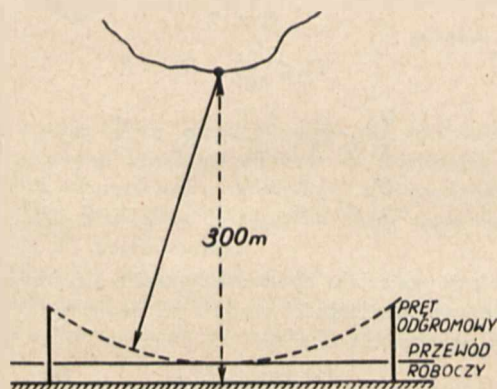
§ 7. Pręty odgromowe.

Pręty odgromowe ustawia się na słupach linjowych, lub na oddzielnych wspornikach obok linii. Celem jest odciągnięcie pioruna od przewodów roboczych, podobnie jak w przypadku przewodu odgromowego.

Warunek pierwszy przewodu odgromowego (§ 6) można zastosować również dla prętów odgromowych, których wysokość nad przewodami roboczymi musi zapewniać dostateczne działanie osłonne. Rys. 8 przedstawia sprawdzenie warunków geometrycznych w najgroźniejszym przypadku, gdy punkt wyjścia pioruna jest nad środkiem odcinka między dwoma prętami; podobnie jak dla przewodu odgromowego zakłada się wysokość punktu wyjścia pioruna nad ziemią 300 m.

Im większy odstęp między prętami odgromowymi, tem większa musi być ich wysokość. Pewna odległość i wysokość wypadają gospodarczo najkorzystniejsze.

Założenie przy projektowaniu prostoliniowej drogi pioruna nie daje zupełnego bezpieczeństwa, lecz tylko duże prawdopodobieństwo zabezpieczenia, gdyż w rzeczywistości kręta droga iskra może dać mniej korzystne warunki. W porównaniu z przewodem odgromowym pręty są mniej pewne nawet przy jednakowo ostrem projektowaniu warunków geometrycznych wg. rysunków 5 i 8, ponieważ stosunkowo



Rys. 8.

znaczny odstęp między prętami pozwala łatwiej krętej drodze pioruna ominąć pręty i uderzyć w przewód roboczy.

Warunek drugi przewodu odgromowego, związany z dużą odległością możliwego miejsca uderzenia pioruna od punktów uziemionych, odpada dla prętów odgromowych.

Warunek trzeci, określający oporności uziemień, jest ważny dla prętów na słupach linjowych. Natomiast dla prętów ustawionych obok linii warunek ten ma znacznie mniejszy wpływ. Można więc poprzestać na gorszych uziemieniach, co stanowi bardzo korzystną właściwość pod względem gospodarczym i przemawia za stosowaniem prętów odgromowych dla średnich napięć, gdy prawidłowy przewód odgromowy wypadalby zbyt kosztowny.

§ 8. Iskierniki koordynacyjne.

Jeśli niema osłony przewodem odgromowym lub prętami, albo też jeżeli osłona jest niedostateczna, to otrzymuje się groźne przepięcia na izolacji linjowej i stacyjnej. Wówczas nie można uniknąć wylądowań, dla których należy

przewidzieć odpowiednie miejsce, ażeby ograniczyć szkody. Iskierniki koordynacyjne służą do odprowadzania prądów udarowych poza izolatorami, transformatorami i aparatami, muszą więc mieć odpowiednio niższe charakterystyki napięciowo-czasowe (§ 4).

Iskierniki koordynacyjne są znane w różnych wykonaniach. Np. okucia przeciwlukowe izolatorów linjowych spełniają również rolę iskierników koordynacyjnych. Niektóre fabryki stosują na izolatorach przepustowych iskierniki prętowe. Oprócz najprostszych iskierników kulowych i prętowych opracowano bardziej skomplikowane konstrukcje o starannie wystudjowanych charakterystykach napięciowo-czasowych. Dobre opracowanie iskierników koordynacyjnych wymaga zbadania całej izolacji chronionej i odpowiedniego dostosowania iskierników, ażeby zabezpieczenie było zapewnione, a zarazem ażeby zbyt niskie napięcie zapłonu iskiernika nie powodowało za częstych zwarc.

Ze względu na wywoływanie wyłączeń przez iskierniki koordynacyjne słuszne jest stosowanie ich raczej jako dodatkowego zabezpieczenia ostatecznego. Np. w sieciach na najwyższe napięcia z prawidłowym przewodem odgromowym iskierniki koordynacyjne w rozdzielni działają tylko w bardzo rzadkich przypadkach, gdy piorun uderzy poza przewodem odgromowym w roboczy, lub gdy zbyt wielka oporność uziemienia wywoła przejście przepięcia ze słupa na przewód roboczy.

§ 9. Ochronniki ekspulsyjne.

Dla uniknięcia wyłączeń, wywoływanych przez iskierniki koordynacyjne, zastosowano szeregowe połączenie z bezpiecznikiem. Bezpiecznik musi być tak dobrany, aby przerwać prąd zwarcia przed zadziałaniem wyłącznika. Po spaleniu bezpiecznika iskiernik staje się jednak nieczynny.

Tej wady nie mają ochronniki ekspulsyjne, czyli iskierniki ochronne z samoczynnym gaszeniem łuku podobnym, jak w nowoczesnych wyłącznikach. Elektrody iskiernika są osłonięte rurą izolacyjną. Po przejściu prądu udarowego łuk prądu zmiennego zwiększa ciśnienie wewnątrz rury, powodując wypływ gazów przez odpowiednie otwory, studzenie i dejonizację. Odpowiedni materiał rur ma sprzyjać gaszeniu łuku.

Ten sposób gaszenia łuku jest prosty i tani, ale nie pozwala uzyskać niskiego stosunku napięcia zapłonu do napięcia gaszonego (roboczego). Dlatego wytrzymałość udarowa izolatorów chronionych musi znacznie przekraczać napięcie robocze, np. $6 \div 7$ krotnie. W przypadku izolatorów linjowych można często poprzestać na takim zabezpieczeniu, natomiast dla izolacji stacyjnej czułość ochrony jest za mała.

Drugą własnością, wynikającą ze sposobu wyłączania prądu zmiennego, jest ograniczony zakres prądów gaszonych. Przy pewnej średnicy rury ochronnik wyłącza prawidłowo prądy zmienne w pewnych granicach, których stosunek wynosi np. $6 : 1$. Przy zbyt wielkich prądach powstają za duże ciśnienia i ochronnik ulega uszkodzeniu, podobnie jak wyłącznik przy zbyt wielkiej mocy odłączanej. Przy zbyt małych prądach ciśnienie wypada za małe, słaby prąd gazów nie gasi łuku.

Własność ta jest bardzo niekorzystna dla sieci, w których prąd zwarcia zmienia się znacznie, zależnie od ilości przyłączonych prądnic. Należy też pamiętać o różnicy między prądem pojedynczego zwarcia z ziemią a prądem zwarcia międzyprzewodowego w sieciach z punktem zerowym nieuziemionym bezpośrednio.

Ochronniki ekspulsyjne nie są zupełnie trwałe, lecz po pewnej ilości zadziałań (kilku \div kilkudziesięciu), zależnej od siły uderzeń, niszczeją. Ochronniki ekspulsyjne prze-

puszczają przy uderzeniach piorunów prądy, wynoszące nawet kilkadziesiąt tysięcy amperów.

Ochronniki ekspulsyjne stosuje się często w liniach powietrznych równoległe do izolatorów, ażeby uniknąć przeskoków na izolatorach, uszkodzeń porcelany i wyłączeń prądu. Dobre zabezpieczenie izolacji linjowej wymaga stosowania ochronników na wszystkich słupach. Ten system ochrony zastępuje przewód odgromowy i jest niekiedy łatwiejszy dzięki możliwości poprzestania na gorszych uziemieniach (warunek 3-ci przewodu odgromowego wg. § 6).

§ 10. Ochronniki zaworowe.

Dla uzyskania mniejszego stosunku napięcia zapłonu do napięcia roboczego włącza się w szereg z iskiernikiem opornik, który ogranicza prąd zwarcia i ułatwia zgaszenie. Prąd udarowy daje na oporniku szeregowym spadek napięcia, który decyduje o ograniczeniu przepięcia przez ochronnik. W przypadku stałej oporności dostosowanej do warunków gaszenia ochronniki nie mogą obniżyć dostatecznie przepięć przy większych prądach udarowych (np. dawne ochronniki różkowe). Zmniejszenie stałej oporności przy zastosowaniu pomocniczych sposobów gaszenia łuku (np. zapomocą dodatkowych wyłączników, lub elektromagnetycznie), nie daje dobrej charakterystyki ochronnej nawet przy prądach fal wędrownych około 1 000 A, podczas gdy nowoczesne ochronniki zaworowe (katodowe i z materiałem o zmiennej oporności) dają dobre działanie nawet przy prądach bezpośredniego pioruna rzędu 10 000 A.

Własności oporników szeregowych mają większe znaczenie, niż sprawa opóźnienia zapłonu w iskiernikach. Dobre działanie iskiernika — niekiedy nawet bez opóźnienia uzyskuje się stosunkowo łatwo. Zresztą wszystkie elementy chronione mają także pewne opóźnienia wyładowania i współczynniki impulsu większe od 1, dzięki czemu niewielkie opóźnienia ochronników nie mają poważnego znaczenia.

Wyzyskanie spadku katodowego.

W wąskiej przerwie iskrowej (około 0,01 mm) przy ciśnieniu atmosferycznym, lub w większej przerwie przy rozrzedzeniu powietrza, znaczna część napięcia wyładowania przypada na spadek katodowy. Jeżeli elektrody nie są zbyt rozgrzewane i nie dają emisji cieplnej jonów, to spadek katodowy wynosi około 300 V. W szerokim zakresie prądów wyładowania spadek katodowy jest stały, a przy napięciu międzyelektrodowym mniejszym od spadku katodowego prąd wyładowania nie może płynąć.

Przy szeregowym połączeniu odpowiedniej ilości wąskich przerw iskrowych spadek katodowy pozwoliłby uzyskać bardzo dobrą charakterystykę ochronnika, mianowicie ograniczenie przepięcia niezależnie od wielkości prądu udarowego i natychmiastowe przerwanie prądu przy napięciu roboczym.

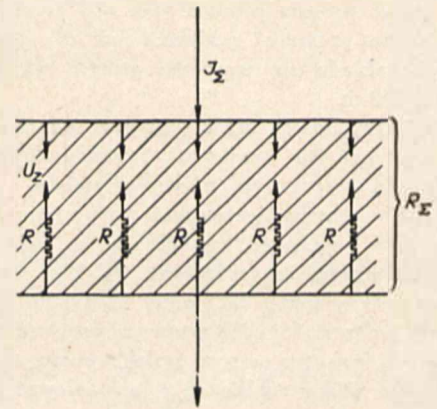
Przy zastosowaniu elektrod metalowych pewną trudność przedstawiają znaczne gęstości prądu w iskrze przy ciśnieniu atmosferycznym i nagrzewanie elektrod, co grozi emisją cieplną jonów i powstaniem niskonapięciowego łuku o zmniejszonym spadku katodowym. Dlatego w ochronnikach katodowych stosuje się wyładowania między krążkami z materiału oporowego, dzięki czemu prąd udarowy rozkłada się małymi iskiernikami na większą powierzchnię elektrody. Szczegół ten zbliża ochronniki katodowe do ochronników z materiałami o zmiennej oporności.

Nieznieształconą zasadę spadku katodowego spotykamy raczej w ochronnikach niskiego napięcia z rozrzedzonym gazem, przyczem mniejsze gęstości prądów wyładowania pozwalają na stosowanie elektrod metalowych.

Materiały o zmiennej oporności.

Zmienną oporność zawdzięcza się zjawiskom o charakterze wytrzymałościowym. Między kryształami lub w kanałkach materiału zjawiają się wyładowania tem gęściej, im większy przepływa prąd.

Płytkę z takiego materiału można wyobrazić sobie jako równoległe połączenie wielu iskierników, z których każdy ma opornik szeregowy (rys. 9). Jeżeli płytka przepuszcza niewielki prąd, to zapala się tylko jeden iskiernik, gdyż spadek napięcia na oporniku szeregowym jest tak mały, że w innych iskiernikach napięcie nie wystarczy do wywołania zapłonu. Przy większym prądzie spadek napięcia na pierwszym oporniku szeregowym przewyższa napięcie zapłonu dalszych iskierników; wyładowania powstają w tem większej ilości iskierników, im większy prąd. Oporność wypadkowa działających oporników maleje więc ze wzrostem prądu.



Rys. 9.

$$I_z \leq \frac{U_z}{R}, \quad R_z = R.$$

$$\frac{U_z}{R} < I_z \leq \frac{2 U_z}{R}, \quad R_z = \frac{1}{2} R.$$

$$\frac{2 U_z}{R} < I_z \leq \frac{3 U_z}{R}, \quad R_z = \frac{1}{3} R \quad \text{i t. d.}$$

Jakość materiału oporowego określa się przez wykładnik potęgowy k zależności prądu I od napięcia U , lub oporności R od napięcia U :

$$I = \text{const} \cdot U^k,$$

$$R = \frac{1}{\text{const} \cdot U^{k-1}}.$$

Przy ocenie materiału należy pamiętać o różnicy wykładników w tych 2 wzorach: k , oraz $(k-1)$. Wykładniki k stosowanych materiałów wynoszą np. 3,5, a nawet więcej. Niekiedy podaje się wykładnik nie dla samego materiału, lecz dla gotowego ochronnika (także katodowego).

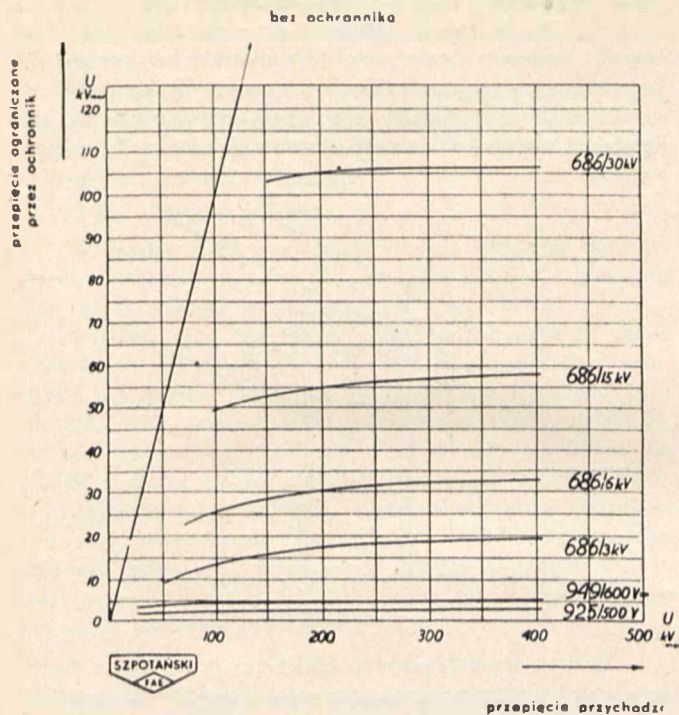
Próby ochronników.

1) Próby prądem zmiennym mają na celu kontrolę napięcia zapłonu iskiernika, które reguluje się zwykle na około 2-krotne napięcie nominalne, oraz sprawdzenie obudowy izolacyjnej, czy nie zagraża przeskok po izolacji równoległe do iskiernika, lub równoległe do słupa oporowego, co uniemożliwiłoby prawidłowe zgaszenie.

2) Próby robocze, czyli gaszenia, wykonuje się przy nakładaniu fal udarowych na prąd zmienny. Źródło prądu zmiennego musi mieć znaczną moc, aby oporność wewnętrzna źródła zbyt nie ułatwiała ochronnikom zgaszenia prądu zmiennego po odprowadzeniu prądu udarowego. Stosuje się prądy udarowe rzędu 1 000 A dla odtwarzania fal węd-

drownych i rzędu 10 000 A dla bliskiego bezpośredniego pioruna.

3) Charakterystyki ochronne zdejmuje się przy próbach falami udarowymi, odtwarzając warunki przepięciowe w sieciach i sprawdzając, jak ochronnik obniża przepięcie. Próby te wykonano pierwotnie dla prądów rzędu 100 i 1 000 A, czyli w warunkach fal wędrownych, określając charakterystyki przepięcia ograniczonego przez ochronnik w zależności od przepięcia przychodzącego do rozdzielni. Rys. 10 przed-



Rys. 10.

stawia szereg takich charakterystyk dla rozdzielni przelotowej; przebiegi krzywych zbliżone do poziomych świadczą o dobrych własnościach ochronników; dla rozdzielni końcowych dobre ochronniki dają prawie takie same charakterystyki, jak dla przelotowych.

Następnie próby rozciągnięto na większe prądy, rzędu 10 000 A, co odpowiada największym prądom zarejestrowanym w ochronnikach, pracujących w sieciach (rys. 11).

Wytrzymałość, trwałość i zastosowanie.

Wytrzymałość ochronników zależy od własności materiałów i od wymiarów. W związku z przechodzeniem przez ochronniki znacznego choć krótkotrwałego prądu przy napięciu obniżonym wydziela się energia, która nagrzewa głównie słup oporowy. Masa słupa oporowego decyduje przy pewnym cieple właściwym o wzroście temperatury. Zatem średnica i wysokość ochronnika są miarą jego wytrzymałości termicznej na wielkie prądy udarowe.

W przypadku wielkich prądów udarowych grozi nie tylko zbytne nagrzanie słupa oporowego, lecz również przeskok powierzchniowy, jeżeli zjawiska wewnątrz materiału oporowego nie obniżą dostatecznie przepięcia. Wysokość słupa oporowego świadczy o wartości ochronnika pod tym względem.

Szczelność ochronników zaworowych jest bardzo ważna, gdyż wilgoć powoduje uszkodzenia. Ochronniki zaworowe są znacznie trwalsze od ekspulsyjnych; po próbie roboczej np. ze 100 falami udarowymi ochronniki zaworowe są jeszcze zupełnie zdadne do użytku. Również obniżanie przepięć jest znacznie korzystniejsze, dzięki czemu łatwo dosto-

sować ochronniki zaworowe do izolacji stacyjnej. Dla zabezpieczenia linii napowietrznych nie stosuje się ochronników zaworowych, ponieważ ustawianie na każdym słupie byłoby związane ze zbyt wielkimi kosztami.

§ 11. Kondensatory i odcinki kabli.

Kondensator musiałby mieć bardzo znaczną pojemność, ażeby skutecznie obniżyć amplitudy przepięć, jak to czynią ochronniki zaworowe. Ze względów gospodarczych w rachubę wchodzi raczej kondensatory mniejsze, stosowane dla łagodzenia czoła fali. Zmniejszenie stromości czoła jest ważne w przypadku maszyn wirujących, w których silne sprzężenie pojemnościowe z ziemią w żłobkach powodują znaczne przepięcia międzyzwojowe. Zasilania linii napowietrznych przez prądnice bez pośrednictwa transformatorów najczęściej unika się jednak.

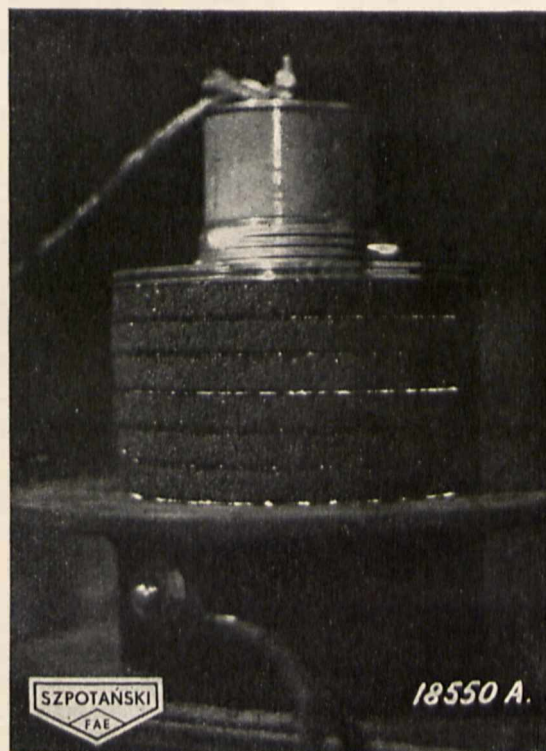
Kondensatory ochronne łączy się w gwiazdę z uziemionym zerem. Zaleca się pojemności około $1 \mu F$ dla niskich napięć (do 1 kV), około $0,1 \mu F$ dla średnich napięć (do 30 kV). Obok kondensatora stosuje się ochronnik zaworowy dla obniżania amplitudy i dla zabezpieczenia nie tylko aparatów chronionych, lecz również kondensatora.

Pewne znaczenie pod względem gospodarczym może mieć poprawa współczynnika mocy jako dodatkowe zadanie kondensatorów.

Odcinek kablowy między linią napowietrzną a rozdzielnią działa w wyniku szeregu odbić drobniejszych fal jak kondensator o równoważnej pojemności.

§ 12. Szeregowe pochłaniacze fal.

Dla łagodzenia stromości czoła fali stosowano również dławiki, włączane szeregowo między linią a rozdzielnią. Dławiki mają jednak poważne wady: spiętrzają ze strony linii przychodzące przepięcie, sprzyjając powstawaniu wyładowań na izolatorach linijowych, oraz grożą przepięciami oscylacyjnymi i rezonansowymi przy pewnej grze indukcyjności dławika z pojemnościami szyn zbiorczych, transformatorów i aparatów.



Rys. 11.

Dlatego indukcyjność dławika uzupełniono opornością omową, która tłumi oscylacje i pochłania trochę energii udarowej. Takie szeregowe pochłaniacze fal łagodzą czoło fali, podobnie jak kondensatory, ale na amplitudę mają wpływ nieznaczny.

III. SYSTEMY OCHRONY PRZECIWPRIĘCIOWEJ.

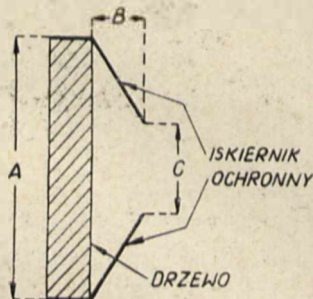
§ 13. Ochrona linii napowietrznych, sprawa słupów drewnianych.

Słupy żelazne stosuje się zwykle w ważnych linjach przesyłowych na najwyższe napięcia. Ciągłość dostawy prądu jest w tych przypadkach bardzo doniosła. Dlatego linie te zabezpiecza się od przeskoków na izolatorach najczęściej zapomocą przewodu odgromowego, w ważniejszych przypadkach podwójnego, lub zapomocą ochronników ekspulsyjnych. Oba sposoby ochrony pozwalają nie tylko uniknąć częstych zwarć na izolatorach i wyłączeń, lecz również ograniczają przepięcia, które przychodzą z sieci do rozdzielni.

Poglądy w sprawie słupów drewnianych jeszcze do niedawna nie były uzgodnione: czy należy wyzyskiwać znaczną wytrzymałość udarową drzewa, wynoszącą 400 do 600 kV/m i niezależną prawie od wilgoci, w celu uniknięcia przeskoków na izolatorach linjowych, zwarć i wyłączeń, czy też należy zrezygnować z tej dodatkowej izolacji i uziemiać trzony izolatorów, ażeby ograniczyć przepięcia przychodzące z sieci do rozdzielni. Rozstrzygnąć to zagadnienie można tylko przy rozpatrzeniu całego systemu ochronnego i warunków ciągłości dostawy prądu.

a) Przy odrzuceniu uziemień trzonów izolatorowych wyzyskuje się drzewo dla zwiększenia udarowej wytrzymałości izolacji względem ziemi i międzyprzewodowej. Wynikiem jest mniej przebiegów izolatorów linjowych, mniej zwarć i wyłączeń przy burzach, ale przy silnych uderzeniach słupy ulegają rozbijaniu, a poza tym do rozdzielni przychodzą z sieci groźniejsze przepięcia. Zastosowanie ochronników w rozdzielniach czyni ten system korzystniejszy dla linii o średnim znaczeniu, ponieważ oba warunki ochrony wg. § 3 są dość dobrze spełnione, a wypadki uszkodzeń słupów występują tylko przy najsilniejszych, bezpośrednich uderzeniach piorunów.

Dla zabezpieczenia drzewa od rozszczępienia można stosować iskierniki ochronne wg. zasady przedstawionej na rys. 12. Taki iskiernik koordynacyjny musi mieć odpowiedni odstęp między elektrodami, ażeby przeskok w iskierniku zapewniał zabezpieczenie drzewa, oraz powinien mieć odpowiednie odległości końców elektrod od drzewa, ażeby wyładowanie od elektrod do drzewa nie mogło wystąpić przed przeskokiem międzyelektrodowym. Wskazówki geometryczne są podane na rys. 12, przy czym liczby podkreślone dają



Rys. 12.

C	<u>1</u>	<u>1</u>
A	<u>3</u>	<u>2</u>
B	<u>1</u>	<u>1</u>
A	<u>5</u>	<u>6</u>

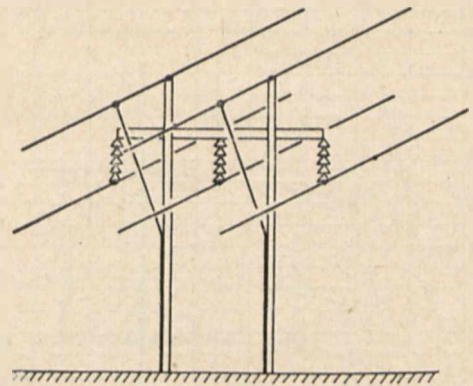
większe bezpieczeństwo. Zastosowanie iskierników ochronnych byłoby jednak dla wielu słupów z wyzyskaniem drzewa między fazami i względem ziemi skomplikowane.

b) Uziemiaenie trzonów izolatorowych zmniejsza przepięcia przychodzące z linii do rozdzielni i pozwala uniknąć rozszczępienia słupów. Natomiast przeskoki na izolatorach,

zwarcia z ziemią i międzyfazowe są stosunkowo częste. W przypadku sieci z kompensacją prądu zwarcia z ziemią ta ujemna strona jest trochę złagodzona. System słupów drewnianych z uziemionymi trzonami jest odpowiedni tylko dla mniej ważnych odgałęzień sieci, kiedy częste wyłączenia prądu są niezbyt szkodliwe, a ochronniki zaworowe w podstacji byłyby nieekonomiczne.

Przy zastosowaniu ochronników ekspulsyjnych równolegle do izolatorów linjowych system b) daje dobre warunki pracy również dla ważnych linii przesyłowych.

c) Dla ważnych linii przesyłowych odpowiedni jest również system z przewodem odgromowym lub prętami odgromowymi na wspornikach drewnianych. Unika się w ten sposób uszkodzeń słupów, a zarazem zabezpiecza się rozdzielnie i usuwa konieczność stosowania ochronników zaworowych.



Rys. 13.

Rys. 13 przedstawia słup drewniany portalowy z dwoma przewodami odgromowymi. Izolacja drewniana jest częściowo wyzyskana dzięki prowadzeniu uziemień przewodów odgromowych w odpowiedniej odległości od słupów. Dzięki wzmocnieniu izolacji linjowej drzewem, można dopuścić większe oporności uziemień, niż w przypadku słupów żelaznych wg. warunku 3-ciego z § 6. Tę zaletę drzewa można wyzyskać również w przypadku słupów żelaznych, stosując nad właściwym słupem żelaznym wspornik drewniany dla przewodu odgromowego i uziemiając przewód odgromowy zdala od słupa. Warunki 1-szy i 2-gi z § 6 zachowują swą moc również dla słupów drewnianych.

Wyzyskanie izolacji drewnianej jest możliwe również w przypadku prętów odgromowych, które stawia się na słupach linjowych na dodatkowych wspornikach drewnianych, a uziemiaenia doprowadza się w pewnej odległości od słupów.

§ 14. Zabezpieczenie rozdzielni.

Transformatory i aparaty wymagają czulej ochrony przeciwprzepięciowej iskiernikami koordynacyjnymi lub ochronnikami zaworowymi. Iskierniki powodują przy działaniu wyłączenie prądu, są więc odpowiednie tylko jako dodatkowe zabezpieczenie np. przy zastosowaniu w sieci przewodów odgromowych, które prawie wyłączają możliwość zadziałania iskierników.

Ochronniki zaworowe stanowią lepsze zabezpieczenie i znajdują częste zastosowanie szczególnie w rozdzielniach średnio i niskonapięciowych. Ochronniki należy włączać u wejścia linii napowietrznej do rozdzielni. Ochronnik włączony daleko od punktu przyjscia przepięcia do rozdzielni (np. 10 m) zabezpiecza mniej pewnie aparaty dołączone bliżej linii. Uzwojenia szeregowe, np. transformatorów prądowych między ochronnikami a linią wpływają bardzo źle na skuteczność ochrony.

Dla zwiększenia pewności ochrony korzystne jest unie możliwienie przejścia przez ochronnik pełnego prądu pioru-

na, szczególnie w przypadku ochronników niepoddawanych próbom udarowym rzędu 10 000 A. W tym celu osłania się odcinek linii o długości 100 — 1 000 m. przed rozdzielnią przewodem odgromowym z dobrymi uziemieniami, a w miejscu wyjścia przewodów roboczych z pod przewodu odgromowego ze strony linii stosuje się słabsze izolatory z uziemionymi trzonami, iskierniki lub ochronniki ekspulsyjne. Można też osłonić odcinek linii prętami odgromowymi.

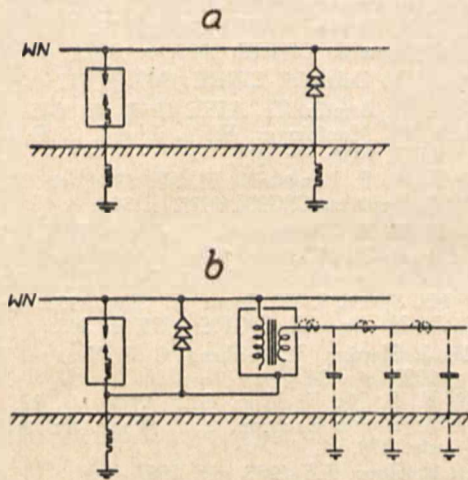
W przypadku maszyn wirujących dołączonych bezpośrednio do sieci napowietrznych pożądane są kondensatory lub szeregowo pochlaniacze fal oprócz ochronników zaworowych.

Rozdzielnię osłania się przewodami lub prętami odgromowymi, gdyż w przypadku uderzenia pioruna w część rozdzielni odległą od ochronników zaworowych nie można liczyć na ich działanie ochronne.

§ 15. Sprawa uziemień.

W rozdzielniach stosuje się albo 1) oddzielne uziemienia dla ochronników, oraz dla korpusów maszyn i aparatów, albo też 2) wspólne uziemienie.

System 1-szy jest dobry jeżeli można uzyskać dobre uziemienia. Im niższe napięcie, tem lepsze musi być uziemienie ochronnika, ażeby spadek napięcia na oporności przy największych prądach udarowych, nawet rzędu 10 000 A, nie psuł działania ochronnego. Rys. 14-a wskazuje, że ten spadek napięcia zwiększa przepięcie między zaciskami wysokonapięciowymi izolatorów, transformatorów i aparatów, a trzonami i korpusami, posiadającymi inne uziemienie. Np. niewielka oporność 1 Ω daje przy 20 000 A spadek 20 kV, który szczególnie przy niższych napięciach roboczych może zniweczyć działanie ochronne.



Rys. 14.

System 2-gi pozwala uniknąć tego szkodliwego wpływu oporności uziemienia (rys. 14-b). Izolacja wysokonapięciowa otrzymuje tylko przepięcie ograniczone przez sam ochronnik bez spadku napięcia na oporności uziemienia. Natomiast ten spadek napięcia występuje na uziemionych częściach transformatorów względem odległej „rzeczywistej” ziemi. Jeżeli uzwojenie niskonapięciowe jest silnie sprzężone z tą odległą ziemią, np. pojemnościowo, to między niem a korpusem może nastąpić przepięcie zbyt wielkie dla izolacji niskonapięciowej. Obwody wtórne transformatorów prądowych i napięciowych nie są narażone na niebezpieczeństwo, jeżeli system uziemiony stacyjny stanowi jedną dobrze połączoną całość, a obwody miernicze nie wychodzą poza rozdzielnię. Natomiast przypadek transformatorów siłowych z obwodami niskiego napięcia wychodzącymi z rozdzielni wymaga zabezpieczenia ochronnikami zaworowymi niskonapięciowymi w rozdzielni i przy odległych odbiornikach, choć-

by linie były kablowe. Taki system uziemieniowy jest dobry i szczególnie dla niższych napięć tańszy od prawidłowego systemu 1-szego.

Badania statystyczne nad bezpieczeństwem transformatorów rozdzielczych ze średniego na niskie napięcie z dobrze uziemionym punktem zerowym niskonapięciowym wykazały zalety systemu 2-giego. Dołączenie uziemienia ochronnika wysokonapięciowego do uziemionego wtórnego przewodu zerowego daje zmniejszenie liczby zakłóceń po stronie wysokiego napięcia dzięki poprawie uziemienia, a po stronie niskiego napięcia nie powoduje zakłóceń.

Sprawa uziemień w liniach napowietrznych została przedstawiona w § 6, § 7, § 9 i w § 13.

Przekroje przewodów uziemających i odgromowych powinny być dostosowane do najostrzejszych warunków udarowych. Przekrój miedzi 10 mm², żelaza 25 mm² okazuje się pod tym względem dostateczny. Przepisy wymagają czasem większych przekrojów (np. w Niemczech miedź 16 mm², żelazo 35 mm², w U.S.A. miedź 30 mm², żelazo 60 mm²). Należy zwrócić uwagę również na obciążenie prądami zwarcia z ziemią lub międzyprzewodowego, np. w przypadku iskierników koordynacyjnych i uziemień trzonów izolatorów.

§ 16. Zestawienie stosowanych systemów ochronnych.

a) Najwyższe napięcia robocze (> 60 kV).

Duże znaczenie ciągłości dostawy prądu usprawiedliwia w przypadku słupów żelaznych stosowanie osłony prętami odgromowymi (§ 7) albo lepiej przewodem odgromowym (§ 6). Dla zwiększenia bezpieczeństwa stosuje się podwójny przewód odgromowy. Jeżeli uzyskanie odpowiednich uziemień (§ 6, warunek 3-ci) przedstawia wielkie trudności, to stosuje się przeciwwagę (§ 6), lub izolację drewnianą między przewodem odgromowym a słupem (§ 13, system c).

Zamiast osłony przewodem odgromowym stosuje się ochronniki ekspulsyjne równoległe do izolatorów linjowych.

W przypadku słupów drewnianych ciągłość pracy przemawia raczej za systemem z osłoną (§ 13c), lub bez osłony, lecz z ochronnikami ekspulsyjnymi (§ 13b), niż za systemem bez osłony i z wyzyskaniem izolacji drewnianej (§ 13a).

Jeżeli sieć jest osłonięta, to ochronniki zaworowe nie są konieczne w rozdzielniach, gdyż prawie nigdy nie mają sposobności do działania. Bardziej uzasadnione pod względem gospodarczym są iskierniki koordynacyjne.

b) Średnie napięcia (< 60 kV).

Ciągłość pracy zwykle nie jest tak ważna, jak przy najwyższych napięciach. Dlatego często można poprzestać na systemie słupów drewnianych z wyzyskaną izolacją drewnianą i bez osłony (§ 13a). Wówczas konieczne jest stosowanie w rozdzielniach ochronników zaworowych, które dla średnich napięć są technicznie i gospodarczo zupełnie odpowiednie.

W wyjątkowych przypadkach bardzo ważnych linii przesyłowych lub bardzo burzliwego terenu stosuje się słupy drewniane z osłoną (§ 13c), lub system z uziemionymi trzonami izolatorów i z ochronnikami ekspulsyjnymi (§ 13b). Wówczas w rozdzielniach można zastępować ochronniki zaworowe tańszymi iskiernikami koordynacyjnymi.

Dla odgałęzień sieciowych o małym znaczeniu można poprzestać na małej pewności dostawy prądu przy systemie z uziemionymi trzonami izolatorów, bez ochronników ekspulsyjnych i bez osłony (§ 13b). Przy odpowiednim dostosowaniu izolacji linjowej i stacyjnej można wówczas również zrezygnować z ochronników zaworowych w podstacji.

Przypadek słupów żelaznych daje podobne warunki, jak uziemienie trzonów izolatorowych na słupach drewnianych, zatem niebezpieczeństwo częstych wyłączeń, których

można uniknąć przez zastosowanie osłony odgromowej (§ 6 i § 7) lub ochronników ekspulsyjnych (§ 9).

Zwiększenie bezpieczeństwa w rozdzielniach z ochronnikami zaworowymi uzyskuje się przez osłonę odgromową odcinka linii przed rozdzielnią (§ 14). W przypadku maszyn wirujących stosuje się oprócz ochronników zaworowych dodatkowo kondensatory, odcinki kablowe (§ 11), lub szeregowo pochłaniacze (§ 12).

c) Niskie napięcie.

Przy niskim napięciu przeważają słupy drewniane. Przewód odgromowy, pręty odgromowe i ochronniki ekspulsyjne są zwykle wyłączone przez względy gospodarcze. Izolatory linjowe mają tak duże odstępy w porównaniu z napięciem roboczym, że po przeskoku udarowym prąd zmienny może zgasnąć bez zadziałania wyłączników. Zatem uzziemienie trzonów izolatorowych (§ 13b) jest korzystne, gdyż pozwala odprowadzać prądy udarowe do ziemi bez przerywania dostawy prądu.

Nie jest to jednak dostatecznym zabezpieczeniem aparatów rozdzielczych i odbiorczych, ponieważ napięcia przeskoku izolatorów linjowych niskiego napięcia znacznie przewyższają wytrzymałość silników, liczników, aparatów instalacyjnych i t. d. Dlatego pożądane jest zabezpieczenie każdego odgałęzienia rozdzielczego i odbiorczego ochronnikami zaworowymi.

§ 17. Czynniki poza właściwą ochroną przeciwprzebiegiową.

Przy budowie nowych linii dążymy do omijania miejsc szczególnie często nawiedzanych przez burze. Dla tego celu można korzystać z danych statystycznych, z pomiarów zawartości jonów w powietrzu (§ 1) i z przewidywań, związanych z charakterem terenu. Pewne okolice, a nawet całe kraje są szczególnie korzystne dla linii napowietrznych, co może rozstrzygać o wyborze mniej doskonałych, lecz tańszych systemów ochronnych.

Współpraca elektrowni ze stacjami meteorologicznymi pozwala na wcześniejsze przygotowania przed burzą, dzięki czemu skracają się przerwy dostawy prądu w przypadku wyłączenia.

Ten sam cel skłania do stosowania wyłączników z samoczynnym załączaniem powrotnym po wyłączeniu automatycznym.

Stosowanie dławików lub transformatorów kompensujących i gaszących prąd zwarcia z ziemią (Petersen, Bauch) pozwala na szybkie usunięcie skutków wylądowania udarowego w izolacji linjowej, jeżeli to wylądowanie zachodzi tylko w jednej fazie.

LITERATURA *).

Skróty:

- AE — Archiv für Elektrotechnik.
 BASE — Bulletin Association Suisse des Electriciens.
 CIE — Congrès International d'Electricité.
 CIGRE — Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques.
 El. Eng. — Electrical Engineering.
 El. W. — Electrical World.
 ETZ — Elektrotechnische Zeitschrift.
 GER — General Electric Review.
 PE — Przegląd Elektrotechniczny.
 RGE — Revue Générale de l'Electricité.
 Tr. AIEE — Transactions American Institute of Electrical Engineers.
 WWSK — Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern.

- Ogólne. 1. W. W. Lewis. CIGRE 1933, r. 73.
 2. Ch. Ledoux. CIGRE 1933, r. 74.

*) Bez dawniejszych publikacji i nawet dla ostatnich lat niekompletna.

3. A. Matthias. CIGRE 1933, r. 107.
 4. K. Kuhn. CIGRE 1935, r. 332.
 Do § 1. 5. E. Mathias. CIE 1932, t. XII, str. 197.
 6. C. Dauzère. CIE 1932, t. XII, str. 169.
 7. L. Bogoiavlensky, M. Chatelain. CIE 1932, t. XII, str. 187.
 8. C. Dauzère. CIGRE 1933, r. 74.
 9. C. Dauzère. CIGRE 1935, r. 311.
 10. I. Stekolnikov. CIGRE 1935, r. 318.
 Do § 2. 11. C. M. Foust, H. P. Kuehni. GER 1932, str. 644.
 13. H. Grünewald. ETZ 1934, str. 505, 536.
 14. K. Berger. BASE 1934, str. 213.
 15. C. M. Foust, J. T. Henderson. El. Eng. 1935, str. 373.
 16. H. Zaduk. ETZ 1935, str. 475.
 Do § 4. 17. V. M. Montsinger. El. Eng. 1935, str. 1300.
 18. L. E. Machkilleisson. CIGRE 1935, r. 226.
 19. R. Davis, W. A. Standring, A. W. Bowlder. CIGRE 1935, r. 304.
 Do § 5. 20. W. A. McMorris, J. H. Hagenguth. GER 1930, str. 558.
 21. K. K. Palueff. El. Eng. 1931, str. 664.
 22. K. K. Palueff, J. H. Hagenguth. Tr. AIEE 1932, str. 601.
 23. H. V. Putman. Tr. AIEE 1932, str. 580.
 24. G. Frühauf. CIGRE 1932, t. V, str. 939.
 25. F. J. Vogel. Tr. AIEE 1933, str. 411.
 26. F. J. Vogel. CIGRE 1935, r. 138.
 27. G. Frühauf. CIGRE 1935, r. 137.
 28. V. A. Karassev. CIGRE 1935, r. 121.
 29. K. Berger. BASE 1927, str. 657.
 30. E. Reimann. WWSK 1928-29, z. 2, str. 31.
 31. E. Reimann. WWSK 1929-30, z. 3, str. 1.
 Do § 6. 32. F. W. Peek. CIGRE 1931, r. 56.
 33. H. Müller. CIGRE 1933, r. 66.
 34. L. V. Bewley. El. W. 1934, str. 397.
 35. C. L. Fortescue, F. D. Fielder. El. Eng. 1934, str. 1116.
 36. L. V. Bewley. El. Eng. 1934, str. 1163.
 37. L. V. Bewley. GER 1934, str. 73.
 38. Grünevald. CIGRE 1935, r. 326.
 Do § 7. 39. A. M. Zalesski. CIGRE 1935, r. 317.
 Do § 8. 40. A. O. Austin. Tr. AIEE 1932, str. 676.
 41. V. M. Montsinger, W. L. Lloyd, J. E. Clem. Tr. AIEE 1933, str. 417.
 42. H. A. P. Langstaff. El. W. 1934, str. 27.
 43. M. Barrère. CIGRE 1935, r. 303.
 Do § 9. 44. K. B. Mc Eachron, I. W. Gross, H. L. Melvin. — Tr. AIEE 1933, str. 884.
 45. A. M. Opsahl, J. J. Torck. Tr. AIEE 1933, str. 895.
 46. Ph. Sporn, I. W. Gross. El. Eng. 1935, str. 66.
 47. A. M. Opsahl. CIGRE 1935, r. 343.
 Do § 10. 48. J. Slepian, R. Tanberg, C. E. Krause. Tr. AIEE 1930, str. 34.
 49. K. B. Mc Eachron. GER 1930, str. 92.
 50. K. B. Mc Eachron, E. I. Wade. Tr. AIEE 1931, str. 479.
 51. L. Heer. AE 1933, str. 196.
 52. D. Müller-Hillebrand. ETZ 1934, str. 733.
 53. Ch. Ledoux. RGE 1934, str. 413.
 54. Ch. Ledoux. CIGRE 1935, r. 316.
 55. S. Teszner. CIGRE 1935, r. 325.
 56. D. Müller-Hillebrand. AE 1935, str. 513.
 57. D. Müller-Hillebrand. CIGRE 1935, r. 319.
 58. J. Kopeliowitch, P. Fourmarier. CIGRE 1935, r. 353.
 59. ETZ 1933, str. 115.
 60. BASE 1935, str. 243.
 61. C. Berger. CIGRE 1935, r. 350.
 62. A. Blaha. CIGRE 1935, r. 310.
 63. A. M. Opsahl. El. Eng. 1935, str. 200.
 64. K. B. Mc Eachron, W. A. Mc Morris. El. Eng. 1935, str. 1395.
 Do § 11. 65. R. Mayer, A. Segall. RGE 1933, str. 190.
 66. ETZ 1934, str. 17. Streszczenie: Lundholm.
 67. W. J. Rudge, R. W. Wiesemann, W. W. Lewis. Tr. AIEE 1933, str. 434.
 68. J. F. Calvert. El. Eng. 1934, str. 139.
 69. H. Neuhaus, R. Strigel. AE 1935, str. 702.
 Do § 12. 70. E. T. Norris. CIGRE 1933, r. 81.
 71. E. T. Norris. CIGRE 1935, r. 305.

Do § 13. 72. St. Gieszczykiewicz. PE 1934, str. 187.
73. N. N. Krachkowsky. CIGRE 1935, r. 313.

Do § 14. 74. El. Eng. 1933, str. 394.
75. K. K. Palueff, J. H. Hugenguth. Tr. AIEE 1933, str. 954.
76. K. B. Mc Eachron. GER 1934, str. 364.
77. P. L. Bellaschi, F. J. Vogel. El. Eng. 1934, str. 870.
78. K. B. Mc Eachron. CIGRE 1935, r. 334.

Do § 15. 79. C. Francis Harding, C. S. Sprague. Tr. AIEE 1932, str. 234.
80. K. B. Mc Eachron, L. Saxon. Tr. AIEE 1932, str. 239.
81. A. M. Opsahl, A. S. Brookes, R. N. Southgate. Tr. AIEE 1932, str. 245.
82. D. W. Roper. Tr. AIEE 1932, str. 252.
83. T. H. Haires, C. A. Corney. Tr. AIEE 1932, str. 259.
84. H. A. Dambly, H. N. Ekvall, Howard S. Phelps. Tr. AIEE 1932, str. 265.
85. H. Halperin, K. B. Mc Eachron. El. Eng. 1934, str. 33.

86. J. M. Flanigen. El. Eng. 1935, str. 1400.
87. P. L. Bellaschi. El. Eng. 1935, str. 837.

Do § 16a. 88. M. Neustätter. CIGRE 1933, r. 91.
89. W. W. Lewis, C. M. Foust. El. Eng. 1934, str. 1180.
90. Werner Zwanziger. ETZ 1935, str. 474.
91. W. W. Lewis, C. U. Foust. El. Eng. 1935, str. 934.
92. H. Neuhaus. ETZ 1935, str. 313.
93. E. Bell. El. Eng. 1934, str. 1188.
94. Ph. Sporn, J. W. Gross. El. Eng. 1934, str. 1195.

Do § 16b. 95. H. Müller. ETZ 1933, str. 225.
96. D. Müller-Hillebrand. ETZ 1934, str. 133.
97. K. J. Archangelsky, G. T. Tretyak, A. M. Zalesky. CIGRE 1935, r. 336.

Do § 16c. 98. A. Roth. BASE 1934, str. 93.
Do § 17. 99. G. Viel. CIGRE 1935, r. 307.
100. R. Gibrat. CIGRE 1935, r. 314.
101. Y. Kodaire, K. Takasawa. CIE 1932, t. XII, str. 236.
102. J. Labouret. CIGRE 1935, r. 349.

Ograniczanie prądów zwarć.

Inż. Wiesław Szwander

Streszczenie. Po omówieniu szczególnego znaczenia, jakie dla eksploatacji sieci i urządzeń rozdzielczych ma występowanie wielkich prądów zwarć, przedstawione są trzy zasadnicze środki, które w współczesnej technice silnoprądowej posilkuje się dla zabezpieczenia swych urządzeń przed niepożądanymi następstwami zwarć, a mianowicie: stosowanie aparatury szczególnie odpornej na zwarcia, ograniczanie wielkości występujących prądów zwarć i odłączanie uszkodzonych części urządzeń za pośrednictwem szybko działających selektywnych zabezpieczeń. W dalszym ciągu są omówione dokładniej środki, służące do ograniczania prądów zwarć: regulatory prądowe, dławiki, oporniki żelazne, stosowanie generatorów i transformatorów o dużym rozproszeniu, należyte kształtowanie sieci z punktu widzenia ograniczenia prądów zwarć, wreszcie stosowanie wyższych napięć oraz topikowych bezpieczników wysokiego napięcia o dużej mocy odłączalnej.

Zwarcia w sieciach i urządzeniach elektrycznych stanowią bezwzględnie rodzaj uszkodzeń, najbardziej brzemienne w niepożądane skutki. Brak ciągłości pracy instalacji elektrycznych, zakłócenia w regularności ruchu urządzeń wytworczych i przesyłowych i spowodowane przez nie zjawisko tak bardzo w eksploatacji niepożądane, jak przerwy w dostawie odbiorcom energii elektrycznej — są z reguły nieuchronnym następstwem powstawania zwarć w poszczególnych częściach urządzeń.

Jeśli nawet nie brać pod uwagę niebezpiecznych dla całości urządzeń zjawisk cieplnych i dynamicznych, towarzyszących przepływowi prądów zwarć, to już sam fakt częściowego lub całkowitego zaniku napięcia między przewodami roboczymi decyduje o częściowym lub całkowitym uniemożliwieniu normalnej pracy odbiorników. Okoliczność powyższa przy innych znanych nam postaciach uszkodzeń przedstawia się inaczej.

Zwarcie z ziemią w zasadzie zupełnie nie przeszkadza normalnej pracy: układ napięć między przewodami roboczymi pozostaje niezmienny. Dopiero towarzyszące zwarcie z ziemią zjawiska poboczne mogą tę normalną pracę utrudnić lub z czasem nawet uniemożliwić. Wzrost napięcia na „zdrowych” fazach, przepięcia ziemnozwarciowe, działania cieplne łuku (w kablach) lub przerzucanie się go na inne fazy (w linjach napowietrznych) — bardzo często powodują w rezultacie przekształcenie się zwarcia z ziemią w normalne zwarcie międzyfazowe.

Analogicznie przedstawia się sprawa przepięć, które same przez się przeważnie nie uniemożliwiają normalnego

działania urządzeń elektrycznych, lecz jako zjawiska wtórne wywołują zwarcia, które dopiero paraliżują normalny ruch.

Szkodliwość zwarć została poznana od samych początków rozwoju techniki silnoprądowej. Zabezpieczenie przeciwzwarciowe w postaci bezpiecznika topikowego jest bodaj jednym z najdawniej stosowanych zabezpieczeń urządzeń elektrycznych w ogólności. Równoległe z powyższym stan wiedzy naszej o przebiegu zwarć i o sposobach walki z nimi znacznie wyprzedził w czasie znajomości zjawisk ziemnozwarciowych i przepięciowych (zwłaszcza w tej ostatniej dziedzinie ubiegłe lata przynoszą jeszcze wciąż wiele nowego). Dziedzinę zwarć można uważać za poznaną już dość dokładnie¹⁾ ²⁾ i nie należy się spodziewać większych zmian w przyjętych obecnie metodach zwalczania ich przykrych następstw.

Rozpatrując zagadnienie zwarć jako całość, należy przedewszystkiem stwierdzić, że najsluszniej będzie, względnie na niewątpliwą szkodliwość ich dla eksploatacji, dążyć do ograniczenia częstości ich występowania. Jest to zadaniem zarówno wytwórcy aparatury instalacyjnej, jak konstruktora rozdzielni i linii przesyłowych, oraz wykonawców poszczególnych robót instalacyjnych, lub personelu, sprawującego nadzór w czasie eksploatacji. Nie wdając się w szczegóły³⁾, trzeba pogodzić się z faktem, że absolutne wyeliminowanie występowania zwarć w urządzeniach elektrycznych jest fizycznym niepodobieństwem.

Tak zwane zabezpieczanie urządzeń elektrycznych od zwarć, stosowane, jak wyżej była mowa, od samych początków istnienia techniki silnoprądowej, polega na odcięciu miejsca zwarcia od źródła napięcia i energii. Właściwie nie jest to dosłownie zabezpieczenie od zwarcia, lecz tylko usunięcie zwarcia już powstałego i ma ono na celu:

a) ograniczenie do minimum szkód w urządzeniach, które w samym miejscu zwarcia rosną zwykle z przedłużeniem czasu trwania zwarcia,

b) odciążenie pozostałych części urządzeń od prądów zwarć, powodujących w nich dodatkowe obciążenia cieplne,

¹⁾ Patrz spis literatury, podany w Przeglądzie Elektrotechnicznym, 1935, Nr. 9, str. 226.

²⁾ M. Walter. Kurzschlussströme in Drehstromnetzen. Oldenbourg 1935 (tam podana jest też dalsza literatura).

³⁾ Patrz Przegląd Elektrotechniczny 1936, Nr. 1, str. 15.

c) jaknajszysze przywrócenie możliwie dużej liczbie odbiorców normalnej dostawy prądu (o niezniekształconem napięciu roboczym między wszystkimi fazami).

Z biegiem czasu technika doszła w tej dziedzinie od najprymitywniejszych zabezpieczeń cieplnych do nowoczesnych, na wysokim poziomie doskonałości stojących układów dystansowych, różnicowych i t. p. (nie wyklucza to zresztą rozpowszechnienia prostszych zabezpieczeń w mniej odpowiedzialnych urządzeniach, odpowiednio do ich opłacalności gospodarczej).

Rozwojem powyższych zabezpieczeń kierowały i kierują dwie wytyczne:

a) osiągnięcie możliwie szybkiego odłączenia zwarcia, dla zmniejszenia do minimum obciążenia cieplnego wszystkich urządzeń i skrócenia czasu trwania nienormalnych, skutkiem zwarcia, napięć w sieci,

b) osiągnięcie największej selektywności wyłączenia — dla ograniczenia do niedającego uniknąć się minimum obszaru i liczby urządzeń, odłączonych wskutek zwarcia; w odniesieniu do ostatniego warunku możliwe są rozwiązania, w których zwarcie i jego odłączenie nie pozbawi dopływu prądu żadnych odbiorców (np. tory równoległe, okrężne, sieci zamknięte i t. p.).

Zabezpieczenia przeciwzwarciove, ujęte w przedstawionym wyżej sensie, były jedynym przedmiotem zainteresowania w dziedzinie zwarc, dopóki w ostatnich dziesiątkach lat nie nastąpił gwałtowny rozwój elektryfikacji, z towarzyszącym mu wielkim wzrostem mocy, instalowanych w zakładach wytwórczych, i z równoczesnym procesem łączenia się poszczególnych sieci w coraz większe obszary zamknięte, zasilane wspólnie przez wiele elektrowni, pracujących równolegle.

Prądy zwarc, których wielkością do pewnego czasu nikt się zbytnio nie interesował, gdyż nie nastęrczały większych kłopotów — zaczynają w nowych sieciach, zasilanych przez coraz potężniejsze wytwórnie, rosnać niepomierne i powodować cały szereg poważnych trudności. Zabezpieczenia przeciwzwarciove, dotychczas stosowane i znacznie już udoskonalone, mimo nienagannego działania nie są w stanie usunąć tych wszystkich trudności. Chociaż zwarcie zostaje szybko i selektywnie odłączone, to jednak przy zbyt wielkim prądzie zwarcia elementy składowe urządzeń okazują się zbyt słabe dla zniesienia wielkich sił dynamicznych i cieplnych, towarzyszących zwarciu; izolatory wsporcze i przepustowe pękają, szyny i przewody gną się, transformatorci miernicze eksplodują, masa wylapia się z armatur kablowych i t. d. Co gorsze, organy, przeznaczone do odłączenia zwarcia, nie są w stanie odłączyć zbyt wielkich mocy zwarcia: wyłączniki olejowe w wielu wypadkach zawodzą, wybuchają, wywołują pożary i rujnącję otoczenia.

Próba zwalczania tych trudności przez odłączanie zwarcia z pewnem opóźnieniem, t. j. dopiero w chwili, gdy już największy uderzeniowy prąd zwarcia zmalał do wielkości ustalonego prądu zwarcia, — dała jaknajgorsze wyniki przez psucie stabilności pracy równoległej elektrowni, wskutek zbytniego i zbyt długotrwałego załamywania się napięcia w chwili zwarcia.

W ogólności można stwierdzić, że zagadnienie zwarcia wysunęło się na pierwszy plan: przekonano się szybko, że poszczególne elementy urządzeń przesyłowych i rozdzielczych muszą być budowane z uwzględnieniem wielkości prądów zwarc, które mają wytrzymać w ruchu; dotychczasowy sposób przystosowywania aparatów i przewodów do wielkości maksymalnego prądu roboczego okazał się zupełnie niedostatecznym.

W związku z tą sytuacją powstała przedewszystkiem konieczność obliczenia wielkości prądu zwarcia w różnych

okolicznościach oraz ilościowego poznania cieplnego i mechanicznego oddziaływania prądu zwarcia na poszczególne części urządzeń. Obliczenia powyższe stanowią podstawę wyjściową dla poważniejszego zajęcia się zagadnieniem zwarcia w każdej sieci⁴⁾.

Do wyliczonych wielkości prądów zwarc należało dostosowywać wytrzymałość poszczególnych aparatów elektrycznych — to nakładało na konstruktorów obowiązek wytwarzania aparatury o coraz większej wytrzymałości. Proces ten daje się zaobserwować najdokładniej na rozwoju wyłączników mocy, gdzie dążność do osiągnięcia coraz większych mocy odłączalnych była jednym z głównych bodźców postępu. Również wyeliminowanie oleju w wielu konstrukcjach wyłączników spowodowane zostało między innymi chęcią uniknięcia groźnych pożarów, które powstawały w wypadku uszkodzenia wyłącznika, przy odłączaniu zbyt silnego prądu zwarcia. Analogicznie konstrukcje transformatorów mocy, transformatorów mierniczych, izolatorów i t. d. pozostają pod wpływem dążności do przystosowania się do występujących wielkich prądów zwarc.

Równoległe ze staraniami, zmierzającymi do uodpornienia urządzeń elektrycznych na działanie wielkich prądów zwarc, powstaje zagadnienie ograniczenia wielkości tych prądów. Gdy obliczenie prądów zwarc dało poznać wpływ na ich wielkość poszczególnych czynników, słusnie powstała dążność do wyzyskania tych czynników dla ograniczenia wielkości prądów zwarc. To ostatnie zagadnienie nabrało tem większego znaczenia, gdy okazało się, że wielkość prądów zwarc może dojść do granic, w których trudno już jest przeciwstawić im dostateczną odporność stosowanej aparatury.

Zbyt wielkie prądy zwarc czynią zawsze duże spustoszenie w miejscu, gdzie nastąpiło zwarcie, a przed odłączeniem ich powodują w całej sieci znaczne załamanie się napięcia, szkodliwe dla odbiorców i — co ważniejsze — zakłócające pracę równoległą generatorów. Stosowanie środków, ograniczających wielkość prądów zwarc, okazuje się nieraz bardziej opłacalnym, niż instalowanie aparatury odpornej na bardzo wielkie prądy zwarc.

Reasumując można stwierdzić, że w dzisiejszym stanie rzeczy racjonalne zabezpieczenie sieci przeciw zwarciom wymaga równorzędnego uwzględnienia trzech czynników:

a) stosowania aparatury o dostatecznej wytrzymałości na działanie dynamiczne uderzeniowego i cieplne ustalonego prądu zwarcia,

b) stosowania wszelkich możliwych, odpowiednich technicznie i opłacalnych gospodarczo środków, ograniczających wielkość prądów zwarcia i utrzymujących go w granicach wytrzymałości przeciwzwarciovej stosowanej aparatury, niezależnie od ewentualnego dalszego wzrostu mocy wytwórni,

c) stosowania odpowiednich zabezpieczeń, powodujących możliwie szybkie i jaknajbardziej selektywne odłączenie punktów sieci, dotkniętych zwarcie, z tem, że układ sieci winien być tak dobrany, aby odłączenie chorych odcinków pozbawiało możliwie małą ilość odbiorców normalnego dopływu energii elektrycznej.

Poniżej zajmiemy się w szczególności punktem „b” i rozpatrzmy kolejno środki, stosowane dla ograniczania prądów zwarc.

Wzór, stosowany dla wyliczenia wielkości prądu zwarcia ma zasadniczą postać:

$$I_z = c \cdot \frac{U}{\Sigma Z} \dots \dots \dots (1)$$

⁴⁾ O obliczaniu wielkości prądów zwarcia — patrz Przegląd Elektrotechniczny 1935, Nr. 9, str. 217 i literatura podana tam na str. 226.

Zależnie od tego, czy obliczamy prąd udarowy czy ustalony, dla zwarcia trój- lub dwubiegunowego — podstawiamy odpowiednie wielkości stałej c i uwzględniamy właściwe składniki impedancji obwodu zwarcia Z . W zasadzie jednak ze wzoru powyższego możemy wnioskować, że dla zmniejszenia wielkości I_z są dwie drogi: albo zmniejszenie napięcia na zaciskach generatora, albo zwiększenie oporności rzeczywistych i urojonych, wchodzących w skład obwodu zwarcia.

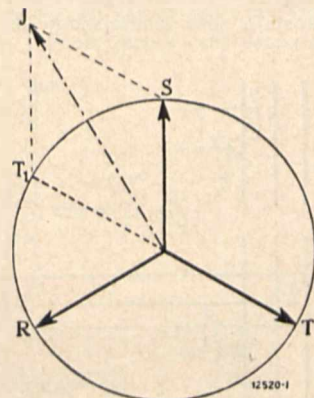
Srodkiem ograniczającym wielkość prądu zwarcia, którego działanie oparte jest na zasadzie zmniejszenia napięcia na zaciskach generatora w chwili wystąpienia zwarcia, jest stosowanie t. zw. regulatorów prądowych przy generatorach (Ueberstromschutzregelung). Regulatory te konstrukcyjnie są zbudowane na wzór regulatorów napięcia. Działanie ich polega na osłabieniu wzbudzenia generatora drogą odpowiedniego zwiększenia oporności obwodu wzbudzenia wzbudnicy, przez co zmniejsza się napięcie na zaciskach generatora i prąd oddawany na zwarcie. Proces ten postępuje samoczynnie aż do osiągnięcia pewnego stanu równowagi, określonego stopniem wymaganego ograniczenia prądu zwarcia.

Rys. 1 przedstawia zasadniczy schemat przyłączenia regulatora prądowego, wykonywanego przez firmę Brown-Boveri wg. zasad, przyjętych przez tę firmę przy budowie jej znanych szybko działających regulatorów napięciowych. Przyłączenie do transformatorów prądowych wykonane jest w t. zw. układzie „60-o stopniowym” (rys. 2), który zapewnia działanie regulatora prądowego zarówno przy zwarciach dwubiegunowych między dowolnymi fazami, jak przy zwarciu trzybiegunowym (przy normalnym przyłączeniu do dwóch

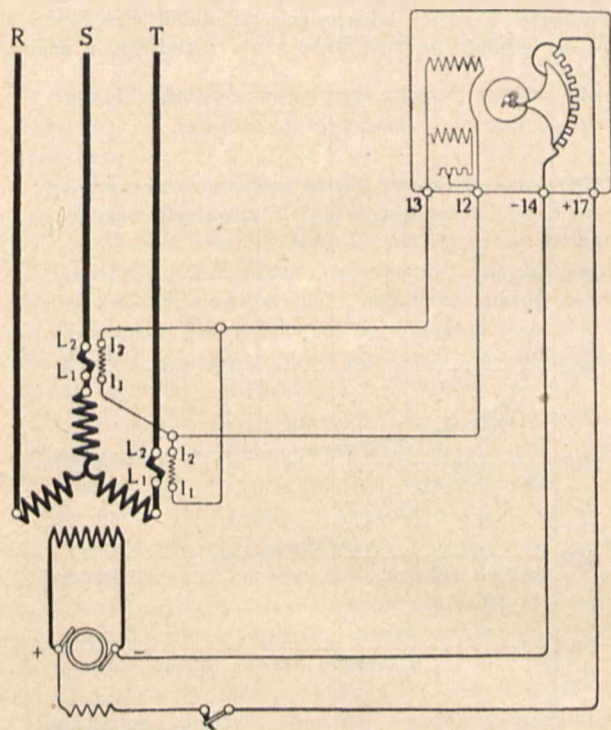
na mechanicznym sumowaniu momentów obrotowych, wytwarzanych przez każdy z trzech prądów przewodowych z osobna. Rys. 3 przedstawia schemat takiego regulatora prądowego, przyłączonego trójfazowo, łącznie z regulatorem napięciowym i innymi organami, zabezpieczającymi generator.

Odpowiedni regulator, wykonany przez firmę AEG wg. typu regulatorów Tirrilla, przedstawia schematycznie rys. 4, przytem jest on tam skojarzony bezpośrednio z regulatorem napięcia. Przyłączenie do transformatorów prądowych, które na rys. 4 jest zaznaczone schematycznie na jednej fazie tylko, wykonywa się zwykle podobnie, jak na rys. 1 i 2, do dwóch transformatorów prądowych, połączonych w układzie „60-stopniowym”⁵⁾.

Graniczna wartość prądu, do której regulator ogranicza prąd, oddawany przez generator, jest normalnie nastawialna w zakresie od 0,8 do 1,6-krotnej wielkości nominalnego prądu roboczego. Zależnie więc od nastawienia regulator może chronić generator nie tylko przed zwarcie, ale i przed przeciążeniem. Przy pracy równoległej kilku generatorów na



Rys. 2. Przyłączenie regulatora prądowego do dwóch faz S i T (wykres wektorowy) w układzie „60-o stopniowym”.

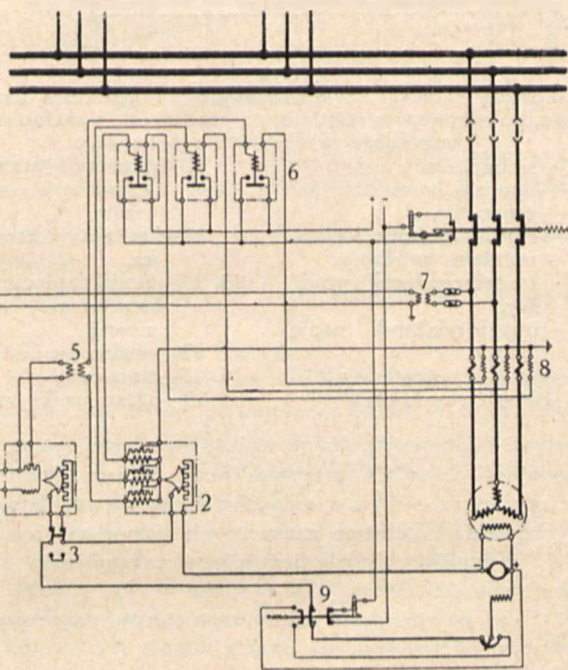


Rys. 1.

Schemat generatora trójfazowego z regulatorem prądowym.

transformatorów, w wypadku zwarcia dwufazowego między fazami, wyposażonemi w transformatorki, wypadkowa prądów we wtórnych uzwojeniach byłaby równa zeru).

Przy stosowaniu połączenia „60-o stopniowego” regulator nie reaguje jedynie na zwarcie jednobiegunowe w fazie R, co jednak może mieć znaczenie jedynie w rzadkim wypadku stosowania pełnego uziemienia punktu zerowego. W takim wypadku używana jest inna konstrukcja regulatora, specjalnie przystosowanego do tych warunków pracy, a polegająca



Rys. 3.

Schemat generatora trójfazowego, zabezpieczonego trójfazowym regulatorem prądowym:

- 1 — regulator napięciowy,
- 2 — regulator prądowy,
- 3 — przełącznik,
- 4 — opornik nastawczy,
- 5 — transformator pomocniczy,
- 6 — przekaźniki nadmiarowe,
- 7 — transformator napięciowy,
- 8 — transformatorki prądowe,
- 9 — przerywacz obwodu wzbudzenia.

wspólne szyny zbiorcze oczywiście wszystkie generatory muszą być wyposażone w regulatory prądowe, w przeciwnym bowiem razie przy osłabieniu wzbudzenia w jednym tylko generatorze pozostałe jednostki oddawałyby mu prąd bez-

⁵⁾ AEG — Mitteilungen. 1925. Nr. 7.

watowy, jako prąd wyrównawczy, i warunek osłabienia prądu zwarcia nie zostałby spełniony.

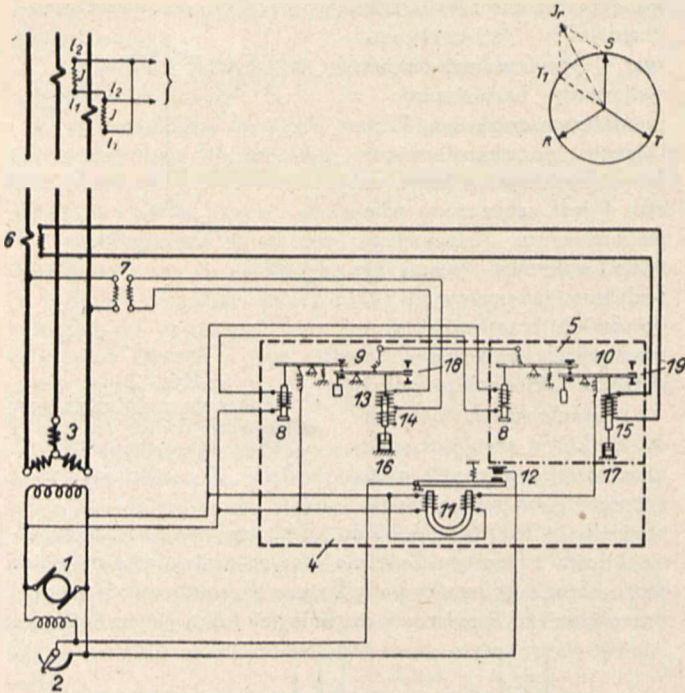
Jakkolwiek regulator działa z bardzo małą bezwładnością mechaniczną, bo już po upływie 1/5 — 1/2 sek., to jednak nie ma on oczywiście żadnego wpływu na wielkość początkowego udarowego prądu zwarcia; ustalony prąd zwarcia zostaje zato zmniejszony do przepisanych rozmiarów. Sku-

pięcia; dla tych samych powodów wyłączniki, odłączające zwarcie, mają do wykonania znacznie mniejszą pracę;

c) ochrona, jaką daje generatorowi regulator przez ograniczenie ustalonego prądu zwarcia, pozwala stosować bardzo długie czasy (do 40 sek.) przekąźników nadmiarowych, stosowanych dla odłączenia generatora przy zwarciu; wskutek tego łatwiej jest uzyskać selekcję odłączenia uszkodzonego odcinka w sieci, gdyż dopuszczalne są większe różnice w nastawieniu czasów odłączania na poszczególnych wyłącznikach sieciowych; poza tym, przy zwarciach przemijających, ustępujących samorzutnie, i przy krótkotrwałych przeciążeniach unika się niepotrzebnego odłączenia generatora i związanych z nim przerw w ruchu.

Obok wyliczonych zalet regulatory prądowe posiadają również szereg wad. Przedewszystkiem wymaga tu omówienie sprawa wpływu ich działania na warunki pracy równoległej maszyn synchronicznych. Pod tym względem przypisywano nawet regulatorom pewne dodatnie właściwości: stopniowy powrót napięcia po odłączeniu zwarcia ma być korzystniejszy dla ponownego powrotu do synchronizmu maszyn, wypadających już z taktu, niż gwałtowny wzrost napięcia, który ma miejsce w razie niestosowania regulatora.

Okazuje się jednak, że silny spadek sił synchronizujących, które maleją proporcjonalnie do kwadratu spadku napięcia, działa bardzo ujemnie na stabilność pracy równoległej. O ile generatory, pracujące na wspólne szyny zbiorcze, przy niezbyt długich czasach odłączenia zwarcia, mogą względnie dobrze pracować z regulatorami prądowymi, to przy pracy równoległej bardziej oddalonych od siebie elektrowni stosowanie regulatorów jest przeważnie szkodliwe, a znane są



Rys. 4.

Zasadniczy schemat szybko działającego regulatora napięciowego, połączonego z regulatorem prądowym, z zastosowaniem wspólnego przekąźnika różnicowego:

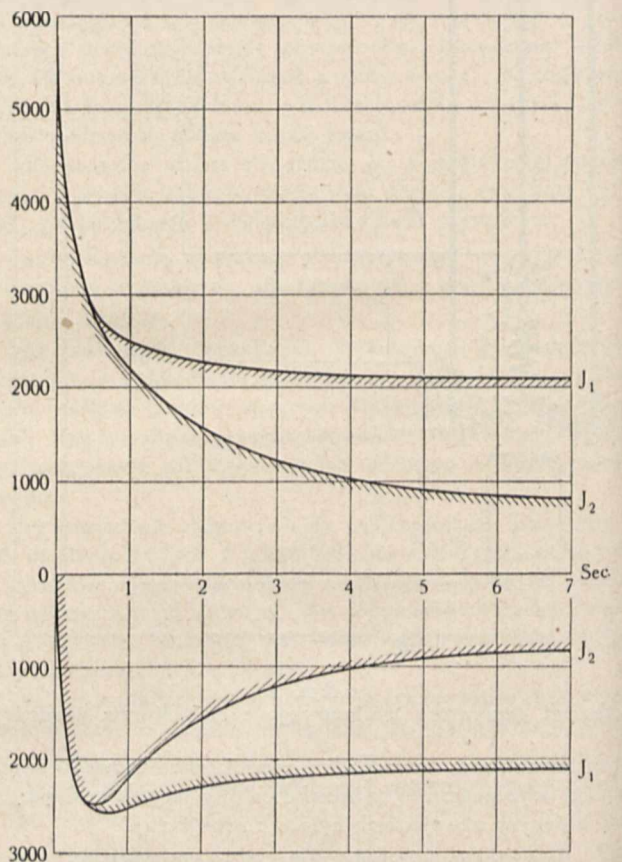
- | | |
|-------------------------------|--|
| 1 — wzbudnica, | 11 — wspólny przekąźnik różnicowy regulatorów, |
| 2 — opornik bocznikowy, | 12 — kontakty przekąźnika, |
| 3 — generator, | 13, 14 — cewki napięciowe (generatorowe lub sieciowe), |
| 4 — regulator napięciowy, | 15 — cewka prądowa, |
| 5 — regulator prądowy, | 16, 17 — tłumienie, |
| 6 — transformator prądowy, | 18, 19 — ograniczniki wibracji, |
| 7 — transformator napięciowy, | |
| 8 — magnesy prądu stałego, | |
| 9, 10 — główne kontakty, | |

teczność działania regulatora wyjaśnia najlepiej rys. 5, przedstawiający obwiednie krzywych prądu w wypadku zwarcia bez regulatora — J_1 i w wypadku zwarcia z regulatorem — J_2 . Działanie regulatora zaznaczy się oczywiście tem wcześniej, im mniejsza będzie bezwładność magnetyczna obwodu wzbudzenia generatora.

Jako bezsprzeczne zalety regulatorów prądowych należy wymienić następujące punkty:

a) generator, ewentualnie sprzężony z nim transformator, szyny zbiorcze i połączenia między nimi są przez regulator całkowicie zabezpieczone od cieplnego działania ustalonego prądu zwarcia; nie dotyczy to już odgałęzień, w których prąd zwarcia może stanowić znaczną wielokrotność ich nominalnego prądu roboczego, pomimo ograniczenia prądu, oddawanego przez generator, do wielkości, nie przekraczającej prądu nominalnego więcej, niż o 60% (dużą rolę gra przy tem wielkość prądu, oddawanego przez generator odbiornikom w czasie trwania zwarcia),

b) wskutek zmniejszenia wielkości ustalonego prądu zwarcia mniejsze są szkody, poczynione przez zwarcie w miejscu jego wystąpienia, i ułatwione jest gaśnięcie łuku zwarciovego zarówno wskutek zmniejszenia w nim prądu, jak też przez towarzyszące działaniu regulatora, obniżenie na-



Rys. 5.

Tłumienie prądu zwarcia pod wpływem działania regulatora prądowego. Przebieg oscylacji prądu zwarcia (obwiednie amplitud) przy zwarciu trzyczasowym generatora 4600 kVA:

- J_1 — bez regulatora prądowego,
 J_2 — z regulatorem prądowym.

nawet wypadki postępowania wręcz przeciwnego, gdzie w wypadku zwarcia, celem podtrzymania pracy równoległej, wzmożenie generatorów jest wzmacniane^{*)}.

Regulatory prądowe mogą też wpływać ujemnie na działanie zabezpieczeń linjowych, zmniejszając czasem w niektórych linjach prąd w wypadku zwarcia do wielkości poniżej normalnego prądu roboczego (zwłaszcza przy zmniejszonej liczbie czynnych generatorów). Może również nastąpić niepożądane zjawisko działania regulatorów i obniżenia napięcia sieci przy przeciążeniach, co do których wymagamy, aby urządzenia wytwórcze znosiły je bez zakłócenia normalnych warunków pracy.

Wreszcie skuteczność działania regulatorów w razie zasilania większych sieci z kilku central okazała się niedostateczną i ograniczała się do zabezpieczania samych generatorów, które i tak są budowane z dostateczną odpornością na własne prądy zwarcia; rozpowszechnienie zabezpieczeń dystansowych zamiast stosowanych poprzednio nadmiarowych zmniejszyło również korzyści, wynikające ze stosowania regulatorów prądowych.

Zastosowanie regulatorów prądowych wydaje się celowe w centralach, w których wskutek wzrostu mocy, zainstalowanej w jednostkach prądowórczych, prąd zwarcia wzrósł do granic niebezpiecznych dla przestarzałych wyłączników, a wbudowanie dławików, ograniczających prądy zwarcia, jest niemożliwe ze względu na brak miejsca. I tu jednak regulator prądowy będzie raczej półśrodkiem, który z czasem, a zwłaszcza po podjęciu pracy równoległej z innymi centralami, będzie musiał ustąpić bardziej radykalnemu rozwiązaniu kwestji ograniczenia prądów zwarcia. Poza to stosowanie regulatorów prądowych przedstawia się dość korzystnie w elektrowniach fabrycznych, zasilających własne sieci.

Wszystkie dalsze sposoby ograniczania prądów zwarcia opierają się na zasadzie powiększenia oporności pozornej obwodu zwarcia.

Na pierwszym miejscu należy tu bezwzględnie wymienić stosowanie dławików. Celem stosowania ich jest wprowadzenie do obwodu zwarcia dość dużych oporności indukcyjnych, powodujących zgodnie z wzorem (1) znaczne zmniejszenie zarówno udarowego, jak i ustalonego prądu zwarcia. Szczególnie cenna jest możliwość ograniczenia początkowego prądu zwarcia, groźnego przez swe działanie dynamiczne, czego np. regulatory prądowe nie są w stanie dokonać.

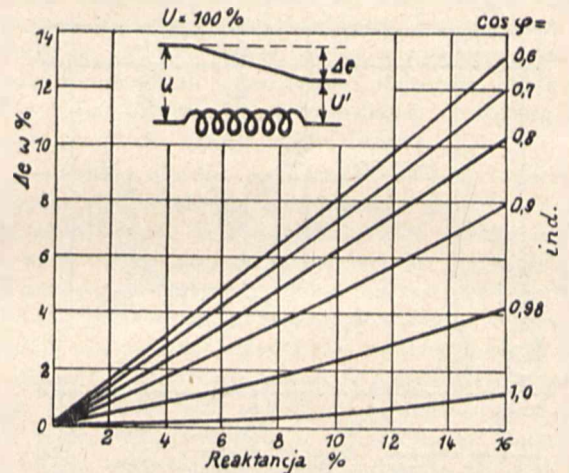
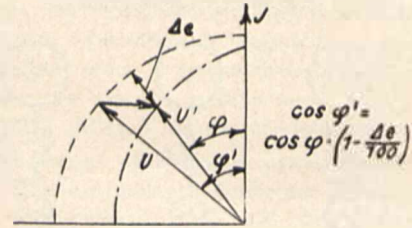
Oporność rzeczywista dławików jest tak mała, że praktycznie może nie być brana pod uwagę. Straty mocy, powodowane przez nią, nie przekraczają normalnie dla małych dławików 0,5%, dla dużych — 0,1% mocy przejściowej.

Oporność indukcyjna dławików powoduje w normalnych warunkach pracy pewien stały spadek napięcia. Ponieważ wektor napięcia na dławiku jest prostopadły do wektora prądu przepływającego, przeto spadek napięcia, wyrażony w procentach, będzie zawsze mniejszy, niż tak zwana procentowa reaktancja dławika, (którą jest napięcie na dławiku przy normalnym prądzie, wyrażone w procentach fazowego napięcia sieci). Rys. 6 przedstawia faktyczne spadki napięcia dla różnych współczynników mocy przepływającego prądu i dla różnych reaktancji dławików.

Dławiki, służące do ograniczania prądów zwarcia, ze względu na wymaganą proporcjonalność między prądem, przepływającym przez dławik i napięciem na nim, muszą być wykonane jako indukcyjności bez żelaza. Obecność żelaza w obwodzie magnetycznym powodowałaby w momencie wystąpienia zwarcia znaczne zmniejszenie oporności indukcyjnej wskutek zjawiska nasycenia żelaza i związanego z tem

zmniejszenia jego przenikalności magnetycznej, a — co za tem idzie — i zmniejszenia indukcyjności dławika, — a przecież właśnie w chwili wystąpienia zwarcia indukcyjność dławika potrzebna jest dla spełnienia jego zadania.

Pozatem dławiki dla ograniczania prądów zwarcia z reguły są wykonywane jako dławiki powietrzne. Odpowiednie konstrukcje zanurzone w oleju okazały się znacznie cięższe, zajmowały więcej miejsca i były trzy do pięciu razy droższe.



Rys. 6.

Spadek napięcia, wywołany przez dławik dla różnych wartości współczynnika mocy (obciążenie sieci indukcyjne).

Każdy dławik jest scharakteryzowany przez następujące wielkości:

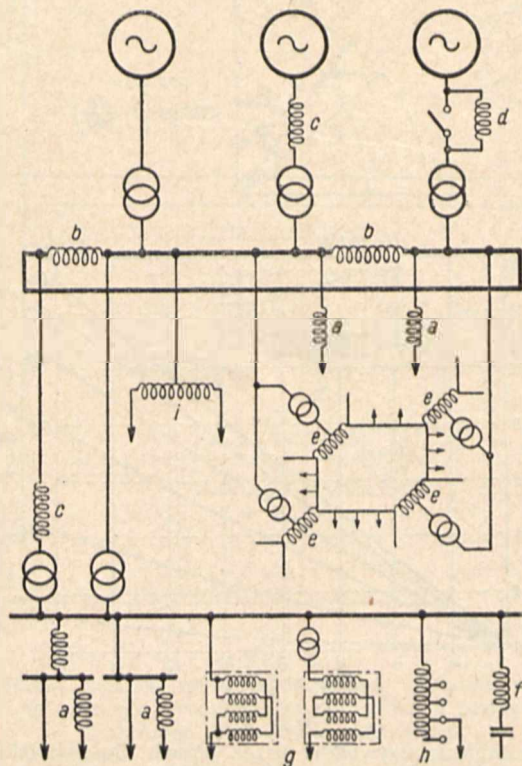
- 1) napięcie robocze w sieci, w której ma być zastosowany,
- 2) nominalny prąd roboczy,
- 3) oporność indukcyjną w omach, albo reaktancję w procentach, wg. wyżej przytoczonej definicji, w odniesieniu do napięcia i prądu roboczego z punktów 1 i 2,
- 4) moc w kVA, odpowiadająca iloczynowi prądu nominalnego przez napięcie reaktancji,
- 5) wreszcie przez dane, dotyczące wytrzymałości cieplnej dławika, które wyrażają się wzrostem temperatury, jaki nastąpi po długotrwałym obciążeniu dławika prądem nominalnym, następnie po przeciążeniu go w pewnym określonym stopniu przez czas określony i po obciążeniu go wreszcie prądem zwarcia, również w ciągu określonego czasu.

Sprawa nagrzewania się dławików naogół nie nastęrcza większych trudności: odpowiednia konstrukcja i należyte przewiewne pomieszczenie zapewniają w najcięższych nawet warunkach pracy nieprzekraczanie maksymalnej dopuszczalnej temperatury uzwojeń 180° C, przy czasie trwania zwarcia nie większym od 6 sek.

Rys. 7 przedstawia schematyczne zestawienie różnych możliwości stosowania dławików. Najczęściej wbudowuje się je w odgałęzienia, odchodzące od szyn zbiorczych i w same szyny zbiorcze dla podziału ich na grupy. W pierwszym przypadku stosuje się reaktancje 3 ÷ 8%, w drugim — 8 ÷ 15%. Wskazane też jest wbudowanie dławików między generatorem i szynami zbiorczymi w wypadku przestarzałego ge-

*) CIGRE, 1935, ref. 113 V. Aigner.

neratora o małej reaktancji i wielkim uderzeniowym prądzie zwarcia, który przy zwarcu na szynach może być niebezpieczny dla samego generatora. Nowoczesne generatory posiadają budowę, zapewniającą im dostateczną odporność nawet na zwarcia, powstające na ich zaciskach; pozatem z reguły posiadają stosunkowo większą reaktancję. Stosowanie szeregowo dławika z transformatorem ma na celu wyrównanie napięć zwarcia, gdy wymagana jest praca równoległa transformatorów o różnych rozproszeniach.



Rys. 7.

Zastosowanie dławików w sieci:

- a — odgałęzienia,
- b — sprzężenie szyn zbiorczych,
- c — praca równoległa,
- d — synchronizacja,
- e — sieci zamknięte sztywnie (Maschennetze),

Różne postacie dławików:

- g — uzwojenia przełączalne,
- h — uzwojenie z zaczepami,
- i — uzwojenie podwójne.

Przy stosowaniu dławików w odgałęzieniach od szyn zbiorczych mogą one być wbudowane za albo przed wyłącznikiem (licząc od szyn). W pierwszym przypadku wyłącznik zabezpiecza szyny również na wypadek uszkodzenia dławika, ale zato przy wszelkiem zwarcu w odgałęzieniu musi odłączać przy prawie pełnym napięciu międzyfazowym. Gdy zaś wyłącznik znajduje się za dławikiem, to pracuje w łżejszych warunkach, bo przy zwarcu większa część spadku napięcia przypada na dławik i skutkiem tego na wyłączniku panuje nieznaczne napięcie. Zato uszkodzenie dławika powoduje unieruchomienie szyn i takie zwarcie o pełnej, niezredukowanej wielkości musi być odłączone przez odpowiednio mocne wyłączniki zasilających szyny transformatorów lub generatorów.

W ostatnich czasach konstrukcja dławików⁷⁾ osiągnęła tak wysoki stopień doskonałości, że stopień bezpieczeństwa ich można uważać za niemniejszy, niż samych szyn zbiorczych. Dopiero skutkiem tego dopuszczalnem stało się wbu-

dowywanie dławików w szyny zbiorcze i w odgałęzienia przed wyłącznikami, co znów pozwoliło zmniejszyć wymagania, stawiane wyłącznikom.

W konstrukcji dławików należy się liczyć z następującymi czynnikami.

1) Główną trudność stanowi uodpornienie konstrukcji na olbrzymie siły dynamiczne, występujące w wyniku przepływu prądu zwarcia. W najgorszym wypadku stałego napięcia, zasilającego dławik (t. j. napięcia, niespadającego pod wpływem zwarcia), i zwarcia, występującego tuż za dławikiem — wielkość prądu zwarcia zależy tylko od wielkości indukcyjności samego dławika. Ze względu na wytrzymałość mechaniczną przyjęte jest nie budować dławików o mniejszej procentowej reaktancji, niż 5%, co w powyższych warunkach odpowiada 36-okrotnemu udarowemu i 20-krotnemu ustalonemu prądowi zwarcia (w stosunku do prądu nominalnego). W razie potrzeby zastosowania dławika o mniejszej reaktancji, niż 5% (co zresztą rzadko się zdarza ze względu na zbyt małą skuteczność dla ograniczania prądów zwarc tak małych indukcyjności) — należy zastosować dławik pięcioprocentowy na odpowiednio większy prąd nominalny. Analogicznie, chcąc zainstalować dławik o większej stosunkowo wytrzymałości mechanicznej, stosujemy typ o odpowiednio zwiększonej procentowej reaktancji i większym prądzie nominalnym. Dławiki o reaktancji mniejszej od 5% mogą być budowane wtedy, gdy są instalowane w takich punktach sieci i w takich warunkach, w których prąd zwarcia ograniczony jest nietylko indukcyjnością dławika, lecz również innymi impedencjami szeregowymi lub małą mocą źródła energii. Wtedy jedynym ograniczeniem pozostaje warunek, aby udarowy prąd zwarcia nie przekraczał 36-okrotnej wielkości nominalnego prądu dławika.

2) Izolacja dławików musi być tak dobra, aby wykluczała jakiegokolwiek zakłócenia ruchu. W czasie normalnej pracy idzie głównie o izolację względem ziemi i o izolację międzyzwojową, która musi być odporna na działanie najniekorzystniejszych przepięciowych fal uskokowych o stromem czole (izolacja międzyzwojowa jest wzmocniona na obu końcach uzwojenia). W chwili wystąpienia zwarcia napięcie na dławiku rośnie w najgorszym wypadku aż do pełnej wartości napięcia fazowego; wskutek tego konstrukcja musi umożliwiać przeskok między końcami uzwojenia dławika (zaciskami), z zachowaniem dużego stopnia bezpieczeństwa ze względu na możliwe równoczesne przepięcia i oscylacje. Napięcie probiercze, stosowane normalnie, wynosi czterokrotną wielkość napięcia roboczego (próbę wykonywa się prądem wyższej częstotliwości od normalnej, bo inaczej nie możnaby praktycznie otrzymać tego napięcia na końcach uzwojenia). Z przytoczonych wyżej względów wytrzymałości elektrycznej okazało się niemożliwym budowanie dławików dla wyższych napięć z gołymi uzwojeniami. Uzwojenia otrzymują z reguły izolację mikową lub azbestową, odpowiednio preparowaną. Izolacja ta musi być pozatem koniecznie niepalna. Nie wchodząc w szczegóły konstrukcyjne można jeszcze wspomnieć, że wielką rolę gra stosowanie materiałów ceramicznych dla usztywnienia i izolowania cewek, głównie porcelany. Nowsze konstrukcje osiągają to, że materiały te pracują jedynie na ściskanie, a sworznie metalowe, pracujące na rozrywanie, umieszczone są daleko od uzwojeń. Stosowanie sworzni metalowych, pokrytych izolacją, w bezpośrednim sąsiedztwie części pod napięciem było możliwe tylko przy niższych napięciach i obecnie zostało już zupełnie zarzucone zwłaszcza wskutek ich zupełnego braku odporności na przepięcia. W niektórych konstrukcjach stosuje się też beton, jako materiał podtrzymujący i usztywniający uzwojenia. Rys. 8, 9 i 10 przedstawiają kilka przykładów nowoczesnego wykonania dławików ochronnych.

⁷⁾ Siemens-Zeitschrift, 1928, S. 14 i 1935, S. 181. ETZ, 1929, S. 1181.

3) W dalszym ciągu konstrukcja dławika powinna uwzględnić dostosowanie wytrzymałości cieplnej izolacji uzwojeń do stopnia nagrzewania się ich w czasie zwarcia w ciągu określonego maksymalnego czasu, po którym musi nastąpić odłączenie. Ważną rzeczą jest też zachowanie małych pojemności między uzwojeniem i uziemioną konstrukcją, dla uniknięcia powstawania rezonansów.

Poza bezsprzeczными korzyściami, wynikającymi ze stosowania dławików z samego ograniczenia wielkości prądów zwarć, na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że przyczyniają się one do znacznego zmniejszenia wahań napięcia w sieci, które towarzyszą zwarciom. Podczas gdy

Rys. 8.
Dławik trójfazowy ze sworzniami ściągającymi, umieszczonymi nazewnątrz (37 kV, 150 A, reaktancja 5%, moc 160 kVA na fazę).

przy zwarcu w odgałęzieniu od szyn, niezabezpieczonym dławikiem, napięcie na szynach zbiorczych może spaść do zera, skutkiem czego ma miejsce zakłócenie normalnej dostawy prądu we wszystkich pozostałych odgałęzieniach, jak również nastąpić może wypadanie z taktu generatorów, pracujących równolegle na te szyny, — w wypadku wbudowania dławików w odgałęzienia spadki napięcia można ograniczyć do $30 \div 50\%$ napięcia nominalnego, pozbawienie napięcia do wielkości początkowej następuje stosunkowo szybciej. W dobie coraz bardziej rozwijającej się pracy równoległej elektrowni ta ostatnia właściwość dławików zasługuje na szczególną uwagę.

Rozpowszechnienie stosowania dławików w praktyce szybko wzrasta, ponieważ technika znalazła w nich niezawodny w działaniu, prosty w zastosowaniu i w najtrudniejszych warunkach skuteczny środek pokonywania trudności, które mogą w ruchu nastęczać prądy zwarć. Przedewszystkiem zawsze prawie stosuje się dławiki w sieciach skupionych o dużej gęstości odbiorców, gdzie impedancja przewodów ze względu na niewielkie ich długości jest nieznaczna. Poza tym sieci kablowe, wskutek

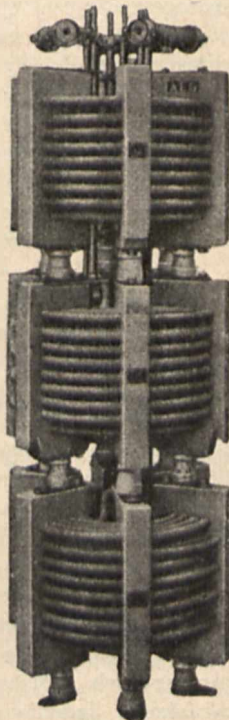
niższej dopuszczalnej temperatury przy nagrzewaniu się przewodów od zwarć, korzystają szczególnie dużo przez zabezpieczenie ich dławikami. Z powyższego wynika, że w sieciach miejskich dławiki z reguły znajdują zastosowanie.

Coraz częściej praktykowany jest w dużych elektrowniach podział mocy zainstalowanej na grupy, przez podział szyn zbiorczych dławikami — tą drogą ogranicza się też prądy przy zwarciach na samych szynach zbiorczych. Wreszcie duże znaczenie ma zabezpieczenie dławikami szczególnie słabych odgałęzień, odchodzących bezpośrednio od szyn zbiorczych o wielkiej mocy i mających małą moc przelotową w stosunku do mocy zwarcia maszyn zasilających; ma to np. miejsce w sieci potrzeb własnych elektrowni.

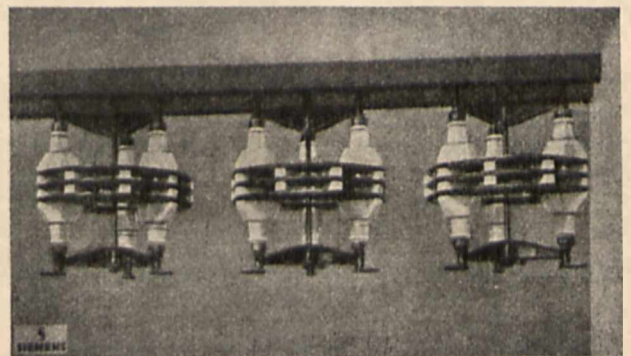
Zainstalowanie dławików w nowoprojektowanej rozdzielni nie nastęcza żadnych trudności. Wbudowanie ich w urządzenia już istniejące może być nieraz niemożliwe bez większych przeróbek ze względu na brak miejsca. Dlatego wskazanem jest, projektując rozdzielnię bez dławików, zastanowić się, czy nie byłoby celowe pozostawienie miejsca dla zainstalowania ich w przyszłości, zwłaszcza, jeżeli przewidywane jest podjęcie pracy równoległej na większą skalę i towarzyszący mu wzrost prądów zwarć.

Omawiając dławiki, wspomnieć też należy o opornikach żelaznych, służących do ograniczania prądów zwarć^{*)}. W normalnej pracy dają one około 0,5% spadku napięcia i tak są zwymiarowane, że temperatura ich pozostaje niska. Przy zwarcu stosunkowo szybko nagrzewają się, przyczem oporność ich rośnie aż do 8-okrotnej wartości; w rezultacie powodują one poważne ograniczenie ustalonego prądu zwarć; udarowy prąd zwarć pozostaje prawie niezmięszony. Zakres stosowania tych oporników ograniczony jest przez stratę mocy, którą powodują, do niskich napięć (maksimum do 3 kV), w tej dziedzinie jednak, zwłaszcza w instalacjach fabrycznych, zasługują na uwagę.

Do środków, ograniczających prąd zwarć a opartych na zwiększeniu impedancji, należy właściwie przedewszystkiem budowanie generatorów i transformatorów o dużym roz-



Rys. 9.
Dławik trójfazowy w układzie pionowym z połączeniami wewnątrz cewek.



Rys. 10.
Trzy jednofazowe dławiki w położeniu wiszącym.

proszenu (rozmyślnie powiększanie impedancji linii przesyłowych nie jest stosowane). Budowane obecnie generatory wykazują napięcie rozproszenia od dwudziestokilku do trzydziestokilku procentów; transformatory mają napięcie zwarć do kilkunastu procentów. Zbytne powiększanie rozproszenia generatorów podraża ich wykonanie (większa waga żelaza) i wymaga stosowania wzbudnic o większej mocy oraz bogatszego zaprojektowania całego obwodu prądu stałego. Zbyt duże napięcia zwarć transformatorów również zwiększają koszt ich

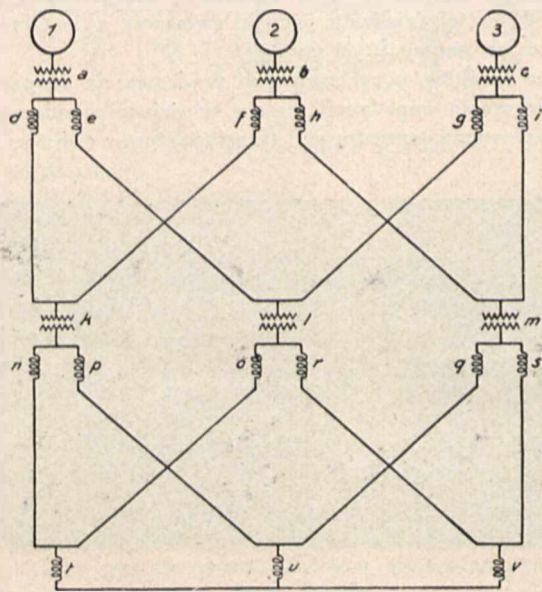
^{*)} K. Küppers — ETZ. 1929, s. 674.

wykonania; powodują pozatem trudności w utrzymywaniu stałych napięć u odbiorców (zmniejszone zresztą przez stosowanie transformatorów z zaczepami, przełączaniami pod obciążeniem).

Samo powiększenie oporności indukcyjnej generatorów i transformatorów daje naogół dość małe korzyści, gdyż stosowane zawsze równoległe łączenie kilku jednostek niweczy osiągnięte powiększenie impedancji obwodu zwarcia. Dopiero zastosowanie odpowiedniego układu sieci pozwala uzyskać należycie dodatnie dla nas właściwości maszyn o dużym rozproszeniu własnym.

To dobranie właściwego układu sieci jest jednym z bardzo ważnych środków, służących do ograniczenia prądu zwarcia. Najkorzystniejszy pod tym względem jest układ sieci zupełnie otwartej, gdyż przy zwarciu nie posiada wcale równoległe łączących się odcinków sieci i skutkiem tego obwód zwarcia ma stosunkowo największą impedancję. Ponieważ jednak dla znanych korzyści bardzo rozpowszechnione jest stosowanie sieci zamkniętych, należy tak je budować, aby układ ich jaknajmniej przyczyniał się do zwiększenia prądów zwarcia. W tym celu trzeba unikać nadmiernego zamykania sieci (czyli większego, niż to jest potrzebne dla pełnego wyzyskania zalet sieci zamkniętej). Należy unikać powstawania w chwili zwarcia więcej, niż dwóch równoległych gałęzi od punktu zwarcia do źródła energii. Racjonalne z punktu widzenia ograniczenia prądów zwarcia zaprojektowanie sieci uwzględnia też odpowiednie zastosowanie dławików.

Ciekawym, na szczególną uwagę zasługującym, przykładem jest t. zw. grupowanie (Gruppenschaltung), stosowane w sieciach miejskich Berlina⁹⁾, Wiednia i innych stolic Euro-



Rys. 11.

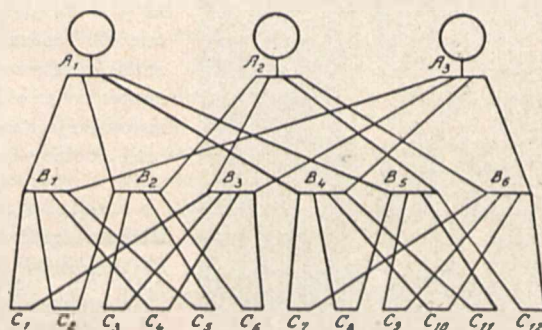
„Grupowanie” w sieci; zasilanie podstacji z różnych grup generatorów; zasilanie stacji przetwornicowych, lub punktów zasilających z różnych podstacji.

pejskich (rys. 11). Grupy generatorów (1, 2, 3) o łącznej mocy, instalowanej w grupie, nie przekraczającej pewnej wielkości (np. 120 MVA), zasilają ze swych szyn zbiorczych wyższego napięcia (np. 30 kV) szereg kabli zasilających, zaopatrzonych w dławiki przy szynach. Temi grupami generatorów są albo różne elektrownie, albo grupy generatorów w

jednej bardzo dużej elektrowni,—w tym wypadku szyny poszczególnych grup mogą się łączyć przez dławiki o dużej reaktancji.

W podstacjach z wysokiego na średnie napięcie (np. z 30 na 6 kV), każdy transformator ma własne szyny po stronie wyższego napięcia i jest zasilany dwoma kablami z dwóch różnych grup generatorów. Odpowiednio w sieci średniego napięcia (6 kV) każdy punkt zasilający albo stacja przetwornicowa (na prąd stały) zasilane są dwoma kablami z dwóch różnych, niezależnych szyn zbiorczych tego napięcia w podstacjach. Kable te mają również dławiki. Szyny zbiorcze 6 kV w podstacjach są albo niezależne dla każdego transformatora, albo łączą się przez dławiki.

W rzeczywistości z szyn grupy generatorów lub z grupowych szyn w podstacji wychodzą nie po dwa kable, jak na rys. 11, ale więcej, zależnie od potrzeby (schemat rys. 12). Zarówno w elektrowniach, jak i w podstacjach przewidziane są ponadto połączenia i szyny rezerwowe na wypadek zakłóceń i uszkodzeń.



Rys. 12.

Schemat ideowy „grupowania” w sieci.

Wynik stosowania opisanego układu, rozpowszechnionego również w Stanach Zjednoczonych, jest doskonały. Przez odpowiedni dobór reaktancji dławików i mocy poszczególnych grup ogranicza się dowolnie maksymalną, występującą w sieci moc zwarcia i, co ważniejsze może, przy rozszerzeniu sieci i powiększeniu liczby central oraz całkowitej mocy zainstalowanej, z równoczesnym zachowaniem prawidłowości układu, ta maksymalna moc zwarcia nie zmienia się, czyli jest niezależna od mocy, instalowanej w jednostkach prądotwórczych, pracujących na sieć¹⁰⁾. Rezultat powyższy oznacza właściwie całkowite rozwiązanie sprawy ograniczania prądów zwarcia.

Omawiając znaczenie układu sieci dla ograniczania prądów zwarcia, należy raz jeszcze podkreślić, że niezbędne jest należyte skoordynowanie wszystkich środków, służących dla ograniczania prądów zwarcia. Np. podział szyn zbiorczych w centrali na dwie grupy przez wbudowanie dławików może nie przynieść spodziewanych rezultatów, jeśli obie grupy szyn będą zbyt mocno sprzężone ze sobą przez sieć, np. przez szyny zbiorcze wyższego napięcia, zasilane transformatorami dużej mocy, przyłączonymi do głównych szyn z obu stron dławików. W tym wypadku impedancja wypadkowa dławików i równoległe do nich połączonego układu; transformatory—szyny zbiorcze wyższego napięcia—transformatory, może być tak nieznaczna, że nie będzie wywierała żadnego praktycznego wpływu na wielkość prądu zwarcia na głównych szynach, który przez wbudowanie dławików chcieliśmy ograniczyć. Jedynie równoczesne z wbudowaniem dławików przekształcenie układu sieci w sensie częściowego choćby zbliżenia go do idealnego, opisanego wyżej układu „grupo-

⁹⁾ R ü h l e — Elektrizitätswirtschaft 1926 (Sonderausgabe zur Hauptversammlung Düsseldorf 1926).

¹⁰⁾ G. L e v i — Dissert. Darmstadt. 1926.

wanego", może dać właściwe korzyści z podziału szyn zbiorczych na grupy.

Na zakończenie należy jeszcze wymienić dwa pośrednie środki zwalczania zwarc. Jednym z nich jest stosowanie w sieciach napięć wyższych. Nie zmniejsza to wprawdzie mocy zwarcia ani obciążenia wyłączników, ale ogranicza zato wielkość samego prądu zwarcia i proporcjonalnych do niego szkodliwych objawów cieplnych i dynamicznych. Ciepłe i dynamiczne działanie prądów zwarcia najgroźniejsze jest przy niższych napięciach, — powyżej 10–15 kV już właściwie jedynie wyłączniki odczuwają niekorzystnie wielkość powstających zwarc. W odniesieniu do tego punktu zasługują na uwagę generatory na najwyższe napięcia (do 35 kV lub nawet wyżej) oraz układy, w których generatory są załączone na szyny zbiorcze wyższego napięcia bezpośrednio przez transformatory, podwyższające napięcie, przyczem odpadają urządzenia rozdzielcze niższego napięcia.

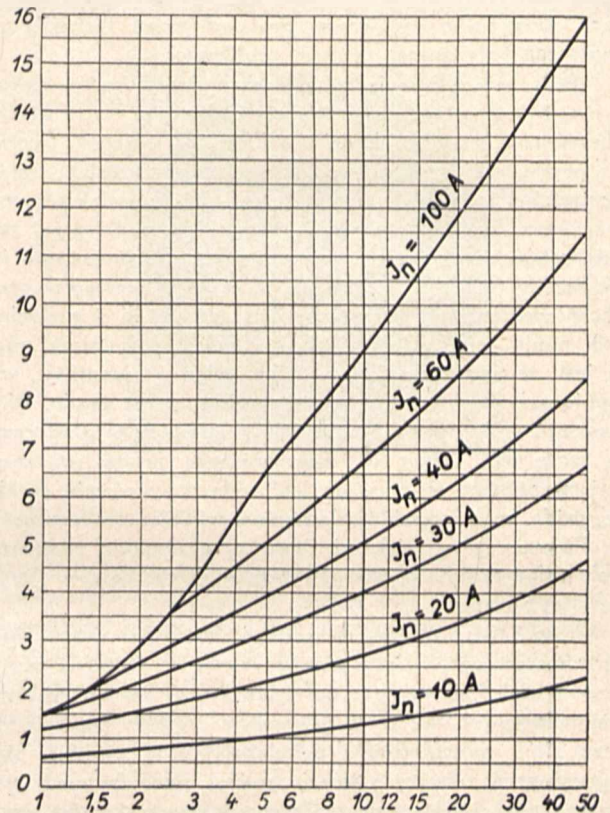
Wreszcie w pośredni sposób ograniczają prąd zwarcia bezpieczniki topikowe wysokiego napięcia. Działanie ich polega na tym, że przepalają się na wypadek zwarcia bardzo szybko, zanim udarowy prąd zwarcia osiągnie swoją maksymalną amplitudę. W rezultacie więc zabezpieczają nie tylko od ustalonego, ale też częściowo i od początkowego prądu zwarcia.

Konstrukcje tych bezpieczników, stojące na odpowiednim poziomie są dziełem ostatnich lat¹¹⁾, gdyż dostatecznie szybkie gaszenie łuku, towarzyszącego przepaleniu się topika, nie było rzeczą łatwą do osiągnięcia. Obecnie moc odłączalna bezpieczników tych sięga 400 — 500 MVA, czyli nie ustępuje wyłącznikom. Rozpowszechnione jest stosowanie bezpieczników szeregowo ze słabymi wyłącznikami: bezpieczniki odłączają zwarcia, wyłączniki — przeciążenia. Charakterystyki bezpieczników topikowych dla różnych nominalnych prądów podaje rys. 13.

Zakres stosowania bezpieczników ograniczony jest przez ich niewielkie moce przejściowe 1 500 — 2 000 kVA. Pozatem odłączanie zwarc przez bezpieczniki topikowe nie ma naogół charakteru selektywnego ze względu na niedokładność charakterystyk czasu odłączania nawet dla bezpieczników jednego typu. Wreszcie wadą bezpieczników topikowych jest odłączanie niektórych uszkodzeń nie na wszystkich fazach. Stosowanie bezpieczników tych jest najbardziej wskazane w słabych odgałęzieniach od szyn zbiorczych, stanowiących krótkie tory otwarte, gdzie spełniają one swe zadanie doskonale. Typowym przykładem zastosowania mo-

że być zabezpieczanie napięciowych transformatorów pomiarowych, przyłączanych wprost do szyn zbiorczych.

Z powyższego krótkiego przeglądu środków, służących do ograniczania prądów zwarcia, wynika, że w dobie obecnej technika silnopiętowa oparowała już całkowicie zagadnienie zwalczania zwarc. Umiejętny dobór środków z pośród



Rys. 13.

Wartość ochronna wysokonapięciowych bezpieczników topikowych wielkiej mocy:

odcięte — wielkość prądu zwarcia w kA skutecznych w miejscu wbudowania bezpiecznika,
rzędne — największy prąd przepuszczony przez bezpieczniki w kA maksymalnych.

opisanych powyżej pozwala utrzymać prądy zwarcia w granicach, jakie bez trudu zniosą wytrzymałościowo elementy urządzeń rozdzielczych i przesyłowych, i które pozwolą z łatwością i bez szkody dla ciągłości ruchu odłączać wszelkie uszkodzenia przez selektywne zabezpieczenia, działające w parze z dość mocnymi i szybko działającymi wyłącznikami.

¹¹⁾ AEG — Mitt. 1935, S. 71, 148.

Siemens — Zt. 1931, S. 65.

VDE — Fachberichte 1934, S. 72.

Wpływ rozbudowy sieci wysokiego napięcia na kształtowanie się systemów zabezpieczeń selektywnych

Inż. T. Valeri

Streszczenie. W referacie omówione są różne typy zabezpieczeń selektywnych sieci oraz zakres ich stosowalności. Zabezpieczenia nadmiarowe, aczkolwiek proste, pewne w działaniu i tanie nie mogą znaleźć zastosowania przy sieciach bardziej skomplikowanych. Dla takich sieci znajdują zastosowanie przełączniki odległościowe. W dalszym ciągu zostają omówione różne typy zabezpieczeń odległościowych i zakres ich stosowalności. Wreszcie dla sieci, wymagających bardzo krótkich czasów wyłączania mogą znaleźć zastosowanie zabezpieczenia porównawcze.

Obok zabezpieczeń przeciwko zwarciom międzyfazowym zostają omówione zabezpieczenia przeciwko zwarciom z ziemią, niezwykle ważne dla prawidłowej pracy sieci.

Postępująca w Polsce rozbudowa sieci wysokiego napięcia czyni sprawę właściwego ich zabezpieczenia od zaburzeń i uszkodzeń coraz bardziej aktualną. Cały szereg czynników składa się na to, że ilość, a zwłaszcza koszt zabezpieczeń nie rośnie proporcjonalnie do wielkości i wartości sieci, lecz znacznie szybciej. A więc: w miarę rozbudowy sieci rośnie ilość zabezpieczonych elektrowni, podstacji i zabezpieczonych odcinków sieci. Równocześnie jednak komplikuje się układ sieci: powstają pierścienie, sieci zamknięte i t. p., wymagające dla selektywności ich zabezpieczenia dość skomplikowanych układów przełącznikowych. Wpro-

wadzenie wyższych napięć, a zwłaszcza kilku napięć roboczych prowadzi do dalszych komplikacji. Wreszcie wymagania odbiorców, jeśli chodzi o pewność i bezpieczeństwo ruchu stają się coraz ostrzejsze, co zmusza elektrownie do stosowania zabezpieczeń, gwarantujących bardzo krótki czas i jak najbardziej ograniczoną przestrzeń działania zakłócenia. Również postępujący w szybkim tempie rozwój współpracy równoległej elektrowni postawił przed techniką zabezpieczeń cały szereg nowych problemów.

Przy projektowaniu zabezpieczeń należy dążyć zawsze do możliwie prostych przekładników i układów. Najprostszym zabezpieczeniem, jeśli chodzi o ochronę od zwarć są oczywiście przekładniki nadmiarowe. Zaletą ich jest prosta i trwała konstrukcja, a wskutek tego duża pewność w działaniu oraz niska cena. To też przekładniki te znalazły nadzwyczaj szerokie rozpowszechnienie i jeszcze obecnie zastosowanie ich jest bardzo rozległe. Naogół są one zupełnie wystarczającym zabezpieczeniem dla prostych sieci otwartych i pierścieni i dla napięć niezbyt wysokich. Natomiast zasadniczą wadą ich jest, że uwzględniają one tylko jeden z czynników, występujących przy zwarciu, a mianowicie wzrost prądu. Wiadomo zaś, że w pewnych wypadkach najmniejszy prąd zwarcia może być niższy od maksymalnego prądu roboczego w sieci; pomimo to musi on być wyłączony równie szybko jak każde inne zwarcie, połączone z wielkim prądem zwarcia. Poza to przy większej ilości przekładników nadmiarowych, włączonych w szereg otrzymuje się bardzo długie czasy wyłączenia.

Przechodząc do innych bardziej skomplikowanych układów zabezpieczeń, należy przedewszystkiem zestawić zasadnicze czynniki, wpływające na wybór takich lub innych urządzeń ochronnych. Są to w pierwszym rzędzie: napięcie robocze sieci, najmniejszy i największy prąd zwarcia, największy prąd roboczy wreszcie rodzaj sieci (napowietrzna czy kablowa) i jej schemat. Trzeba również określić czasy, po których powinno nastąpić odłączenie zwarcia. Zbyt długie czasy wyłączenia są nadzwyczaj szkodliwe, nie należy jednak również bez potrzeby schodzić z czasami zbyt nisko.

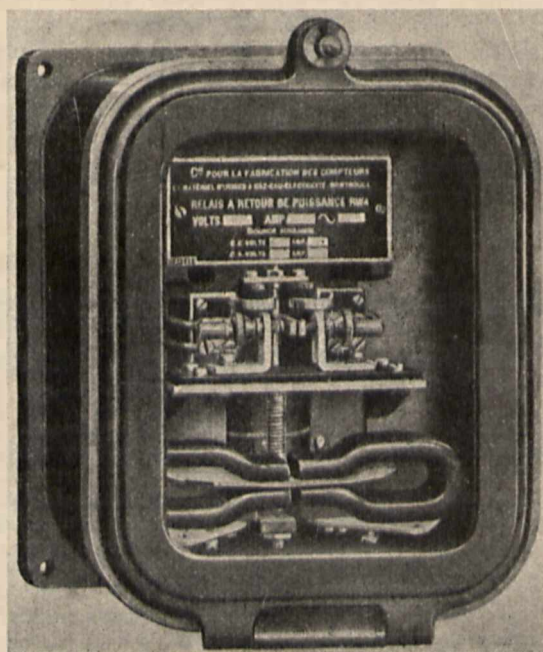
Każde urządzenie zabezpieczające składa się zasadniczo z trzech części: elementu wzbudzającego, mierniczego i kierunkowego. Element wzbudzający stwierdza powstanie stanu anormalnego i włącza element mierniczny, który dokonuje odpowiedniego pomiaru pewnej określonej wielkości charakterystycznej (np. prądu lub impedancji i t. p.) i ustala czas wyłączenia. Element kierunkowy rygluje możliwość wyłączenia, o ile zwarcie nie leży w strefie, którą przekładnik powinien chronić. Jest on potrzebny przy sieciach zamkniętych, natomiast przy sieciach otwartych stosowanie jego jest naogół zbyt bezużyteczne. Przy najprostszym przekładniku nadmiarowym z czasem wyłączenia, niezależnym od przeciążenia, elementem wzbudzającym jest właściwy przekładnik nadmiarowy, włączający przy przekroczeniu pewnej określonej wartości prądu element mierniczny w tym wypadku mechanizm czasowy, który przy tym typie przekładników powoduje wyłączenie linii zawsze po tym samym czasie. Najprostszym przekładnikiem nadmiarowym nie posiada elementu kierunkowego, który może być jednak zawsze dodany — taką kombinację stosuje się np. przy zabezpieczeniu sieci w kształcie prostych pierścieni, zasilanych z jednego punktu.

Przystępując do omawiania bardziej skomplikowanych układów zabezpieczeń, należy rozpatrzeć nie tylko zabezpieczenia od zwarć między fazami, ale także od zwarć jednej fazy z ziemią. W sieciach z uziemionym bezpośrednio lub przez niewielki opór punktem zerowym jednofazowe zwarcie z ziemią nie różni się zasadniczo od zwarć międzyfazowych, to też nie są dla jego odłączenia potrzebne specjalne urządzenia ochronne. Bezpośrednie uziemienie punktu ze-

rowego nie wydaje się jednak rozwiązaniem właściwym, przedewszystkiem właśnie dlatego, że ilość zaburzeń i wyłączeń w sieci zwiększa się nadzwyczajnie. W Europie sieci z uziemionym bezpośrednio punktem zerowym stanowią olbrzymią większość. W sieciach takich wielkość prądu zwarcia z ziemią uwarunkowana jest pojemnością sieci względem ziemi. Pojemność ta zależy od wielkości sieci i jej rodzaju (sieci kablowe mają znacznie większą pojemność od napowietrznych). Przy bardzo rozległych sieciach kablowych dochodzą prądy zwarcia z ziemią nawet do kilku tysięcy amperów. W sieciach napowietrznych powstaje przy zwarciu z ziemią łuk. Łuk ten przy prądach rzędu kilku amperów gaśnie zawsze sam przez się. Przy większych prądach łuk ten może nie zgasnąć samorzutnie, t. j. stać się łukiem trwałym. Łuk taki zapala się i gaśnie w takt częstotliwości prądu zmiennego. W sieciach kablowych zwarcie jednej fazy z ziemią prowadzi naogół w krótkim czasie do zwarcia międzyfazowego.

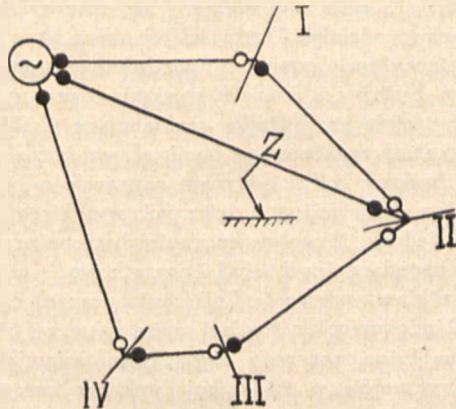
Wpływ zwarcia z ziemią na pracę sieci jest nadzwyczaj szkodliwy. Powoduje ono przedewszystkiem bardzo wysokie przepięcia w sieci (do pięciokrotnej wartości napięcia roboczego), wywołuje zniszczenie przewodów roboczych w punkcie zwarcia i powstanie zwarć między fazami, wreszcie stanowi niebezpieczeństwo dla istot żyjących, znajdujących się w pobliżu. Nadzwyczaj pożytecznym środkiem dla unieszkodliwienia zwarć z ziemią jest kompensacja prądów pojemnościowych za pomocą specjalnych urządzeń gasikowych, jak np. cewki Petersena, transformator gasikowy i t. p. Zastosowanie urządzeń gasikowych usuwa w znacznym stopniu niebezpieczeństwo zwarć z ziemią i — co również jest bardzo ważne — pozwala nawet na dłuższą pracę sieci z uziemieniem w jednej fazie. Sieci napowietrzne skompensowane mogą pracować godzinami ze zwarciem z ziemią w jednej fazie. Co do sieci kablowych, to można nawet do godziny pracować z jedną fazą uziemioną. Kompensacja sieci jest więc bardzo cennym środkiem dla uchronienia sieci od szkodliwych skutków jednofazowych zwarć z ziemią.

Obok kompensacji zwarć z ziemią stosuje się zwykle jeszcze odpowiednie przekładniki ziemnozwarciowe. Przekładniki te nie powodują przytem przy zwarciu z ziemią naogół



Rys. 1.
Przełącznik ziemnozwarciowy (Compagnie des Compteurs).

wyłączenia linii, lecz sygnalizują jedynie powstanie zwarcia. Do sygnalizowania zwarć z ziemią stosuje się przekładniki kierunkowe (Rys. 1). Są one tak włączone, że działają tylko, o ile przepływ energii następuje od szyn zbiorczych podstacji, w której wbudowane są przekładniki na sieć. W ten sposób można otrzymać selektywne wskazanie punktu zwarcia z ziemią, jak to pokazuje rys. 2. Na rysunku pokazano



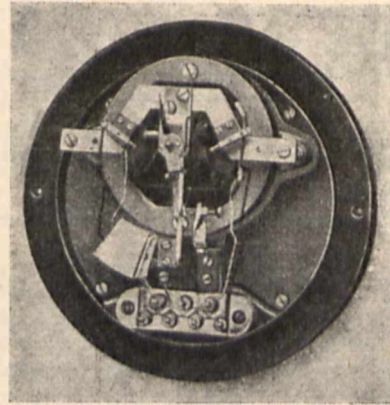
Rys. 2. Selektywna sygnalizacja zwarcia z ziemią.

sieć zamkniętą z kilku podstacjami. Na każdym końcu odcinka sieci w każdej podstacji ustawione są kierunkowe przekładniki ziemnozwarciowe (oznaczone kółkami). Przy zwarcu np. w punkcie „Z” wszystkie przekładniki wskazują w kierunku zwarcia z ziemią. Pokazane na schemacie kółka czarne oznaczają przekładniki, które zadziałały, natomiast kółka białe — przekładniki, które nie zadziałały. Na podstawie tych wskazań łatwo odnaleźć odcinek sieci, na którym nastąpiło zwarcie z ziemią. Leży ono na odcinku, na obu końcach którego zadziałały przekładniki ziemnozwarciowe. Z rys. 2 widać, że, wychodząc z jakiegokolwiek punktu sieci, łatwo dojść do miejsca zwarcia z ziemią, idąc za wskazaniami przekładników.

Praktyka wykazała, że trwałe zwarcia z ziemią są zwykle poprzedzone szeregiem zwarć z ziemią o bardzo krótkim czasie trwania. Czas trwania tych zwarć jest rzędu setnych części sekundy, poczem przerywają się one same przez się. Są one jednak sygnałem, że izolacja linii w danym punkcie jest osłabiona. Po pewnym czasie powtarzają się one często w tym samym punkcie i znowu przerywają się samorzutnie, powodując jednak dalsze osłabienie izolacji (zwłaszcza w kablach). Wreszcie po dłuższym czasie i wielokrotnym powtarzaniu się powyżej opisanego zjawiska następuje trwałe zwarcie z ziemią. Praktyka wykazała, że takie krótkotrwałe zwarcia mogą wystąpić np. w kablach na kilka tygodni przed przebicciem kabla. Zwarć tych nie należy lekceważyć, lecz wykorzystać jako ostrzeżenie, że w danym odcinku linii coś jest nie w porządku, i zawczasu przygotować się do usunięcia uszkodzenia, dopóki ono nie jest jeszcze groźne. Dla rejestrowania tych krótkotrwałych zwarć z ziemią istnieją specjalne przekładniki szybko działające, ponieważ przekładnik normalny działa zbyt wolno, aby zareagować w danym wypadku. Przekładniki te dają bardzo cenne ostrzeżenia co do stanu izolacji sieci i pozwalają zawczasu na powzięcie odpowiednich środków zapobiegawczych. Przykład takiego przekładnika pokazany jest na rys. 3.

Kwestja zwarć z ziemią została tu omówiona nieco obszerniej, ponieważ praktyka wykazała niezwykle szkodliwy wpływ, jakie zwarcia te mają na pracę sieci. Są one szkodliwe nie tylko same przez się, ale poza to są źródłem

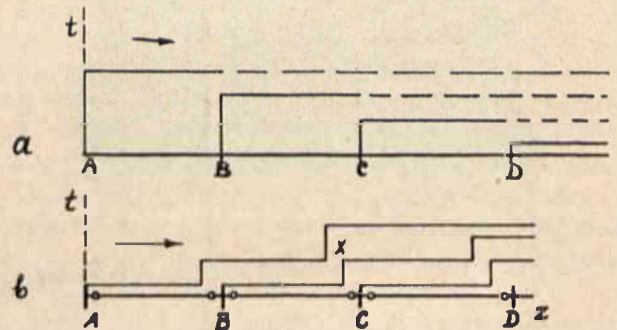
większości wszelkich innych zaburzeń w sieci, jak to: zwarcia międzyfazowe podwójne, zwarcia z ziemią i t. p. Stosując więc odpowiednie zabezpieczenia ziemnozwarciowe, możemy obniżyć równocześnie ilość innych zaburzeń. Kwestja ta jest zwłaszcza aktualną dla sieci kablowych, dla których stosowano dotychczas u nas stosunkowo rzadko zabezpieczenia przeciw zvarciom z ziemią. Można z całą pewnością



Rys. 3. Przekładnik ziemnozwarciowy szybko działający (Siemens).

stwierdzić, iż przez racjonalne rozwiązanie kwestji zabezpieczeń ziemnozwarciowych można znacznie poprawić bezpieczeństwo pracy sieci. Nie jest też ani rzeczą konieczną, ani pożyteczną, aby każde zwarcie z ziemią przeszło w zwarcie międzyfazowe. Lepiej wyłapać je zawczasu i usunąć bez przerw i zaburzeń w ruchu, niż czekać, aż zwarcie międzyfazowe wyłączy chory odcinek kabla.

Po omówieniu kwestji zwarć z ziemią powracamy do omawianych poprzednio właściwych zabezpieczeń przeciwzwarciowych. Wskazaliśmy już na trudności, na jakie natrafia zwykle zabezpieczenie nadmiarowe. Nie będziemy się tu zatrzymywać nad różnymi specjalnymi konstrukcjami zabezpieczeń nadmiarowych, które okazały się wprawdzie w pewnych wypadkach bardzo pożyteczne, nie były jednak



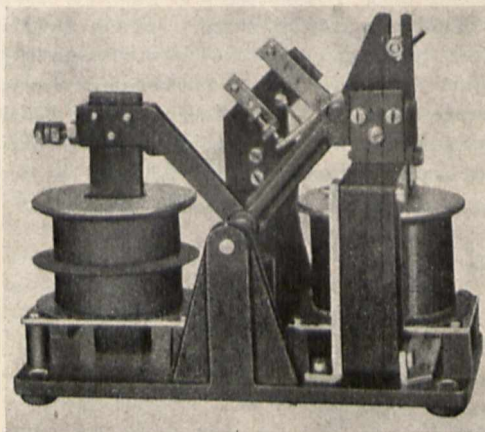
Rys. 4. Zabezpieczenie linii otwartej zapomocą przekładników nadmiarowych i odległościowych.

w stanie usunąć zasadniczych trudności, związanych z przekładnikiem nadmiarowym. Około 12 lat temu pojawiły się najpierw w Stanach Zjednoczonych t. zw. przekładniki odległościowe, które wymierzały pewną wielkość, proporcjonalną do odległości od przekładnika do punktu zwarcia, i proporcjonalnie do tej wielkości nastawiały długość czasu, po którym następowało wyłączenie. Mogły one mierzyć albo impedancję zwartego odcinka (przekładniki impedancyjne), albo jego reaktancję (przekładniki reaktancyjne). Przekładniki te znalazły niezwykle szerokie zastosowanie dzięki swym licznym zaletom, a mianowicie: Przekładnik wymierza

impedancję ew. reaktancję zwartego odcinka i w zależności od niej ustala czas wyłączenia. Wskutek tego jest on teoretycznie niezależny w swem działaniu od wielkości prądu zwarcia, kształtu sieci i t. p. Ponieważ czas, po którym następuje wyłączenie, rośnie w miarę oddalania się od punktu zwarcia, można zapomocą opisanych przełączników otrzymać znacznie krótsze czasy wyłączenia, niż przy przełącznikach nadmiarowych. Widać to jasno z rys. 4. Na rys. 4a pokazane jest zabezpieczenie linii otwartej zapomocą przełączników nadmiarowych, a na 4b — zapomocą odległościowych. Czasy w drugim wypadku są znacznie krótsze.

Jak już powiedziano wyżej, składa się każdy przełącznik z trzech elementów, a mianowicie: wzbudającego mierniczego i kierunkowego. Każdy przełącznik odległościowy posiada powyższe trzy elementy (ew. przy sieci otwartej odpadnie element kierunkowy), a wybór typu tych elementów zależy od warunków pracy sieci.

1) *Element wzbudzający.* Może on być wykonany jako nadmiarowy, lub podimpedancyjny, t. zn. o ile działa wtedy, gdy impedancja chronionego odcinka spadnie poniżej pewnej nastawionej wartości. Element nadmiarowy jest prostszy i dlatego należy go o ile możliwości stosować. Jediną przeszkodą dla jego użycia jest wypadek, gdy najmniejszy prąd zwarcia w sieci jest mniejszy od największego prądu obciążenia. Wypadek ten, bardzo rzadki w sieciach średniego napięcia, jest natomiast zjawiskiem dość częstym w sieciach o bardzo wysokim napięciu. Należy zaznaczyć, iż możliwość błędnego działania jest minimalna przy elemencie nadmiarowym, natomiast większa przy elemencie podimpedancyjnym. Przełącznik podimpedancyjny składa się zasadniczo (rys. 5) z ceki prądowej i napięciowej, działających



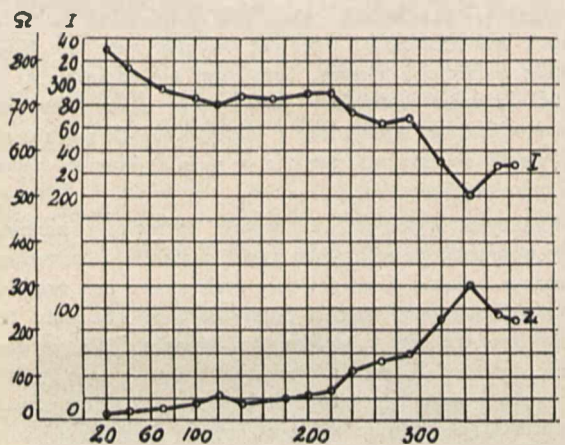
Rys. 5.

Element przechylowy podimpedancyjny (A. E. G.).

przeciw sobie na dwa końce dźwigni. Przy zwarcu impedancja zwartego odcinka określa się stosunkiem napięcia E w cewce napięciowej do prądu I w cewce prądowej. $E:I=Z$. O ile przeważa działanie cewki prądowej, co jest równoznaczne ze spadkiem impedancji, to dźwignia przechyli się w lewo i zamknie kontakt, włączający element mierniczy. Jest rzeczą jasną, że w razie przypadkowego przerwania obwodu cewki napięciowej przełącznik podimpedancyjny zadziała zupełnie niepotrzebnie. Nie jest przeto wskazaniem na wszelki wypadek brać elementy wzbudające podimpedancyjne, a należy je stosować jedynie wówczas, gdy dokładne przeliczenie prądów zwarcia (najmniejszych) w sieci wykaże rzeczywistą ich konieczność.

2) *Element mierniczy.* Element mierniczy mierzy impedancję ewentualnie reaktancję zwartego odcinka i w zależności od tego ustala czas, po którym ma nastąpić wyłą-

czenie. W praktyce znalazły zastosowanie przełączniki impedancyjne i reaktancyjne. Mierzenie impedancji jest zasadniczo prostsze i korzystniejsze. W sieciach kablowych, których reaktancja jest bardzo mała, można stosować tylko przełączniki impedancyjne. Inaczej nieco przedstawia się sprawa w sieciach napowietrznych. Tu zwarcie następuje zwykle przez łuk. Oporność łuku dodaje się geometrycznie do oporności zwartego odcinka sieci, wskutek czego przełącznik mierzy impedancję większą, niż rzeczywista impedancja zwartego odcinka. Trudności tej niema przy przełącznikach reaktancyjnych, ponieważ opór łuku jest oporem omywym, który zostaje całkowicie wyeliminowany z pomiaru przez zastosowanie przełącznika reaktancyjnego. Zdawałoby się, że przełącznik reaktancyjny pomimo swej bardziej skomplikowanej budowy będzie jedynym naprawdę odpowiednim przełącznikiem dla sieci napowietrznych wysokiego napięcia. Okazało się jednak, iż wpływ oporności łuku na pracę przełączników impedancyjnych był początkowo przeceniany. Przedewszystkiem oporność linii jest prawie całkowicie opornością indukcyjną, natomiast opór łuku ma charakter omowy. Znajdując oporność wypadkową, sumujemy dwa wektory, przesunięte o 90 stopni, wskutek czego wpływ oporu łuku jest znacznie mniejszy, niż przy sumowaniu algebraicznym takich samych dwóch wielkości. Niech np. opór łuku będzie 20 omów, a opór zwartego odcinka sieci — 40 omów. Wtedy opór wypadkowy wyniesie $\sqrt{40^2 + 20^2} \approx 44,5$ oma, a więc zaledwie o ok. 10% więcej od impedancji rzeczywistej. Pozatem należy wziąć pod uwagę, że w łuku wielkością stałą jest spadek napięcia na jednostkę długości, wynoszący około 25 woltów/cm. Stąd wniosek, że opór łuku jest wprost proporcjonalny do jego



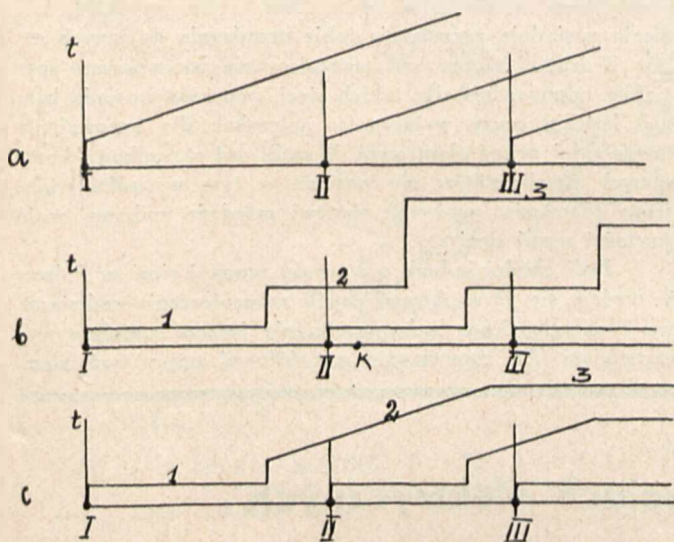
Rys. 6.

Zmiany oporności łuku w funkcji czasu. Oś rzędnych — oporność, oś odciętych — okresy.

długości, a odwrotnie proporcjonalny do prądu, płynącego przez łuk. Wobec tego opór łuku będzie w pierwszej chwili po jego powstaniu nieznaczny i wzrośnie dopiero po pewnym czasie, gdy łuk się wydłuży. Potwierdza to rys. 6, na którym podany jest wykres oporności łuku w funkcji czasu od chwili jego powstania. Przy bardzo szybko działających przełącznikach impedancyjnych opór łuku nie może się więc dać zbyt w znacznym stopniu. Pozatem największą oporność wykazywać będą łuki o małym natężeniu prądu. Ale łuki te gasną zwykle same przez się i odłączenie sieci w razie powstania takiego łuku byłoby nawet niewskazane, ponieważ niema celu wyłączać uszkodzenie, które samo znika po bardzo krótkim czasie, nie wyrządzając poważniejszych szkód. Groźne dla sieci łuki trwałe posiadają zwykle duże natężenia prądu, a wskutek tego stosunkowo małe oporności, co oczywiście redukuje znacznie wpływ ich na pomiar prze-

każników impedancyjnych. Wyżej wymienione czynniki pozwalają na znaczne rozszerzenie zakresu stosowności przełączników impedancyjnych. Mogą one być stosowane (oczywiście szybko działające przełączniki) do napięć najwyższych, o ile tylko oporności odcinków linii nie są bardzo małe i obecnie nawet dla sieci o napięciu 220 000 woltów projektuje się zabezpieczenia impedancyjne. Jednak przy napięciach powyżej 100 000 woltów przełącznik reaktancyjny bywa jeszcze stosowany, gdy oporność sieci jest nieznaczna, często w połączeniu z elementem impedancyjnym.

Przechodzimy obecnie do charakterystyk zabezpieczeń odległościowych. Rozróżniamy tu dwa zasadnicze rodzaje przełączników. Jedne z nich składają się z omomierza, który wymierza oporność zwartego odcinka i ustala czas wyłączenia proporcjonalnie do zmierzonego oporu. Charakterystyka tego przełącznika (w układzie spórzędnych oporność — czas) jest linią prostą pochyłą. Drugą grupę stanowią przełączniki o charakterystyce schodkowej. Zasadniczą ich częścią jest kilka elementów przechyłowych podobnych do pokazanego na rys. 5, w połączeniu z przełącznikami czasowymi. Elementów tych jest zwykle trzy. Pierwszy, połączony z przełącznikiem czasowym, nastawionym na czas bardzo krótki, zamyka swój kontakt, o ile impedancja mierzona spadnie poniżej ok. 80% impedancji chronionego odcinka. Następuje wtedy natychmiastowe prawie wyłączenie. Drugi przełącznik przechyłowy działa przy większej wartości impedancji, ale zato z większym opóźnieniem (ok. 0,5 — 1 sek.). Wreszcie trzeci stopień jest rezerwowym i działa po czasie znacznie dłuższym (3 — 6 sek.). Obie wyżej wymienione charakterystyki pokazane są na rys. 7a i 7b wreszcie, kombinując przełącznik przechyłowy z omomierzem,



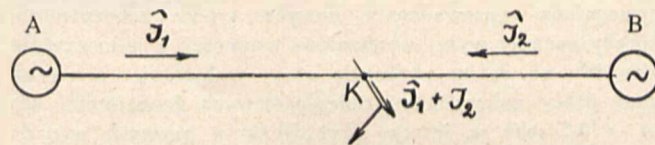
Rys. 7.

Charakterystyki przełączników odległościowych.

otrzymujemy charakterystykę łamaną, pokazaną na rys. 7c. Jak widać z rys. 7b i 7c, charakterystyka przełącznika odległościowego składa się z trzech części, a mianowicie części początkowej (oznaczonej na rysunku b cyfrą 1) pośredniej (2) i końcowej (3). Zastanowimy się, jakim wymaganiom powinny czynić zadość poszczególne części charakterystyki.

Część początkowa jest zasadniczą częścią charakterystyki. Powinna ona zasadniczo obejmować całą długość odcinka chronionego i tylko ze względu na niedokładności w pomiarze musimy ją ograniczyć do 80% długości chronionego odcinka, aby zapewnić selektywną pracę przełączników. W strefie początkowej winno wyłączenie nastąpić

w czasie nastawionym. Przekroczenie nastawionego czasu jest niedopuszczalne, ponieważ może to spowodować nieselektywne działanie zabezpieczenia. Jeśli np. (rys. 7b) nastąpi zwarcie w punkcie K, a przełącznik w stacji II spóźni się, to może wyłączyć błędnie przełącznik w stacji I. A więc w części początkowej nastawiony czas wyłączenia nie powinien być w żadnym razie przekroczony. Odwrotnie przedstawia się sprawa w strefie pośredniej. Służy ona w więk-



Rys. 8.

Rozpływ prądów w przewodzie, zasilanym na końcach z dwóch elektrowni.

kości jako rezerwa dla drugiego przełącznika. Zbyt szybkie zadziałanie przełącznika w strefie pośredniej może mieć te same skutki, co opóźnienie pracy w strefie pierwszej. A więc czas, nastawiony dla strefy pośredniej, może być ewentualnie nieco przekroczony przez przełącznik, natomiast niedopuszczalne jest zbyt wczesne działanie. Co do strefy końcowej, to w niej czasy wyłączenia są znacznie dłuższe. Czas wyłączenia winien być w tej strefie stały i nastawialny tak, aby można było otrzymać selektywne stopniowanie czasów końcowych przełączników.

Aczkolwiek zabezpieczenia odległościowe mogłyby się wydawać zabezpieczeniem idealnym i w rzeczywistości zakres ich stosowności jest nadzwyczaj rozległy, to jednak istnieją problemy, nie dające się za ich pomocą rozwiązać. Przedewszystkiem nie nadają się one do zabezpieczenia odcinków bardzo krótkich. Jako granicę, zresztą zupełnie przybliżoną, można przyjąć minimalną impedancję wtórną chronionego odcinka na ok. 0,3 oma na fazę. Dzięki specjalnym układom połączeń można zejść przy nowszych konstrukcjach nawet do 0,1 oma na fazę, jest to jednak w obecnej chwili dolna granica możliwości w tym względzie. Dalej, pomiar impedancji ew. reaktancji nie jest zawsze prawidłowy, choćby ze względu na wpływ łuku przy przełącznikach impedancyjnych. Wpływ ten daje się jednak odczuć także w przełącznikach reaktancyjnych w wypadku pracy równoległej elektrowni. Wyjaśnia to rys. 8. Widzimy na nim linię, zasilaną z dwóch końców przez elektrownie A i B. Niech powstanie zwarcie w punkcie K. Wtedy przełącznik w A winien zmierzyć impedancję „Z” zwartego odcinka, a na to przez cewkę prądową winien płynąć prąd I , zaś na zaciskach cewki napięciowej panować napięcie $\bar{E} = \bar{I}_1 Z$. W rzeczywistości przez cewkę prądową przełącznika płynie prąd I_1 , natomiast na zaciskach cewki napięciowej mamy napięcie:

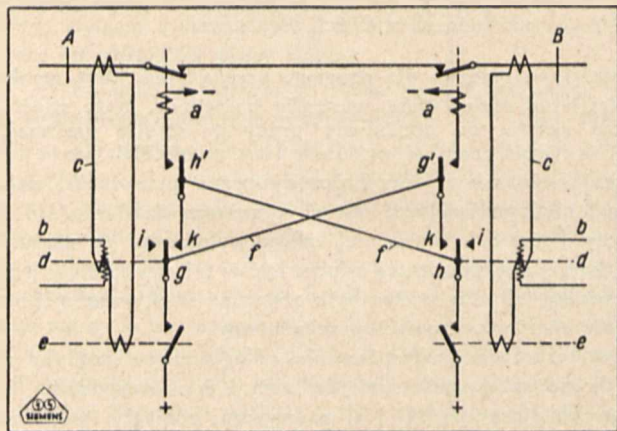
$$\bar{E}_1 = \bar{I}_1 Z + (\bar{I}_1 + \bar{I}_2) R, \text{ gdzie } R \text{ — opór łuku.}$$

Daje to oczywiście błędny pomiar i przedłuża czas wyłączenia przy przełącznikach impedancyjnych. Ale błąd powstaje także przy przełącznikach reaktancyjnych, które, o ile I_1 i I_2 nie są w fazie, mierzy także część oporu łuku błędnie jako reaktancję. Co gorsza, może to spowodować nie tylko przedłużenie, ale w pewnych wypadkach również skrócenie czasu wyłączenia przełącznika reaktancyjnego, co może doprowadzić do całego szeregu nieselektywnych wyłączeń w sieci.

O trudnościach, jakie powstają dla przełączników przy powstaniu prądów wyrównawczych między elektrowniami, nie będziemy tu szerzej pisać. Należy jednak i na nie zwrócić uwagę.

Oczywiście nie należy przeceniać wyżej opisanych trudności. Przy zręcznym projektowaniu dadzą się one prze-

ważnie ominąć. Niemniej jednak istnieją wypadki, których zapomocą przekazywników odległościowych nie można rozwiązać w sposób zadawalający. Wypadki takie występują przede wszystkim w krótkich sieciach kablowych o bardzo małym oporze odcinków oraz w sieciach o bardzo wysokim napięciu, zasilanych z kilku elektrowni. Jeśli chodzi o wypadki pierwszej kategorii, to dadzą się one naogół rozwiązać zapomocą zabezpieczeń różnicowych, natomiast druga grupa wymagałaby wprowadzenia nowych typów zabezpieczeń, któreby usunęły wyżej wymienione trudności, a jednocześnie pozwoliły na dalsze skrócenie czasu wyłączenia, ponieważ czasy pracy zabezpieczeń odległościowych (co najmniej ok. 0,4 — 0,5 sek) są jeszcze zbyt długie w pewnych wypadkach. Zadania te spełniają zabezpieczenia porównawcze.



Rys. 9.
Schemat zabezpieczenia porównawczego.

Rys. 9 pokazuje typowe zabezpieczenie porównawcze, którego działanie pokrótce opiszemy. Na każdym końcu linii znajduje się element wzbudzający „e” oraz element kierunkowy. O ile na obu końcach zadziałają elementy wzbudzające (w danym wypadku są to przekazywniki nadmiarowe), a jednocześnie przekazywniki kierunkowe „d” wskażą, że przepływ energii następuje od szyn do sieci, to zamkną się kontakty robocze elementów wzbudzających, a jednocześnie kontakty robocze przekazywników kierunkowych złączą się z kontaktami stałymi „k”. Jednocześnie zapomocą specjalnych cięgien zostają zamknięte kontakty g' i h' i następuje obustronne wyłączenie odcinka. O ile jednak zwar-

cie nastąpiło poza chronionym odcinkiem, to jeden z przekazywników kierunkowych wskaże przepływ od sieci do szyn zbiorczych podstacji. (O ile np. zwarcie nastąpiło na prawo od podstacji „B”, to będzie to przekazywnik w stacji B). Wtedy jednak nie zamkną się kontakty h i h_1 i żaden z wyłączników na końcu chronionego odcinka nie zadziała.

Zabezpieczenie tego typu nie może pracować samo w sieci, ponieważ jest ono zupełnie niewrażliwe na zwarcia poza obrębem chronionej przez siebie linii. O ile więc zepsuje się któryś z przekazywników i na chronionym przezeń odcinku wystąpi akurat przypadkowo zwarcie, to nie zostanie ono wogóle odłączone, chyba przez zabezpieczenia w elektrowni. Dlatego zabezpieczenia porównawcze otrzymują zawsze jako rezerwę zabezpieczenia nadmiarowe, odległościowe lub t. p.

Zabezpieczenia te są same przez się dość kosztowne. Do tego jednak dochodzi nierównie wyższy koszt przewodów łączących między końcami chronionego odcinka. (Ciężna, pokazane na rys. 9 są w rzeczywistości przewodami, po których przekazywniki przesyłają sobie nawzajem sygnały. Natomiast wielką zaletą ich jest, że dają bardzo krótkie czasy wyłączenia i są niewrażliwe na wszelkie wpływy uboczne i zaburzenia, leżące poza chronionym odcinkiem, które nie mogą spowodować błędów w ich działaniu. Stosowanie ich jest więc naogół godne polecenia, przede wszystkim jednak w sieciach bardzo wysokiego napięcia, zasilanych z kilku, równoległe pracujących elektrowni. W sieciach tych można przede wszystkim zmniejszyć koszty zainstalowania zabezpieczenia, ponieważ przesyłanie sygnałów przez przekazywniki, leżące na obu końcach chronionego odcinka, można uskutecznić zapomocą wysokiej częstotliwości, przesyłanej po przewodach wysokiego napięcia. Sieci bardzo wysokiego napięcia posiadają przeważnie takie urządzenia do innych celów. Z drugiej strony jest zabezpieczenie porównawcze specjalnie odpowiednie dla takich sieci, ponieważ posiada bardzo krótkie czasy wyłączenia, potrzebne dla zapewnienia równoległej pracy elektrowni. Wysoki zaś stosunkowo koszt samych przekazywników nie posiada w tym wypadku większego znaczenia, ponieważ stanowi zaledwie znikomą część wartości samej sieci.

Jeśli chodzi jednak o warunki pracy i sieci w Polsce, to wydaje się, iż w obecnej chwili zabezpieczenia nadmiarowe i odległościowe będą przeważnie jeszcze zupełnie wystarczające dla zapewnienia prawidłowej pracy tych sieci.

Burze i przebiegi w polskich sieciach elektrycznych wysokiego napięcia w roku 1935

Według statystyki Komisji Przebieg i Zakłóceń Sieciowych SEP.

Inż. L. Jung

Streszczenie. Przeprowadzono analizę danych zebranych w r. 1935. Statystyka objęła przeszło 50% wszystkich linii napowietrznych wysokiego napięcia w Polsce. Zbadano sieci z punktu widzenia ich odporności na przebiegi pochodzenia atmosferycznego, zanalizowano zaobserwowane burze i zakłócenia ruchu sieci oraz wyprowadzono ze statystyki wnioski.

Na początku roku 1935 rozesłano przedsiębiorstwom elektryfikacyjnym, wzorem roku ubiegłego, do wypełnienia dwa kwestionariusze A. i B.

Kwestionariusz A zawierał, jak i w roku 1934, 14 pytań, dotyczących urządzeń sieciowych zakładu elektrycznego, ze szczególnem uwzględnieniem kwestji zabezpieczeń od przebiegów pochodzenia atmosferycznego.

Kwestionariusz B, dotyczący burz i zakłóceń, spowodowanych przebiegami, został w stosunku do roku ubiegłego uzupełniony 2 pytaniami, które miały na celu określenie, chociażby zgrubsza, wielkości strat, ponoszonych przez zakłady elektryczne przy wyłączeniach wyłączników głównych i lokalnych, spowodowanych przebiegami pochodzenia atmosferycznego.

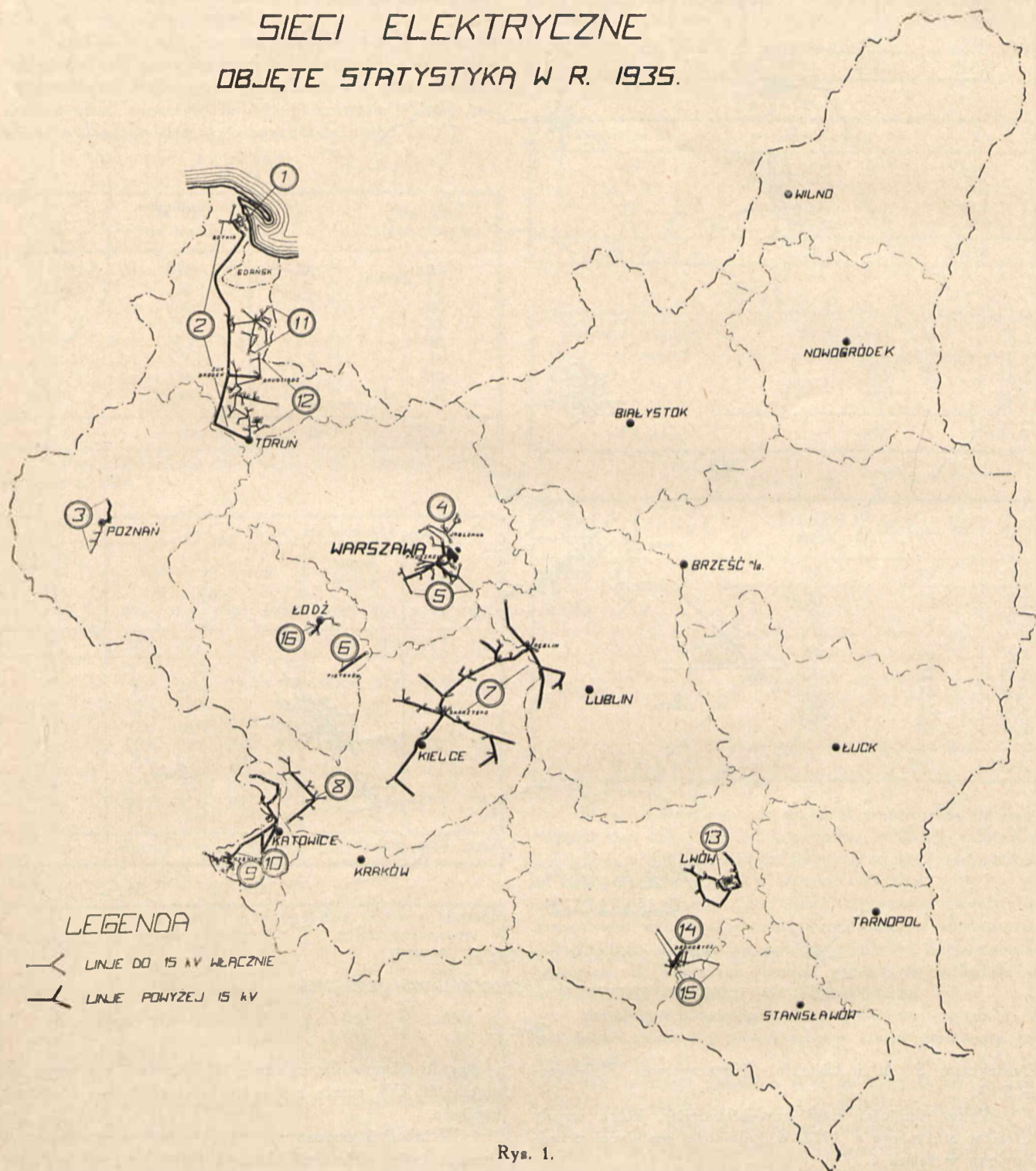
Na ankietę odpowiedziało 16 przedsiębiorstw elektryfikacyjnych, z których 11 brało udział i w zeszłorocznej statystyce, a 5 wypełniło kwestionariusze poraz pierwszy.

Wszystkie nadesłane dane dotyczą stanu na 31 października r. 1935 i odnoszą się do linii tylko napowietrznych.

Na załączonym planie sieci przedstawiono wykaz przedsiębiorstw elektryfikacyjnych, które wzięły udział w statystyce i wrysowano sieci wysokiego napięcia tych przedsiębiorstw.

Z większych przedsiębiorstw sieciowych poraz pierwszy wzięły udział w statystyce r. 1935: Związek Elektryfikacyjny Chełmno — Świecie — Toruń, Elektrownia Obwodowa Pomorze — Stocki Młyn, Podkarpackie Towarzystwo

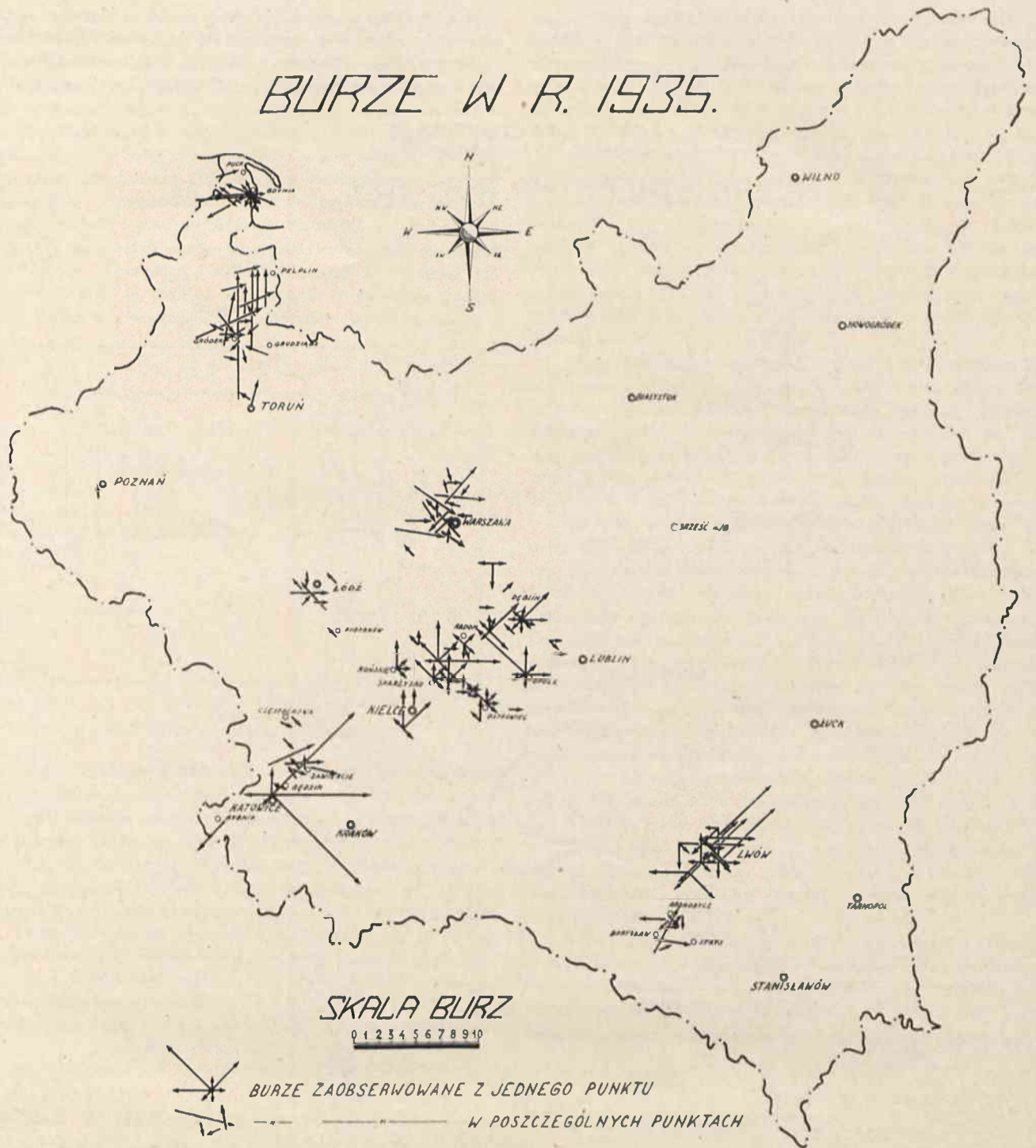
SIECI ELEKTRYCZNE OBJĘTE STATYSTYKĄ W R. 1935.



Rys. 1.

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Miejskie Zakłady Elektryczne w Gdyni. 2. Pomorska Elektrownia Krajowa „Gródek” S. A. w Toruniu. 3. Elektrownia Miejska w Poznaniu. 4. Elektrownia Maurycego Hr. Potockiego w Jabłonie pod Warszawą. 5. Elektrownia Okręgu Warszawskiego S. A. w Warszawie. 6. Elektrownia w Piotrkowie, S. A. 7. Zjednoczenie Elektrowni Okręgu Radomsko-Kieleckiego S. A. w Warszawie i Skarżysku. 8. Elektrownia Okręgowa w Zagłębiu Dąbrowskim, S. A. w Sosnowcu. 9. Rybnickie Gwarectwo Węglowe w Katowicach. | <ol style="list-style-type: none"> 10. Śląskie Zakłady Elektryczne, S. A. w Katowicach. 11. Elektrownia Obwodowa Pomorze — Stockimłyn, Sp. z o. o. w Gdańsku. 12. Związek Elektryfikacyjny Chełmno — Świecie — Toruń w Chełmnie. 13. Zakład Elektryczny Okręgu Lwowskiego S. A. we Lwowie. 14. Galicyjskie Towarzystwo Naftowe „Galicia” S. A. w Drohobyczu. 15. Podkarpackie Towarzystwo Elektryczne S. A. w Borysławiu. 16. Łódzkie Towarzystwo Elektryczne S. A. w Łodzi. |
|--|---|

BURZE W R. 1935.



Rys. 2.

Elektryczne S. A. i Łódzkie Towarzystwo Elektryczne S. A.

Wykaz długości sieci przedsiębiorstw, które wzięły udział w statystyce r. 1935, w kolejności malejącej przedstawiono w tabeli 1.

Ogólna długość linii, poddanych obserwacji w roku 1935, wynosi 2838 km, co w porównaniu do roku 1934 (2060 km) stanowi około 37% przyrostu.

Jeżeli wziąć pod uwagę liczby, podane przez prof. T. Czaplickiego, a odnoszące się do stanu linii o napięciu 15 kV i wyżej z połowy roku 1930 i uwzględnić roczny przyrost tych sieci w wysokości 5%, to otrzymamy, że statystyka z r. 1935 objęła około 52% wszystkich sieci w Polsce o napięciu 15 kV i wyżej.

Podział sieci pod względem napięcia za 1934 i 1935 r. podano w tabeli 2. Jak z tej tabeli wynika, w r. 1935

podlegało obserwacji zaledwie 13,7% sieci wyższego napięcia (60 kV), reszta zaś są to sieci średniego i niższego napięcia.

W tabeli 3 podano za r. 1934 i 1935 długość sieci na słupach tylko żelaznych. Jak z tej i poprzedniej tabeli wynika, długość linii na słupach żelaznych stanowiła w r. 1934 — 10,5% i w r. 1935 — 6,5% ogólnej długości linii. Jedynie około 40% linii 60 kV jest zmontowanych na słupach żelaznych, reszta zaś linii 60 kV i pozostałych napięć posiada słupy drewniane.

W tabeli 4 podano długości linii, posiadających płaski układ przewodów dla r. 1934 i 1935. Linie te w r. 1934 stanowiły około 20%, a w r. 1935 około 18% ogólnej długości linii. Taki układ zastosowano przeważnie na liniach najwyższego napięcia 60 kV.

Ogólna ilość linii, zaopatrzonych w linkę odgromową,

wynosi w 1935 r. 298 km. czyli około 10,5% ogólnej długości.

W tabelach 5, 6, 7 i 8 podano bliższe liczby za r. 1935 dotyczące linii zaopatrzonych w linkę odgromową.

W tabeli 5 podano podział linii zaopatrzonych w jedną i dwie linki odgromowe.

W tabeli 6 podzielono linie zaopatrzone w linkę odgromową w zależności od napięcia roboczego, a w tabeli 7 w zależności od materiałów wsporników. Jak z tej ostatniej tabeli wynika, większość linii zaopatrzonych w linkę odgromową stanowią sieci na słupach żelaznych.

Tabela 1.
1935 r.

N.	km linii (nie torów)	N.	km linii (nie torów)
I. *)	630	IX. *)	122
II.	330	X. *)	83
III.	330	XI. *)	62
IV. *)	313	XII.	52
V. *)	302	XIII. *)	40
VI. *)	178	XIV. *)	36
VII. *)	170	XV. *)	30
VIII.	138	XVI. *)	22
Razem		16	2 838

*) Przedsiębiorstwa, które brały udział również i w statystyce z r. 1934.

Tabela 2.

Napięcie kV	Długość w kilometrach							
	linji		torów		razem torów		% torów	
	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935
60	381	362	418	409	418	409	19,1	13,7
40	9	9	18	18				
35	189	215	232	284	820	946	37,3	31,6
30	570	630	570	644				
20	126	141	129	141				
15	382	925	385	925	524	1 066	23,9	35,6
10	10	—	10	—				
6	158	263	189	278				
5	205	211	205	211	431	571	19,7	19,1
3	37	82	37	82				
Razem	2 067	2 838	2 193	2 992	2 193	2 992	100,0	100,0

Tabela 3.

Napięcie kV	Długość linii o słupach tylko żelaznych km		Dług. torów o słupach tylko żelaznych km	
	1934	1935	1934	1935
60	178	125	215	162
40	9	9	18	18
35	25	13	25	13
20	7	35	7	35
Razem	219	182	265	228

Tabela 4.

Napięcie kV	Długość linii o układzie płaskim przewodów km		Dług. torów o układzie płaskim przewodów km	
	1934	1935	1934	1935
60	337	334	381	388
35	34	33	40	33
30		2		2
20	51	85	51	85
6		40		40
Razem	422	504	472	548

Tabela 5.

Ilość torów	Ilość linek odgromowych	Długość km	%
1	1	213	71,5
2	2	37	12,4
2	1	9	3,0
1	2	39	13,1
Razem		298	100,0

Tabela 6.

Napięcie kV	Długość km	%
60	127	42,6
40 i 35	22	7,4
20	127	42,6
15	22	7,4
Razem	298	100,0

Tabela 7.

Materiał wsporników	Długość km	%
Drzewo	115	38,6
Żelazo	183	61,4
Razem	298	100,0

Tabela 8.

Materiał	Przekrój mm ²	Długość km	%
Miedź	25	10	3,4
Bronz	70	17	5,7
	50	1	0,3
Żelazo	95	9	3,0
	70	23	7,7
	50	111	37,3
	35	34	11,4
	25	93	31,2
Razem		298	100,0

W tabeli 8 podano jaki materiał zastosowano na linkę odgromową. Jak z tej tabeli wynika — 68,5% całej długości linii z linkami odgromowymi są to linie zaopatrzone w linki żelazne o przekroju 50 mm² i 25 mm².

Zbadano ponadto, czy linki odgromowe zostały zainstalowane nad przewodami chronionymi w dostatecznej odległości ze względu na zabezpieczenie od bezpośrednich piorunów. Z zebranych danych wynika, że odległość ta w większości wypadków jest niedostateczna.

W tabeli 9 podzielono sieci z r. 1935 ze względu na to czy punkt zerowy transformatorów został izolowany czy też uziemiony.

Jak widzimy, wszystkie sieci 60 kV i 35 kV są uziemione przez indukcyjność, a sieci 30 kV przez dużą oporność omową. Sieci o napięciach niższych są w 1/3 uziemione przez indukcyjność i w 2/3 izolowane. Sieci izolowane stanowią 34,5% ogólnej długości linii, sieci z bezpośrednio uziemionym punktem zerowym jest zaledwie 2,1%.

W tabeli 10 zestawiono ochronniki zainstalowane w rozpatrywanych sieciach. Przytoczono dane za r. 1934 i 1935. Liczby z r. 1934 skorygowano, a mianowicie w statystyce z r. 1934 do rubryki ochronników rozłkowych 5 kV zamiast omyłkowo podanej „1” wpisano liczbę „126” oraz poprawiono odpowiednio stosunki procentowe przytoczone w ostatnim wierszu tabeli.

Jak z tabeli 10 wynika, ochronniki rozłkowe stanowiły w 1934 r. 79,2% a w 1935 r. 70,9% ogólnej ilości

Tabela 9.

Napięcie	Długość linii w kilometrach				
	kV	Długość linii w kilometrach			
		Ogólna	Z izolowanym punktem zerowym	Z uziemionym punktem zerowym przez indukcyjność	Z uziemionym punktem zerowym przez dużą odporność omową
	1935	1935	1935	1935	1935
60	362	—	362	—	—
40	9	9	—	—	—
35	215	—	215	—	—
30	482	—	—	482	—
20	141	20	121	—	—
15	925	407	462	—	56
10	—	—	—	—	—
6	241	241	—	—	—
5	211	206	5	—	—
3	82	37	—	45	—
Razem km	2668	920	1165	527	56
%	100,0	34,5	43,6	19,8	2,1

Jak z powyższej tabeli wynika, rozpatrywane przedsiębiorstwa powiększyły liczbę nowoczesnych ochronników z 4,3% na 19,3% ogólnej ilości, podczas gdy procentowy udział zabezpieczeń różkowych zmalał z 83,6% na 70,7%. Liczba absolutna ochronników różkowych w r. 1935 i 1934 pozostała bez zmiany. Ilość ochronników przedsiębiorstw z tabeli 10A na 100 km sieci w r. 1935 nieco zmalała w stosunku do r. 1934, a mianowicie z 13,8 do 13,5.

W tabeli 11 zestawiono ochronniki, przypadające na 4 charakterystyczne grupy napięć dla wszystkich przedsiębiorstw, które brały udział w statystyce roku 1934 i 1935. Liczby z r. 1934 zostały w myśl poprzedniego skorygowane.

O stopniu izolacji linii nadesłano w r. 1935 dane o 2336 km. Izolacja tych linii jest następująca:

Bardzo wysoka (linje budowane na wyższe napięcia)	km	%
	62	2,7
Powyżej wymagań przepisów V.D.E.	1896	81,2
Zgodnie i poniżej wymagań przepisów V.D.E.	326	13,9
Zgodnie i poniżej wymagań przepisów P.N.E.	52	2,2
	2336	100,0

Jak z powyższego widać, przedsiębiorstwo, posiadające zaledwie 2,2% ogólnej długości sieci, postępuje się bardzo

Tabela 10.

System ochronnika	N a p i ę c i e w k V																Razem sztuk		%					
	60		40		35		30		20		15		10		6		5		3		1934	1935	1934	1935
	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935						
Paul-Meyer'a . . .	—	—	—	—	—	—	3	—	2	2	2	2	—	—	2	1	—	—	—	9	5	3,3	1,7	
Ocelitowe	4	4	2	2	—	—	1	—	3	3	1	4	—	—	—	—	—	—	—	11	13	4,0	4,2	
Zaworowe	—	—	—	—	1	7	2	7	—	2	3	1	1	—	4	30	—	3	5	7	16	57	5,8	18,6
Bendmann'a . . .	1	2	—	—	1	1	10	3	—	3	8	3	—	—	1	1	—	—	—	21	14	7,7	4,6	
Różkowe	—	1	—	—	10	10	—	3	27	24	28	33	3	—	8	7	126	125	15	14	217	217	79,2	70,9
Razem	5	7	2	2	12	18	16	13	32	34	42	43	4	—	15	39	126	128	20	22	274	306	100,0	100,0
%	1,8	2,3	0,7	0,7	4,4	5,9	5,8	4,2	11,7	11,1	15,3	14,0	1,5	0,0	5,5	12,8	46,0	41,8	7,3	7,2	100,0	100,0		

Tabela 10A.

Długość sieci w km		Rodzaj i ilość ochronników										Razem	
1934	1935	Paul-Meyer		Ocelitowe		Zaworowe		Bendmann'a		Różki		1934	1935
		1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935		
412	630	—	—	—	—	7	24	—	—	4	5	11	29
312	313	—	—	—	—	2	2	1	1	130	130	133	133
282	302	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1
171	178	—	—	9	9	—	—	2	2	—	—	11	11
126	170	—	—	—	—	—	15	7	3	—	3	7	21
122	122	—	—	—	—	1	8	—	—	5	3	6	11
62	83	—	—	—	—	—	3	—	3	26	24	26	30
61	62	—	—	1	1	—	—	—	—	20	19	21	20
40	40	3	3	—	—	—	—	—	—	1	1	4	4
36	36	1	1	—	—	—	—	3	3	—	—	4	4
30	30	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	2	2
22	22	—	—	—	—	—	—	—	—	4	4	4	4
1676	1988	4	4	10	10	10	52	14	13	192	191	230	270
	%	1,7	1,5	4,3	3,7	4,3	19,3	6,1	4,8	83,6	70,7	100	100

ochronników. Nowoczesne ochronniki, do których zaliczamy ocelitowe i zaworowe, w r. 1934 stanowiły 9,8% a w r. 1935 — 22,8% ogólnej ilości. Na podstawie powyższych liczb nie można wnioskować, czy sprawa zastosowania nowoczesnych ochronników doznała zmiany na lepsze w r. 1935 w porównaniu do r. 1934. gdyż liczby, podane w tabeli, dotyczą przedsiębiorstw nietylko tych samych

W tabeli 10A porównano dane, dotyczące ochronników, tylko tych przedsiębiorstw, które brały udział w statystyce obu lat.

Tabela 11.

Napięcia kV	Ilość ochronników		%		Ilość ochronników przypadająca na 100 km sieci	
	1934	1935	1934*)	1935	1934	1935
60	5	7	1,8*)	2,3	1,2	1,9
40, 35, 30	30	35	10,9*)	11,4	3,7	3,7
20, 15, 10	78	75	28,5*)	24,6	14,9	7,0
6, 5, 3	161*)	189	58,8*)	61,7	40,3*)	34,5

*) Poprawione liczby z r. 1934.

liberalnymi przepisami PNE, reszta zaś stosuje izolację wyższą nawet od wymagań V.D.E.

Co do izolacji transformatorów i aparatów, to otrzymano za r. 1935 dane następujące:

2 przedsiębiorstwa stosują wymagania ostrzejsze od przepisów VDE;

6 przedsiębiorstw stosują wymagania przepisów VDE;

4 przedsiębiorstwa stosują wymagania łagodniejsze od VDE.

4 przedsiębiorstwa podały dane niezupełne.

Na pytanie, czy przedsiębiorstwa stosują w pewnych punktach sieci umyślnie osłabioną izolację: 1 przedsiębiorstwo odpowiedziało „tak”, 11 — „nie”, 2 stosują kabłąki i rozki na izolatorach, 2 zaś nie nadesłały odpowiedzi.

Co do stosowania wzmocnienia pierwszych zwojów transformatorów, to otrzymano odpowiedzi następujące:

9 przedsiębiorstw — tak,

2 „ — nie,

4 „ — częściowo tak,

1 „ — brak odpowiedzi.

Na pytanie, czy przedsiębiorstwa uważają swe zabezpieczenia od przepięć za wystarczające: 4 zakłady odpowiedziały „tak”, 6 — „nie”, 2 stacje „tak”, a linja — „nie”,

Podział burz w zależności od pory dnia za r. 1934 i 1935 podano w tabeli 13 A. Jak z tej tabeli widać, rozkład burz jest w r. 1935 bardziej równomiernie rozłożony w ciągu doby niż w r. 1934.

W tabeli 14 zestawiono burze za r. 1934 i 1935 według kierunku przeciągania.

W roku 1935 przeważały burze o kierunku wschodnim, północno-wschodnim i północnym.

Pozatem burze pokazano w skali na załączonej mapie burz (rys. 2). Z mapy można się zorientować, jakie kierunki burz przeważały w r. 1935 w poszczególnych okręgach Polski. Okręgi Lwowski, Borysławski i Śląski wykazały silną przewagę burz o kierunku wschodnim. Okręgi Radomsko-Kielecki, Warszawski i Łódzki wykazały również przewagę burz o kierunku wschodnim, lecz w stopniu mniejszym niż okręgi poprzednie. Na Pomorzu przeważały burze o kierunku północno-zachodnim.

W roku 1935 zaobserwowano bezpośrednio wyładowania w 52 wypadkach w linję i w 22 wypadkach w inne urządzenia.

Uszkodzenia spowodowane przez burze w r. 1934 i 1935 zestawione są w tabeli 15.

Tabela 12

1934	Miesiące	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Razem
	Ilość burz	—	4	1	13	16	25	47	48	2	2	—	—	158
%	—	2,5	0,6	8,2	10,1	15,8	29,8	30,4	1,3	1,3	—	—	100	

1935	Miesiące	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Razem
	Ilość burz	2	2	3	16	56	162	80	73	35	13	—	2	444
%	0,4	0,4	0,7	3,6	12,6	36,5	18,1	16,5	7,9	2,9	—	0,4	100,0	

Tabela 13

Opady	Ulewa	Deszcz	Ulewa i grad	Deszcz i grad	Mały deszcz	Bez opadu	Śnieg	Niewiadome	Razem
Ilość burz	109	161	9	19	69	43	2	32	444
%	24,6	36,3	2,0	4,3	15,3	9,7	0,5	7,3	100,0

1 — częściowo (wyższe napięcia) „tak”, 3 — nie nadesłały odpowiedzi.

Co do skupiania się piorunów w określonych miejscach, to 9 przedsiębiorstw odpowiedziało „tak”, 4 — „nie”, 3 — nie nadesłały odpowiedzi.

Otoczenie terenów, na których obserwowano w r. 1935 bezpośrednio wyładowania piorunów, stanowiły w większości wypadków lasy, lub bagna i mokradła.

Na tem kończę analizę kwestionariuszów „A”.

Przechodząc do kwestionariuszów burzowych t. zw. „B”, należy podkreślić, że w r. 1935 nadesłano informacje o 444 burzach, czyli o 280% więcej, niż w r. 1934. Otrzymano dane o wszystkich zaobserwowanych burzach, a nietylko tych, które wywołały zaburzenia w sieci.

W tabeli 12 zestawiono burze według miesięcy za r. 1934 i 1935. Największa ilość burz miała miejsce w r. 1934 w lipcu, a w r. 1935 — w czerwcu.

Nasilenie burz w r. 1934 i 1935 było następujące:

	1934		1935	
Gwałtowne	52	36,5%	103	23%
Średnie	71	49,5%	145	33%
Słabe	20	14,0%	164	37%
Niewiadome	—	—	32	7%
Razem	143	100,0%	444	100%

Jak z powyższego widać, w r. 1935 przeważały burze słabe.

Dane co do opadów, towarzyszących burzom w r. 1935, zestawiono w tabelce 13.

Tabela 13 A.

Pora dnia	1934		1935	
	Ilość	%	Ilość	%
6 ⁰⁰ — 12 ⁰⁰	23	16,7	67	15,1
12 ⁰⁰ — 18 ⁰⁰	83	60,1	173	39,5
18 ⁰⁰ — 22 ⁰⁰	19	13,8	82	18,2
22 ⁰⁰ — 6 ⁰⁰	13	9,4	82	18,2
niewiadomo	—	—	40	9,0
	138	100,0	444	100,0

Tabela 14.

Kierunek burzy	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Niewiadome	Razem	
	1934	Ilość burz	6	25	35	24	9	9	1	17	—
	%	4,8	19,8	27,9	19,0	7,1	7,1	0,8	13,5	—	100,0
1935	Ilość burz	70	82	123	55	19	22	32	41	—	444
	%	15,8	18,5	27,6	12,4	4,3	5,0	7,2	9,2	—	100,0

Jak widzimy, w roku 1935 zaobserwowano mniej uszkodzeń, niż w r. 1934, chociaż statystyka objęła o wiele rozleglejsze sieci. Uszkodzeń ochronników przepięciowych w r. 1935 nie zanotowano.

Tabela 15

Napięcie kV	Izolatory linjowe		Słupy drewniane		Izolatory przepustowe transformatorów, wyłączników i transformatorów pomiarowych		Uzwojenia transform. i transformatorów pomiarowych		Aparaty przeciwprzepięciowe		Stopień przewodów (ilość wypadków)		I n n e	
	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935
60	12	5	2	10	7	—	1	3	—	—	2	—	2	2
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
35	27	2	26	1	13	4	3	3	2	—	—	1	—	5
30	2	8	3	5	22	18	4	6	—	—	—	—	6	20
20	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—
15	12	57	6	5	2	1	29	6	3	—	2	2	5	21
6	3	10	—	12	2	—	10	—	2	—	—	—	3	5
5	22	5	9	7	4	1	2	9	—	—	—	—	5	7
3	3	—	—	—	—	—	—	3	1	—	—	—	1	6
Razem	84	87	46	40	50	24	49	30	8	—	4	3	26	66

Tabela 16.

Wyłączenia wyłączników (spalenie topików) głównych wysokiego napięcia		Przerwy w dostawie, spowodowane wyłączeniem wyłączników głównych (spaleniem topików głównych) wysokiego napięcia		Wyłączenia wyłączników lokalnych (spalenie topików lokalnych) wysokiego napięcia	
1934	1935	1934	1935	1934	1935
291	352	167	301	322	brak dokładnych danych

W tabeli 16 podano ilość wyłączeń wyłączników dla r. 1934 i 1935.

W tabeli 17 podano różne liczby, charakteryzujące zachowanie się sieci poszczególnych przedsiębiorstw podczas burz. Dla tych przedsiębiorstw, które nadesłały dane w r. 1934 i 1935 podano liczby z obu lat.

Przedsiębiorstwa, które brały udział w statystyce r. 1934 i r. 1935, mają te same oznaczenia co i w r. 1934, a mianowicie A, B, C, D, E, F, I, J. Przedsiębiorstwa, które wzięły udział w r. 1935 poraz pierwszy, oznaczone są literami z indeksami u dołu „1” i „2”, są to więc przedsiębiorstwa A₁, A₂, D₁, D₂, I₁, I₂, J₁, J₂.

Ponieważ większość przedsiębiorstw w r. 1934 notowała tylko te burze, które wywołały jakiegokolwiek zakłócenia na sieci, a w roku 1935 wszystkie burze, jakie przeszły nad terenem sieci, przeto liczb dla obu lat odniesionych do 1 burzy nie można między sobą porównywać.

Porównując ilość wyłączeń i przerw na 100 km sieci i 1 burzę dla poszczególnych zakładów dla jednego tylko roku 1935, widzimy, że nie przekroczyły średniej liczby 0,45 wyłączeń i 0,38 przerw na 100 km. sieci i 1 burzę zakłady A, A₁ (nieco większa ilość przerw niż średnia), A₂, B, C, D, D₁, czyli prawie wszystkie większe przedsiębiorstwa (najmniejsze liczy 170 km. sieci). Straty w złotych na 100 km. sieci i 1 burzę powyższych przedsiębiorstw, za wyjątkiem zakładu B, również są małe i nie przekraczają średniej liczby 57 zł. Z powyższego widać wyraźnie, jak dodatnio wpływa rozległość sieci na ilość wyłączeń, przerw i wysokość strat.

Dane charakterystyczne dla sieci A i B podaliśmy w referacie z r. 1934. Obecnie scharakteryzujemy sieci zakładów A₂, C i D, które poza zakładami A i B wykazują w r. 1935 bardzo dużą odporność na burze.

Sieć A₂. Napięcie robocze 6 kV i 15 kV — średnio 10,5 kV. Spółczynnik bezpieczeństwa izolacji linii 15 kV — ok. 4,0; dla 6 kV brak danych. Ochronniki rozkowe z oporami wodnymi i metalowymi w niewielkiej ilości. Linki odgromowej niema. Przewody miedziane i żelazne. Słupy drewniane. Zasilanie głównie z jednej elektrowni, w wypadkach szczególnych zasilają się i z drugiej, niewielkiej. Układ nie jest

uziemiony. Ogólnie sieć i urządzenia starego typu, oddawna pracują.

Sieć C. Linje o napięciu 60 i 15 kV, średnio 37,5 kV. Stosunek napięcia przeskoku do napięcia nominalnego: przeskok na mokro — 3,7, na sucho 5,0. Izolatory dla 60 kV wiszące, dla 15 kV wiszące i stojące. Linka odgromowa na niewielkiej części sieci 15 kV. Słupy drewniane. Zasilanie równoległe z kilku elektrowni. Układ uziemiony przez indukcyjność. Na całej sieci jedno zabezpieczenie odgromnikiem Bendmann'a.

Sieć D. Linje o napięciu 60, 40, 20 i 6 kV, średnio 31,7 kV. Stosunek napięcia przeskoku na mokro do napięcia nominalnego 3,25; stosunek napięcia przeskoku na sucho do napięcia nominalnego 4,76. Większość słupów zaopatrzone w rozki. Izolatory wiszące. Wszystkie linje zaopatrzone w linkę odgromową. Słupy dla linii 60 kV i 40 kV żelazne, reszta drewniane. Zasilanie równoległe z kilku elektrowni. Układ jest uziemiony przez indukcyjność (oprócz sieci 40 kV nieuziemionej). Stacja wyposażona w odgromniki ocelitowe i Bendmann'a.

Straty bezpośrednie w r. 1935 były mniejsze niż w r. 1934 pomimo, że statystyka objęła większą długość sieci. Straty na 100 km sieci w r. 1935 zmalały prawie dwukrotnie w stosunku do tychże strat w r. 1934, a mianowicie ze zł. 2 880 na zł. 1 580.

W tabeli 18 zestawiono straty pośrednie, powstałe wskutek przerw dostawy energii, spowodowanych przepięciami atmosferycznymi. Straty obliczono tylko dla 10 przedsiębiorstw, które nadesłały dostatecznie dokładne dane. Przedsiębiorstwa podawały moce lub tylko nazwy stacji transformatorowych, które pozbawione były prądu. Pozatem zwykle podawany był czas przerwy. Moce stacji transformatorowych odbiorczych, o których brak było bliższych danych, szacowano na 40 kVA. Stosunek mocy instalowanej stacji do mocy maksymalnej oszacowano dla światła na 0,33 i dla siły na 0,4. Uwzględniono straty, trwające tylko od 15 min. wzwyż. Cenę 1 kWh energii, niedostarczonej dla światła, oszacowano na 0,65 zł., a dla siły na 0,20 zł. Nie uwzględniono większości wyłączeń wyłączników lokalnych powodu braku dokładnych danych.

Jak z tabeli 18 wynika, straty pośrednie, obliczone w sposób wyżej przytoczony, są stosunkowo niskie. W porównaniu do strat bezpośrednich tych samych przedsiębiorstw stanowią one w r. 1935 około 40%. Względnie niskie straty pośrednie tłumaczą się tem, że sieci ze względu na swoje niskie stosunkowo napięcie zasilają moce małe, wobec czego nawet i długotrwałe przerwy w rezultacie dają małą stratę energii.

Stosunek strat pośrednich do bezpośrednich jest wręcz odwrotny przy sieciach bardzo wysokich napięć, które są od-

Tabela 17.

Oznaczenie przedsiębiorstwa	Długość sieci w km		Ilość burz		Ilość wyłączeń wyłączników głównych		Ilość przerw w dostawie prądu (prócz lokalnych)		Straty bezpośrednie w zł.		Ilość wyłączeń na 100 km. sieci i 1 burzę		Ilość przerw na 100 km. sieci i 1 burzę		Straty w zł. na 100 km. sieci		Straty w zł. na 100 km. sieci i 1 burzę	
	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935	1934	1935
A	412	630	33	115	70	148	49	135	9 330	4 092	17,0	23,5	11,9	21,4	2 262,0	650,0	68,5	5,7
A ₁	—	330	—	12	—	16	—	16	—	—	—	0,515	0,204	—	—	—	—	—
A ₂	—	330	—	22	—	1	—	—	—	—	—	—	0,404	—	—	—	—	—
B	312	313	13	30	33	34	22	34	12 470	21 000	10,6	10,9	7,1	8,3	4 000,0	6 730,0	307,0	224,3
C	282	302	19	90	61	33	24	33	6 810	7 800	21,6	10,9	8,2	10,9	2 410,0	2 582,0	127,0	28,7
D	171	178	14	32	47	38	16	12	7 550	53	27,5	4,7	9,4	1,2	4 415,0	29,8	315,0	0,9
D ₁	—	170	—	62	—	12	—	—	—	4 583	—	7,0	7,0	—	2 700,0	—	—	43,5
D ₂	—	138	—	9	—	12	—	—	—	1 500	—	8,7	7,20	—	1 087,0	—	—	120,7
E	122	122	26	17	39	49	21	10	7 025	195	32,0	40,2	17,2	31,2	5 760,0	1 600,0	221,0	9,4
F	116*	83	3	3	3	2	3	2	6 50	—	4,8	2,4	4,8	2,4	1 050,0	—	187,0	—
G	91	—	11	—	10	—	9	—	2 475	—	11,0	—	9,9	—	2 720,0	—	247,0	—
H	62	—	4	—	6	—	3	—	60	—	9,7	—	4,8	—	97,0	—	24,2	—
I	61	62	3	13	8	18	6	12	1 700	1 870	13,1	29,0	9,8	19,4	2 787,0	3 001,5	930,0	232,0
I ₁	—	52	—	11	—	3	—	3	—	400	—	5,8	5,8	—	770,0	—	—	70,0
I ₂	—	40	—	1	—	1	—	1	—	950	—	2,5	2,5	—	2 373,0	—	—	2 373,0
J	—	36	—	18	—	11	—	6	60	—	13,9	30,5	13,9	16,7	166,5	—	10,4	—
J ₁	—	30	—	1	—	1	—	1	—	450	—	3,33	3,33	—	1 500,0	—	—	1 500,0
J ₂	—	22	—	8	—	3	—	3	—	2 000	—	13,6	13,6	—	9 100,0	—	—	1 140,0
Razem	1 665	2 838	142	444	282	352	158	301	48 130	44 893	16,9	12,4	9,5	10,6	2 880	1 580	203	57

*) W roku 1934 rubrykę tę obliczono omyłkowo; winno być zamiast 116 km — 62 km.

Tabela 18.

Oznaczenie przedsiębiorstwa zgodnie z tabelą 17.	Największa jednostka wyłączona o mocy kVA	Najdłuższy czas trwania jednej przerwy w godz.	Energja niedostarczona odbiorcom wskutek wszystkich przerw w kWh	Przybliżona suma strat w zł.
A	2000	72,00	13 540	6 810
A ₁	150	0,58	185	120
A ₂	ok. 40	7,08	1 025	670
B	1500	15,00	5 932	2 550
C	3000	4,50	4 040	780
D ₁	ok. 40	18,00	1 330	880
E	200	3,57	490	320
I	ok. 100	53,78	4 510	2 930
I ₂	ok. 40	2,00	55	35
J	50	0,50	8	5
Razem			31 115	15 100

porne na uszkodzenia bezpośrednie, natomiast każda przerwa w dostawie energii przynosi duże straty naskutek pozabawienia prądu dużych mocy.

Na tem kończę analizę danych tak licznie nadesłanych w r. 1935 do Komisji przez przedsiębiorstwa sieciowe, reprezentujące przeszło 50% ogólnej długości sieci wysokiego napięcia Polski.

Postaram się wyciągnąć poza tem kilka wniosków z przeprowadzonej analizy:

1. Konstrukcja linii dotychczas budowanych tylko w małym stopniu uwzględniała stosowanie nowoczesnych środków dla uodpornienia linii na przepięcia pochodzenia atmosferycznego. (Należycie umieszczona linka odgromowa, niskie uziemienie słupów, płaski układ przewodów).

2. Uziemienie punktów zerowych sieci wykonano na ogół należycie: sieci wyższych napięć 60 i 35 kV skompensowano, sieci napięć niższych 15 kV i mniej — w większości pozostawiono izolowanymi.

3. Większość ochronników przeciwprzepięciowych jest typu przestarzałego (około 71% rozków z oporami lub bez). Liczba tych ochronników w r. 1934 i 1935 jest ta sama. Przedsiębiorstwa rozków nie usuwają. Jako zabezpieczenie przeciwprzepięciowe nowych instalacji, przedsiębiorstwa stosują w większości wypadków ochronniki nowoczesne typu zaworowego.

4. Izolacja linii jest wyjątkowo wysoka. Prawie nikt się nie stosuje do obecnych liberalnych przepisów na izolatory wysokiego napięcia PNE. Izolacja stacji jest znacznie niższa od izolacji linii. Brak koordynacji izolacji linii i stacji. Konieczne jest wydanie nowych przepisów na linijowe izolatory i aparaturę wysokiego napięcia.

5. Nasilenie burz w r. 1935 było znacznie słabsze niż w r. 1934.

6. Kierunek przeważającej ilości burz w obu latach był wschodni lub północno-względnie południowo-wschodni.

7. Ilość wyłączeń i przerw dostawy energii na 100 km sieci i 1 burzę są znacznie mniejsze w sieciach rozległych, niż w sieciach małych.

8. Straty bezpośrednie na 100 km sieci w r. 1935 były znacznie mniejsze niż w r. 1934. Przyczyną powyższego było, przypuszczalnie, znacznie słabsze nasilenie burz w r. 1935 niż w r. 1934.

9. Straty pośrednie, spowodowane przerwami dostawy energii, są mniejsze od strat bezpośrednich.

Na zakończenie referatu należy nadmienić, że Komisja ma zamiar, poczynając od r. 1937, zbierać dane o wszelkich zakłóceniach normalnego ruchu sieci i urządzeń elektrycznych. Ankieta będzie rozszerzona i obejmie sieci napowietrzne i kablowe, przepięcia atmosferyczne, ziemnozwarciowe

i łączeniowe. Powyższe dane posłużą Komisji do studjów nad całokształtem zagadnienia racjonalizacji budowy i usprawnienia ruchu sieci i urządzeń elektrycznych wysokiego napięcia w Polsce.

Dotychczasowy nader życzliwy stosunek najpoważniejszych przedsiębiorstw elektryfikacyjnych do dotychczasowej statystyki Komisji pozwala żywić nadzieję, że nowe zamie-

Turbinowe siłownie parowe

Streszczenie. Zakres stosowania turbin w siłowniach parowych. Wybór ciśnienia i temperatury pary dołotowej przy budowie nowej siłowni i rozbudowie starej. Zwiększenie sprawności siłowni. Woda, zasilaająca kotły. Wybór typu turbiny. Ocena oier. Podział mocy siłowni na poszczególne silniki.

Siłownie, wyposażone w turbiny parowe, znajdują się tak w elektrowniach użyteczności publicznej, jak i w elektrowniach fabrycznych. Znaczenie silników cieplnych w Polsce uwydatnia się dobitnie na podstawie statystyki z r. 1930/31, więc w okresie, w którym kryzys ekonomiczny nie działał jeszcze w całej pełni. W roku tym z wytworzonych w Polsce 29 310 milionów kWh uzyskano zapomocą siły wodnej tylko około 2%. Silniki spalinowe są dość rozpowszechnione w mniejszych elektrowniach, zwłaszcza w Małopolsce, lecz ilość wytworzonych przez nie kWh jest w porównaniu z ilością wytworzoną zapomocą silników parowych stosunkowo mała.

Nie będę poruszał zagadnienia, w jakich warunkach należy wybrać silnik parowy, a w jakich spalinowy, zaznaczę tylko krótko zasady, mianowicie:

1) wybór pomiędzy silnikiem spalinowym i parowym musi decydować rachunek rentowności,

2) jeżeli wytwórnia oprócz mocy potrzebuje pary do celów grzejnych lub fabrykacyjnych, to silnik parowy będzie zawsze rentowniejszy,

3) jeżeli przy projektowaniu siłowni przewiduje się, że nie zaraz, lecz w przyszłości zostaną ustawione jednostki o mocy powyżej około 500 kW, to chwilowo osiągnięte wyniki z rachunku rentowności nie mogą być decydujące, w większości wypadków należy wybrać w Polsce turbogeneratory parowe.

Z zainstalowanych w r. 1930/31 w Polsce 1 270 000 kW znajdowało się około 57% w 25 siłowniach o mocy powyżej 10 000 kW, około 15% w 19 siłowniach o mocy 5 000 do 10 000 kW, około 8% w 38 siłowniach o mocy 1 000 do 5 000 kW, a pozostałe 20% rozdzielają się na liczne siłownie o mocy 1 000 do 1 kW. Ponieważ w siłowni o mocy poniżej 1 000 kW znajdują się przeważnie dwa lub trzy silniki, przeto w siłowniach tych, budowanych w okresie, w którym turbogeneratory parowe o mniejszej mocy były kosztowne i zużywały dużo pary, turbiny parowe nie są zbyt liczne. Natomiast w 80% siłowni o mocy zainstalowanej powyżej 1 000 kW, turbogeneratory parowe tworzą znaczną większość silników, pomimo że w naszych wytwórniach pracują jeszcze tłokowe maszyny parowe o mocy powyżej 1 000 KM, a w szeregu elektrowni użyteczności publicznej znajdują się silniki spalinowe o mocy powyżej 400 kW.

Statystyka daje nam pogląd na istniejący stan w siłowniach. *Projektując nową, lub rozbudowując starą siłownię parową*, musimy natomiast opierać się na najnowszych zdobyczach techniki i stosownie do tego wybierać silnik. Nie będę poruszał w referacie strony budowlanej siłowni, natomiast przedstawię zakres, w jakim turbogeneratory są najodpowiedniejsze w siłowniach parowych, oraz czynniki, które wpływają najwięcej na ekonomiczną ich pracę.

Turbogeneratory parowe posiadają bardzo szerokie

zastosowanie, bo są budowane od najmniejszych do największych mocy, i to jako przeciwprężne, upustowe (pracujące z pobieraniem pary) i kondensacyjne. W wypadkach, w których para odbierana z silnika musi być bezwzględnie czystą, t. j. nie może być zanieczyszczoną smarem, można stosować tylko turbinę parową. Również w wypadku, w którym wytwórnia potrzebuje bardzo dużą ilość pary do celów fabrykacyjnych, a niewielką moc, w którym więc silnik parowy służy jako zawór redukcijny, turbina parowa, nawet o małej mocy około 100 kW, jest najodpowiedniejszą. Cena jej jest bowiem przy wyborze odpowiedniej budowy znacznie niższa od tłokowej maszyny parowej, a niezawodność ruchu nawet przy zastosowaniu nowoczesnej przekładni zębatej nie może nastroczać żadnych wątpliwości.

Wszelchstronna dyskusja na Zjeździe nad osiągniętymi dotąd wynikami i nad zamierzeniami Komisji byłaby nadzwyczaj pożądana, gdyż niewątpliwie dałaby cenny materiał dla przyszłych prac Komisji.

Prof. Dr. inż. Wiesław Chrzanowski

zastosowanie, bo są budowane od najmniejszych do największych mocy, i to jako przeciwprężne, upustowe (pracujące z pobieraniem pary) i kondensacyjne. W wypadkach, w których para odbierana z silnika musi być bezwzględnie czystą, t. j. nie może być zanieczyszczoną smarem, można stosować tylko turbinę parową. Również w wypadku, w którym wytwórnia potrzebuje bardzo dużą ilość pary do celów fabrykacyjnych, a niewielką moc, w którym więc silnik parowy służy jako zawór redukcijny, turbina parowa, nawet o małej mocy około 100 kW, jest najodpowiedniejszą. Cena jej jest bowiem przy wyborze odpowiedniej budowy znacznie niższa od tłokowej maszyny parowej, a niezawodność ruchu nawet przy zastosowaniu nowoczesnej przekładni zębatej nie może nastroczać żadnych wątpliwości.

W siłowni z napędem parowym turbina musi współzawodniczyć z tłokową maszyną parową jedynie przy mocy mniejszej. Oczywiście wybierać trzeba wówczas nowoczesną turbinę parową szybkoobrotową (liczba obrotów turbiny $n = 12\ 000$ do $5\ 500$ obr./min.), uruchamiającą zapomocą przekładni zębatej generator elektryczny, którego liczba obrotów $n = 1\ 000$ do $1\ 500$ obr/min przy prądzie zmiennym. Przez użycie przekładni zębatej nie tylko obniżyła się znacznie cena turbogeneratora o mniejszej mocy, lecz równocześnie zużycie pary zmniejszyło się poważnie przy jednoczesnym wprowadzeniu szeregu ulepszeń konstrukcyjnych.

Celem dania pewnego poglądu na zakres, w którym nowoczesna tłokowa maszyna parowa, wyposażona w zawory dyfuzorowe, może współzawodniczyć z szybkoobrotową turbiną parową, napędzającą generator zapomocą przekładni zębatej, podaję poniżej umieszczoną tabelę. Odnosi się ona do następujących warunków:

Stan pary przed zaworem głównym — 19 atn, 375° C. Silnik kondensacyjny dla temperatury wody chłodzącej 15° C.

Napięcie 3 000 V; $\cos \varphi = 0,7$.

Podane zużycie pary na 1 kWh obejmuje także zużycie pary lub mocy na napęd pomp kondensacyjnych.

Cena, loco wytwórnia dostawcy, obejmuje silnik parowy, urządzenie kondensacyjne i generator, czyli w tabeli oznacza „maszyna” — tłokową maszyną parową z generatorem, a „turbina” — turbogenerator parowy.

	Moc nominalna generatora kW	Liczba obrotów na min.		Cena zł	Zużycie pary w kg na 1 kWh przy			
		silnika parowego	generatora		100%	75%	50%	25%
Maszyna	300	300	300	79 200	6,83	6,2	6,4	7,75
Turbina	300	9 000	1 500	70 400	6,02	6,00	6,5	8,1
Maszyny	400	275	275	93 000	6,2	5,85	6,2	7,6
Turbiny	400	9 000	1 500	79 200	5,77	5,75	6,2	7,6
Maszyny	500	250	250	112 000	6,2	5,89	6,3	7,2
Turbiny	500	9 000	1 500	90 400	5,67	5,66	6,1	7,4
Maszyny	600	225	225	130 600	6,05	5,8	6,15	7,75
Turbiny	600	7 000	1 500	101 200	5,64	5,62	6,05	7,3
Maszyny	700	214	214	149 500	5,75	5,80	6,2	7,72
Turbiny	700	7 000	1 500	110 000	5,56	5,54	5,93	7,1

Z tabeli tej wynika, że tłokowa maszyna parowa pracująca z kondensacją może współzawodniczyć z szybkoobrotową turbiną parową najwyżej do około 300 kW. Jako silnik upustowy, z którego pobieramy parę do celów grzejnych lub fabrykacyjnych, moc ta powiększa się do około 400 kW, a jako silnik przeciwaprężny — do około 500 kW. Oczywiście przy stosowaniu turbogeneratora bez przekładni zębatej, którego cena tak ze względu na turbinę jak i generator jest znacznie wyższa, liczby wymienione zwiększyłyby się na korzyść tłokowej maszyny parowej. Podkreślam jednak jeszcze raz, że przy obecnym stanie budowy unikanie przekładni zębatej nie jest usprawiedliwione względami rzeczowymi.

Rozważania dotychczasowe wykazują, że w siłowniach parowych *turbogenerator jest zawsze najodpowiedniejszym silnikiem przy mocy powyżej 300 do 500 kW*, oraz nawet przy mniejszej mocy w niektórych poprzednio przytoczonych wypadkach. Zależnie od warunków turbina parowa może jednak pracować mniej lub więcej ekonomicznie. *Ekonomiczna jej praca zależy od szeregu czynników, z których na pierwszy plan wysuwają się następujące:*

właściwy dobór ciśnienia i temperatury pary dołotowej, powiększenie sprawności siłowni przez podgrzewanie wody zasilającej parą z turbiny, wybór odpowiedniego typu i odpowiedniej budowy turbiny w stosunku do spadku adyabatycznego entalpii i warunków pracy silnika, przygotowanie wody zasilającej kotły, cena turbogeneratora i jego sprawność, odpowiedni podział siłowni na poszczególne jednostki.

Najpierw poruszę sprawę wyboru ciśnienia i temperatury pary dołotowej. W naszych warunkach dążyłbym do ograniczenia ciśnienia do wysokości, dla której wytwórnie krajowe budują już z powodzeniem kotły, t. j. do około 40 atn. To ograniczenie jest także innymi względami usprawiedliwione. Przy wymienionem ciśnieniu bowiem jest pewna granica, powyżej której cena całej instalacji parowej dość znacznie wzrasta, a jednostkowe zużycie pary w turbinach kondensacyjnych nieznacznie maleje. Również ze względu na trwałość łopatek turbiny nie wskazane jest przekraczanie 40 atn. Przy wyższym ciśnieniu bowiem trzeba stosować w wysoko-sprawnych turbinach kondensacyjnych, nawet przy dostatecznie wysokiej temperaturze pary dołotowej, podwójne przegrzewanie pary, aby zapobiedz nadmiernemu zdzieraniu łopatek turbiny przez erozję, t. j. przez uderzanie wody, zawartej w parze, o krawędzie łopatek. To nie uwidoczni się przy normalnych próżniach, jeżeli para przed turbiną posiada:

przy ciśnieniu 20 do 25 atn temperaturę 375° do 400°C

„ „ 35 „ 40 „ „ 420° „ 440°C

Oczywiście im większa próżnia, tem wyższa musi być temperatura pary dołotowej. W turbinach upustowych i w większości turbin przeciwaprężnych, które zasadniczo wymagają wyższych ciśnień pary dołotowej niż turbiny kondensacyjne, wystarczy w zupełności wymienione ciśnienie, a jedynie w wypadkach, w których para odbierana z turbiny posiada dość wysokie ciśnienie, poleca się przekroczyć 40 atn.

Nie wypowiadam się za używaniem bardzo wysokich ciśnień pary dołotowej, t. j. 100 atn i wyższych, ponieważ ekonomiczne korzyści takich instalacji nie zostały dotychczas w praktyce bezsprzecznie udowodnione, a instalacje te wymagają przy turbinach kondensacyjnych wykonywania podwójnego przegrzewania pary. Ostatnie, uskutecznione w postaci drugiego przegrzewania pary w kotłowni, czy też w formie mniej doskonałej zapomocą części pary dołotowej, zwiększa koszty inwestycyjne i komplikuje bardzo instalację, skutkiem czego inżynierowie ruchu słusznie nie są zwolennikami takich urządzeń.

Zalecając ograniczenie ciśnienia pary wzwyż do około 40 atn, muszę wypowiedzieć też swe zapatrywanie co do ograniczenia dolnego. W tym względzie nie można polecać stosowania w jednostkach powyżej mocy 500 kW niższych ciśnień kotłowych od 20 atn, które to ciśnienie zwiększać się powinno stopniowo ze zwiększeniem jednostek silnikowych. Używanie natomiast przy małej mocy turbiny kondensacyjnej zbyt wysokiego ciśnienia dołotowego nie daje spodziewanych wyników, ponieważ nawet przy pracy z przekładnią zębatą albo łopatki są zbyt krótkie, albo łuk zasilania wirnika zbyt mały, co wpływa ujemnie na sprawność turbiny. Względ ten nie odgrywa przeważnie roli w turbinach przeciwaprężnych i upustowych.

Zagranicą cena urządzenia kotłowego w obrębie 14 atn do 40 atn różni się nieznacznie, natomiast w wytwórniach polskich mała różnica ceny jest tylko do 24 atn ciśnienia kotłowego, a począwszy od 25 atn koszty instalacji są wyższe. Cena turbiny, zbudowanej na wyższe ciśnienie, jest przeważnie niższa, choć liczba stopni ciśnienia jest większa, bo wymiary jej są mniejsze. Nie ulega też najmniejszej wątpliwości, że przy budowie nowej parowej siłowni turbiny nikt nie będzie dziś rozważał ciśnień kotłowych w pobliżu 14 atn.

Wypada jednak poruszyć także *kwesję rozbudowy siłowni*, pracującej na 14 do 15 atn, zwłaszcza siłowni z turbogeneratorami o większej mocy jednostkowej. Często popełnia się w takich wypadkach błąd, ulegając niesłusznym wymaganiom inżynierów ruchu, że ciśnienie wszystkich kotłów w kotłowni powinno być jednakowe. Stosownie do tej nieusprawiedliwionej zasady ustawia się dalsze nowe kotły i turbogeneratory na wyżej wspomniane niskie ciśnienie. Nie mogę uznać za słuszne zapatrywania, że ze względu na uproszczenie ruchu siłowni, a zatem może ze względu na wygodę personelu ruchu, ma siłownia wydawać poważne sumy niepotrzebnie na węgiel. Jako najlepszy dowód, że prowadzenie ruchu z różnymi ciśnieniami kotłowymi nie sprawia poważnych trudności, może służyć Elektrownia w Łaziskach, która posiada jedną turbinę, zasilaną z jednego kotła na 30 atn, a resztę na 15 atn; również Elektrownia w Łodzi posiada dwa różne ciśnienia kotłowe.

Przez odpowiedni dobór ciśnienia dołotowego przy rozbudowie siłowni turbinowej można rocznie oszczędzić sumy poważne, choć może są one nieduże w stosunku do całego dochodu elektrowni. W kondensacyjnych wielkich siłowniach turbinowych, pracujących z ciśnieniem kotłowym około 14 atn i niezbyt wysoką temperaturą pary, zużycie węgla na 1 kWh wynosi obecnie 0,9 do 1 kg. Przy powiększeniu ciśnienia kotłowego do około 40 atn i temperatury pary do około 440°C, oraz przy zastosowaniu podgrzewania wody zasilającej parą z turbiny, zużycie węgla na 1 kWh może być z łatwością obniżone o 0,3 kg. Jeżeli elektrownia wytwarza rocznie 180 milionów kWh, a cena węgla wynosi 25 zł/t, to oszczędność na opale wyniosłaby rocznie:

$$180\,000 \times 0,3 \times 25 = 1\,350\,000 \text{ zł.}$$

Jest to więc suma dość poważna, warta pewnej niedogodności dla personelu ruchu.

Jeszcze większą trzeba zwrócić uwagę na *prawidłowy dobór wysokości ciśnienia dołotowego w siłowniach z turbinami przeciwaprężnymi i upustowymi.* Tylko ta część mocy, którą uzyskuje się aż do miejsca odbioru pary, jest wyjątkowo tania pod względem rozchodu paliwa; — powinna więc ona stanowić możliwie największy procent całej mocy silnika. Dostawca turbogeneratora, którego zadaniem jest sprzedaż swych wyrobów, złoży ofertę na każde podane ciśnienie. Jako przykład przytoczę ofertę z przed 2 lat bardzo poważnej wytwórni na kondensacyjną turbinę upustową 500 kW dla ciśnienia kotłowego 13 atn, 265°C i dla upustu

około 40 ciepłostek. Przez wybór ciśnienia kotłowego 24 atn przy 6 atn, czyli dla spadku entalpii do miejsca upustu i 400°C za przegrzewaczem, oraz przez pewne możliwe obniżenie ciśnienia pary upustowej uzyskano spadek entalpii w części wysokoprężnej 84 ciepłostek, czyli moc tej części zwiększyła się przy tej samej ilości pary upustowej przeszło dwukrotnie.

Przy pracy z turbinami przeciwprężnymi i upustowemi powraca do kotła przeważnie bardzo mało kondensatu pary, która pracowała w turbinie. *Stąd powstaje konieczność przygotowania dużej ilości wody zasilającej.* Ponieważ przy ciśnieniu powyżej 25 atn odpowiednie przygotowanie wody zasilającej sprawia większe trudności, przeto niektórzy inżynierowie obawiają się wybierać w wymienionych wypadkach ciśnienie wyższe od 25 atn. Również i to uważam przeważnie za niesłuszne. Zasadniczo przygotowanie odpowiedniej wody zasilającej kotły nawet dla ciśnień wyższych zostało już w zupełności opanowane. Natomiast kalkulacja może wykazać, co jest słuszniejsze, czy wydawać większą sumę na przygotowanie wody zasilającej i pracować z mniejszym rozchodem pary przy wyższym ciśnieniu dolotowym, czy też zdecydować się na większy rozchód pary w silniku przy ciśnieniu poniżej 25 atn i mieć mniejsze wydatki na przygotowanie wody zasilającej. Jeżeli rachunek ten wykazałby niewielką różnicę na korzyść ostatniego wypadku, to wypowiedziałbym się stanowczo za wyborem wyższego ciśnienia pary, bo w sposobach przygotowania wody zasilającej następują wciąż nowe ulepszenia, a po ustawieniu siłowni na niższe ciśnienie wydatek na większy rozchód paliwa pozostaje stały przez długie lata.

Na podstawie powyższych wywodów *dochodzę do następujących wniosków:*

1. Turbiny kondensacyjne:

- a) moc 500 do 3 000 kW:
stosować ciśnienie kotłowe 20 do 24 atn;
- b) moc 3 500 do 10 000 kW:
przeprowadzić kalkulację dla 24 atn, 30 atn i 36 atn;
- c) moc powyżej 10 000 kW:
przeprowadzić kalkulację dla 30 atn, 36 atn i 40 atn.

2. Turbiny przeciwprężne i upustowe:

- a) moc 500 do 3 000 kW:
przeprowadzić kalkulację dla ciśnienia kotłowego 20, 24 i 36 atn;
- b) moc powyżej 3 000 kW:
przeprowadzić kalkulację dla ciśnienia kotłowego 36, 40 i 70 atn.

Oczywiście przy wyborze ciśnienia dolotowego nie może decydować moc jednostkowa turbogeneratorsa ustawianego, tylko musi być też uwzględniona moc jednostkowa silnika, jaki przewiduje się w przyszłości.

Odpowiednią do wybranego ciśnienia *temperaturę pary dolotowej* podałem poprzednio. Podkreślam jeszcze raz, że ze względu na erozję łopatek w turbinach kondensacyjnych poleca się wybierać możliwie wysoką temperaturę pary dolotowej. Wysokie przegrzanie pary wpływa też dodatnio na sprawność turbiny. Z tej przyczyny nie należy krępować się przy wyborze temperatury pary dolotowej w turbinach przeciwprężnych i upustowych temperaturą pary odbieranej z turbiny, bo można obniżyć ją w miejscu zapotrzebowania przez wstrzykiwanie wody.

Dość poważne powiększenie cieplnej sprawności siłowni można uzyskać przez *podgrzewanie wody zasilającej parą, pobieraną z różnych stopni turbiny.* W ten sposób para ta wykonywuje pracę w turbinie i oddaje całkowicie pozostałe ciepło wodzie zasilającej kotły, natomiast przy prowadzeniu tej części pary do kondensatora ciepło pary wylotowej byłoby stracone przez podgrzewanie wody chłodzą-

cej. Upusty tego rodzaju, które nie posiadają samoczynnej regulacji, są też korzystne dla turbiny. Z parą tą odpływa bowiem część wody, przez co zmniejsza się erozja łopatek w części niskoprężnej, a równocześnie łopatki te mogą być krótsze, co jest bardzo ważne w niektórych wypadkach, w szczególności w turbinach o t. zw. mocy granicznej, pracujących bez przekładni zębatej lub też z taką.

Oszczędność na ciepło, czyli podwyższenie cieplnej sprawności całej siłowni, uzyskane przez podgrzewanie wody zasilającej parą upustową wynosi 4% do 7%. W mniejszych instalacjach stosuje się przeważnie jedno podgrzewanie, natomiast w większych dwa o różnych ciśnieniach, a wyjątkowo nawet trzy. Przy większej liczbie podgrzewań uzyskuje się większą korzyść cieplną, lecz ze względu na koszty inwestycyjne otrzymuje się na ogół najlepsze wyniki ekonomiczne przy poprzednio podanej liczbie podgrzewań.

Temperatura wody zasilającej podgrzewanej parą powinna w każdym razie wynosić powyżej 105°C, gdyż tylko wtedy można odgazować wodę zasilającą pod ciśnieniem. Jako średnie wartości temperatury osiągniętej w sposób powyższy można określić następujące:

Para przed zaworem głównym turbiny	Temperatura wody zasilającej osiągnięta przez podgrzewanie pary z turbiny
19 do 24 atn, 375° do 400°C 25 do 40 atn, 400° do 440°C	110° do 130° C 125° do 155° C

Osiągnięcie wyższych temperatur wody zasilającej przez podgrzewanie parą nie rentuje się, przeważnie ze względu na to, że wówczas koszty ekonomizera w instalacji kotłowej znacznie zwiększają się. Obniżenie temperatury spalin w ekonomizerze musi być bowiem wtedy uzyskane przy znacznie mniejszym podgrzaniu wody zasilającej i mniejszej różnicy temperatur pomiędzy spalinami i wodą zasilającą. Oczywiście podgrzewanie parą wody zasilającej wymaga większej ilości pary dla turbiny. Nie powoduje to jednak zwiększenia rozchodu węgla, ponieważ odparowanie kotła zwiększa się przy wyższej temperaturze wody zasilającej. Ostatnio wspomniane względy na wielkość ekonomizera nie wchodzi w rachubę w instalacjach, w których temperatura spalin służy do podgrzewania powietrza dla kotła. W takich wypadkach, przeważnie zachodzących w siłowniach z turbogeneratorami o większej mocy, można z powodzeniem podgrzewać wodę zasilającą parą upustową nawet na wyższe temperatury od poprzednio podanych.

Po ustaleniu stanu, a zatem ciśnienia i temperatury pary dolotowej, *trzeba zastanowić się nad typem turbiny, jaki należy wybrać.* Zagadnienie to rozważałem szczegółowo na innym miejscu w ostatnim czasie¹⁾, — tutaj podam tylko zasadnicze wytyczne.

Przy określonych poprzednio stanach pary dolotowej poleca się, ze względu na uzyskanie możliwie korzystnych wyników ekonomicznych przez małe koszty inwestycyjne i małe zużycie pary, *przy mocach pomiędzy 500 a 2 000 kW* uwzględnić w kalkulacji (t. j. żądając ofert) osiowe turbiny szybkoobrotowe, pracujące z przekładnią zębatą, oraz turbiny promieniowe; — ostatnie nie mogą być stosowane jako upustowe z samoczynną regulacją upustu pary. *Przy mocy 2 000 do 3 000 kW* trzeba żądać ofert nietylko na turbiny z bezpośrednim napędem generatora, lecz również na turbiny szybkoobrotowe z przekładnią zębatą. Koszty typu szybkoobrotowego są mniejsze, ponieważ obniżenie ceny wolnobieżnego generatora jest większe od kosztów przekładni zębatej. Również zużycie pary w turbinie szybkoobrotowej jest

¹⁾ Patrz Chrzanoski — „Technika Ciepła”, artykuł p. t. „Postępy w budowie turbin parowych”, r. 1935.

mniej, bo przy mniejszej liczbie stopni ciśnienia można uzyskać korzystniejszy stosunek $u:c$, większą liczbę Parsonsa oraz większe długości łopatek, zapewniające korzystny przepływ pary przez turbinę.

Powyżej 3000 kW stosuje się przeważnie turbiny napędzające bezpośrednio generator przy $n = 3000$ obr/min.

W ostatnich latach zmieniły się zasadniczo zapatrywania na stosowanie osiowych typów jedno- i kilkukadłubowych. Dawniej większość wytwórni wykonywała przy wyższych ciśnieniach pary dołotowej i przy mocach powyżej około 5000 kW, dwukadłubowe typy kondensacyjne, a przy większych mocach nawet trój- i czterokadłubowe. W wielu wypadkach, jak na to kilkakrotnie zwracałem uwagę w publikacjach, kosztowne typy wielokadłubowe nie były usprawiedliwione. Obecnie, pod wpływem długotrwałego kryzysu ekonomicznego szereg wytwórni turbin parowych popadł w inny ekstrem. Zalecają one, ze względu na niższą cenę typ jednokadłubowy nawet wówczas, gdzie uważać go należy za niewłaściwy, czy to ze względu na mniej ekonomiczną pracę, czy też na mniejszą niezawodność ruchu.

Zapomocą typu jednokadłubowego o jednokierunkowym przepływie pary można uzyskać przy ciśnieniu kotłowym 40 atn, 425°C i pracy z kondensacją w sposób ekonomiczny pod względem zużycia pary 22000 kW, ostatecznie 25000 kW. Chcąc osiągnąć większą moc, trzeba by pogodzić się z dużą stratą wylotową, przez co zmniejsza się sprawność turbiny, lub też wykonać w ostatnich stopniach dwustrumieniowy przepływ pary. Ostatni powoduje w jednokadłubowej turbinie niekorzystny przepływ pary, chłodzenie części jej przez parę wylotową, oraz bardzo skomplikowany kształt kadłuba, który nie jest wskazany ze względów na niezawodność ruchu, zwłaszcza że w części wysokoprężnej kadłuba panuje bardzo wysoka temperatura. Wynika z tego, że przy mocy powyżej około 22000 kW i ciśnieniu 40 atn w kotle zaleca się wybierać typ dwukadłubowy o dużej liczbie Parsonsa, jeżeli turbina kondensacyjna ma być wysoko- i niezawodną w ruchu. Jednokadłubowy typ wspomniany o dwukierunkowym, przeważnie przeciwkierunkowym przepływie pary w części niskoprężnej, więc typ o niewysokiej sprawności, mógłby być odpowiedni jako silnik zapasowy, który powinien być tani, lecz takie wypadki przy mocy bardzo dużej rzadko zachodzą. Przy niższym ciśnieniu pary dołotowej typ dwukadłubowy powinien być używany już przy mniejszych mocach od 20000 kW, bo objętość pary, którą musi opanować część niskoprężna turbiny, jest większa.

W turbinach upustowych, pracujących z bardzo wysokim ciśnieniem pary dołotowej, lub też z dwoma, a czasem nawet trzema odbiorami pary, trzeba wybierać typ dwukadłubowy nawet przy mocach mniejszych (powyżej 2500 kW). Jest to konieczne ze względu na niezawodność pracy turbogeneratora, która nie byłaby zapewniona przy bardzo skomplikowanym kształcie kadłuba turbiny.

Przechodząc do budowy turbiny, nie mogę tutaj oma-

wiać szczegółów, bo sprawa ta powinna być rozważana przy ocenie każdej poszczególniej oferty. Wytwórnice dostarczające turbogeneratory na rynek polski, można uważać za równorzędne, lecz zaferowane w poszczególnym wypadku turbiny przeważnie nie są równorzędne. Nie będą wypowiadał się też w sprawie turbin akcyjnych i reakcyjnych, bo obydwa rodzaje mogą dać przy odpowiedniej budowie dobre wyniki. Zaznaczę tylko krótko, że w turbinach szybko- i średnio- i niskoprężnych przewaga jest po stronie systemu akcyjnego, natomiast w osiowych turbinach kondensacyjnych, pracujących bez przekładni zębatej, można osiągnąć przy użyciu systemu reakcyjnego w części średnio- i niskoprężnej lepszą sprawność, jeżeli zastosuje się znacznie większą liczbę Parsonsa, a zatem dłuższą turbinę niż w systemie akcyjnym.

Oczywiście przy ocenie ofert nie można polegać tylko na firmie dostarczającej lub też na podanej przez nią liczbie Parsonsa, tylko trzeba przeanalizować całą budowę, pracę pary w poszczególnych częściach przy różnych obciążeniach, przepływ pary przez turbinę jako całość, budowę i przewidywaną trwałość (w szczególności łopatek) poszczególnych części oraz regulację. W stosunku do ostatniej nadmieniam, że w turbinach kondensacyjnych, które pracują ze zmiennym obciążeniem, oraz w turbinach przeciwprężnych i upustowych nie poleca się stosować regulacji jakościowej, tylko wskazane jest używanie regulacji ilościowo-jakościowej, aby uzyskać mniejszy rozchód pary przy mniejszych obciążeniach turbogeneratora. W ostatnim względzie nie decyduje tylko sama regulacja, lecz również budowa turbiny. Powinna ona być tak zaprojektowana, aby wykazywała najmniejsze jednostkowe zużycie pary (w turbinach kondensacyjnych łącznie z zapotrzebowaniem mocy lub pary do napędu pomp kondensacyjnych) przy przewidywanym najczęściej zachodzącym obciążeniu turbogeneratora, które przeważnie nie nakrywa się z największą jego mocą.

W turbinowej siłowni parowej wpływa bardzo wydatnie na ekonomiczną jej pracę prawidłowy podział mocy siłowni na poszczególne turbogeneratory. Chcąc uzyskać możliwe dobre wyniki, które zależą przedewszystkiem od małych kosztów inwestycyjnych i małego jednostkowego zużycia pary trzeba w mniejszej siłowni moc podzielić na możliwie małą liczbę jednostek. Naturalnie pełna rezerwa siłowni musi być bezwzględnie zapewniona, aby mógł przeprowadzić pewne naprawy jednego z turbogeneratorów, jeżeli nie można otrzymać w razie wypadku prądu z innego źródła. W większych siłowniach, w których moc jednostki silnikowej jest większa, trzeba dostosować liczbę turbogeneratorów do obciążenia siłowni w czasie doby. Również i tutaj wskazane jest dążyć do możliwego ograniczenia liczby turbogeneratorów, co można uzyskać w siłowniach o bardzo dużych różnicach obciążenia częściowo przez to, że projektuje się turbogenerator dla najekonomiczniejszej pracy przy $\frac{3}{4}$, lub nawet $\frac{2}{3}$ mocy największej z uwzględnieniem napędu pomp kondensacyjnych.

Sily wodne w Polsce

Streszczenie. Sily wodne w Polsce są skoncentrowane w Karpatach, na Pomorzu oraz w Województwach północno-wschodnich. Zwiększyć wydajność oraz poprawić wartość sil wodnych można w Karpatach przez budowę zbiorników, w innych połaciach kraju przez budowę zbiorników oraz kanałów żeglugi i melioracyjnych. Szczytowe obciążenia prawie w całym kraju mogą być pokryte przez zakłady zbiornikowe. W województwach północno-wschodnich także i podstawowe obciążenie może być pokryte silami wodnymi.

W zestawieniu sil wodnych, podanem przez Inż. H. Herbicha w pracach Komitetu Energetycznego, całość sil

Prof. Dr. Karol Pomianowski

wodnych w Polsce jest oceniona na około 3,7 mil KM, z rocznym wydatkiem 16,2 miliardów kWh pracy. Podług tegoż autora w pierwszym rzędzie dałyby się wyzyskać sily następujące: w dorzeczu Karpakiem Wisły: w przecięciu 429 000 KM ze sumą produkcji 1 882 mil. kWh, w dorzeczu Dniestru: 493 000 KM ze sumą 2 147 mil. kWh, Prutu i Czeremoszu 320 000 KM ze sumą 991 mil. kWh, na Pomorzu 35 500 KM — 166 mil. kWh w dorzeczu Niemna: 80 350 KM ze sumą 361 mil. kWh, w końcu w pozostałych dzielnicach

50 500 KM ze sumą 220 mil. kWh. Ogółem: 1 318 000 KM, ze sumą 5 766 mil. kWh.

Te siły surowe dadzą się jednak znacznie podnieść tak pod względem instalowanej mocy, jak i wyzyskanej sumy energii przez regulację biegu rzek oraz budowę zbiorników. Ponadto dadzą się do wytwarzania energii zużytkować także rzeki nizinne, nie objęte poprzednimi zestawieniami, o ile przez wykonanie odpowiednich robót, czy to dla ułatwienia żeglugi czy też w celach osuszenia i melioracji terenów zostaną stworzone warunki korzystne dla wyzyskania siły.

Na rzekach nizinnych wyzyskanie siły nie jest możliwe w sposób inny, jak tylko przez wysokie piętrzenie, tworzenie obszernych zalewów i zbiorników wody. Zbiorniki te z jednej strony służyć będą w celu obniżenia wysokich stanów a podniesienia niskich, na rzece, a tem samem ułatwienie żeglugi, z drugiej — jako rezerwa energii na okresy większego jej zapotrzebowania. Gdy rzeki nizinne są w wielu wypadkach albo wprost żeglowne, albo dadzą się na cele żeglugi rozbudować, wykonanie piętrzenia i zalewów ułatwia, względnie wprost umożliwia powstanie żeglugi.

Wiele rzek nizinnych w Polsce leży w dawnych dyluwalnych korytach potężnych strumieni, które jako odpływy z topniejącego lodowca były znacznie większe, niż te rzeki, które obecnie płyną dolinami. Stąd pochodzą, że obecne rzeki znacznie mniejsze, meandrując w za obszernej dla siebie dawnej dolinie, nie stwarzają dla niej dobrych warunków naturalnego odwodnienia, i powodują zabagnienia, rozciągające się często na ogromne obszary. Przykładem takim jest np. dolina Narwi powyżej Łomży, będąca dawnym korytem Niemna. Doliny takie wymagają zatem osuszenia przez regulację i sprostowanie biegu rzek, oraz nadanie im mniejszego spadku, niż obecny. Nowe koryto, otrzymawszy dostateczną głębokość, może już służyć jako droga żeglowna dla statków. Przy założeniu regulowanego koryta w mniejszym spadzie, niż spadek doliny, nadwyżka spadku będzie koncentrowana w stopniach, na których będzie wyzyskana siła wodna i na których żegluga będzie przechodziła z jednego poziomu w drugi przy pomocy słuz komorowych. W ten sposób cele żeglugi, melioracji terenów i wyzyskania siły wodnej mogą być osiągnięte równocześnie przy pomocy tych samych budowli. Rozłożą się przy takim rozwiązaniu znaczne koszty robót na trzy różne inwestycje, a ogólna rentowność poszczególnych inwestycji się podniesie. Gdy przeważna część kosztu przypada na roboty ziemne, betonowe i budowlane, a mały tylko odsetek przypada na koszt urządzeń mechanicznych, wydatki na roboty pozostaną na ogół jako zarobki ludności w terenie, na którym roboty będą wykonane tak, iż poza ogólnym podniesieniem gospodarki państwowej ludność i gospodarka miejscowa skorzysta przejściowo z zarobków przy budowie, a na stałe z rezultatów wykonanych inwestycji.

Zapotrzebowanie energii w Polsce jest największe na południowym zachodzie, najmniejsze na północnym wschodzie. Ze względów klimatycznych oraz jakości gleby, w końcu ze względu na rozkład zasobów mineralnych w kraju, zapotrzebowanie energii będzie zawsze większe na południu, mniejsze na północy, a przez dłuższy czas także znaczenie większe na zachodzie, a mniejsze na wschodzie. Źródła energii cieplnej są jednak skoncentrowane wszystkie na południu i zwłaszcza południowym zachodzie, co jest naogół zgodne z rozkładem zapotrzebowania energii. Środek kraju, wschód i północ będzie zdana przedewszystkiem na zasilek energią wodną.

Największe energie wodne są skoncentrowane w Kar-

patach i na Podkarpaciu. Ze względu jednak na nieprzepuszczalność dorzecza i występujące wskutek tego silne zmienności w odpływach w czasie wysokich i niskich stanów, o racjonalnem ich wyzyskaniu nie może być mowy bez równoczesnej budowy zbiorników. Budujące się obecnie zbiorniki na Sole i Dunajcu oraz projektowane w dorzeczach Skawy, Raby, Sanu, Stryja, Swicy, Łomnicy, pozwolą skutecznie ochronić dolne biegi tych rzek oraz ich recypientów od szkód powodziowych, oraz znacznie podniosą tak ilości jak i wartości uzyskanych na nich sił wodnych.

Wisła w górnym biegu po Sandomierz, będąc głównym recypientem dopływów Karpackich na zachodzie, mało nadaje się na cele wyzyskania siły wodnej ze względu na nieduże spady i niskie bardzo brzegi, co wyklucza tworzenie wysokich piętrzeń. Natomiast Dniestr na Podolu, od Halicza po granicę Państwa, płynąc w jarze, który stopniowo dochodzi do 150 m głębokości, doskonale nadaje się do tworzenia stopni o wysokości piętrzeń, sięgających powyżej 10 m. Przecinając istniejące zakola, można koncentrować w jednym punkcie większe jeszcze spady, jak np. w Uniżu, gdzie w jednym zakładzie można otrzymać spadek w przecięciu 21 m i roczną pracę 190 mil. kWh.

Czeremosz, który ma bardzo znaczne spady i duże ilości wody, może być uważany za bardzo poważne źródło siły wodnej. Gdyby wybudować w Uścierkach zbiornik z zaporą 90 m wysoko piętrzącą, na przestrzeni od Uścierki do ujścia Prutu mogłoby być zainstalowanych powyżej 200 000 kW z roczną produkcją powyżej 900 mil. kWh. Czeremosz jest jednak na dużej przestrzeni rzeką graniczną, i wyzyskanie tej siły wodnej natrafi na poważne formalne trudności. Budując zbiornik na rzece Rybnicy i wprowadzając do niego wody tak z własnego dorzecza, jak i z Czeremoszu, można blisko ujścia do Prutu uzyskać znaczną moc i dużą sumę kWh rocznej produkcji energii.

Na północ od Podkarpacia lewobrzeżne dopływy Wisły o małych dorzeczach i krótkich biegach nie dają dużych możliwości wyzyskania siły. Na rzece Nidzie mogłyby stanąć zakłady wodne o lokalnem tylko znaczeniu, ogółem kilkutyśięcnej mocy. Natomiast dalej na północ na Warcie, w przełomie przez pasma skał jurajskich, mogłoby być wyzyskane zakole pod Działoszynem na budowę większego zakładu, o ile tylko stosunki geologiczne zezwoliłyby na wybudowanie zbiornika tuż poniżej Działoszyna, z zalewem 2 400 ha i pojemnością całkowitą 139 mil. m³ a użyteczną 90 mil. m³. Zakład mógłby wtedy dysponować spadem przeciętnym 22.6 m i przy instalowanej mocy 10 000 kW dać roczną produkcję 52.2 mil. kWh, — blisko centrów przemysłu.

Na przełomie Wisły przez wyżynę Lubelsko-Sandomierską za okupacji niemieckiej był projektowany duży zbiornik z zaporą koło Kazimierza. Wiercenia wykazały tam jednak skałę zbyt silnie spękana. Zalew miał sięgać daleko i tworzyć olbrzymi zbiornik, przeznaczony głównie dla regulacji stanów żeglugowych na dolnej Wiśle. Ze znacznie mniejszą szkodą gospodarczą dla gruntów, natomiast dostatecznie dużą pojemnością mógłby być stworzony zbiornik z zaporą koło Popowa, km 311.7 rzeki, z piętrzeniem do 145 n. p. m., sięgającym po Sandomierz, spadem nominalnym na zakładzie 11.75 m, zakładem o mocy instalowanej 43 000 kW i sumą rocznej pracy 309.4 mil kWh. Zbiornik o pojemności użytecznej 1 080 mil. m³ regulowałby odpływ wód Wisły w czasie niskich stanów żeglugowych. W czasie najwyższych stanów, ze względu na potrzebę przepuszczenia toczącego rzeką rumowiska, musiałyby być otworzone upusty, i dopiero pod koniec wezbrania otwory to byłyby zamknięte, a zbiornik spowrotem napełniony. Zakład ten, którego realizacja ze względu na fundowanie i wykup gruntów nie przedstawiłaby, zdaje się, żadnych

większych trudności, byłby jednym z największych w Polsce, a położenie w samym centrum kraju byłoby bardzo korzystne. Obszar zalewu wynosiłby 207 km², w czym 41 km² koryta rzeki.

Dopływ Wisły Kamienna, na której za czasów Lubbeckiego mieścił się niemal cały przemysł metalurgiczny Królestwa, dałaby się wyzyskać w dolnym swym biegu na stopniach dwu zbiorników z zaporami w Bałtowie i w Czekarzewicach, ze spadem łącznym 30 m, mocą instalowaną około 15 000 kW, roczną pracą około 36 mil. kWh. Górny bieg Kamiennej ma małe zapasy energii, dające się wyzyskać tylko na cele lokalne.

Wisła w obrębie Warszawy mogłaby być również wyzyskana na cele energetyczne dzięki zupełnie specyficznym warunkom. Pod Bielanami mógłby stanąć jaz fundowany na ilach trzeciorzędowych z piętrzeniem do + 3,5 odczytu wodowskazu na moście Kierbedzia. Przy tem piętrzeniu nie byłyby jeszcze podtopione przelewy burzowe kanalizacji Warszawskiej, nie ucierpiałby gruntu i urządzenia odwadniające na Saskiej Kępie. Koryto rzeki w obrębie miasta zostałoby wypełnione wodą do poziomu, któryby udostępnił oba brzegi rzeki dla żeglugi. W czasie wiosennych roztopów i letnich stanów powodziowych jaz byłby otwarty dla przepuszczania piasku. Na jazie stanąłby zakład z turbinami Kaplana.

Węzeł żeglugowy Warszawski da się rozwiązać także przez przrzucenie wód Wisły z pod Warszawy do Bugu — Narwi pod Zegrzem. Kanał żeglugi i zarazem siły doprowadzałby wodę do Zegrza, gdzie mógłby być uzyskany większy spad dzięki różnicy między spadkami Wisły a Bugiem — Narwią. Droga dla żeglugi byłaby jednak przedłużona, a koszt zakładu byłby większy o koszt kanału. Moc instalowana byłaby tu 12 500 kW, roczna praca 85 mil kWh, instalowana moc w Warszawie byłaby większa przy około tej samej produkcji energii w roku.

Nieduży dopływ prawobrzeżny Wisły, Skrwa pod Płockiem może być wyzyskany w czterech stopniach, przy doprowadzeniu w górnym biegu jeszcze wód Wkry. Ogółem może być instalowanych 13 000 kW przy rocznej sumie energii 30,4 mil. kWh. Zakłady te, oparte o zbiorniki, mogłyby kryć lokalne szczyty zapotrzebowania, przy dostarczeniu podstawowej energii z zewnątrz. Na samej Wkrze przy ujściu do Bugu — Narwi może stanąć zbiornik szczytowy z roczną produkcją 27,6 mil. kWh i mocą instalowaną 17 000 KM.

Lewobrzeżne Pomorskie dopływy Wisły, jako to: Wda, Brda, Wieżyca i Radunia, doskonale zbadane i już częściowo wyzyskane, dadzą się wyzyskać całkowicie. Ich zaletą główną jest to, że spływają z pojezierza wysoko wzniesionego i mają największe spady w dolnym biegu, gdzie są też i największe ilości wody, przytem mają odpływy dobrze wyrównane jeziorami. Największym i najbardziej ekonomicznym będzie zakład na zbiorniku w Koronowie na Brdzie, z mocą instalowaną 20 000 kW i roczną pracą 40 mil. kWh.

Z rzek pomorskich znaczne siły, dochodzące 50 mil. kWh, lecz o lokalnym znaczeniu, ma Drwęca. Muszą być one rozbite na większą liczbę niedużych stopni.

Narew z Bugiem, a następnie Niemen i Prypeć oraz ich dopływy mają na ogół małe spady, dobrze wyrównane przepływy i nadają się wobec tego przedewszystkiem do żeglugi. Wyzyskanie sił wodnych na tych rzekach, o ile wogóle jest możliwe, musi być wykonane pod kątem widzenia zaspokojenia równoczesnego potrzeb żeglugi oraz melioracji. Na najbardziej północnych odcinkach biegu rzek Niemen, Wilja i ich dopływy przedzierają się przez wyżynę pojezierza i leżą w głębokich jarach, sprzyjających

budowie wysokich stopni. Stopnie te mogą być kanalizacyjnymi dla żeglugi, a równocześnie służyć do wyzyskania energii. Na południu, w głębokim jarze granitowym, płynie Słucz, dopływ Prypeci, na południowym cyplu Państwa. Dolina Słuczy nadaje się do budowy zbiornika.

Wyzyskanie siły wodnej przy równoczesnem stworzeniu drogi żeglownej jest możliwe na szlakach następujących.

1) Droga: Wisła Bug—Prypeć—Dniepr na szlaku: Wieprz od ujścia koło Dęblina, Tyśmienica, Włodawka do Bugu. Kanał może być zasilany wodą Bugu, na stopniach kanału żeglugi może być instalowana moc 6 600 kW z roczną pracą około 50 mil. kWh.

3) Droga: Wisła—Niemen przez Narew, Bóbr, Nette, Biebrzę pod Grodno, ze zbiornikiem powyżej Łomży, dużymi robotami melioracyjnymi. Trzy stopnie kanalizacyjne i wyzyskania siły: w Różanach, Łomży i Grodnie, z instalowanymi mocami po 20 000 kW, łącznie 60 000 kW, pracą roczną 307 mil. kWh. Ponadto na dopływach Narwi w 6-ciu stopniach 3 200 kW i około 24 mil. kWh.

Wilja, od ujścia Serweczy, przy granicy Państwa ze Związkiem Sowieckim do granicy Litewskiej ma 106 m spad. Niemal cały ten spad może być wyzyskany na jazach wysoko piętrzących, w stopniach po około 10 m wysokości. Suma energii, dającej się na tych stopniach wyzyskać, wynosi około 400 mil. kWh. Poza zapasem energii, tkwiącej w piętrzeniach powyżej jazów na Wilji, na jej dopływach mogą być budowane zapasowe zbiorniki energii. Takimi będą: zbiornik na Wace, z doprowadzeniem wody Mereczanki ewentualnie z Wisińcy, z pojemnością 12 mil. kWh ze spadem brutto 55 m, zbiornik Wilejki pod Wilnem ze spadem 45 m, pojemnością 0,75 mil. kWh i t. d. Ponieważ Wilja leży w głębokim jarze, istnieją dobre warunki do budowy zbiorników na jej dopływach.

Niemen ma podług zestawień Inż. Herbicha w granicach Państwa 67 m spad i około 40 000 kW mocy, co odpowiada około 350 mil. kWh rocznej pracy. Wielka część tej mocy da się wyzyskać również na jazach wysoko piętrzących. W poszczególnych punktach biegu mogą być skupione większe siły, jak np., budując koło Kowszowa jaz na Niemnie, można przeprowadzić wody Niemna do Kotry, i wybudować zbiornik w dolinie Kotry przy ujściu jej do Niemna. Spad tu skoncentrowany pozwoli wyzyskać znaczną siłę wodną.

Jeziora w dorzeczu Niemna przedstawiają duże możliwości wyzyskania siły wodnej, tembardziej cenne, że energia w nich zawarta może być na dłuższe okresy czasu zmagazynowana, i może służyć następnie do krycia nie tylko szczytów dobowego zapotrzebowania, ale także tworzyć zapas energii na okresy zimowe. W tych okresach zakłady podstawowe będą dysponowały zmniejszonymi ilościami energii, podczas gdy zapotrzebowanie energii będzie równocześnie wzrastać.

Zużytkowanie jezior Naroczy i Swiru wraz z ich dopływami, przy istniejących spadach między jeziorami i Wilią, pozwala wyzyskać w trzech stopniach łącznie 43 m spad, i przy użytkowej pojemności uregulowanych jezior 538 mil. m³ oraz instalacji 19 000 kW uzyskać roczną pracę 48,3 mil. kWh energii czysto szczytowej.

Przy współpracy zakładów, zasilanych wodą z jezior, oraz ad hoc budowanych zakładów czysto szczytowych na zbiornikach sztucznych można będzie niewątpliwie uzyskać zupełne wyrównanie, i siłami wodnymi pokryć całkowite zapotrzebowanie północy wschodnich połaci kraju.

Naogół stwierdzić można, że wschód nasz przedstawia duże możliwości wyzyskania sił wodnych, z dobrem wyrównaniem rocznem, oraz możliwością krycia b. wysokich szczytów. Ponieważ wschód obfituje w pokłady torfu i

istnieje możliwość ich racjonalnego wyzyskania na produkcję związków chemicznych a równocześnie i produkcji energii, mogą tam powstać zakłady ciepłne, współpracujące z zakładami wodnymi oraz uzupełniające pracę tych ostatnich.

Dla całego obszaru Państwa można stwierdzić, co następuje:

na południowym zachodzie oraz południu podstawowa energia będzie ciepła i będzie czerpana z zagłębi węglowych i gazowych, szczyty będą kryte energią wodną ze zbiorników, udział energii wodnej w kryciu podstawowego zapotrzebowania będzie mały. W centrum Państwa i północnym zachodzie podstawowa energia będzie dostarczana

przeważnie z Zagłębia dalekosiężnymi liniami przesyłowymi, szczyty będą kryte energią zbiorników, czy to przesłana z podkarpacia, czy też z zakładów i zbiorników na Pomorzu. Udział zakładów wodnych w kryciu podstawowych obciążeń będzie mały.

Na wschodzie i północnym wschodzie prawie całość tak podstawowego jak i szczytowego zapotrzebowania będzie kryta przez zakłady wodne, drobna część podstawowego zapotrzebowania — przez zakłady ciepłne, wybudowane na miejscowym torfie.

O wyborze najodpowiedniejszego typu turbin wodnych dla zakładów o spadkach zachodzących w Wileńszczyźnie

Prof. Stanisław Zwierzchowski

Streszczenie. Porównanie cech charakterystycznych turbin Francisa, Kaplana i śmigłowych. Sprawność optymalna. Sprawność ogólna. Przeciężalność. Szybkobieżność. Kawitacja. Zużycie wody przez jedną turbinę i przez cztery turbiny w jednym zakładzie. Ogólne wnioski co do wyboru szczególnie między turbinami Francisa i Kaplana.

Postępy techniki na polu budowy turbin wodnych, — a były one w ostatnich kilkunastu latach bardzo wielkie — mogą być wykorzystane w pełni dopiero wtedy, kiedy dla danego zakładu wybrane będą odpowiednie co do typu i wielkości jednostki. To też widzimy, że coraz więcej wkłada się pracy w studia, poprzedzające czy to ustalenie technicznych warunków przetargu i specyfikacji turbin, czy też powzięcie po otrzymaniu ofert ostatecznej decyzji, jakie turbiny zamówić.

I zgóry zaznaczyć trzeba, że studia, których rezultatem jest sprecyzowanie zadania, jakie ma rozwiązać konstruktor i fabrykant turbin wodnych, są niejednokrotnie ważniejsze od tych rozważań, które po otrzymaniu ofert trzeba przeprowadzić. Fabrykant turbin bowiem powinien mieć absolutnie wszystkie dane techniczne, dotyczące zakładu, a mające mieć wpływ na ostateczną decyzję, przed sobą, kiedy opracowuje swoją ofertę, gdyż dopiero wtedy będzie mógł zaproponować rozwiązanie najlepsze, jakie przy jego doświadczeniu i przy jego możliwościach technicznych i warsztatowych może być osiągnięte. Jest to tak zrozumiałe, że wydawać się może całkiem zbędnym o tem mówić — a jednak niejednokrotnie zdarza się, że fabrykant nie zaproponował swego najlepszego rozwiązania jedynie dlatego, że nie miał tych wszystkich danych, kiedy swą ofertę opracowywał i, co gorsze, nie wiedział nawet o tem, że ich nie miał.

Słuszny więc jest, że i inżynierowie elektrycy interesują się tematem niniejszego referatu, gdyż nie mniej od inżynierów wodnych muszą oni także precyzować dane, od których zależy dobranie najlepszej jednostki turbin wodnych. Idzie tu o jasne sprecyzowanie obciążenia, jakiemu podlegać będzie zakład i o dostarczenie fabrykantowi turbin wodnych możliwie dokładnej krzywej obciążenia w zależności od czasu. Poza tem i inżynier elektryk powinien wiedzieć, co można, a czego nie można osiągnąć turbinami wodnymi różnych typów w warunkach, w jakich mają one pracować.

W referacie niniejszym ma być mowa o wyborze turbin wodnych dla zakładów o spadkach takich, jakie się spotyka w tej części kraju, w której się tegoroczny zjazd inżynierów elektryków odbywa, t. j. w Wileńszczyźnie.

O ile idzie o konstruktora turbin wodnych, to trzeba

powiedzieć, że spadki te są dla niego niskimi, bo wymagają tych typów turbin, które się buduje na niskie spadki, t. j. turbin o wielkiej pojemności i szybkości. Wchodzą tu w rachubę:

- szybkobieżne turbiny systemu Francisa,
- turbiny śmigłowe o łopatkach nieruchomych,
- turbiny śmigłowe o łopatkach wirnika, nastawnych w ruchu, czyli turbiny systemu Kaplana.

Są to wszystko turbiny szybkobieżne.

Jak wiadomo, miarą szybkobieżności turbin wodnych jest wyraz

$$n_s = n_1 \sqrt{HP_1}$$

gdzie $n_1 = \frac{n}{\sqrt{H}}$ jest zredukowaną do 1 m spadku ilością

obrotów, a $HP_1 = \frac{HP}{H\sqrt{H}}$ jest zredukowaną do 1 m spadku mocą wirnika.

Ostatnie 30 lat rozwoju budowy turbin wodnych stały pod znakiem powiększania n_s , a ostatniem posunięciem w tym kierunku były turbiny śmigłowe i turbiny Kaplana. Oczywiście, trudno jest poszczególne typy rozgraniczyć ściśle na podstawie n_s , a mianowicie trudno jest powiedzieć, na jakich wartościach n_s kończą się turbiny Francisa, a rozpoczynają się turbiny śmigłowe i Kaplana, gdyż leży w naturze rzeczy, że wartości te poszczególnych typów na siebie nachodzą.

Wirnik systemu Francisa, uwidoczony np. na rys. 1, doszedł do $n_s = 520$ przy bardzo dobrej sprawności (93% przy średnicy 750 mm), a wirniki systemu Kaplana (rys. 2), które normalnie buduje się na $n_s = 600$ do 800, a nawet ponad 1000, bardzo często mają n_s mniejsze od 520. Buduje się je już od $n_s = 400$.

O ile idzie o sprawność optymalną (sprawność przy obciążeniu optymalnym), stwierdzić trzeba, że turbinami Francisa osiąga się lepsze rezultaty. Leży to w naturze rzeczy, gdyż w turbinach śmigłowych i Kaplana woda, opuszczająca wirnik, zawiera w postaci prędkości daleko większą część energii całkowitej spadku, niż w turbinach Francisa, a zatem sprawność ich w daleko wyższym stopniu polega na dobrem działaniu rur ssących, które w tym celu muszą być dłuższe, a zatem powodują większe straty, niż przy turbinach Francisa.

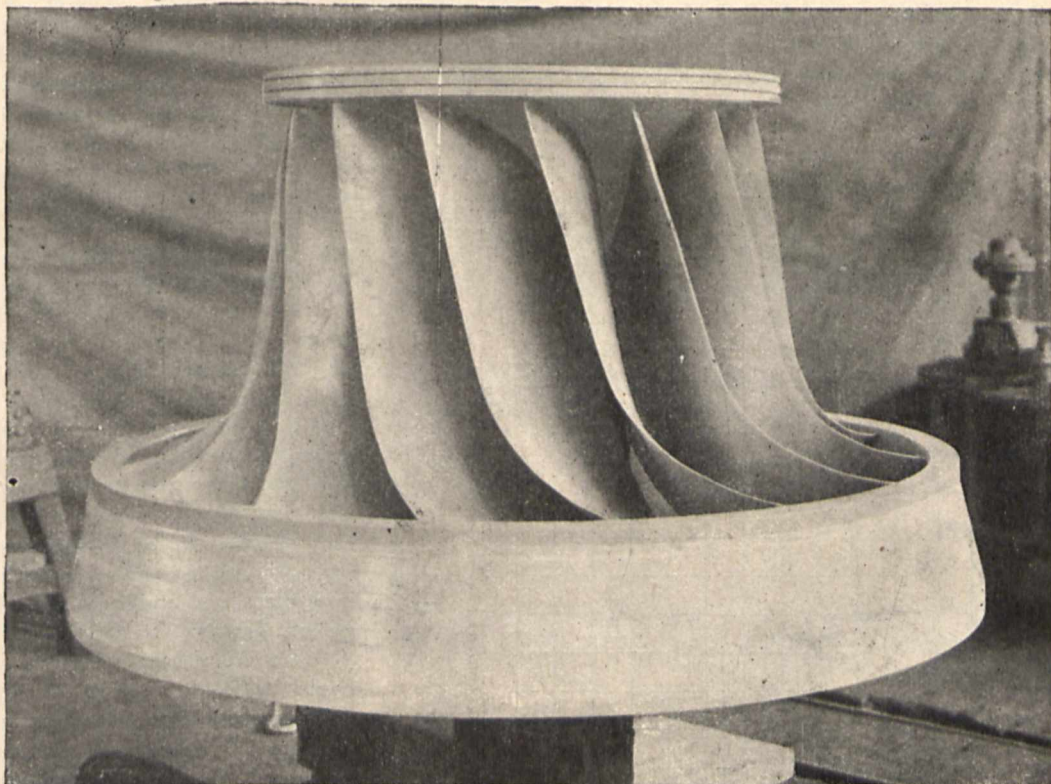
Różnice w optymalnych sprawnościach zacierały się jednak w ostatnich latach, kiedy zaczęto budować turbiny Kaplana z łopatkami, obrabianymi całkowicie mechanicznie według szablonu. Lecz obecnie różnice te są znowu więcej

aktualne, bo coraz częściej buduje się i wirniki Francisca całkowicie obrobione, a mianowicie prasuje się łopatki z blachy stalowej i wpawa się je do piasty i wieńca wirnika, poprzednio całkowicie obrobionych, tak że oprócz całkowite gładkich powierzchni otrzymuje się i w turbinach Francisca kształty precyzyjne i całkowicie zgodne z konstrukcją. W turbinach śmigłowych otrzymuje się w najlepszym razie te same optymalne sprawności, co w turbinach Kaplana, jeżeli i ich łopatki są całkowicie obrobione, co możliwe jest tylko przy konstrukcji wirnika z łopatkami, przyśrubowanymi do piasty.

Inaczej przedstawia się sprawa, o ile idzie o sprawność przy obciążeniach nieoptymalnych, czyli o krzywą sprawności w zależności od obciążenia. Różnice tu są bardzo duże i to na korzyść turbin Kaplana.

Krzywe *F* i *K* na rys. 3 są wzięte z praktyki, a mianowicie są to krzywe dla turbiny Francisca i Kaplana, zaprojektowanych dla tego samego zakładu i przeliczone z krzywych, osiągniętych z homogenicznych wirników wzorcowych według znanych i ogólnie stosowanych wzorów, lecz, o ile idzie o turbinę Francisca bez stuprocentowego wyzyskania polepszenia się sprawności, wynikającego z powiększenia wymiarów. O ile idzie o turbinę Kaplana, autorowi nie jest wiadomem, czy i tu zachowano pewną rezerwę. Krzywa *S*, dla wirnika śmigłowego, wpunktowana, nie jest wzięta z życia, lecz tak mniej więcej przedstawiałaby się w rzeczywistości w porównaniu z krzywami *F* i *K*. Z rys. 3

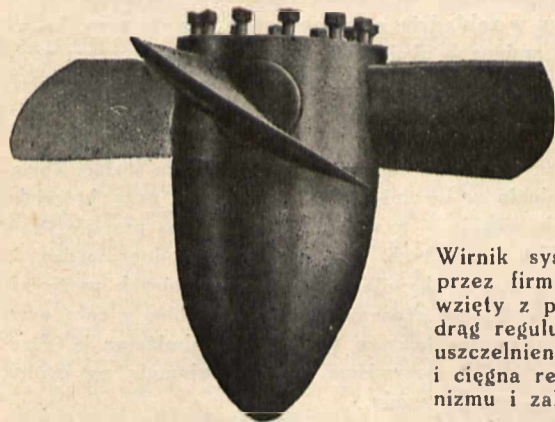
pracy zakładu, że turbiny przez dłuższe okresy czasu pracować będą przy obciążeniach, które znacznie odbiegają od obciążenia optymalnego (znaczna zmienność mocy i spadku). Ma to duże znaczenie szczególnie dla zakładów zbiornikowych, dla których ekonomiczne zużycie zapasów wody jest pierwszorzędnej wagi. Lecz błędem byłoby wyciągnąć



Rys. 1.

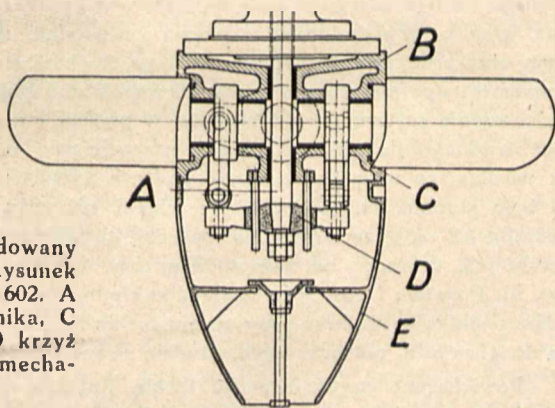
Szybkobieżny wirnik systemu Francisca, konstrukcji autora, budowany w Polsce przez firmę Lilpop, Rau i Loewenstein, a w Ameryce przez firmę The James Leffel and Co.

stąd wniosek ogólny, że wobec tego turbiny Francisca lub śmigłowe zgóry wyeliminować trzeba jako od turbin Kaplana gorsze dla wszystkich zakładów wodnych o zmiennych obciążeniach i spadkach — bo trzeba brać pod uwagę szereg innych ważnych względów poza tym oczywistym względem, czy zmienność ta jest tak wielką, że całkowicie zrównoważy ekonomiczny skutek lepszej sprawności optymalnej turbin



Rys. 2.

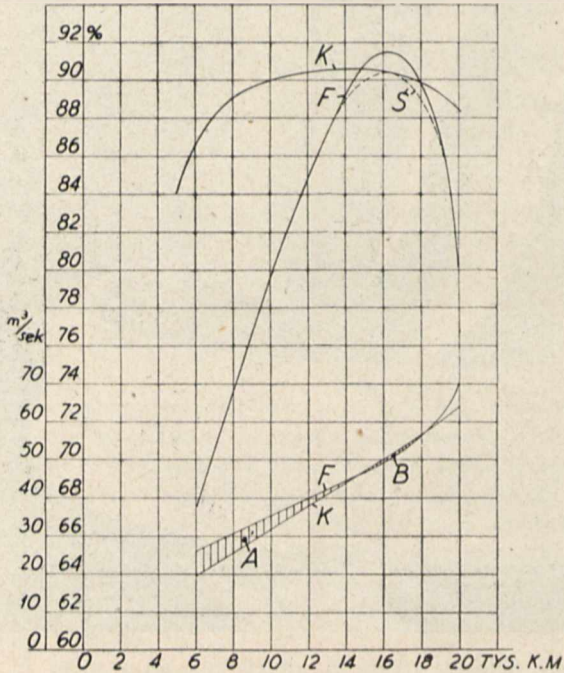
Wirnik systemu Kaplana, budowany przez firmę J. M. Voith. Rysunek wzięty z publikacji firmy Nr. 602. A drąg regulujący, B piasta wirnika, C uszczelnienie osiek łopatek; D krzyż i cięgna regulujące, E osłona mechanizmu i zakończenie piasty.



widzimy, że turbina systemu Kaplana ma znacznie lepsze sprawności przy częściowych obciążeniach i jest więc przeciętną od turbiny Francisca i śmigłowej. Są to zalety turbiny Kaplana bardzo wielkiej wagi, i od razu można stwierdzić, że turbiny Kaplana wysuwają się na pierwsze miejsce tam, gdzie się ma do czynienia z takimi warunkami

Francisca, lub większą prostotę konstrukcji turbin śmigłowych. Tem się też tłumaczy, czemu w wielu wypadkach, w których turbiny Kaplana mogłyby być użyte, instaluje się jednak turbiny Francisca lub śmigłowe. Bardzo ciekawy jest tu przykład ogromnego zakładu „Wheeler Dam” w Stanie Tennessee, obecnie budowanego przez rząd Stanów Zjedno-

czonych. W zakładzie tym będzie zainstalowanych 8 turbin śmigłowych o 45 000 KM każda przy spadku 14,6 m i 85,7 obrotach $n_s = 664$ (patrz rys. 4). Jak już wspomniano, turbiny śmigłowe, a więc i turbiny Kaplana, są niejako końcową ewolucją turbin w kierunku dużych n_s . Znacząco to praktycznie, iż z pewnymi zastrzeżeniami, o których będzie mowa później, można przy tej samej mocy osiągnąć większą ilość obrotów temi turbinami, niż turbinami Francisa. Dla tego też generatory elektryczne są mniejsze, ważą i kosztują mniej, a w zakładach wielojednostkowych można być się mniejszą ilością jednostek przy turbinach śmigłowych i Ka-



Rys. 3.

Krzywe sprawności i wydatku turbin Francis i Kaplana.

plana, niż przy turbinach Francis. Lecz cena turbiny Kaplana będzie zawsze wyższa ze względu na jej więcej skomplikowaną konstrukcję. Turbina Kaplana ma bowiem oprócz aparatu kierowniczego, jaki ma turbina Francis i śmigłowa, jeszcze drugą regulację, a mianowicie łopatki wirnika regulowane są w ruchu równocześnie z łopatkami aparatu kierującego. To wymaga całego dodatkowego mechanizmu regulującego, umieszczonego w wale wydrążonym i w piaście wirnika wraz z serwowatorem olejowym i wentylem rozdzielczym oraz precyzyjnego skojarzenia tego mechanizmu z mechanizmem aparatu kierowniczego i z wspólnym regulatorem. Umieszczenie serwowatora olejowego w piaście wymaga też dość trudnego do skonstruowania uszczelnienia osi łopatek wirnika, co wszystko znacznie podraża konstrukcję i to do tego stopnia, że podwyżka ta więcej, niż zrównoważa oszczędności na generatorze, tak że cały turbospół kaplanowski jest droższy od zespołu Francis lub śmigłowego (rys. 5). Poza to i koszty budowlane zakładu, o czym mowa będzie później, są większe przy użyciu turbin Kaplana (i turbin śmigłowych), niż przy użyciu turbin Francis.

Powiększona szybkobieżność turbin Kaplana (i śmigłowych) stoi w ścisłym związku z prędkością, z jaką woda przepływa przez wirnik i z niego wychodzi. Prędkość ta jest w największej szybkobieżnych turbin Francis ekwiwalentem jakichś 15% spadku $\left(\frac{C}{2g} = 0,15 H\right)$. W turbinach Kaplana (i śmigłowych) ekwiwalent ten dochodzi do 40% i wyżej. To zaś ma ten skutek, że turbiny Kaplana (i śmigłowe)

są daleko więcej narażone na zjawisko kawitacji, niż turbiny Francis. To zjawisko, jeżeli zachodzi, nawet gdyby od razu nie miało wywołać gwałtownego zzerania się łopatek i górnej części rury ssącej, w każdym razie obniży krzywą sprawności znacznie i tak zniwieczy jedną z zalet i to najcenniejszą turbin Kaplana.

To też firmy, budujące turbiny Kaplana, badają od szeregu lat zjawisko kawitacji w swych, specjalnie dla tych celów urządzonych laboratorjach i nauczyły się w wielkiej mierze, jak mu przeciwdziałać przez odpowiednią konstrukcję co do kształtów, wymiarów i ilości łopatek wirnika, oraz przez precyzyjną obróbkę, lecz mimo wszystko stwierdzić trzeba, że ostatecznie zapobiega się kawitacji przez zrezygnowanie w znacznym stopniu z wielkiej szybkobieżności oraz przez ulokowanie turbiny na znacznie niższym poziomie. Im większy jest spadek, tem więcej do tych, jako jedyne skutecznych zabiegów, uciekać się trzeba. To też widzimy, że przy wyższych spadkach — a doszło się już do 32 m — n_s turbin Kaplana (i śmigłowych) coraz więcej się obniża — do 400 i poniżej — a turbiny umieszcza się nawet pod lustrem dolnej wody.

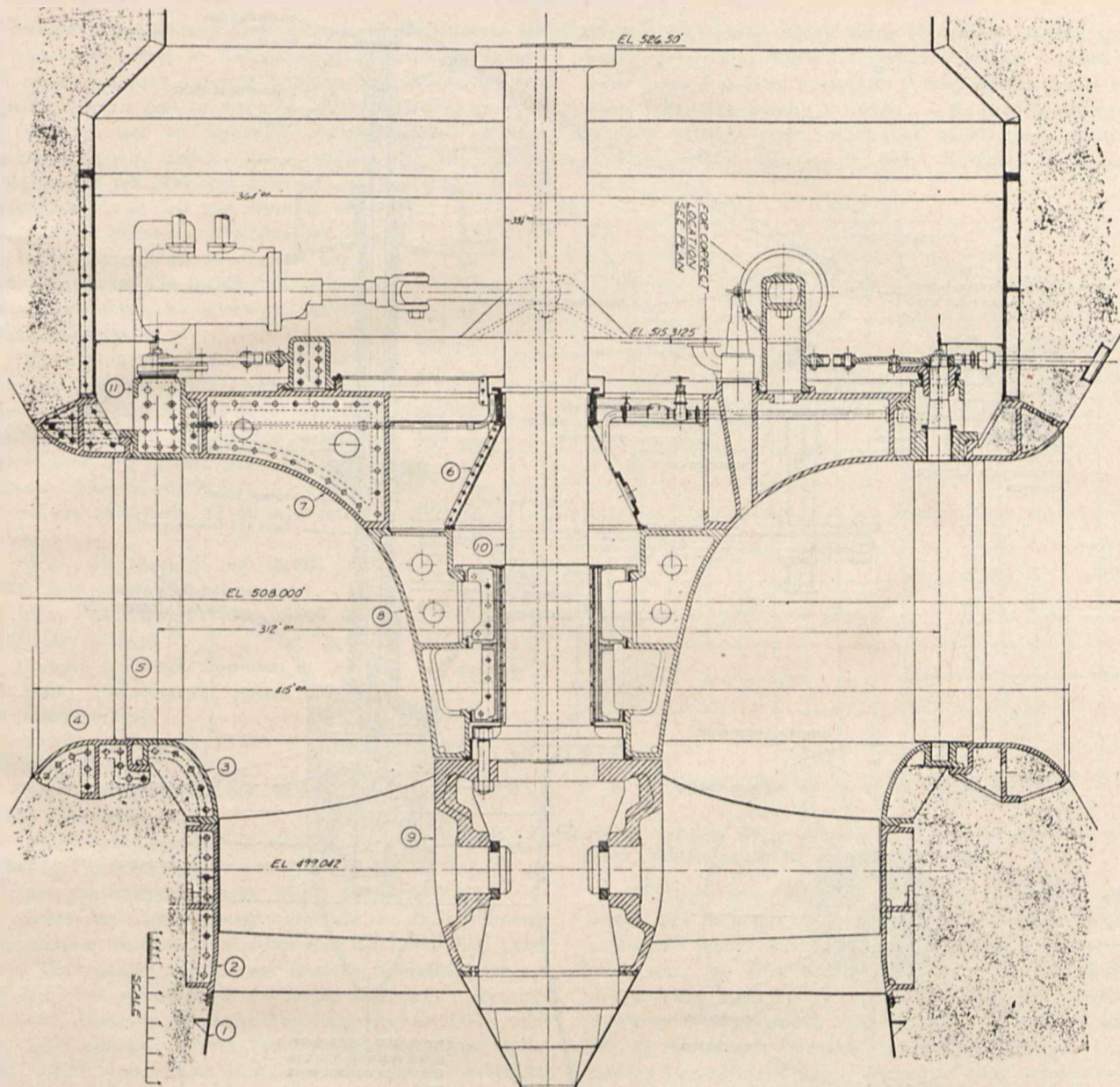
Są zakłady, w których ekskawacja i fundamentowanie muszą być o kilka metrów głębsze przy zastosowaniu turbin Kaplana, niżby były przy stosowaniu turbin Francis. W takich wypadkach, w celu uzyskania odpowiedniej długości rury ssącej, trzeba ją przedłużyć w kierunku poziomym i przewidzieć możliwość szczelnego jej zamykania i wypompowywania z niej wody w celu udostępnienia turbiny dla inspekcji. To wszystko podnosi koszt budowy zakładu znacznie.

Co do niebezpieczeństwa kawitacji zaznaczyć również trzeba, że laboratoryjne stwierdzenie na homogenicznym modelu danej turbiny, że ono nie zachodzi, nie jest zawsze niezawodnym, bo nie zawsze można model ten wypróbować przy pracy pod takim samym spadkiem, pod jakim turbina rzeczywista będzie pracowała, lecz pod spadkiem, jaki się ma do dyspozycji w laboratorium, który nieraz jest niższy od rzeczywistego maksymalnego spadku zakładu.

O ile zaś ustalenie charakterystyki turbiny co do mocy, ilości obrotów i sprawności przy różnych obciążeniach próbami na modelu jest całkowicie pewne, przy jakimkolwiek spadku model badano — dzięki obowiązującym prawom proporcjonalności i podobieństwa — to nie jest to możliwe, o ile idzie o charakterystykę danej turbiny co do kawitacji, gdyż tu żadne prawa proporcjonalności ani podobieństwa nie obowiązują.

Pozatem liczyć się trzeba jeszcze z istotnymi warunkami pracy w zakładzie, a mianowicie z tem, że przy dużych i nagłych zmianach obciążenia i przy automatycznym szybkim doregulowaniu wydatku powstają w turbinie mniejsze lub większe falowania ciśnienia, spowodowane inercją wody, zawartej w dość długich przewodach doprowadzających i w rurach ssących. Jeżeli zaś już przy normalnym stałym obciążeniu ciśnienie w turbinie jest bliskie tego, przy którym nastąpiła kawitacja — a wiele turbin Kaplana pracuje właśnie w takich warunkach, to te falowania doprowadzą do chwilowych stanów kawitacyjnych, przy których może nie zauważyć się jeszcze zzerania łopatek, a które z całą pewnością zniekształcą krzywą sprawności, obniżając ją okresowo znacznie, co oczywiście wpłynie ujemnie na ogólną ekonomię w zużyciu wody.

Szczególną uwagę trzeba zwrócić na możliwość kawitacji w takich zakładach, w których w pewnych okresach czasu zachodzą znaczne spiętrzenia lustra wody górnej, czyli znaczne powiększenia spadku. Jeżeli — a ze względu na generator będzie to regułą — turbina nie ma powiększyć swej mocy odpowiednio do podniesionego spadku, to łopatki koła kierowniczego będą tak mocno przyknięte, że mimo



Rys. 4.

Turbina śmigłowa, budowana przez firmę J. P. Morris z Philadelfji dla zakładu Wheeler Dam w stanie Tennessee. Spadek 14.6 m. Moc 45 000 KM. Ilość obrotów 85.7 $n_p = 664$.

Rysunek wzięty z artykułu inż. F. H. Rogers i R. E. B. Sharp, ogłoszonego w Mechanical Engineering z sierpnia r. 1935.

zredukowanego przepływu prędkość wody przy wejściu na wirnik będzie większa, niż przy normalnej pracy, a to dzięki powiększonej składowej wiru, wywołanej większym pochylem łopatek kierujących. To zaś może obniżyć ciśnienie na wejściu do wirnika do granicy kawitacji. O tym stanie rzeczy i konstruktorzy turbin często nie myślą, koncentrując całą swą uwagę na stan rzeczy przy wyjściu z wirnika.

Widzimy więc, że w praktyce przy rzeczywistej pracy turbin Kaplana zachodzić mogą różne okoliczności, dzięki którym choćby przejściowo zjawiska kawitacji są możliwe, co uczyni iluzorycznymi wszelkie oszczędności w zużyciu wody w porównaniu z turbinami Francisa, wyliczone na podstawie krzywej sprawności, co do której jako takiej zresztą nie można mieć żadnych zastrzeżeń. W zakładach, w których spadek dochodzi do jakichś 25 m lub je przewyższa, odnosić się trzeba z wielkim sceptycyzmem do takich obliczeń, nawet gdyby turbiny były ulokowane pod lustrem dolnej wody.

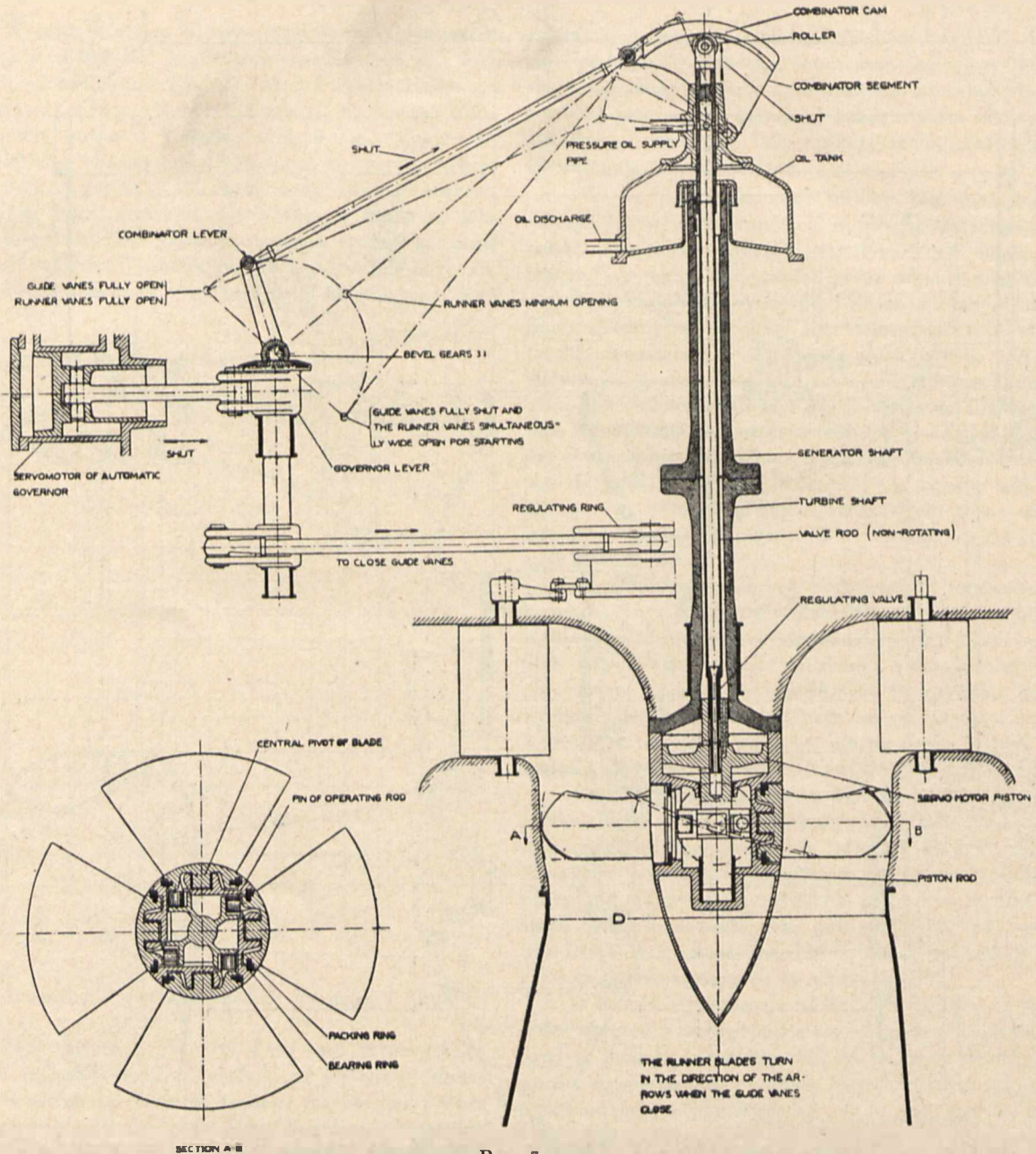
Powracając jeszcze do zalet turbin Kaplana, zwrócić uwagę trzeba na ich przeciążalność, która jest znacznie lepsza, niż u turbin Francisa lub śmigłowych. Ta zaleta ma

w wielu wypadkach większą jeszcze wartość praktyczną, niż lepsza sprawność przy częściowym obciążeniu.

Pozwala ona bowiem konstruktorowi przyjąć normalne obciążenie zakładu jako normalne także dla turbiny, czyli konstruować turbinę na najlepszą sprawność przy normalnym obciążeniu zakładu.

To nie byłoby możliwe przy szybkobieżnych turbinach Francisa lub przy turbinach śmigłowych, gdyby maksymalna ich moc miała być większa od 12% do 15% ponad mo normalną.

Pozatem pozwala ona w zakładach wielojednostkowych na instalowanie lub utrzymywanie w ruchu mniejszej ilości jednostek, niżby to było możliwe przy turbinach Francisa lub śmigłowych, kiedy normalnie zakład nie byłby obciążony całkowicie, a wahania obciążenia byłyby znaczne. To zaś miałyby dodatni wpływ na średnie zużycie wody, bo gdyby dla pokrywania chwilowych znaczniejszych wzrostów obciążenia trzeba było utrzymywać stale większą ilość jednostek w ruchu, to, dzieląc obciążenie regularne między uruchamiane jednostki, każda pracowałaby przy tem mniej-



Rys. 5.

Schemat regulacji turbiny Kaplana, wzięty z referatu inż. E. Englesona p. t. „Kaplan and Propeller Turbines compared” — Publikacja firmy Verkstaden, Kristinehamn, Szwecja.

szem obciążeniu, co — jak wynika z krzywej sprawności — daje turbinom Kaplana w porównaniu z turbinami Francisa i śmigłowcami stanowisko uprzywilejowane.

Powracając do krzywych sprawności turbiny Francisa F i Kaplana K na rys. 3, dodać należy, że turbiny te pracować mają przy spadku normalnym, wynoszącym 26,5 m, przyczem turbina Francisa ma ilość obrotów 166,7, a turbina Kaplana 214.

Uznając moc 18 000 jako moc pełną — obciążenie 100% — wyliczyć możemy, że przy tej mocy n_s wynosi 361 dla turbiny Francisa, a 478 dla turbiny Kaplana. Wyeliminujmy obciążenia mniejsze od 6 000 KM, czyli mniejsze od $1/3$ obciążenia pełnego.

Gdybyśmy teraz na podstawie tych krzywych twierdzili, że różnica w zużyciu wody na korzyść turbiny Kaplana przedstawiona jest różnicą pól A i B, lub też stosunek zużycia wody jest równy stosunkowi pól pod krzywymi F i K , czyli równy stosunkowi ilości średnich, to byłoby to słuszne jedynie tylko wtedy, gdyby obie turbiny pracowały przy różnych obciążeniach od 6 000 do 18 000 KM przez równą ilość godzin przy każdym obciążeniu. Znaczyłyby to na-

przykład, że obie turbiny pracują, powiedzmy, na każde 49 godzin po 7 godzin przy obciążeniu 6 000, 8 000, 10 000, 12 000, 14 000, 16 000 i 18 000 KM.

Łatwo jest wyliczyć z krzywych, że przy takiej pracy średnie zużycie wody wynosiłoby dla turbin Francisa 40,4 m³/sek, a dla turbiny Kaplana 37,7 m³/sek, a zatem, że turbina Francisa zużyłaby 8,2% więcej wody, niż turbina Kaplana przy tej samej użytecznej pracy.

Lecz w praktyce takie obciążenia zakładu chyba nigdy nie zachodzą, natomiast zawsze takie, że przy obciążeniach w okolicy optymalnych turbina pracuje przez znacznie większą ilość godzin, niż przy obciążeniach innych. Gdybyśmy dla przykładu przyjęli, że na 100 godzin pracować będą turbiny:

	przy obciążeniu średnim	6 000 KM	przez	5	godzin,
„	„	8 000	„	5	„
„	„	10 000	„	10	„
„	„	12 000	„	15	„
„	„	14 000	„	20	„
„	„	16 000	„	30	„
„	„	18 000	„	15	„

to również łatwo możemy wyliczyć, że średnie zużycie wody wynosiłoby przez te 100 godzin przy turbinie Francisa 44,4 m³/sek., a przy turbinie Kaplana 43,3 m³/sek. W tym wypadku więc, a jest to wypadek napewno więcej zbliżony do rzeczywistości od wypadku poprzedniego — turbina Francisa zużyłaby tylko 2½% więcej wody, niż turbina Kaplana. Już ten przykład dowodzi, jak łatwo ulec można „optycznemu”, że tak się wyrażę, złudzeniu, kiedy ekonomję względną obu typów turbin szacuje się z wyglądu krzywych sprawności obu turbin, tak widocznie wysuwających na pierwsze miejsce turbiny Kaplana.

Na rys. 6 przedstawione są krzywe pracy czterech turbin Francisa i Kaplana dotąd rozpatrywanych. Z wykresu widzimy, że zakład jako całość najlepiej będzie pracował, jeżeli przy turbinach Francisa uruchomione będą:

- aż do obciążenia 20 000 KM jedna turbina,
- przy obciążeniach od 20 000 do 38 000 dwie turbiny,
- przy obciążeniach od 38 000 do 55 300 trzy turbiny,
- a przy turbinach Kaplana:
- przy obciążeniach ponad 55 300 MK litery turbiny,
- aż do obciążenia 18 400 — jedna turbina,
- przy obciążeniach od 18 400 do 33 800 dwie turbiny,
- przy obciążeniach od 33 800 do 48 000 trzy turbiny.

przy obciążeniach ponad 48 000 cztery turbiny. Gdybyśmy znowu zrobili założenie, że zakład pracuje przy każdym obciążeniu od 6 000 KM do 72 000 KM przez równą ilość godzin, to stosunek średnich wydatków lub pól pod krzywymi wydatków *F* i *K* byłby stosunkiem ekonomji uzyskanej. Stosunek ten wynosiłby 123,5:122,5 = 1 008, czyli przy zainstalowaniu turbin Francisa zakład zużyłby tylko 0,8% więcej wody na tę samą wykonaną pracę użyteczną, niż przy instalowaniu turbin Kaplana.

Widzimy stąd, że im większą instalujemy ilość jednostek w danym zakładzie, tem więcej zanika różnica w zużyciu wody przez turbiny Francisa i Kaplana.

Lecz takie obciążenie zakładu, jakie założyliśmy, nigdy nie zachodzi w praktyce.

Gdybyśmy założyli tak samo, jak to uczyniliśmy przy jednej turbinie, że zakład będzie pracował na 100 godzin przy obciążeniu średnim 24 000 KM przez 5 godzin

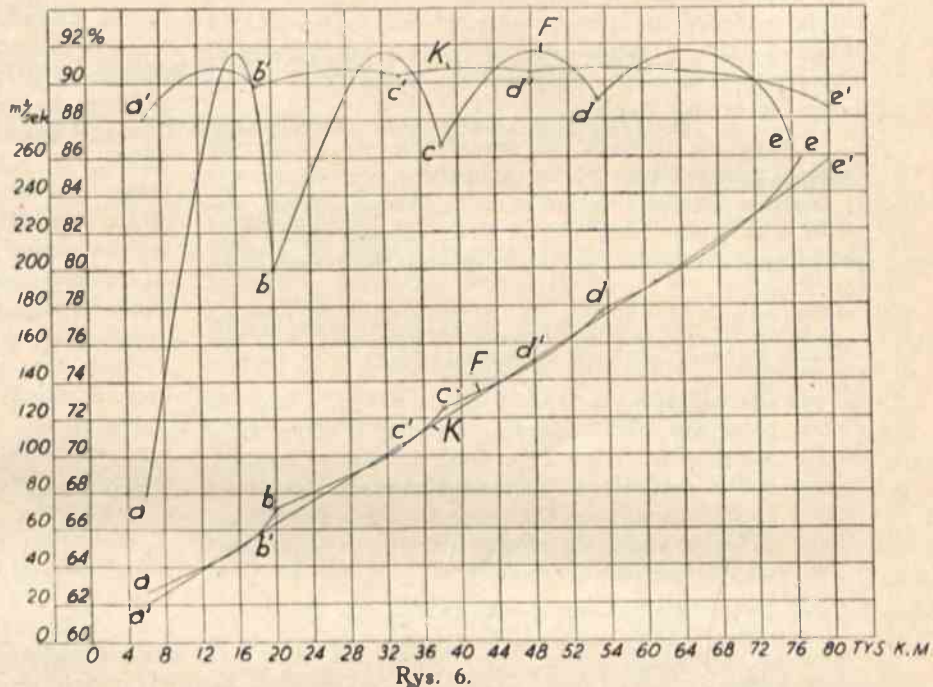
"	"	"	32 000	"	"	5	"
"	"	"	40 000	"	"	10	"
"	"	"	48 000	"	"	15	"
"	"	"	56 000	"	"	20	"
"	"	"	64 000	"	"	30	"
"	"	"	72 000	"	"	15	"

to wyliczylibyśmy, że średnie zużycie wody przez te 100 godzin wynosiłoby przy turbinach Francisa 173,55 m³/sek., a przy turbinach Kaplana 173,66 m³/sek.

A więc w tym wypadku jużby się obie turbiny całkowicie zrównały co do ekonomji w zużyciu wody. Dzieje się to dzięki temu, że przy wielojednostkowych zakładach lepsza optymalna sprawność turbin Francisa daje się więcej we znaki.

Założony przez nas rozkład obciążeń napewno jest więcej zbliżony do praktyki, niż poprzedni. Gdybyśmy nawet

założyli, że zakład będzie miał obciążenia jeszcze mniejsze — powiedzmy 8 000 KM przez 5 godzin i 16 000 KM także przez 5 godzin, a więc, że byłyby okresy, kiedy tylko jedna jednostka byłaby w ruchu — to zużycie wody wynosiłoby średnio przez okres 110 godzin przy turbinach Francisa 161,72 m³/sek., a przy turbinach Kaplana — 161,64 m³/sek.



Rys. 6. Krzywe sprawności i zużycia wody przez cztery turbiny Francisa i Kaplana, zainstalowane w jednym zakładzie.

Widzimy więc, że jużby to żadnej radykalnej zmiany w stosunku ekonomji obu systemów nie oznaczało. Można by tu słusznie zrobić zastrzeżenie, a mianowicie to, o czym już była mowa, że ilość jednostek, jaka w danych okresach utrzymywana musi być w ruchu, nie może być oparta na regularnych obciążeniach zachodzących w tych okresach, lecz, że zakład musi być przygotowany na chwilowe, czasem znaczne przeciążenia, które wymagać będą utrzymywania w ruchu większej ilości jednostek. W tym wypadku, dzieląc regularne obciążenie między większą ilość jednostek, sprawność turbin Francisa otrzymamy gorszą. Tak jest istotnie i uwzględniając to, rachunek otrzymamy na korzyść turbin Kaplana.

W celu oświetlenia tej sprawy przyjmijmy, że zakład musi być gotów na pokonanie obciążenia o 25% większego od obciążeń regularnych, zachodzących w danych okresach. Ustalmy ilość jednostek turbin Francisa, jaką w danych okresach musimy mieć w ruchu. Dla turbin Kaplana nie potrzebujemy w tym wypadku rachunku nowego przeprowadzić ze względu na prawie że prostoliniijną krzywą zużycia wody.

Zakład pracuje przy średnim obciążeniu	Musi być przygotowany na maksymalne obciążenie	przy ilości godzin	Ilość jednostek, która musi być utrzymana w ruchu
8 000	10 000	5	1
16 000	20 000	5	1
24 000	30 000	5	2
32 000	40 000	5	3
40 000	50 000	10	3
48 000	60 000	15	4
56 000	70 000	20	4
64 000	72 000	30	4
72 000	72 000	15	4

Widzimy, że w okresach, kiedy obciążenia średnie wynoszą 32 000 i 48 000 KM, dla których wystarczyłyby 2 względnie 3 jednostki, musielibyśmy utrzymywać w ruchu 3 względnie 4 jednostki.

Możemy z łatwością wyliczyć, że średnio turbiny Francisa zużyłyby 163.8 m³/sek. Zakładając, że turbiny Kaplana zużywać będą tę samą ilość wody, co poprzednio, t. j. 161.64 m³/sek. (w rzeczywistości i one nieco więcej zużywają) widzimy, że stosunek zużycia wody będzie 163.8 : 161.64 = 1.015. A zatem nawet w tym dla turbin Francisa niekorzystnym wypadku zużyłyby one tylko 1½% więcej wody, niż turbiny Kaplana.

Oczywiście stosunek ten przesunąłby się na korzyść turbin Kaplana więcej, gdyby momentalne przeciążenia były znacznie większe i zakład może w każdym okresie musiałby mieć uruchomioną większą ilość jednostek, niżby było potrzebnych dla regularnych średnich obciążeń danych okresów.

Na podstawie powyższych rozważań i porównanych obliczeń możnaby postawić następujące tezy:

- 1) Dla zakładów na spadki aż do 15 m, w których obciążenie będzie bardzo zmienne, a które mają otrzymać jedną lub dwie jednostki, turbinę Kaplana trzeba postawić na pierwszym miejscu. Jeżeli zakład ma mieć trzy lub więcej jednostek turbin Francisa, względnie śmigłowe mogą się okazać równie ekonomiczne i rentowne.
- 2) Przy zakładach na spadki (dochodzące do 25 m) niema już tej pewności, że turbiny Kaplana okażą się więcej ekonomiczne od turbin Francisa, a jeżeli zakład ma otrzymać trzy lub więcej jednostek, wskazane jest przeprowadzić bardzo szczegółowy rachunek, uwzględniając ewentualne straty na sprawności turbin dzięki możliwości kawitacji.
- 3) Przy zakładach na spadki, przewyższające 25 m, wskazana jest bardzo wielka ostrożność, a ewentualne wyliczenia poważnych oszczędności na zużyciu wody przy turbinach Kaplana brać z wielkim sceptycyzmem, szczególnie, jeśli idzie o zakłady wielojednostkowe, i być przygotowanym na to, że w praktyce rezultaty będą znacznie się różniły od rachunku, opartego na krzywej sprawności turbiny,

wyliczonej z modelu wirnika wzorcowego, wypróbowanego w laboratorium.

- 4) W celu uniknięcia nierównego traktowania turbin poszczególnych typów wskazane jest zażądać od fabrykanta krzywych, otrzymanych na modelu, i samemu przeliczyć je na wirnik o wymiarach prawdziwych, jak to się obecnie prawie wyłącznie czyni w Ameryce przy zamawianiu turbin dla wielkich zakładów.

Na zakończenie wypada rzucić na całą sprawę światło jeszcze ze specyficznego polskiego punktu widzenia. Jak wiadomo, budowa turbin Kaplana jest chroniona patentami, któremi dysponuje Konsorcjum niemiecko-szwajcarskie. Turbiny te dotąd nie są w Polsce budowane, a starania jednej z polskich firm, budujących turbiny wodne, o uzyskanie licencji na budowę turbin Kaplana w Polsce dotąd nie odniosły żadnego skutku. Znaczy to, że decydując się na instalowanie turbin Kaplana, decyduje się na budowanie ich zagranicą. Ponieważ zaś przy polskich warunkach hydrologicznych niemal dla wszystkich większych zakładów trzeba brać pod uwagę instalację turbin Kaplana, tem większa spoczywa na inżynierze polskim, decydującym o ostatecznym wyborze typu turbin, jakie mają być w danym zakładzie instalowane, *odpowiedzialność* za wybór *roztropny i właściwy* z szerszego punktu widzenia interesów państwa.

Wszelka pochopność w decyzji musi być potępiona, gdyż każde oddanie zamówienia na turbiny większe zagranicę hamuje rozwój budowy wielkich turbin w Polsce, a zatem szkodzi idei rozbudowy przemysłu rodzimego, tak słusznie i koniecznie przez wszystkich wyznawanej.

Niech zatem będzie wolno polskiemu konstruktorowi turbin wodnych dodać jeszcze jedną tezę:

- 5) W specyficznych polskich warunkach nie decydować się zbyt pochopnie na turbiny Kaplana, jeżeli się nie ma absolutnej pewności, że oszczędności w zużyciu wody, wyliczone na podstawie krzywych sprawności turbin i znanych obciążeń zakładu, będą w rzeczywistości osiągnięte i są dość wielkie, aby zrównoważyły szkodę, jaką przemysł rodzimy, a przez to gospodarka kraju poniesie skutkiem niebudowania danych turbin w Polsce.

SEKCJA PRZEMYSŁOWA

Statystyka porażen elektrycznych w Polsce za rok 1934 i ich analiza na tle naszych przepisów bezpieczeństwa.

Inż. Zdzisław Rychlik

Streszczenie. Znane wypadki porażen elektrycznych w Polsce za r. 1934 zestawiono w tabeli z uwzględnieniem miejsca, rodzaju urządzeń, wysokości napięcia, zawodu porażonych i przyczyn. W II części podano opisy wypadków lepiej znanych lub charakterystycznych.

I. CZĘŚĆ STATYSTYCZNA.

Opracowana niżej statystyka opiera się na podobnym materiale, co opracowana za rok 1933 (Por. Przegląd Elektrotechniczny Nr. 9/1934 str. 207—216). Głównym źródłem informacji była, jak poprzednio „Informacja Prasowa”, z której wycinków otrzymano wiadomość o 42 wypadkach elektrycznych; poza uwzględnionymi 42 wypadkami doniosła informacja prasowa jeszcze o kilku wypadkach, których nie można było uwzględnić z różnych powodów, np. wydarzyły się w innych latach, poza terenem Polski i t. p. Dalsze 3 wypadki pochodziły wyłącznie z danych przesłanych przez Inspektoraty Pracy (wszystkich doniesień przekazały Inspektoraty Pracy 5). 8 wypadków znanych było pozatem z innych źródeł. Statystyka obejmuje zatem ogółem 53 wypadki, dotyczące razem 64 osób, w tem 32 śmiertelnych. Kobiet porażonych było ogółem 7, w tem zabitych 3; reszta wypadków dotyczyła mężczyzn z wyjątkiem 2 dzieci płci niewiadomej.

Wedle podziału terytorjalnego Rzeczypospolitej wypadki te wydarzyły się, jak następuje:

Województwo	Liczba wypadków	Liczba osób porażonych	
		wogóle	śmiertelnie
miasto stoł. Warszawa	2	2	1
woj. warszawskie . . .	5	7	6
„ pomorskie . . .	5	5	4
„ poznańskie . . .	2	3	1
„ łódzkie . . .	4	4	—
„ kieleckie . . .	6	6	4
„ śląskie . . .	16	19	6
„ krakowskie . . .	5	9	4
„ lwowskie . . .	3	3	2
„ stanisławowskie . . .	2	2	1
„ wileńskie . . .	2	2	2
„ białostockie . . .	1	2	1
razem	53	64	32

Największą ilością wypadków odznaczają się przede wszystkim województwa przemysłowe, jako najsilniej zelektryfikowane, a więc: śląskie, kieleckie, krakowskie, warszawskie i pomorskie. Należy zauważyć, że w tych właśnie województwach, istnieje także dobrze rozwinięta prasa codzienna, co się bezwątpienia odbija na ilości znanych wypadków. Wypadki wymienione wyżej, jako znane

z innych źródeł, wydarzyły się wyłącznie na terenie województw śląskiego i krakowskiego; dlatego ilość znanych wypadków na terenie tych województw jest nieproporcjonalnie duża. Niewątpliwie i na terenie innych województw zdarza się corocznie wielka ilość wypadków, które wymykają się z pod statystyki, prowadzonej na podstawie informacji prasowych. Byłoby rzeczą pożądaną, aby i w innych województwach powstały ośrodki zbierające informacje o zaszytych wypadkach porażen. Ośrodkami takimi powinny być przedewszystkiem oddziały SEP; również elektrownie i inne instytucje zainteresowane oraz wszystkich kolegów elektryków proszę w imieniu SEP o nadsyłanie informacji o wypadkach pod adresem SEP w Warszawie, ul. Królewska 15.

Pod względem skutków, jakie pociągnęły za sobą wypadki porażen elektrycznych, można je podzielić na śmiertelne oraz ciężkie i lekkie. Jako lekkie określam takie, które spowodowały jedynie lekkie, przemijające poparzenia, czasem omdlenie lub przestrasz, nie pozostawiły zaś skutków trwałych. Następująca ilość osób odniosła skutki wypadku:

Napięcie	skutki			
	razem	lekkie	ciężkie	śmiert.
Ogółem	64	26	6	32
Przy wysok. nap.	26	12	5	9
Przy niskim nap.	28	8	1	19
Przy niez. nap.	20	6	—	4

Największa ilość wypadków śmiertelnych wydarzyła się zatem przy niskim napięciu, a mianowicie 19; przy samym tylko napięciu 220 V prądu zmiennego było 23 wypadki, w tem 15 śmiertelnych: 2 dalsze śmiertelne wypadki przy niskim napięciu wydarzyły się przy 220 V prądu stałego. Przy prądzie stałym były poza wspomnianymi jeszcze 2 wypadki przy niskim i 1 przy wysokim napięciu (wszystkie lekkie). Wysokie napięcie spowodowało dużo (5) ciężkich poparzeń i dużo (12) wypadków lekkich, mimo, że napięcia dochodziły do 20 000 V.

W kilku wypadkach podano, iż punkt zerowy sieci był uziemiony, jednak tylko w 2 wypadkach zmierzono wielkość oporu punktu zerowego (1,5 Ω w sieci 220 V). W obydwu wypadkach wynik był śmiertelny.

Należy wyróżnić jeszcze kilka wypadków, w których porażenie prądem elektrycznym było tylko początkiem i byłoby samo przez się bez znaczenia, gdyby nie dalsze skutki (złamanie, oparzenia i t. p.). Wypadków takich było przynajmniej 6, w tem 2 śmiertelne.

Wypadki zdarzyły się przy następujących urządzeniach elektrycznych:

Rodzaj urządzenia elektr.	wypadków	w tem osób	śmiertelnych
Przewody napow. wysok. napięcia	6	9	4
Przewody napow. niskiego napięcia	9	13	7
Przewody napow. o nieznanem nap.	6	8	4
Druty ślizgowe kolejek	1	1	—
Gołe przewody sygnałowe	1	1	1
Kable	1	2	—
Szyny zbiorcze	4	4	2
Bezpieczniki	1	2	—
Wyłączniki	3	3	1
Siłniki	1	1	—
Elektromagnes	1	1	—
Transformatory	4	4	3
Prostowniki tęciowe	1	1	—
Piece elektryczne	1	1	1
Lampy (żarówki)	2	2	1
Lampy ręczne i ruchome	6	6	6
Inne odbiorniki ruchome (odkurzacz, wiertarka)	2	2	1
Nieznane	3	3	1
Ogółem	53	64	32

Największa ilość wypadków wydarzyła się zatem przy przewodach napowietrznych, które spowodowały około 40% wszystkich wypadków; dotyczyły one prawie 50% osób porażonych względnie zabitych. Duży odsetek stanowią też wypadki przy lampach i innych przyrządach ruchomych, a szczególnie duża jest śmiertelność przy tych urządzeniach. Natomiast tak zdawałoby się pospolity i niezbyt bezpieczny przyrząd jak bezpiecznik był przyczyną tylko jednego zresztą blagiego wypadku. Anteny radiowe przedstawiają duże niebezpieczeństwo. Wypadków spowodowanych za pośrednictwem anten radiowych było w roku 1934 ogółem 4, osób porażonych 5, zabitych 4. Wszystkie te wypadki wymienione są wyżej pod pozycją przewodów napowietrznych niskiego napięcia. Wypadki te wydarzyły się bądźto w czasie zakładania, względnie zdejmowania anteny, bądź też przez dotknięcie zerwanej linki antenowej.

W następujących 2 tabelkach zestawiono osoby porażone pod względem wieku oraz zawodu:

Wiek osób porażonych	do 10 lat	od 11 do 20	od 21 do 30	od 31 do 40	od 41 do 50	po- wyżej 50	wiek nie- znany	ogółem
mężczyzn	1	6	18	11	3	2	15	58
kobiet	—	2	—	1	—	—	1	4
niewiadomo	—	—	—	—	—	—	2	2
razem	1	8	18	12	3	2	18	64
śmiertelnie								
mężczyzn	—	5	9	8	1	1	5	29
kobiet	—	1	—	1	—	—	1	3
razem	—	6	9	9	1	1	6	32

Ilość osób porażonych	fachowców			pracowników fizycznych				innych zawodów	razem			
	inż. elektr. wermistrzów itp.	elektromonterów	pom. elektromonterów, praktykantów maszynistów	robotników przemysłowych	robotników i pracowników rolnych	górników	rzemieślników					
ogółem	1	13	3	10	5	4	7	4	2	8	7	64
śmiertelnie	—	1	1	6	5	3	5	3	1	2	5	32

Pomiędzy inne zawody zaliczono 2 żołnierzy (1 śmiertelnie porażony), woźnego szkolnego z żoną (obydwoje

śmiert.), żebraka (śmiertelnie), zecera (śmiert.) i 1 nieznaną. W tabelce podziału na zawody, uderza duża ilość porażen i wysoki odsetek wypadków śmiertelnych wśród osób pracujących zawodowo, jak robotnicy, zwłaszcza robotnicy rolni, górnicy oraz rzemieślnicy.

Powyższe dwie tabelki podziału porażonych według wieku i zawodu rzucają ciekawe światło na charakter i niebezpieczeństwo porażen elektrycznych. Wyjaśniają one do pewnego stopnia, dlaczego wypadki porażenia prądem elektrycznym budzą taki przestach i wrażenie, większe, aniżeli by to wynikało ze statystycznych danych o ich ilości. Oto wypadki elektryczne dotyczą przeważnie ludzi w sile wieku i to w chwili najmniej spodziewanej, podczas lub w okresie najintensywniejszej pracy. Ponieważ uświadomienie o niebezpieczeństwie porażenia elektrycznego i o sposobach ratowania porażonych jest u nas we wszystkich warstwach jeszcze bardzo niewielkie (por. niżej opisy wypadków) wypadki, które mogły się skończyć uratowaniem porażonego kończą się często jego śmiercią. Natomiast w grupie fachowców (elektromonterów i t. p.), którzy są jednak zawodowo narażeni na wypadki porażen, ilość porażen nie jest wogóle zbyt duża, a wypadków śmiertelnych wprost znikoma. Niewątpliwie przyczynia się do tego lepsze uświadomienie tych osób o zachowaniu się wobec urządzeń elektrycznych. Rozpowszechnienie przepisów SEP wśród jaknajszerszych warstw ludności przyczyniłoby się wybitnie do zmniejszenia ilości wypadków, a zwłaszcza wypadków śmiertelnych.

Pod względem miejsca wypadku porażenia można je podzielić, jak następuje:

Miejsce wypadku	wypadków	osób porażonych	śmiertelnych
Pomieszczenie ruchu elektrycznego	9	10	3
Fabryka lub warsztat	6	7	2
Kopalnia na powierzchni	4	4	—
Kopalnia pod ziemią	6	6	4
Ulica lub plac	8	15	7
Pole orne	6	6	2
Las lub ogród	2	3	2
Podwórze	4	5	4
Mieszkanie lub biuro	1	1	1
Piwnica	2	2	2
Łazienka	1	1	1
Dach budynku lub budowa	2	2	2
Stodoła lub obora (śpichl.)	2	2	2

Podział wypadków według przyczyn nie może być nigdy zupełnie obiektywny, a to z następujących przyczyn. Przedewszystkiem, rzadko który wypadek jest tak wyjaśniony, że można zupełnie dokładnie określić jego przebieg i przyczynę. Następnie przyczyna bywa po największej części skomplikowana i na powstanie wypadku, jak również jego dalszy przebieg wpływają rozmaite okoliczności, które same dla siebie nie stanowią jeszcze przyczyny wypadku, ale bez których wypadek prawdopodobnie również nie doszedłby do skutku. Wreszcie zależnie od punktu widzenia można za przyczynę wypadku uważać albo przewinięcie uszkodzonego albo stan urządzeń elektrycznych. Najczęściej obie te przyczyny łączą się ze sobą w sposób trudny do rozróżnienia; zwłaszcza w razie śmierci porażonego lub przy notorycznie niejasnych zeznaniach świadków trudno jest ustalić przyczynę właściwą. Dlatego zestawilem przyczyny wypadków z różnego punktu widzenia, a mianowicie:

- 1) z punktu widzenia zachowania się porażonego,
- 2) z punktu widzenia zachowania przepisów SEP.

Z punktu widzenia zachowania się poszkodowanego spowodowała wypadek

nieostrożność własna u	11 osób,	w tem	4 śmierć
jawna lekkomyślność po- szkodowanego	8 "	"	5 "
omyłka	1 "	"	— "
nieprzestrzeżenie zarzą- dzeń	1 "	"	— "
niewłaściwe zarządzenia	3 "	"	2 "
brak porozumienia	3 "	"	— "
brak kwalifikacji	1 "	"	— "
zbieg okoliczności	1 "	"	— "
przypadek	9 "	"	4 "
zamach samobójczy	4 "	"	3 "
wadliwe urządzenia elek- tryczne	14 "	"	6 "
nieznane	8 "	"	5 "

Z punktu widzenia zachowania przepisów SEP.

nie były zachowane prze- pisy budowy w	16 przyp.,	w tem	10 śmierć.
nie były zachowane prze- pisy ruchu	19 "	"	5 "
zachodziła zupełna nie- świadomość przepisów	16 "	"	9 "
zachodziła siła wyższa lub przypadek	6 "	"	3 "
zachodził wypadek samo- bójstwa	4 "	"	3 "
nie wiadomo	5 "	"	2 "

W 51 zatem przypadkach na 61 (względnie 24 na 30 śmiertelnych) wypadku można było uniknąć prawdopodobnie przy zachowaniu przepisów budowy i ruchu względnie przy lepszym uświadomieniu jaknajszerszych warstw o elementarnych zasadach zachowania się wobec urządzeń elektrycznych, słupów linii elektrycznych, zerwanych przewodów i t. p., a tylko 6 wypadków stanowi takie, które są wynikiem przypadku lub nieszczęśliwego zbiegu okoliczności.

II. OPISY WYPADKÓW I ICH ANALIZA NA TLE PRZEPISÓW.

Z pośród 53 wypadków opisano poniżej i poddano analizie ok. 20 wypadków. Inne albo nie były dostatecznie dobrze znane, albo nie przedstawiały nic specjalnie ciekawego; z wypadków kopalnianych, opisywanych już w sprawozdaniu rocznym Stowarzyszenia Dózu Kottłów w Katowicach, powtórzono tylko 2 najciekawsze. Przy kilku podobnych wypadkach opisywano tylko jeden. Za podstawę przy analizie przyjmowano przede wszystkim polskie przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego (PNE—10/32), posilując się w razie potrzeby także innymi przepisami.

Dla łatwiejszej orientacji uporządkowano opisane wypadki w następujący sposób:

- Wypadki przy przewodach napowietrznych wysokiego napięcia.
- Wypadki przy przewodach napowietrznych niskiego napięcia.
- Wypadki przy antenach radiowych.
- Wypadki przy lampach ręcznych.
- Wypadki w kopalniach.
- Wypadki w rolnictwie.
- Wypadki w gospodarstwie domowym.
- Wypadki samobójcze.

A. Wypadki przy przewodach napowietrznych wysokiego napięcia.

1. Ciężkie poparzenie od prądu trójfazowego 20 kV.

Około godziny 13-ej zauważono uziemienie na linii 20 kV. Cewka Petersena zareagowała na całkowity prąd

zwarcia z ziemią (4,2 Amp.). Rewizja linii nie dała żadnych rezultatów. Dopiero w trzy dni później doniesiono do podstacji, iż na jednym ze słupów tej linii wydarzył się nieszczęśliwy wypadek. A mianowicie około godz. 12-ej wysłał nauczyciel 3 chłopców, w tem niejakiemu S. do zbierania kamieni dla celów naukowych. Chłopcy zabawiali się w ten sposób, że najstarszy z nich, 13-letni S., wylazł na słup żelazny kratowy linii 20 kV i dotknął przewodu, poczem spadł na ziemię. Chłopiec doznał następujących ciężkich poparzeń: 1) prawa ręka została tak silnie poparzona, że amputowano ją do połowy, 2) w lewej amputowano 2 palce, 3) silne poparzenie prawego podudzia, 4) okaleczenie głowy przy upadku. Chłopiec miał na nogach buciki skórzane, pogoda była sucha, temperatura 12°C. Badanie na słupie nie wykazało żadnych znaków, opór uziemienia słupa wynosił wraz z linką odgromową 5,9 ohmów, bez tej linki (uziemiacz powierzchniowy, teren piaszczysty) 15,3 omów. Przyczyną wypadku jest bezwątpienia nadmierna lekkomyślność chłopca. W stosunku do przepisów budowy i ruchu zachodziła zapewne zupełna nieświadomość, jakkolwiek elektrownie przy zakładaniu nowych linii napowietrznych zwracają się zawsze do szkół, leżących w ich rejonie z ostrzeżeniem i prośbą o pouczenie dzieci szkolnych o niebezpieczeństwach związanych z dotknięciem przewodów elektrycznych.

2. Śmierć i poparzenie od prądu trójfazowego 20 kV.

Z okazji święta narodowego ustawiono przed wejściem do fabryki transparent, który miał być zawieszony na żelaznych słupach, zakopanych w ziemi przed bramą fabryczną. Robotę wykonywali w godzinach wieczornych ochotnicy z pośród miejscowych obywateli, którzy zresztą wszyscy byli robotnikami wspomnianej fabryki. Przez teren fabryczny przebiegała linia 20 kV, należąca do innego właściciela (sama fabryka była tylko dzierżawcą terenu i budynków). Odległość pomiędzy linią słupów żelaznych do transparentu, a skrajnym przewodem 20 kV wynosiła około 2,5 m. Wysokość przewodów wysokiego napięcia ponad ziemią wynosiła 7,75 m, wysokość słupów do chorągwi 10,7 m. Podczas ustawiania dekoracji jeden ze słupów żelaznych pochylił się i dotknął końcem przewodów o wysokim napięciu. 3 osoby, biorąc udział w instalowaniu dekoracji, a mianowicie F., G. i M. pośpieszyły, aby słup wyprostować. Pierwszy, który dotknął słupa, padł rażony prądem, drugi, który dotknął ręki porażonego, został również zabity prądem elektrycznym, trzeci wreszcie, mimo, że omotał rękę marynarką został również ciężko poparzony i został odwieziony do szpitala. Do usunięcia słupa wezwano straż pożarną. Wypadek wywołał ze zrozumiałych względów przygnębiające wrażenie.

Bezpośrednią przyczyną wypadku był do pewnego stopnia przypadek, gdyż ustawianie 11 metrowych słupów żelaznych w bezpośredniej bliskości przewodów wysokiego napięcia dowodzi dużej dozy lekkomyślności i ryzyka ze strony kierownictwa robót dekoracyjnych. Ze strony poszkodowanych robotników obok pewnej nieostrożności zachodzi przede wszystkim nieświadomość niebezpieczeństwa; zresztą robotnik narażając codziennie swe życie w kopalniach, czy też innych zakładach przemysłowych, małe je ceni i naraża je niejednokrotnie, czy to w obronie życia swych kolegów, czy też dla spełnienia czynności nakazanych przez kierownictwo. Przykładem jest trzeci z porażonych, który widząc niebezpieczeństwo życia 2 z pośród współpracujących i wiedząc już, że przyczyną jest prąd elektryczny, nie waha się przyjść im z pomocą, chociaż z niedostatecznymi środkami zabezpieczającymi.

Przepisy budowy i ruchu nie były spełnione, gdyż w tak bliskim sąsiedztwie przewodów wysokiego napięcia nie wolno ustawiać wysokich słupów żelaznych. Jeśli więc słupy żelazne musiały być ustawione w odległości mniejszej od linii 20 kV, aniżeli ich wysokość, to należało na czas robót albo wyłączyć prąd z przewodów 20 kV, albo przynajmniej zabezpieczyć słupy od przewrócenia, a w każdym razie zawiadomić elektrownię o zamierzonej czynności. Również po nieszczęśliwym wypadku należało przedewszystkiem zawiadomić elektrownię o konieczności usunięcia słupa z przewodów wysokiego napięcia, a nie straż pożarną, która nie jest powołana do tego rodzaju czynności i mogłaby przy usuwaniu słupa być również narażona na wypadek. (Por. PNE-10 § 64). Na szczęście w okręgach przemysłowych istnieje zawsze współpraca pomiędzy strażą pożarną, a elektrownią i straż pożarna nie przystępuje nigdy do pracy przy urządzeniach elektrycznych bez powiadomienia elektrowni o potrzebie wyłączenia lub konieczności innych prac przy liniach elektrycznych.

3. Śmierć i poparzenie od prądu trójfazowego 5 000 V.

W linii 5 000 V nastąpiło zerwanie jednego przewodu. Linia przechodziła wzdłuż drogi publicznej i w krytycznym prześle krzyżowała wjazd do przydrożnego domu. W prześle tem były przewody zabezpieczone w ten sposób, że główny przewód miedziany podtrzymywany był przez pomocniczy przewód żelazny, przywiązany na tych samych izolatorach. Obydwa przewody wykonane były jako druty i połączone ze sobą zapomocą klamerek. Przytem przewód główny (10 mm² Cu) znajdował się wyżej, nie wiadomo zatem, który z przewodów był dźwigającym. Linia zbudowana była poza tem wogóle niezgodnie z przepisami technicznymi na linie napowietrzne, szereg słupów drewnianych było bardzo zniszczonych, a zerwania przewodów zdarzały się już niejednokrotnie. W omawianym wypadku zerwał się w nocy drut zabezpieczający, prawdopodobnie wskutek niedostatecznej wytrzymałości i leżał na ziemi. Około godziny 8-ej dotknął się drutu przechodzień z sąsiedniej gminy i został lekko kontuzjowany, około zaś godz. 12-ej inny przechodzień został zabity. Dopiero wtedy przewód zabezpieczono i zawiadomiono elektrownię i odnośne władze. Ile osób zostało w międzyczasie lekko porażonych, niewiadomo.

Przyczyną wypadku jest zły stan instalacji elektrycznej, która, jak wynika z poprzedniego opisu nie była zgodna z przepisami na linie napowietrzne. Dziwić się należy jedynie, że wypadki śmiertelne przy tej linii nie zdarzały się dotąd częściej. W szczególności podwieszenie przewodów nie jest przez przepisy przewidziane, a ten sposób podwieszania, jaki został zastosowany obciążał dodatkowo przewody główne właśnie w prześle krzyżowania. Również przewód zabezpieczający nie był dostatecznie mocny, a przewody żelazne, jako druty, nie są wogóle w liniach napowietrznych dozwolone. Brak było również tabliczek ostrzegawczych. O złym stanie linii świadczy również fakt, iż pełne zwarcie z ziemią, nie zostało przez tak długi okres czasu na krótkiej linii wogóle zauważone.

4. Potłuczenie przy pracy w linii 3 000 V.

Wypadek miał miejsce na sieci 3 000 V, której przewody zostały zerwane przez wrócenie się sąsiednich konstrukcji podczas huraganu. Do naprawy sieci zostało wysłane natychmiast pogotowie z doświadczonym i wprawnym monterem na czele i przy naciąganiu przewodów monter, będąc na słupie poczwórnym, zabezpieczony pasem ochronnym, przechylił się wstecz, aby złapać przewód żabką, celem naciągnięcia tegoż. Ponieważ naprawa sieci odbywała

się podczas silnego wiatru, który parł na ciało montera odpychając go od słupa, sznur pasa ochronnego, którym monter był przywiązany do żelaznej konstrukcji, zerwał się, a monter straciwszy równowagę spadł na ziemię z wysokości około 9 mtr., przyczem zerwał rzemienie słupofazów. Monter doznał tylko ogólnego potłuczenia i przebywał około tygodnia w szpitalu. Wypadek powyższy nie jest zatem ściśle biorąc natury elektrycznej, ale jest związany z urządzeniami elektrycznymi. Przyczyną wypadku była siła wyższa. Próbowaniu wytrzymałości pasów ochronnych i słupofazów, winno się poświęcać w elektrowniach specjalną uwagę. (Por. PNE—10 § 64 p. 8).

B. Wypadki przy przewodach napowietrznych niskiego napięcia.

5. Lekkie poparzenie od prądu trójfazowego 380/220 V.

Chłopiec C., lat 14, wspinał się na wiśnię i wszedł na sam wierzchołek drzewa. Nad drzewem przebiegała sieć lokalna 380/220 V. C. za namową kolegi próbował, czy prąd w drutach mocno szarpie. W tym celu chwycił 2 przewody sieci lokalnej, wskutek czego spadł z drzewa z wysokości około 6 — 7 m. Obrażeń wielkich nie doznał, gdyż spadł po gałęziach drzewa na trawnik. Na obu dłoniach doznał poparzenia, przyczem na lewej więcej, na prawej bardzo mało.

Przyczyną opisywanego wypadku jest przedewszystkiem lekkomyślność poszkodowanego. Ale również przepisy budowy nie były zachowane, gdyż przepisy PNE—10 § 25 p. 21 wymagają, aby odległość przewodów pod niskim napięciem do miejsc dla ludzi dostępnych była większa od 2,5 m. (Por. również „Przepisy techniczne na napowietrzne linie elektryczne prądu silnego”).

6. Śmierć i poparzenie od prądu trójfazowego 3 x 220 V.

W czasie burzy zerwany został 1 przewód sieci napowietrznej 220 V oświetlenia publicznego o przekroju 6 mm². Równoległe z tą siecią biegła na tych samych słupach drewnianych sieć konsumpcyjna 3 x 220 V. Sieć oświetlenia publicznego załączana była dopiero wieczorem przez automaty zegarowe, w chwili wypadku zatem sieć była wyłączona; zerwany przewód dotykał przewodu sieci konsumpcyjnej, znalazł się więc pod napięciem. Wypadek miał miejsce w lecie około godz. 16-tej podczas ulewnego deszczu, przy którym całą szerokością ulicy płynęła woda głębokości 15—20 cm. Niejaka p. M. dotknęła zerwanego przewodu, ponosząc śmierć na miejscu. Mąż oraz dwoje dzieci chcąc matkę ratować, również doznali lekkiego poparzenia. Od śmierci uratował ich podobno przypadkowo tam znajdujący się dozorca robót publicznych, który usunął drągiem przewód.

Przyczyną wypadku, był przypadek. Ze strony 4-ga porażonych zachodziła nieświadomość niebezpieczeństwa.

7. Śmierć od prądu zmiennego 220 V.

Malarz D. zajęty był malowaniem słupów drewnianych linii napowietrznej 220 V, przyczem stał na drabinie; w pewnej chwili stracił równowagę i chwycił jedną ręką za przewód zerowy, a drugą za przewód fazowy, wskutek czego doznał porażenia i zawisł w powietrzu. Wypadek ten zauważono i wyłączono prąd, przyczem nieszczęśliwy spadł na ziemię z wysokości ok. 5 m. D. stracił przytomność i został odwieziony do szpitala, gdzie umarł po upływie 6 dni nie na skutek porażenia, lecz na skutek obrażeń odniesionych przy upadku. Malarzowi towarzyszył przy pracy młodszy elektromonter, obaj byli przed przystąpieniem do pracy dokładnie pouczeni i ostrzeżeni, widocznie jednak nie zwrócili dostatecznej uwagi na PNE—10 § 58 p. 5, który

głosi, iż przy robotach pod napięciem lub w pobliżu napięcia pracujący musi mieć dobre miejsce do stania.

Przyczyną wypadku jest więc przede wszystkim brak dostatecznie pewnego miejsca do stania. Również przy ratowaniu porażonego nie zwrócono uwagi na zabezpieczenie go przed upadkiem przy wyłączaniu prądu. (Por. „Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym PNE—9). Podobno usiłowano ratować ofiarę przez zakopanie go w ziemię, co być może zaszkodziło nieszczęśliwemu przez uduszenie go lub zakażenie ran. Przesąd ten należy tępić i zwalczać

C. Wypadki przy antenach radiowych.

8. Śmierć od prądu stałego 220 V.

Wypadek nastąpił przez nastąpienie żony woźnego na zerwaną antenę radiową w podwórzu przy sprzątanii. Porażona krzyknęła o pomoc. Mąż porażonej chcąc ją ratować dotknął również linki antenowej i poniósł śmierć na miejscu. Obydwoje zostali porażeni za pośrednictwem zerwanej anteny od przewodów napowietrznych prądu stałego o napięciu 220 V.

Bliższe szczegóły o konstrukcji anteny i jej umieszczeniu nie są niestety znane, dlatego nie można dokładnie określić przyczyny. Ze strony zmarłych małżonków zachodziła prawdopodobnie nieświadomość niebezpieczeństwa, często spotykana przy wypadkach od instalacji radiowych.

Przepisy budowy anten nie były w każdym razie zachowane, gdyż w myśl przepisów PNE—25/32 § 3-a należało ją umieścić na dachu w ten sposób, aby zerwana antena nie mogła zetknąć się z przewodami prądu silnego.

9. Śmierć od prądu trójfazowego 380/220 V.

Mieszkaniec miasta O. zakładał na dachu antenę. Umocowawszy jeden koniec anteny, zeszedł i wziął drugi koniec anteny w usta. Przy jakimś ruchu antena zetknęła się z przewodami niskiego napięcia 380/220 V, umocowanymi na izolatorach na ścianie domu i O. został śmiertelnie porażony.

Przyczyną wypadku była nieuwaga p. O. przy zakładaniu anteny oraz niezachowanie przepisów budowy anten odbiorczych (PNE—25). Przewodów prądu silnego nie wolno bowiem wogóle krzyżować z anteną, a jeśliby zachodziła konieczna potrzeba krzyżowania, to te przewody niskiego napięcia winny być dobrze izolowane (PNE—25 § 8). Poza to było lekkomyślnością ze strony p. O. brać antenę w usta.

10. Poparzenie od prądu zmiennego 220 V.

Służąca M., przechodząc przez podwórze chwyciła ręką za zwisającą linkę anteny radiowej i doznała poparzenia jednej ręki. Linka antenowa rozpięta była z domu przedniego do oficyny ponad podwórzem. Ponad tem samym podwórzem rozpięte były przewody prądu silnego 220 V dla oświetlenia oficyny, wykonane jako „Hackethal w gumie”. Przewody te krzyżowały się z anteną i po zerwaniu anteny linka antenowa oparła się na tych przewodach.

Z nazwy „Hackethal w gumie” nie można dokładnie określić, jakiego rodzaju przewód był zastosowany, gdyż nazwa ta nie jest wymieniona w PNE—5. Nazwy „Hackethal” używa się do określania przewodu, oznaczonego w PNE—5 przez DPa lub LPa, przewód ten jednak nie posiada wcale gumy i przewodu tego nie wolno krzyżować zapomocą anteny. Prawdopodobnie więc był to przewód oznaczony przez DGa lub LGa, który na izolacji gumowej

posiada owinięcie, analogiczne do odzieży hackethalowskiej, odporne na wpływy atmosferyczne. W takim wypadku krzyżowanie z linką antenową było dozwolone (PNE—25 § 18). Przewód ten był jednak prawdopodobnie zwietrzały lub o uszkodzonej izolacji i dzięki temu M. otrzymała lekkie porażenie.

D. Wypadki przy lampach ręcznych.

11. Śmierć od prądu trójfazowego 380/220 V.

Porażony M. trzymał ręczną lampę w bardzo tanie wykonaniu, stojąc w piwnicy w mokrych butach na betonowej posadzce i prawdopodobnie z powodu błędu w izolacji lampy lub przewodów otrzymał napięcie 220 V. Instalacja była wykonana w sposób następujący. W domku parterowym, wysoko podpiwniczonym, z kontaktu w kuchni wyprowadzono przez okno nieumiejtnie łączoną plecionkę, przyczem łączenia były w kilku miejscach nieizolowane. Plecionkę tą prowadzono częściowo po zewnętrznej stronie muru, a następnie znowu przez okienko wprowadzono do piwnicy, gdzie się instalacja rozdzielała na kilka ubikacji. W jednej z nich zdarzył się wypadek.

Niestety sprawozdawca nie podaje opisu samej lampy ręcznej, ale jeśli stan lampy odpowiadał w przybliżeniu temu, co wiadomo o samej instalacji, to przyczyna wypadku jest jasna. Jest nią fatalny i niezgodny z przepisami stan instalacji. Być może, że instalacja ta już długo przedtem ostrzegała o niebezpieczeństwie elektryzując mieszkańców, a wypadek poraził dopiero M. ze względu na wspomniane wyżej mokre buty i inne niekorzystne okoliczności.

Wypadków podobnych lub nawet identycznych z opisanym było w roku 1934 więcej.

12. Śmierć od prądu trójfazowego 220 V.

Porażonym był piekarz Rz. Oświetlał on przy pracy wewnątrz pieca piekarskiego zapomocą lampy elektrycznej na sznurze. Przewód ten miał przetartą izolację i Rz. otrzymawszy uderzenie prądowe zginął na miejscu. Z tej krótkiej notatki dziennikarskiej, nie można wywnioskować, jakiej konstrukcji była lampa do oświetlania wnętrza pieca. Warto zaznaczyć, że do oświetlania pieców piekarskich winny być stosowane specjalne lampy, które wraz z podstawką wsuwa się w odpowiedni otwór pieca piekarskiego. Materiały izolacyjne użyte do lampy, jak również przewody muszą być odporne na gorąco. Poza to przewody te są narażone na przetarcie i złamanie, muszą więc być przymocowane osobno do podstawki. Lampy piekarskie nie są wymienione specjalnie w PNE—10, wymienione wyżej szczegóły wynikają jednak z treści § 31 (lampy przenośne).

Przyczyną wypadku była uszkodzona izolacja przewodów.

13. Śmierć od prądu trójfazowego 380/220 V.

Pomocnik betoniarzki W., lat 21, zatrudniony był przy robotach kanalizacyjnych, które ze względu na pośpiech wykonywano także w nocy. Do oświetlenia zastosowany był prąd trójfazowy 380/220 V z uziemionym punktem zerowym. W. przenosił przewody lampy ruchomej nie wyłączając prądu. Podczas tego nagle podskoczył i wpadł do 8 m głębokiego dołu, przyczem doznał licznych kontuzji. Po 12 godzinach zmarł wskutek naruszenia kości podstawy czaszki. Jaka była istotna przyczyna wypadku dokładnie nie ustalono, wszystko przemawia jednak za tem, że W. został szarpnięty prądem elektrycznym, wskutek czego stracił równowagę i skoczył wpadając do sąsiedniego wykopu. Wykop był odległy w chwili wypadku ok. 0,8 m i był do-

brze oświetlony, nie można zatem przypuszczać nieostrożnego stąpienia. W. spadając nie wypuścił przewodów z ręki, co również wskazuje na porażenie prądem elektrycznym, wskutek czego W. doznał skurczu ręki.

Jakie były zastosowane armatury i przewody, dokładnie nie wiadomo, w każdym razie jednak stwierdzono poszarpanie zewnętrznej powłoki przewodników. Należy przypuszczać, że były to zwykłe przewody PG, na których zawieszono były lampy w zwykłych oprawkach. W takim przypadku jednak nie były spełnione przepisy budowy PNE-10 § 31 i 40, względnie PNE-17 § 8. Przy robotach wykopowych należało bowiem zastosować przepisy odnoszące się do kopalń, a przynajmniej do pomieszczeń wilgotnych. Należało zatem do lamp ruchomych zastosować conajmniej przewody o oponie O lub SF (por. PNE-5). Również lampy powinny posiadać korpus z materiału izolacyjnego i być zaopatrzone w siatkę i klosz ochronny. Specjalną uwagę należało poświęcić ochronie przewodów od uszkodzenia w miejscu wprowadzenia przewodów do lampy. Wyszczególnione wyżej przepisy nie były prawdopodobnie spełnione. Również przepisy ruchu były przekroczone; przenoszenie lamp winno się bowiem odbywać przy wyłączonym napięciu, gdyż warunki ruchu nie były takie, aby nie pozwalały na chwilowe odłączenie instalacji od napięcia.

E. Wypadki w kopalniach.

Wszystkie znane wypadki porażen w kopalniach były już opisywane w sprawozdaniach rocznych Stowarzyszenia Dozoru Kotłów Parowych w Katowicach za rok 1933 i 1934. Wszystkie te wypadki były szczegółowo badane przez inżynierów wymienionej instytucji i dają bogaty materiał dla komisji przepisowych. Z pośród tych wypadków powtarzam tylko 2, a mianowicie opis śmiertelnego wypadku przy bardzo niskim napięciu i lekkiego przy wysokim napięciu.

14. Śmierć od prądu zmiennego 38 V (138 V).

Rębacz H. wracał z kolegami po pracy pod szyb. Po drodze musieli się przecisnąć przez wąskie przejście między wózkami z węglem, a drewnianą obudową chodnika, przyczem musieli się jeszcze nad wózkami pochylić z powodu małej wysokości chodników. W przejściu stała woda, a rębacze byli zmęczeni po przepracowanej dniu. Wzdłuż chodnika założone były na belkach stropowych na gałkach izolacyjnych gołe druty sygnałowe o napięciu nominalnym 8 V, służące do dawania sygnałów dla stojącego tuż obok kołowrotka powietrznego. Napięcia 8 V dostarczał transformator dzwonkowy 110/8,5/3 V, umieszczony przy kołowrotku. Przewody, zasilające ten transformator i lampę oświetlającą kołowrotek, założone były również w stropu chodnika i biegły równoległe do wspomnianych gołych przewodów w pewnej od nich odległości. Robotnik H. zginając się miał niewiele ponad karkiem przewody sygnałowe. Przechodząc dotknął tych przewodów karkiem, zacharczał i zatrzymał się; dopiero, kiedy kolega jego podniósł palcami drut z nad karku, upadł twarzą na wózek z węglem. Próby ratowania nie odniosły skutku. Badanie lekarskie wykazało na karku, na plecach, ramieniu i na piersiach istnienie kilku wyraźnych śladów, pochodzących od oparzenia prądem elektrycznym.

Badanie na miejscu wykazało, że w gołych drutach sygnałowych istniało napięcie ok. 38 V przy otwartym obwodzie sygnałowym, które przy obciążeniu lampką i syreną sygnałową spadało do 13,6 V. W przewodach zasilających istniało normalnie napięcie 120 V, w czasie przerwy zaś dochodziło do 138 V. Przewody te były izolowane gumą (PG)

i założone na gałkach izolacyjnych, izolacja ich była jednak w wielu miejscach uszkodzona. Również przyłączenie transformatora dzwonkowego nie było prawidłowe; a mianowicie od drutów 110 V odgałęzione były 2 przewody, których konce były odizolowane i które wisiały swobodnie, o ile kołowrót był nieczynny. W razie potrzeby wtykano te konce drutów do gniazdka wtyczkowego zmontowanego na desce wraz z bezpiecznikami i transformatorem sygnałowym oraz lampką na 14 V i syreną. Instalacja była zatem niezgodna z przepisami, przede wszystkim co do prowadzenia przewodów izolowanych, które należało na wysokości mniejszej od 1,80 m zabezpieczyć od przypadkowego dotknięcia lub uszkodzenia (por. PNE-17 § 6 p. 12). Liczne miejsca z uszkodzoną izolacją umożliwiały dotyk z napięciem 138 V bezpośrednio, względnie za pośrednictwem innych przewodów, np. gołych przewodów sygnałowych, które się z temi przewodami krzyżowały. O sposobie łączenia przenośnego transformatora sygnałowego mówi PNE-17 § 7 p. 5, a mianowicie: „konec kabla ruchomego zasilającego ma posiadać gniazdko wtyczkowe, przyrząd zaś wtyczkę”. A więc wtyczka powinna się być znajdować przy transformatorze, do przyłączenia zaś należało użyć kabla gumowego oponowego (O wg PNE-5).

Sam transformator sygnałowy również nie odpowiadał przepisom. Wchodzi tu w rachubę PNE38/33. Izolacja uzwojeń była uszkodzona po stronie pierwotnej i wtórnej, bezpośredniego połączenia wprawdzie nie było, ale mogło w każdej chwili powstać, gdyż blachy rdzenia nie były sprasowane. Poza to przepisy PNE-38 wymagają, aby napięcie wtórne w biegu luzem nie przekraczało podwójnego napięcia wtórnego w biegu obciążonym, co nie było spełnionem, gdyż transformator dawał w biegu luzem 38 V po stronie wtórnej.

Rębacz H. mógł więc otrzymać z drutów sygnałowych napięcie 38 V. O ile te druty posiadały jeszcze jakieś połączenie z przewodami 110 V, co było możliwe zarówno na linii, jak i przy transformatorze, to mógł otrzymać również napięcie do 138 V. Takie napięcie mogło być przyczyną śmiertelnego porażenia. Ale również przy napięciu ok. 40 V notowano przed kilku laty analogiczny wypadek również przy przewodach sygnałowych i na tej podstawie wprowadzone zostały do PNE—17 obostrzenia przy zakładaniu gołych przewodów sygnałowych. Przepisy te zakazują przy stosowaniu napięcia wyższego od 40 V zakładania gołych przewodów na wysokości mniejszej od 1,8 m ponad spągami. Dopiero przy napięciu 25 V lub mniej wolno je prowadzić na dowolnej wysokości (PNE-17 § 10 p. 6). I ten przepis zatem nie był spełniony.

15. Porażony prądem trójfazowym 6 000 V.

Elektromonter P. zatrudniony był w rozdzielni 6 000 V czyszczeniem szyn zbiorczych i odłączników wraz z pomocnikami D. W tym celu zostały wszystkie pola, tak zasilające jak i odchodzące, przełączone na dolny system szyn zbiorczych, a P. i D. czyścili najpierw górny system szyn zbiorczych i górny szereg odłączników. Do pracy tej używali schodów drewnianych, które zasłaniały dolny system szyn zbiorczych. Każde pole rozdzielni zaopatrzone było w drzwi z siatki drucianej, sięgającej aż do odłączników górnego systemu szyn zbiorczych. Drzwi te musiały być do czyszczenia otwarte. Zarówno szyny zbiorcze, jak i odłączniki poprzedzielane były betonowymi ściankami na odrębne przedziały. W pewnej chwili, gdy P. znajdował się w sąsiedniej ubikacji, a D. sam zajęty był czyszczeniem, powstał z hukiem nagły łuk na szynach zbiorczych i światło zgasło. P. pośpieszył do rozdzielni, gdzie znalazł D. leżącego na wznak w przejściu obok schodków. Schodki były

odsunięte, D. dotykał podobno prawą nogą dolnego systemu szyn zbiorczych, a ciało jego było wstrząsane. Wyłączono natychmiast wszystkie wyłączniki, poczem odciągnięto D. Przyszedł on wkrótce do siebie, przebiegu wypadku jednak nie pamiętał. Po 5-tygodniowym pobycie opuścił szpital wyleczony z oparzeń na dłoni, ramieniu i szyji. Na szynach zbiorczych znaleziono na 2 fazach ślady zwarcia w odległości ok. 3 m od miejsca wypadku.

Przypuszczalny przebieg wypadku był następujący. D. stojąc na schodkach stracił równowagę i upadł. Padając zetknął się prawem przedramieniem z drzwiami drucianymi, a prawą stopą z szynami zbiorczymi. Na szynach zbiorczych powstał łuk, który przeniósł się dalej, przyczem wszystkie wyłączniki na dopływach w rozdzielni i centrali wyłączyły. Temu faktowi zawdzięcza D. prawdopodobnie ocalenie, a więc w chwili gdy P. wbiegł do rozdzielni, już napięcia na szynach nie było. Kształt blizn na szyji i ręce D. wskazuje, iż D. leżąc stykał się z trawersem żelaznym wpuszczonym do betonu.

Wypadek nosi charakter ruchowy. P. i D. pracując postępowali zgodnie z przepisami. Sama rozdzielnia była również w porządku. Można uczynić jedynie następujące uwagi: przy robotach pod napięciem lub w pobliżu wysokiego napięcia, jak to miało miejsce w danym przypadku, winien pracujący mieć dobre miejsce do stania (PNE—10 § 58 p. 5). Wspomniane schodki drewniane były wprawdzie mocne i szerokie, ale były prawdopodobnie źle ustawione. Wymienione przepisy wymagają również, aby części pozostające pod napięciem, a sąsiadujące z temi urządzeniami, na których prace są wykonywane, były osłonięte przed przypadkowym dotknięciem, gdyż uwaga pracującego zwrócona jest wtedy na co innego. W omawianym przypadku można było zatem zasłonić pole, w którym się pracuje, zapomocą osłony z desek, zasłaniającej ten system szyn zbiorczych wraz z odłącznikami, który znajduje się pod napięciem.

F. Wypadki w rolnictwie.

16. Śmierć od prądu trójfazowego 220 V.

Robotnik folwarczny Sz. chciał zgasić światło w oborze, nie mógł jednak tego zrobić zapomocą wyłącznika z powodu zepsucia. Wziął więc nożyce (czy też obcęgi) i usiłował przeciąć przewody powyżej wyłącznika. Gdy przeciął izolację przewodów, porażony został śmiertelnie prądem elektrycznym. Zarząd majątku sprowadził natychmiast pogotowie ratunkowe, lekarz stwierdził już jednak śmierć.

Przyczyną wypadku jest karygodna lekkomyślność poszkodowanego, który chciał użyć do wyłączenia prądu elektrycznego nożyc. Być może także, że nie wiedział o groźnym niebezpieczeństwie. Cały wypadek zdradza bowiem wielką niezajomość zarówno przepisów, jak i najprostszych wiadomości o używaniu instalacji elektrycznych, jak wreszcie zasad ratowania porażonych. Należy jeszcze nadmienić, że obwód oświetlenia był prawdopodobnie odłączalny poza oborą, gdyż w myśl PNE—10 § 40 p. 6 wszystkie obwody, prowadzące do pomieszczeń wilgotnych (obora) muszą być na wszystkich biegunach wyłączalne. Sz. nie potrzebował zatem przecinać przewodu, lecz wystarczyło wykręcić bezpiecznik. Dzienniki doniosły pozatem, że koledzy zabitego chcieli go ratować przez zakopanie w ziemię i to w parę godzin po śmierci.

Z punktu widzenia przepisów należy zaznaczyć, że przewody izolowane zakładane na rolkach okapowych są dopuszczalne w oborze, o ile przewodom nie zagrażają mechaniczne uszkodzenia. Zachodzi zatem pytanie, czy z

umyślnem uszkodzeniem zapomocą nożyc winien się instalator liczyć przy zakładaniu? Odpowiedź jest oczywista, a jednak przy dwóch dozwolonych lub zaleconych systemach należy w rolnictwie zawsze wybrać system bezpieczniejszy, licząc się właśnie z zupełną ignorancją ludzi, którzy będą się z temi instalacjami stykali.

17. Śmierć od prądu trójfazowego 15 000 V.

Wypadek ten nie jest całkowicie wyjaśniony i brak wielu ważnych szczegółów, aby się zupełnie zorientować co do przebiegu i przyczyn porażenia. Opisuje go jednak dlatego, że spowodu braku fachowców na miejscu wypadki w rolnictwie nie są nigdy całkowicie wyjaśnione, a wypadek ten jest typowy dla wielu wypadków w majątkach. W r. 1934 notowano 2 identyczne wypadki, które różnią się jedynie nazwą majątku i nazwiskiem porażonego. Według najprawdopodobniejszej wersji, przebieg wypadku był następujący. Kowal W. otworzył sobie zapomocą podrobionego klucza drzwi do pomieszczenia transformatora (a może nawet jako kowal uważany za półfachowca miał wstęp dozwolony?) i zaczął tam coś manipulować. Prawdopodobnie dotknął przytem drutem przewodów 15 kV i padł trupem na miejscu.

Przyczyną wypadku są niedozwolone manipulacje i lekkomyślność poszkodowanego. Być może, że pewną rolę odegrała również nieświadomość niebezpieczeństwa. Według pewnej wersji spaliły się podobno bezpieczniki w transformatorze i nie jest wykluczone, że W. wszedł do pomieszczenia transformatora w celu wymiany bezpieczników (po stronie 15 kV!). Być może, że kierowała nim ciekawość. W każdym razie płynie z tych wypadków nauka, że urządzenia elektryczne w rolnictwie należy zamykać równie dobrze i pewnie, jak to się robi np. w miastach oraz, że wstęp do pomieszczeń zamkniętych ruchu elektrycznego może być dozwolony jedynie osobom wykwalifikowanym.

G. Wypadki w gospodarstwie domowym.

18. Poparzenie od prądu zmiennego.

Elektrotechnik N. uległ lekkiemu poparzeniu prądem elektrycznym przy czyszczeniu odkurzacza elektrycznego o napięciu ... V. Odkurzacz przestał działać i N. szukając przyczyny dotknął miejsca przerwanego przewodu i sparzył sobie lewą rękę.

Wypadek powyższy jest drobny, jest jednak charakterystyczny dla wielu laików, a nawet fachowców, którzy przy uszkodzeniach przyrządów elektrycznych usiłują naprawić uszkodzony przyrząd nie wyłączając go z pod napięcia wbrew przepisom PNE—29 § 4-b, który to wyraźnie nakazuje.

19. Śmierć od prądu trójfazowego 220 V.

Porażeniu uległ urzędnik G., lat 34, w mieszkaniu własnym w czasie naprawiania przenośnej lampy biurkowej. G. chciał wykręcić trzonek od uszkodzonej żarówki i w tym celu posługiwał się sztylblem, jaki noszą oficerowie marynarki. Ponieważ trzonek trzymał się mocno, wykręcił więc, względnie wyłamał pierścień porcelanowy z oprawki i zaczął sobie pomagać sztylblem. Cały czas była lampa pod napięciem. Prawdopodobnie wskutek usunięcia pierścienka porcelanowego trzonek zgął się i zetknął z gwintem oprawki, dzięki czemu G. trzymając w lewej ręce oprawkę dotknął jednego bieguna prądu (przewodu fazowego). Dotknięcia tego nie odczuł, gdyż siedząc lub stojąc w mieszkaniu na suchej podłodze był dobrze izolowany. W prawej ręce trzymał porażony sztylblek. Koniec sztylbletu zanieczyszczony był masą wypełniającą trzonek żarówki.

Widocznie więc G. grzebał w trzonku i przy tej manipulacji dotknął spodka żarówki, czyli drugiego bieguna prądu (przewodu zerowego). Otrzymał wtedy uderzenie prądowe od ręki lewej do prawej, od którego się przewrócił trzymając w dalszym ciągu oprawkę w lewej ręce. Przewracając się dotknął szyletem kaloryfera, a więc znowu dobrej ziemi i nie mógł już wtedy wypuścić ani oprawki ani szyletu. W tej pozycji przeleżał kilkanaście godzin.

Wypadek opisany zrobił w mieście i okolicy wielkie wrażenie i dzienniki przesadzały się w szumnych opisach tragicznej śmierci urzędnika we własnym mieszkaniu.

Przyczyną wypadku jest wprost karygodna lekko-myślność pana G., który chociaż prawdopodobnie człowiek inteligentny (były oficer marynarki) grzebał otwartym szyletem w lampie pod napięciem. Gdyby chciał śmierci szukać, toby zapewne też inaczej nie postępował! Niestety zdaje się znajomość najelementarniejszych zasad zachowania się wobec urządzeń elektrycznych nie jest rozpowszechniona, także wśród inteligencji miejskiej (por. wyp. 17). Wspomniane już poprzednio wskazówki obchodzenia się z domowymi urządzeniami elektrycznymi PNE—29 nie są jeszcze poza szczupłym gronem fachowców wcale znane, winy więc być jaknajrychlej i jaknajszerzej spopularyzowane, wówczas uniknie się wielu wypadków podobnych do ostatnio opisanych.

H. Wypadki samobójstwa.

20. Ciężkie poparzenie od prądu trójfazowego 20 kV.

Urządzenia elektryczne, zwłaszcza zaś sieci napowietrzne wysokiego napięcia nadają się zdaniem samobójców doskonale do ich zamiarów. Każdego roku można zanotować po kilka samobójstw, w których jako środek odebrania sobie życia, wybiera samobójca prąd elektryczny. Także i w r. 1934 zanotowano 3 wypadki. W jednym z nich 2 młodych ludzi naraz pozbawiło się życia. Robią to oni zwykle w ten sposób: w lewej ręce trzymają jeden koniec drutu, a do drugiego uwiązują kamień i przerzucają przez przewody wysokiego napięcia. Zamachy te jednakże nie zawsze odnoszą zamierzony skutek. Podobnie jak w r. 1933, tak i w r. 1934 zdarzyło się, że samobójca nie został przez prąd elektryczny zabity, ale tak ciężko poparzony, że stał się niedołącznym kaleką.

W opisanym wypadku samobójcą był 28 letni bezrobotny pracownik rolny P., który użył drutu żelaznego o średnicy 1 mm i zarzucił go na przewód napowietrzny o napięciu 20 kV. P. padł nieprzytomny na ziemię i doznał zwęglenia lewej ręki do łokcia, częściowego zwęglenia lewego ucha, straty słuchu na to ucho, ciężkiego poparzenia lewej strony głowy, poparzenia ciężkiego obu podudzi i lekkiego obu stóp. W szpitalu amputowano mu lewą rękę do łokcia, a grozi mu utrata całego ramienia, a po kilkomięsięcznym pobycie w szpitalu trwałe kalectwo. P. nie pamięta dalszego przebiegu od chwili zarzucenia drutu, istnieje jednak szereg innych danych, które pozwalają odtworzyć przebieg wypadku w następujący sposób.

O godz. 15-ej zareagował w podstacji linii 20 kV przełącznik jednej fazy, wskazując uziemienie i łącząc cewkę dławikową Petersona. Uziemienie było przerywane, natężenie prądu dochodziło do 4,4 amp. Zarządzono oględziny sieci, które wykryły lekkie uszkodzenie 2 izolatorów przepustowych. Przez noc od godz. 22-ej do 4-ej rano przełącznik nie reagował. Z powodu zmroku odłożono dalsze oględziny sieci i wymianę uszkodzonych izolatorów do godz. 11-ej dnia następnego, gdyż wcześniej nie można było wyłączyć odbiorców. Po wymianie izolatorów i ponownym załączeniu uziemienie w sieci znowu wystąpiło. Dopiero wtedy znaleziono na miejscu samobójstwa drut, który zwiślał z przewodu ponad ziemią i pod wpływem wiatru kołysał się dotykając koniczyny. Koniczyna w kręgu ok. 3 m była wypalona do wysokości ok. 7 cm. od ziemi, t. j. do wysokości drutu. Widocznie drut kołysząc się dotykał poszczególnych ździebełek koniczyny, tworząc obserwowane przerywane uziemnie. W nocy, kiedy wiatru nie było, nie było i zwarć z ziemią. Obok kręgu wypalonego było drugie miejsce wygniecionie w koniczynie, gdzie prawdopodobnie tarzał się P. Po zamachu P. musiał dłuższy czas przeleżeć na miejscu nieprzytomny i nie wiadomo, jak długo trzymał drut w ręku. Prawdopodobnie wypuścił go po spaleniu ręki, kiedy ciało jego zważyło się na ziemię. Niezauważony przeleżał do drugiego dnia i dopiero wtedy ocknął się na tyle, że wstał i dowlókł się do rowu przydrożnego, gdzie go znaleźli przechodnie ok. godz. 15 następnego dnia.

Statystyka porażen elektrycznych w Polsce za rok 1935 i ich analiza na tle naszych przepisów bezpieczeństwa.

Inż. Zdzisław Rychlik

Streszczenie. Znane wypadki porażen elektrycznych w Polsce w r. 1935 zestawiono w tabeli z uwzględnieniem miejsca, rodzaju urządzeń, wysokości napięcia, zawodu porażonych i przyczyn. W II części podano opisy wypadków lepiej znanych lub charakterystycznych.

I. CZĘŚĆ STATYSTYCZNA.

Opracowana poniżej statystyka porażen elektrycznych w Polsce opiera się na tych samych źródłach, co opracowane poprzednio za lata 1933 i 1934. Jest to przedewszystkiem Informacja Prasowa, która w przesłanych stukilkudziesięciu wycinkach z prasy krajowej dostarczyła wiadomości o 39 wypadkach, wykorzystanych następnie w statystyce. Dalszych 10 wycinków dotyczyło wypadków, nienadających się do użytku z różnych względów (zagranicą Rzeczypospolitej,

w latach ubiegłych, nie były po bliższym zbadaniu wypadkami elektrycznymi i t. p.). Inspektoraty Pracy podały S.E.P. dane o 5 wypadkach, pozostałe informacje pochodzą z własnych źródeł. Statystyka obejmuje razem 48 wypadków, dotyczących 53 osób, w tem 29 śmiertelnie porażonych. Kobiet porażonych było 6, w tem 3 śmiertelnie.

Według podziału terytorjalnego Rzeczypospolitej wypadki te wydarzyły się jak następuje: (patrz tablicę niżej)

Zaznacza się w tem zestawieniu wybitna przewaga województwa śląskiego zarówno pod względem ilości wypadków, jak i osób śmiertelnie porażonych. Ponieważ wszystkie prawie wypadki, znane z własnych źródeł (ok. 7), pochodziły właśnie z województwa śląskiego, wydaje się, że przewaga tego województwa pochodzi raczej z pełniejszego uchwycenia ilości porażen na tym terenie, a zarazem, że opracowana statystyka nie jest bynajmniej pełnym wyrazem

Województwo	liczba wypadków	Liczba osób porażonych	
		wogóle	śmiertelnie
miasto stoł. Warszawa	6	6	2
wojew. warszawskie	2	3	1
„ pomorskie	4	6	3
„ poznańskie	5	5	2
„ łódzkie	3	3	3
„ kieleckie	4	4	3
„ śląskie	10	10	5
„ krakowskie	4	4	3
„ lwowskie	3	3	2
„ stanisławow.	3	3	2
„ tarnopolskie	1	1	1
„ wołyńskie	2	3	1
„ wileńskie	1	2	1
razem	48	53	29

wszystkich wypadków porażen na terenie Rzeczypospolitej. W tem też świetle nie można na podstawie zmniejszenia ilości porażen w pewnym roku wnioskować o zmniejszeniu ilości porażen wogóle. Liczby wypadków za ostatnie 3 lata przedstawiają się następująco:

R o k	liczba wypadków	w tem osób	śmiertelnych
1933	57	66	32
1934	53	64	32
1935	48	53	29

Pod względem skutków, jakie pociągnęły za sobą wypadki porażen elektrycznych, można je podzielić na śmiertelne oraz ciężkie i lekkie. Jako lekkie określam takie, które spowodowały jedynie lekkie, przemijające oparzenie, czasem omdlenie lub tylko przestrasz i przeważnie nie pozostawiły skutków trwałych. Podział wypadków podług skutków przedstawia się następująco (skutki jednego wypadku nie są znane):

Napięcie	s k u t k i			
	razem	lekkie	ciężkie	śmiertelne
wysokie	9	2	2	5
niskie	33	16	—	17
nieznane	11	3	—	7
ogółem	53	21	2	29

Jako granicę niskiego i wysokiego napięcia przyjmuje tutaj zgodnie z PNE-10 napięcie 250 V względem ziemi.

Przy niskim napięciu wydarzyło się zatem powyżej 75% znanych wypadków ogółem, a również ok. 75% wypadków śmiertelnych. Wypadki ciężkie (ciężkie poparzenia i t. p.) wydarzyły się tylko przy wysokim napięciu.

Śmiertelność przy wysokim napięciu wynosiła nieco powyżej 50%, podobnie było przy niskim napięciu. Z 11 wypadków o nieznanem napięciu było ok. 70% śmiertelnych. Wśród niskiego napięcia należy odróżnić:

	osób porażonych	w tem śmiertelnie
przy napięciu 380/220 V	16	10
„ „ 220 V pr. trójfaz i zmien.	10	3
„ „ 120 V pr. zmien.	3	1
„ „ 220—250 V pr. stałego	3	3
„ „ bliżej nieznanem	1	—

Przy napięciu 380/220 V punkt zerowy był przeważnie uziemiony, ale tylko w 2 wypadkach podano opór uziemienia tego punktu, a mianowicie 42 Ω (wypadek lekki) i 10 Ω (wypadek śmiertelny).

Najwyższe napięcie, przy którym zanotowano wypadek, było 30 kV (razem 2, w tem jeden bez wyniku śmiertelnego).

Wypadki zdarzyły się przy następujących urządzeniach elektrycznych:

Rodzaj urządzenia elektr.	wy-pad-ków	w tem osób	śmier-telnie
przewody napowietrzne wysokiego napięcia	2	2	1
przewody napowietrzne niskiego napięcia	15	20	7
przewody napowietrzne o nieznanem napięciu	5	5	3
gołe druty ślizgowe	3	3	3
przewody izolowane w budynkach	2	2	2
kable	1	1	—
szyny zbiorcze w podstacjach	4	4	2
łączniki	1	1	—
silniki	2	2	1
elektromagnes	1	1	1
transformator	1	1	1
grzejnik	1	1	1
zórów elektryczny	1	1	—
lampy ręczne i ruchome	3	3	3
nieznane	6	6	4
razem	48	53	29

50% wszystkich znanych wypadków wydarzyło się przy przewodach napowietrznych. Osób porażonych było przy przewodach napowietrznych do 60%, porażen śmiertelnych ok. 40%. Przewody napowietrzne (przewodnictwem niskiego napięcia) stanowią zatem stale przyczynę połowy wszystkich porażen elektrycznych.

Wypadki przy przewodach napowietrznych wydarzyły się z następujących przyczyn:

przy robotach montażowych i innych na drabinach w pobliżu gołych przewodów napowietrznych,

- z powodu lekkomyślnego wylazenia na słupy,
- z powodu dotknięcia zerwanego przewodu,
- z powodu wadliwej instalacji (za nisko i t. p.),
- z powodu zamiarów samobójczych oraz przypadkiem przez antenę radiową.

Wypadków z antenami zanotowano 3, w tem 5 osób porażonych, przyczem 1 śmiertelnie. Większa ilość wypadków wydarzyła się także na szynach zbiorczych, przy lampach ruchomych oraz gołych drutach ślizgowych kolejek. Wypadki przy drutach ślizgowych kolejek oraz przy lampach ruchomych odznaczają się bardzo wysoką śmiertelnością (100%) ze względu na niekorzystne warunki lokalne, przy których się wydarzyły (kopalnie pod ziemią, kotłownie i t. p.).

Pod względem miejsca wypadku można porażenia podzielić, jak następuje:

Miejsce wypadku	wy-pad-ków	osób po-rażonych	śmier-telnie
pomieszczenie ruchu elektr.	5	5	2
fabryka lub warsztat	8	8	4
kopalnia na powierzchni	2	2	2
„ pod ziemią	2	2	2
warsztat rękodzielniczy	2	2	2
budowa lub dach budynku	5	5	2
suteryny	1	1	1
łazienka	1	1	1
podwórze	4	4	4
ulica lub plac	11	14	5
pole orne	3	3	2
stodoła	1	1	1
rzeźnia	1	3	—
nieznane	2	2	1
razem	48	53	29

W następujących 2 tabelkach zestawiono osoby porażone pod względem wieku oraz zawodu.

Wiek osób porażonych		do 10 lat	10—20	20—30	30—40	40—50	pow. 50 lat	nieznany	razem
ogółem	mężczyźni	2	9	14	3	—	2	17	47
	kobiety	1	—	2	1	—	1	1	6
	razem	3	9	16	4	—	2	18	53
śmiertelnie	mężczyźni	—	7	10	2	—	1	6	26
	kobiety	—	—	2	—	—	1	—	3
	razem	—	7	12	2	—	2	6	29

Ilość osób porażonych	fachowców		pracowników fizycznych										razem	
	inż. elektryków	elektromonterów	robotników							inteligentów	służby	dzieci		innych zawodów i nieznanymi
			pom. elektromonterów praktykantów, maszynistów	przemysłowych	bedowlanych	rolnych	górników	rzemieślników						
ogółem	—	7	5	6	3	6	1	7	1	3	8	6	53	
śmiertelnie	—	3	3	4	1	5	1	2	1	3	4	2	29	

Pomiędzy inne zawody zaliczono 2 bezrobotnych (1 śmiertelny), 2 mechaników i 1 osobę im towarzyszącą przy zakładaniu anteny oraz 1 osobę nieznanego zawodu (śmiert.). Największa ilość wypadków przypada na dzieci i młodzież (do lat 16), również odsetek wypadków śmiertelnych wśród tej grupy jest duży. Duża ilość wypadków zachodziła również wśród elektromonterów, pomocników elektromonterów, robotników przemysłowych i rolnych oraz rzemieślników; ilość wypadków śmiertelnych była wśród wymienionych największa wśród robotników rolnych, następnie robotników przemysłowych, a potem dopiero wśród elektromonterów i ich pomocników. Duża śmiertelność zachodziła wśród służby (na 3 wypadki wszystkie śmiertelne), przyczem wypadki były charakteru przypadkowego.

Podział wypadków według przyczyn nie może być nigdy zupełnie obiektywny, a to z następujących przyczyn. Przedewszystkiem rzadko który wypadek jest tak wyjaśniony, że można zupełnie ściśle określić jego przebieg i przyczynę; następnie przyczyna bywa po największej części skomplikowana, a na powstanie wypadku, jak również jego dalszy przebieg wpływają rozmaite okoliczności, które same dla siebie nie stanowią jeszcze przyczyny wypadku, ale bez których wypadek prawdopodobnie również nie doszedłby do skutku; wreszcie zależnie od punktu widzenia można za przyczynę wypadku uważać albo przewinienie poszkodowanego, albo stan urządzeń elektrycznych, albo też zbieg okoliczności. Najczęściej różne przyczyny łączą się ze sobą w sposób trudny do rozróżnienia. Zwłaszcza w razie śmierci porażonego lub przy notorycznie niejasnych lub nawet wykrętnych zeznaniach świadków trudno jest ustalić przyczynę właściwą. Gdy zaś opierać się trzeba jedynie na kwiecistych opisach dziennikarskich, zadanie jest bodajże najtrudniejsze.

Przyczyny wypadków zestawilem przedewszystkiem z dwóch punktów widzenia, a mianowicie:

- z punktu widzenia zachowania się porażonego,
- z punktu widzenia przestrzegania przepisów SEP.

Z punktu widzenia zachowania się poszkodowanego spowodowała wypadek

własna nieostrożność u	9 osób, w tem 6 śmiert.
jawna lekkomyślność poszkodowanego	3 „ „ 1 „
zamach samobójczy	1 „ „ 1 „

przypadek	4 osób, w tem 2 śmiert.
brak dozoru	1 „ „ — „
praca pod napięciem lub w pobliżu napięcia	3 „ „ 1 „
źle ustawiona drabina	2 „ „ 1 „
obce przewinienie lub nieostrożność	6 „ „ 1 „
nieznane lub niewyjaśnione	11 „ „ 8 „
wadliwe urządzenia elektryczne	14 „ „ 8 „

Z punktu widzenia zachowania przepisów bardzo niewielka jest liczba takich wypadków, które są następstwem siły wyższej lub przypadku, przeważają natomiast wypadki, spowodowane bądź to niespełnieniem przepisów budowy, albo lekceważeniem przepisów ruchu. Czasem zachodzi także nieświadomość przepisów oraz niebezpieczeństwa. Rozpatrując wypadki z tego punktu widzenia, uważam, że:

nie były zachowane przepisy budowy w 15 przypadkach, w tem 7 śmiertelnych,

nie były zachowane przepisy ruchu w 17 przypadkach, w tem 9 śmiertelnych,

zachodziła nieświadomość przepisów i niebezpieczeństwa w 6 przypadkach, w tem 4 śmiertelnych,

zachodziła siła wyższa lub wypadek w 6 przypadkach, w tem 3 śmiertelnych,

zachodził wypadek samobójstwa w 1 przypadku (śmiertelny),

zachodził wypadek usiłowanej kradzieży w 1 przypadku (śmiertelny).

niewiadomo w 9 przypadkach, w tem 6 śmiertelnych.

II. OPISY WYPADKÓW I ICH ANALIZA NA TLE PRZEPISÓW.

Poniżej opisano i poddano szczegółowej analizie kilkanaście wypadków, objętych statystyką za rok 1935, przy czem wybrałem te wypadki, których przebieg był dokładnie zbadany, albo też które są specjalnie typowe lub charakterystyczne. Przeważną ilość lepiej zbadanych wypadków zawdzięcam elektrowniom, którym pozwalam sobie na tem miejscu podziękować za trud, włożony w te pozornie nierentowne badania.

Dla łatwiejszej orjentacji uporządkowano opisywane wypadki w sposób następujący:

- Wypadki przy napowietrznych przewodach wysokiego napięcia (wyp. 1).
- Wypadki przy przewodach napowietrznych niskiego napięcia (wyp. 2, 3 i 4).
- Wypadki przy antenach radiowych (wyp. 5).
- Wypadki przy lampach ręcznych i ruchomych (wyp. 6 i 7).
- Wypadki w elektrowniach i podstacjach (wyp. 8, 9 i 10).
- Wypadki w zakładach przemysłowych (wyp. 11, 12 i 13).
- Wypadki w kopalniach (wyp. 14).
- Wypadki w rolnictwie (wyp. 15, 16 i 17).
- Różne inne wypadki (wyp. 18, 19, 20 i 21).

A. Wypadki przy przewodach napowietrznych wysokiego napięcia.

1. Porażenie od prądu trójfazowego 30 kV.

Na linii 30 kV zostało ok. godz. 8.22 sygnalizowane uziemienie, które jednak natychmiast znikło i wskaźniki stanu izolacji wskazywały w elektrowni normalną izolację do ziemi. W niedługi czas potem otrzymano jednak z posterunku policji państwowej wiadomość telefoniczną, że na słupie żelaznym kratowym został porażony chłopiec, który wylazł na słup i że nieprzytomny, ale dający znaki życia zawisł na

konstrukcji żelaznej słupa, wobec czego posterunek prosi o wyłączenie prądu.

Po wyłączeniu prądu porażony chłopiec, Jaś B., został zdjęty ze słupa i po opatunkach, zrobionych przez miejscowego lekarza, przeniesiony do domu. Chłopiec doznał powierzchnowych oparzeń skóry na głowie i rękach, a poza tym żadnych poważniejszych objawów nie stwierdzono. Podobno już w kilka dni po wypadku Jaś biegał razem z innymi dziećmi i grał nawet w piłkę nożną. W 2 tygodnie po wypadku jednak nagle zachorował i przewieziony do szpitala zmarł według opinii lekarzy na skutek tężca. Należy jednak zauważyć, że w wypadkach porażen elektrycznych, przy których prąd elektryczny przeszedł przez głowę lub szyję porażonego, zachodzą niejednokrotnie niezwykle komplikacje, objawiające się dopiero w jakiś czas po wypadku.

Również w innym wypadku, badanym w r. 1935 (samobójczym), który się wydarzył także przy przewodach napowietrznych 30 kV, śmierć porażonego nie nastąpiła natychmiast, ale dopiero po 12 godzinach w szpitalu jako skutek poparzeń, odniesionych przy wypadku.

Przebieg wypadku Jasia B. był następujący. 2 chłopców, pasących bydło na łące pośród większej gromady dzieci, założyło się, który pierwszy wspina się na żelazny słup kratowy linii 30 kV. 12-letni Jaś B., który pierwszy wspiął się na słup według zeznań naocznych świadków, dotknął głową nakrytą czapką przewodu i został porażony prądem, nie spadł jednak, ale zawisł na ukośniku, łączącym narożniki słupa. Z ukośnika tego został zdjęty ok. 1/2 godziny po wypadku. Natężenie prądu, które przeszło przez ciało Jasia, było dosyć znaczne, ale działało przez czas bardzo krótki, pozostawiając jako skutek oparzenie i chwilowe omdlenie. Słup, na który Jaś się wspinał, zaopatrzony był w tabliczkę ostrzegawczą i w kolce zewnętrzne, jak zresztą wszystkie słupy tej linii. Porażony, jak również i inni chłopcy, wiedzieli o tym, że na słupy nie wolno się wspinać i że to grozi niebezpieczeństwem, gdyż mówili o tym zarówno nauczyciel w szkole, jak i ksiądz podczas kazania. Przyczyną wypadku była więc lekkomyślność porażonego.

B. Wypadki przy przewodach napowietrznych niskiego napięcia.

2. Oparzenie palców od prądu trójfazowego 380/220 V.

Wypadek dotyczył pomocnika elektromontera C. C. Nie był wprawdzie elektromonterem, wykonywał jednak od kilku lat samodzielnie prace na sieci. W danym dniu przyłączał odbiorcę do sieci na słupie linii trójfazowej i czynił to pod napięciem. Po przyłączeniu 2 przewodów dotknęła nieco zadługa trzecia końcówka przewodów innej fazy i C. doznał przez to poparzenia prądem i łukiem elektrycznym palców obydwu rąk.

Zdaniem elektrowni przepisy SEP były zachowane, a przyczyną wypadku był pośpiech i niedostrzeżenie zbyt długiego końca 3-ciej fazy do zarobienia. Należy przypomnieć, że w każdym razie praca pod napięciem dozwolona jest w myśl przepisów tylko wtedy, gdy ze względu na warunki ruchu nie jest możliwe odłączenie tych części, przy których praca ma być wykonana (PNE-10 § 58, 2). Jeśli taki przypadek miał miejsce, to zachodzi wątpliwość, czy niekwalifikowany pomocnik elektromontera był osobą odpowiedzialną i dostatecznie obznajmioną z niebezpieczeństwem, jak tego wymagają przepisy PNE-10 § 58 p. 4. Faktem jest przecież, że ilość wypadków porażen elektrycznych, jak i wypadków śmiertelnych nie jest wśród elektromonterów największa, chociaż z pewnością nikt się nie styka tak często i tak blisko z urządzeniami elektrycznymi, jak właśnie elektromonterzy.

3. Śmierć od przewodów izolowanych 380/220 V.

Zabitym był 13-letni uczeń J. S., który przechodząc dotknął przewodu, znajdującego się pod napięciem 220 V do ziemi. Przewód znajdował się na terenie cyrku i był przez niedbalstwo monterów zawieszony za nisko. Przewód ten miał uszkodzoną izolację.

Przyczyną wypadku była wadliwa instalacja elektryczna. Należy pamiętać o tym, że izolowane przewody napowietrzne nie przedstawiają po pewnym czasie dostatecznej pewności i że muszą być zakładane również na przepisanej wysokości; zwłaszcza zaś przewody należące do cyrku i wobec tego często zwijane i rozwijane, musiały mieć dużo miejsc z uszkodzoną izolacją. (Por. „Przepisy techniczne na skrzyżowania i zbliżenia linii elektrycznych prądu silnego z liniami elektrycznymi, drogami komunikacyjnymi, osiedlami i lotniskami” oraz PNE-10 § 25).

4. Śmierć od prądu trójfazowego 220 V.

Porażenie nastąpiło przez dotknięcie oburącz przewodu albo przewodów (nie ustalono) napowietrznej linii 3X220 V przebiegającej w sąsiedztwie balustrady dźwigu towarowego. Dźwig stał na sortowni kopalni węgla, a wymieniona balustrada znajdowała się na wysokości 12 m nad ziemią na konstrukcji żelaznej. Przewody napowietrzne nie należały do dźwigu, który był zasilany oddzielnym kablem, ale były jedynie wsparte na izolatorach umocowanych na konstrukcji żelaznej dźwigu i przebiegały w odległości ok. 700 mm od balustrady. Porażony robotnik K., lat 21, musiał więc dobrze wychylić się poza oparcie galerii, obsługującej dźwig, aby chwycić za przewody 220 V. W jakim celu to uczynił, nie wiadomo, gdyż nie miał nic do roboty przy dźwigu, ani wogóle żadnej przyczyny do wychylania się tak daleko. Przy dotknięciu otrzymał albo napięcie 220 V przez obie ręce, albo 127 V przez ręce i brzuch do konstrukcji żelaznej balustrady. Napięcie 220 V pochodziło z transformatora trójfazowego z uziemionym punktem zerowym; opór uziemienia wynosił ok. 10 omów. Prądu, jaki przeszedł przez ciało porażonego, wogóle nie zauważono i ciało jego wisiało przez dłuższy czas na balustradzie.

Przepisy S.E.P. były naogół zachowane, przyczyną wypadku jest niezrozumiałe wychylanie się robotnika przez balustradę.

C. Wypadki przy antenach radiowych.

5. Poparzenie od prądu trójfazowego 380/220 V.

Wypadek wydarzył się podczas zdejmowania anteny dachowej przez jej właściciela. Przyglądały się temu dzieci sąsiada lat 5 i 3. W pewnej chwili zrzucona z dachu antena radiowa zawisła na przewodach sieci prądu silnego 380/220 V i w ten sposób zwisający koniec anteny znajdował się pod napięciem 220 V do ziemi. Jeden z chłopców dotknął anteny i został porażony; drugi, słysząc krzyk, pośpieszył na pomoc i został również porażony. Na szczęście dzieci były pod napięciem tylko kilka sekund, gdyż zostały natychmiast odłączone przez nieznanego przechodnia. Dzieci zostały odwiezione do szpitala, gdzie stwierdzono lekkie poparzenie rąk. Gdyby jednak nie przypadkowa pomoc przechodnia, skutki mogły być tragiczne.

Przepisy SEP co do instalacji niskiego napięcia były zachowane. Nie były natomiast zachowane przepisy budowy anten odbiorczych (PNE-25/32). W § 3a wymienionych przepisów bowiem wyraźnie przewiduje się, że antenę należy w każdym razie umieszczać na dachu tak, aby zerwana antena nie mogła zetknąć się z przewodami prądu silnego. Również § 19 przewiduje odległość poziomą conajmniej 5 m pomiędzy anteną a przewodami niskiego napięcia.

D. Wypadki przy lampach ręcznych i ruchomych.

6. Śmierć od prądu zmiennego 110 V.

Przy czyszczeniu kotła elektrycznymi skrobaczkami zatrudnionych było 4 robotników: 1 fachowy brygadzysta i 3 niefachowych. Jeden z nich, 23-letni C., przyswiewcał im lampką elektryczną. Z powodu defektu w lampie ręcznej na 24 V wziął on żarówkę na 110 V i załączył ją wprost do sieci miejskiej. Oprawka była jednak nie zupełnie w porządku i lampa elektryzowała. C. zaczął nią straszyć innych robotników, przyczem ją prawdopodobnie uszkodził i chciał to uszkodzenie naprawić. Przytem został jednak porażony prądem elektrycznym.

Wypadek powyższy spowodowany został niewątpliwie przez wadliwą instalację lampy ręcznej. Przy napięciu 24 V nie jest wprawdzie wymagana budowa lamp całkowicie odpowiadająca przepisom o lampach ręcznych, przy napięciu jednak 110 V nawet poza kotłami obowiązują specjalne przepisy o lampach ręcznych, zawarte w PNE-10 § 31 p. 1b. Do wypadku przyczyniła się zapewne także lekkomyślność C., ale nawet przy zachowaniu normalnej ostrożności podczas pracy w kotle bardzo łatwo jest o wypadek porażenia prądem elektrycznym ze względu na zmniejszoną oporność ciała ludzkiego i dlatego używanie napięcia poniżej 42 V jest przy pracy wewnątrz kotłów i t. p. bezwzględnie nakazane (por. PNE-10 § 31 p. 1 f).

Opisany wyżej wypadek stanowi również przykład niewłaściwego ratowania porażonego. Według uzyskanych informacji czekano podobno ponad 45 minut na przybycie pogotowia ratunkowego z położonej w sąsiedztwie ubezpieczalni, następnie zaś po około 20-minutowych daremnych próbach ratowania uznano C. za zmarłego. Nie można naturalnie stwierdzić, czy inne postępowanie byłoby zdołało przywrócić C. do życia, w każdym razie jednak należy przy tej okazji przypomnieć, że „Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym” (PNE-9) nakazują inny sposób postępowania. Przedewszystkiem więc akcja ratunkowa powinna być rozpoczęta możliwie natychmiast po wypadku, następnie zaś nie wolno jej już po upływie 20 minut uznać za daremną, gdyż już niejednokrotnie odpowiednio długo stosowane zabiegi ratownicze doprowadziły po kilku godzinach do pożądanego rezultatu.

7. Śmierć od prądu trójfazowego 380/220 V.

Wypadek ten został już opisany w Nr. 3 „Przeгляdu Elektrotechnicznego” z r. 1936 (str. 83 i 84) przez p. inż. Weinberga, nie powtarzam zatem już jego przebiegu, zajmę się nim jedynie z punktu widzenia przepisów. Jasnym jest, że prowizoryczna instalacja lampy, założona przez syna właściciela domu, nie odpowiadała przepisom, gdyż zarówno kawałki przewodu radjowego w gumie (por. PNE-10 § 26 p. 1 i § 22 p. 11), jak i gołe gniazdko od wtyczek radjowych są dla lamp ruchomych i przenośnych, jak również instalacji stałych niedopuszczalne (por. § 9, w szczególności p. 4). Również użyta oprawka nie spełniała wymagań § 31.

W danym przypadku można było na czas robót odgalić prowizorycznie z puszki rozgałęznej zwykłymi przewodami DG lub LG lampę w zwykłej oprawce, ale należało powiesić ją odpowiednio wysoko, aby zarówno przewody nie przeszkadzały w robotach murarskich, jak i aby oświetlenie było wystarczające. Sama oprawka jednak winna być bez użycia np. drabinki lub krzesła niedostępna.

E. Wypadki w elektrowniach i podstacjach.

8. Ciężkie poparzenie od prądu trójfazowego 20 kV.

W podstacji 20 kV dużej elektrowni rozpoczęto dorocznе badanie przekładników na wyłącznikach olejowych 20 kV.

W tym celu załączono prowizorycznie transformator 20 kV/220 V, o mocy 18 kVA, zapomocą odłączników, aby go użyć jako źródła prądu przy nastawianiu przekładników. Roboty te były już poprzednio kilkakrotnie wykonywane, więc praca szła składnie. Monter M. zajęty był wraz z pomocnikiem R. przymocowywaniem przewodów, a jeden z urzędników obserwował i notował wyniki badania, stojąc przy instrumentach mierniczych w odległości ok. 3 m. Gdy ukończyli badanie jednego przekładnika i monter M. przelączał przewody na drugi przekładnik, ujrzeli obecni nagle łuk elektryczny i usłyszeli krzyk M., który spadł na ziemię i jęczał. Nieprzytomnego M. przeniesiono natychmiast na świeże powietrze, położono na ziemi i po około 20-minutowych zabiegach M. przyszedł do przytomności. Dalsze leczenie ciągnęło się przez kilka tygodni w szpitalu, gdyż M. miał poparzoną skórę twarzy oraz wypaloną dziurę w głowie, pozatem poparzenia trzeciego stopnia na lewej nodze od kolana aż do podładka.

Bezpośredniego przebiegu wypadku nikt z obecnych nie zapamiętał, gdyż wszystko stało się w ułamku sekundy, a każdy zajęty był własną pracą; również monter M. nie umiał po odzyskaniu przytomności wyjaśnić, w jaki sposób nastąpił wypadek. Na podstawie dochodzeń, przeprowadzonych na miejscu, można jednak zupełnie ściśle oznaczyć przyczynę i bliższe szczegóły porażenia.

M. przykręcał przewody do przekładnika, siedząc na kotle żelaznym dużego wyłącznika olejowego. Ponad wyłącznikiem znajdowały się przewody, łączące go z szynami zbiorczymi. Przewody te zostały zdjęte na czas przeprowadzania prób, ale na wysokości ok. 1 m. ponad łącznikiem, tuż pod górną ścianą komórki, pozostały na izolatorach części przewodów, które z niewiadomych powodów pozostały pod napięciem 20 kV. Normalnie M. miał dosyć miejsca pod przewodami, gdy jednak dla lepszego dokręcenia śrub usiadł na wyłączniku i klucz ześlizgnął mu się na śrubie, prawdopodobnie wyprostował się i dotknął głową przewodu pod napięciem. Wymienione wyżej rodzaje oparzeń potwierdzają te przypuszczenia. Również w czapce, którą M. miał na głowie w chwili wypadku, znaleziono wypaloną dziurę. Na samych przewodach nie znaleziono żadnych śladów. M. stykał się z przewodami wysokiego napięcia przez króciutką chwilę i nie bezpośrednio (przez czapkę i łuk elektryczny), poczem spadł na podłogę, ale na szczęście żadnych dalszych obrażeń nie odniósł. Rejestrujący amperomierz w elektrowni zanotował w chwili wypadku o godz. 9.03 krótkotrwałe zwarcie z ziemią, a natężenie prądu wynosiło ok. 3 A.

Według opinii elektrowni był M. doświadczonym fachowcem w dziedzinie wysokiego napięcia i bardzo ostrożnym i systematycznym w pracy monterem. Z tego właśnie powodu był wyznaczony do tego rodzaju robót. W każdym razie ani on, ani żaden z jego współpracowników nie zwrócili uwagi na to, że w tej samej komórce, w której pracowali, znajdują się przewody pod napięciem, a nie zachodziło żadne uzasadnienie dla pracy w pobliżu wysokiego napięcia. Wystarczyło mianowicie wyłączyć tylko odłączniki, znajdujące się o piętro wyżej.

Nie były zatem zachowane przepisy ruchu PNE-10 § 58. Podkreślić należy natomiast sprawne zastosowanie środków ratunkowych, które doprowadziły w ciągu 20 minut porażonego do przytomności.

9. Śmierć przy kradzieży od prądu trójfazowego 6 kV.

Do podstacji transformatorowej, znajdującej się na terenie nieczynnej fabryki, doprowadzone było kablem napięcie 6 kV. Wejście do podstacji od ulicy zamknięte było żelaznymi drzwiami. Pozatem znajdowało się w podstacji okienko, zaopatrzone od środka w siatkę drucianą. Okno to

wychodziło na przyległą ubikację, należąca do nieczynnej fabryki. Obok okienka znaleziono zwłoki pewnego mężczyzny, jak się okazało bezrobotnego P., który włamał się do tej ubikacji, a nie znalazłszy nic, usiłował przedostać się do ubikacji podstacji wysokiego napięcia przez zakratowane okienko. W tym celu zerwał siatkę ochronną, rozbił szyby i wyłamał żelazną ramę okienną. Ponieważ w podstacji tuż obok okienka znajdowały się urządzenia rozdzielcze 6 kV, musiał przy przełazeniu wejść w styczność z napięciem. Na zwłokach stwierdzono popalenie palców prawej ręki, popalony palec prawej nogi oraz opalenie na lewej skroni.

Przeciw wypadkom tego rodzaju są niestety przepisy bezsilne, nawet tabliczki ostrzegawcze z trupią główką nie zawsze spełniają swój cel.

10. Śmierć od prądu trójfazowego 15 kV.

Drzwi od podstacji transformatorowej w majątku rolnym były otwarte. Kto otworzył drzwi, nie stwierdzono; monter elektrowni, odczytujący liczniki, który jedynie posiadał klucz od drzwi podstacji, był ostatni raz przeszło 2 tygodnie przedtem, a trudno sobie wyobrazić, aby drzwi od podstacji pozostawały tak długo otwarte, nie zauważone przez nikogo; zresztą liczniki umieszczone były w osobnej szafce, dostępnej zzewnątrz bez otwierania drzwi podstacji. Zato podobno kowal majątku często manipulował przy drzwiach wysokiego napięcia. Przez te zatem otwarte drzwi wszedł 13-letni chłopiec, syn robotnicy, zatrudnionej w majątku, dotknął głową przewodu od transformatora i zginął na miejscu.

Przyczyną wypadku jest przedewszystkiem otwarcie drzwi przez bliżej nieznaną osobę, a więc przewinienie osób trzecich. Obowiązek zamykania na klucz t. zw. „pomieszczeń ruchu elektrycznego zamkniętych” wynika już z definicji tych pomieszczeń (PNE-10 § 2 p. 9c). Nie jest jednakowoż nigdzie w przepisach powiedziane, które pomieszczenia, względnie urządzenia należy zamykać na klucz. Należałoby moim zdaniem uzupełnić PNE-10 w tym kierunku, np. w § 15 lub 60. Również § 52 winien być uzupełniony przypomnieniem obowiązku zamykania na klucz wymienionych pomieszczeń. Wreszcie uważam, że § 54 (lub ewentualnie inny) winien zawierać wzmiankę, iż w razie zauważenia przez właściciela majątku (lub zakładu przemysłowego) jakiegś nieprawidłowości w ruchu podstacji, położonej na jego terenie (choćby np. otwartych drzwi), winien on bezzwłocznie zawiadomić o tem elektrownię.

F. Wypadki w zakładach przemysłowych.

11. Śmierć na żórawiu od prądu trójfazowego 3×220 V.

Pomocnik ślusarski Z., lat 18, zatrudniony był wraz z majstrem przy naprawie żórawia przesuwanego. Po ukończeniu robót, zamiast schodzić na dół, pogonił za wróblem lub z innej przyczyny w przeciwną stronę i zbliżył się do gołych przewodów jezdnych, rozpiętych wzdłuż całej hali odlewniczej. W pewnym momencie Z. stracił równowagę i chwycił za drut jezdny. Na jego krzyk wyłączono prąd po upływie ok. 1/2 minuty; wówczas porażony upadł martwy na żelazną konstrukcję przesuwnicy.

Przewody zasilane były z transformatora 3×220 V, łączonego po stronie wtórnej w trójkąt. Przewody te można było wyłączyć tylko razem z instalacją oświetleniową i prawdopodobnie dlatego nie zostały wyłączone, mimo że na suwnicy wykonywane były roboty. Poza tym innych uchybień przeciw przepisom nie było.

Do żórawi (suwnic i t. p.) odnoszą się przepisy PNE-10 § 36 p. 10. Przepisy te przewidują, iż przewody robocze winny być zaopatrzone w wyłączniki, pozwalające na odłącze-

nie ich z pod napięcia. Przepis ten ma na celu zapewnienie wyłączalności tych przewodów na czas robót, jasnym jest więc, że nie może być na tym samym wyłączniku włączony żaden inny odbiornik, gdyż zdarzyć się może, że z powodu tego obcego odbiornika (jak naprzykład w opisywanym wypadku) przewodów tych nie będzie można wyłączyć. Wyłącznik taki jest potrzebny pozatem w razie jakiegś defektu na żórawiu, gdy trzeba prędko prąd wyłączyć z przewodów roboczych, winien zatem znajdować się w hali, którą obsługuje, w miejscu łatwo dostępnem. Przyczyną wypadku jest obok lekkomyślności Z. także wyżej wymienione uchybienie.

12. Porażenie na dźwigu od prądu trójfazowego 120 V.

Formierz D., lat 24, chciał formę z odlewem zaczepić za hak dźwigu i dotknął łańcucha od żórawia mostowego w hali odlewniczej. W tym momencie stracił przytomność; po odzyskaniu za chwilę przytomności odczuwał silny ból głowy i nóg. Na drugi dzień te objawy znikły. Napięcie wynosiło 120 V. Na tych samych szynach i przewodach ślizgowych pracowały 2 żórawie przesuwne; drugi znajdował się w tym czasie w naprawie. Zostało stwierdzone, że na tym drugim żórawiu była uszkodzona izolacja silnika i tem tłumaczy sprawozdawca przyczynę porażenia D. Jeśli tak było istotnie, to prawdopodobnie oprócz tego istniały w sieci 120 V jeszcze różne inne błędy, a mianowicie prawdopodobnie w innej fazie było również pełne zwarcie do ziemi, na której stał D. w chwili wypadku. Inaczej trudno byłoby zrozumieć tak silne porażenie, które aż pozbawiło go przytomności. Następnie prawdopodobnie szyny żórawi nie były uziemione, co jest wskazane nawet dla urządzeń niskiego napięcia (PNE-10 § 3 p. 11 f) w miejscach suchych, jeżeli w pobliżu nich, jak np. w warsztatach i fabrykach, — w odległości osiągalnej znajdują się przedmioty metalowe o małej oporności względem ziemi. Taki przypadek zachodzi właśnie przy hakach żórawi przesuwnych. Sąsiedni żóraw, który znajdował się w naprawie, nie powinien był właściwie dać napięcia do szyn żórawia, gdyż, o ile był w naprawie, winien być wyłączony zapomocą wyłącznika umieszczonego na samym dźwigu por. (PNE-10 § 36 p. 10b). Przyczyną wypadku jest więc błąd izolacji, a pozatem inne jakies uchybienia przeciw przepisom budowy i ruchu urządzeń elektrycznych.

13. Śmierć od przewodów napowietrznych 220 V prądu zmiennego.

Na podwórzu fabrycznym robotnik J. izolował rurociąg parowy mokrą gliną, stojąc na drabinie. W odległości ok. 0,5 m od miejsca pracy przebiegała jednofazowa linia 220 V. W pewnym momencie drabina nieznacznie posunęła się, robotnik stracił równowagę i upadając chwycił jedną ręką za górny przewód linii elektrycznej pod napięciem, a drugą za konstrukcję żelazną, podtrzymującą rurociąg, a więc uziemioną przez ten rurociąg. Mokra glina na rękach porażonego przyczyniła się niewątpliwie do śmiertelnego wyniku wypadku.

Wypadek opisany podpada pod §§ 64 i 58 PNE-10. Przyczyną wypadku jest niezabezpieczenie drabiny i pracującego (§ 58 p. 5).

G. Wypadki w kopalniach.

14. Śmierć od drutu ślizgowego kolejki 220 V prądu stałego.

Rębacz S., przechodząc przez wózek kopalniany w kopalni pod ziemią, dotknął gołymi palcami drutu ślizgowego kolejki elektrycznej i poniósł śmierć na miejscu. Drut ślizgowy kolejki rozpięty był ponad szynami na przepisowej wysokości 180 cm. Również inne przepisy odnoszące się do

kolejek elektrycznych pod ziemią, a zawarte w PNE-17/1930 były zachowane. Niedozwolonem natomiast jest przełączenie przez wózki pod drutem ślizgowym. Przyczyną wypadku jest zatem nieostrożność poszkodowanego.

H. Wypadki w rolnictwie.

15. Śmierć przy przewożeniu transformatora.

Wypadek znany jest jedynie z notatki dziennikarskiej, gdyż, niestety, na zapytania listowe, skierowane pod adresem majątku, nie otrzymano odpowiedzi. Informacje posiadane są zatem nieściśle i niejasne. Mimo to wypadek ten opisują jako charakterystyczny dla obchodzenia się rolników z urządzeniami elektrycznymi (por. też wypadek 16).

„Fornal Sz. zaprzął do wozu z transformatorem elektrycznym 3 konie, orczyki przytwierdził do transformatora łańcuchem, dyszlem zaś sterował inny robotnik. W pewnej chwili, wskutek niewyjaśnionej przyczyny, nastąpiło samoczynne włączenie się prądu elektrycznego do łańcucha. Nieświadomy niebezpieczeństwa Sz. zetknąwszy się z łańcuchem, padł na ziemię rażony śmiertelnie. Prąd o wysokim napięciu spalił Sz. stopę i pierś. Mimo gorliwych zabiegów nie zdolano już nieszczęśliwego przywrócić do życia”.

Samoczynne włączenie się prądu elektrycznego do łańcucha było oczywiście niemożliwe, natomiast prąd elektryczny mógł się przedostać z transformatora do łańcucha, o ile tenże był zarzucony na zaciski transformatora, a transport odbywał się np. przed odłączeniem transformatora od wysokiego napięcia. W danym wypadku przypuszczam, że wchodziło w rachubę naprawdę wysokie napięcie (dziennikarze zawsze piszą, że to było wysokie napięcie!). Mógł to być także ładunek cząstkowy, pozostały po wyłączeniu transformatora, ale w takim przypadku byłoby prawdopodobnie nastąpiło już dawno wyładowanie za pośrednictwem łańcucha.

Specjalnych przepisów ruchowych dla urządzeń elektrycznych w rolnictwie niema w PNE-10, stosują się tu natomiast ogólne przepisy ruchu i transformator przed załadowaniem na wóz i transportem należało odłączyć od sieci.

Uziemienia korpusu transformatora musiało zapewne także brakować.

16. Śmierć od silnika prądu trójfazowego 380/220 V.

Robotnik B. pracował w stodole przy rżnięciu siewki. Gdy uruchomił silnik siewkarki o napięciu 380/220 V, zauważył, że obraca się w fałszywym kierunku. Wobec tego chciał przemienić 2 fazy w doprowadzeniu i nie wyłączając silnika rozłączał zaciski na doprowadzeniu. Przez dotknięcie 2 (albo jednego) przewodu pod napięciem doznał śmiertelnego porażenia.

Z opisu wynika, że B. musiał powąchać nieco elektrotechniki, skoro wiedział, iż należy 2 fazy przełączyć, aby zmienić kierunek obrotów silnika, ale wiadomości jego były bardzo niedostateczne, skoro przypuszczał, że takie manipulacje można wykonywać pod napięciem (a może nawet w ruchu). Naraził więc swoje życie bez żadnej potrzeby. Wogóle niedouczeni pseudofachowcy bywają w rolnictwie najczęściej przyczyną nieszczęśliwych wypadków.

17. Śmierć od przewodów dachowych przy nieznanem napięciu.

Wypadek wydarzył się na kresach wschodnich. Wskutek uszkodzenia przewodów dachowych (bliżej niewiadomo jakiego) dostał się pod napięcie dach jednego z domków na przedmieściu. Domek był cały obrośnięty roślinnością, pnącą się po przymocowanych do ścian i dachu drutach. Posługaczka P. chciała coś poprawić wśród zwieszających się roślin i padła martwa, porażona prądem elektrycznym. Domownicy nie mogli długi czas docucić P., nie znając początkowo

przyczyny śmierci. Charakterystyczne było zachowanie się psa podwórzowego, który od kilku dni nie chciał wyjść z budy. Przewody były zatem już od kilku dni uszkodzone. Przyczyną wypadku jest wadliwa instalacja.

18. Śmierć przez głupie figle od prądu zmiennego 220 V.

Czeladnik Ł., chcąc splatać figla wieśniakowi, pracującemu w tem samym przedsiębiorstwie, połączył klamkę żelazną u drzwi drutem z kontaktem elektrycznym, chcąc go w ten sposób przestraszyć i poelektryzować w chwili, gdy dotknie klamki. Istotnie, po jakimś czasie ów wieśniak, zajęty młóceniem zboża, chwycił za klamkę, ale dotknięcie to było w skutkach fatalne, gdyż padł trupem na miejscu. Sprawca tragicznego wypadku został aresztowany.

Wypadek nie wymaga komentarzy.

L. Różne inne wypadki.

19. Śmierć w łazience od prądu trójfazowego 380/220 V.

Wypadek wzbudził wielkie wrażenie z tego powodu, że dotyczył młodej panny, która za kilka dni miała wziąć ślub. Wypadek zasługuje na wzmiankę jednak przedewszystkiem z innego powodu. A mianowicie według zebranych informacji panna P. została znaleziona martwa w łazience w czasie brania kąpeli. Zmarła leżała na podłodze (względnie w wannie), a obok leżał rozbity elektryczny piecyk odbłyiskowy. Według opinii lekarza, który stwierdził zgon, śmierć mogła nastąpić albo wskutek zacczadzenia, gdyż po otwarciu łazienki czuć było czad, a zmarła cierpiała na zaburzenia serca oraz osłabienie mięśnia sercowego, albo też wskutek porażenia prądem elektrycznym. Za tem ostatniem przypuszczeniem świadczy fakt, iż na zewnętrznej stronie ręki, nieco powyżej przegubu, było oparzenie 2-go stopnia.

Instalacja elektryczna w łazience nie była w zgodności z przepisami SEP, jak stwierdzili pracownicy elektrowni po wypadku, gdyż:

1) piecyk odbłyiskowy był uszkodzony, a mianowicie gwint oprawki stykał się z korpusem tak, że przy włożeniu wtyczki do gniazdka w ten sposób, iż przewód od gwintu łączył się z przewodem fazowym (a nie zerowym) korpus pieczyka był pod napięciem;

2) sznur do pieczyka był zrobiony ze zwykłego sznura, a nie ze specjalnego do grzejników;

3) piecyk nie posiadał siatki ochronnej nad spiralą oporową;

4) instalacja elektryczna w pokoju kąpielowym składała się z punktu świetlnego na suficie oraz gniazdka wtyczkowego na ścianie, zainstalowanego bez wiedzy elektrowni w odległości 1 m od wanny. Do tego gniazdka załączony był piecyk odbłyiskowy, stojący na piecu kaflowym przy przeciwległej ścianie; w ten sposób sznur łączący piecyk z gniazdkiem wtyczkowym wisiał przez całą szerokość łazienki.

W opisanych warunkach o wypadku porażenia prądem elektrycznym było rzeczywiście nietrudno. Należy zwrócić uwagę, że przepisy PNE-10 § 40 p. 5 wogóle zabraniają umieszczać w łazienkach lamp, wyłączników i przewodów w sposób dostępny dla osoby, która znajduje się w wannie. Por. PNE-29 § 5 i 11 „Wskazówki obchodzenia się z domowymi urządzeniami elektrycznymi”.

20. Lekkie porażenie od prądu trójfazowego 380/220 V w rzeźni.

W rzeźni miejskiej zerwał się z nieustalanej bliżej przyczyny przewód elektryczny, spadając na ogrodzenie żelazne w hali uboju. Prąd rozchodząc się po wilgotnej ścianie zabił 10 świń oraz poraził lekko 3 rzeźników, którzy dzięki temu, iż stali na drewnianym pomoście, doznali jeno lekkich ob-

rażeń. Przyczyną było podobno przebicie przełącznika „gwiazda-trójkąt”.

Wypadek mógł przybrać znacznie gorsze skutki ze względu na panującą stale w rzeźni wilgoć. Uziemienie punktu zerowego wynosiło podobno 4Ω . Jest to wartość zbyt wielka, aby pomogła skutecznie odłączyć sieć w razie uszkodzenia izolacji i nie wątpię, że dałoby się tam osiągnąć znacznie lepsze wartości. W omawianym wypadku nadawałyby się specjalnie do użytku t. zw. łączniki ochronne, które łączą dane urządzenie elektryczne już wtedy, gdy przedostanie się na osłonę z powodu błędu w izolacji napięcie wyższe od ok. 40 V. (Por. PNE-10 § 3 p. 11).

21. Lekkie porażenie od prądu trójfazowego 220 V.

Wypadek zdarzył się pracownicy w pakowni butelek, gdy niosąc kubetek z klejem stanęła na szynie. Wówczas krzyknęła, przewróciła się i wylała kubetek. Po wypadku odczuwała chwilowy bezwład nóg.

Przyczynę wypadku znaleziono w szlifierce, która w chwili wypadku leżała na tej samej szynie. A mianowicie w wyłączniku szlifierki elektrycznej na napięcie 220 V znaleziono defekt izolacji. Sam korpus szlifierki nie był uziemiony, wbrew przepisom PNE-10 § 34 p. 3.

Organizacja bezpieczeństwa pracy zagranicą i w Polsce

Inż. Andrzej Mazurkiewicz

Kierownik działu bezpieczeństwa pracy Instytutu Spraw Społecznych

Streszczenie. Na tle historycznego rozwoju autor omawia organizację bezpieczeństwa pracy zarówno centralne, jak i w poszczególnych przedsiębiorstwach w Belgii, Niemczech i Szwajcarii, nawiązując do potrzeb przemysłu elektrotechnicznego w tym zakresie.

1. Geneza idei walki z wypadkami.

Zagadnienie walki z wypadkami przy pracy jest tak dawne, jak dawna jest cywilizowana ludzkość. Zarówno człowiek pierwotny, jak i prymitywne warsztaty pracy dawnych czasów posługiwały się prawie wyłącznie nieznaczną energią, ograniczoną w zasadzie do siły ludzkiej, zwierzęcia, wiatru lub spadku wody. O skoncentrowaniu na jednym miejscu dużej ilości takiej energii nie było mowy, wielkie skupienia intensywnie pracujących ludzi należały do rzadkości, a życie i zdrowie człowieka w ówczesnych warunkach nie przedstawiało szczególnej wartości. Stąd też niebezpieczeństwa, związane z rozproszoną na dużych przestrzeniach pracą, były niewielkie, a samo zagadnienie bezpieczeństwa drzemało długie wieki w obrębie prymitywnie zorganizowanych warsztatów.

Dopiero w ciągu wieku XIX wprężnięto olbrzymie siły przyrody do intensywnej pracy, którą zorganizowano na małych przestrzeniach nowoczesnych fabryk; zwiększenie użytecznej energii przy większym skupieniu pracujących w jednym miejscu zmieniło zasadniczo warunki pracy. Niebezpieczeństwa, wynikające z takiej pracy, wzrosły nieomal w postępie geometrycznym nie tylko przez powstanie nowych i nieznanych, lecz także przez niezmiernie skomplikowanie tych niebezpieczeństw, do których ludzkość w ciągu wieków zdołała przywyknąć. Maszyny i urządzenia zmechanizowane wraz z wszystkimi niebezpieczeństwami, jakie przedstawia nowoczesna fabryka, triumfalnie wkroczyły w życie człowieka, nieprzygotowanego psychicznie do zbyt szybkiego tempa zmiany warunków pracy. Trawestując bajkę Goethego o uczniu czarnoksiężnika, rzec można, iż ludzkość w ciągu XIX wieku rozpętała siły, których grozy sama opanować nie była w możności.

Władza państwowa krajów uprzemysłowionych najszybciej zorientowała się w niebezpiecznym położeniu pracującej ludności, podejmując w imię interesu społecznego i humanitaryzmu obronę najsłabszych z pośród słabych, t. j. pracujących kobiet i dzieci. Opiekę tę zainicjowała w r. 1833 Anglia, stwarzając państwową inspekcję pracy, a w ślad za nią poszła w kilka lat potem Francja, w roku zaś 1853 Prusy i t. d. Zadania inspekcji we wszystkich krajach uprzemysłowionych szybko rozszerzono na techniczne zagadnie-

nia i poprawę stanu bezpieczeństwa w przemyśle. Stworzenie przez Anglię państwowego nadzoru nad bezpieczeństwem pracy słusznie uważa się za zapoczątkowanie pierwszej postaci zorganizowanej walki z wypadkami. Z tej formy organizacyjnej wytworzyła się metoda działania, polegająca na wynikłym z brzmienia ustawy nakazie przedstawiciela władzy państwowej, którym był inspektor fabryczny, przemysłowy lub inspektor pracy.

Tę formę organizacyjną wraz z jej metodą działania przejęły i zachowały wszystkie cywilizowane kraje świata prawie bez wyjątku. Z czasem rozszerzyły ją i znacznie pogłębiły i to tak dalece, że nawet po dzień dzisiejszy, np. w Anglii i Holandji, niemal jedynym czynnikiem nadzorującym bezpieczeństwo pracy jest inspekcja państwowa, rozbudowana dostateczną liczbą wybitnych sił technicznych.

Podniesienie poziomu fachowego nadzorujących przemysł organów władzy stało się niezbędne, ponieważ przedstawicielami tej władzy były, np. w Niemczech, poprostu władze policyjne, a jeszcze w r. 1874 ankieta, przeprowadzona we Francji stwierdziła, że na 31 inspektorów pracy departamentu Sekwany 27 z fachu i kwalifikacji byli wprawdzie inspektorami, ale... niższego szkolnictwa powszechnego.

Gwałtowny rozwój przemysłu i z nim związanych niebezpiecznych urządzeń, do których należały przede wszystkim kotły parowe, przerażające nieustannymi wybuchami, powodował coraz gorszy poziom bezpieczeństwa. Nie była temu w możności przeciwdziałać słabo rozbudowana i niesprawna władza państwowa. Nic dziwnego, że stan taki nie mógł zadowalać ani przemysłu, ani pracowników, o których ochronę właściwie chodziło; mnożyła się liczba ofiar wypadków, nędzarzy pozostawionych bez środków do życia. W tym czasie, t. j. mniej więcej w połowie XIX wieku, zaczęło coraz wyraźniej kształtować się w ustawodawstwie zapoczątkowane przez kodeks Napoleona pojęcie odpowiedzialności cywilnej pracodawcy za ofiary wypadków. Wynikł z tego nakaz ustawy, który obowiązywał pracodawcę do zwrotu kosztów leczenia i zapewnienia renty robotnikowi, trwale poszkodowanemu przez wypadek przy pracy. Odpowiedzią przemysłu na taki przepis prawa stało się ubezpieczenie pracodawców od odpowiedzialności cywilnej.

Zarówno niedostateczna rozbudowa, niewystarczające kwalifikacje organów władzy państwowej, jak i obowiązek odszkodowania ofiar wypadków stały się punktami wyjścia do poszukiwania nowych form organizacyjnych, któreby sprawniej od władz państwowych potrafiły dostosować się do szybkiego tempa rozwoju przemysłu i przeciwdziałać niebezpieczeństwom, związanym z tym rozwojem.

Stosownie do dwu różnych punktów wyjścia, samoobrony przemysłu przed technicznymi skutkami wypadków z jednej strony, a prawnymi z drugiej, poszukiwanie rozwiązania szło dwiema drogami. Jedną drogą było tworzenie stowarzyszeń technicznych, których zadaniem było nadzorowanie niebezpiecznych urządzeń przemysłowych. Drugą zaś tworzenie towarzystw ubezpieczeniowych, które asekurowały przedsiębiorstwa od odpowiedzialności cywilnej za wypadki. Z biegiem czasu wyjaśniło się, że obydwie te formy powinny współdziałać, aby akcja przeciwywypadkowa była skuteczna. Rozwój organizacyj zarówno technicznych, jak i ubezpieczeniowych, szedł początkowo oddzielnie, lecz w miarę rozwoju działalności i wzrostu doświadczenia drogi tego rozwoju spotykały się i łączyły. Związanie kierunku zapobiegawczego z ubezpieczeniowym następowało dobrowolnie albo pod przymusem państwa. Stąd pochodzi duża różnorodność form organizacyjnych bezpieczeństwa pracy na zachodzie Europy. Kraje, położone mniej więcej na zachód od linii Renu, jak Francja, Belgja i Anglja, nie znają dotychczas przymusu ubezpieczenia, wskutek tego istnieją tam i teraz dobrowolne stowarzyszenia przemysłowców. Jeżeli jednak nastąpiła w tych krajach symbioza stowarzyszeń technicznych z towarzystwami ubezpieczeniowymi, to tylko na skutek inicjatywy prywatnej. Natomiast na wschód od Renu, mianowicie w Niemczech i Szwajcarii, zrzeszenia ubezpieczeniowe powstały na skutek przymusu wywartego przez państwo, przyczem obowiązek prowadzenia akcji zapobiegawczej wypadkom narzucono im jako jedno z głównych ich zadań.

Pierwszego rodzaju rozwiązanie znalazł przemysłowiec, znany alzacki humanitarysta, Engel - Dollfus, z którego inicjatywy założono w r. 1867 w Miluzie zarówno pierwsze stowarzyszenie przemysłowców do walki z wypadkami wogóle, jak i pierwsze na kontynencie dobrowolne stowarzyszenie nadzoru nad kotłami parowymi.

Po katastrofie wojennej Francji w r. 1870/71 i utracie Alzacji, myśl Dollfussa odżyła w r. 1872 w Stowarzyszeniu przemysłowców w Rouen¹⁾ i przyczyniła się w siedem lat później do powstania *Association Normande pour prevenir les accidents du travail*, stowarzyszenia istniejącego do dziś w niezmiennionej postaci. Odtąd aż do r. 1894 podobne stowarzyszenia mnożą się szybko i obejmują zarówno resztę Francji²⁾, jak Belgję³⁾, Włochy⁴⁾, Szwajcarię i t. d.

2. Dobrowolne stowarzyszenia przemysłowców do walki z wypadkami.

Najbardziej rozbudowaną, jakkolwiek nienajdawniejszą organizacją tego typu stowarzyszeń, jest powstałe w 1890 roku *Association des industriels de Belgique pour l'etude et la propagation des engins et mesures propres a preserver les cuvriers des accidents du travail*, w skróceniu nazywane AIB. Jest to zrzeszenie nieobliczone na zysk, dlatego też posiadające przywileje instytucji o użyteczności publicznej. Nie mając specjalizacji branżowej, stowarzyszenie jest dostosowane do teoretycznych i praktycznych badań określonych urządzeń niebezpiecznych, które występują we wszystkich działach przemysłu. Celem jego jest:

¹⁾ *Société industrielle de Rouen*.

²⁾ *Association des industriels de France contre les accidents du travail* (założone w r. 1884 w Paryżu).

Association des industriels du Nord de France (zał. w r. 1894 w Lille).

³⁾ *Association des industriels de Belgique pour l'etude et la propagation des engins et mesures propres a preserver les ouvriers des accident du travail* (założone w r. 1890).

⁴⁾ *Associazione nazionale per la prevenzione degli infortuni sul lavoro* w r. 1894 w Medjolanie, przemianowane w r. 1932 na *Ente Nazionale*.

- a) badanie zagadnień, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, i pomoc w stosowaniu wyników tych badań;
- b) praktyczne zapobieganie wypadkom przez stosowanie środków, które posiada stowarzyszenie do dyspozycji swych członków.

Środki działania AIB są następujące:

- (1) inspekcje fabryk na prośbę zainteresowanych;
- (2) wskazywanie sposobów zabezpieczenia robotników;
- (3) informowanie o obowiązujących przepisach, regulaminach i najlepszych zarządzeniach, dotyczących bezpieczeństwa pracy;
- (4) publikacje, dotyczące powyższych zagadnień;
- (5) pomoc fachowa dla zainteresowanych;
- (6) badanie teoretyczne i laboratoryjne zagadnień bezpieczeństwa i higieny pracy.

Należy zaznaczyć, że stowarzyszenie przemysłowców belgijskich szczególnie wyspecjalizowało się w badaniach podnośników i ich elementów, jak liny, łańcuchy i t. d. Z zakresu jego działania wyłączone są niebezpieczeństwa, związane z elektrycznością, którą zajmuje się tylko o tyle, o ile urządzenia elektryczne wchodzą w skład podnośników, kolejek powietrznych i t. p. Tak samo stowarzyszenie to nie zajmuje się kotłami parowymi, w których zakresie wyspecjalizowało się inne stowarzyszenie.

Przed wojną światową stowarzyszenie liczyło około 300 członków. W czasie wojny było nieczynne, lecz poczynając od 1919 roku rozwój jego postępował w tak szybkim tempie, że w 1934 roku już miało 3118 członków, reprezentujących najróżniejsze przedsiębiorstwa przemysłowe.

Przyczyną znacznego rozwoju stowarzyszenia jest przede wszystkim zrozumienie przez przemysłowców belgijskich ważności zagadnienia bezpieczeństwa i higieny pracy. Dowodzi tego okoliczność, że kryzys ekonomiczny, szczególnie ciężko przeżywany przez Belgję, nietylko nie wywołał zmniejszenia się liczby członków, lecz przeciwnie zaznaczył się znacznym ich wzrostem, mianowicie w 1930 roku do stowarzyszenia należało 1179 przedsiębiorstw, w następnym roku już 1360, w r. 1932 — 2750.

Również i ustawodawstwo belgijskie przyczyniło się do rozwoju stowarzyszeń tego typu, mających w zasadzie charakter biur technicznych. Ustawodawstwo wymaga nadzoru i badania takich niebezpiecznych urządzeń, jak kotły parowe, podnośniki, wirówki, kolejki wiszące i t. d., nie wskazując, kto ma to wykonywać. Przedstawicielom władzy państwowej, jak inspekcja pracy lub urzędy górnicze, prawo powierza tylko ogólny nadzór nad takimi urządzeniami bez wykonywania tego nadzoru w praktyce. Przedsiębiorcy przemysłowi muszą przedstawiać władzom państwowym w regularnych odstępach czasu raporty z wyniku badań, lecz badania te — w myśl dekretów królewskich i rozporządzeń wykonawczych — mogą przeprowadzać tylko takie osoby lub instytucje, które w żadnym stopniu nie są w wyniku badań zainteresowane. Wybór osoby lub instytucji nadzorującej przysługuje przedsiębiorcy na jego odpowiedzialność. Oczywiście tego rodzaju stanowisko ustawy stworzyło podatny grunt do powstania i rozwoju takich stowarzyszeń, jak AIB, *Association Vinçotte, Bureau Veritas* i t. d.

AIB nie otrzymuje w żadnej postaci subwencji lub zapomóg. Budżet jego oparty jest na dobrowolnych składkach członków.

Członkami są przemysłowcy, a raczej reprezentowane przez nich zakłady pracy. Opłacają składkę, której wymiar zależny jest od zakresu usług, z których korzystają.

Jeżeli członek korzysta ze stałej pracy stowarzyszenia, t. j. jego służb ogólnych, jak służba bezpieczeństwa i hi-

gijny pracy lub przeciwpożarowa, składkę oblicza się na podstawie liczby robotników, zatrudnionych przez przedsiębiorstwo, a mianowicie (w skrócie):

liczba robotników	składka roczna w fr.
1 — 50	165
51 — 100	220
100 — 500	355 do 850
501 — 1000	945 do 1430
1001 — 2000	1680
4001 — 5000	2245

Jeżeli jednak przedsiębiorstwo nie jest zgrupowane w jednej i tej samej miejscowości, to do składki dolicza się dodatkową opłatę w kwocie 175 fr. rocznie za każdy obiekt, położony w miejscowości innej. Składkę roczną dla kopalni węgla ustala się wyłącznie na podstawie liczby robotników, zatrudnionych na powierzchni; dla cukrowni i innych przemysłów sezonowych podstawę obliczenia składek stanowi liczba robotników, zatrudnionych w czasie kampanji.

Natomiast w działach nadzoru określonych urzędzeń, jak np. wirówki, podnośniki, kolejki napowietrzne i t. d. składkę opłaca się według specjalnej taryfy, dostosowanej do tego rodzaju badań, t. j. od sztuki, metra bieżącego i t. d.

Oparty na składkach budżet AIB w roku 1934 zamknięto po stronie dochodów i wydatków kwotą 4 413 157 franków. W latach kryzysowych budżet ten zmniejszył się za ledwie o kilka procent, lecz liczba członków stowarzyszenia, jak zaznaczono wyżej, wzrosła.

Najwyższą władzą stowarzyszenia jest Walne Zebranie. Rozstrzyga sprawy budżetowe, ustala wysokość składek członkowskich i wybiera Radę Zarządzającą, która powołuje co roku spośród swych członków Komitet Wykonawczy, będący administratorem stowarzyszenia.

Na czele A. I. B. stoi dyrektor (obecnie inż. Delandriére) oraz jego zastępca. Dyrekcji podlega około 80 pracowników, zgrupowanych w 4 wydziałach: (a) administracyjnym, (b) buchalteryjnym, (c) technicznym (*service technique*) i (d) działów służby zewnętrznej (*service exterieur*).

Jednym z główniejszych zadań wydziału administracyjnego jest załatwianie korespondencji pomiędzy inspektorami technicznymi i przedsiębiorstwami.

Wydział techniczny można podzielić na dwa działy: (1) dział studjów teoretycznych i wydawnictw oraz (2) dział badań laboratoryjnych.

Dział pierwszy utrzymuje kontakt niemal ze wszystkimi instytucjami na świecie, zajmującymi się sprawami bezpieczeństwa i higieny pracy. Abonuje z tego zakresu 30 przeglądów zagranicznych. Wiadomości z tych źródeł podaje członkom w postaci dwóch roczników: *L'anné de la sécurité et l'hygiène* i *L'année des cables*. Zamieszcza się w nich także streszczenia prac, wykonanych w Belgji, oraz artykuły i wyniki badań oryginalne. Ponadto opracowuje się i wydaje ilustrowane instrukcje bezpieczeństwa i higieny pracy, których ukazało się już z druku ponad 80. Prócz tego wykonano i rozpowszechniono wśród przemysłowców ponad 450 opisów technicznych zabezpieczeń, planów warsztatowych i rysunków osłon.

W zakresie propagandy bezpieczeństwa wydział techniczny rozwija działalność znacznie mniejszą, niż to robią podobne instytucje w U. S. A.

Dział badań laboratoryjnych ma pracownię, poświęconą przedewszystkiem badaniu wytrzymałości nowych łańcuchów, lin i ich zwojów oraz odbioru nowych lin i łańcuchów. Wyniki pracy tego działu są następujące:

	R o k	
	1933	1934
Przyjęto łańcuchów.	368	348
„ lin	1 020	969
Liczba wykonanych prób w pracowni	2 793	2 848
Liczba prób wytrzymałości drutów na zgięcie i skręcenie	138 515	138 032
Badanie zwojów lin	470	576

Zgodnie ze swym charakterem technicznym, najbardziej rozbudowany jest dział służby zewnętrznej. Zatrudnia on obecnie 62 inspektorów technicznych, będących wybitnymi znawcami bezpieczeństwa pracy przy pewnych urządzeniach, stosowanych w różnych typach przemysłu. Zależnie od doświadczenia i kwalifikacji inspektora, kierownictwo wydziału przydziela go do jednego lub kilku oddziałów służby zewnętrznej, o ile mają one zbliżony charakter, np. służba podnośników, służba lin, łańcuchów.

Inspektor przeprowadza badanie urządzeń, odpowiadających jego specjalności, w zasadzie na każdorazowe wezwanie przedsiębiorcy, w praktyce przeważnie robi się to okresowo. Inspektorowie w swych czynnościach muszą ściśle ograniczać się do badania spraw, do których ich wezwano. Są oni doradcami przedsiębiorstw i nie mają prawa wydawania jakichkolwiek nakazów. Sprawozdania z wizytacji inspektorowie przesyłają przedsiębiorcy za pośrednictwem zarządu stowarzyszenia. W razie bezpośredniego niebezpieczeństwa inspektor przesyła w ciągu jednej doby raport wprost do przedsiębiorcy. Na specjalne życzenie przedsiębiorcy i na jego koszt inspektor nadzoruje zmontowanie urządzenia zabezpieczającego lub przeprowadza specjalne badania.

Dział służby zewnętrznej składa się z 11 oddziałów, z których do służb ogólnych należą:

(1) oddział bezpieczeństwa i higieny pracy i (2) służba przeciwpożarowa. Do zadań pierwszego oddziału należy nadzór nad bezpieczeństwem i higieną całego zakładu przemysłowego oraz nad temi urządzeniami, dla których nie wyłoniono jeszcze służb specjalnych; następnie organizowanie pierwszej pomocy i kontakt z organizacjami bezpieczeństwa pracy, jeżeli takie istnieją w obrębie przedsiębiorstwa. Z usług tej służby w ostatnich 3 latach korzystało 496 — 518 przedsiębiorstw.

(2) Służba przeciwpożarowa bada i instruuje przedsiębiorstwa pod względem pożarowym. Dotyczy to zarówno strony budowlanej, jak i środków i metod gaśniczych.

(3) Służba wirówek przeprowadza nietylko okresowe rewizje, lecz także bada i nadzoruje zmontowanie tych maszyn. Z usług tej służby korzystało w r. 1934 — 184 przedsiębiorstw.

(4) Oddział odbiorczy bada ocembrowanie szybów kopalnianych oraz różnego rodzaju budowle, konstrukcje i materiały, o ile wchodzi w grę bezpieczeństwo pracowników.

(5) Służba lamp górniczych dokonywa odbioru nowych lamp, kontroluje stan używanych oraz ich części u blisko 200 członków stowarzyszenia.

(6) Oddział spawalniczy bada i kontroluje nietylko wytwornice acetylenowe, lecz także naczynia pod wysokim ciśnieniem.

(7) Służba mechanizmów, podnośników, ich obudowy i konstrukcji zatrudnia 15 najbardziej wytrawnych inspektorów. Przeprowadza badania stanu zarówno używanych urządzeń, jak i nowomontowanych. Nadzór ten wykonywa w 843 przedsiębiorstwach.

(8) Oddział łańcuchów i pasów bezpieczeństwa kontroluje, odbiera i ocenia ich wytrzymałość (około 400 członków).

(9) Oddział lin sprawuje analogiczny nadzór nad linami dźwigów i urządzeń podnośnikowych (750 członków).

(10) Służba kolejek napowietrznych bada przede wszystkim wytrzymałość lin nośnych transportu napowietrznego.

(11) Służba biernej obrony przeciwlotniczej i przeciwgazowej zajmuje się organizowaniem w zakładach przemysłowych tej bardzo ważnej sprawy na wypadek wojny. Jest to najnowsza służba, stworzona po gruntownych studjach przez fachowców z AIB.

W Belgii bezpieczeństwem pracy w związku z elektrycznością zajmują się przeważnie 2 stowarzyszenia „Komitet Elektrotechniczny” (*Comité Electrotechnique*) oraz „Związek do wyzyskania energii elektrycznej” (*Union de Exploitation Electrique Belgique*).

Komitet Elektrotechniczny ogranicza się do opracowywania w związku z państwem przepisami bezpieczeństwa w dziedzinie elektryczności. Powstałe w ten sposób regulaminy są następnie rozpowszechniane wśród zainteresowanych zarówno rozdzielających prąd, jak i jego twórców i odbiorców. Przepisy własne dotyczą wyłącznie użycia materiałów elektrotechnicznych.

Natomiast związek do wyzyskania energii elektrycznej prowadzi walkę z wypadkami porażen elektrycznością przez publikację broszur, plakatów, książeczek bezpieczeństwa dla robotników, wykłady o niebezpieczeństwach elektryczności oraz instrukcje i drukowane rady dla odbiorców prądu.

Dobrowolne stowarzyszenia przemysłowców francuskich w zasadzie nie różnią się swą organizacją i charakterem działalności od Stowarzyszenia Przemysłowców Belgijskich.

Obecnie we Francji są 3 takie stowarzyszenia: (1) *Association des industriels de France contre les accidents du travail* (w Paryżu), (2) *Association Normande pour prevenir les accidents du travail* (w Rouen), oraz (3) *Association des industriels du Nord de France* (w Lille). Stowarzyszenie paryskie ma ponad 7 oddziałów regionalnych.

Association des industriels de France urządza co 2 lata kongresy, poświęcone przede wszystkim zagadnieniu, jakimi metodami należy posługiwać się w akcji bezpieczeństwa i technice zabezpieczeń w sensie organizacji fabryki, aby akcja ta była istotnie skuteczna. W zeszłorocznym kongresie uczestniczyło 8 państw, wśród których reprezentowany był również Rząd Polski.

Kongresy połączone są z rozdawnictwem nagród, pochodzących z fundacji rodziny Perissé, w postaci medali i dyplomów. Nagrody otrzymują zasłużeni w dziedzinie bezpieczeństwa pracy kierownicy przedsiębiorstw, inżynierowie, majstrowie i robotnicy na wniosek zarówno kierownictwa przedsiębiorstw, jak i Stowarzyszenia.

Omówione dotychczas stowarzyszenia francuskie i belgijskie nie są jedyną formą społeczną akcji przeciwwypadkowej, wynikającej z inicjatywy przemysłowców. Zwolnienie pracodawcy od ponoszenia odpowiedzialności cywilnej przez nałożenie na niego drobnej stosunkowo opłaty na ubezpieczenie musiałoby w konsekwencji spowodować pogorszenie stanu bezpieczeństwa w przedsiębiorstwach źle zorganizowanych i zaniedbanych. Taki stan rzeczy, oczywiście, wywołałby podwyższenie składki na ubezpieczenie. Te względy, stanowiące ogólny i wszędzie powtarzający się brak systemu ubezpieczenia od wypadków, skłoniły niektóre towarzystwa ubezpieczeniowe francuskie i belgijskie, t. zw. *Associations d'Assurance Mutuelles*, grupujące przedsiębiorstwa podobnej branży (hutnictwo, przemysł metalowy, budownictwo we Francji), do związania ubezpieczenia z akcją zapobiegania wypadkom. Akcję tę prowadzą zapomocą przeważnie własnych organów niejednokrotnie z wybitnymi wynikami.

Szczególnie interesującą formą pośredniej współpracy w dziedzinie zapobiegania wypadkom posługuje się zjednoczenie francuskich prywatnych ubezpieczeń od wypadków o „składce stałej” (*primes fixes*). Mianowicie zrzeszenie takie, grupujące kilkadziesiąt prywatnych stowarzyszeń asekuracyjnych, p. n. *Comité général des compagnies d'assurance*, stworzyło specjalną instytucję *Bureau Central de prévention des accidents* do walki z wypadkami przy pracy. Biuro to zupełnie nie posiada własnych organów technicznych, przeznaczonych do pracy w „terenie”, lecz jedynie kieruje całą akcją i centralizuje zarówno doniesienia o wypadkach, jak i ich opisy. Do technicznej pracy „w terenie” posługuje się na zasadzie umowy odpowiednimi organizacjami technicznymi.

Taka metoda ma wiele stron dodatnich. Zapewnia ubezpieczonym pomoc fachową wysokiej wartości, jakiej jedna organizacja wytworzyćby nie mogła choćby tylko ze względu na koszt utrzymania specjalistów z różnych dziedzin pracy. Współpracując z licznymi, rozrzuconymi po całym kraju organizacjami technicznymi, Biuro Centralne ma możliwość swobodnego wyboru spośród nich takich instytucji, które rzeczywiście w akcji zwalczania wypadków mogłyby wykazać się wynikami. Wywołuje to zdrowe i pożądane współzawodnictwo wśród tych instytucji i ogranicza do minimum koszt specjalistów i wyjazdów, ponieważ pozwala na posługiwanie się siłami miejscowymi. Do organizacji technicznych, współpracujących z Biurem Centralnym, należy przede wszystkim *Association des industriels de France* wraz ze stowarzyszeniami pokrewnymi i oddziałami regionalnymi oraz znane powszechnie powiernicze biuro techniczne *Veritas*. To ostatnie posiada oddziały, rozsiane po całej Francji, a w celu walki z wypadkami zaangażowało specjalnych inżynierów bezpieczeństwa.

Poza bezpłatnymi poradami, wizytacjami i badaniami stanu bezpieczeństwa pracy Biuro Centralne zapewnia ubezpieczonym również bezpłatnie materiał instrukcyjny i propagandowy. W stowarzyszeniach asekuracyjnych, zjednoczonych w *Comité général*, jest ubezpieczonych ponad 800 przedsiębiorstw z 200 tysiącami robotników. Ponieważ są to przedsiębiorstwa rozmaitej wielkości i rodzaju, wskutek tego o bardzo różnym stopniu niebezpieczeństwa, Biuro Centralne rozpoczęło badania i prace nad poprawą stanu bezpieczeństwa przede wszystkim od przedsiębiorstw większych i niebezpieczniejszych, systematycznie rozszerzając swą działalność na pozostałe.

3. Zrzeszenia, oparte na ustawodawstwie państwowym.

Rozwój inicjatywy społecznej w krajach, położonych na wschód od Renu (np. Niemcy i Szwajcaria), potoczył się inną drogą — w ramach ustawodawstwa państwowego.

Ustawa ubezpieczeniowa Rzeszy Niemieckiej z r. 1884 zmusiła pracodawców zarówno w przemyśle, jak i w rolnictwie, do utworzenia organizacji ubezpieczeniowych, któreby realizowały trzy ściśle ze sobą związane zadania, a mianowicie:

- (1) zapobieganie wypadkom,
- (2) leczenie ich ofiar,
- (3) odszkodowanie za wypadki.

Temi organizacjami ubezpieczeniowo-zapobiegawczymi stały się tak zwane zrzeszenia zawodowe (*Gewerbliche und Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaften*).

Według definicji prawnej są to przymusowe celowe związki samorządne, oparte na wzajemności i posiadające charakter i uprawnienia o mocy publiczno-prawnej. Tworzono je na podstawie dwóch zasad równocześnie: branżowej i regionalnej. W ten sposób powstało 69 zrzeszeń za-

wodowych przemysłowych i 44 zrzeszenia rolnicze, rozmieszczone na obszarze całej Rzeszy Niemieckiej. Należy zaznaczyć, że zrzeszenia zawodowe bynajmniej nie są jedynymi instytucjami w Niemczech, upoważnionymi do prowadzenia akcji przeciwwypadkowej i nadzoru stanu bezpieczeństwa w zakładach pracy.

System organizacji bezpieczeństwa pracy w Niemczech jest bardzo zawiły. Zawiłość ta pozostaje w związku z stopniowym rozwojem idei ochrony pracy w historycznie skomplikowanej budowie państwowej Rzeszy Niemieckiej. Wystarczy powiedzieć, że w sprawie bezpieczeństwa pracy mają wpływ nietylko przedstawiciele władzy państwowej, jak inspekcja przemysłowa techniczna i lekarska oraz policja, lecz także poza inspekcją techniczną zrzeszeń zawodowych inspektorowie kotłów parowych i innych urządzeń, nadzorcy budowlani, przedstawiciele organizacji pracowniczych, a nawet robotnicy, dawniej członkowie rad załogowych, obecnie przedstawiciele rad zaufania, stworzonych ustawą z dn. 20.I.1934 r. t. zw. *Das Gesetz zur Ordnung der nationalen Arbeit*. Natomiast sprawy higieny pracy należą wyłącznie do kompetencji władz państwowych.

Na czele każdego zrzeszenia zawodowego stoi zarząd, wybierany przez przedsiębiorców danej gałęzi przemysłu. Liczba głosów, przysługująca przedsiębiorcom, nie jest jednakowa i zależy od wysokości składki, którą znów ustala się według zarobków robotników, pracujących w danym przedsiębiorstwie. Zarząd pełni swe czynności honorowo i nie ma prawa pobierać wynagrodzenia. Ustala wysokość składki na ubezpieczenie, proponuje inspektorów technicznych oraz nakłada kary na członków zrzeszenia, wykazujących nadmierną wypadkowość. Zarówno Zarząd, jak i jego poszczególni członkowie nie mogą zwiedzać zrzeszonych przedsiębiorstw. Prawo to pozostawiono wyłącznie inspektorom technicznym.

Władzą nadzorującą działalność zrzeszeń zawodowych jest Urząd Ubezpieczeń Rzeszy, który zatwierdza ich statut i inspektorów technicznych oraz interwenjuje we wszystkich kwestiach spornych, wynikających pomiędzy zarządem zrzeszenia i jego członkami lub ubezpieczonymi i zrzeszonym. W razie zaniedbania przez zrzeszenie akcji profilaktycznej, U. U. Rzeszy nakłada na niego kary i prowadzi akcję na jego koszt.

Inspekcja techniczna zrzeszeń zawodowych jest bardzo liczną i dochodzi do 760 osób. Według danych z r. 1934 przemysłowe zrzeszenia zawodowe zatrudniały 466 inspektorów, będących doświadczonymi znawcami przemysłu, zgrupowanego w danym zrzeszeniu, a nie danego urzędnika, jak w Belgii i Francji. Inspektor techniczny nie jest urzędnikiem państwowym, ale ma charakter osobistości oficjalnej. Składając wobec U. U. Rzeszy przysięgę na zachowanie tajemnicy służbowej, może być zwolniony tylko za zgodą U. U. Rzeszy w drodze dyscyplinarnej, stawia wniosek o podniesienie składki ubezpieczeniowej, a w razie stwierdzenia bezpośredniego niebezpieczeństwa ma prawo zażądać interwencji władzy państwowej, chociaż nie może wydawać nakazów indywidualnych. W zasadzie jednek inspektor zrzeszenia jest doradcą przedsiębiorcy we wszystkich sprawach bezpieczeństwa pracy. Ważnym zadaniem inspektorów technicznych jest poprawienie istniejących i opracowywanie projektu nowych przepisów bezpieczeństwa. Przepisy takie uchwała zarząd zrzeszenia, a zatwierdza U. U. Rzeszy.

Organizacja zawodowa przemysłu elektrotechnicznego w Niemczech jest złączona z organizacją precyzyjnego przemysłu mechanicznego (*Berufsgenossenschaft für Feinmechanik u. Elektrotechnik*). Pomimo rozbicia regionalnego in-

nych zrzeszeń, ta organizacja obejmuje całe Niemcy, licząc 9 sekcji. Liczba ubezpieczonych zakładów pracy wynosiła w r. 1934 — 28 297 z 586 193 robotnikami. Zrzeszenie pozostaje pod kierownictwem inż. Alwenslebena i posiada 10 inżynierów, którzy pracują wyłącznie w dziedzinie bezpieczeństwa pracy powierzonych im zakładów pracy. W roku sprawozdawczym zwiedzili oni 9913 przedsiębiorstw z 219 000 robotników, a więc $\frac{1}{3}$ zakładów, należących do zrzeszenia. Sprawozdanie z technicznej działalności tych inżynierów obejmuje 50 stron dużego formatu, zawiera liczne rysunki i 37 tablic, charakteryzujących zarówno techniczną działalność inspektorów bezpieczeństwa, jak i wypadki przy pracy, których zgłoszono przeszło 28 000, odszkodowano około 1 300, z czego 188 wypadków śmiertelnych. Na 1 000 ubezpieczonych robotników było wypadków zgłoszonych 65, odszkodowanych 2,4, a śmiertelnych 0,27.

Zrzeszenia zawodowe utworzyły jeszcze w 1887 roku swe związki, których jest dwa: *Verband der deutschen gewerblichen Berufsgenossenschaften* i *Verband der deutschen landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften*. Emanacją tych związków jest Centrala do zapobiegania wypadkom, która załatwia wszystkie sprawy natury ogólnej, dotyczące bezpieczeństwa pracy. Centrala tworzy specjalne wydziały państwowe, t. zw. *Rechsausschüsse*, często połączone ze stacjami doświadczalniami, jak np. przy Politechnice w Hannoverze (*Reichsschleifscheibenausschuss*). Zapomocą tych wydziałów przeprowadzono badania niebezpieczeństw, związanych z pracą na różnego rodzaju tarczach szlifierskich, opracowano standaryzowane typy okularów i t. d. Centrala posiada swe własne biuro konstrukcyjno-rysunkowe, w którym opracowuje się różne sposoby zabezpieczeń, pozatem ujednostajnia i uzgadnia tworzone przez poszczególne zrzeszenia zawodowe przepisy bezpieczeństwa, nadzoruje targi i wystawy maszyn w celu zmuszenia do wystawiania tylko obiektów zabezpieczonych, urządza wystawy bezpieczeństwa pracy, konkursy na zabezpieczenia, kursy nauki udzielania pierwszej pomocy oraz kursy dla kandydatów na inspektorów technicznych zrzeszeń.

Działalność wydawnicza zarówno związku, jak i poszczególnych zrzeszeń zawodowych, jest bardzo szeroka. Zrzeszenia podają rezultaty swej działalności w zakresie bezpieczeństwa pracy w drukowanych sprawozdaniach rocznych, rozsyłają swym członkom wzory zabezpieczeń maszyn, używanych w danym przemyśle, oraz zamieszczają specjalne artykuły z tego zakresu we własnych organach. Organem publikacyjnym związku zrzeszeń jest czasopismo *Die Berufsgenossenschaft*. Sprawozdania wszystkich zrzeszeń składają się na rocznik p. t. *Jahresberichte der gewerblichen Berufsgenossenschaften* oraz na skrót z niego p. t. *Neuartige Schutzvorrichtungen* Wydawnictwo dzieł zbiorowych z zakresu bezpieczeństwa pracy zaznaczyło się wydaniem w 1910 r. pod redakcją Georga Schlessingera a publikacji p. t. *Unfallverhütungstechnik*. W 1927 r. wydano w trzech tomach dużego formatu pod redakcją dr. Fr. Syrupa przy udziale 95 wybitnych niemieckich specjalistów wielkie dzieło zbiorowe p. t. „Podręcznik ochrony pracownika i bezpieczeństwa ruchu” (*Handbuch des Arbeiterschutzes und der Betriebsicherheit*), obejmujące wszystkie dziedziny pracy.

Związek zrzeszeń przyczynił się wydatnie do wprowadzenia nauki bezpieczeństwa pracy nietylko w wyższych i średnich szkołach technicznych, lecz także w powszechnych. Związek w 1924 r. utworzył instytucję pod nazwą *Unfallverhütungsbild*, będąca w Niemczech jedynym wydawcą wszelkiego rodzaju materiału propagandowego.

Program prac związku zrzeszeń zawodowych już przed kilkunastu laty był tak obszerny i skomplikowany, że do współpracy musiało się wciągnąć szerokie sfery społeczeństwa, przemysłu, świata technicznego i naukowego. Wyrazem tej współpracy stało się stworzenie przez Centralę zapobiegania wypadkom olbrzymiego stowarzyszenia, które objęło prawie wszystkie dziedziny pracy w Niemczech. Jest niem t. zw. „Spółnota pracy do spraw zapobiegania wypadkom” — *Arbeitsgemeinschaft für Unfallverhütung*, nazywanego w skróceniu *AFU*.

W skład *AFU* weszły związki fabrykantów maszyn, zrzeszenia inżynierów ruchu, zrzeszenia pracownicze, związek państwowych urzędników nadzoru przemysłowego i t. d. Dzięki tej nowej organizacji wszelkie zagadnienia z dziedziny bezpieczeństwa pracy, czy to dotyczące nowych sposobów zabezpieczeń, czy nowych metod pracy, czy nowych przepisów, mogą być wszechstronnie zbadane i opracowane przez wybitnych specjalistów z każdej dziedziny. Np. nowy pomysł zabezpieczenia jakiejś maszyny czy urządzenia może być zbadany przedewszystkiem od strony możliwości jej praktycznego wykonania, następnie pod względem przydatności praktycznej ustala się, czy projekt jest zgodny z istniejącymi przepisami, i wreszcie, czy projektowane zabezpieczenie nie będzie dla personelu obsługującego zbyt uciążliwe, niewygodne i utrudniające pracę.

Inaczej rozwiazano sprawę organizacji bezpieczeństwa pracy w Szwajcarii.

Zrozumienie podstaw istnienia i działalności *Caisse nationale d'assurances* albo *Schweizerische Unfallversicherungsanstalt* w Lucernie (w skróceniu *SUVA*) jest możliwe jedynie po choćby pobieżnym zapoznaniu się z ustawodawstwem ochrony pracy, obowiązującym w Szwajcarii.

Konstytucja Szwajcarskiej Federacji pozostawia kantonom całkowity samorząd w zakresie stosowania ustaw społecznych. Zgodnie z duchem tego systemu zadaniem państwowej inspekcji pracy, czyli t. zw. Federalnego Inspektoratu Fabrycznego, jest nie bezpośrednie wykonanie ustaw ochronnych, jak to dzieje się przeważnie w Europie, lecz jedynie nadzór nad stosowaniem tych ustaw przez kantony, które w dziedzinie bezpieczeństwa pracy mają również całkowity samorząd. Z tego wyniknął zupełny brak jakichkolwiek jednolitych norm bezpieczeństwa pracy, obowiązujących całą Federację Szwajcarską.

W takich warunkach wykonawcza władza federalnych inspektorów fabrycznych napotykała na olbrzymie trudności i, praktycznie biorąc, prawie nie istnieje. Nic dziwnego, że niedostatek władzy inspekcji państwowej, która wszędzie odgrywa rolę pioniera akcji bezpieczeństwa pracy, odbijał się bardzo niekorzystnie na stanie tego zagadnienia w Szwajcarii, podobnie zresztą jak w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej.

Aby temu niezwykle i anormalnemu stanowi zaradzić, ustawą Federalną z dn. 13.VI.1911 (znowelizowaną 18.VI.1915) o ubezpieczeniu w razie choroby oraz ubezpieczeniu od nieszczęśliwych wypadków stworzono Kasę Krajową, którą pozostawiono pod kontrolą Władz Federalnych, wyposażając ją w pełnię egzekutywy i poważne prawa zarówno w stosunku do pracodawców, jak i ubezpieczonych robotników.

Szwajcarska organizacja bezpieczeństwa pracy jest podobna do organizacji niemieckiej, ale w sensie odwrotnym. Pełnię władzy wykonawczej ma tu organ samorządny, t. j. Kasa Krajowa, a nie przedstawiciele władzy państwowej, jak w Niemczech. Jeżeli podczas wizytacji zakładu pracy inspektor federalny stwierdzi takie wykroczenia w zakresie bezpieczeństwa pracy, których nie można usunąć bez zastosowania

środków przymusowych — zwraca się z odpowiednim wnioskiem do Kasy. Wówczas Kasa na podstawie wymienionej Ustawy ma możliwość zastosowania wobec opornego pracodawcy takich środków, jakie uzna za stosowne.

Przepisy bezpieczeństwa, wydane przez Kasę, mają moc prawną, od nakazu zaś, wydanego na ich podstawie, strona zainteresowana może wnieść odwołanie tylko do Rządu Federalnego. Jednakowoż Kasa rzadko kiedy ucieka się do stosowania nakazów. Najskuteczniejszym środkiem jej działania zarówno na niedbałych, jak i na wzorowych przedsiębiorców, jest podwyższenie lub obniżenie składki ubezpieczeniowej, którą płaci wyłącznie pracodawca. Układ szwajcarskiej taryfy składek za ubezpieczenie od wypadków pozwala w szerokich granicach na premjowanie dobrze zarządzanego i dbale prowadzonego przedsiębiorstwa lub też, w podobnym stosunku, na ukaranie niedbałego.

Podobnym środkiem finansowym Kasa wpływa również na robotników, o ile ci nie stosują się do elementarnych zasad bezpieczeństwa pracy — mianowicie Kasa ma prawo obniżyć świadczenia ubezpieczeniowe (rentę) robotnikowi, który wywołał wypadek przez niestosowanie się do przepisów bezpieczeństwa. W praktyce Kasa wyjątkowo stosuje to ostatnie uprawnienie, jedynie w razie niewątpliwego stwierdzenia ciężkich przekroczeń, np. zaniedbania użycia okularów ochronnych.

Przechodząc do organizacji Kasy, należy zaznaczyć, że jest ona instytucją publiczno prawną, samorządną i nie stanowi części administracji federalnej, jakkolwiek w sprawach bezpieczeństwa pracy ma uprawnienia władzy publicznej. Powstała ona na podstawie ustawy, wymienionej wyżej, rozszerzonej od 1.IV.1918 r. na ogół pracowników przymusowo ubezpieczonych. Kasa obejmuje swą władzą wszystkie przedsiębiorstwa, pracujące na zysk lub zatrudniające pracowników najemnych.

Rada Federalna może powierzyć Kasie nadzór nad jakkolwiek czynnością przemysłową, uznaną przez siebie za niezbędnie potrzebną (art. 60 p. b. wymienionej ustawy). Obecnie nadzorowi Kasy podlegają fabryki, budownictwo, żegluga śródlądowa, budowa i naprawy linii telefonicznych i telegraficznych, dróg, linii kolejowych, mostów i tuneli, kamieniołomy, a nawet nieliczne w Szwajcarii kopalnie.

Zwierzchnim organem Kasy jest Rada Zarządzająca (*Conseil d'administration*), która składa się z 16 przedstawicieli pracodawców, 16 przedstawicieli pracowników oraz 8 osób, wyznaczonych przez Szwajcarską Radę Federalną. Wszystkich członków Rady Zarządzającej mianuje na 6 lat Rada Federalna, na podstawie propozycji najważniejszych związków zawodowych.

Rada Zarządzająca wyłania dyrekcję zatwierdzaną przez Radę Federalną, specjalne komisje oraz 11 agencji, reprezentujących Kasę w ośrodkach regionalnych.

Szwajcarska Kasa Krajowa słusznie uchodzi za instytucję bardziej techniczną, aniżeli ubezpieczeniową. Na jej czele stale pozostaje inżynier (obecnie inż. Alfred T z a u t). Posiada ona silnie rozbudowany oddział techniczny, liczący około 20 inżynierów, mechaników i techników, którzy stale studjują zagadnienie, opracowują normy i przepisy bezpieczeństwa. Dział bezpieczeństwa pracy nie ma podwydziałów specjalnych, jakkolwiek jego techniczni pracownicy zajmują się zakładami pracy, odpowiadającymi ich wykształceniu i kwalifikacjom. Inspektorzy zwracają się o współpracę do wszystkich zainteresowanych osób i instytucji. Wyzyskują również współpracę Inspekcji Federalnej, która udziela im swych spostrzeżeń. Jak zaznaczono wyżej, zarówno Kasa, jak i jej techniczni inspektorzy, ma prawo wydawania również nakazów indywidualnych, co stanowi przywilej

instytucji ubezpieczeniowej, nieznaną poza Szwajcarią. Po zbadaniu wadliwego stanu przedsiębiorstwa, inspektor Kasy zwraca się do działu technicznego, który według jego wskazówek opracowuje i wysyła do takiego przedsiębiorstwa projekty, szkice, rysunki i wyjaśnienia, potrzebne do wykonania norm przepisowych.

Kasa ściśle współpracuje z muzeami bezpieczeństwa pracy i odpowiednimi zakładami wyższych uczelni technicznych, w szczególności z politechniką w Zurychu.

Kasa dysponuje własną stacją doświadczalną, połączoną z odpowiednim muzeum, do badań bezpieczeństwa pracy. Zakład wytwarza też własnymi środkami środki ochrony osobistej pracującego oraz osłony maszyn i udziela zainteresowanym wyczerpujących informacji oraz pomocy technicznej przy montowaniu urządzeń na miejscu. Środki bezpieczeństwa, wytwarzane przez siebie, nie opatentowuje i sprzedaje zainteresowanym po cenie własnego kosztu, a na droższe urządzenia wypłaca zaliczki i udziela pożyczek.

Pod względem technicznym szczególnie wysoko jest w Kasie postawiony dział zabezpieczeń obrabiarek do drzewa. Osłony, wytworzone przez zakład w tym zakresie, Międzynarodowe Biuro Pracy uznało za wzorowe, tak, że szereg krajów, zaawansowanych w akcji zapobiegawczej, jak np. Holandia, stosują się dokładnie do szwajcarskich zaleceń. Ponadto dział techniczny opracował kilka typów wzorowych okularów ochronnych, model specjalnego urządzenia bezpiecznego do lakierowania natryskowego i t. d.

Wyniki działalności Kasy charakteryzuje sprawozdanie za rok 1932. Jej personel techniczny wykonał w tym czasie 3 133 inspekcji, udzielił 6 550 porad technicznych oraz zmontował 2 003 osłon, służących do zabezpieczenia maszyn i urządzeń.

Z pośród 150 przemysłowców, którzy nie wykonali przepisanych przez inspekcję zabezpieczeń, 147 ukarano przez podniesienie składki ubezpieczeniowej, trzem zaś wytoczono sprawy sądowe. Spośród przedsiębiorstw, opłacających wysoką składkę, 85 zaliczono do niższej kategorii opłat dzięki wprowadzeniu przez nie nowych zabezpieczeń.

W swej działalności przeciwypadkowej Kasa Krajowa nie ogranicza się jedynie do wyzyskania własnych tylko sił. Przeciwnie, do współpracy wciąga wszystkie instytucje dawniejsze, które już istniały, zanim na zasadzie ustawy Kasę stworzono. Korzystając z zagwarantowanej ustawą swobody, Kasa zawarła odpowiednie umowy z kilkoma instytucjami, które wyręczają Kasę w nadzorze niektórych gałęzi przemysłowych lub też w kontroli pewnych narzędzi pracy, działając w imieniu Kasy. Do tych instytucji należą: Inspektorat Techniczny związku gazowni szwajcarskich, Szwajcarskie Stowarzyszenie Acetylenowe (wszystko w Zurychu), a ponadto Inspektorat Techniczny przemysłowców szwajcarskich, 2 Stowarzyszenia dozoru dźwigów (1 w Genewie). Działalność 3 pierwszych omówimy szczegółowiej poniżej.

Do listopada 1918 roku 3 niżej wymienione prywatne stowarzyszenia, a mianowicie:

(1) Inspektorat Instalacji Elektrycznych wysokiego napięcia, utworzony przy Unji szwajcarskich elektryków w Zurychu,

(2) Inspektorat Techniczny Związku Gazowni Szwajcarskich, powołany przez dobrowolny Związek Przemysłowców oraz

(3) Szwajcarskie Stowarzyszenie Acetylenowe — zachowały również i w dziedzinie bezpieczeństwa pracy swój ściśle prywatny i doradczy charakter. W tymże 1918 roku po zawarciu umowy z Krajową Kasą Ubezpieczeń od Wypadków stają się one oficjalnymi organami Kasy i każde w obrębie swej specjalności współpracuje z nią. Współpraca ta

polega przede wszystkim na wizytacjach i wydawaniu zarządzeń w imieniu Kasy na podstawie obowiązujących ustaw i rozporządzeń państwowych.

Najdawniejszym z pośród wymienionych stowarzyszeń jest powstały w r. 1898 przy Związku Szwajcarskich Elektryków Inspektorat instalacji elektrycznych wysokiego napięcia. Istnieje do dziś dnia w Zurychu i nie posiada oddziałów regionalnych. Pomimo prywatnego charakteru od początku istnienia pobierał subwencje od rządu federalnego ze względu na doniosłą rolę i olbrzymie rozpowszechnienie zakładów przemysłowych, wytwarzających i zużywających prąd elektryczny w Szwajcarii.

W miarę wyników swej pracy, Inspektorat zyskiwał coraz szersze uprawnienia w instytucjach publicznych. W roku 1903 Szwajcarskie Federalne Koleje Żelazne upoważniły Inspektorat do stałego nadzoru nad urządzeniami zelektryfikowanych linii kolejowych. Stosownie do nabytego w ten sposób publicznego charakteru Inspektorat podlega Szwajcarskiemu Departamentowi Kolei Żelaznych i wykonywa swe zadania zgodnie z odpowiednią ustawą z dnia 24.IV.1932 r.

Fakt powierzenia nadzoru nad urządzeniami państwowymi prywatnej instytucji stał się ważnym precedensem na przyszłość i to, jak zobaczymy, nie tylko w stosunku do Inspektoratu elektrycznego.

W 15 lat potem za Dyrekcją Kolei Żelaznych również i Kasa Krajowa na podstawie wspomnianej umowy powierzyła Inspektoratowi oficjalną misję przeciwdziałania wypadkom przy instalacjach elektrycznych przedsiębiorstw różnego rodzaju, ubezpieczonym w Kasie.

W ten sposób Inspektorat uzyskał urzędowy nadzór nad wszystkimi instalacjami prądu silnego w Szwajcarii, przeprowadza badania, a nawet jest uprawniony do udzielania zezwoleń na budowę nowych urządzeń. Nadzór sprawowany jest przez 12 inspektorów. Inspektorzy ci, wyspecjalizowani w niebezpieczeństwach prądu o wysokim napięciu, udzielają zainteresowanym pouczeń, składają odpisy raportów badań zakładom wytwarzającym i przetwarzającym prąd, których jest w Szwajcarii około 1 200. Wydają komunikaty z zakresu bezpieczeństwa pracy w biuletynie Szwajcarskich Elektryków, a ponadto urządzają konferencje na tematy, związane z bezpieczeństwem pracy w stowarzyszeniach pracowniczych. Inspektorat nie prowadzi specjalnego nauczania na terenie szkolnictwa zawodowego, natomiast dostarcza lub poleca szkołom materiał techniczny, potrzebny do zaznajomienia się uczniów z niebezpieczeństwami elektrycznymi. W związku z tem i jako organ pomocniczy Unji Elektryków Inspektorat zorganizował własną stację badań elektrycznych, której wyniki podaje do publicznej wiadomości w sprawozdaniach; posiada również zbiór zabezpieczeń oraz części instalacyjnych, które wywołały wypadki elektryczne.

Szwajcarski Związek Gazowni i Zakładów Wodociągowych stworzył w latach 1911 — 1912 Inspektorat techniczny bezpieczeństwa pracy i porad technicznych dla gazowni oraz zakładów rozdzielających i przetłaczających gaz. Pod stałym nadzorem Inspektoratu pozostawało (w r. 1926) 90 gazowni i zakładów pomocniczych, zatrudniających razem około 2 500 robotników.

Inspektorat rozsyła członkom okólniki z zakresu bezpieczeństwa pracy, opracowywane na podstawie materiałów krajowych i zagranicznych, помещa artykuły w miesięczniku Związku Gazowni, wydaje corocznie sprawozdania z działalności oraz udziela informacji i instrukcji zarówno postronnym organizacjom, jak i osobom prywatnym.

Badania naukowe Inspektorat przeprowadza w ograniczonej mierze na miejscu w zakładach pracy. Badań scentralizowanych w laboratorjach nie prowadzi.

W tym samym 1911 roku, co Inspektorat techniczny gazowni, powstało również jako prywatne stowarzyszenie, Zawodowe Szwajcarskie Stowarzyszenie Acetylenowe. Stowarzyszenie tego rodzaju nie może oczywiście być związkiem branżowym, ponieważ celem jego jest zgrupowanie przedsiębiorstw, korzystających z urządzeń acetylenowych lub posiadających te urządzenia. W roku 1926 Stowarzyszenie liczyło 900 członków, reprezentujących około 5 000 zakładów przemysłowych. Te przedsiębiorstwa są rozsiane w rozmaitych gałęziach wytwórczości, a ich zainteresowanie nie ogranicza się wyłącznie do bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach acetylenowych, przeciwnie, każda nowość techniczna z tego zakresu stanowi dla nich niemniej ważne zagadnienie.

W celu ułatwienia swej pracy Stowarzyszenie posiada zbiór wzorowych acetylenowych wytwornic oraz wszelkiego rodzaju zabezpieczeń, dotyczących spawalnictwa wogóle. Ponadto pracuje nad jego rozwojem i organizuje w tym zakresie specjalne kongresy oraz kursy naukowe na politechnice w Zurychu i w szkolnictwie zawodowym.

Oprócz wymienionych trzech instytucji Kasa Krajowa współpracuje na podobnych zasadach również z innymi instytucjami takimi, jak organizacja bezpieczeństwa pracy szwajcarskich przemysłowców, stowarzyszenie dozoru kotłów, inspektoraty dźwigów i t. d.

W ten sposób liczba organów wykonawczych Kasy lucerneńskiej powiększa się bardzo znacznie; unika się powtarzania przez kilka instytucji tej samej pracy, która w ten sposób zyskuje na jakości. Ilościowy obraz pracy personelu technicznego stowarzyszeń, współdziałających z Kasą przedstawia się w r. 1932 następująco.

Nazwa stowarzyszenia	L i c z b a	
	wizytacyj	nakazów
Inspektorat prądu o wysokim napięciu	74	14
„ Gazowni	102	69
„ Stow. Acetylenowego	1 140	172
Inspektorat Organ. Bezp. Pracy Szwajcarskich Przemysłowców.	1 184	—
Stow. Nadzoru Kotłów Parowych	4 965	—
Inspektorat dźwigów (Kanton Genewski).	24 (na koszt Kasy)	

W powyższym zestawieniu uderza bardzo mała liczba nakazów, wydanych przedsiębiorcom przez inspektorów. Duża liczba wizytacji nie miała w wyniku żadnych wogóle nakazów. Dowodzi to bardzo wysokiego poziomu, na którym Kasa postawiła w Szwajcarii sprawę bezpieczeństwa pracy.

W akcji zapobiegania wypadkom Kasa Szwajcarska często skupia swą uwagę i wysiłki na ściśle określonych zagadnieniach, jak np. wypadki oczne lub obrabiarki do drzewa. Dysponując dostatecznym personelem instrukcyjnym, własnymi laboratorjami badawczymi i warsztatami, mając wreszcie do dyspozycji sankcje karne, może zamierzenia swe przeprowadzać z dużym prawdopodobieństwem wyniku dodatniego.

4. Nowe formy organizacyjne walki z wypadkami — służby bezpieczeństwa pracy.

Jak widać z dotychczas omówionych przykładów, wszystkie stowarzyszenia i organizacje europejskie, zajmujące się specjalnie bezpieczeństwem pracy, są instytucjami nadzorującymi, badawczymi i instrukcyjnymi. Działalność ich nie może jednak poprawić wydatnie stanu bezpieczeństwa, jeżeli nie natrafi ze strony zainteresowanych przedsiębiorstw

na systematyczne i czynne współdziałanie. Przedsiębiorstwa europejskie do ostatnich lat zachowywały się biernie w walce z wypadkami, ograniczając się do korzystania z świadczeń instytucji bezpieczeństwa pracy. Do czynnej współpracy przystąpiono dopiero po wojnie światowej, pod wpływem doświadczeń i wyników amerykańskich. Rozwój akcji bezpieczeństwa pracy w Ameryce był zupełnie odmienny, niż w Europie.

W dziedzinie tej Stany Zjednoczone nie znały ani nadzoru państwowego, ani działalności prywatnych czy ubezpieczeniowych związków pracodawców, które w Europie utrzymywały stan bezpieczeństwa pracy na jakim takim poziomie. Na przełomie XIX i XX wieku Stany Zjednoczone, jak wiadomo, bardzo silnie się uprzemysłowiły i już wówczas wprowadzały zasadę racjonalizacji pracy, bez uwzględnienia jej bezpieczeństwa. W przemyśle, zwłaszcza w zmechanizowanym, nianowicie w hutnictwie żelaznym, przy napływie gwałtownym niefachowego elementu robotniczego, fala wypadków niehamowana, jak w Europie, żądami tamami, rozpełtała się w taki sposób, że niektóre huty, zatrudniające kilka tysięcy robotników, zabijały do 80 ludzi rocznie, a żadna nie wykazywała mniej aniżeli 5 trupów, nie licząc selek ciężko rannych. Makabryczny rekord *United steel corporation* doszedł w roku 1906 do szczytu, od którego zaczyna się nowa epoka w akcji przeciwwypadkowej. Oburzona prasa podniosła alarm, robiąc aluzje do śmiercionośnej stali, mordującej ludzi bez wojny, nieustanne mityngi groziły rewoltą, składki za ubezpieczenie od wypadków wzrastały nieomal w postępie geometrycznym; niektóre spółki ubezpieczeniowe uchylały się wogóle od przyjmowania hut stalowych do ubezpieczenia od wypadków, a te, które godziły się na to ryzyko, obliczały premje asekuracyjne tak wysoko, że kalkulacja wyrobu stanęła pod znakiem zapytania.

Wówczas związek hut podjął akcję zapobiegawczą, powierzył jej kierownictwo *Le on o w i C h a n e y' o w i*, obecnie wysokiemu urzędnikowi Federacyjnego Ministerstwa Pracy, słusznie uważanemu za twórcę nowych metod w walce z wypadkami. Zaczął on właśnie w owym historycznym roku 1906 od badania stanu bezpieczeństwa poszczególnych fabryk i stwierdził, że huty, a nawet ich poszczególne działy, stosujące podobne metody pracy i wytwarzające takie same produkty, stale wykazują bardzo znaczne różnice pod względem częstotliwości wypadków, np. odlewnie stali w całym przemyśle hutniczym wykazywały częstotliwość średnią 51,4, w stalowni zaś w jednym zakładzie stali wynosiła około 4, w innym zaś prawie 80.

Badania *Chaney'a*, jak i cała akcja, systematycznie przez niego prowadzona później, doprowadziły do odkrycia dziś tak jasnej i prostej prawdy, że leczenia pacjenta bez jego woli nie da się nigdy z pełnym wynikiem przeprowadzić. Tym pacjentem jest właśnie przedsiębiorstwo przemysłowe.

Metody amerykańskie nie tylko dotyczą badania technicznych urządzeń przedsiębiorstwa, lecz także obejmują wychowanie wszystkich pracowników w zasadach bezpieczeństwa pracy. Było to zastosowaniem nowej w tej dziedzinie metody, której formą organizacyjną stały się t. zw. służby bezpieczeństwa pracy. Stąd też rok 1906, będący początkowaniem tych metod, stanowi moment przełomowy w rozwoju form organizacyjnych bezpieczeństwa pracy na świecie.

Organizacja w przedsiębiorstwie przemysłowym służby bezpieczeństwa pracy jest prosta i w najważniejszych zarysach już ustalona w całym świecie. Podstawą jej jest zgod-

ne współdziałanie wszystkich czynników na terenie zakładu pracy, od dyrektora począwszy, a na najskromniejszym robotniku skończywszy. Takiemu charakterowi służby odpowiada poniższy schemat.

SCHEMAT ORGANIZACJI SŁUŻB BEZPIECZENSTWA PRACY.

Dyrekcja przedsiębiorstwa.
(Kierownictwo techniczne)

Referat bezpieczeństwa i higieny pracy.

1) Kierownik służby bezpieczeństwa.

a) Czynności wstępne:

1) Zorientowanie się w źródłach i przyczynach niebezpieczeństwa,

2) Stworzenie planu poprawy.

b) Zadania normalne:

1) Ewidencja i statystyka wypadków przy pracy.

2) Skoordynowanie i scharmonizowanie wszystkich prac w ten sposób, aby przeprowadzane były bezpiecznie,

3) Nadzór nad urządzeniami fabrycznymi, ich stanem i zabezpieczeniem, oraz sprawdzanie stosowania zabezpieczeń zapomocą stałych rewizyj technicznych,

4) Nauczanie bezpiecznych metod pracy,

5) Prowadzenie propagandy bezpieczeństwa pracy,

6) Kontakt z władzami i instytucjami, poświęconymi bezpieczeństwu pracy (Inspekcja Pracy, Zakład Ubezpieczeń Społecznych, Instytut Spraw Społecznych, sekcje bezpieczeństwa związków przemysłowych i technicznych).

2) Kierownik referatu sanitarnego (lekarz).

1) Wyszakowanie personelu w udzielaniu pierwszej pomocy.

2) Zorganizowanie tej służby.

3) Nadzór nad stanem materiałów opatrunkowych i urządzeń ratowniczych.

4) Sprawy higieny pracy i chorób zawodowych.

3. Kierownik straży pożarnej.

1) Wyszakowanie personelu w obronie przeciwpożarowej i przeciwgazowej.

2) Zorganizowanie tej służby.

3) Nadzór nad środkami ratowniczymi i gaśniczymi.

4) Nadzór nad stanem budynków pod względem bezpieczeństwa pracujących.

4. Koło bezpieczeństwa pracy.

Przewodniczący: Dyrektor lub pełnoprawny członek Dyrekcji.

Sekretarz: Kierownik Służby Bezpieczeństwa Pracy.

Członkowie stali: Kierownik Referatu Sanitarnego

„ Straży Pożarnej.

Członkowie zmieniający co pewien okres czasu: Kierownicy Działów Produkcyjnych i Ruchowych (transport); Majtrowie i werkmistrzowie, z czasem robotnicy w pewnym stosunku do załogi.

Zadania: wszystkie sprawy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładzie przemysłowym.

5. Zagadnienie wypadkowości w przemyśle elektrotechnicznym.

Należy zastanowić się, czy istnieje uzasadnienie wprowadzenia tego rodzaju służb w przemyśle elektrotechnicznym. Ludzie, pracujący w przemyśle lub przy urządzeniach, w których istnieje rażąca, niejako notoryczna obawa wypadków, inaczej odnoszą się do niebezpieczeństwa swej pracy, aniżeli pracownicy działu, czy metod pracy, w których ryzyko wypadku nie jest tak zdecydowanie określone i umiejscowione. Z reguły prawie nigdy takich niebezpieczeństw nie lekceważą, chyba, że są z natury ryzykantami lub z niebezpieczeństwem nadmiernie oswojeni. Groza podziemi kopalń, materiałów wybuchowych, prądów elektrycznych i wysokich ciśnień jest tak oczywista, że pracownicy tych działów w sposób niejako automatyczny, szczególnie ostrożnie ustosunkowują się do niebezpieczeństw swego zawodu. W tych działach opracowano szczegółowe przepisy i normy bezpieczeństwa, ustalono nie-

raz bardzo drobiazgowo sposoby badania i ruchu takich urządzeń. Uczniów, mających zamiar poświęcić się takiemu zawodowi, w ciągu długich lat zaznajamiano już w uczelniach z niebezpieczeństwami, z którymi będą się stykali codziennie. Taka metoda wydawała niejednokrotnie bardzo dodatnie wyniki; można rzec, że górnik, elektryk, pyrotechnik są dzięki temu niejako predestynowani na inżynierów bezpieczeństwa pracy, ale ściśle w swoim zawodzie; wskazują na to wyniki. Do oceny tych wyników może być przydatny wskaźnik względnej wysokości rent, wypłacanych ofiarom wypadków w różnych działach zatrudnienia; np. przemysł materiałów wybuchowych w praktyce mniej obciąża rentami za wypadki instytucje ubezpieczeń, aniżeli tak, zdawałoby się, mało groźny dział, jak przemysł drzewny.

Jednak istnieje, jak zawsze w życiu, i odwrotna strona medalu; jaskrawość niebezpieczeństwa jednego typu prowadzi czasem do lekceważenia drugiego typu niebezpieczeństw, wydawałoby się, znacznie mniej groźnych. Następstwa niebezpieczeństw lekceważonych mogą wystąpić nieraz na plan pierwszy. Przykładów tego rodzaju nie brak. Bezpieczeństwo pracy na powierzchni kopalń nie interesuje górnika w tym stopniu, jakby na to zasługiwało. Pyrotechnik nie poświęci dostatecznej uwagi bezpieczeństwu pracy przy transporcie, np. surowców, które w przemyśle materiałów wybuchowych przedstawiają się dość niewinnie, elektryk zaś, zaabsorbowany połączoną grozą prądu o wysokim napięciu, nie zwróci szczególnej uwagi na niebezpieczeństwa, których istota leży poza jego zawodem.

Bardzo charakterystyczny nie tylko dla Niemiec, ale i dla nas jest rozkład wypadków według poszczególnych przyczyn w przemyśle elektrotechnicznym. Jakkolwiek statystyka niemiecka obejmuje także przedsiębiorstwa mechaniczne, to jednak rzucą się w oczy, że spośród 1351 odszkodowanych wypadków zaledwie 8,5% przypada na prąd elektryczny. Ogromną większość należy przypisać urządzeniom maszynowym — 22,5%, transportowym — 17%, a połowę przyczynom innym, wśród których na czoło wysuwają się upadki z wzniesień i drabin, przewrócenia się słupów i t. d.

W ścisłym związku z rozkładem przyczyn wypadków pozostają zalecenia i środki, przedsięwzięte przez inspektorów w celu zwalczania wypadków. Na czele tych środków wysuwają się zalecenia, dotyczące używania niewłaściwych drabin (2304), zabezpieczenia maszyn, ich części oraz pędni (2823), urządzeń do oświetlania (1293), podczas gdy uwagi, dotyczące urządzeń elektrycznych i ich utrzymania, stoją na znacznie dalszym miejscu (774).

Co do stosunków w Polsce poniższe zestawienie daje podobny obraz. Zawiera ono wypadki odszkodowane, zaszłe w r. 1932 i 1933 w elektrowniach, położonych na obszarze województw środkowych, południowych i wschodnich (bez pomorskiego, poznańskiego i śląskiego).

Załączone zestawienie wskazuje na stosunkowo nikłą liczbę wypadków, których bezpośrednią przyczyną był prąd elektryczny, będący właśnie notorycznym niebezpieczeństwem elektrowni.

Takie wypadki stanowiły zaledwie 10% ogółu, choć przeszło $\frac{1}{3}$ z nich miała wynik śmiertelny. Większość wypadków tego rodzaju zdarzyło się jednak na liniach elektrycznych, uchylających się z pod bezpośredniego i stałego nadzoru inżyniera elektryka.

Bliższe badania innych „nieelektrycznych” wypadków, stanowiących właśnie przytłaczającą większość, wskazuje np. takie, których w zasadzie można było uniknąć:

Zestawienie statystyczne
wypadków w elektrowniach za lata 1932 — 1933
b. Zakład Ubezp. od Wypadków we Lwowie.

Przyczyny i rodzaje wypadków	R a z e m		w t e m		
	liczby bezwzględne	%	lekkie	ciężkie	śmiertelne
Wypadki ogółem	112	100	57	48	7
Grupa I	11	10	4	3	4
Porażenie prądem elektr.					
Grupa II	61	55	31	27	3
Upadki	31		10	19	2
Spadnięcie przedmiotów	11		8	3	—
Ładowanie, dzwiganie, przenoszenie ciężarów	14		10	4	—
Nastąpienie na przedmioty, uderzenia się	5		3	1	1
Grupa III	15	13	10	5	—
Ręczna praca, ręczne narzędzia	6		6	—	—
Odpryski	4		2	2	—
Oparzenia	3		1	2	—
Zaproszenia oczu	2		1	1	—
Grupa IV	10	9	6	4	—
Windy	3		1	2	—
Wózki, wozy	2		1	1	—
Samochody, rowery	5		4	1	—
Grupa V	9	8	2	7	—
Kotły parowe	1		—	1	—
Motory	3		1	2	—
Pędnie	1		—	1	—
Pompy	1		—	1	—
Maszyny obróbcze	3		1	2	—
Inne	6	5	4	2	—

„Robotnik podczas wyładowywania słupów z wagonu, wszedł na wagon, aby rozpiąć łańcuch, podtrzymujący słupy. Gdy łańcuch został rozpięty, słupy zaczęły się staczać z wagonu, pociągając za sobą robotnika i przygniatając mu nogę” (18.IV.1933).

„Robotnik został pochwycony przez pas, który spadł przy zakładaniu” (2.XI.1933).

Jakież wnioski z tych przykładów nasuwają się inżynierowi elektrowni? Wydaje się konieczne rozszerzenie działalności zapobiegawczej tegoż inżyniera z dziedziny czysto elektrycznej, w której już ma ogromne zasługi, także na dziedzinę organizacyjno-wychowawczą tej części załogi zakładu, która pracuje w nieelektrycznych oddziałach. Wówczas nie będą możliwe tego rodzaju wypadki, świadczące o nieświadomości lub lekkomyślności pracownika:

„W czasie czyszczenia rur kotłowych zapomocą turbiny powietrznej, wał turbiny, urwany ciśnieniem powietrza, uderzył w głowę robotnika” (wypadek zdarzył się 18.VII.1933 r. spowodował pęknięcie czaszki i śmierć) lub

„Szofer podczas lutowania końcówek przy samochodzie doznał oparzenia ręki na skutek wybuchu benzyny (14.XI.1933).

Ponieważ „środek ciężkości” wypadków leży poza urządzeniami elektrycznymi, fakt ten wskazuje na konieczność systematycznej pracy nad poprawą urządzeń nieelektrycznych i ustawicznej działalności pedagogiczno-wychowawczej w stosunku do pracujących. Najlepszą w całym przemysłowym świecie Zachodu uznana formą takiej akcji pedagogiczno-wychowawczej jest organizacja służb bezpieczeństwa pracy, w których zasadniczym zadaniem jest zarówno przysposobienie techniczne, jak i zmiana mentalności w stosunku do wypadków przy pracy, aby stały się one rzadkością na terenie zakładu przemysłowego.

6. Skuteczność akcji przeciwwypadkowej.

Po omówieniu zasad i form organizacyjnych akcji bezpieczeństwa pracy poza granicami naszego kraju i nawiązaniu tego zagadnienia do przemysłu elektrotechnicznego

w Polsce, musimy zastanowić się nad tem, jak skuteczna jest dotychczasowa akcja przeciwwypadkowa. Miarą jej skuteczności nie jest oczywiście zmniejszenie liczby absolutnej wypadków. Na liczbę ich wpływać może wiele czynników, niemających nic wspólnego z bezpieczeństwem pracy, jak np. stan zatrudnienia. Najlepszym, jakkolwiek niecałkowicie wystarczającym, kryterjum skuteczności systematycznej akcji zapobiegawczej jest obniżenie częstotliwości wypadków, czyli zmniejszenie wartości ułamka, którego licznikiem jest liczba urazów, zaszyłych na danym obszarze w określonym czasie, a mianownikiem czas przepracowany przez ludzi, narażonych na ryzyko wypadku. Uzyskanie danych, któreby przedstawiały liczbę rzeczywiście przepracowanych godzin i dni pracy na obszarze całego państwa, oczywiście, nie jest praktycznie możliwe. Dlatego ścisłość odpowiedzi na pytanie o skuteczności akcji przeciwwypadkowej zależy od sposobu jego postawienia. Jeżeli postawi się je w skali ogólnopaństwowej, odpowiedź może być dana jedynie pośrednio. Skoro zaś ograniczy się je do jednego lub nawet większej liczby dużych zakładów pracy, można będzie uzyskać dane w postaci zupełnie ścisłej. Sprawę powyższą postawimy zatem w dwóch płaszczyznach, opierając się na spostrzeżeniach zachodnich społeczeństw, które posiadają dawne tradycje systematycznej walki z wypadkami.

Inż. Ritzmann, szef działu bezpieczeństwa pracy Międzynarodowego Biura Pracy w Genewie, stwierdza¹⁾, że w Niemczech procentowy stosunek wypadków, zachodzących przy maszynach, do ogółu wypadków zawodowych od lat czterdziestu kilku nie ulega zmianie i stale nie przekracza 25%. Stan taki utrzymuje się mimo, że od tego czasu liczba „koni mechanicznych”, przypadająca w Niemczech na jednego robotnika, wzrosła kilkunastokrotnie i znacznie zwiększyła się szybkość ruchu maszyn. Zarówno jeden, jak i drugi czynnik, powinny na ten stosunek wpłynąć niekorzystnie, ponieważ zwiększają prawdopodobieństwo wypadku. Jednak na niemieckich kolejach państwowych, na linjach, w warsztatach i t. d., stojących pod względem technicznym i organizacyjnym na jednym z pierwszych miejsc w świecie, działalność przeciwwypadkowa miała ten skutek, że — o ile w 1927 roku na jeden milion przepracowanych godzin było 67 wypadków, to w 1933 było tylko 28.

Niemniej ciekawe, przytem ściślejsze, dane znajdujemy w pracy L. Hartmanna p. t. *Die Schweizerische Unfallverhütungsanstalt im Lichte der Ergebnisse* (Zürich 1935, Emil Rüegg). Stwierdza on, że ogólna śmiertelność wskutek wypadków w Szwajcarii, liczona na 10 tys. osób od r. 1901 do 1932 spadła z 6,5 na 5,9, pomimo znacznego wzrostu w tym czasie wypadków komunikacyjnych, pozostających w związku z nadzwyczajnym rozwojem ruchu zmotoryzowanego (samochody, motocykle i t. p.). Spadek okaże się jeszcze znaczniejszy, jeżeli weźmie się pod uwagę wyłącznie wypadki, niemające nic wspólnego z komunikacją: na tej podstawie śmiertelność obliczona na 10 tysięcy osób, spadła w tym samym czasie z 5,6 na 4,1.

Dużo łatwiejsza będzie odpowiedź, jeżeli pytanie odniesie się do dziedziny węższej. Wymieniony powyżej Szwajcarski Zakład Ubezpieczenia, jak było zaznaczone, skupia swe wysiłki i uwagę na ściśle określone zagadnienia; dzięki temu wyniki akcji są większe i dają się ująć liczbowo. Jednym z takich zagadnień, w których Zakład Szwajcarski wykazał się bodaj największymi sukcesami,

¹⁾ „L'organisation internationale du travail et la prévention des accidents du travail”. Chronique de la sécurité industrielle 1934, 4. 101.

jest walka z zawodowymi urazami oczu. Obraz wyników w tym zakresie w latach 1919 — 1931 podaje poniższe zestawienie:

Urazy oczu		W l a t a c h		
		1919	1925	1931
Ogółem	liczby bezwzględne	15 104	7 191	6 057
	% do wszystkich wypadków zawod.	14,25	7,79	5,30
przy szlifier.	liczby bezwzględne	2 406	331	181
	% do wszystkich wypadków zawod.	2,27	0,36	0,25

Wyniki działalności Zakładu Szwajcarskiego w walce z wypadkami przy obrabiarkach do drzewa są również znaczne, co uwidoczniła poniższa tablica:

Liczba wypadków przy pracy na pile tarczowej	R o k	
	1919	1928
Liczby bezwzględne urazów	928	828
% w stosunku do ogółu urazów zaszytych przy maszynach do obróbki drewna	42,6	33,1

Jeszcze prościej przedstawia się sprawa, gdy zakres obserwacji zwięźć do grupy zakładów pracy lub jednego wielkiego zakładu przemysłowego, który, prowadząc systematyczną walkę z wypadkami, dysponuje wszelkimi danymi statystycznymi. Na takim terenie dowodów skuteczności akcji nie braknie.

Na terenie Polski w Zakładach Ostrowieckich rozpoczęto walkę z wypadkami w latach 1927-28 i od tego czasu zmniejszono blisko trzykrotnie ich częstotliwość, co ilustruje następujące zestawienie:

R o k	Liczba robotników	Wypadki razem	% uszkodzonych w stos. do średniej liczby zatrudnion.
1925	3398	641	18,8
1926	3053	498	16,3
1927	4235	827	10,5
1928	5361	1090	20,3
1929	5324	849	15,9
1930	4240	427	10,1
1931	3499	295	8,4
1932	3542	261	7,4
1933	3418	267	7,8

7. Walka z wypadkami w Polsce.

Przechodząc do stanu zagadnienia bezpieczeństwa pracy w Polsce, musimy stwierdzić, że kraj nasz w czasie niewoli stracił bezpowrotnie okres od roku 1867 do 1894, w którym w krajach zachodnich tworzyły się i krystalizowały w dziedzinie akcji zapobiegania wypadkom tak bogate i rozmaite formy organizacyjne, oparte na zrzeszeniach ubezpieczeniowych, przemysłowych i zawodowo-technicznych. W pierwszych latach niepodległości było zbyt wiele zagadnień, łączących się często wprost ze sprawami podstaw bytu Państwa, aby było możliwe objąć i rozwiązać całokształt zawiłych zagadnień organizacji bezpieczeństwa pracy.

Do końca 1931 roku w dziedzinie organizacji bezpieczeństwa pracy Polska знаła jedynie władze państwowe w postaci inspekcji pracy, władz nadzoru górniczego oraz Stowarzyszenia dozoru kotłów, wykonyującego swe obowiązki na zlecenie Państwa. Spośród prywatnych organizacji jedynie Stowarzyszenie Elektryków Polskich wyróżniło się intensywną pracą i poważnymi rezultatami w ustaleniu przepisów i norm bezpieczeństwa elektrycznego. To też słusznie SEP-owi przypada zaszczyt nazwy pioniera na polu prywatnej inicjatywy w dziedzinie bezpieczeństwa pracy.

W r. 1931 powstaje fundacja Zakładów Ubezpieczeń Społecznych p. n. Instytut Spraw Społecznych, którego celem, między innymi, są prace naukowe i propagandowe w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy. Odtąd rozwój idei bezpieczeństwa postępuje w szybszym tempie. Na zasadzie polecenia ustawy o ubezpieczeniu społecznym t. zw. scaleniowej z r. 1933, Zakład Ubezpieczeń Społecznych podjął w zeszłym roku akcję zapobiegania wypadkom, tworząc narazie skromną komórkę bezpieczeństwa pracy, obsługiwana przez inżynierów, wytrawnych znawców kilku dziedzin zatrudnienia.

Ostatnią nowością w tej dziedzinie jest przystąpienie do współpracy kilku organizacji technicznych (Stowarzyszenie Techników, Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich, Związku Chemików i Inżynierów Chemików R. P.), a nawet kilku zrzeszeń przemysłowych (Naczelna Dyrekcja Lasów Państwowych, Naczelna Rada Przemysłowców Drzewnych, Związek Fabrykantów Dykt i Fornierów i kilka innych).

Wylczenie całego szeregu rozmaitych instytucji, które rozpoczęły współpracę w walce z wypadkami, może wywoływać na pierwszy rzut oka wrażenie jakiegoś przerostu, jakiejś hipertrofji organizacyjnej. Taki sąd byłby jednak powierzchowny. Należy zwrócić uwagę na niezwykłą powszechność bezpieczeństwa pracy, które ma zastosowanie we wszelkich odłamach zorganizowanej pracy ludzkiej, na liczne organizacje i masy ludzi, których to zagadnienie dotyczy pośrednio lub bezpośrednio.

Zagadnienie organizacji bezpieczeństwa pracy może być rozpatrywane z wielu i różnych stanowisk, z których najważniejsze byłyby następujące:

problem może być ujęty szeroko w skali ogólnopństwowej i wówczas decydujące byłyby względy humanitaryzmu, bezpieczeństwa publicznego i ochrony pracy. Można jednak rozpatrywać to w znacznie węższej płaszczyźnie, mianowicie ze strony odpowiedzialności cywilnej pracodawcy za ofiary wypadków, a w związku z tem stanowiskiem — z ubezpieczeniem od wypadków. Wtedy na pierwszy plan wysuną się straty gospodarcze, jakie wyrządzają wypadki przy pracy na terenie jednego zakładu przemysłowego lub ich niewielkiego zgrupowania. Niemal każdemu punktowi widzenia będzie odpowiadać charakterystyczna forma organizacyjna walki z wypadkami przy pracy.

Niezależnie od tego, z jakiego wyjdzie się założenia, a w związku z tem, jakie względy będą decydowały przy wyborze formy organizacyjnej walki z wypadkami i jakie będą jej odcienie, istotne dążenie wszystkich postaci tej akcji zbiegają się w jednym i wspólnym celu, który leży w interesie wszystkich zainteresowanych, od władz państwowych i dyrekcji dużych zrzeszeń przemysłowych po cząwszy, a na najskromniejszym robotniku skończywszy.

Elektryfikacja przemysłu włókienniczego

Inż. M. St. Kassern

Streszczenie. Dzięki indywidualnemu przystosowaniu się silników elektrycznych do poszczególnych maszyn w przemyśle włókienniczym, a zwłaszcza dzięki łatwej regulacji obrotów, napęd elektryczny jednostkowy wypiera coraz bardziej napędy transmisyjne. Rozwój dąży do bezpośredniego napędu każdego elementu roboczego, a więc idzie w kierunku stworzenia „elektromaszyn”. Zastosowanie napędu elektrycznego jednostkowego w przemyśle włókienniczym jest nie tylko zagadnieniem energetycznym, dającym oszczędności energii, ale głównie — produkcyjnym, zapewniającym podniesienie produkcji pod względem ilościowym i jakościowym, a więc wzrost rentowności zakładu przemysłowego.

1. Postępy elektryfikacji przemysłu.

Przejsie z ruchu ręcznego do napędu mechanicznego odbyło się w przemyśle włókienniczym już w pierwszej połowie 19-go stulecia w związku z wprowadzeniem pary jako siły napędowej w przemyśle. Wówczas maszyna parowa była wyłącznym źródłem siły, a przeniesienie energii napędowej do poszczególnych maszyn odbywało się zapożyczając wałów transmisyjnych i przekładni linowych lub pasowych. Koncentracja maszyn, uwarunkowana napędem transmisyjnym i ściśle uzależniona od źródła energii w postaci maszyny parowej, doprowadziła do powstania wielkich fabryk, dysponujących wieloma tysiącami koni mechanicznych. Mimo wynalezienia silników elektrycznych w drugiej połowie 19 stulecia, szło zastosowanie napędu elektrycznego w przemyśle włókienniczym nadzwyczaj opornie. Złożyło się na to wiele przyczyn.

Przedewszystkiem nie odpowiadały pierwsze silniki wymaganiom, stawianym w przemyśle włókienniczym. Były to silniki prądu stałego, zanieczyszczające się łatwo kurzem i włóknami, unoszonymi się w powietrzu. Poza to np. nie dało się zastosować silników prądu stałego przy krosnach tkackich ze względu na periodycznie powtarzające się uderzenia.

Dopiero wprowadzenie prądu trójfazowego, a przede wszystkim rozwój silników asynchronicznych o zwartych wirnikach utorowały drogę elektryfikacji przemysłu. Silniki trójfazowe dały się dobrze przystosować do szczególnych warunków rozruchu i pracy maszyn włókienniczych.

Dawniej ustawiano silnik elektryczny prosto na miejsce maszyny parowej, zachowując wały transmisyjne i przekładnie. Pozostawały więc wszelkie niedogodności poprzedniego napędu, a mianowicie: ścisła zależność ustawienia maszyn od istniejących transmisyj, która pociągała za sobą niecelową kolejność maszyn w procesie fabrykacyjnym, a poza to pozostawały duże straty energii, związane z napędem transmisyjnym. Ten sposób zastępowania maszyny parowej silnikiem elektrycznym nie ujawniał więc istotnych korzyści napędu elektrycznego, które ukazują się w pełni dopiero przy bezpośrednim sprzężeniu każdej maszyny roboczej z osobnym silnikiem bez pośrednictwa jakichkolwiek transmisyj i przekładni pasowych wzgl. linowych.

Kilkadziesiąt lat wstecz nie było jeszcze central elektrycznych publicznych, które mogłyby oddawać energię elektryczną przemysłowi włókienniczemu po cenach ekonomicznych, t. j. po cenach energii nie wyższych niż cena energii wyprodukowanej we własnym zakładzie parowym. Należy to przypisać ówczesnemu niewielkiemu stopniowi elektryfikacji w ogólności, a co zatem idzie, brakowi wielkich jednostek produkujących tanio energię elektryczną w elektrowniach publicznych. Przemysł elektrowniany nie mógł więc wówczas dostosować swej polityki taryfowej do potrzeb przemysłu włókienniczego.

Jedną z najważniejszych przyczyn, która opóźniła elektryfikację przemysłu włókienniczego i która dziś jeszcze w wielu wypadkach nie pozwala na pobieranie energii elektrycznej z elektrowni publicznych, jest duże zużycie ciepła w przemyśle włókienniczym. Pewne fabryki np. przędzalnie bawełny, pończoszarnie i t. d. potrzebują tylko energii mechanicznej. Natomiast przędzalnie wełny, które piorą i przygotowują samą wełnę, zużywają znaczne ilości ciepła. W tkalniach potrzebna jest głównie energia mechaniczna, a energia cieplna stosowana jest prócz ogrzewania w zimie tylko do ogrzewania krochmalarek. Głównie w wykończalniach zużycie ciepła jest bardzo znaczne. W fabrykach tych potrzebna jest energia cieplna pary dla ogrzewania suszarek, pręzarek ramowych, pras, gładziarek (kalandrów), maszyn do karbonizacji i t. p. oraz dla celów bielienia i farbowania. W wypadkach znacznego zużycia energii cieplnej celowe i konieczne jest połączenie produkcji ciepła z produkcją energii mechanicznej wzgl. elektrycznej, gdyż koszt energii mechanicznej wzgl. elektrycznej w ten sposób uzyskanej jest z natury rzeczy niższy niż koszt energii elektrycznej, wyprodukowanej w elektrowniach publicznych, posiadających maszyny kondensacyjne. To też centrale własne fabryk włókienniczych, zaopatrzone w maszyny parowe z odbiorem pary niskiego ciśnienia dla celów ogrzewania, były wielką przeszkodą dla elektryfikacji fabryk, gdyż fabryki nie mogły pozostać się ze swymi centralnymi parowami, które produkowały energię mechaniczną taniej niż energia elektryczna, którą mogły im dostarczyć elektrownie publiczne. Fabryki takie pozostały więc siłą bezwładności przy napędzie mechanicznym i transmisyjach.

Dopiero rozwój turbin parowych, a zwłaszcza turbin kondensacyjnych z odbiorem pary, oraz przystosowanie silników elektrycznych do specyficznych wymagań przemysłu włókienniczego, skierowały elektryfikację tego przemysłu na właściwe tory.

II. Porównanie napędów transmisyjnych i elektrycznych.

Fabryki starsze, napędzane centralnie maszynami parowymi, posiadają z konieczności długie i rozgałęzione transmisyje z przekładniami pasowymi i linowymi. Ustawienie silnika elektrycznego w miejsce maszyny parowej, praktykowane jeszcze obecnie w pewnych fabrykach, zwłaszcza angielskich, nie poprawia wcale niekorzystnych warunków napędu transmisyjnego, o którym mowa jest niżej. Racjonalniejszym już jest rozbić na szereg transmisyj mniejszych, z których każda napędzana jest osobnym silnikiem grupowym zapomocą pasa lub przekładni zębatej. Uzyskuje się wprawdzie w ten sposób pewne uniezależnienie się od jednego centralnego źródła energii, ale nie wyzyskuje się całego szeregu korzyści nowoczesnych napędów elektrycznych, jednostkowych.

Do tych korzyści należy zaliczyć:

1) Dowolność ustawienia maszyn roboczych niezależnie od transmisyj, a jedynie zgodnie z potrzebami fabrykacji. Związana jest z tem łatwiejsza możliwość rozbudowy i lepsze wyzyskanie miejsca.

2) Zwiększenie się bezpieczeństwa przy pracy po usunięciu pasów i lin, co uwydatniają zdjęcia tkalni o krosnach, napędzanych transmisyją wzgl. silnikami pojedynczymi (rys. 1 i 2).

3) Przezrystość po usunięciu transmisyj i pędni, hamujących doprowadzenie światła do maszyn roboczych.

Salie fabryczne są jaśniejsze i czystsze, gdyż pasy nie tylko zabierają część światła, ale też poruszają kurz w salach. Odpada też możliwość spadania kropli smaru z łożysk na towary.

4) Zwiększona pewność ruchu, gdyż defekty ograniczają się tylko do pojedynczych maszyn, a nie do całych grup.

5) Estetyczny wygląd, co uwydatnia rys. 2.

6) Łatwość pomiaru energii przy każdej maszynie i lepszy dozór nad ruchem.

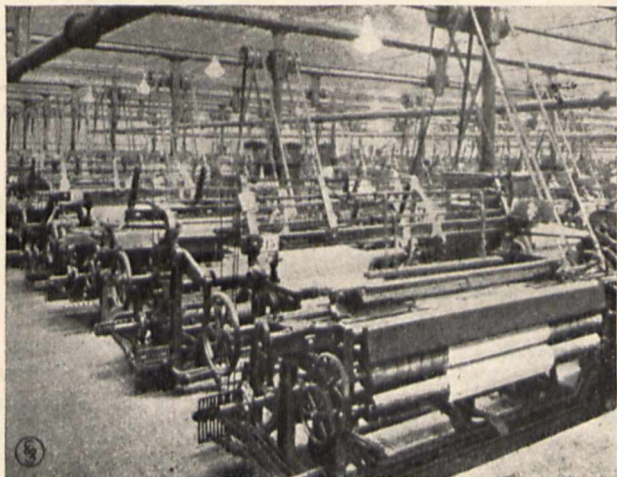
7) Podniesienie się sprawności energetycznej całej fabryki wskutek ubytku strat, które przy napędzie transmisyjnym są znaczne, zwłaszcza przy małym obciążeniu.

8) Podniesienie się produkcji i jakości wytworów fabryki, wskutek równej szybkości biegu maszyn, braku drgań transmisji, ubytku poślizgu pasa, a zwłaszcza na sku-

elektrycznej w mechaniczną (elektrosilnika) do właściwego ostatniego elementu (wał) roboczego". Zbliżenie to związane jest zwykle z podziałem centralnego napędu każdej maszyny na napędy poszczególnych elementów roboczych.

Na rys. 3 widoczna jest ta historyczna wędrówka począwszy od narzędzia ręcznego poprzez transmisje i napędy grupowe do napędów jednostkowych, zasilających bezpośrednio narzędzie robocze — czyli do t. zw. „elektromaszyn” (elektroprzędzarka, elektrowirówka i t. d.).

Mimo bezsprzecznych korzyści napędów elektrycznych, stosowanie ich w przemyśle włókienniczym idzie dość opornie zwłaszcza w starych zakładach. Pochodzi to często z niezrozumienia wielkich korzyści napędu elektrycznego, który jest napędem przyszłości. Przy nowych zakładach zupełnie zelektryfikowanych zapomocą napędów jednostkowych, koszty zakładowe nie są naogół wyższe, niż



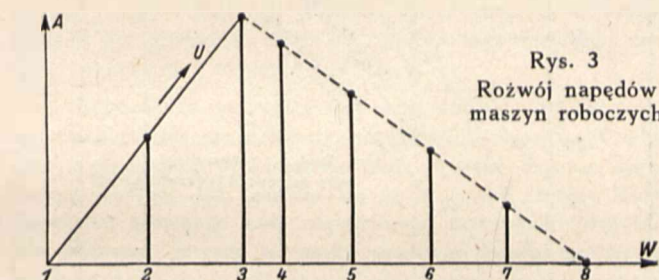
Rys. 1.

Napęd transmisyjny w tkalni.

tek zastosowania silników o regulacji obrotów, które dostosować można ściśle do potrzeb technologicznych. Z tem idzie w parze wzrost rentowności zakładów.

Te możliwości dadzą się wyzyskać tylko przez napędy jednostkowe. Najwyższym stopniem rozwoju tych napędów jednostkowych są t. zw. elektro-maszyny, przy których silniki napędzają bezpośrednio, bez pośrednictwa pasów, dane elementy wzgl. narzędzia robocze. Silniki są wówczas przybudowane bezpośrednio lub wbudowane w te maszyny. Napędy takie mają możliwie najwyższą sprawność i bezpieczeństwo ruchu.

Na konferencji energetycznej światowej, która odbyła się w Berlinie w 1930 r., sformułowano tendencje rozwojowe napędów elektrycznych w następujący sposób¹⁾: „Rozwój ekonomicznego napędu elektrycznego określony jest głównie przez zbliżanie się punktu przemiany energii



Rys. 3
Rozwój napędów maszyn roboczych

A — Odległość (w skali przekładni) między wałkiem roboczym a punktem przemiany energii U.

W — Stopień rozwoju.

1. Stopień: narzędzie ręczne.
2. Stopień: narzędzia wielokrotne o napędzie ręcznym.
3. Stopień: napęd transmisyjny z centralnym źródłem energii pary lub wody.
4. Stopień: napęd transmisyjny o kilku źródłach energii pary lub wody.
5. Stopień: elektryczny napęd grupowy.
6. Stopień: elektryczny napęd jednostkowy maszyn roboczych.
7. Stopień: elektryczny napęd jednostkowy grup wałków roboczych.
8. Stopień: elektryczny napęd ostatniego wałka roboczego.

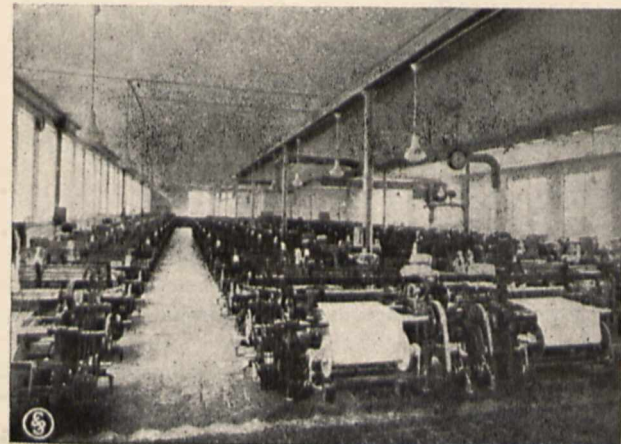
przy zakładach z napędami transmisyjnymi. Transmisje są również kosztowne, a poza tem przewidzieć trzeba dla ich umocowania odpowiednie konstrukcje w budynkach. Kapitał zakładowy nie jest tu jednak decydującą sprawą, gdyż trzeba wziąć również pod uwagę wyższą sprawność energetyczną, a więc niższe koszty ruchu fabryki, należyć zelektryfikowanej, a następnie zdolność produkcyjną i jakość produkcji takiej fabryki.

Cały szereg badań w różnych krajach wykazał, że straty w transmisjach wynoszą często 30% i więcej. W pewnych okresach czasu, gdy pracuje tylko mała część maszyn przyłączonych do transmisji, straty wynieść mogą 90% zużytej energii mechanicznej.

Na rys. 4 podane są wykresy porównawcze dla tkalni o 300 krosnach²⁾. Podany jest wykres dla zużycia mocy przez transmisję napędzaną silnikiem oraz wykres przy zastosowaniu napędów jednostkowych. Przyjęto doskonałą transmisję, której straty wynoszą tylko 18%. Straty biegu luzem transmisji wraz z silnikiem grupowym wynoszą wówczas około 23%. Maszyny włókiennicze mają współczynnik wyzyskania czasowego niższy od jednostki, gdyż nie wszystkie maszyny pracują równocześnie i bez przerw. W tkalni przyjąć można stosunkowo dobry współczynnik

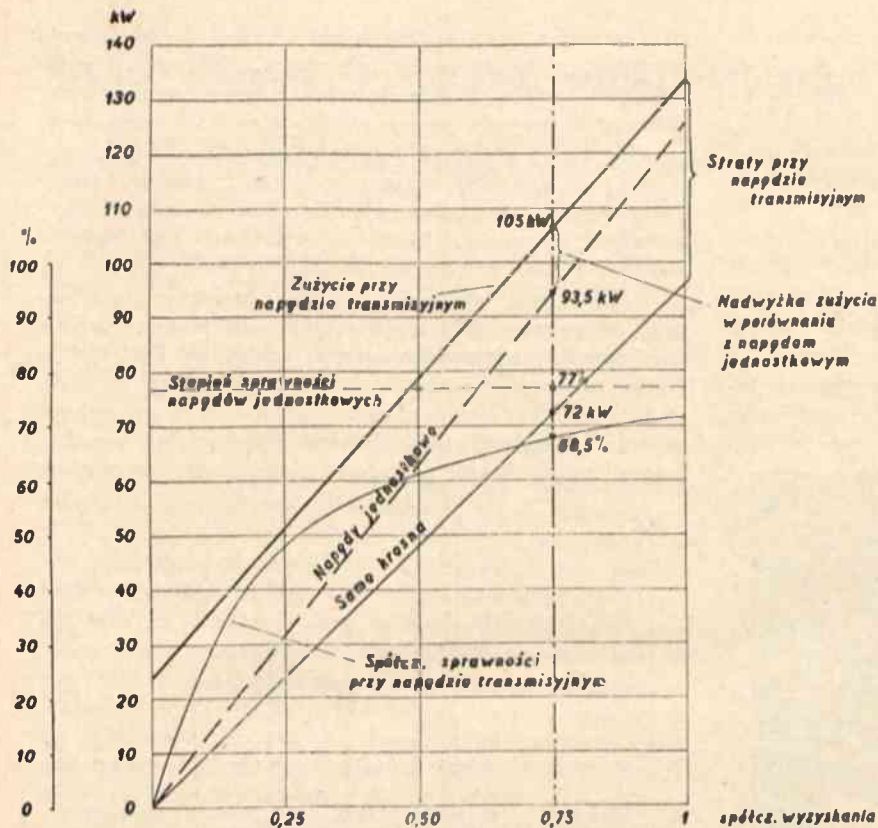
¹⁾ Dr. Ing. e. h. B i n g e l: Entwicklungslinien des wirtschaftlichen elektromotorischen Antriebes in der Industrie.

²⁾ H. S c h u l t z: Elektrische Kraftanlagen in Textilfabriken. Jahrbuch der Brennkrafttechnischen Gesellschaft, E. V. 1926.



Rys. 2.

Napęd elektryczny jednostkowy w tkalni.



Rys. 4.

Krzywe porównawcze zużycia mocy w tkalni o 300 krosnach.

wyzyskania 0,75. Zużycie mocy, zmierzone na wale krosna wynosi 0,32 KW. Przy czasowym współczynniku wyzyskania 0,75, odpowiadającym rzeczywistości, napęd transmisyjny zużywa o 12% więcej, niż napędy jednostkowe. Przy mniejszym współczynniku wyzyskania np. 0,25 zużywa już transmisja o 65% więcej niż napędy jednostkowe. Tłumaczy się to tem, że sprawność napędu jednostkowego jest niezależna od ilości pracujących równocześnie napędów (na wykresie 77%), a przy napędzie transmisyjnym straty transmisji są zawsze prawie jednakowe, a więc sprawność spada szybko w miarę spadku obciążenia.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na rzecz zasadniczą. Problem zastosowania napędów jednostkowych i związany z nim problem rentowności zakładu przemysłowego jest nie tylko problemem energetycznym. Jest to dla przemysłu włókienniczego raczej problem produkcyjny, gdyż jakość i ilość produkcji danego zakładu w znacznie wyższym stopniu wpływają na rentowność zakładu niż koszty energii i opału.

Z tabeli podanej przez Dr. Stiela¹⁾ widoczne są koszty energii i opału, które stanowią tylko ułamek, a mianowicie 1,3 — 4,0% kosztów ogólnych.

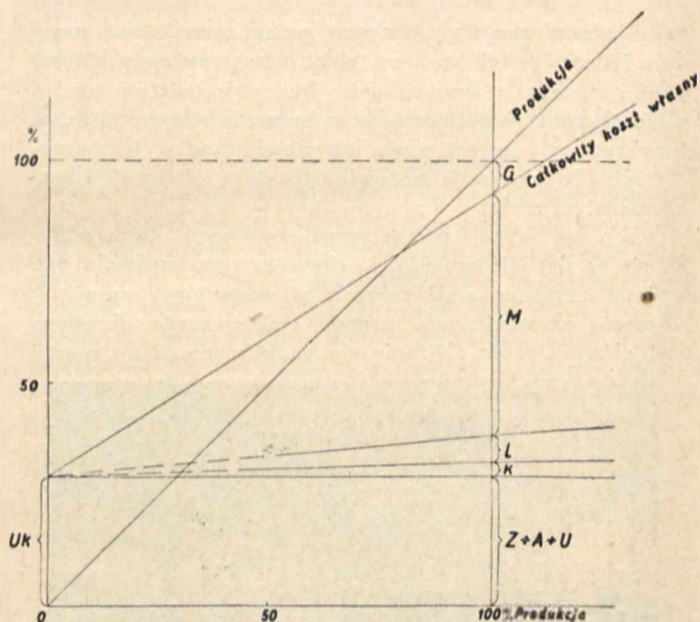
	Angielski przemysł włókienniczy	Bawełniana		Przędzalnia baweł.		Tkalnia		
		przędzalnia %	tkalnia %	Nr. 40 1913 %	Nr. 36 1925 %	Nr. 20 1913 %	1905 %	1925 %
1. Energia i opał	1,5	1,5	1,5	3,5	3,5	2,1	4,0	2,8
2. Surowiec . .	57,0	68,1	64,9	64,0	54,0	72,5	60,0	72,0
3. Robocizna . .	19,7	11,2	15,2	8,0	5,8	7,3	10,0	4,8
4. Inne koszty i zyski . .	22,0	19,2	18,2	24,5	36,7	18,1	26,0	20,4
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Dr. Ing. Stiel. Elektroantriebe in der Textilindustrie. Lipsk 1930.

Nie należy więc przeceniać wpływu kosztów energii i opału na rentowność zakładu. Jeżeli przyjąć zysk czysty np. w wysokości 10%, to przy oszczędności np. 25% na kosztach energii i opału, powiększyć można ten zysk wg. powyższej tabeli do 10,32 wzgl. 11%, a przy 50% oszczędności zysk rośnie z 10% na 10,65% wzgl. 12%.

Wpływ ilościowego wzgl. jakościowego podniesienia produkcji na rentowność zakładu jest znacznie większy. W rys. 5, podane są 2 wykresy^{2) 3)}. Jeden z nich to prosta produkcji fabryki. Drugi to krzywa kosztów własnych, która jest prawie prostą i zaczyna się na osi odciętych w punkcie, przedstawiającym koszty stałe zakładu (Uk), niezależnie od produkcji, składające się z kosztów handlowych (U), oprocentowania (Z) i amortyzacji (A). W punkcie przecięcia się obu wykresów, zysk fabryki jest równy zeru, bliżej początku układu fabryka ma deficyt, a dalej poza punktem przecięcia — zysk. Zysk ten jest tem większy, im większa jest produkcja fabryki i rośnie bardzo szybko, gdyż mamy przed sobą nożyce rozwarte.

Rys. 6 pokazuje wykres samego zysku, który jest zależny od wielkości stałych kosztów zakładu (Uk) oraz od tg γ. Współczynnik tg γ podaje nam wielkość zmiany zysku (G) przy zmianie wielkości produkcji (P), a mianowicie: $dG = tg \gamma \cdot dP$. W wykresie rys. 5 przedstawione są procentowo koszty produkcji przędzy nr. 36 ang. na warpekach z good middling american w przędzalni bawełny z 1925 r. Koszty stałe Uk, t. j., amortyzacja oprocentowanie i niezmiennie koszty handlowe wynoszą 29,1%. Koszty

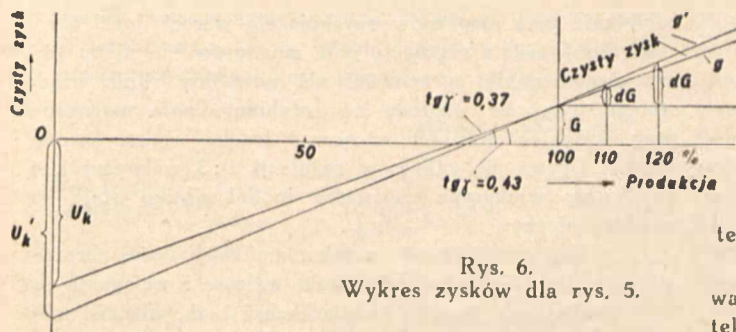


Rys. 5.

Wykres kosztów produkcji przędzalni bawełny.

²⁾ Prof. Fr. Leitner. Die Selbstkostenberechnung industrieller Betriebe. Frankfurt n/M. Nakład Sauerländer 1923.

³⁾ Dr. Ing. Schiebuhr. Ueber den Einfluss des elektrischen Einzelantriebes auf die Wirtschaftlichkeit textildustrieller Betriebe, Siemens-Zeitschrift 1925 str. 504—517.



Rys. 6.
Wykres zysków dla rys. 5.

energii i opału (K) wynoszą dla 100% produkcji ca. 3,5%, koszty robocizny (L) — 5,8%, koszty surowców (M) — 5,4%, zysk czysty przy 100% produkcji — 7,6%. Styczna kąta γ wynosi w podanym wykresie: $\text{tg } \gamma = 0,37$. O ile robocizna na głowę robotnika zostałaby jednakowa przy podwyższeniu produkcji przez podwyższenie wydajności maszyny, to $\text{tg } \gamma = 0,43$.

Obliczmy przykład:

Produkcja przędzalni wynosi	600 000 kg przędzy rocznie
Wartość produkcji	4 000 000 zł rocznie
Zysk czysty	276 000 zł „
Wzrost produkcji	10% czyli 400 000 zł rocznie
Wzrost zysku	400 000 \times 0,37 = 148 000 zł przy robociznie na głowę, proporcjonalnej do produkcji
	względnie 400 000 \times 0,43 = 172 000 zł przy robociznie stałej na głowę.

Procentowy wzrost zysku wynosi więc 54% wzgl. 62%. Gdy więc zysk wynosił przedtem 10%, to powiększył się on przy 10%-owym wzroście produkcji do 15,4% wzgl. 16,2%. Widzimy stąd, że problem powiększenia produkcji daje znacznie większe możliwości zwiększenia rentowności, niż oszczędność na energii i opale. Liczby powyższe nie są teoretyczne, gdyż praktyka dowiodła ich zgodności. Crowley podaje, że w tkalni w Lancashire dała 10%-owa nadwyżka produkcji w związku z zastosowaniem napędów jednostkowych — 30% nadwyżki zysku i stwierdza, że w indyjskim przemyśle jutowym daje 10%-owa nadwyżka produkcji do 50% nadwyżki zysku

Tę nadwyżkę zysku dać może skutek lepszego wyzyskania maszyn napęd jednostkowy elektryczny.

Napęd jednostkowy elektryczny przenosi bowiem szybkość na maszynę roboczą bez wahań, bez poślizgu pasów i bez drgań transmisji, a zatem można zastosować napęd jednostkowy o szybkości regulowanej w potrzebnych granicach, a więc dostosować szybkość dokładnie do potrzeb technologicznych.

Przy napędzie transmisyjnym wahania szybkości są dosyć znaczne w różnych miejscach transmisji i przy poszczególnych maszynach roboczych. Ponieważ przy zmianach obciążenia w jednej maszynie roboczej zmienia się poślizg pasa i ilość obrotów napędzającej transmisji, więc zmienia się również ilość obrotów wszystkich innych maszyn, przyłączonych do tej transmisji. Wahania obciążenia w jednej maszynie, wzgl. włączenie lub zatrzymanie jednej maszyny powodują więc wahania obrotów w pozostałych maszynach tejże transmisji. Wahania takie zaob-

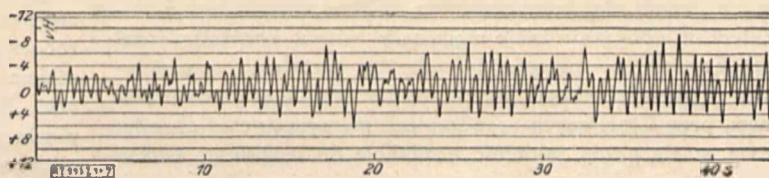
serwowano głównie w tkalniach i przędzalniach z przędzarkami wózkowymi (selfaktorami), gdzie zmiany obciążeń są częste i znaczne.

Na zdjęciach technologicznych, rys. 7 widzimy wahania obrotów transmisji, napędzającej 20 krosien tkackich. Wahania te wynoszą przeciętnie $\pm 9\%$. Stanowi to więc różnicę 18% między szczytem górnym i dolnym.

Nawet przy transmisji nieobciążonej przez krosna, wahania wynoszą do $\pm 2,25\%$, co pokazuje rys. 8. Wskutek tych wahań szybkości, nie można pracować na krosnach wzgl. przędzarkach z najwyższą dopuszczalną ilością obrotów, a trzeba zastosować ilość obrotów mniejszą, niż byłoby to możliwe, gdyby nie było wahań. W miejscach, w których wahania osiąągają swoje szczyty, ilość zerwań nitki byłaby bowiem za duża, na czym ucierpiałaby produkcja i jakość towaru. Wahania ilości obrotów w transmisjach nie pozwalają więc na zupełne wykorzystanie maszyn roboczych i obniżają produkcję.

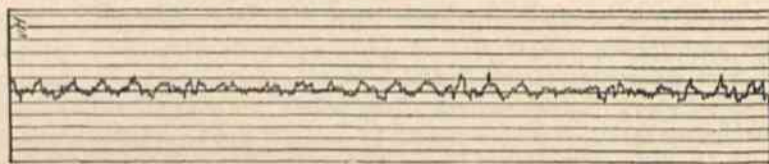
Wahania te pochodzą jednakże nie tylko od wzajemnego wpływania na siebie poszczególnych maszyn. W długich transmisjach powstają bowiem również drgania skręcające. Dlatego też ustawia się w tkalniach ciężkie krosna blisko głównego koła napędowego transmisji, gdyż tylko wówczas krosna te mogą pracować zadawalająco ze względu na drgania skręcające objawiające się w większej odległości od początku transmisji.

Napędy elektryczne jednostkowe wolne są od powyższych zjawisk. Każdy napęd pracuje niezależnie i wahania obciążenia nie wpływają na inne napędy. Wyjątek stanowią oczywiście napędy bardzo duże w stosunku do



Rys. 7.

Wykres ilości obrotów transmisji napędzającej 20 krosien tkackich.



Rys. 8.

Wykres ilości obrotów nieobciążonej transmisji w tkalni.

mocy własnej siłowni, gdyż wówczas nagłe zmiany obciążenia odbijają się chwilowo na ilości okresów prądu wytwarzanego przez turbogenerator. Jednostki silnikowe są jednak w przemyśle włókienniczym naogół małe w stosunku do mocy własnej siłowni i dlatego wahań takich niema.

Wskutek tego szybkości robocze są jednostajne przy maszynach napędzanych silnikami elektrycznymi, a co zatem idzie, zmniejsza się ilość zerwań nitki, podwyższa się jakość produktu i zmniejsza się ilość postojów. Poza tym maszyny pracować mogą z ilością obrotów wyższą niż średnia ilość obrotów przy napędzie transmisyjnym, przez co uzyskuje się ilościowe podwyższenie produkcji obok jakościowego polepszenia.

Korzyści te uwidaczniają się zwłaszcza przy stosowaniu napędów jednostkowych o regulowanych obrotach, a

¹⁾ Crowley J. F. The individual drive in weaving sheds. Jl. of the Assoc. of Managers of Textile Works 1912.

Crowley J. F. The use and advantages of electric power in the factory. Il. Royal Society 1922.

więc w pierwszym rzędzie przy silnikach prądu stałego i trójfazowych kolektorowych.

Regulacja obrotów umożliwia dostosowanie się w każdej chwili do warunków pracy maszyny włókienniczej. Regulacja ta odbywać się może bądźto ręcznie np. przy gładziarkach, drukarkach, przęzarkach ramowych, bądźto w sposób samoczynny przy przedzarkach obrączkowych i niciarkach.

Przy rozpatrywaniu napędów jednostkowych należy wziąć pod uwagę, czy idzie o zakład przemysłowy nowy, czy o zastąpienie istniejących źródeł siły i transmisji napędami elektrycznymi.

Dla urządzeń nowych, jak już wyżej zaznaczyliśmy, rentowność zapewniona jest prawie zawsze, gdyż kapitał zakładowy nie jest naogół wyższy. Wskutek zwiększonej produkcji maszyn napędzanych pojedynczo silnikami, zwłaszcza regulacyjnymi, przewidzieć można mniej maszyn roboczych. Potrzeba więc mniej miejsca, odpadają pozatem ciężkie konstrukcje dachowe dla umocowania transmisji. W starych urządzeniach niezamortyzowanych i znajdujących się w dobrym stanie należy obliczyć okres amortyzacji dla nowych napędów jednostkowych na podstawie zwiększenia produkcji i podniesienia jakości towaru. Przykład taki obliczymy później dla przedzarek obrączkowych. Inwestycja kapitału dla napędów, która jest równocześnie racjonalizacją ruchu, gdyż służy do obniżenia kosztów własnych, okazuje się korzystną.

O ile remont zakładu jest w każdym razie konieczny, to warunki dla napędów jednostkowych są jeszcze znacznie korzystniejsze, niż w wypadku poprzednim.

W czasach złej konjunktury obliczenia te mogą się wprawdzie przesunąć, nie wykazując spodziewanych korzyści, ale i wówczas istnieje cały szereg zakładów, które mimo naogół złej konjunktury są dobrze zatrudnione, a pozatem na obliczenia takie mogą mieć wpływ korzystny jeszcze czynniki zewnętrzne, jak choćby kartele i porozumienia między fabrykami. Może się bowiem okazać racjonalnym, przy istniejących urządzeniach maszynowych i określonym czasie pracy, podnieść produkcję do możliwego maksimum, co uzyskać można przez zastosowanie elektrycznych napędów jednostkowych.

III. Zasadnicze rodzaje napędów elektrycznych.

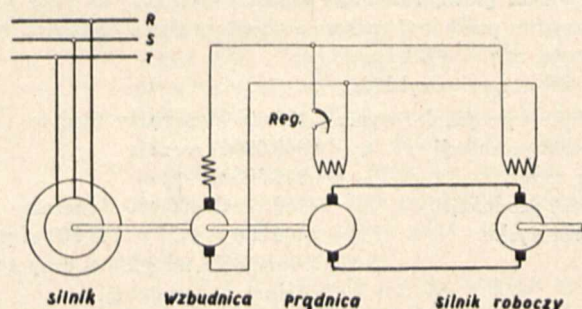
Przed kolejnym omówieniem napędów, stosowanych dla poszczególnych maszyn roboczych w przemyśle włókienniczym scharakteryzujemy krótko zasadniczo używane rodzaje napędów elektrycznych. Stosuje się przy prądzie stałym:

- 1) silnik prądu stałego, bocznikowy, a przy prądzie trójfazowym:
 - 2) silnik trójfazowy o wirniku zwartym,
 - 3) silnik trójfazowy o wirniku pierścieniowym,
 - 4) silnik trójfazowy kolektorowy.
1. Silnik bocznikowy prądu stałego odznacza się niewielką zależnością obrotów od wahań obciążenia i napięcia i pozwala w łatwy sposób regulować obroty. Regulacja obrotów odbywa się przy silniku bocznikowym prądu stałego:
 - a) przez regulację pola magnesów,
 - b) przez włączenie oporów w obwód twornika,
 - c) przez regulację napięcia w układzie Leonarda,
 - d) przez regulację napięcia w układzie pięcio - przewodowym,
 - e) przez regulację napięcia zapomocą prostownika rctęciowego.
 - a) Regulacja pola magnesów odbywa się przy silniku prądu stałego praktycznie bez strat. Przez

osłabienie pola magnesów uzyskuje się wzrost ilości obrotów. Silnik taki z regulacją pola magnesów ma nieco gorszy współczynnik sprawności niż normalny silnik prądu stałego, gdyż ze względu na osłabienie pola magnesów przy wysokich obrotach, stosować trzeba większy model silnika. Używa się zakresów regulacji 1:3, najwyżej 1:4, gdyż przy większych zakresach model silnika staje się nieekonomiczny.

b) Dla przejściowego uzyskania niskich ilości obrotów, co potrzebne jest dla nastawiania walców i wciągania np. przy drukarkach tkanin, gładziarkach i t. d., włączać można oporniki w szereg z twornikiem, co jednak powoduje straty. Dlatego też stosuje się dla szerokich zakresów regulacji układy specjalne.

c) Układ Leonarda, bardzo korzystny dla niektórych napędów w wykończalniach (rys. 9), składa się z sil-



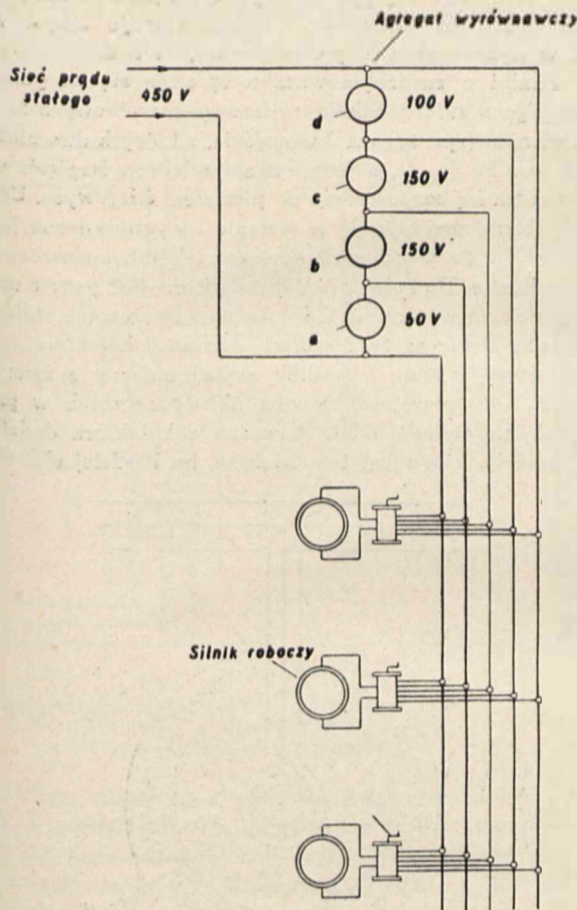
Rys. 9.
Układ Leonarda.

nika roboczego prądu stałego oraz z prądnicy sterowniczej prądu stałego, sprzężonej na jednym wale z wzbudnicą. Wzbudnica ta dostarcza wzbudzenia stałego dla magnesów silnika prądu stałego, napędzającego maszynę roboczą, oraz wzbudzenia zmiennego, regulowanego opornikiem bocznikowym, dla magnesów prądnicy sterowniczej. Reguluje się więc napięcie prądnicy od zera do napięcia maksymalnego w dowolnych stopniach. Magnesy silnika zasilane są stałym wzbudzeniem, a do twornika silnika doprowadza się napięcie regulowane w tym samym stopniu jak wzbudzenie magnesów prądnicy, wskutek czego silnik zmienia w tym samym stosunku swoją ilość obrotów. Układ ten pozwala na szeroki zakres regulacji od zera do maksymalnej ilości obrotów, w drobnych stopniach, przy zachowaniu stałych obrotów dla każdego stopnia. Dla pojedynczych maszyn napęd ten jest kosztowny i ma stosunkowo niski współczynnik sprawności (dla mocy 20 KM około 70%). Można jednakże przyłączyć równolegle kilka silników prądu stałego, dla kilku maszyn włókienniczych, o ile maszyny te regulowane są jednakowo, gdyż regulowane napięcie prądnicy doprowadza się do wszystkich silników jednakowo i równocześnie. Prądnicę sterowniczą napędza się zależnie od źródła prądu fabryki, albo silnikiem prądu stałego albo też trójfazowego.

O ile idzie o regulację kilku maszyn włókienniczych niezależnie od siebie, układ Leonarda stosowany być nie może i wybiera się układ pięcioprzewodowy.

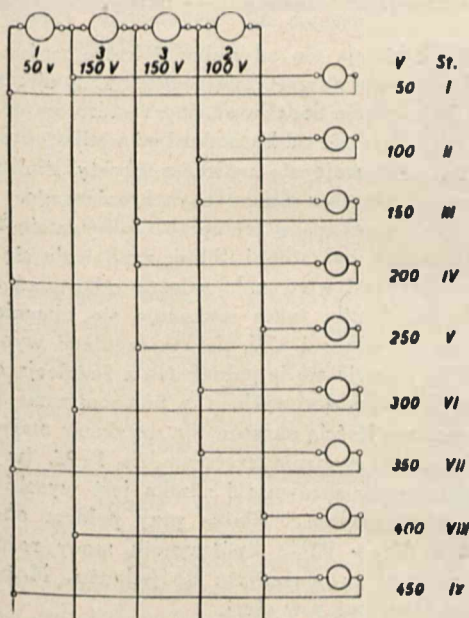
d) W układzie pięcioprzewodowym, używanym przeważnie przy drukarniach tkanin, stosuje się sieć prądu stałego 450 lub 500 woltów, podzieloną zapomocą maszyn na 4 części o nierównych napięciach, które stoją do siebie np. w stosunku 1:3:3:2. Przy 450 woltach napięcia te wynoszą 50, 150, 150, 100 woltów (rys. 10). Silniki wzbudza się stałym napięciem 450 woltów, a tworniki otrzymują napięcia stopniowane zapomocą specjalnych nastawników. Na rys. 11 widzimy w jaki sposób uzyskuje się 9 stopni szybkości w odstępach co 50 woltów przez przyłączenie

silników do różnych napięć układu. Najniższa ilość obrotów wynosi teoretycznie 1/9, w istocie jednak tylko 1/10 wzgl. 1/11 część maksymalnej ilości obrotów ze względu na spa-



Rys. 10. Układ pięcio-przewodowy.

dek napięcia w tworniku. Napięcie 450 woltów otrzymuje się za pomocą odpowiedniej przetwornicy. Agregat pięcio-przewodowy pracuje ze współczynnikiem sprawności ca.



Rys. 11. Układ pięcio-przewodowy.

1 — sieć zasilająca; 2 — silnik; 3 — prądnica; 4 — sieć o regulowanych okresach; 5 — opornik.

76 — 77% przy uwzględnieniu sprawności przetwornicy, maszyn wyrównawczych i silników napędzających maszyny robocze. Układ pięcioprzewodowy stosuje się szczególnie do drukarek, gdyż daje on stałą ilość obrotów na wszystkich stopniach, a pozatem przy większej ilości maszyn roboczych (ponad pięć) jest tańszym, niż inne napędy. Uzyskuje się w tym układzie również drobną regulację przez zastosowanie regulatorów bocznikowych dla każdego silnika, które działają w zakresach między poszczególnymi stopniami napięciowymi.

e) Przetworniki rtęciowe o sterowanej siatce służyć mogą do regulacji napięcia prądu stałego od zera do napięcia nominalnego, analogicznie, jak układ Leonarda. Przetworniki takie są dziś zupełnie pewne w ruchu i winny one znaleźć zastosowanie dla sterowania napędów wielosilnikowych prądu stałego.

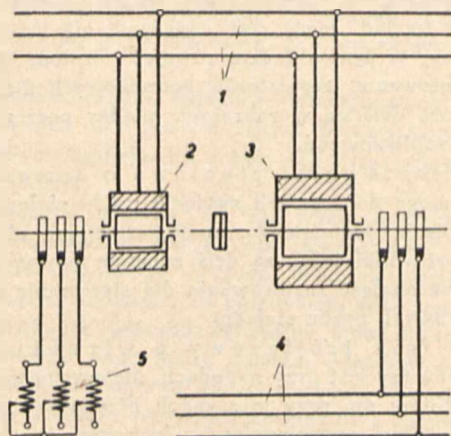
2) Silnik trójfazowy o wirniku zwartym stosowany jest przy napędach, nie wymagających regulacji obrotów np. przy maszynach przygotowawczych w przędzalni, przy wrzeciennicach, krosnach tkackich, wirówkach i t. d. Ze względu na prostotę i pewność ruchu polecić można jak najszerze stosowanie silników zwartych. Gdy ze względu na przepisy elektrowni nie są dopuszczalne wysokie natężenia prądów rozruchowych, które mogą być 6 do 8-krotnie wyższe, niż prądy nominalne, wówczas stosuje się silniki specjalne dwukłatkowe, dwuprętowe, lub głębokożłobkowe, które ograniczają znacznie prąd rozruchowy. Stosowanie przełączników z gwiazdy w trójkąt dopuszczalne jest tylko wówczas, gdy moment rozruchowy, zmniejszony przez połączenie w gwiazdę, jest dostatecznie wielki dla rozruchu maszyny roboczej. Silnik nie pozwala na regulację obrotów, gdyż ma tylko jedną ilość obrotów zależną od wbudowanej ilości biegunów, oraz od ilości okresów sieci trójfazowej. Zmiana obrotów możliwa jest więc tylko przez zmianę tych wielkości.

Buduje się więc silniki zwarte o biegunach przełączalnych dwukrotnie, trzykrotnie lub czterokrotnie i uzyskuje się w ten sposób bez strat dwie lub trzy ilości obrotów. Przełączanie odbywa się za pomocą odpowiedniego przełącznika. Ilości obrotów, które w ten sposób można uzyskać, nie są jednak dowolne, lecz muszą mieć określony stosunek do ilości obrotów przy najmniejszej ilości biegunów, a więc np. 750, 1000, 1500 i 3000 obrotów przy 50 okresach w sieci. Silniki takie znajdują zastosowanie np. przy aparatach farbierskich.

Większą dowolność daje zmiana ilości okresów, którą uzyskuje się za pomocą przetwornic okresów. Używa się ich np. do regulacji obrotów elektroprzędarek wirówkowych, stosowanych w przędzalniach sztucznego jedwabiu.

Obecnie stosuje się głównie przetwornice asynchroniczne. Schemat podaje rys. 12. Przetwornica taka jest właściwie silnikiem asynchronicznym z pierścieniami ślizgowymi. Gdy doprowadza się napięcie sieci do stojana, a zatrzymuje wirnik, to silnik ten zachowuje się jak transformator i przetwarza napięcie w stosunku przekładni zwojów stojana i wirnika. Napięcie przetworzone odebrać można wówczas z pierścieni ślizgowych z tą samą ilością okresów, jaką ma sieć. Gdy napędza się wirnik synchronicznie zgodnie z kierunkiem pola wirującego stojana, to ilość okresów i napięcie w wirniku równe są zero, gdyż poślizg (t. j. odchylenie obrotów wirnika od obrotów synchronicznych) równy jest zero. Gdy natomiast napędza się wirnik w kierunku przeciwnym niż pole wirujące, poślizg staje się coraz większym i coraz większe są napięcia i ilości okresów tego napięcia, odebranego z wirnika.

Część mocy odebranej z pierścieni ślizgowych uzyskuje się przez transformację z sieci, a resztę mechanicznie. Silnik napędowy należy więc przewidzieć tylko dla tej części mocy, przeniesionej mechanicznie na wirnik. Jeśli ilość o-



Rys. 12.

Asynchroniczna przetwornica okresów.

- 1 — sieć zasilająca; 2 — silnik; 3 — przetwornica;
4 — sieć wtórna; 5 — rozrusznik.

kresów sieci nazwiemy przez f_1 , ilość okresów w wirniku f_2 , całkowitą moc odebraną z wirnika przez N , to moc silnika napędowego N_s oblicza się z wzoru:

$$N_s = \frac{f_2 - f_1}{f_2} N$$

Przetwornica asynchroniczna wymaga więc np. przy przetworzeniu z 50 na 100 okresów tylko o połowę mniejszego silnika napędowego, niż przetwornica, składająca się z normalnej prądnicy i silnika. Jest ona więc tańsza i ma wysoki stopień sprawności, gdyż część mocy uzyskuje się analogicznie jak w transformatorze, który ma dużą sprawność. Silnik napędowy dla przetwornicy może być silnikiem trójfazowym o wirniku zwartym o przelączalnych biegunach, silnikiem o wirniku pięścieniowym z rozrusznikiem regulującym lub silnikiem kolektorowym trójfazowym. Z pomocą silnika z wirnikiem zwartym o dwu uzwojeniach, z których jedno jest 4 wzgl. 8 — biegunowe, a drugie 6 wzgl. 12-biegunowe, uzyskać można z czterobiegunowej przetwornicy asynchronicznej następujące ilości okresów: 0; 16,6; 25; 33,3; 66,6; 75; 83,3; 100.

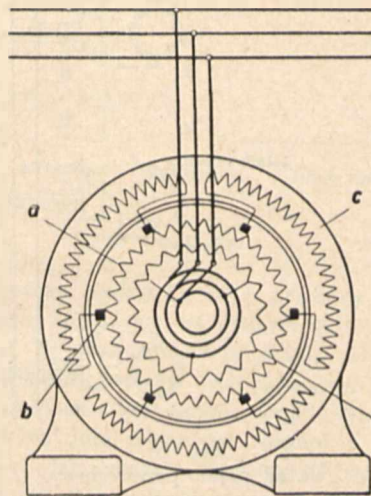
Odpowiednio zmieniają się wówczas ilości obrotów silników roboczych, przyłączonych do sieci zasilanej przez przetwornicę.

Silnik trójfazowy o wirniku pierścieniowym stosowany jest głównie dla napędów grup silników zapomcą transmisji, lub wówczas gdy elektrownia nie pozwala na przyłączenie silników zwartych np. ponad 3 kW. Może on w połączeniu z rozrusznikiem regulacyjnym służyć do regulacji obrotów w zakresie około 1:2. Regulacja ta daje jednak straty, gdyż energia zamienia się w oporach w ciepło. Poza to regulacja nie daje stałych obrotów. Wówczas bowiem silnik nabiera właściwości silnika o charakterystyce szeregowej, t. zn. ilość obrotów zależna jest od obciążenia i spada wzgl. rośnie wydatnie ze zmianą obciążenia. Niemożliwym więc jest jednoznaczne nastawienie na pewną stałą ilość obrotów.

3) Silnik trójfazowy komutatorowy jest obecnie naogół najlepszym i najtańszym rozwiązaniem problemu regulacji elektrycznej przy napędach jednostkowych prądu trójfazowego. Stosowany jest obecnie wyłącznie silnik o charakterystyce bocznikowej, która wykazuje nieznaczny spadek ilości obrotów od biegu jałowego do obciążenia i stosunkowo dużą niezależność od wahań napię-

cia w sieci. Buduje się obecnie silniki kolektorowe bocznikowe o zasilanym wirniku (Siemens - Schuckert, Asea, Brown - Boveri) oraz o zasilanym stojanie (AEG, Schorch). Silniki te stosuje się np. do napędu przędzarek obrączkowych, drukarek, gładziarek i całego szeregu innych maszyn w wykończalniach, pończoszarniach i t. d.

Silniki o zasilanym wirniku opierają się na patencie Schrage'go z 1910 r. Silnik trójfazowy bocznikowy o zasilanym wirniku (rys. 13) ma 3 uzwojenia, z których dwa ułożone są w wirniku (a, d), a jedno w stojanie (c). Napięcie sieci doprowadza się bezpośrednio do pierścieni ślizgowych. Uzwojenie wtórne znajduje się w stojaniu i wyprowadzone jest z obu końców do dwóch układów szczotek (b), umieszczonych na kolektorze. Do kolektora doprowadzone jest trzecie uzwojenie, ułożone w wirniku. Gdy oba układy szczotek stoją naprzeciwko siebie na tych samych działkach kolektora, silnik kolektorowy pracuje jak silnik asynchroniczny o zwartym wirniku. Gdy przesuwają się oba układy szczotek w przeciwnych kierunkach, odebrać można z kolektora dodatkowe napięcie, które jest tem większe, im bardziej oba ukła-



Rys. 13.

Schemat silnika trójfazowego bocznikowego o zasilanym wirniku.

- a — dodatkowe uzwojenie w wirniku; b — szczotki;
c — uzwojenie stojania; d — uzwojenie wirnika.

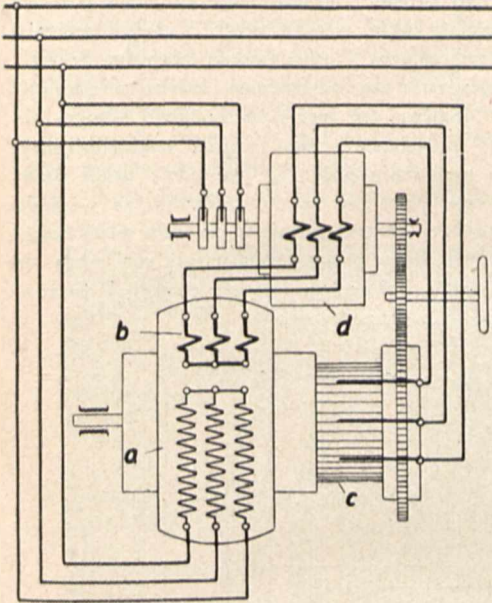
dy szczotek oddalają się od siebie, i które można regulować między zerem a wartością maksymalną ujemną wzgl. dodatnią. To napięcie dodatkowe doprowadza się do uzwojenia w stojaniu. Zależnie od kierunku i od wielkości przesunięcia szczotek otrzymuje się wówczas obroty silnika niższe lub wyższe od obrotów silnika asynchronicznego.

Regulacja uzyskana w ten sposób odbywa się bez strat i w sposób ciągły, bez stopni. Silnik zachowuje się jak silnik bocznikowy, jest więc mało zależny od wahań obciążenia i napięcia. Silniki takie wykonuje się obecnie już w wielkościach do kilkuset kW. Zakres regulacji wynosi normalnie 1:3, wykonuje się je jednak też z regulacją do 1:12 dla drukarek wielokolorowych, a z pomocniczymi środkami (np. z pomocniczą ilością okresów dla uzyskania małych szybkości) o zakresie znacznie szerszym do 1:25. (w papierniach). Spółczynnik sprawności silnika jest wysoki i waha się zależnie od wielkości silnika przy pełnym obciążeniu w granicach 83 — 90%. Spółczynnik mocy rośnie przy obrotach powyżej synchronizmu do jedności. Można więc uzyskać poprawę $\cos \varphi$ w sieci.

Silnik trójfazowy bocznikowy o zasilanym stojaniem bardziej jest skomplikowany w układzie swym i w budowie. W stojaniu znajdują się dwa uzwojenia. Do jednego (a) doprowadza się napięcie sieci, a napięcie wytworzone w dru-

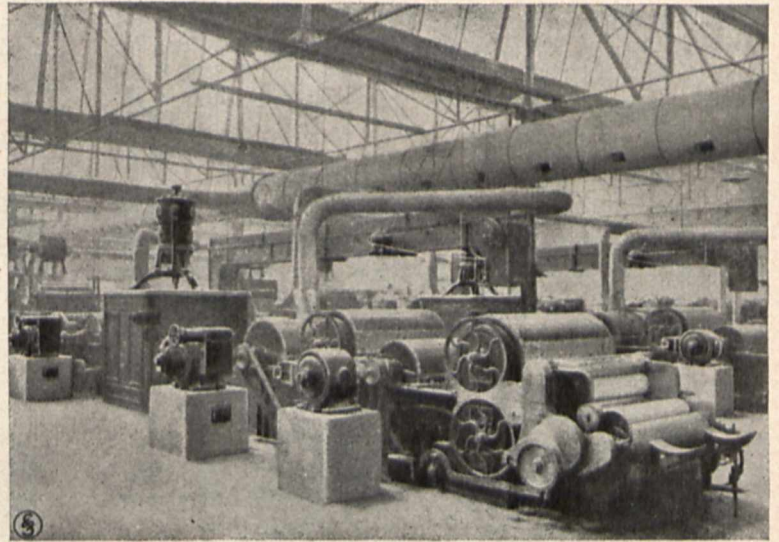
giem (b) prowadzi się do stojana (d) transformatora obrotowego, przybudowanego do silnika. Wirnik tego transformatora zasilany jest też z sieci. Transformator ten zbudowany jest jak normalny silnik asynchroniczny. Od stojana transformatora zasila się wirnik silnika (c). W ten sposób zasila się

bawelny ulega wielkim wahaniom, a więc przy większych wahanach ilości i czystości bawelny, konieczna jest zmiana ilości obrotów wału cepowego, zwłaszcza przy trzeparkach. Działanie trzeparki zależy bowiem od ilości uderzeń na 1 cm zasilenia bawelną, oraz od siły



Rys. 14.

Schemat silnika trójfazowego o zasilanym stojanie.
a, b — uzwojenia w stojanie, e — wirnik,
d — transformator regulacyjny.



Rys. 15.

Napęd jednostkowy trzeparki, zasilacza, otwieraczy i trzeparki wstępnej.

wirnik przy stałym polu napięciem wypadkowym, które powstaje z napięcia stałego drugiego uzwojenia stojana w silniku, i z napięcia o zmiennej fazie wytworzonego w stojanie transformatora. To zmienne napięcie zależy od położenia wirnika w transformatorze i szczotek na wirniku silnika. Nastawianie odbywa się za pomocą koła ręcznego. Silnik o zasilanym stojanie daje korzyści tylko wówczas, gdy idzie o większe jednostki, do których można doprowadzić bezpośrednio wysokie napięcie sieci, bez potrzeby transformacji, co przy silniku o zasilanym wirniku nie jest możliwe, gdyż potrzebny jest osobny transformator.

IV. Napędy jednostkowe dla maszyn włókienniczych.

Dla charakterystyki napędów elektrycznych w przemyśle włókienniczym nie możemy kolejno podać wszystkich faz produkcji z powodu szczupłości miejsca, a wymienimy jedynie ważniejsze i ciekawsze napędy w przędzalni, tkalni, dziewiarni i wykończalni.

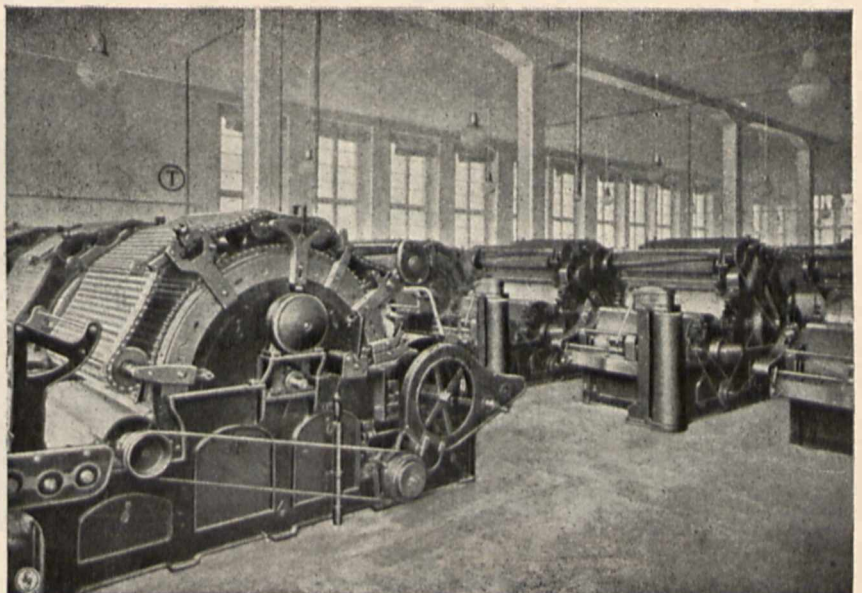
a) Przędzalnia bawelny i wełny.

Pierwszą fazą produkcji w przędzalni bawelny stanowi rozluźnienie i oczyszczenie bawelny. Do tego celu służą targaraki, otwieracze, samozasilacze i trzeparki, które napędza się silnikami trójfazowymi zwartymi, bezpośrednio sprzężonymi z wałem maszyny roboczej (rys. 15). Jest to prosty napęd, który nie wymaga regulacji. Ze względu na duże rozmiary i odległość tych maszyn od siebie są tu napędy jednostkowe szczególnie korzystne, gdyż prowadzenie transmisji jest kłopotliwe. Ze względu na kurz stosuje się silniki całkowicie zamknięte. O ile sortyment

uderzenia, a więc od szybkości obwodowej trzepaka. Zakres koniecznej zmiany obrotów wynosi do 25%. Najprostszym środkiem jest wymiana koła pasowego, o ile silnik stoi pod płótnem doprowadzającym. O ile silnik sprzężony jest bezpośrednio z wałem cepowym, zastosować trzeba silnik o wirniku pierścieniowym z rozrusznikiem regulacyjnym.

Zgrzeblarki mają za zadanie rozdzielić rozluźnioną i rozdrobnioną bawelnę na włókna, ułożyć je równolegle, oczyścić i utworzyć z nich pasma.

Dla zgrzeblarek zastosowano napęd jednostkowy w formie silnika o wirniku zwartym, napędzającego bezpo-



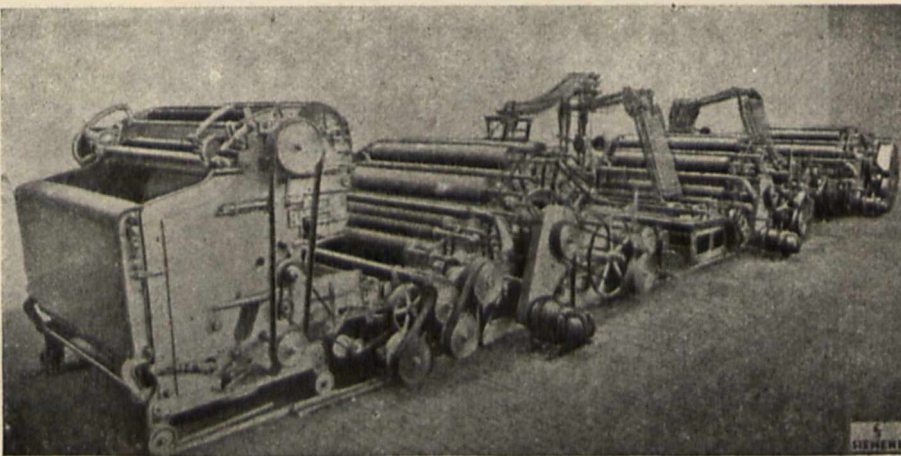
Rys. 16.

Napęd jednostkowy zgrzeblarki z pomocą silnika elektr. o wirniku zwartym.

średnio wał bębna zapomocą kół zębatach i osiągnięto w ten sposób korzystne wyniki.

Warunki rozruchu zgrzeblarki są trudne, gdyż na leży przyśpieszyć znaczne masy. Dlatego też trwa rozruch przy napędzie pasowym 20 do 30 sek. Bezwładność mas powoduje przy rozruchu znaczny poślizg pasa, który ma natychmiast prawie pełną ilość obrotów, podczas gdy obroty bębna zgrzeblarki rosną stopniowo. Nastęstwem jest duże zużycie się pasów. Przy napędzie na rys. 16. silnik o wysokim momencie rozruchowym wbudowany jest w pokrywę¹⁾, zajmuje mało miejsca i napędza przez koło zębale wał bębna, przez co skraca się czas rozruchu do ok. 13 sekund. Nie ma więc pośrednictwa zużywających się pasów, a pozatem obroty zawsze są stałe i niezależne od poślizgu pasów. Należy wziąć pod uwagę, że pasy przy zgrzeblarkach napędzanych transmisją trzeba krzyżować dla szlifowania. Pasy te są więc za długie w normalnym ruchu, a wskutek tego zgrzeblarki nie robią swoich normalnych obrotów, co powoduje straty produkcji. Przy napędzie jednostkowym można zmienić łatwo kierunek ruchu zapomocą przełącznika. Przełącznik ten można wyposażyć w kontakt ryglujący, który nie pozwala na puszczenie w ruch silnika przy otwartych pokrywach zgrzeblarki, lub też na otwarcie tych pokryw w czasie ruchu. Przez zastosowanie amperomierza można zwiększający się pobór mocy skutkiem zanieczyszczania się zgrzeblarek. Można wówczas łatwo ustalić moment, kiedy należy znów oczyścić zgrzeblarkę. Moment ten można nawet sygnalizować optycznie lub akustycznie. Przy nowoczesnych zgrzeblarkach szczotka zgrzeblasta otrzymać może również swój własny silnik napędowy. Powyższe napędy jednostkowe zgrzeblarek wykarują około 5% więcej produkcji, niż transmisyjne pasowe. Często jednakże stosuje się w starszych fabrykach dla zgrzeblarek napędy grupowe po kilka maszyn. Ze względu na to, że zgrzeblarki pracują w ciągu dnia bez większych przerw, a w starych urządzeniach zwykle brak miejsca na ustawienie silników, napęd grupowy uważać można wówczas za celowy.

Zespoły zgrzeblarek używane w przedziałniach dla wełny zgrzebnej, składające się z kilku zgrzeblarek, wymagają możliwie synchronicznego biegu wszystkich zgrzeblarek, zwłaszcza przy rozruchu i wyłączeniu, aby nie dopuścić do zerwania lub nagromadzenia się runa, które przenosi się samoczynnie z jednej zgrzeblarki na następ-

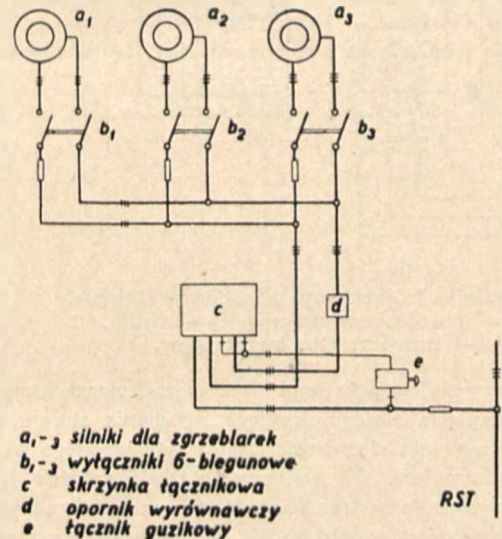


Rys. 17.

Napęd wielosilnikowy zespołu zgrzeblarek dla wełny zgrzebnej.

¹⁾ Inż. W. E. Baltz i inż. O. Käb. Elektrischer Einzelantrieb der Wanderdeckelkarde, Siemens — Zeitschrift 1928, str. 377/82.

na. Do tego celu służą napędy wielosilnikowe w układzie równoleżnym, przy którym silniki asynchroniczne pierścieniowe są elektrycznie tak sprzężone, że obroty ich nie mogą różnić się między sobą. Wirniki silników połączone są równolegle ze sobą, tak jak ich stojany. Sterowanie takiego zespołu jest bardzo proste i odbywa się zapomocą jednego guzika, który samoczynnie włącza wzgl. wyłącza aparaty potrzebne do uruchomienia i zatrzymania zespołu. Przewidziany jest przełącznik do odwrócenia kierunku silników dla szlifowania. Możliwy też jest ruch każdego silnika oddzielnie. Rys. 17 przedstawia taki napęd wielosilnikowy, przy czym silniki napędzają poszczególne bębny przez przekładnie łańcuchowe. Pasy nie są dopuszczalne ze względu na poślizg. Zasadniczy szemat połączeń napędu silnikowego widzimy na rys. 18. Przy podanym układzie nie może się zdarzyć ani zerwanie, ani nagromadzenie runa, jak to zdarza się przy napędzie transmisyjnym.



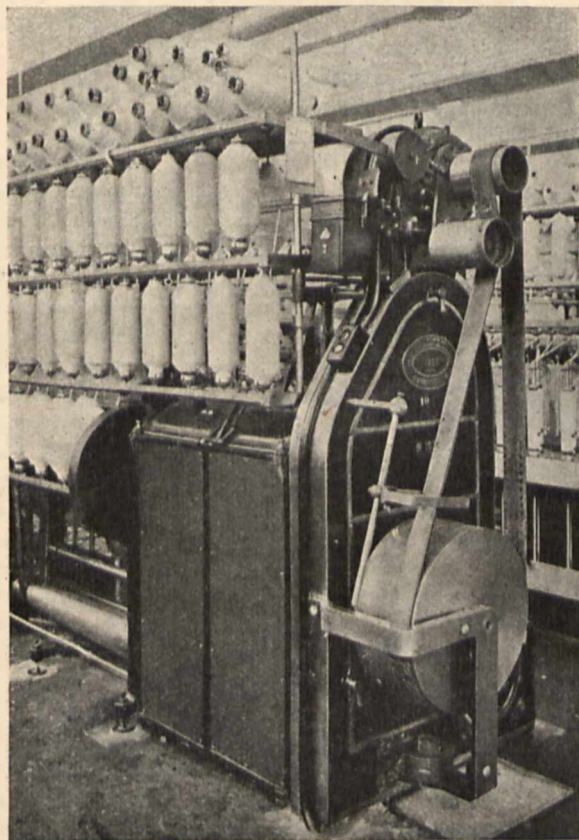
Rys. 18.

Schemat napędu wielosilnikowego zespołu zgrzeblarek.

Wyciągarki otrzymują zwykle silniki o wirniku zwartym, szczelnie zamknięte ze względu na pył i włókna. Napęd jednostkowy jest korzystny, gdyż współczynnik równoczesności pracy przy wyciągarkach jest niewielki. Przy napędzie jednostkowym zastosować można również samoczynne wyłączenie napędu w razie zerwania się jednego pasma w czasie dublowania. Odłączenie następuje wówczas również samoczynnie w razie napełnienia się kanwi.

Wrzecioniarki mają w dalszym ciągu wyciągnąć pasma bawełny i utworzyć luźną przędzę. Wymagają one łagodnego rozruchu bez uderzeń, stałej ilości obrotów w czasie przedzenia, oraz możliwości szybkiego i wygodnego przestawiania skrzydeł o małe kąty dla łatwego przywiązywania zerwanych nitki. Koniecznym jest łagodny rozruch, gdyż nitki mają w wrzecioniarce jeszcze małą wytrzymałość i łatwo zrywają się. Przy wrzecioniarce napędza się skrzydła oraz cewki osobno. Cewki napędza się zapomocą kół pasowych stożkowych, aby móc regulować szybkość

cewek w czasie każdego obciążenia, gdyż szybkość przędzy wychodzącej z przyrządu wyciągowego jest stała, a szybkość obwodowa przędzy zmienia się na cewce z wzrostem średnicy. Dlatego trzeba ze wzrostem średnicy zwolnić obroty cewek. Napęd jednostkowy wrzecioniarek daje równość biegu i przędzy, gdyż odpadają drgania transmisji. Uzyskuje się więc większą i lepszą jakościowo produkcję przędzy. Dla uzyskania łagodnego rozruchu stosować można napęd pasowy, umieszczając na wale silnika koło pasowe o podwójnej szerokości, a na wale wrzecionarki koło luźne i stałe. Niezbędny jest również naprężacz pasa. Wówczas włącza się silnik w bieg luźnym i przesuwa powoli pas z koła luźnego na stałe za pomocą drażka (rys. 19).



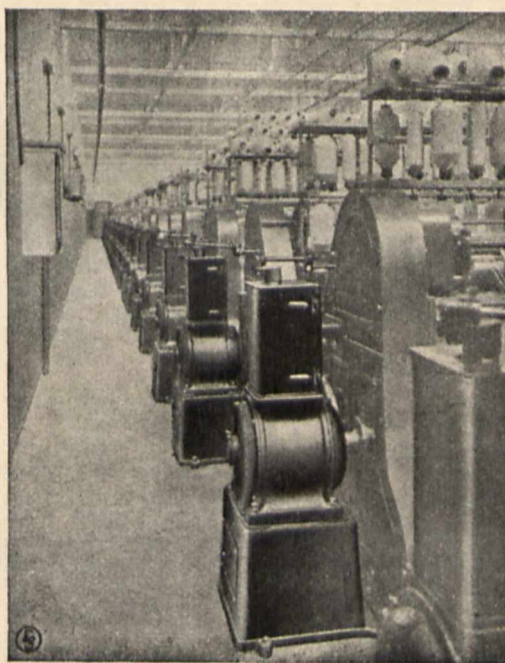
Rys. 19.

Napęd jednostkowy wrzecioniarki zapomocą silnika elektr. o wirniku zwartym i naprężacza pasa.

Pozatem stosuje się przekładnie zębate, łańcuchowe i paski klinowe. Przy przekładniach tych konieczne jest stosowanie silników o łagodnym rozruchu. Są to silniki zwarte o specjalnej budowie, t. j. o znacznym rozproszeniu lub słabym nasyceniu magnetycznym, celem uzyskania małego momentu rozruchowego i łagodnego rozruchu. To samo uzyskuje się przez zastosowanie normalnych silników, zwartych, w połączeniu z opornikami jednofazowymi, które zmniejszają moment rozruchowy. Wielkość oporu jest nastawialna, tak, że można odpowiednio dostosować łagodność rozruchu do warunków pracy wrzecioniarki. Opór ten czynny jest tylko w czasie rozruchu. Łącznik montuje się na samym silniku i łączy się go z drażkiem, prowadzącym wzdłuż wrzecionarki, tak, że można łączyć silnik z każdym miejscem wzdłuż maszyny. Napędy takie widzimy na rys. 20. Można również uzyskać łagodny rozruch na drodze mechanicznej zapomocą specjalnego sprzęgła poślizgowego, przy którym nastawia się czas rozruchu przez zmianę nacisku sprężyn. Silniki dla wrzecioniarek muszą być zamknięte i posiadać chłodzenie własne lub przepływ powietrza.

Przy przedzarkach obraczkowych, które dać mają przędzę nadającą się już do tkania, nasuwają się ciekawe i trudne problemy napędowe, które rozwiązała elektrotechnika w ścisłej współpracy z przedzalniami z nadzwyczaj korzystnym wynikiem. Nowoczesny napęd jednostkowy przedzarki, nietraktowany już jako namiastka transmisji, stał się środkiem do usprawnienia i racjonalizacji produkcji.

Od przedzarek wymaga się przędzy o wysokiej jakości, równej i bez węzłów, pochodzących od zerwań nitki, a potem żąda się możliwie dużej produkcji. Są to dwa praktycznie sprzeczne ze sobą żądania. Produkcja równej przędzy bez węzłów wymaga bowiem ograniczenia ilości obrotów, gdyż im większa ilość obrotów, tem większa ilość zerwań nitki i węzłów, a im mniejsza ilość obrotów, tem bardziej spada produkcja. Należy więc znaleźć przy napędzie transmisyjnym pewną średnią najkorzystniejszą ilość obrotów, przy której ilość zerwań nitki na jednostkę czasu i wrzeciono utrzymuje się w granicach dopuszczalnych.



Rys. 20.

Napęd jednostkowy wrzecioniarek zapomocą silników elektr. o wirniku zwartym.

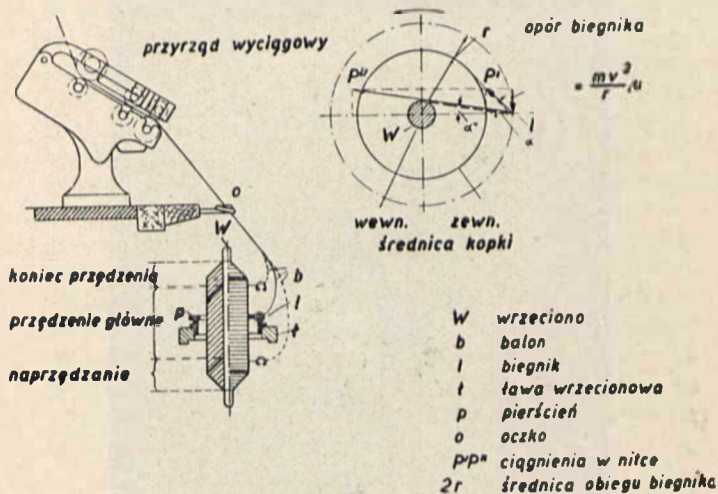
Od tej ilości zerwań zależy najwyższa możliwa ilość obrotów wrzeciona w czasie przędzenia.

Najwyższa dopuszczalna ilość obrotów zależna jest również od innych warunków, a więc np. od jakości bawełny, numeru i rodzaju przędzy, ilości skrętów, temperatury otoczenia, wilgoci powietrza, stanu mechanicznego przedzarki i t. d.

Zależnie od tych warunków zachodzi potrzeba rozmaitego nastawiania ilości obrotów dla przędzenia. Nawet przy tych samych numerach przędzy zachodzi w zależności od podanych czynników konieczność dostosowania ilości obrotów wrzecion. Przy napędzie transmisyjnym trzeba wymienić koła pasowe, lub przestawić koła zmienne, co jest uciążliwe, a potem możliwe tylko w stosunkowo dużych stopniach. O ile natomiast stosuje się silnik kolektorowy trójfazowy bocznikowy, którego ilość obrotów regulować można w sposób ciągły zapomocą przesuwania szczotek na kolektorze, jak to poprzednio już było opisane w rozdziale III, to nastwić można ilość obrotów bez stopni, dokładnie i łatwo, według potrzeby. To nastawienie

obrotów nie jest jednak wystarczające dla przedzarki obrączkowej, gdyż warunki przedzenia zmieniają się również w czasie okresu obciążania. Zmiany te idą w dwóch kierunkach. Przedewszystkiem zmieniają się te warunki w ciągu całego okresu obciążania, a mianowicie inne są przy naprzedzaniu t. zn. przy tworzeniu się nasady kopki, inne przy przedzeniu głównem, a inne w końcowej fazie obciążania. Poza tem warunki przedzenia zmieniają się przy nawijaniu każdego zwoju przędzy, przy przechodzeniu z małej na dużą średnicę kopki, a więc tyle razy, ile jest zwojów na kopce. Przyczyna leży w natężeniach występujących w nitce. Natężenia te zmieniają się w zależności od okresu przedzenia i średnicy zwoju. Dla wyjaśnienia opiszemy w krótkich słowach proces przedzenia na przedzarcie obrączkowej.

Luźna przędza z wrzecionarek czyli t. zw. niedoprzęd przechodzi przez walce wyciągowe, a następnie nitka przebiega przez oczko nad wrzecionem i przez biegnik i nawija się stożkowo na kopce, otrzymując przy tem odpowiedni skręt. Widzimy to na rys. 21, przedstawiającym szemat przedzarki obrączkowej. Wrzeciono obracające się bardzo



Rys. 21.

Schemat przedzenia na przedzarcie obrączkowej.
Natężenia w nitce bez regulacji, z regulacją.

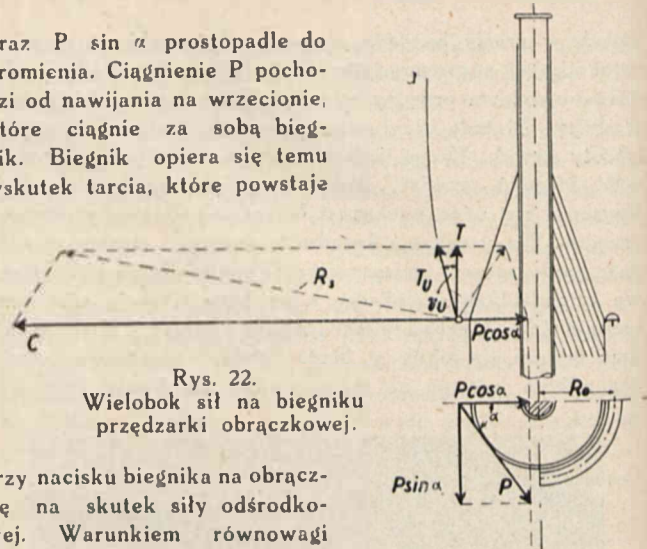
szybko (do 12 000 obr./min.) prowadzi nitkę za sobą w postaci balonu i pociąga za sobą biegnik nasadzony na obrączce. Balon ten wytwarza się pod wpływem siły odśrodkowej. Skręcenie nitki następuje od dołu przez biegnik, nie może jednak przenieść się w całości aż do walców wyciągowych wskutek tarcia w biegniku. Nitka nie ma więc powyżej biegnika swej pełnej wytrzymałości i dlatego następuje zrywanie się nitek głównie nad oczkiem poniżej walców wyciągowych.

Teoretycznie zostały te kwestje ujęte w formie wzorów przez prof. Lindnera¹⁾, a znacznie rozszerzone i pogłębione przez Dra. inż. Oertla²⁾. Ciągnienie P w nitce między biegnikiem a kopką ma kierunek styczny do obwodu kopki i posiada składową $P \cos \alpha$ w kierunku promienia,

¹⁾ Leipziger Monatschrift f. Textilindustrie 1910, str. 213.

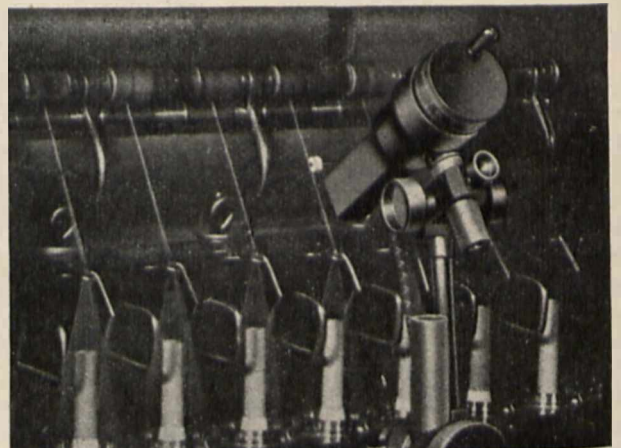
²⁾ Melliand Textilberichte 1929, str. 595. ff. Siemens - Zeitschrift 1929 zeszyt 5/6 i 7. Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens - Konzern, tom IX, zeszyt 1, 1930 r. Zeitschrift VD I 1929, str. 313. Melliand Textilberichte 1930 str. 589 ff.

oraz $P \sin \alpha$ prostopadle do promienia. Ciągnienie P pochodzi od nawijania na wrzecionie, które ciągnie za sobą biegnik. Biegnik opiera się temu wskutek tarcia, które powstaje

Rys. 22.
Wielobok sił na biegniku przedzarki obrączkowej.

przy nacisku biegnika na obrączkę na skutek siły odśrodkowej. Warunkiem równowagi jest $P \sin \alpha = \mu R_s$, przy czym μ jest współczynnikiem tarcia, a R_s jest wypadkową wszystkich sił działających na biegnik. Wypadkową R_s znajduje się z rysunku 22. A mianowicie składowa $P \cos \alpha$ tworzy z ciągnięciem T_u w balonie nad biegnikiem siłę wypadkową, która znów razem z siłą odśrodkową C daje wypadkową R_s . Jeśli przyjąć z przybliżeniem, że opór tarcia biegnika jest stały, to widać, że siły potrzebne do pokonania oporu, występujące w nitce są odwrotnie proporcjonalne do średnicy zwojów, co pokazuje rys. 21, a ciągnienia P w nitce są tem większe, im mniejsza jest średnica kopki. Kopkę przedzie się w warstwach stożkowych. Cała ława z wrzecionami porusza się periodycznie w górę i w dół na wysokość stożka. W każdej warstwie zmieniają się natężenia w nitkach przy przejściu od zwojów zewnętrznych do wewnętrznych, a mianowicie większe są w zwojach wewnętrznych, niż w zewnętrznych. Przędza wskutek tego staje się nierównomierna, a kopki nie mają jednolitej twardości, gdyż wewnątrz są twarde, a zewnętrzne zwoje nawinięte są miękko przy małym natężeniu nitek.

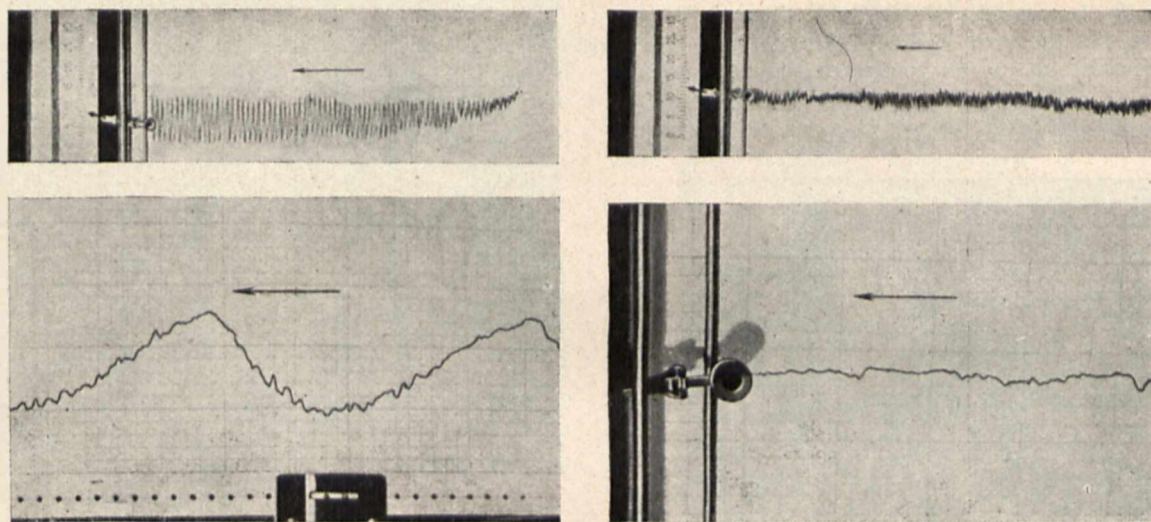
Celem zbadania natężeń występujących w nitce w czasie przedzenia skonstruowano przyrząd specjalny. Przyrząd przedstawiony jest na rys. 23. Opiera się on na zasadzie bolometrycznej. Przyrząd umieszcza się prostopadle do nitki między oczkiem, a walcami wyciągowymi, przyczem lekka rolka miernicza opiera się o nitkę. Rolka miernicza wychyla się mniej lub więcej zależnie od ciągnienia w nitce, a wychylenia te przenosi się zapomocą mostka bolometrycznego na przyrząd elektryczny piszący, który rejestruje natężenia w nitce przędzy w gramach.

Rys. 23.
Przyrząd do pomiaru natężeń w nitce.

Na przedstawionym wykresie w rys. 24. widać przebieg natężeń w nitce przy stałej ilości obrotów wrzeciona oraz przy samoczynnej regulacji obrotów w czasie obciążenia. Wahania w natężeniu nitki dochodzą bez regulacji zależnie od średnicy kopki do 100% najmniejszego natężenia, a przy regulacji obrotów wynoszą one najwyżej 10 — 20%. Wskutek tych dużych wahań w natężeniach nitek, które zależnie od średnicy wewnętrznej i zewnętrznej kopki mogą być i dwukrotne w stosunku do najniższej wartości, nie można przy napędzie transmisyjnym wykorzystać najwyższej dopuszczalnej szybkości wrzecion przy danych warunkach (rodzaju, numerze przędzy i t. d.), gdyż trzy-

tem polepsza się jakość przędzy, gdyż wskutek ujednostajnienia ciągnięcia uzyskuje się równomierniejszą przędzę i zmniejsza się ilość węzłów w miejscach zrywania się nitki. Regulacja ta winna odbywać się perjodycznie w ciągu nawijania każdej warstwy na kopce, synchronicznie z ruchem łąwy wrzecionowej. Regulacja ta nazywa się regulacją warstwową.

Jeśli rozpatrywać cały okres obciążania, to należy po- zątem na początku przy tworzeniu nasady kopki i w koń- cowym okresie obciążania, obniżyć nieco szybkość wrze- ciona ze względu na niekorzystne warunki przędzenia. Na początku przędzie się bowiem na małej średnicy kopki,

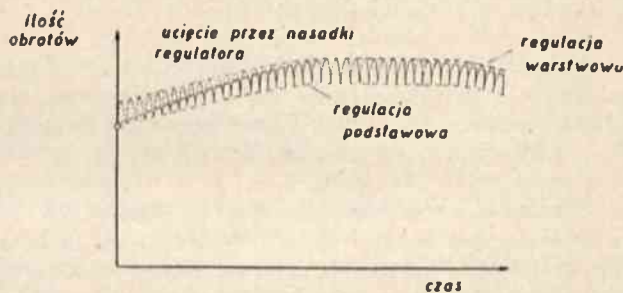


bez regulacji z regulacją.
Przebieg natężeń w nitce na przedzarce obrączkowej dla bawełny.

małoby się zanadto wiele zerwań nitek, co pogorszyłoby jakość przędzy, a mogłoby nawet przybrać takie rozmiary, że trzeba by powiększyć obsadę pracowniczą przy przedzarce, gdyż robotnica nie nadążałaby z wiązaniem węzłów. Zasadniczym problemem jest więc wyrównanie natężeń w nitce w ten sposób, aby je obniżyć tam, gdzie one są za duże, podwyższyć tam, gdzie są małe i wyrównać krzywą ilość zerwań nitek, tak, aby ilość zerwań nitek odniesiona do jednostki czasu była mniej więcej jednakowa w czasie całego obciążenia. Ponieważ ciągnięcie w nitce jest tem większe, im większa jest siła odśrodkowa, a więc im większa jest ilość obrotów, należy więc podnieść ilość obrotów wrzeciona przy nawijaniu na zewnętrznej średnicy kopki, a obniżyć ją stopniowo przy przechodzeniu do wewnętrznej średnicy. W ten sposób utrzymuje się ciągnięcie w nitce na możliwie stałej wysokości. Nie będziemy rozpatrywali tu kwestji, czy należy obroty regulować tak, aby ciągnięcie P między biegnikiem, a kopką, czy też ciągnięcie T w balonie było stałe; kwestja ta wchodzi zanadto w szczegóły technologii przędzenia. Zdaniem Dra. Stiela¹⁾ należy na przedzarkach obrotowych utrzymywać stałe ciągnięcie P, a na niciarkach stałe T.

Jasnym jest, że przy takiej regulacji obrotów uzyskać można z przedzarki obrączkowej zwiększenie się produkcji, gdyż przy napędzie transmisyjnym ilość obrotów musi być stała i dostosowana do maksymalnego natężenia występującego w nitkach na wewnętrznej średnicy kopki, a stosując regulację obrotów podnieść można szybkość wrzeciona przy nawijaniu na średnicach większych. Poza-

a pozątem balon jest długi. Natomiast przy końcu przędzenia balon znów jest krótki i nieelastyczny. Należy więc rozpocząć z niską ilością obrotów, regulować zasadniczą szybkość wrzeciona zwolna w górę aż do ukończenia naprzedzenia, następnie utrzymać szybkość stałą przez okres przędzenia głównego, a ku końcowi zwolna znów ją obniżyć. Regulacja ta nazywa się podstawową. Regulacja podstawowa i warstwowa nakładają się wzajemnie. Przebieg ich w zależności od czasu podany jest na rys. 25.



Rys. 25.
Wykresy obrotów samoczynnego regulatora przędzalniczego.

Przyrządem, który samoczynnie wykonuje te czynności regulacyjne, jest regulator przędzalniczy, połączony z silnikiem kolektorowym i sterujący ruch szczotek na kolektorze w zależności od fazy przędzenia.

Pierwszym, który wziął patent na samoczynną regulację obrotów przedzarki obrączkowej, był Robert Grime w r. 1877/78. Na tej podstawie wykonała firma Brooks & Doxey mechaniczny regulator z kołami stożkowymi w r. 1880. Alzackie Tow. Budowy Maszyn w Miluzie za-

¹⁾ Dr. Inż. Stiel. Zum heutigen Stande den Spinn- rlerproblems in der Ringspinnerei, Mellianđ Textilberichte 1933, str. 116 ff.

demonstrowało na wystawie paryskiej w 1900 r. regulator elektryczny z silnikiem prądu stałego. Regulatory te nie wykazały jednak praktycznych zalet. Dopiero badania przeprowadzone w latach 1907/8 w firmie Brown - Boveri & Cie w Badenie posunęły sprawę regulacji przędzarek obrączkowych na nowe tory i wprowadzono wówczas regulator przędzalniczy w połączeniu z silnikiem kolektorowym jednofazowym do przemysłu włókienniczego. Od tego czasu skonstruowano cały szereg regulatorów przędzalniczych i udoskonalono je znacznie. Patenty na takie regulatory mają firmy: Siemens - Schuckert, AEG, Bergman, Brown - Boveri, Asea i t. d. Wszystkie regulatory mają na celu regulację obrotów dla wyrównania natężeń w nitkach w czasie przędzenia. Są to regulatory, w których elementami regulacyjnymi są bądź to tarcze, bądź dźwignie. Opisanie wszystkich konstrukcji nie da się przeprowadzić na tem miejscu i dla tego opiszemy jedynie krótko najnowszy regulator, skonstruowany przez Zakłady Siemens - Schuckert.



Rys. 26.

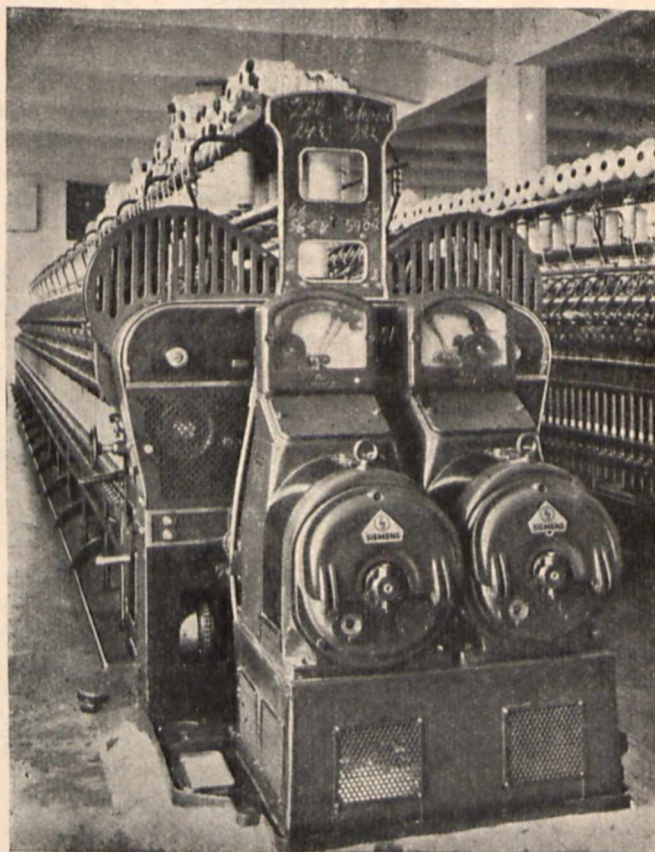
Silnik trójfazowy bocznikowy z regulatorem przędzalniczym Siemens — Schuckert.

Na rys. 26 widzimy silnik kolektorowy trójfazowy bocznikowy z przybudowanym regulatorem Siemens. Napęd taki o mocy 4,5 — 9 kW, regulowany w granicach 600 — 1200 obr./min. przeznaczony jest do napędu przędzarek obrączkowych dla wełny.

Przędzarki obrączkowe dla przędzy czesankowej mają zwykle po dwa bębny i dlatego stosuje się dla nich napędy podwójne. Na rys. 26a widzimy takie napędy podwójne z regulatorami, o mocy każdego silnika 1,1 — 4,5 kW przy 600 — 1800 obr./min.

Na rys. 27 widzimy silnik trójfazowy komutatorowy A. E. G. z regulatorem przędzalniczym, a rys. 28 pokazuje nam silnik trójfazowy, bocznikowy „Brown - Boveri” z przybudowanym regulatorem przędzalniczym.

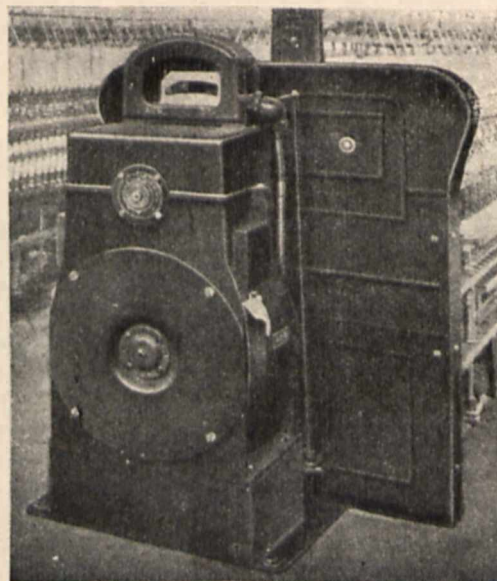
Konstrukcja nowego regulatora Siemens i jego działanie widoczne są na rys. 29. Dwie tarcze (a, b) sterują ruch regulatora. Tarcza „a” napędzana jest przez przekładnię od strony koła postępowego przędzarki, które przesuwa łąkę wrzecionową stopniowo w górę po każdym nawinięciu warstwy na kopce. Tarcza „a” daje regulację podstawową i nazwiemy tarczę tę „podstawową”. Ruch tarczy „b” po-



Rys. 26a.

Napęd przędzarek obrączkowych dla przędzy czesankowej za pomocą silników trójfazowych bocznikowych z regulatorem przędzalniczym.

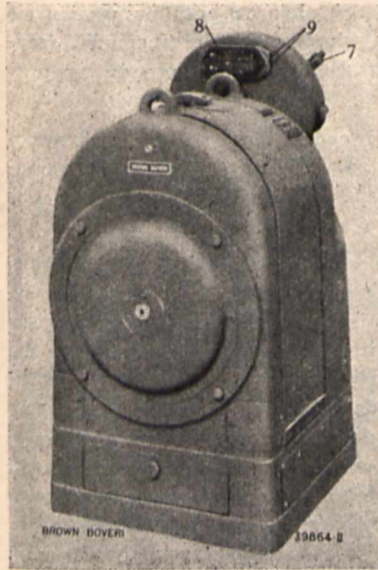
chodzi od wału krzywki sercowej. Krzywka sercowa steruje perjodyczny ruch łąki wrzecionowej w górę i w dół przy nawijaniu każdej warstwy na kopce. Tarcza „b” daje regulację warstwową zgodnie z ruchem tarczy sercowej, która prowadzi łąkę obrączkową powoli w górę przy nawijaniu od największej do najmniejszej średnicy zwoju, a następnie znacznie szybciej w dół przy powrocie od wewnętrznej do zewnętrznej średnicy. Tarczę „b” nazwiemy



Rys. 27.

Napęd przędzarki obrączkowej za pomocą silnika trójfazowego bocznikowego z regulatorem przędzalniczym A. E. G.

„warstwową”. Zapomocą wykrojów obu tarcz steruje się dźwignie (c, d), które posiadają szereg wycięć. W wycięciach tych siedzą koniki (f₁, f₂). Amplituda wychylenia tych koników zależna jest od ich odległości od punktu obrotu obu dźwigni (c, d). Im większa jest ta odległość, tem większe jest wychylenie. Zapomocą linki ze stali specjalnej „e₁”, przenosi się wychylenia te na dźwignię „g”, w której łączą się oba wychylenia i przenoszą się przez linkę „e₂” na urządzenie dla przesuwania szczotek silnika „l”. Najniższą początkową ilość obrotów nastawia się zapomocą klucza i urządzenia „k”. Zależnie od nastawienia konika



Rys. 28.
Silnik trójfazowy bocznikowy „Brown-Boveri” z regulatorem prędkości.

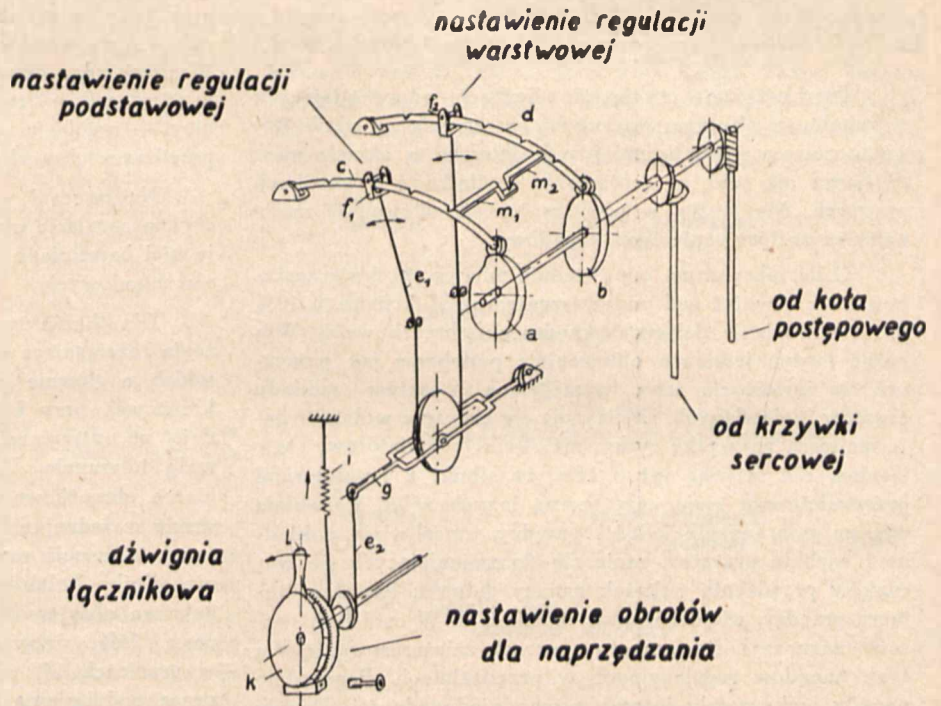
„f₁” w nacięciu na dźwigni „c”, uzyskuje się krzywe regulacji podstawowej o różnych wychyleniach. Tak samo uzyskuje się wzrost ilości obrotów w czasie nawijania każdej warstwy zależnie od położenia konika „f₂” na dźwigni „d”, co odpowiada całemu szeregowi krzywych regulacji warstwowej. Ponieważ każda dźwignia ma 34 nacięcia, a więc możliwe są 34 różne krzywe regulacji podstawowej i tyleż krzywych regulacji warstwowej, dla każdej początkowej ilości naprzedzania. Obie krzywe regulacji sumują się i dają jedną krzywą wypadkową. Regulację warstwową zmniejsza się szlucznie na początku i na końcu obciążu, gdyż nie można wówczas dopuszczać do znacznego wzrostu natężeń w nitce. To obciążenie szczytów regulacji warstwowej odbywa się zapomocą dwóch stałych nasadek „m₁” i „m₂”, przy dźwigniach, „c, d”.

Opisany regulator daje znaczne możliwości dostosowania szybkości wrzecion do warunków przędzenia, t. j. do numeru, rodzaju przędzy i t. d. Dostosowanie odbywa się w sposób szybki i prosty, a mianowicie: nastawia się kluczem szybkość początkową przy naprzedzaniu, a następnie wstawia się koniki według przygotowanej tabelki w odpowiednie nacięcia dźwigni. Tabela ta podaje odrazu położenie koników w zależności od numeru przędzy, mieszanki, numeru niedoprzedu, wyciągu, skretu i numeru biegnika. Odbywa się to w ciągu paru minut. Nikt oprócz mistrza sali nie ma dostępu do regulatora, który jest zamknięty na klucz i nikt inny nie może zmienić dowolnie procesu regulacji.

Przez szybkie w regulatorze obserwować można ten proces regulacji.

Prócz łatwej nastawialności, regulator ten ma ważną zaletę, że można nastawić niezależnie od siebie regulację podstawową i warstwową. Pozatem można zmienić charakter krzywej regulacji podstawowej przez przekręcenie tarczy podstawowej na wale.

Próby, przeprowadzone z powyższym regulatorem, dały wyniki bardzo korzystne pod względem podwyższenia produkcji przędzy, jak też pod względem poprawy jakości przędzy. Próby, przeprowadzone ostatnio w 3 przęd-



Rys. 29.
Regulator prędkości Siemens — Schuckert.

działniach łódzkich, wykazały, że uzyskać można było zapomocą powyższego regulatora przybudowanego do silnika kolektorowego, trójfazowego, wzrost produkcji do 18% przy zachowaniu tej samej ilości zerwań nitki, jak przy napędzie transmisyjnym, czyli przy zachowaniu poprzedniej jakości przędzy. Albo też obniżyć można było ilość zerwań nitki o 40% nie zwiększając produkcji, lecz uzyskując przez to znaczną poprawę jakości przędzy. Wytrzymałość nitki na zerwanie wzrosła przytem o 6%. Kierownictwo przędzalni może więc zdecydować, czy przędzenie odbywać się ma pod kątem widzenia większej produkcji, czy lepszej jakości.

Już poprzednio wykazaliśmy, że podwyższenie produkcji daje nadwyżkę zysku procentowo znacznie większą, niż wynosi przyrost produkcji. Podajemy wg. Dr. Oertla 1) sposób obliczenia nadwyżki zysku i czasu amortyzacji przy urządzeniu napędów jednostkowych regulacyjnych w przędzalni. Czas amortyzacji da się ująć w prosty wzór

$$t = \frac{D}{x(f+r)(1+x)E}$$

przyczem D jest nadwyżką kosztu silnika kolektorowego ponad silnik zwarty:

- x — nadwyżką produkcji w %,
- f — sumą stałych kosztów fabryki w %,
- r — czystym zyskiem w %
- E — wartością produkcji rocznej w złotych.

1) Melliand, Textilberichte, 1930 str. 589 ff.

Jeśli weźmiemy dla przykładu przędzalnię o 50 000 wrzecionach, a więc np. o 100 przędzarkach obrączkowych po 500 wrzecion, pracującą na dwie zmiany i produkującą przędzę o średnim numerze ang. 20, to dochodzimy do następujących rezultatów. Suma kosztów stałych i zysk czysty ($f + r$) obracają się normalnie w granicach 15 — 35%. Przyjmujemy tylko 20%. Nadwyżkę produkcji przy zastosowaniu silników regulacyjnych określamy tylko na 10%. Wartość produkcji wynosi rocznie obecnie około zł. 12 000 000. Nadwyżkę inwestycji określamy przy zastosowaniu 100 silników regulacyjnych, zamiast silników zwartych, na około 300 000 zł. Otrzymujemy więc

$$i = \frac{300\,000}{0.10 \cdot 0.20 \cdot 1.10 \cdot 12\,000\,000} = 1,13 \text{ roku.}$$

Przy ostrożnie przyjętych liczbach, odpowiadających w zupełności obecnym warunkom, amortyzują się silniki komutatorowe z regulatorami przędzalniczymi w okresie nieco dłuższym niż rok., w porównaniu z silnikami o wirnikach zwartych. Nie można w prostszy sposób udowodnić racjonalności zastosowania tych napędów.

O ile fabryka ma odpowiednie miejsce, to może zastanowić się również nad podwyższeniem produkcji np. o 10% przez dokupienie dalszych przędzarek obrączkowych. Wykazać można jednakże obliczeniem podobnym jak powyższe, że inwestycja taka, wymagająca poza tym nakładu kosztów budowlanych, amortyzuje się znacznie wolniej i daje mniejszą nadwyżkę zysku, niż silniki komutatorowe regulacyjne, nie mówiąc już o tem, że silniki z regulatorami przędzalniczymi mają cały szereg innych zalet. Pozwalają one na poprawienie jakości przędzy, umożliwiają dokładne i szybkie przystosowanie się do zmieniających się warunków przędzenia wskutek zmiany gatunku bawełny, numeru przędzy, wilgoci w powietrzu i t. d. W ostatnich czasach zaznaczył się poważny wzrost zainteresowania dla tych napędów regulacyjnych w przędzalniach. Poprzednio napędy wykazywały jeszcze pewne niedogodności. Dopóki stosowano silniki trójfazowe kolektorowe o charakterystyce szeregowej nie można było uzyskać pomyślnych wyników, gdyż ilość obrotów tych silników jest bardzo zależna od obciążenia i od wahań napięcia w sieci. Ta zależność wpływa bardzo niekorzystnie na wartość regulacji samoczynnej przędzarek. Poza tym nie można było przedstawiać regulatorów przędzalniczych starszego typu w sposób szybki i łatwy w razie zmiany numeru, gatunku przędzy i t. d. Trzeba było stosunkowo długo próbować, przedstawiać, wymieniać tarcze i t. d. co doprowadzało często do zupełnego odłączenia regulatora przędzalniczego. Sytuacja ta zmieniła się zupełnie od czasu stosowania silników kolektorowych o charakterystyce bocznikowej oraz od czasu skonstruowania opisanego regulatora przędzalniczego, który można łatwo przestawić dla innych warunków w ciągu kilku chwil. Silniki kolektorowe bocznikowe są obecnie w połączeniu z nowoczesnym regulatorem przędzalniczym najlepszym rozwiązaniem napędu przędzarek obrączkowych.

Niciarki obrączkowe nie wymagają naogół stosowania samoczynnego regulatora obrotów, gdyż nitka już jest mocno skręcona i zerwanie następuje rzadko, tak że nie można osiągnąć zapomocą regulatora takich korzyści, które wynikają przy przędzarkach obrączkowych. Zaleca się jednakże stosować silniki kolektorowe bocznikowe o regulacji obrotów zapomocą przesuwania szczotek, gdyż można wówczas łatwo i szybko dostosować szybkość silnika w razie zmiany przędzy wzgl. warunków pracy. Poza tym uzyskać można nadwyżkę produkcji. Są jednak wypadki, gdzie koniecznym jest zastosowanie samoczynnej regulacji w czasie obciążu.

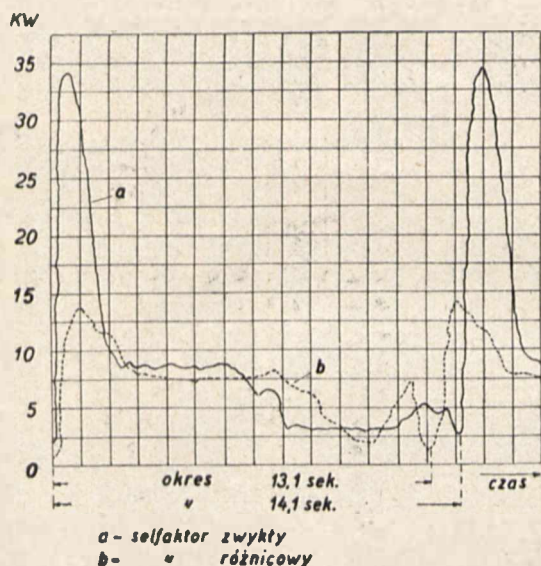
Przy tkaninach damskich wielokolorowych np. z jedwabiu sztucznego odznaczają się wydatnie miejsca, w których przędza ma różną ilość skrętów, lub w których nitka była zerwana. Różnice w skrętach nitki powstają na niciarce przy nawijaniu na różnych średnicach cewki. Przy nawijaniu na najmniejszej średnicy cewki, natężenie w nitce jest największe, jak to opisaliśmy przy przędzarkach obrączkowych, wskutek tego nitka wydłuża się i otrzymuje mniej skrętów. Dla uzyskania jednostajnej przędzy należałoby więc dążyć do utrzymania stałego ciągnięcia w nitce, co uzyskać można zapomocą odpowiedniej samoczynnej regulacji obrotów w czasie obciążu, podobnej do regulacji przy przędzarce obrączkowej, z tą różnicą, że nawijanie odbywa się warstwami cylindrycznymi, a nie stożkowymi. Wskutek tego odbywa się w niciarce przy poruszaniu się w górę cewki — regulacja warstwowa, a przy zmianie średnicy — regulacja podstawowa a więc na odwrót jak przy przędzarce obrączkowej.

Nadzwyczaj ważne i cenne zastosowanie ma samoczynna regulacja obrotów przy niciarkach, które wytwarzają nici bawelne dla tkanin, służących do produkcji opon samochodowych.

Dla tkanin tych, które narażone są na znaczne natężenia rozciągające wskutek nierówności broku, żąda się wysokich, a głównie jednostajnych wartości dla rozciągliwości krańcowej, przy której nitka się zrywa. Fabryki opon żądają np. utrzymania rozciągliwości krańcowej z możliwie małą tolerancją. Uzyskanie żądanych wartości jest w niciarce obrączkowej niezmiernie trudne. Próby przeprowadzone w jednej z fabryk, która nie mogła uzyskać przepisanej tolerancji rozciągliwości wykazały, że po zastosowaniu silnika kolektorowego bocznikowego i specjalnego regulatora obrotów osiągnąć można było rozciągliwość krańcową 24%, przyczem wahania tej rozciągliwości leżały w granicach 1%. Przy tej sposobności uzyskano jeszcze przez podniesienie średniej ilości obrotów zapomocą regulacji na niciarkach wstępnych i końcowych — poważny wzrost produkcji oraz wzrost wytrzymałości nitki w porównaniu z poprzednim nitkowaniem bez regulacji. Inwestycja silników kolektorowych bocznikowych z regulatorem nitkowym amortyzuje się w takich warunkach w bardzo krótkim czasie.

Selfaktory czyli przędzarki wózkowe służą do produkcji przędzy specjalnej, a mianowicie w przędzalniach bawełny i wełny czesankowej do produkcji wyższych numerów i wątku o małym skręcie, oraz w przędzalniach wełny zgrzebnej do produkcji wszelkich numerów przędzy. Wybór napędu dla selfaktorów jest problemem trudnym, gdyż przebieg zużycia mocy jest bardzo nierównomierny. Szczególnie trudne są warunki przy selfaktorze wielocylindrowym dla bawełny i wełny, gdyż trzeba tu na początku każdego okresu pracy wózka przyspieszyć od razu masy selfaktora do szybkości maksymalnej. Okres pracy trwa 10 — 14 sekund i przedstawiony jest na rys. 30 w krzywej „a”. Całkowity okres składa się z wyjazdu wózka, podczas którego następuje wyciąganie i skręcanie nitki, z dokrętu i odwoju, podczas których wózek stoi, oraz z nawijania, podczas którego wózek jedzie z powrotem. Przy wyjeździe wózka obserwujemy początkowe zużycie mocy selfaktora trzy- do czterokrotnie większe, niż w następnej fazie. Zużycie mocy następnie spada i utrzymuje się na stałej wysokości, aż do odwoju, podczas którego spada w dalszym ciągu. Przy selfaktorze dla przędzy zgrzebnej skoki zużycia mocy nie są tak duże, gdyż przyspiesza się wrzeciona w 2 lub 3 stopniach, zużycie maksymalne przekracza więc tylko o 80 — 100% zużycie przeciętne.

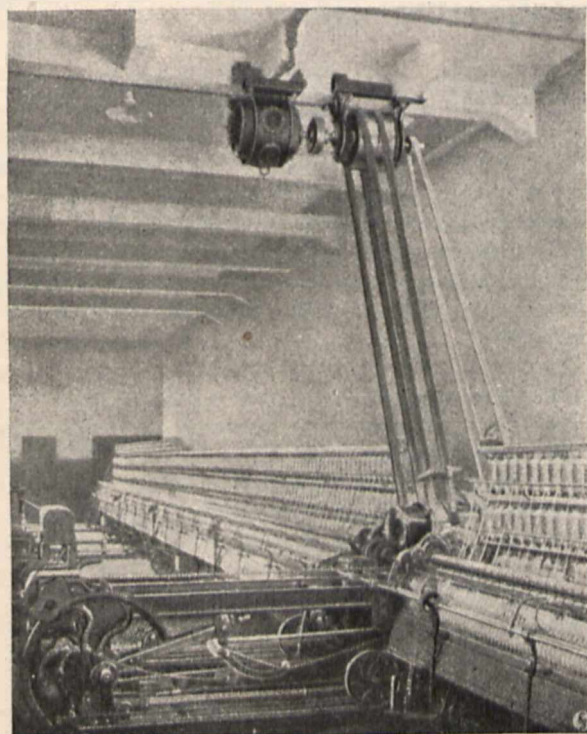
Zrozumiałem jest, że wskutek momentalnego przyspieszenia stojących mas selfaktora do maksymalnej szybkości na początku wyjazdu wózka, następuje wielkie zużycie pasa. Transmisja obraca się bowiem stale, a rozruch selfaktora odbywa się przez szybkie przesunięcie pasa z koła



Rys. 30.

Zużycie mocy w czasie okresu pracy przy selfaktorze zwykłym dla bawełny oraz selfaktorze różnicowym dla wełny czesankowej.

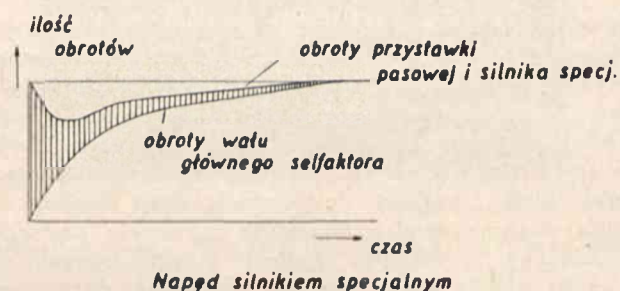
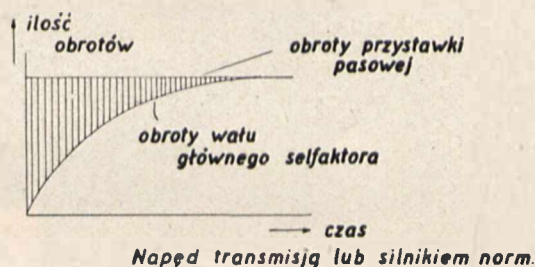
luźnego na stałe. Napęd jednostkowy elektryczny selfaktora wielocylindrowego dla bawełny widzimy na rys. 31. Silnik umocowany jest na suficie nał selfaktorem. Przy selfaktorze dla przędzy zgrzebnej, ustawia się silnik na przednim koźle. Silnik napędza przekładnię pasową, jak przy napędzie transmisyjnym. Stosuje się specjalny silnik trójfazowy z wirnikiem zwartym. Aby wyrównać warunki pracy silni-



Rys. 31.

Napęd jednostkowy selfaktora dla bawełny zapomocą silnika o wirniku zwartym.

ka stosowano dawniej koło zamachowe na wale silnika, jak np. przy napędzie Thomson-Houstona. W ten sposób uzyskano wprawdzie, że szczyty obciążenia nie przenosiły się na silnik, ale przenosiły się one w dalszym ciągu na pas, który ślizgał się przy szybkim przyśpieszeniu mas od zera do szybkości maksymalnej. Aby zapobiec zużyciu się pasa, należy zmniejszyć poslizg pasa możliwie jaknajbardziej, czyli zmniejszyć rozpiętość w różnicy obrotów silnika i selfaktora przy wyjeździe wózka (rys. 32). Trzeba więc dobrać silnik o charakterystyce tak miękkiej, aby obroty jego spadły przy rozruchu selfaktora, a następnie znów podniosły się do normalnych. W rys. 32 widzimy krzywą obrotów takiego silnika, którego obroty spadają o około 20% przy wyjeździe wózka. Wykonanie to zostało opatentowane w 1922 r. Włączanie silnika winno odbywać się przy biegu luźnym, aby uniknąć dużych uderzeń prądu. Do tego celu przewiduje się specjalne urządzenie przesuwające pas z koła stałego na luźne w chwili zatrzymania

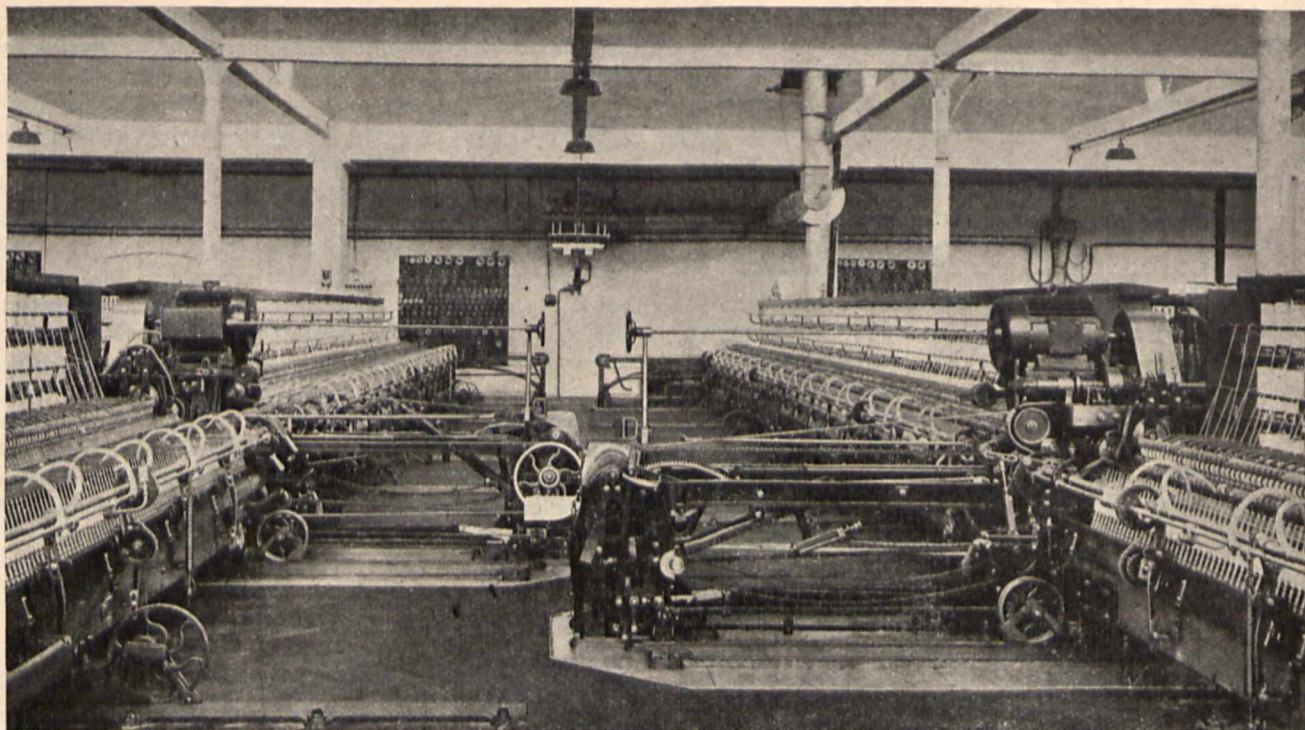


Rys. 32.

Poslizg pasa, silnika napędowego i obroty wału głównego selfaktora.

silnika. Przy selfaktorach różnicowych pomysłu Taine'a dla przędzy czesankowej, przedstawionych na rys. 33 warunki pracy są znacznie łagodniejsze, gdyż wał główny z wszystkimi kołami pasowymi i kołem nitkowem obraca się stale, a trzeba przyspieszyć okresowo jedynie bęben z wrzecionami. Wskutek tego mniejsze znacznie masy ulegają przyspieszeniu, a więc spada również i szczyt obciążenia przy wyjeździe wózka. Na rys. 30 widzimy wykres porównawczy zużycia mocy selfaktora normalnego i różnicowego. Przy selfaktorze różnicowym umieścić można silnik wprost na główicy. Silnik napędza wał główny bezpośrednio przez przekładnię zębatą różnicową. W główne koło zębate wbudowuje się sprzęgło poslizgowe, które łagodzić ma szczyty obciążenia i pozwala na wyłączenie selfaktora bez zatrzymania silnika.

Ostatnio ukazał się elektroselktor dla wełny zgrzebnej, bez przekładni różnicowej i bez pasów, skonstruowany przez fabrykę G. Josephy w Bielsku wspólnie z Zakładami Siemens-Schuckert. Selfaktor ten posiada 2 silniki napędowe, z których jeden zamontowany jest na główicy (headstocku) i uruchamia wjazd wzgl. wyjazd wózka oraz napędza wałki zasilające, a drugi silnik umieszczony jest w wózku i służy do napędu wrzecion. Silnik headstockowy jest asynchronicznym silnikiem trójfazowym zwartym i pracuje ze stałą ilością obrotów w jednym kierunku.

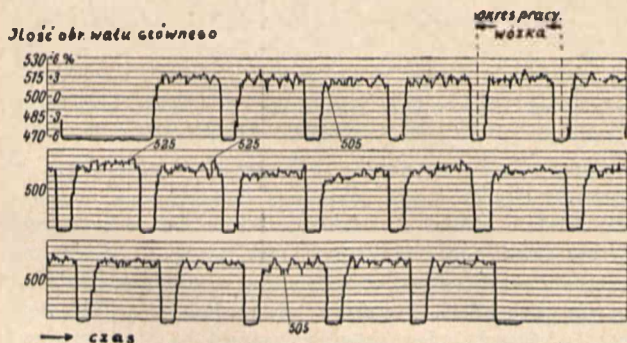


Rys. 33.

Selfaktor różnicowy dla wełny czesankowej z napędem elektr. jednostkowym.

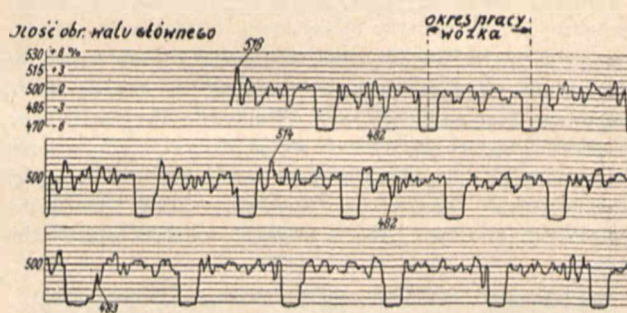
Sprzęgło cierne między silnikiem a wałkiem zasilającym i wózek zezwala na uruchomienie selfaktora bez uderzeń. Silnik wrzecionowy jest silnikiem trójfazowym pierścieniowym. Zapomocą szyny sterowniczej działającej na opornik regulacyjny, podnosi się stopniowo ilość obrotów silnika wrzecion. Dla odwoju odwraca się samoczynnie kierunek obrotu silnika i uzyskuje się zapomocą innego opornika zupełnie powolne obroty. Następnie zatrzymuje się silnik wrzecionowy, a nawijanie gotowej przędzy odbywa się w czasie wjazdu wózka zapomocą specjalnego mechanizmu wycinkowego. Silnik wrzecionowy napędza bęben przez przekładnię zmienną, którą można przestawić dla przędzy o małym lub dużym skręcie, celem uzyskania małej lub dużej ilości obrotów wrzecion. Sterowanie elektroselfaktora odbywa się zapomocą odpowiednich przekaźników zgrupowanych w szafie łącznikowej.

Często stosuje się napędy grupowe dla kilku selfaktorów, wychodząc z założenia, że w ten sposób następuje wyrównanie obciążeń poszczególnych selfaktorów. Rys. 34 i 35 pokazują nam jednak, jak znaczne wahania obrotów powstają przy pracy selfaktorów na jednej transmisji¹⁾.



Rys. 34.

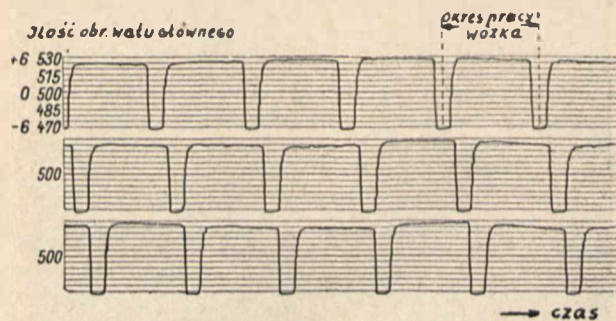
Ilość obrotów wału selfaktora na początku wału transmisyjnego.



Rys. 35.

Ilość obrotów wału głównego selfaktora na końcu wału transmisyjnego.

Na rys. 34 i 35 widzimy przebieg ilości obrotów głównego wału selfaktora na początku i na końcu wału transmisyjnego. Na końcu wału transmisyjnego ilość obrotów ulega wahaniom większym, niż na początku, gdyż zmiany obciążeń selfaktorów przenoszą się na wał transmisyjny i powodują natężenia skręcające i drgania, które przenoszą się z powrotem na selfaktory.



Rys. 36.

Ilość obrotów wału głównego selfaktora, napędzanego silnikiem elektrycznym.

¹⁾ Inż. W. E. Baltz, Der Selfaktorantrieb, Melliland Textilberichte 1930.

Nie widzimy tych drgań przy napędzie elektrycznym jednostkowym na ryc. 36. Wskutek tego uzyskuje się przy

napędzie jednostkowym selfaktora wyższą produkcję i jakościowo lepszą przędzę. Wyższą produkcję uzyskuje się nie tylko wskutek równomiernej ilości obrotów, ale także wskutek zmniejszenia poślizgu pasa przy zastosowaniu specjalnego silnika trójfazowego o dużym poślizgu¹⁾. Dlatego też zaleca się stosować przy selfaktorach również jedynie napęd jednostkowy.

b) Przędzalnia włókien łykowych.

Włókna łykowe, a mianowicie, len, konopie, juta, sisal i manila, wymagają innych maszyn dla przeróbki, niż bawełna i wełna, zasadniczo jednak proces przeróbki jest podobny, gdyż surowiec przechodzi przez maszyny przygotowawcze, celem rozluźnienia i oczyszczenia, a następnie przez wyciągarki, przędzarki i niciarki. Poszczególne rodzaje włókna łykowego, przechodzą przez różne maszyny ze względu na swe odmienne właściwości.

Konopie przechodzą przez tarła, krajarki, czesarki, taśmiarki, wyciągarki, przędzarki czeszące, do maszyn cienkoprzędnych i do niciarek.

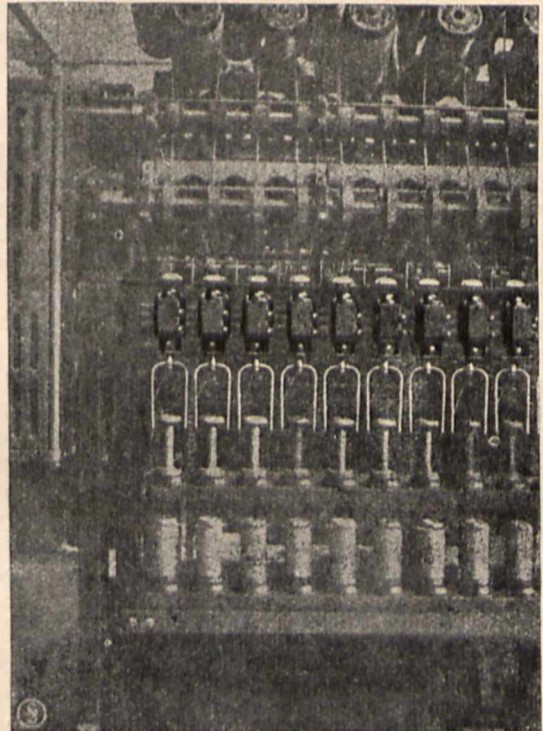
Dla lnu nie trzeba przejścia przez tarła i krajarki. Jutę rozluźnia się w otwieraczach, a następnie prowadzi się ją przez zgrzeblarki i wyciągarki do przędzarek czeszących, maszyn cienkoprzędnych i niciarek. Sisal i manila przechodzą z lamaczy do wyciągarek, a następnie do przędzarek czeszących i cienkich oraz do niciarek. Dla maszyn przygotowawczych, stosuje się z korzyścią napędy jednostkowe w formie silników trójfazowych zwartych lub pierścieniowych, podobnie, jak w przędzalni bawełny. Dla przędzarek wstępnych (czeszących) stosuje się silniki o wirniku zwartym z opornikiem rozruchowym w jednej fazie dla uzyskania łagodnego rozruchu. Wielkość oporu można nastawić i uzyskać odpowiedni czas rozruchu. Po ukończonym rozruchu wyłącza się ręcznie lub samoczynnie ten opornik. Dla przędzarek cienkich, które są maszynami skrzydełkowymi, stosuje się silniki trójfazowe bocznikowe z regulacją obrotów zapomocą przesuwania szczotek. W ten sposób można uzyskać możliwie dużą produkcję przez przystosowanie się do różnych gatunków i numerów przędzy, a następnie przez samoczynne regulowanie obrotów w czasie obciążenia.

W przędzalni włókien łykowych rozwój napędów jednostkowych poszedł jeszcze dalej. Osiągnięto najwyższy stopień rozwoju przez skonstruowanie elektroprzędzarki skrzydełkowej.

Przy elektroprzędzarce skrzydełkowej dra Schneidera^{1) 2)}, napędza się każde skrzydełko osobnym małym silnikiem trójfazowym o momencie normalnym 1,5—2 kgcm i współczynniku sprawności ca 75%. Tu napędza się więc bezpośrednio narzędzie robocze, bez żadnych przekładni pasowych i sznurowych. Jest to elektroprzędzarka w całym tego słowa znaczeniu. Widzimy ją na ryc. 37. Silniki zakryte są w ruchu blachą, która chroni je przed wodą przy przędzeniu mokrego włókien łykowych. Każdy silnik ma wydrążony wał, przez który nitka przebiega do skrzydełka i do cewki. Sterowanie każdego silnika odbywa się zapomocą guzików na nim umieszczonych. Guziki uruchamiają wyłącznik przerywający punkt zerowy trzech faz.

Przy bezpośrednim napędzie skrzydeł odpadają straty wskutek poślizgu tasiem wzgl. sznurów, napędzających

wrzeciona, które wynoszą 7—10%. Poza tem zawieszono skrzydełko bezpośrednio na wale silnika, nie na końcu wrzeciona. Długie wrzeciono z nasadzonem skrzydełkiem miało ograniczoną ilość obrotów ze względu na spokojny bieg i wyważenie. Natomiast na elektroprzędzarce można było podnieść znacznie ilość obrotów wrzecion. Uzyskano jednocześnie łatwą wymianę cewek, które wymieniać można bez odejmowania skrzydeł.



Rys. 37.

Elektroprzędzarka skrzydełkowa wg. Dra inż. Schneidera.

Elektroprzędzarka daje równomierny skręt nitki, wyższą jakość przędzy i znaczny wzrost produkcji. Zmianę obrotów dla wrzecion uzyskuje się zapomocą asynchronicznej przetwornicy okresów, która zasila silniki skrzydełkowe, transformując równocześnie napięcie tak dalece, aby pracownikom nie groziło niebezpieczeństwo przy pracy.

Elektroprzędzarki znalazły zastosowanie w przemyśle włókna łykowego, dla juty, lnu, konopi. Wykonano już cały szereg elektroprzędzarek do przędzenia mokrego i suchego, następnie elektroprzędzarki czeszące, przy których odpadają zupełnie przekładnie zębate dla wrzecion, i w końcu niciarki dla włókien łykowych.

Dla przykładu podamy, że elektroprzędzarkę dla suchego przędzenia juty i lnu, buduje się dla 4200 obr./min. i uzyskuje się wydajność 500 g na wrzeciono i godzinę. Przy elektroprzędzarce dla przędzenia mokrego, dochodzi się do 5700 obrotów skrzydełka na minutę. W stosunku do przędzarek skrzydełkowych, budowanych w chwili wprowadzenia elektroprzędzarek, można było więc uzyskać wzrost produkcji na wrzeciono, dochodzący do 50%.

Przy przędzarkach czeszących wzrost ten był znacznie wyższy wskutek możliwości podwyższenia obrotów o więcej, niż 100%.

Elektroprzędzarki pracują obecnie w Niemczech, Szwajcarii, Belgii i Francji. Spowodowały one przełom w budowie przędzarek dla włókien łykowych. Obecnie ulepszono przędzarki dla włókna łykowego mechanicznie tak dalece, że można dojść do ilości obrotów, praktykowa-

¹⁾ Dipl. Ing. R. J. Nowotny. Studie über den durch Riemengleiten bedingten Arbeitsverlust bei Wagenausfahrt des Selfaktors, Melliand Textilberichte 1927, str. 129-216.

²⁾ Dr. Ing. H. Wilbert. Elektrospinn- und Zwirnmaschinen für Bastfasern, Siemens Zeitschrift 1929 str. 28 ff.

³⁾ Dr. Ing. H. Schneider. Der elektrische Spinnflügeltrieb, Siemens Zeitschrift 1925 str. 540 ff.

nych przy elektroprzędzarkach. Wobec tego zmniejszył się obecnie dystans między elektroprzędzarką a przędzarką mechaniczną dla włókna łykowego, tak, że obecnie stosuje się raczej te ostatnie z napędem jednostkowym zapomocą silnika kolektorowego bocznikowego. Nie przesądza to jednak dalszego rozpowszechnienia elektroprzędzarek w przyszłości.

e) Przędzalnia sztucznego jedwabiu.

Istnieje cały szereg procesów produkcji jedwabiu sztucznego. Najważniejszym i najbardziej rozpowszechnionym jest proces wiskozowy. Udział jedwabiu wiskozowego w produkcji światła wynosi około 88%. Jedwab sztuczny miedziankowy pokrywa około 5%, jedwab acetatowy około 4%, jedwab Chardonnet'a azotowy około 3% produkcji światowej sztucznego jedwabiu.

Wskazemy krótko tylko etapy produkcji jedwabiu wiskozowego, który otrzymuje się z błonnika drzewnego z pomocą sody żrącej, kwasu siarkowego i związków siarko-węglowych. Surowiec, który uzyskuje się z tych procesów, nazywa się wiskoza. Wiskoza przechodzi okres dojrzewania, który odbywa się w kotłach w ciągu kilku dni, przyczem przepompowuje się wiskozę z jednego kotła do drugiego zapomocą sprężonego powietrza i filtruje się ją. Po ukończeniu dojrzewania doprowadza się wiskozę do przędzarek. Proces przędzenia polega na wydzielaniu nitki przez wiskozę, którą wtłacza się przez dysze do kąpieli stężającej. Skład chemiczny tej kąpieli objęty jest patentami. Zwykle stosuje się rozcieńczony kwas siarkowy, w którym rozpuszczona jest sól — przeważnie siarczan. Przędzarka posiada cały szereg np. 30 do 60 miejsc do których doprowadza się wiskozę. Każde miejsce posiada małą pompkę, która wtłacza stałą ilość wiskozy przez filtr i dyszę do kąpieli.

Sam proces przędzenia odbywać się może albo według metody nawijania, albo też zapomocą wirowania.

Przy metodzie nawijania czyli bobinowej nawija się nitki wyciągnięte z kąpieli na walcu ze szkła lub glinu w warstwach krzyżujących się. Następnie wymywa się, suszy i znów zwilża się jedwab w cewkach, poczem skręca się nitki na skręciarkach (niciarkach). Ponieważ ilość wiskozy, doprowadzonej w jednostce czasu przez dysze jest stałą, więc szybkość nawijania na kopkach winna być stała w ciągu całego obciążu, t. zn. od pustej do pełnej kopki, a więc

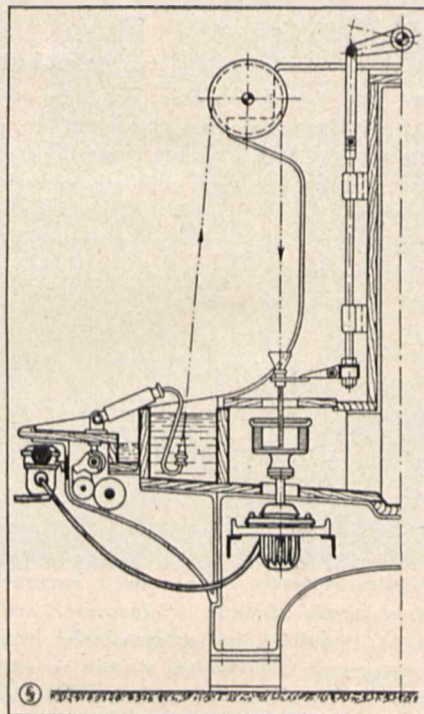
$$v = d \pi n = \text{konst.}$$

Należałoby więc w miarę nawijania na kopce regulować szybkość w dół według hyperboli. Dotychczas stosowano dla napędu przędzarek bobinowych po 2 silniki asynchroniczne z wirnikiem zwartym. Jeden z nich napędzał pompki i prowadnice dla nitki zapomocą stałych przekładni, a drugi służył do napędu cewek przez zmienne przekładnie mechaniczne. Dokładność przekładni mechanicznych zależy jednak od obciążenia, tarcia i t. d., i dlatego stosuje się obecnie z korzyścią silniki bocznikowe kolektorowe, których obroty reguluje się zapomocą przesuwania szczotek. Obroty sterować można według ustalonego programu w sposób zupełnie dokładny. Silniki stosowane do tego celu muszą być zupełnie okapturzone ze względu na obecność kwasu w powietrzu.

Metoda bobinowa ustępuje coraz bardziej metodzie wirówkowej, która pozwala na przędzenie i skręcenie jedwabiu w jednym procesie

Elektroprzędzarka wirówkowa, stosowana w przemyśle jedwabiu sztucznego wiskozowego, wyrugowała w ciągu kilku lat dawniejszy napęd ślimakowy dla wirówek. Na rys. 38 widzimy przekrój przez elektroprzędzarkę wirówkową, przy której każdy garnek napędzany jest osobnym silnikiem.

Silnik taki wraz z garnkiem widzimy na rys. 39. Przędzenie odbywa się w ten sposób, że nitki przebiegają z dyszy i z kąpieli przez rolkę prowadniczą do garnka wirówki. Nitki przechodzą następnie przez stożkową prowadnicę z szkła i wychodzą z niej na dole, kierując się wskutek



Rys. 38.
Elektroprzędzarka wirówkowa w przekroju.

siły ośrodkowej na ściankę garnka. Nitki skręcają się między sobą wskutek wirowania garnka w nić, która nawija się na obwodzie wewnętrznym garnka w linjaci śrubowych, gdyż prowadnica porusza się perjodycznie w górę i w dół i w ten sposób powstaje t. zw. „babka”, która ma taką wytrzymałość mechaniczną, że można ją wyjąć ręką. Skręt nitki zależy m. in. od promienia nawinięcia zwoju i dlatego też skręt zmniejsza się w miarę posuwania się do wnętrza garnka. Od skrętu nitki zależy jej wytrzymałość, wobec tego trzeba się albo ograniczyć do zewnętrznych średnic wirówki czyli do niewielkiej grubości babki, albo też trzeba zastosować środki dla wyrównania wytrzymałości nitki. Dr. Oertel¹⁾ przeprowadził obliczenia, celem stwierdzenia związku między zmianą skrętu natężenia w nitce, promienia nawijania i ilości obrotów wirówki

Według Dra Oertla¹⁾ ciągnięcie w nitce wynosi:

$$P = \frac{(Dn)^2}{7100 N}$$

przyczem D jest średnicą nawijania, n — ilością obrotów, N — numerem metrycznym przędzy. Przy zmniejszeniu się średnicy nawoju do 0,7 D zmniejsza się więc ciągnięcie już prawie do połowy. Zmniejszenie się ciągnięcia powoduje mniejszy skręt, a w następstwie za luźną przędzę. Dlatego



Rys. 39.
Elektrowirówka.

¹⁾ Dr. Ing. Oertel, Studie über die Topfspindel, „Wolle- und Leinenindustrie“ 1934, nr. 13 i 14.

dopuszcza Dr. Oertel najwyżej 20 % odchylenia od dozwolonego ciągnięcia. Dla przykładu przeliczonego przez Dr. Oertla okazuje się, że przy dopuszczalnym ciągnięciu 7 gr. przy $N=24$ i $n=15\,000$, można napęlić tylko $13\frac{1}{2}\%$ średnicy garnka, aby nie zejść poniżej dopuszczalnej granicy ciągnięcia i skrętu.

Można natomiast uzyskać większe wypełnienie garnka w ten sposób, że podnosi się stopniowo obroty wirówki w miarę zmniejszania się średnicy nawoju. O ile stosuje się przy nawijaniu na zewnętrzną średnicę garnka 9000 obr./min, a przy 0,6 średnicy — 15200 obr./min, to natężenie w nitce jest stale 7 gr. Uzyskuje się więc jednocześnie znaczną nadwyżkę produkcji przy samoczynnej regulacji, oraz polepszenie jakości przędzy. Taka regulacja nastąpić może samoczynnie przez odpowiednie sterowanie silnika bocznikowego kolektorowego zapomocą krzywki. Silnik ten napędza asynchroniczną przetwornicę okresów, zasilającą silniki wirówkowe. Okresy, a więc obroty silników wirówkowych zmieniają się w tym samym stosunku, w jakim reguluje się ilość obrotów silnika kolektorowego.

Samo zastosowanie wirówki elektrycznej, nawet bez samoczynnej regulacji obrotów, daje w porównaniu z mechaniczną przędzarką wirówkową duże korzyści. Przy mechanicznych wirówkach dojść można tylko do 5000 obr./min, ze względu na ogromne zużycie się przekładni ślimakowych, a wirówki elektryczne stosować można do 15.000 obr./min, choć fabryki sztucznego jedwabiu nie wykorzystują dotychczas tak wysokiego zakresu obrotów. Następnie można każdy garnek osobno włączać i odłączać, zamiast zatrzymywać całą maszynę. Oszczędza się więc nie tylko na czasie, ale zaoszczędzić można całą drużynę do obciążania przędzy. Ponadto daje elektroprzędzarka wirówkowa, w porównaniu z mechaniczną, oszczędności energii dochodzące do 30 %, mimo strat w przetwornicy okresów. Ma to zwłaszcza miejsce przy nowoczesnych wirówkach płaszczowych, przy których unika się strat wentylacji powietrznej. Zasadniczo możliwym jest stosowanie wirówki elektrycznej i do innych włókien, np. dla konopi.

Po scharakteryzowaniu napędów jednostkowych w przędzalni, przejdziemy jeszcze krótko napędy jednostkowe w tkalni i dziewiarni, a następnie w wykończalni.

d) Tkalnia.

Krosno tkackie winno mieć szybkość możliwie jednostajną, aby mogło pracować z możliwie najwyższą ilością wątku i możliwie wysoką produkcją, bez narażenia się na nadmierną ilość zerwań nitki.

Przy napędzie transmisyjnym nie da się to uzyskać, jak to widzimy na rys. 7 i 8, ze względu na wahania obrotów, wywołane drganiami w transmisji. Napęd jednostkowy elektryczny umożliwia podwyższenie ilości wątku i zmniejszenie ilości zerwań nitki, a więc wzrost produkcji, który leży w granicach 10—20 %. Tę ostatnią wartość otrzymano bez trudności przy krosnach Northropa¹⁾. Krosno ma nierównomierność biegu, uwarunkowaną samą konstrukcją mechanizmu napędowego, niezależnie od tego, czy napęd stanowi transmisja, czy silnik. Te wahania powtarzają się regularnie w okresach odpowiadających uderzeniom czółenka. W czasie każdego obrotu korby, powtarzają się te wahania, a mechanizm krosna przechodzi kilkanaście razy na sekundę zmiany obciążenia²⁾). Wsku-

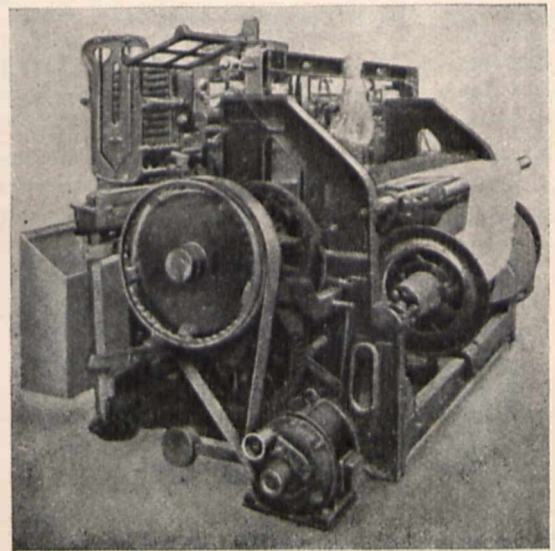
tek tego trzeba dobrać silnik znacznie większy, niż odpowiadający to rzeczywistemu zużyciu mocy w czasie obrotu korby. Silnik elektryczny asynchroniczny ulega wahanom tylko mało i poddaje się jedynie nieznacznie w swych obrotach tym zmianom obciążenia, dzięki czemu ilość obrotów korby jest możliwie jednostajna.

Poza temi regularnymi wahaniami występują jednak przy napędzie transmisyjnym zupełnie nieregularne wahania, które pochodzą od wzajemnego działania na siebie krosien i poślizgu pasów, umieszczonych na tym samym wale transmisyjnym. Ta nieregularność biegu działa ujemnie na jednostajność i jakość tkaniny, gdyż uderzenia ludy stają się nierówne i powstają pasy w tkaninie, a pozatem zwiększa się nadmiernie ilość zerwań nitki. Napęd elektryczny jednostkowy usuwa te nieregularności, a następnie łagodzi też perjodycznie powtarzające się uderzenia w krosnie. W tym celu silnik winien mieć duży moment rozruchowy i płaską charakterystykę obrotów, wykazującą niewielką zależność ilości obrotów od zmian obciążenia.

Wykonuje się obecnie cztery zasadnicze rodzaje napędu jednostkowego dla krosna tkackiego:

- 1) napęd pasowy z naprężaczem pasa;
- 2) napęd pasowy z silnikiem zawieszonym wahadłowo;
- 3) napęd pasowy klinowy;
- 4) napęd z przekładnią zębatą wzgl. łańcuchową.

Napęd pasowy z naprężaczem pasa widzimy na rys. 40 dla krosna automatycznego. Widzimy tam naprężacz pasa ciężarkowy, stosuje się jednakże również naprężacze sprężynowe.



Rys. 40.
Napęd elektr. jednostkowy krosna automatycznego z naprężaczem pasa.

Na rys. 41 widzimy napęd pasowy dla krosna Buckskina, przy czym silnik zawieszony jest wahadłowo i napina pas. Zawieszenie wahadłowe, stosowane przy ciężkich krosnach Buckskina, filcowych i dywanowych, ma jednakże wadę, że w chwili uderzenia sprężyny poddają się, pas zluźnia się i ślizga się znacznie, co powoduje straty produkcyjne. Natomiast przy zastosowaniu naprężacza pasa, jak na rys. 41, pas obejmuje koło pasowe na wielkiej części obwodu, poślizg jest więc znacznie mniejszy. W ogólności jednak daje ten napęd pasowy wskutek poślizgu pasa, w porównaniu z napędem zapomocą przekładni zębatej, produkcję mniejszą w granicach 3—5 %. Pomiary wykazały, że napęd wahadłowy z naprężaczem pasa daje ok.

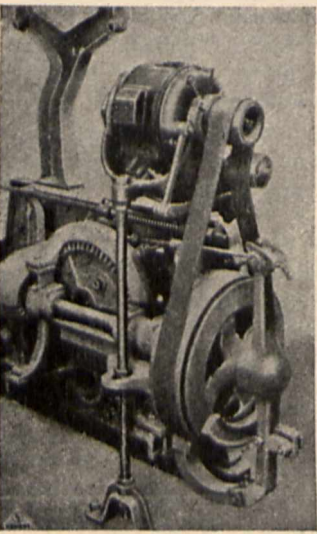
¹⁾ Schultz. Der elektrische Antrieb in der Baumwollspinnerei und Weberei E. T. Z. 1923. Sondernummer.

²⁾ Dr. Ing. Oertel. Kraftbedarf und Ungleichförmigkeitsgrad beim Webstuhl Z. d. V. d. I. 1933, nr. 17.

³⁾ Prof. Dr. Ing. E. Hönegger. Rechnerische und messtechnische Untersuchungen über den Lauf des mechanischen Webstuhl. Z. d. V. d. I. 1933, nr. 22.

11% oszczędności energii w porównaniu z napędem zapomocą naprężacza pasa rys. 40¹⁾.

Napęd zapomocą pasa klinowego, przedstawiony dla krosna Bucksina na rys. 42, nie powoduje wprawdzie poślizgu, powoduje jednak przy zatrzymaniu krosna silne uderzenia, gdyż nie jest elastycznym. Należałoby więc zastosować jeszcze sprzęgło poślizgowe, jak przy przekładni zębatej, co podniosłoby jednakże zanadto koszt całego napędu.

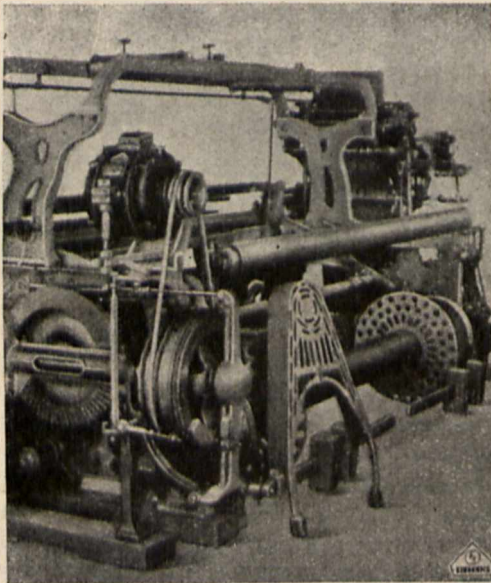


Rys. 41.
Napęd elektr. jednostkowy krosna Bucksina z silnikiem zawieszonym wahadłowo.

silnikiem a wałem krosna sprzęgło poślizgowe.

Pozatem istnieje cały szereg możliwości wbudowania silnika w samo krosno wzgl. przybudowania go do ściany krosna, które są objęte patentami poszczególnych firm.

Zamiast przekładni zębatej stosować można również przekładnię łańcuchową. W Anglii pracują już od wielu lat łańcuchy Renolda. Pozatem istnieją jeszcze inne wyko-



Rys. 42.
Napęd elektr. jednostkowy krosna Bucksina z pasem klinowym.

nia kombinowane, jak np. napęd o przekładni zębatej z silnikiem, zawieszonym wahadłowo. Naogół powiedzieć można, że napęd jednostkowy elektryczny wykazał również przy krosnach tkackich swoją wyższość nad napędem transmisyjnym. Brak strat w transmisji, niezależność krosien od siebie i niemożliwość przenoszenia wzajemnego drgań, możliwość uruchomienia poszczególnych krosien, podniesienie ilości obrotów, zmniejszenie ilości zerwań nitki, dają w efekcie wzrost produkcji i podwyższenie jakości tkanin, a więc wzrost rynku przedsiębiorstwa.

e) Dźwigniarnia.

Tkaniny dziane zajmują osobny ważny dział produkcji.

Pończoszarki Cotton'a służą do wyrobu delikatnych tkanin dzianych, szczególnie pończoch damskich.

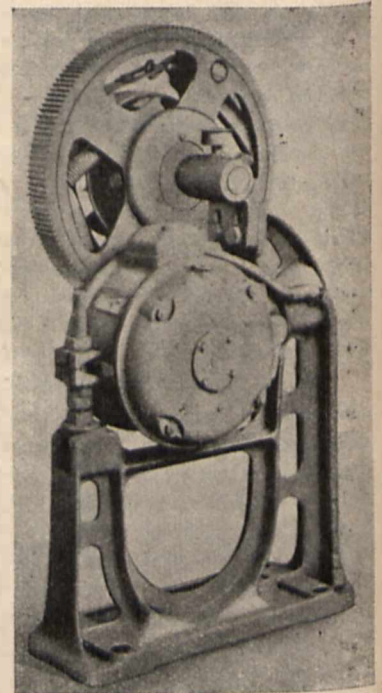
Zasadnicze wymagania, które stawiamy napędem pończoszarek Cotton'a, dadzą się ująć w następujące punkty:

- 1) poszczególne fazy pracy należy wykonać z możliwie największą ilością rzędów osnowy;
- 2) przejście z małej ilości rzędów przy zmniejszaniu do dużej ilości przy pracy gładkiej winno nastąpić bardzo szybko, aby niknąć trudności przy maszynie oraz strat w produkcji.
- 3) napęd winien umożliwić powolne obracanie maszyny dla zbadania oczek i pracy maszyny;
- 4) silnik winien być nieczuły na zmiany obciążenia w różnych fazach pracy, aby zachować ściśle ilość obrotów, dostosowaną do każdej fazy pracy.

Dotychczas stosowało się silniki trójfazowe z wirnikami pierścieniowymi i przełączaniem biegunów. Napęd ten daje znaczne korzyści w porównaniu z napędem transmisyjnym.

Zmiany rzędów gładkich i zmniejszonych odbywają się bowiem bardzo często, a przy transmisyjnym napędzie trzeba było pracować z tak małą średnią szybkością, aby móc jeszcze uzyskać zmniejszoną ilość rzędów. Straty produkcyjne były więc znaczne, gdyż różnice w rzędach są wielkie i dochodzą do 50%. Przy napędach jednostkowych z silnikami o biegunach przełączalnych uzyskuje się znaczne zmiany rzędów przez przełączenie biegunów, a stopnie pośrednie przez oporniki w wirniku. Sterowanie odbywa się samoczynnie przez samą maszynę Cotton'a. Napęd taki widzimy na rys. 44.

Powyższy napęd ma taką wadę, że ilości obrotów przy silnikach o biegunach przełączalnych są ściśle określone i wynoszą np. ok. 700, 900, 1400 obr/min. Pośrednie stopnie uzyskać można tylko ze stratą energii w oporni-

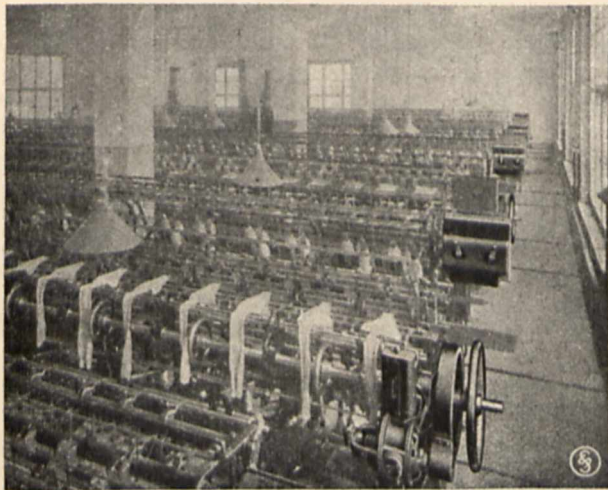


Rys. 43.
Napęd elektr. jednostkowy krosna na stojaku, z przekładnią zębatą.

¹⁾ Dr. Ing. F. Oertel. „Energiesparende Webstuhl-Pendelantriebe mit Stossdämpfung”, Der Spinner und Weber, 1935, Nr. 1.

kach, a pozatem oporniki powodują charakterystykę szeregową silnika, t. zn. obroty stają się zależne od momentu obrotowego.

Obecnie silniki o biegunach przełączalnych ustępują zupełnie miejsca nowemu napędowi, który opatentowano



Rys. 44.

Napęd pończoszarki Cotton'a zapomocą silnika trójfazowego o przełączalnych biegunach.

po wielu latach prób w formie silnika trójfazowego bocznikowego. Silnik ten daje się regulować bez strat zapomocą przesuwania szczotek. Wykonuje się regulację w zakresie 1:20, tj. od np. 4 do 80 rzędów. Regulacja odbywa się szybko bez stopni i strat, tak, że dostosować można dokładnie szybkość roboczą do wymagań pończoszarki i materiału. Przy silniku o biegunach przełączalnych, można zmieniać obroty tylko w stopniach, a więc ilość rzędów np. co pięć, trzeba więc często pozostawać pod maksymalnie możliwą ilością rzędów, co powoduje straty produkcyjne. Gdy np. pończoszarka pracuje przy napędzie z silnikiem przełączalnym przy 75 rzędach, a można podwyższyć przy silniku regulacyjnym ilość rzędów do 78, to otrzymuje się już o 4% większą produkcję. Pozatem otrzymuje się wzrost produkcji wskutek tego, że zmiany obrotów następują przy silniku kolektorowym znacznie prędzej niż przy silniku przełączalnym. Daje to znów 4 — 8% wzrostu produkcji. Silnik taki widzimy na rys. 45. Łączenie oraz regulacja obrotów odbywać się mogą ręcznie lub samoczynnie. Podczas gdy silnik o przełączalnych biegunach dawał średnio 20% nadwyżki produkcji w stosunku do napędu transmisyjnego, to silnik kolektorowy daje 8—12% dalszej nadwyżki. Napęd regulacyjny amortyzuje się więc szybko wskutek lepszych warunków ruchu i zwiększonej produkcji.

1) Wykończalnia.

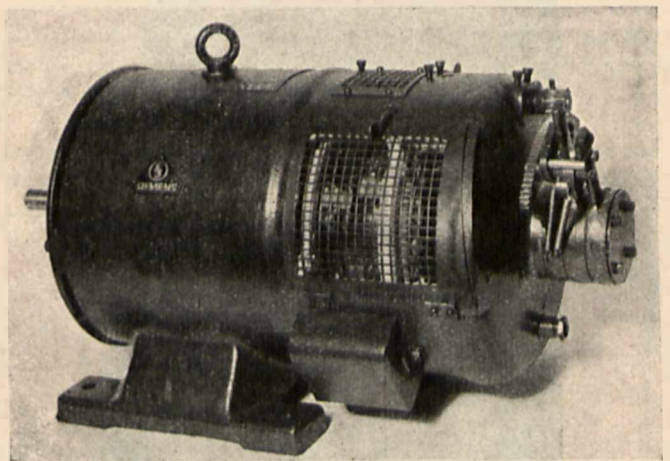
Maszyny w wykończalniach nadają się szczególnie do napędu pojedynczymi silnikami. W wykończalniach tkaniny przechodzą kolejno przez cały szereg różnorodnych maszyn, zajmujących dużo przestrzeni, przy czym z przyczyn lokalnych ustawienie maszyn jest stosunkowo nieregularne. Mamy więc w wykończalniach między innymi: opalarki, merceryzarki, aparaty do bielienia i do farbowania, pralki, suszarki cylindryczne, prężarki ramowe, wirówki, prasy, maglarki, gładziarki, drukarki itd. Napęd transmisyjny jest w wykończalni bardzo niewygodny, gdyż transmisyje takie są bardzo rozległe i wymagają wielu przekładni linowych wzgl. pasowych, powodujących poważne straty energii. Pozatem w wykończalniach

zwykle nie pracują wszystkie maszyny równocześnie, a często pracuje się w godzinach nadliczbowych osobno jedną lub kilku maszynami. Wówczas oczywiście straty w transmisjach są niezmiernie wielkie w stosunku do obciążenia elektrycznego. W wykończalniach narzucają się więc z konieczności napędy elektryczne jednostkowe. Sprawa stosowania tych napędów nabiera szczególnego znaczenia przy maszynach, które wymagają regulacji obrotów, celem dostosowania szybkości przejścia towaru przez maszynę, do rodzaju i stanu tego towaru. Dlatego też stosuje się obecnie bardzo często silniki regulacyjne do maszyn wykończalniczych.

Dawniej traktowano silnik elektryczny jako napęd zastępujący prosto transmisję i nie doceniano znaczenia tego napędu dla uzyskania produktu o wyższej jakości i dla pomnożenia produkcji pod względem ilościowym. W ostatnich latach dopiero zwrócono uwagę na organiczny związek między maszyną roboczą a napędem. Przy maszynach wykończalniczych, doprowadziło to również do skonstruowania napędów, które zrosły się z maszynami roboczymi w jedną całość i stanowią najwyższy stopień rozwoju napędów jednostkowych. Do maszyn o takich napędach zaliczyć należy przedewszystkiem wirówki włókiennicze, a następnie cebry farbiarskie.

Wirówki włókiennicze służą do odwirowania wody z mokrych materiałów lub przędzy. Wymagają one przy rozruchu dużego momentu dla przyspieszenia mas i pracują z dużymi szybkościami obwodowymi, aby odwirowanie było skuteczne. Obecnie stosuje się dla wirówek silniki asynchroniczne z wirnikami pierścieniowymi i stałym oporem rozruchowym w wirniku, albo też specjalne silniki o wirniku zwartym dwuzłobkowym, lub dwuklatkowym o ograniczonym prądzie rozruchowym, a dużym momencie rozruchowym. Na rys. 46 widzimy przekrój przez wirówkę z wbudowanym silnikiem. Ta ostatnia forma stanowi typowy przykład elektromaszyny, t. j. maszyny roboczej, stanowiącej nierozdzielalną całość z silnikiem.

Cebry farbiarskie, kadzie i jiggery pracują z małą ilością obrotów. Są one często z drzewa, które pod wpływem chemikalji ulega ciągnieniom. Stąd pochodzi trudność zastosowania napędu transmisyjnego lub elektrycznego jednostkowego do tych aparatów. Rozwiązano

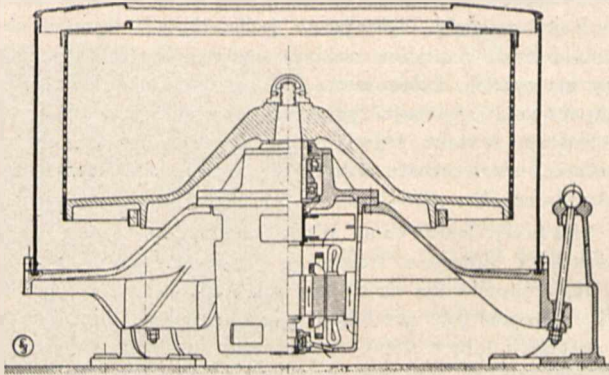


Rys. 45.

Silnik trójfazowy bocznikowy, 0,09 — 1,85 kW, 100 — 2 000 obr./min. dla napędu pończoszarki Cotton'a.

ten napęd w formie małego silnika z wbudowaną przekładnią zębatą, jak to widzimy na rys. 47. Stosuje się silniki zwarte o biegunach trzykrotnie przełączalnych, dla

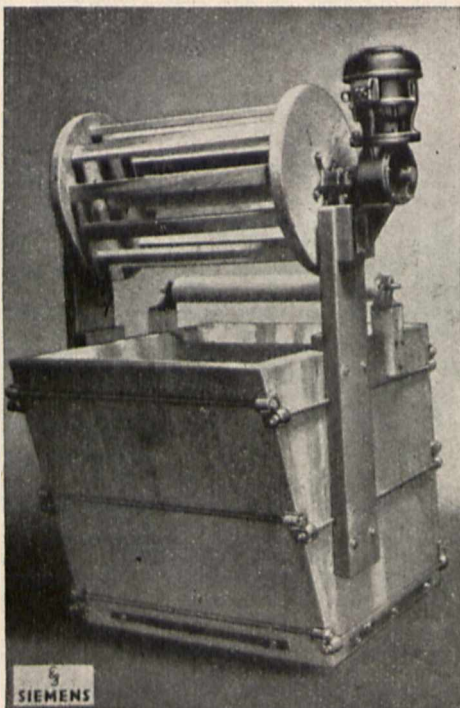
uzyskania rozmaitych szybkości farbowania. Przekładnie zębate wynoszą do 1:40. Przez przybudowanie takiego napędu do aparatu farbiarskiego, uniezależnia się ten aparat od transmisji, gdyż można go ustawić w dowolnym miejscu.



Rys. 46.
Przekrój przez wirówkę włókienniczą z wbudowanym silnikiem.

Unika się też kurzu, poruszanego przez pasy oraz kropli oleju, kapiących z łożysk na materiały. W końcu odpadają straty w poślizgu pasów. Uzyskuje się przez bezpośrednie przybudowanie napędu jednostajną szybkość roboczą, a więc równe farbowanie, a przez przełączalność biegów, dostosowanie się do rodzaju materiału i możliwe maksimum produkcji.

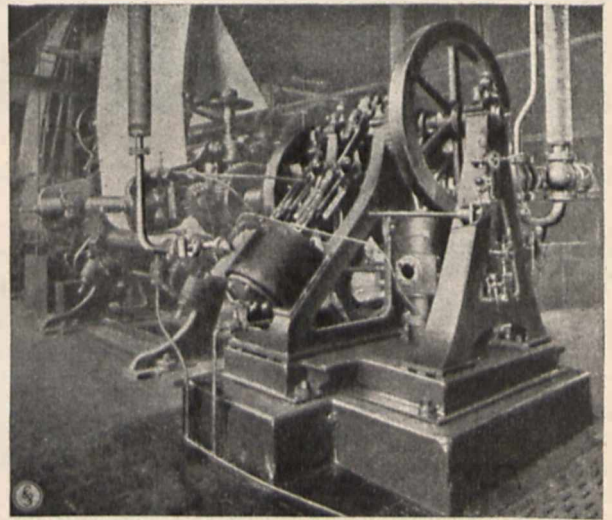
Przy maszynach wykończalniczych konieczna jest możliwość przystosowania szybkości roboczej do rodzaju towaru i danego procesu technologicznego, wzgl. chemicznego. Starania idą więc w kierunku zastosowania napędów, które można regulować możliwie bez stopni, bez strat w granicach potrzebnych dla maszyny roboczej. Napęd taki winien też utrzymać raz nastawioną szybkość możliwie niezależnie od wahań obciążenia. Tym wymaganiom odpowiada szczególnie silnik trójfazowy bocznikowy, który



Rys. 47.
Ceber farbiarski z przybudowanym silnikiem elektr.

poznaliśmy już przy napędzie przedzarek obręczkowych. Silnik ten coraz bardziej wypiera inne rodzaje napędów, a więc silniki prądu stałego w specjalnych układach, t. j. w układzie Leonarda oraz pięcioprzewodowym, a szczególnie wypiera on przekładnie regulacyjne mechaniczne.

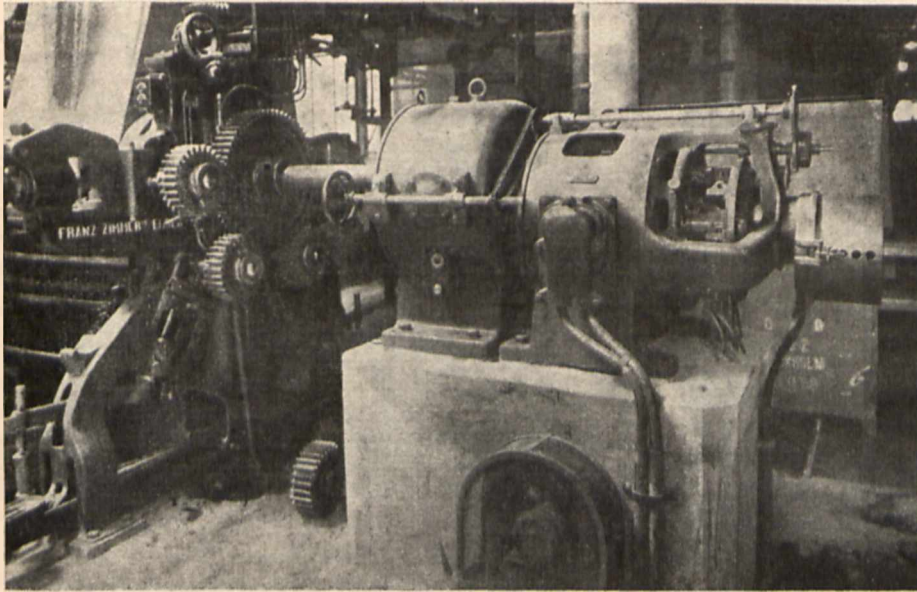
Drukarki tkanin były pierwszymi maszynami w wykończalni, do których zastosowano napęd o regulowanych obrotach. Drukarki „Rouleau”, przeważnie stosowane w wykończalniach, mają walce miedziane, których ilość zależy od ilości kolorów we wzorze. Wzory wytrawione są na walcach. Celem dokładnego wzajemnego ustawienia walców dla danego wzoru konieczna jest mała szybkość drukarki w granicach ok. 18 — 1/10 szybkości roboczej maksymalnej, to zn. szybkość towaru wynieść może 5 — 10 m/min. Poza to trzeba w czasie pracy regulować szybkość mniej więcej w granicach 1/3 — 1/1 szybkości maksymalnej, zależnie od rodzaju towaru i farb i od wzorów. Ponieważ napęd transmisyjny, wymagający zmiany kół pasowych czy



Rys. 48.
Przestarzały napęd drukarki zapomocą maszyny parowej.

zębatego wzgl. stosowania kół stopniowych był zanadto niewygodny, więc zastosowano do każdej drukarki maszynę parową bliźniaczą jak na rys. 48. Regulację uzyskano przez dławienie dopływu pary. Maszyna parowa pracowała z wydmuchem. Stopień sprawności takiego napędu był więc bardzo niski, zwłaszcza jeśli doliczyć jeszcze straty ciepłe w rurociągach. Dlatego też zarzucono ten napęd i zastosowano silniki elektryczne prądu stałego, których obroty regulować można bez strat, zapomocą osłabienia pola bocznikowego w stosunku 1:3, a najwyżej 1:4. Dla większej regulacji model silnika staje się nieekonomiczny. Nastawianie walców wymagało więc zastosowania oporników w obwodzie twornika. Sposobem uzyskania szerokiej regulacji bez strat od zera do szybkości maksymalnej jest zastosowanie układu Leonarda, oraz układu pięcioprzewodowego. Z układami tymi zapoznaliśmy się w rozdziale III. Szczególnie system pięcioprzewodowy stosowano często do napędu drukarek, uzyskując przy napięciu 450 V 9 stopni regulacyjnych, oraz zakres regulacji około 1:10. Zapomocą regulatorów bocznikowych uzyskuje się jeszcze drobną regulację między każdym z 9-ciu stopni. System ten odpowiedni jest w fabrykach, posiadających wiele drukarek. O ile fabryka posiada tylko jedną drukarkę, racjonalniejszy jest układ Leonarda. W ostatnich latach wyżej wymienione napędy ustępują miejsca silnikom trójfazowym, bocznikowym, które buduje się obecnie dla zakresu regulacji, po-

trzebnego przy drukarkach. Zakres ten wynosi zwykle 1:8 do 1:10. Na rys. 49 widzimy taki napęd, składający się z silnika regulacyjnego i przybudowanej przekładni trójstopniowej zębatej.



Rys. 49.

Napęd drukarki zapomocą silnika trójfazowego, bocznikowego 25 kW, o zakresie regulacji 1:10, z przekładnią zębatą 1 600/66 obr/min.

Gładziarki czyli kalandry nie wymagają na ogół wielkich zakresów regulacyjnych. Przy zakresie regulacji 1:2 lub 1:3 zaleca się stosowanie silnika trójfazowego bocznikowego o przesuwanych szczotkach. O ile regulacja nie jest potrzebna, a idzie tylko o zmniejszenie szybkości dla wciągania towaru do np. 10 % szybkości normalnej, to zastosować można napęd, składający się z głównego silnika trójfazowego asynchronicznego o wirniku pierścieniowym, następnie z małego silnika pomocniczego o wirniku zwartym, oraz z przekładni między silnikami i ze sprzęgła specjalnego. Przy wciąganiu tkaniny silnik pomocniczy napędza gładziarkę przez przekładnię i wał silnika głównego z odpowiednio zmniejszoną szybkością. Następnie włącza się silnik główny, a wypręga się silnik pomocniczy, zapomocą sprzęgła specjalnego. Napęd ten jest prosty i racjonalny, o ile nie potrzeba regulacji obrotów.

Przy przęzarkach ramowych, suszarkach, parnikach wirujących, maszynach utleniających i merceryzarkach stosuje się też coraz częściej trójfazowe silniki kolektorowe bocznikowe o zakresie regulacji 1:3. Zaleca się to zwłaszcza w wykończalniach pracujących zarobkowo i w takich, w których gatunek i grubość tkanin często się zmieniają, gdyż wówczas łatwo można przystosować szybkość do danej tkaniny, przez co osiąga się ilościowe i jakościowe podniesienie produkcji.

Należy tu zwrócić uwagę na specjalny układ, który pozwala na włączenie i wyłączenie silnika kolektorowego za pomocą przycisków z odległości. Nie potrzeba obracać szczotek w położenie początkowe, lecz można włączyć silnik przy każdym położeniu szczotek dzięki zastosowaniu opornika w obwodzie wirnika. W ten sposób włącza się więc silnik kolektorowy w tak prosty sposób, jak silnik trójfazowy o wirniku zwartym.

Można też regulować obroty silnika kolektorowego z odległości. W tym celu przybudowuje się mały silnik napędzający mostek z szczotkami. Silnik ten steruje się z od-

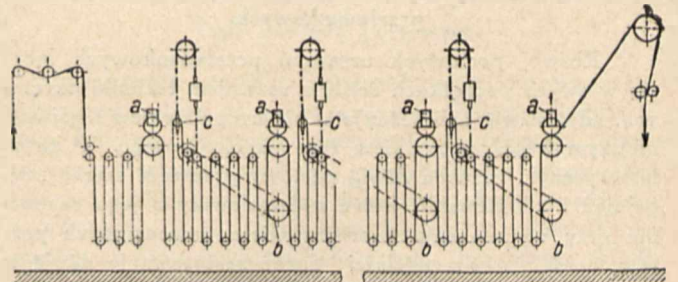
ległości zapomocą przycisków, uzyskując odpowiednie przesunięcie szczotek.

W wykończalniach często tkanina przechodzi kolejno przez kilka maszyn, które technologicznie połączone są w szereg. Dla takich zespołów stosuje się napędy wielosilnikowe. Napęd podobny poznaliśmy już przy omawianiu zgrzeblarek dla przędzy zgrzebnej. Elektroprzędzarki Dra Schneidera wzgl. elektroprzędzarki wirówkowe są też maszynami wielosilnikowymi. Przy nich narzędzia robocze pracują technologicznie równolegle. Każde miejsce robocze przerabia swój własny materiał prawie niezależnie od sąsiednich miejsc. Natomiast przy omawianych napędach wielosilnikowych w wykończalniach mamy do czynienia z połączeniem szeregowym miejsc roboczych. Pojedyncze narzędzia wzgl. maszyny jednego zespołu sprzężone są ze sobą zapomocą materiału roboczego, który kolejno przez maszyny te przechodzi. W ten sposób ustawić można kolejno pralki pasmowe, gładziarki, suszarki i t. p. Materiał musi przechodzić kolejno przez te maszyny w taki sposób, aby ciągnięcie jego

było zawsze stałe. W razie różnic w ciągnięciu mogą tworzyć się fałdy lub nawet zerwania w materiale.

Ponieważ materiał przechodzić może w zespole różne procesy technologiczne, a więc np. może ściągać się rozmaicie pod wpływem różnych ługów lub ulegać zmiennemu kurczeniu się w poszczególnych komorach suszarki, więc nie można zastosować bezwzględnie sztywnego równobieg wszystkich kolejnych maszyn. Pojedyncze silniki mogą więc nieco odbiegać od siebie w ilości obrotów. W zespole takim konieczne jest elastyczne zachowanie się pojedynczych silników. Taki elastyczny równobieg ma na celu uzyskanie stałego ciągnięcia w materiale, w czasie wykończania. Równobieg ten różni się więc od równobiegu przy zespołach zgrzeblarek, gdyż tam poszczególne zgrzeblarki nie są technologicznie sprzężone przez runo, które jest mało wytrzymałe i przechodzi kolejno przez zgrzeblarki przy tej samej sztywnej szybkości poszczególnych silników.

Dla uzyskania stałego ciągnięcia w materiale i elastycznego przystosowania się obrotów poszczególnych maszyn w zespole stosuje się walce wahadłowe, czyli kompensatory. Walce te leżą na tkaninie i połączone są przez pędnie łańcuchowe z regulatorami bocznikowymi silników prą-

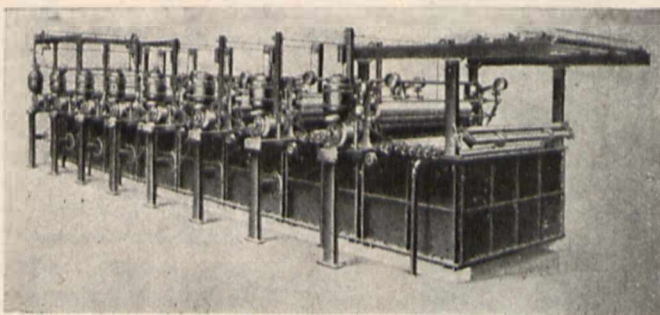


Rys. 50.

Schemat napędu wielosilnikowego pralki pasmowej z kompensatorami.

a — silnik prądu stałego; b — regulator boczn.; c — kompensator.

du stałego lub z mostkami szczotkowymi silników kolektorowych trójfazowych, jak to widzimy na rys. 50. Zależnie od ciągnięcia w tkaninie walce podnoszą lub opuszczają się i sterują odpowiednio obroty silników, tak że ciągnięcie w tkaninie utrzymuje się dokoła pewnej raz nastawionej wielkości. Przez takie napędy wielosilnikowe regulacyjne można dobrać najodpowiedniejszą szybkość zasadniczą dla zespołu zależnie od rodzaju tkaniny, a poza tem można uzyskać utrzymanie tej dobranej szybkości przy stałym ciągnięciu w tkaninie. Zapobiega się stratom produkcyjnym, a podwyższa się jakość i ilość produkcji.



Rys. 51.
Pralka pasmowa z napędem wielosilnikowym.

Przy napędach wielosilnikowych, w których pojedyncze silniki są małe, np. poniżej 1 kW, stosuje się silniki prądu stałego w układzie Leonarda. Na rys. 51 widzimy pralkę pasmową wyposażoną w taki napęd wielosilnikowy.

Elektryfikacja portowych nabrzeżnych urządzeń przeładunkowych

Inż. Stefan Baranowski

Streszczenie. Rys historyczny rozwoju nabrzeżnych dźwigów portowych do napędu których zastosowano elektryczność. Zalety sterowań elektrycznych. Zależność dźwigu nabrzeżnego od rodzaju i kierunku przepływu towarów przez dany odcinek nabrzeża portowego. Dla towarów drobnicowych są dźwigi lekkie o jednosilnikowej dźwigarce. Dla przeładunku węgla, rudy i złomu stosuje się dźwigi chwytakowe o sterowaniu mechanizmami jedno- lub dwusilnikowymi. Specjalne podnośniki wagonowe i urządzenia wyrotnicowe z transporterami taśmowymi. Wymagania, stawiane elektrycznym urządzeniom dźwigowym. Napęd mechanizmów posuwu długich bramo-mostów i sterowania chwytaka. W porcie gdyńskim dla napędu dźwigów nabrzeżnych zastosowano tylko urządzenia na prąd trójfazowy z silnikami asynchronicznymi i szeregowymi komutatorowymi. Porównanie ich z urządzeniami prądu stałego.

Rys historyczny rozwoju portowych urządzeń przeładunkowych.

Rozwój portowych urządzeń przeładunkowych łączy się w swych początkach ściśle z rozwojem techniki okrętowej, gdyż dźwig nabrzeżny stał się uzupełnieniem i najważniejszym współzawodnikiem żurawia okrętowego. W swym historycznym rozwoju dźwig portowy przeszedł szereg uzupełnień i udoskonaleń, które zadecydowały o jego znaczeniu przy wyposażeniu nabrzeży wielu nowoczesnych portów morskich. Szczególniej duże zastosowanie dźwigów portowych nastąpiło w ostatnich paru dziesiątkach lat, do czego w pierwszej mierze przyczyniło się wprowadzenie elektryczności do napędu ich mechanizmów.

Dźwigi portowe o napędzie silnikami elektrycznymi pojawiły się na widowni w ostatnim dziesięcioleciu zeszłego

Przy jednostkach większych stosuje się z korzyścią poszczególne silniki kolektorowe trójfazowe bocznikowe.

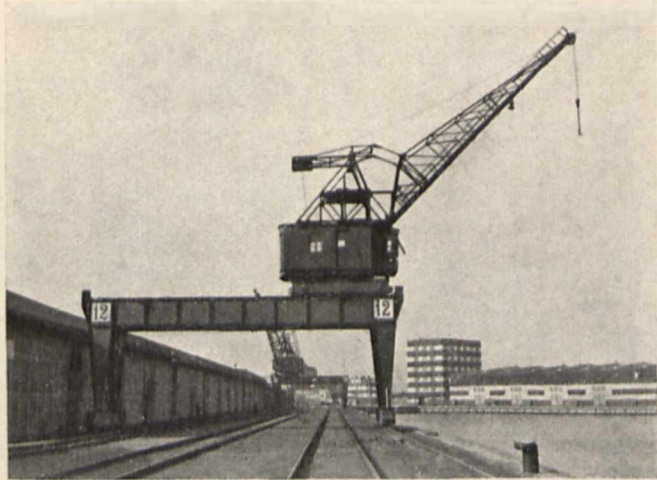
Przedstawione napędy wielosilnikowe, np. dla pralki pasmowej stanowią równocześnie urzeczywistnienie „elektromaszyny” roboczej, gdyż poszczególne narzędzia robocze są organicznie związane z napędami. Silniki napędzają bezpośrednio walke narzędzi roboczych bez pośrednictwa pasów i przekładni.

Zestawiliśmy wyżej cały szereg przykładów dla stosowania napędów jednostkowych w przemyśle włókienniczym. Przykłady te potwierdzają nam, że jednostkowy napęd elektryczny stał się ważnym środkiem produkcyjnym w przemyśle włókienniczym i że nie wolno go traktować jako namiastkę transmisji. Rozwój idzie w kierunku coraz większego zbliżenia się samego napędu do walke wykonywującego pracę z pominięciem wszelkich przekładni pośrednich. W ten sposób udało się przy całym szeregu procesów dojść do elektromaszyny roboczej, która posiada wszystkie walke robocze bezpośrednio napędzane silnikami i która jest ostatecznym celem rozwoju. Problem napędów jednostkowych w połączeniu z problemem regulacji obrotów stał się problemem fabrykacyjnym i produkcyjnym niezwykle doniosłym. Prowadzi on do udoskonalenia produkcji i do powiększenia jej rentowności. W wielu wypadkach jak to ma miejsce np. przy elektroprzędzarkach skrzydełkowych i wirówkowych, wyprzedza on technikę włókienniczą i wytycza jej nowe drogi i możliwości. Elektrotechnika może rozwiązać korzystnie jeszcze wiele problemów napędowych we włókiennictwie, a w tym celu pożądana jest ścisła współpraca włókienników i elektryków.

wieku, a pierwsze z nich zainstalowano w Hamburgu ok. r. 1891. Od tego czasu datuje się silne współzawodnictwo dźwigów elektrycznych z dźwigami o napędzie hydraulicznym, i parowym. Podobnie jak na okrętach, gdzie dobrze są znane zalety dźwigu parowego, a szczególnie jego prosta i tania budowa, łatwość sterowania i obsługi, szybka możliwość elastycznego dostosowywania się do wszystkich warunków ruchu, czy to do częstych uruchamiania, czy też do natychmiastowego użycia i wyłączonej pracy po długotrwałej przerwie w czasie podróży morskich i w najgorszych warunkach wilgoci, nie pozwalały na łatwe usunięcie jej z zajmowanego stanowiska, tak i wśród nabrzeżnych urządzeń portowych musiał dźwig elektryczny zdobywać powoli należne sobie miejsce. Długotrwały spór, jaki się wywiązywał w następstwie tej rywalizacji, został z czasem rozstrzygnięty na korzyść dźwigów elektrycznych.

Przy wprowadzaniu elektryczności do uruchamiania dźwigów nabrzeżnych wzięto za wzór dźwig parowy z jego linowymi transmisjami. Na konstrukcji ich mostów urządzone napęd z jednym silnikiem elektrycznym, biegnącym w jednym kierunku, — bieg przeciwny, jak również wszystkie posuwu boczne całego okresu pracy dźwigu, wykonywane były z pomocą sprzęgieł zwrotnych. W ten sposób powstał dźwig o napędzie silnikiem elektrycznym. Nie był on jednak sterowany w sensie elektrycznym, wobec czego szybkości jego pracy były zbyt małe. Około 1897 r. zaczęto porzucać budowę jednosilnikową, a dalsze udoskonalenia doprowadziły do dźwigów wielosilnikowych, o pełnym sterowaniu elektrycznym. Przy dźwigach tych mechanizmy zasadniczych czynności otrzymały własne silniki napędowe.

sprężone z niemi na stałe i niezależnie sterowane. Uwolniło to dźwig od transmisji linowych i skomplikowanych sprzęgieł zwrotnych, niewygodnych i niepewnych w działaniu, a kosztownych w konserwacji. Poza tym osiągnięto,

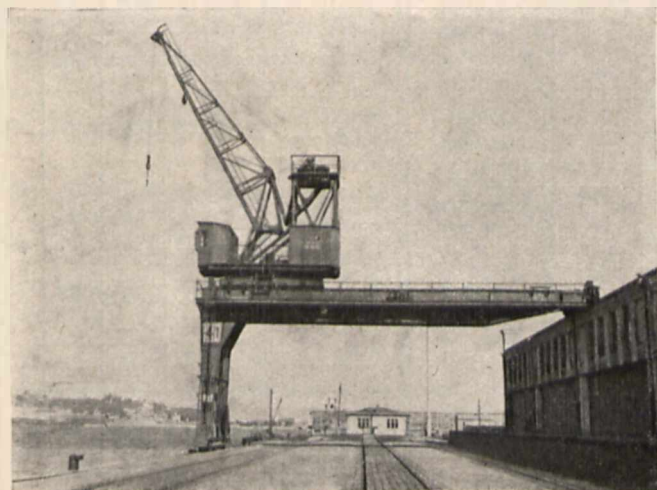


Rys. 1.

iż parę pojedynczych ruchów dźwigu mogło się odbywać jednocześnie i z odpowiednią dla nich szybkością, której właściwy dobór był przedtem uniemożliwiony.

Zalety sterowania elektrycznego.

Zastosowanie elektryczności na dźwigach portowych było potężnym bodźcem do udoskonalenia tych urządzeń niemal pod każdym względem, a temsamem do szerokiego ich zastosowania w portach i zakładach przemysłowych. To nastąpić mogło dzięki łatwej i pewnej możliwości doprowadzenia prądu do miejsca jego zastosowania, zarówno w silnikach elektrycznych, jak i w przyrządach pomocniczych. Wygodny sposób doprowadzenia prądu za pomocą przewodów ślizgowych, giętkich kabli i pierścieni, umożliwił przeprowadzenie każdego ruchu dźwigu, za pomocą oddzielnego silnika, przy którym ruch przeciwny mógł być osiągnięty bezzwłocznie przez proste przełączenie dwóch



Rys. 2.

przewodów. Wszystkie mechanizmy mogą być uruchamiane z jednego dogodnie położonego miejsca, skąd łatwo kontrolować zarówno pracę całego urządzenia przeładunkowego, jak i poszczególnych jego mechanizmów. Lecz te wzglę-

dy są tylko drobnymi w porównaniu z dużą pewnością, bezpieczeństwem i ekonomią ruchu. Względem pewności pracy dźwigu stawiają bardzo wysokie wymagania aparaturze i maszynom napędowym, zarówno ich stronie mechanicznej, jak i elektrycznej. Wymagania te są spełniane przez elektryczność w najwyższej mierze.

Zużycie energii elektrycznej dostosowuje się samoczynnie do wielkości wysiłku mechanizmu. Przez możliwość zaś dowolnego i taniego utrzymywania energii elektrycznej w pogotowiu i natychmiastowego zastosowania jej w razie potrzeby, — napęd elektryczny dzisiejszych dźwigów nabrzących stał się prawie niezastąpiony.

Ze statystyk porównawczych pracy dźwigów parowych z elektrycznymi w niektórych portach zagranicznych wiemy, że dźwig parowy zużywa kilkanaście razy więcej węgla, niż dźwig napędzany elektrycznością, wytwarzaną z pomocą węgla. Szczególniej przy pracy o charakterze szybszym, lekkim i zmiennym, dźwig elektryczny może pracować wydajniej i oszczędniej. To też w nowoczesnym ruchu portowym elektryczność jest stosowana przede wszystkim, a inny rodzaj napędu, jak np. silnikami spalinowymi, znajduje zastosowanie na dźwigach pływających, gdzie niema do dyspozycji źródła taniej energii elektrycznej.



Rys. 3.

Rozwój elektrycznych sterowań dźwigów nie mógł jednakże postępować równolegle z ich uproszczeniem. Nie można bowiem osiągnąć dzisiejszej dużej sprawności przeładunkowej i precyzyjnego sterowania pierwotnymi i prostymi środkami. Więc i wymagań nowoczesnych nie ograniczają techniczne możliwości, lecz cena i przejrzystość tych urządzeń.

Typy dźwigów portowych.

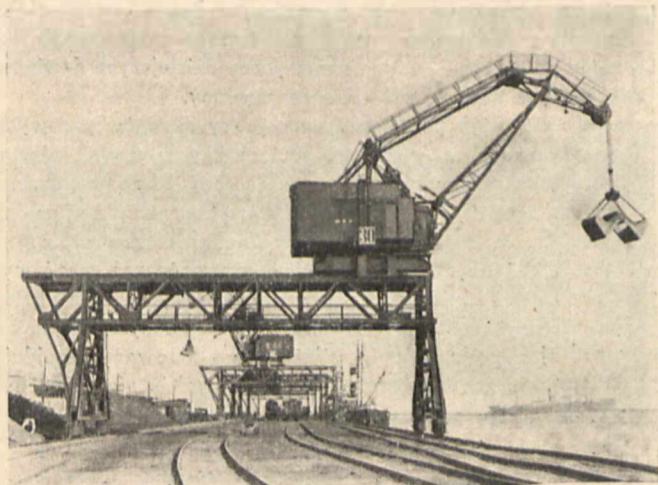
Żywotność i zdolność do współzawodnictwa nowoczesnego portu zależy od wielu czynników, wśród których dobrze dobrane urządzenia przeładunkowe zajmują ważne miejsca. Portowe urządzenia przeładunkowe winny skutecznie szybko przeładunek towaru z jednego środka komunikacji na drugi i temsamem skracać do minimum czas postoju okrętów i wozów kolejowych. Urządzenia te winny być więc przystosowane swem działaniem i budową do charakterystycznych cech przeładowywanych towarów, których w ruchu portowym występują dwa zasadnicze rodzaje:

1) wartościowe towary drobnicowe, zapakowane w formie dla siebie właściwej, jak np.: owoce, nabiał, maszyny

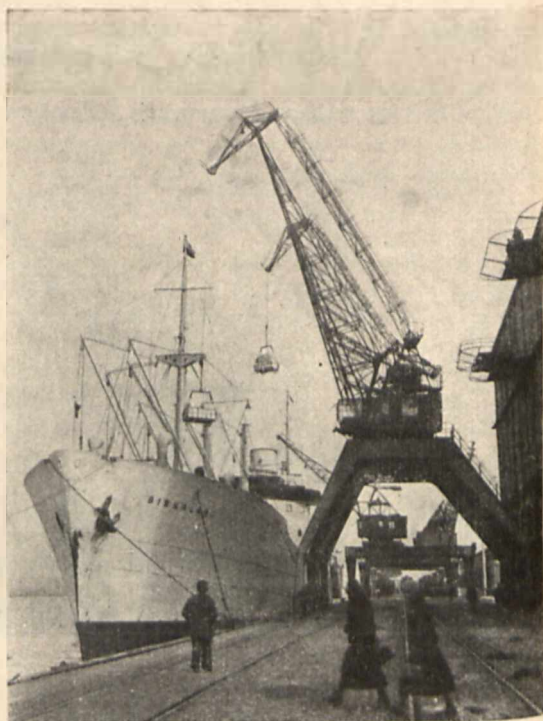
i t. p., — w workach lub skrzyniach, wełna, bawełna, skóry — w belach i wiązkach;

2) towary, objęte ogólnym mianem „masowych”, jak: węgiel, złom, ruda, nawozy sztuczne i t. p., które ze względu na swą postać i koszt transportu nie są opakowane.

Dla drobnicy najlepiej nadają się lekkie dźwigi żorawowe, o nośności 1,5 do 3 t, z wypadowemi i szybko obro-



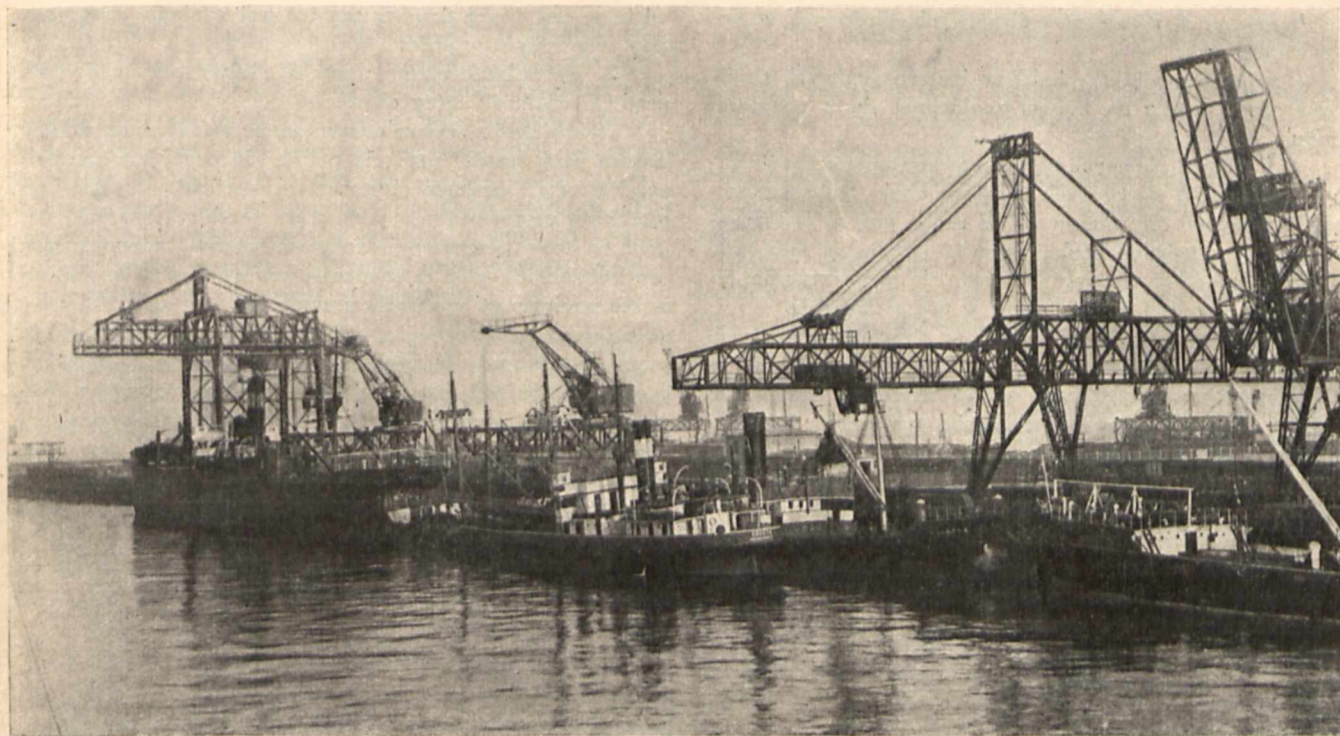
Rys. 4.



Rys. 5.

Tablica 1.

L. p.	Rodzaj (serja) dźwигów	Rok budowy	Ilość dźwигów szt.	Nośność ton	Rodzaj silników napędowych mechanizm		Rodzaj elektryczn. połączeń hamow. wciągarek	Urządzenia luzowania hamulców mechanicznych	Moc silników			Szybkość	
					podnosz.	inne			podnosz. KW.	zomyk. KW.	Sumaryczna KW.	podnoszenia m/m	poświata wózka m/m
1	Żorawie bramowe	1926	2	2,5/5	asynchroniczne	asynchroniczne	nadsynchronicz.	elektromagnesy	30	—	47,25	20	—
2	Żorawie bramowe	1928/30	15	1,5	„	„	„	„	25,5	—	45,5	60	20
3		1929	2	2,5	„	„	„	„	36	—	72,9	60	20
4	Żorawie bramowe	1930	4	3,0	„	„	„	„	31	—	74,1	60	20
5		1931	2	1,5	„	„	„	„	27	—	58,6	82	30
6	Żorawie półbramowe	1933	8	3/1,5	„	„	„	„	36	—	77	60	30
7	Żorawie bramomostowe	1930	1	7,5	„	„	podsynchronicz.	silniki i el. magnesy	55	55	208	60	65
8		1929	2	7,5	„	„	prąd przeciwn.	„Eldro”	48	48	191	55	65
9		1930	1	7,5	„	„	„	„	48	48	191	55	65
10	Żorawie bramomostowe	1932	2	7,0	„	„	podsynchronicz	silniki i el. magnesy	70	35	185,5	50	60
11	Żorawie bramomostowe	1928	4	7,5	Kolektorowe	„	—	„Eldro”	70	35	178	—	—
12	Żorawie półbramowe	1934	6	3	asynchroniczne	„	prąd przeciwn.	Elektromagnesy	36	—	65	60	—
13	Żorawie bramomostowe	1934	4	5/3	„	„	„	„	19	19	82	60/36	41
14		1935	2	1,5	„	„	nadsynchronicz.	„	—	—	—	—	—
15	Bramomosty	1926	1	5,6	„	„	prąd przeciwn.	silniki i el. magnesy	90	—	202	65	180
16	Bramomosty	1930/31	2	11,5	„	„	„	silniki	70	70	231	50	160



Rys. 6.

townymi żórawiami. Dla przeladunku towarów masowych znalazły w Gdyni zastosowanie:

a) dźwigi bramo-mosty z chwytkami szczękowymi: dla węgla, rudy i nawozów sztucznych, lub z chwytkami pazurowymi: dla złomu i rudy;

b) podnośniki i transportery dla węgla, oraz dla zboża (nowowznoszony na nab. Indyjskiem elewator zbożowy).

Tablice Nr. 1 i 2 obejmują zestawienie portowych urządzeń przeladunkowych w Gdyni. Rys. 1 do 5 przedstawiają kilka typów dźwigów żórawiowych, ustawionych w ostatnich paru latach.

Rys. 6 przedstawia widok na część urządzeń dla przeladunku węgla i rudy na nabrzeżu Szwedzkim.

Tablica 2.

L. p.	Rodzaj urządzenia przeladunkowego	Rok budowy	Rodzaj silników napędowych	Moc siln. (sumaryczna) kw
1	Zasobnik do rudy	1931	asynchroniczne	120
2	Wywrotnica mostowa wagonowa	1928	Kolektorowe i asynchroniczne	507,5
3	Urządzenie taśmowe z wywrotnicą czołową	1930	asynchroniczne	308,2
4	Urządzenie taśmowe z wywrotnicą naboczną	1930	asynchroniczne	320

Elektryczne urządzenia i mechaniczne części składowe dźwigu.

Do dźwigowych urządzeń elektrycznych należą:

1. urządzenia, doprowadzające energię elektryczną, do których zaliczamy: szyny ślizgowe w kanałach ziemnych, ziemne gniazda wtyczkowe, przewody ślizgowe i sieć kablową na portalach, mostach i w kabinach, oraz odbieracze prądu;

2. przyrządy włącznikowe i przyrządy, zabezpieczające silniki, instalacje i ruchy dźwigów;

3. przyrządy do sterowania silników napędowych;

4. urządzenia, luzujące hamulce mechaniczne;

5. silniki napędowe głównych mechanizmów posuwu.

W dźwigu dla przeladunku towarów drobnicowych różniamy kilka głównych części składowych konstrukcji i kilka napędowych mechanizmów. Najważniejszymi są:

1. podwozie w kształcie bramy lub półbramy, obejmujące jeden do trzech torów kolejowych, z napędem dla przesuwu wzdłuż nabrzeża;

2. wózek z mechanizmem przesuwu wzdłuż bramy;

3. obrotnica z mechanizmem obracania;

4. wysięgnik z mechanizmem zmiany wypadu;

5. mechanizm dźwigarki czyli mechanizm podnoszenia i opuszczania ciężaru.

Wśród dźwigów nabrzeżnych spotyka się jeszcze w niektórych portach, a także i w Gdyni, dźwigi starego typu bez mechanizmów wypadu i przesuwu wózka. Mechanizm przesuwu wózka jest niepotrzebny przy nowoczesnych żórawiach o małej rozpiętości bramy, o ile je uzupełniają dostatecznie długie ramiona żórawi. Przy bramo - mostach przeladunkowych i dźwigach żórawiowych, pracujących chwytakami, do mechanizmu podnoszenia dochodzi mechanizm zamykania chwytaka, najczęściej z oddzielnym napędem. Przy podnośnikach wagonowych i transporterach taśmowych, jakie również pobudowano w Gdyni, liczba napędowych silników dochodzi do kilkunastu, gdyż każdy ważniejszy ruch urządzenia musi być wykonywany najczęściej z pomocą własnego silnika, co w dużej mierze podnosi wydajność urządzenia.

Przejdziemy do krótkiego opisu ważniejszych elektrycznych urządzeń stosowanych na dźwigach nabrzeżnych.

1. Urządzenia, doprowadzające energię elektryczną.

Dźwigi nabrzeżne w porcie gdyńskim są zasilane prądem elektrycznym:

1. zapomocą przewodów ślizgowych, ułożonych w kanałach ziemnych;

2. zapomocą giętkich kabli w izolacji gumowej, nawijanych samoczynnie na bęben, znajdujący się u podstawy dźwigu.

W kanałach ziemnych są umocowane przewody ślizgowe na izolatorach wsporczych i ułożone obok siebie w płaszczyźnie poziomej lub pionowej. W ruchu portowym, szczególnie przy dźwigach drobnicowych, urządzenie szyn ślizgowych w kanałach ziemnych okazało się niepraktyczne, jako powodujące zbyt wiele przerw w pracy dźwigów.

Pewniejszym i wygodniejszym w utrzymaniu jest zasilanie dźwigów z gniazd ziemnych. Gniazda te ułożone są wzdłuż nabrzeża w odstępach ok. 23 do 30 m. Gęstość taka wystarcza dla normalnego ruchu i w razie potrzeby większego skupienia dźwigów na danym odcinku nabrzeża można stosować zasilanie kilku dźwigów z jednego gniazda ziemnego z pomocą pośrednich i przenośnych gniazd. Poza większą pewnością ruchu urządzenie gniazd ziemnych jest o wiele tańsze od kanałów i dlatego przy budowie nowych nabrzeży są one w pierwszej mierze brane pod uwagę.

Zasilanie żorawi i wózków posuwających się wzdłuż podstawy bramowej lub bramo-mostowej uskuteczniacie jest również z pomocą przewodów ślizgowych i rolkowych odbieraczy prądu.

Przy paru długich bramo-mostach ze stosunkowo szybko posuwającymi się wózkami, zamiast toczących się po przewodach rolkowych odbieraczy prądu silników posuwu bramo-mostu, wprowadziliśmy uproszczone włączniki, uruchamiane tylko w miarę potrzeby z kabiny maszynisty. W ten sposób usunięto znaczną część łatwo psujących się przyrządów, pozalem uniemożliwiono przypadkowy posuwów konstrukcji mostu.

Ułożone na żelaznych konstrukcjach dźwigowych na otwartej przestrzeni przewody izolowane powinny być możliwie kablami w pancerzu ołowianym i stalowej siatce ochronnej, dobrze zabezpieczone od uszkodzeń mechanicznych wskutek spadających brył węgla, rudy lub złomu. Ruchome odcinki kabli przy przegubach konstrukcji lub odbieraczach prądu, podlegających częściej uszkodzeniom, powinny być w grubszej izolacji gumowej i pozwalać na łatwą wymianę. W kabinach zamkniętych wystarczają przewody bez pancerza ołowianego. Wszystkie połączenia w włącznikach automatycznych, ręcznych nastawnikach, przekaźnikach i wyłącznikach krańcowych powinny być uskuteczniacie kablami giętkimi.

2. Wyłącznik główny.

Najważniejszą częścią rozdzielni dźwigowej jest główny wyłącznik automatyczny. Wyłącznik ten z urządzeniami samoczynnego wyzwalania zabezpiecza przed zniszczeniem silniki i instalacje elektryczne dźwigów.

Zabezpieczenie portowych dźwigów zapomocą elektrycznych wyłączników samoczynnych jest wymaganiem uzasadnionem, gdyż stosowane jeszcze przy niektórych urządzeniach bezpieczniki korkowe nie zabezpieczają dostatecznie tych urządzeń i powodują kosztowne przerwy w ruchu dźwigów. W zależności od warunków pracy przy urządzeniach dźwigowych znalazły zastosowanie:

1. wyzwalacze zanikowe, działające przy spadku napięcia w sieci zasilającej; wyzwalanie następuje niezależnie

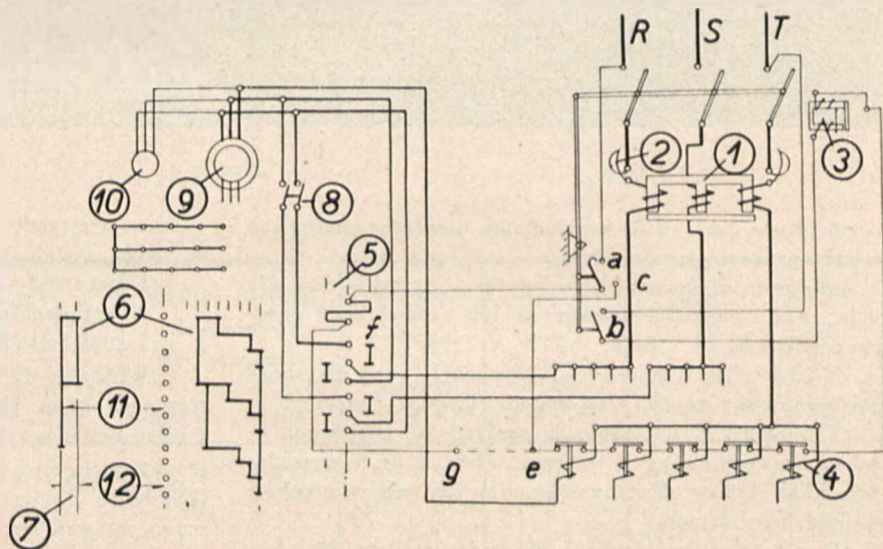
od tego, czy dźwig pracuje, czy też jest w stanie spoczynku przy włączonym prądzie;

2. wyzwalacze nadmiarowe, działające przy nadwyżce prądu o wielkość zgóry określoną.

Urządzenie z wyzwalaczami zanikowemi winno działać jeszcze przy spadku napięcia poniżej 50 proc. jego normalnej wartości i podnosić tem samem wartość ochronną wyłączników samoczynnych, jako zabezpieczających silniki napędowe oraz urządzenia dźwigowe przed nieopatrzem uruchomieniem. Ma to znaczenie szczególnie przy chwili powrotu napięcia po usunięciu przeszkody, gdy nastawniki nie są ustawione na pozycji spoczynku — zero. Osiąga się to przez wbudowanie w tym celu w mechanizm wyłącznika, pomiędzy dźwignią napędową a zamkiem prądowym, luźnego sprzęgła, będącego pod wpływem dźwigni wyzwalacza zanikowego.

Dopóki więc jest w sieci stan niedozwolony, następujące przy uruchamianiu dźwigni wyzwalanie sprzęgła i kontakty prądowe opadają do pozycji wyłączenia.

Uzależnienie czynności włączania prądu nie tylko od stanu sieci, lecz od położenia nastawników ręcznych, nazy-



Rys. 7.

wa się powszechnie kontaktami zależności i stanowi cenną zaletę nowoczesnych elektrycznych urządzeń dźwigowych. Kontakt zależności winien być w ten sposób urządzony, by po wyłączeniu włącznika, kontakty w nastawnikach ręcznych nie były pod prądem. Dobre rozwiązanie przedstawia schemat połączeń rys. 7, w którym prostym sposobem osiągnięto tę zależność. Jeśli wszystkie nastawniki są na zerowych pozycjach spoczynku — w chwili włączenia prądu, t. zn. przy uruchamianiu ręczki wyłącznika samoczynnego, cewka wyzwalacza zanikowego otrzymuje prąd przez kontakty a, f, e, b. i pomaga zaczepom zamkowym, umożliwiając włączenie automatu. Po jego włączeniu nastawniki ręczne mogą być dowolnie uruchamiane, bez spowodowania wyłączenia prądu, gdyż cewka wyzwalacza zanikowego jest w obwodzie prądowym, a, c, e, b. Gdy którykolwiek z nastawników ręcznych nie jest ustawiony na pozycji zerowej, obwód cewki wyzwalacza zanikowego w pierwszej chwili włączania automatu nie będzie zamknięty, gdyż kontakt c, zostaje zwarty nieco później.

Z wyzwalaczy nadmiarowych stosuje się wyzwalacze elektromagnetyczne i ciepłe z działaniem natychmiastowem lub opóźnionem. Wśród tych ostatnich spotyka się dużą ilość różnych typów, gdyż każda firma, budująca urządzenia elektryczne, szuka ciągle nowych rozwiązań i stara się wprowadzać swe udoskonalenia.

W ruchu dźwigowym pożądane jest najczęściej, aby wyłącznik samoczynny nie wyłączał natychmiast, t. zn. przy krótkotrwałym przeciążeniu dźwigu. Silniki napędowe jak również aparatura mogą wytrzymać chwilowe przeciążenia, które nie zagrażają uszkodzeniem urządzeń. Dla opóźnienia więc natychmiastowego działania wyłączników samoczynnych, hamuje się wolny bieg wyzwalaczy przez tłumiki olejowe i powietrzne, sprężyny lub tym podobne urządzenia, sprawiające, że wyłączenie prądu może nastąpić dopiero po pewnym czasie trwania przeciążenia.

Aby urządzenia elektryczne z samoczynnym wyłącznikiem spełniały rzeczywiście na dźwigach swe zadanie, muszą być nie tylko celowo dobrane przyrządy zabezpieczające, jak wyzwalacze zanikowe i nadmiarowe, podwójne kontakty wyłączników z elektromagnetycznym gaszeniem łuku świetlnego, i urządzenia kontaktów zależności nastawnika zerowego, lecz także dobre wykonanie oraz należyte ich ułożenie w skrzyni wyłącznikowej, by były łatwo dostępne i trwałe w pracy.

Wyłączniki krańcowe.

Dla ograniczenia drogi posuwu poza zamierzoną przestrzeń stosuje się wyłączniki krańcowe. W zasadzie wyłączniki krańcowe przerywają dopływ prądu do silników napędowych i przez to wstrzymują ruch mechanizmu lub go zwalniają. Dla zabezpieczenia posuwu po drogach prostych stosuje się najczęściej wyłączniki, uruchamiane przez dźwignie; dla ograniczenia ruchu obrotowego mechanizmu są wyłączniki trzpieniowe, sprzężone z niemi przez przekładnię zębatą. Wyłączniki krańcowe są budowane jako jedno- lub trójbiegunowe dla ruchu jedno- lub dwustronnego, a gdy są włączone bezpośrednio w obwód silników napędowych, skuteczniają przerwę prądu głównego, przy sterowaniu pośrednim z pomocą przekaźników przerywają prąd wzbudzania w obwodzie ich cewek. Załączanie wyłączników krańcowych w obwód wyzwalaczy zanikowych wyłącznika głównego jest niedozwolone. Przy posuwach wózka dźwigowego wyłącznik krańcowy użyty jest często do tego, by przy przejeździe określonego położenia zmniejszyć szybkość jazdy. Wtedy jest przewidziany dodatkowy obwód prądu, który omija wyłącznik krańcowy i pozwala na dalszy posuw z mniejszą szybkością. Zwykle połączenia elektryczne są tak przewidziane, że, po przerwie prądu, skutecznianej przez wyłącznik krańcowy, jest możliwy posuw mechanizmu tylko w odwrotnym kierunku przez proste przestawienie nastawnika ręcznego. Wyłączniki krańcowe są wykonywane dla różnych wielkości prądów i częstotliwości włączeń; przy większych prądach i większej częstotliwości włączenia muszą być przy wyłącznikach krańcowych przewidziane specjalne urządzenia w rodzaju samoczynnych zamków sprężynowych, działających natychmiast i ograniczających opalenie kontaktów. Przy urządzeniach dźwigowych stosuje się zwykle wyłączniki krańcowe z urządzeniami samoczynnego powrotu do położenia wyjściowego, co umożliwia kierowcy dowolne używanie wyłącznika bezkażdrazowego nastawiania. Mimo swojej pozornej prostoty działania i budowy wyłączniki krańcowe muszą być bardzo starannie wykonane, gdyż najmniejsze niedokładności powodują często przerwy w pracy dźwigu i uszkodzenie mechanizmów. Dla dużych częstotliwości włączeń są pożądane wyłączniki krańcowe, działające pośrednio przez przekaźniki. Dobre wyniki otrzymuje się przy stosowaniu wyłączników krańcowych, umieszczonych w zamkniętych skrzyniach z olejem.

3. Przyrządy do sterowania silników napędowych.

Nastawniki ręczne. Włączanie nastawników napędowych do sieci skutecznia się, zapomocą nastawników ręcznych lub samoczynnych. Przy portowych urządzeniach przeladunkowych znalazły zastosowanie: nastawniki walcowe (Steuerwalzen) i nastawniki włącznikowe (Steuerschalter).

Przy nastawnikach walcowych na walcu obrotowym znajduje się szereg kontaktów segmentowych, skuteczniających wymagane połączenia elektryczne, z pomocą palców sprężynowych, zaopatrzonych w kontakty młoteczkowe i stycznie ułożonych do powierzchni walca. Dla dobrego przepływu prądu musi być dostatecznie duża powierzchnia styku i dobry nacisk kontaktów. Przy dużym nacisku przepływ prądu jest pewniejszy, lecz uruchamianie nastawnika wymaga większej siły i jest niewygodne dla obsługi. Poza to następuje szybkie ścieranie kontaktów i zanieczyszczanie opiłkami nastawników, powodując zwarcia między kontaktami. Smarowanie kontaktów tłuszczem lub reklamowanymi środkami nie spełnia dostatecznego swego zadania i jest zbyt kosztowne. Najlepsze i niekosztowne wyniki otrzymuje się przez staranniejszy doгляд nastawników, wygładzanie opalonych powierzchni kontaktów i wycieranie ich natłuszczoną szmatką, (w wazelinie). Przy małym docisku kontaktów, styk jest niepewny, powoduje iskrzenie i obustronnie wypalanie powierzchni kontaktów. Nie usunięte w porę iskrzenie powoduje zniekształcenie całej powierzchni styku. Zarówno opalenie się kontaktów, jak i ich szybkie ścieranie stanowi główną wadę nastawników walcowych.

Nastawniki włącznikowe, składają się z szeregu oddzielnych wyłączników, uruchamianych zapomocą umieszczonych na walcu nastawnika pierścieni z występami. Przy obrocie walca po tych pierścieniach przesuwają się rolki ramion dźwigni wyłączników. Występy na pierścieniach odpowiadają stykowi kontaktów i temsamem włączaniu prądów wzgl. oporów. Przy tego rodzaju budowie nastawników, trące powierzchnie kontaktów miedzianych, zastąpione są przez toczone rolki stalowe, a powierzchnia styku kontaktów jest kilkakrotnie powiększona. Ułatwia to uruchamianie nastawników i włączanie dużych prądów bez szybkiego opalania się kontaktów. Budowa wyłączników tych w nastawnikach jest prosta i silna, a zatem pewna w działaniu i niekłopotliwa w obsłudze. Zużycie kontaktów jest nieznaczne. Przynieszczone styki można łatwo nadstawić wkładkami, co jest niekosztowne i przedłuża pracę kontaktów na kilka lat. Dla szybkiego gaszenia łuku świetlnego w nastawnikach włącznikowych stosuje się przy kontaktach przewodów stojana elektromagnetyczne gaśniki (dmuchawki). Nastawniki włącznikowe nadają się do największych częstotliwości włączeń, spotykanych w ruchu dźwigowym.

W zależności od rodzaju pracy, jaką przy mechanizmach dźwigowych spełniają silniki napędowe, spotyka się trzy zasadnicze rodzaje nastawników:

1. przy napędach posuwu portali i żorawi, gdzie częstotliwość włączeń wynosi ok. 30 do max. 120 na godzinę, a silnik może być włączany bez dokładniejszej regulacji, wystarcza nastawnik o kilku pozycjach dla dwustronnego włączania;

2. ruch regulowany, jakiego wymagają napędy mechanizmów obrotu zmiany wypadu, posuwów żorawi, przy których częstotliwość włączeń nie przekracza w zasadzie 240 na godz. powinien mieć kilkustopniowy rozruch oraz regulowaną szybkość biegu silników;

3. dla ruchu przyspieszonego, jaki występuje przy wszystkich dźwigarkach żorawi drobnicowych, przy mechanizmach sterowania chwytała, napędzie taśm transporterów, szybko-jeżdżących wózków i przy posuwach bramomostów przeladunkowych, silnik napędowy ma nie tylko uruchamiać duże masy, lecz być włączany dosyć często i szybko aż do ostatniej pozycji nastawnika; nastawnik musi więc posiadać po kilka lub kilkanaście pozycji załączania dla dwu- lub jednostronnego biegu silnika.

Sterowanie przekąźnikowe.

Załączanie do sieci dużych silników wymaga stosunkowo ciężkich i kosztownych nastawników, które zajmują dużo miejsca, pozatem potrzebują one starannejszej konserwacji i są trudne w obsłudze. Dlatego korzystniej jest zastosować sterowanie przekąźnikowe, przy którym nastawniki służą do włączania do sieci cewek elektromagnesów przekąźnikowych. Często spotyka się rozwiązanie pośrednie, mianowicie, uzwojenia stojana silników napędowych są włączane pośrednio przez przekąźniki, natomiast opory rozruchu załączane są wprost przez nastawniki. W ten sposób wielkość nastawników może być znacznie zmniejszona.

Przy urządzeniach dźwigowych stosuje się przeważnie przekąźniki dwubiegowe. Wprowadzenie przekąźników ułatwiło sterowanie mechanizmów nie tylko przez wydajne zmniejszenie wielkości nastawników ręcznych i ułatwienie przez to włączania dużych ilości energii przy pomocy lekkich przyrządów, lecz i przez umożliwienie stosowania użytecznych wielce połączeń elektrycznych oraz przeprowadzania szybko po sobie następujących i skomplikowanych przebiegów włączania, których praktycznie użycie nie byłoby możliwe przy nastawnikach lub włącznikach zwykłych.

Sterowanie przekąźnikami silników i urządzeń elektrycznych może być również pewnym w działaniu w ruchu dźwigowym, gdy przekąźniki te są prostej budowy. Nowe dążenia kierują się do tego, aby przekąźniki budować możliwie z prostymi załamaniami (przegubami) dźwigni i małymi masami ruchomymi, a przez to usuwać zbyt silne uderzenia i podnosić wytrzymałość. Znaczną np. trwałość kontaktów, a tem samem pewność w dość dużym stopniu stosowania przekąźników w ruchu dźwigowym przy dużych częstotliwościach włączeń, osiąga się przez wzmocnienie gaszenia łuku świetlnego i podwyższenie nacisku kontaktów.

Sterowanie silników napędowych zapomocą przekąźników oraz samoczynnych rozruszników, zapomocą przycisków guzikowych, zastosowano przy niektórych mechanizmach na zasobniku wagowym dla przeladunku rudy z okrętów na wozy kolejowe.

4. Urządzenia luzowania hamulców mechanicznych.

Luzowanie hamulców mechanicznych uskuteczniane jest zwalnicznymi elektromagnetycznymi i elektrosilnikowymi. Dla ograniczenia siły uderzenia stosuje się przy nich tłumiki powietrzne lub olejowe. Szczególnie te ostatnie pojawiają się coraz częściej przy urządzeniach dźwigowych.

Zwalniacze elektromagnetyczne, zwane powszechnie elektromagnesami dla prądu trójfazowego, wykonywane są w formie prostokątnej z trzema cewkami i trójramiennym rdzeniem, składającym się z blaszek dla zmniejszenia prądów wirowych. W chwili wzbudzenia elektromagnesu część ruchoma rdzenia jest przyciągana z pewną określoną siłą do bieguna przeciwnego. Do tej części dołączony jest zapomocą dźwigni i drążków hamulec. Aby mieć pewność dobrej pracy el.-magnesu i jego niezawodnego działania po

pewnym zużyciu szczęk hamulca, moc elektromagnesu winna być wykorzystana tylko w ok. $\frac{2}{3}$ jego mocy przyciągania i nie przy całkowitym jego skoku. Należyte dobranie czasu opadania hamulca oraz zmniejszenie siły uderzenia ruchomej części rdzenia elektromagnesu, stanowi w dużym stopniu o sprawnym działaniu mechanizmu napędowego. Nietłumione opadanie hamulca powoduje zbyt silne uderzenie w mechanizmie napędowym i szybkie zużywanie szczęk hamulca. Stosowane tłumiki powietrzne w formie cylindra z tłokiem są często przyczyną wadliwego działania elektromagnesu, powodując zakleszczanie się tłoka i przepalanie cewek. Przy większych elektromagnesach wysuwa się potrzeba stosowania obustronnego tłumienia ruchu elektromagnesu, a nie tylko jego opadania. Siła przyciągania i siła uderzenia rdzeni wzrasta ze zmniejszeniem odległości biegunów; nietłumiony ich ruch powoduje zbyt szybkie zniekształcenie powierzchni styku. Tłumienie powietrzem ma tę zasadniczą wadę, że jest zbyt elastyczne, tak iż przy opadaniu tłoka wprawdzie następuje silniejsze uderzenie szczęk hamulcowych, potem momentalne ich odsadzenie, by następnie łagodniej docisnąć po ściśnięciu powietrza. Z tego względu przy nowoczesnych napędach dźwigowych, od których wymaga się łagodnego hamowania, stosuje się coraz częściej tłumiki olejowe, przy których hamulce działają bez zwłoki i równomiernie.

Elektromagnesy prądu trójfazowego muszą posiadać stosunkowo duże tłumienie, gdyż przy budowie rdzenia z cienkich blaszek są mniej odporne na uderzenia biegunów, powodujące szybkie zniekształcenie ich miejsc styku, wybijanie panewek i przecieranie izolacji cewek. W porównaniu z elektromagnesami prądu stałego — elektromagnesy prądu zmiennego uderzają o wiele silniej, ponieważ przy tych ostatnich bardzo szybko dodają się pola magnetyczne i siła przyciągająca przy końcu podnoszeniu silnie wzrasta. Pozatem el.-magnesy prądu zmiennego pobierają bardzo wysoki prąd włączania, dochodzący do 30-krotnego prądu trymania. Po załączeniu el.-magnesu prąd przepływający przez uzwojenia zmniejsza się ze zmniejszaniem odległości części rdzeni. Przy dużej więc częstotliwości włączeń cewki elektromagnesów nagrzewają się zbyt silnie, obniżając temsamem sprawność jego pracy. Przepalanie się cewek następuje najczęściej przy niedokładnym styku biegunów. Z tego względu elektromagnesy są bardzo wrażliwe na spadek napięcia i przeciążenia, powstające często przez zakleszczanie dźwigni hamulców.

Stosowanie elektromagnesów przy mechanizmach większych i o dużej częstotliwości włączeń, np. do wciągarek dźwigów drobnicowych, mechanizmów podnoszenia i zamykania chwytała oraz mechanizmów wypadu, jest niepożądane. Przy innych mechanizmach dźwigowych el.-magnesy mogą spełnić swoje zadanie, gdy są dobrze ochronione od kurzu i wilgoci.

Zwalniacze elektro-silnikowe. Stosowany przy mechanizmach dźwigowych zwalniacz elektrosilnikowy składa się z wiatka z silnika napędowego kołnierowego, przekładni zębatach, dźwigni korbowej i tłumika sprężynowego lub powietrznego, umieszczonych w korpusie żeliwnym. Przy urządzeniach na prąd trójfazowy stosuje się najczęściej silniki trójfazowe z pierścieniami o stałe włączonym oporze poślizgu i silniki krótkozwarte z powiększonym oporem wirnika. Silniki takie mogą więc być przez dłuższą chwilę pod prądem, gdyż doprowadzona energia elektryczna jest zamieniana na ciepło w oporach poza silnikiem. Silniki wykazują znacznie mniejszy prąd włączania, niż el.-magnesy, dlatego zwalniacze elektrosilnikowe są prawie niewrażliwe na przeciążenia, wynikające z niedokładnego działania hamul-

ców, co stanowi dużą ich zaletę. Sprzęgło cierne pomiędzy silnikiem, a przekładnią umożliwia łagodne zatrzymywanie silnika i usuwa mechaniczne przeciążenia. Podczas luzowania hamulca silnik jest stale pod prądem, z chwilą jednak wyłączenia prądu ciężar lub sprężyna hamulcowa nawraca silnik z powrotem do położenia zerowego bez uderzeń i wahań.

Zwalniacz elektrosilnikowy może być stosowany do największej, w ruchu dźwigowym występującej, częstotliwości włączeń, bez obawy zbytniego nagrzania się, gdyż prąd włączania przy luzowaniu hamulca jest praktycznie nie większy od prądu trzymania. Czas luzowania i opuszczania hamulca urządzeniem elektrosilnikowym nie jest większy, niż przy elektromagnesach i wynosi ok. 0,3 do 0,6 sek. Ponieważ przy zwalniaczach elektrosilnikowych liczba włączeń zasadniczo nie odgrywa roli, firmy, budujące zwalniacze elektrosilnikowe, stopniują je w/g. procentowego czasu trwania załączeń.

Urządzenia Eldro. Firma A.E.G. wprowadziła w ostatnich latach urządzenie, które dzięki swej prostocie mechanicznej budowy i pewności działania usuwa niedomagania nie tylko elektromagnesów, lecz i motorków luzujących. W zasadzie urządzenie Eldro składa się z silnika elektrycznego i cylindra, napełnionego olejem, w którym ciśnienie oleju przesuwa tłok. Ruch tłoka jest przenoszony z pomocą 2-ch trzonów, wyprowadzonych przez pokrywę cylindra na zewnątrz do dźwigni hamulca. Ciśnienie oleju wytwarza wbudowane w ruchomy tłok kółko ze skrzydełkami, które jest napędzane z pomocą wału, wysuwanego teleskopowo przez silnik elektryczny, ułożony pionowo ponad cylindrem. Przepływ oleju powoduje równomierne przesuwanie tłoka w górę lub w dół i luzowanie wzgl. zaciskanie hamulca. Skok tłoka, a temsamem i luzowanie hamulca może być, stosownie do warunków pracy, dowolnie ograniczany w każdym kierunku bez wpływu na siłę nośną lub dokładność i szybkość pracy. Silnik napędowy pracuje prawie zawsze przy normalnym obciążeniu i nie pobiera większych prądów.

Urządzenie to pozwala na wprowadzenie dużej częstotliwości włączeń, gdyż silnik napędowy osiąga pełne obroty, t. j. ok. 3 000 obr./min., w ciągu b. krótkiego czasu, wynoszącego ok. 1/10 sek. W takim również czasie może być silnik zatrzymany i hamulec dociśnięty.

Wszystkie zwalniacze zarówno elektromagnetyczne, jak i elektrosilnikowe, winny być tak dobrane, aby przy spadku napięcia, niebezpiecznego dla silnika napędowego, oraz w wypadku przerwy jednej fazy nie wydawały momentu tej wielkości, aby podnieść zaciśnięty wzgl. utrzymać zluźzony hamulec. Temsamem powinny spełniać w pewnym stopniu rolę, zabezpieczającą mechanizmy napędowe.

NAPĘDY MECHANIZMÓW DŹWIGOWYCH.

Sterowanie napędów mechanizmów posuwu, obrotu i wypadu.

Do napędów tych zaliczamy: napędy mechanizmów posuwu bramy dźwigu żurawowego i bramo-mostu przeladunkowego, napędy mechanizmu zmiany wypadu, obrotu i jazdy dźwigowego żurawia oraz wózka podwieszzonego. Mechanizmy te posiadają jeden lub dwa silniki napędowe, których przyrządy sterownicze są budowy symetrycznej dla wykonywania dwukierunkowych ruchów (tam i z powrotem). Na dźwigach żurawowych dla przeladunku drobnicy oraz na bramo - mostach żurawowych dla przeladunku towarów masowych przy mechanizmach napędowych występują stosunkowo niewielkie szybkości posuwów, tak, że nie stosuje się elektrycznych połączeń hamowania. Do zatrzy-

mania ruchu wystarcza hamulec mechaniczny, uruchamiany elektromagnetycznie lub z pomocą siły ludzkiej. Przy mechanizmach obrotu żurawi stosuje się wyłącznie hamulec nożny. Luzowanie hamulców pozostałych napędów uskutecznia elektromagnes lub motorek luzowania. Dla uniknięcia poślizgu kół wybiera się również dla każdej osi oddzielny napęd.

Połączenia elektrycznego hamowania. Przy stosunkowo szybko jeżdżących wózkach i bramo-mostach, jak również przy mechanizmach podnoszenia i opuszczania wysięgników przy dużych bramo-mostach przewidziane są połączenia elektrycznego hamowania. Połączenia te oprócz kilku pozycji rozruchu i regulacji biegu tam i z powrotem, zawierają jeszcze parę pozycji elektrycznego hamowania przez co unika się niedozwolonego przyspieszania opuszczanego wysięgnika i zbyt szybkiego zużywania hamulców mechanicznych. Zagadnienie przyspieszania i hamowania dużych mas jest b. ważne w technice dźwigowej, gdyż do nich musi być przystosowany wybór silników i aparatury sterowniczej. Ze znanych połączeń wybiera się najczęściej połączenia elektr. hamowania prądem przeciwnym, jako najsilniej działające, i połączenia hamowania podsynchronicznego.

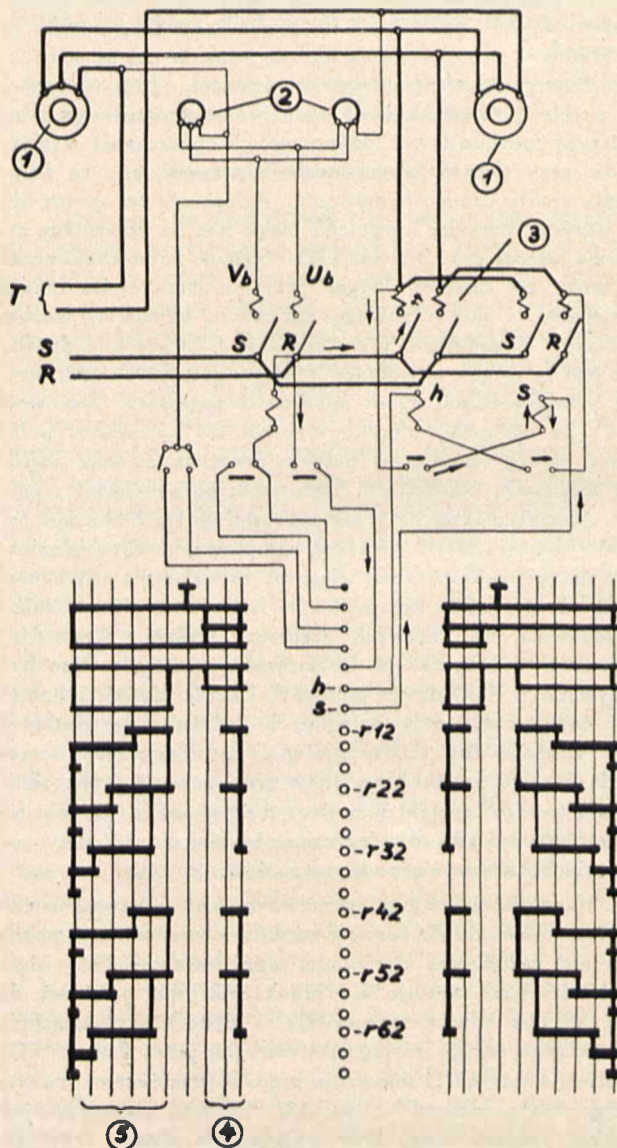
Napędy wózka. Przy zastosowaniu do mechanizmów posuwów wózka i mostu połączeń hamowania podsynchronicznego nie jest pożądana ich własność zmniejszania siły hamowania aż do zaniku ze spadkiem liczby obrotów silnika (przecinania się krzywych regulacji wykresu $M_d = f(n)$ w punkcie zerowym). Siła hamowania nie może więc być utrzymana w dokładnych granicach i silnik nie może hamować dostatecznie przy działaniach dużych bezwładnych mas. Niedogodność ta nie występuje w połączeniach hamowania prądem przeciwnym, gdzie przy cicho stojącym silniku jest jeszcze moment hamujący dość znaczny. Średnia jego wartość wypada również znacznie większa, niż przy połączeniach hamowania podsynchronicznego.

Hamowanie prądem przeciwnym jest pewne w ruchu przy zastosowaniu do posuwu wózków i mostów, jeśli można przy nim zastosować sterowanie przekątnikowe. Przy większych dźwigach stosuje się przekątniki dla połączeń do sieci stojana silnika napędowego i motorków luzujących. Na specjalną uwagę zasługuje stosowane przez f-mę „AEG” przejście z pozycji „hamowanie prądem przeciwnym” na pozycję „jazda wprzód” (Rys. 18). Pozycja pośrednia jest pozycją wolnego biegu przy wyłączonym silniku, lecz luznym hamulcu. Aby uniknąć zwarcia przez płomień łuku świetlnego, występującego na kontaktach przekątnikowych przy szybkim przelączaniu dwóch faz stojana silnika i przy wąskiej stosunkowo na obwodzie nastawnika pozycji przejściowej, która jest jednocześnie pozycją wolnego posuwu, zastosowano specjalne połączenie zagrody łuku świetlnego (Lichtbogensperrung).

Połączenie to osiąga się przez celowe dołączenie uzwojeń cewek przekątników do odpowiednich punktów stojana w ten sposób, że przekątnik na posuw wprzód może uskutecznić połączenie wtedy, gdy łuk świetlny przekątnika na posuw powrotny jest zgaszony. Połączenie następuje w b. krótkim czasie, potrzebnym do zgaszenia łuku, trwającym zaledwie ułamek sekundy. Wynalezienie zagrody łuku świetlnego uczyniło stosowanie połączeń ham. prądem przeciwnym pewnym w ruchu dźwigowym. Przy mechanizmie posuwu mostu, ze względu na silne ujemne działanie wiatru, stosowanie pozycji pośredniej wolnego biegu nie jest wskazane.

Podobnie jak przy sterowaniach chwytaka, mogą występować przy napędach posuwów wózków i mostów z połączeniami elektrycznego hamowania prądem przeciwnym

niepożądane odwrotne posuwy, których uniknąć można przez wyłączenie w odpowiednim czasie silnika napędowego lub przez zastosowanie samoczynnie działającego dodatkowego urządzenia zaporowego.



Rys. 8.

Mechanizm obrotu i wypadu.

Urządzenia sterowania mechanizmów obrotu i wypadu są stosunkowo najprostsze zśród mechanizmów dźwigowych. Przy mechanizmie obrotu silnik pracuje przez przekładnię ślimakową, sprzęgło cierne na przekładnię zębatą i ułożone obok szyny obrotowej koło palczaste. Przy tym mechanizmie nie stosuje się zwykle elektromagnetycznych urządzeń luzowania mechanicznego hamulca, gdyż hamulec uruchamiany jest zapomocą nogi. Dla umożliwienia włączania jedną (lewą) ręką, nastawniki mechanizmu obrotu i wypadu są ułożone obok siebie i złączone przekładniami zębatymi w ten sposób, że sterowanie tych mechanizmów może być uskuteczniane jedną dźwignią. Nastawniki silników napędowych posiadają po kilka pozycji dla dwukierunkowego ruchu obrotu względnie wypadu.

Urządzenie z wypadowym wysięgnikiem dźwigu żorawowego stanowi bardzo ważną jego zaletę, umożliwiającą stawianie większej ilości dźwigów na małej przestrzeni. Podnosi to sprawność dźwigów i pozwala na lepsze wyko-

rzystanie nabrzeży. Pierwsze dźwigi nabrzeżne o zmiennym wysięgu powstały na początku bieżącego stulecia. Od tego czasu żoraw wypadowy przeszedł szereg pomysłowych poprawek i uzupełnień, przyczem dążenie, aby zawieszony ciężar odbywał przy zmianie wypadu drogę poziomą, a mechanizm napędowy wypadu nie wykonywał pracy podnoszenia ciężaru, pozostawało zawsze zasadniczym problemem. Z tego względu przy pierwszych dźwigach wypadowych zastosowano sprzężenie mechanizmu podnoszenia z mechanizmem wypadowym. Przy żorawach nowoczesnych przez odpowiedni dobór przeęgubów i załamań wysięgnika otrzymuje się prostymi środkami zupełnie poziomy posuw ciężaru, a mechanizm wypadowy potrzebuje silnika napędowego o stosunkowo niewielkiej mocy.

Mechanizmom napędowym wypadu stawia się zwykle większe wymagania, niż mechanizmom obrotu. Od urządzeń mechanizmu zmiany wypadu wymaga się, aby ciężar zawieszony na linie mógł być ze stosunkowo dużą szybkością przenoszony poziomo w pożądanym kierunku i dowolnie zatrzymywany bez uderzeń i wahań, obniżających sprawność dźwigów. Jeśli jednak wahania wystąpią, urządzenie sterujące powinno pozwolić je w najkrótszym czasie usunąć lub zmniejszyć. Warunek ten musi być spełniony bez względu na duże różnice momentów obrotowych silnika napędowego, na którego wale występują także często momenty ujemne w zależności od kierunku ruchu i wielkości ciężaru przy różnych położeniach wysięgnika. W ciągu przebiegu jednego okresu pracy dźwigu silnik mechanizmu wypadu nie tylko napędza, lecz bywa często przeciągany i musi hamować. Luzowany elektromagnetycznie hamulec mechaniczny powinien opadać stosunkowo lekko i hamować bez uderzeń, powodujących wahania zawieszzonego ciężaru.

Mechanizm wypadowy dźwigu żorawowego składa się najczęściej z silnika elektrycznego, sprzężonego z przekładnią ślimakową i cięgłem palczastym. Na kilku dźwigach do zmiany wysięgu zastosowano śrubę wciągową, pędzoną przez silnik zapomocą przekładni zębatej budowy firmy „Demag”. Przy tych mechanizmach napędowy silnik asynchroniczny prądu trójfazowego jest o stożkowym wirniku, na którego wale i pokrywie z jednej strony korpusu wirnika jest stożkowy hamulec cierny, z drugiej zaś strony — spiralna sprężyna. Włączenie prądu powoduje przesunięcie wirnika o ok. 1 — 2 mm i zluźnienie hamulca. Po wyłączeniu prądu napór sprężyny i napór od obciążenia śruby zaciska hamulec. Wskutek małego skoku wirnika hamulec działa łagodnie i nie zużywa się przedwcześnie. Całość zamknięta jest w wodoszczelnym bloku, temsamem nie podlega zabrudzeniu i nie wymaga częstego doglądu.

Urządzenia sterowania silników obrotu i wypadu winny być wygodne i lekkie w działaniu, tak, by bez wysiłku można było silniki włączać i wyłączać i temsamem manewrować żorawiem, gdy przy przenoszeniu ciężaru wystąpią jego wahania. Wahania te ogranicza się normalnie przez odpowiednie i wprawne przesuwanie wysięgnika w ten sposób, by przy zatrzymywaniu przenoszonego ciężaru szczytowe (dziobowe) rolki wysięgnika znalazły się możliwie prostopadle ponad ciężarem, czyli liny miały pionowe położenie.

Jest rzeczą zrozumiałą, że wszystkie ruchy żorawia wśród masztów i lin, jak również w wąskich i głębokich ładowniach okrętowych, wymagają nie tylko dużej wprawy kierowcy dźwigu, lecz niezawodnych, a lekkich w działaniu przyrządów sterujących. Przy drobnicowych dźwigach, ustawionych w Gdyni, nie znalazły zastosowania żadne specjalne połączenia elektryczne dla tych dwóch napędów. Nie mają więc nastawniki silników pozycji elektrycznego

hamowania, a sterowanie wysięgnika osiąga się w dostatecznej mierze przez zwieranie silników w obu kierunkach i tamsam przyhamowywanie ich biegu prądem przeciwnym.

Napędy posuwu portali dźwigów zórawlowych i bramomostów przeladunkowych.

Napędy z jednym silnikiem. Napędy elektryczne posuwu portali nabrzeżnych dźwigów drobnicowych nie przedstawiają żadnych trudności w osiągnięciu zupełnie równego przesuwu obu podstaw ich konstrukcji. Przy tych konstrukcjach o niewielkich zwykle wysokościach (5 do 8 m) i rozpiętościach, obejmujących 2 do 6 torów kolejowych, mechanizm jednosilnikowy pracuje najczęściej na wał, ułożony wzdłuż portalu i sprzężony przez stożkowe przekładnie zębate z pionowymi odcinkami wałów, napędzających koła biegowe obu podpór dźwigu. Taki napęd zapomocą wału mechanicznego jest prosty i pewny w działaniu i w zasadzie wystarcza nie tylko dla małych i sztywnych konstrukcji portali, lecz i dla większych bramomostów o kilku załamaniach wału. Bieg równy całej konstrukcji jest ustalony przez ściśle sprzężenie zapomocą wału i kół zębatych lub przegubów (kolan). Urządzenie to wystarcza w dostatecznej mierze na pewien okres czasu, o ile tylko nie wystąpią zbyt duże różnice nierównomiernego zużycia obrzeży kół biegowych lub ich poślizgu wskutek lodu, smaru na szynach itp. W codziennym ruchu dźwigów należy się liczyć z takimi wypadkami, jak również z wysokimi i nierównomiernymi momentami przyspieszania i hamowania. Już w naturze mechanizmu przesuwu mostu przeladunkowego leży, że obie podpory nie mają do pokonania ściśle tego samego oporu jazdy. Wpływają na to warunki zewnętrzne, np. wiatr, nierównomierne dodatkowe obciążenie wózkami, podniesionym lub opuszczonym wysięgnikiem. W tych wypadkach przy dużych rozpiętościach mostów nawet najlepsze sprzężenie mechanizmów posuwu mechanicznym wałem niezawsze spełni swoje zadanie i zachodzi potrzeba ciągłej kontroli dobrego biegu. To można osiągać np. zapomocą specjalnych wskaźników, umieszczonych wzdłuż drogi posuwu i wykazujących natychmiast skośne ustawienie konstrukcji przez dawanie sygnałów lub wyłączenie mechanizmów. Przy niektórych konstrukcjach mostów i podwozi portowych urządzeń przeladunkowych o specjalnie wysokich i lamanych wzniesieniach stosowanie mechanicznych wałów byłoby zbyt kosztowne i nie dawałoby pożądaných wyników nie tylko z powodu dużych odstępów podstaw i nierównomiernych obciążeń, lecz i wskutek niedogodnych załamań i trudności ułożenia wałów. Przy tych urządzeniach muszą przyjść oddzielne napędy dla każdej podstawy, a zażądanie równego biegu winno być rozwiązane drogą elektryczną. Zupełnie równy bieg jest konieczny przy konstrukcjach mniej sztywnych i przy nich wymaga się ściślego związku pomiędzy liczbą obrotów mechanizmów, a drogą przebytą.

II. MECHANIZM DŹWIGARKI.

Wymagania. Mechanizm dźwigarki, zwany powszechnie mechanizmem podnoszenia, jest bezsprzecznie najważniejszym mechanizmem dźwigowym. Do niego odnosi się w pierwszej mierze wszystkie doświadczenia co do sprawności zastosowanych urządzeń elektrycznych oraz mechanicznych i jemu również stawia się najwyższe wymagania pod względem doskonałości pracy, najbardziej miarodajnej dla całego urządzenia przeladunkowego. Wymagania te idą w kierunkach:

a) daleko posuniętej regulacji obrotów silników napę-

dowych i tem samym regulacji szybkości podnoszenia i opuszczania ciężarów,

b) osiągnięcia większej szybkości ruchu przy dźwigu nieobciążonym w przeciwieństwie do mniejszej szybkości podnoszenia lub opuszczania pełnego ciężaru,

c) osiągnięcia możliwie krótkiego czasu przyspieszania i zwalniania ruchu, oraz osiągnięcia elektrycznego zahamowania biegu opuszczanych ciężarów na pożądanę niską szybkość,

d) osiągnięcia prostego w budowie i wolnego od wyłożonej uwagi sterowania mechanizmów dźwigarek.

W zależności od rodzaju pracy, dla której dźwig jest przeznaczony, jego dźwigarka otrzymała napęd jedno — lub dwusilnikowy.

Napęd z jednym silnikiem jest konstrukcyjnie najprostszym rodzajem napędu dźwigowego. Składa się zwykle z silnika i kilku stopniowej przekładni zębatej, pracującej na bęben linowy. Dźwigarka jednosilnikowa jest w zasadzie dalszym rozwojem mechanizmu podnoszenia dźwigu parowego, gdzie cylinder i korbówód zastąpiono silnikiem elektrycznym. Dźwigarkę jednosilnikową otrzymały przeważnie dźwigi lekkie, pracujące hakiem, zawieszonym na jednej lub dwóch linach, i przeznaczone w pierwszej mierze dla przeladowywania drobnicy. Dźwigi te są o nośności 1,5 do 3 t i pracują z jedną szybkością podnoszenia, regulowaną silnikiem. Niektóre 3 i 5-tonowe dźwigi drobnicowe otrzymały dodatkową przekładnię zębatą dla zwiększenia szybkości podnoszenia przy równoczesnym zmniejszeniu ich nośności.

Rodzaje chwyteków.

Przeladunek towarów masowych, jak węgiel, żłom, ruda, zboże, mógłby się odbywać w kublach, skrzyniach i workach dźwigami drobnicowymi, byłby jednakże zbyt powolny; jest więc stosowany wyjątkowo i przy niewielkich ilościach towarów. Dla szybkich przeladunków i większych ilości wymagane są urządzenia specjalne. Ustrój ich zależy od kierunku przepływu towaru przez dany port. Urządzeniem, które w ruchu portowym oddaje przez szereg ostatnich lat największe usługi przy przeladunku węgla, żłomu i rudy, jest chwytek. Na sterowanie chwytaka zwrócono więc specjalną uwagę, gdyż w jego pracy przejawia się przedewszystkiem wartość nowoczesnych urządzeń elektrycznych, zastosowanych przy dźwigach portowych. Zarówno wysokość kasztów przeladunkowych, jak i jego dzielność przeladowywania zależą w dużej mierze od wyboru odpowiedniego sterowania chwytaka.

Chwytek jednolinowy jest jeszcze używany przy starszego i lżejszego typu dźwigach, pracujących z mniejszym natężeniem, a przeznaczonych dla różnorodnego ruchu przeladunkowego. Przy jego stosowaniu nie wymaga się żadnych specjalnych urządzeń napędu elektrycznego, gdyż dla sterowania wystarczają dźwigi prostej budowy. Dla ruchu szybkiego i dla dużych wydajności pracy chwytek jednolinowy o swej ciężkiej, lecz zbyt prostej mechanicznej konstrukcji nie nadaje się, jako pracujący powoli. Stąd wyrika jego ograniczony zakres stosowania.

Dla dźwigów o większych sprawnościach musi być stosowany chwytek wyłącznie dwulinowy. Chwytki dwulinowe umożliwiły szybką pracę wyposażonych w te urządzenia dźwigów i dla tego znalazły szersze zastosowanie. Dla sterowania potrzebny jest specjalny mechanizm z dwoma bębnami linowymi. W zależności od tego, czy chwytek będzie podnoszony czy opuszczany, albo też zamykany i otwierany, liny jego poruszają się z równą lub różną szybkością. Otwieranie zaś i zamykanie może następować samoczynnie w każdej dowolnej wysokości posuwu.

Sterowanie chwytek dwulinowych.

1) Napędy jednosilnikowe.

Przy jednosilnikowym napędzie mechanizmu sterowania chwytaka dwulinowego ruch bębnowy skutecznie wspólny silnik. W zależności od tego, czy chwytak ma być podnoszony i opuszczany tylko w stanie zamkniętym, czy też i w otwartym, spotyka się urządzenia sterujące różnej budowy. Opuszczanie otwartego chwytaka ma duże znaczenie przy pracy na niewielkich wysokościach, np.: przy przeładunku z wozów kolejowych na plac lub odwrotnie. Ułożenie lin, dobór ich szybkości i przebieg wzajemnej ich współpracy mają zasadnicze znaczenie dla sprawności i bezpieczeństwa pracy urządzenia przeładunkowego. Ułożenie silnika napędowego i bębnowy linowych jest w ten sposób dobrane, że bęben lin zamykających napędzany jest przez przekładnię zębatą, złączone na stałe z silnikiem napędowym. Bęben lin nośnych będzie natomiast dołączany do bębna lin zamykających według potrzeby przy podnoszeniu i opuszczaniu przez sprzęgło ciernie. Sterowanie chwytaka dwulinowego jednym silnikiem bez pośredniego sprzęgła jest niemożliwe, gdyż nie da się osiągnąć prostym sposobem różnych szybkości względnych lin zamykających i nośnych. Włączanie sprzęgła skutecznie się zapomocą elektromagnesu, motorku lub ręcznie zapomocą dźwigni. Elektryczne włączanie sprzęgła jest wygodniejsze w obsłudze i umożliwia dokładniej zwracać uwagę na należyta pracę chwytaka i nie pozwala na zwisanie lin nośnych po ukończeniu czynności chwytania. Dla przytrzymywania bębna lin nośnych w stanie rozłączonym jest przewidziany hamulec. Uruchamianie silników napędowych oraz dźwigni sprzęgłowej odbywa się ze stanowiska kierowcy. Trudniejsza obsługa tych mechanizmów i manipulacja sprzęgłem stanowią ich największą wadę nie tylko z powodu łatwo się psujących sprzęgieł ciernych, lecz i małej wydajności pracy dźwigu, powodowanej stratą czasu przy przełączeniach od jednej czynności do drugiej. Przełączanie nastąpić może tylko przy cicho stojącym silniku. Od położenia dźwigni sprzęgłowej zależą zasadnicze czynności chwytaka.

Na pozycji I (bliższej) są luźne sprzęgło i hamulec, wstrzymujący bęben lin nośnych. Gdy chwytak spoczywa na ziemi w stanie otwartym, uruchomienie silnika napędowego powoduje zamykanie (chwytanie).

Na pozycji II (środkowej) włącza się sprzęgło i temsamem dołącza bęben lin nośnych. Na tej pozycji może być podnoszony i opuszczany chwytak otwarty lub zamknięty.

Na pozycji III sprzęgło jest zluźnione, a bęben lin nośnych przytrzymany przez hamulec. Uruchomienie silnika napędowego powoduje otwieranie oraz zamykanie chwytaka.

Z powyższego jest widocznym, że przy chwytaku, otwartym i zawieszonym w górze na linach nośnych, nie wolno przekładać dźwigni sprzęgłowej na poz. I, czyli zwalniać bębna lin nośnych. Następuje wtedy samoczynne zamknięcie chwytaka i opadnięcie po zerwaniu lin zamykających.

Próby stosowania urządzeń, zabezpieczających mylnie przełożenie dźwigni, okazały się niepraktycznymi i najczęściej nie są używane. Przy napędach jednosilnikowych sprzęgło między bębnami może być z dobrym skutkiem zastąpione przez przekładnię różnicową (planetarną). Mechanizmy z jednym silnikiem są tańsze od mechanizmów dwusilnikowych. Również dla dużych sprawności pracy mogą być wtedy stosowane, gdy ich obsługa będzie łatwa i niepowodująca przedwczesnego zmęczenia kierowcy, t. j. gdy liczba ruchów jego ręki będzie stosunkowo niewielka. Przy tych napędach zużycie energii elektrycznej jest większe z powodu częstszego każdorazowego rozruszania silnika.

2) Napędy z dwoma silnikami.

Wymagania, stawiane elektrycznym napędem sterowania chwytaka idą w dwóch zasadniczych kierunkach:

- 1) ma być podnoszony lub opuszczany tylko zamknięty chwytak, bez obawy samoczynnego otwierania się,
- 2) ma być podnoszony lub opuszczany chwytak otwarty bez niepożądanego zamykania się.

Względny ruch wymagania te rozszerzają w tym stopniu, by można było łatwo skutecznie otwieranie lub zamykanie podczas podnoszenia lub opuszczania chwytaka. Przedewszystkiem zaś wymaga się, aby skutecznie zamykanie chwytaka w taki sposób, by noże szczęk wykonywały w razie potrzeby przy zamykaniu drogę możliwie poziomą, a temsamem przy dokładniejszym wybieraniu resztek ładunków nie niszczyły podłogi wozów kolejowych i dna ładowni okrętowych. Zadanie to chwytak spełni, gdy podczas zagłębiania się w węgiel lub rudę przy chwytaniu będzie odpowiednio utrzymywany na linach nośnych w zawieszaniu. Przy dwusilnikowym sterowaniu da się to osiągnąć w ten sposób, że podczas czynności chwytania, wykonywanej przez silnik zamykający, luzowany będzie hamulec silnika lin nośnych, a głowica chwytaka w miarę postępowania czynności zamykania odpowiednio opuszczana.

Przy mechanizmach sterowania chwytaka zapomocą jednego silnika manipulacja ze sprzęgłem okazała się b. niewygodną. Poza to wybór silnika napędowego musiał być b. staranny, gdyż spełniał pracę przy wszystkich ruchach chwytaka. Również wielkość jego musiała być wybierana z dużym nadmiarem, z uwzględnieniem wysokiego stopnia trwania jego czasu włączeń. Dążenie, aby przy pracy dźwigu chwytakiem jego dwie zasadnicze czynności, jak podnoszenie — opuszczanie oraz otwieranie — zamykanie, skutecznie zapomocą dwóch oddzielnych silników asynchronicznych, napotykało na poważne trudności w osiągnięciu równomiernego ich biegu przy różnych obciążeniach. Wspólny i równobieżny ruch bębnowy skutecznie podnoszenie lub opuszczanie chwytaka; natomiast bieg pojedynczy każdego z nich albo też nierównomierny lub przeciwny powoduje otwieranie zamkniętego wzgl. zamykanie otwartego poprzednio chwytaka. W odniesieniu więc do silników napędowych otwieranie podnoszonego chwytaka następuje, gdy silnik zamykania nie ciągnie dostatecznie lin zamykających, a przy opuszczaniu, gdy niedostatecznie hamuje.

Chwytak pazurowy z silnikiem zamykającym.

Wynikiem dążenia, aby zastosować dźwigi drobniocowe, posiadające tylko jeden bęben linowy do mechanicznego przeładunku złomu i rudy drobniejszych gatunków, jest chwytak pazurowy z wbudowanym silnikiem zamykania. Chwytak ten tworzy dla siebie zamkniętą całość konstrukcyjną. Silnik napędowy i przekładnię zębatą mieszczą się u góry chwytaka i działają przez linociąg na głowice szczęk pazurowych, powodując ich zamykanie. Otwieranie chwytaka odbywa się samoczynnie z chwilą zluźnienia liny zamykającej. Do silnika napędowego prąd jest doprowadzony zapomocą giętkiego ośmio-żyłowego kabla, nawijającego się na oddzielny bęben. Włączanie skutecznie się zapomocą nastawnika ręcznego. Położenia skrajne pazurów są zabezpieczone wyłącznikami krańcowymi. Szybkość pracy wynosi ok. 18 do 20 chwytów na godzinę, co odpowiada 30 do 40 t złomu drobnego, czyli ok. 300% prędkości, niż przy załadunku ręcznym.

Zagadnienie, jaki rodzaj prądu byłby odpowiedniejszy dla dźwigów nabrzeżnych w porcie gdyńskim, nie jest aktualne, gdyż urządzenia elektryczne na prąd trójfazowy równie dobrze, jak urządzenia prądu stałego, nadają się do napędu na wszystkich jednostkach przeładunkowych. Na zasadzie doświadczeń, przeprowadzonych w niektórych portach zagranicznych nad sprawnością ruchu zwykłych nabrzeżnych dźwigów drobnicowych, a szczególnie przy wyśrodkowywaniu wartości dla drogi i czasu, jak również średnich i największych szybkości przesuwów, oraz największej liczby obrotów silników napędowych, osiąga się najlepsze wyniki przy silnikach prądu stałego. Poza to do bezpieczeństwa zalet, wykazywanych często w ruchu dźwigowym przez urządzenia na prąd stały, należą: wyższy moment rozruchu, jak również lepsza regulacja liczby obrotów, aż do zupełnego zahamowania przy prostych połączeniach drogą elektryczną, oraz leżące we własnościach silników szeregowych prądu stałego samoczynne dostosowywanie się liczby obrotów do obciążenia, t. j. przenoszenia mniejszych ciężarów szybciej, niż ciężkich. Lecz tam, gdzie już istnieją urządzenia na prąd trójfazowy, nie jest pożądane wprowadzanie drugiego rodzaju prądu tylko dla osiągnięcia w pewnym stopniu większych oszczędności na prądzie, czy większych szybkości przesuwu, niż je otrzymujemy przy prądzie trójfazowym, gdyż to mogłoby być usprawiedliwione tylko względami pewności ruchu. Względami ekonomii i bezpieczeństwa są przy prądzie trójfazowym w równej mierze wysokie, jak przy prądzie stałym. Inne zalety urządzeń na prąd stały również są w wysokim stopniu osiągnięte przez urządzenia prądu trójfazowego przy połączeniach hamowania podsynchronicznego z zastosowaniem silników asynchronicznych, lub przez stosowanie silników komutatorowych szeregowych prądu trójfazowego i silników o podwójnych żłobkach.

Sprawność przeładowca dźwigu jest ustalona przez jego mechaniczne i elektryczne wyposażenie. I tu jest więc ważne, aby wydobyć wysoką całkowitą sprawność nie tylko przez wprowadzenie możliwie największych szybkości przesuwów, lecz i osiągnięcie możliwie największej pewności i bezpieczeństwa ruchu. Urządzenie przeładunkowe o niezawodnym działaniu wszystkich jego mechanicznych i elektrycznych przyrządów i o zgodnym w pracy z ogólnie przy-

jętami wymaganiami bezpieczeństwa, — oto dążenie dzisiejszej techniki dźwigowej.

Należy pamiętać o tem, że wszystkie dodatkowe nowoczesne precyzyjne przyrządy, ułatwiające pracę, będą w ruchu przeładunkowym przez kierowcę dźwigu bezwzględnie odrzucone i zastąpione prostymi środkami, skoro tylko spełnią te dwa zasadnicze warunki.

* * *

Jeśli nabrzeżny dźwig portowy w swych początkach historycznego rozwoju łączył się ściśle z postępem budowy żurawii okrętowych, to dalszy jego rozwój pójdzie swą własną drogą. Wobec dźwigów okrętowych są ciągle jeszcze aktualne dążenia, aby pomiędzy napędowe silniki a bębny linowe ich wciągarek wprowadzać mechaniczne sterowania zamiast sterowań elektrycznych, podlegających tak łatwo uszkodzeniom. Od dźwigów nabrzeżnych nie wymaga się takiej pewności ruchu i takiego wysiłku w pracy, jak od urządzeń i dźwigów okrętowych, które w wypadku potrzeby (awarii, lub niebezpieczeństwa) spełniać muszą swe zadanie do ostatecznych granic. Rozwój elektrycznych urządzeń dźwigowych nie jest zamknięty. O ile dziś nie da się przewidzieć, w jakim kierunku pójdzie dalszy rozwój napędu dźwigów okrętowych, o tyle przy dźwigach nabrzeżnych jest pewne, że tylko elektryczność może objąć nad nimi niepodzielne władanie.

Wykaz literatury.

J. G e w e c k e, F. R o t h e i A. H a s p e r o elektrycznych portowych urządzeniach przeładunkowych w czasopismach: Siemens Zeitschrift; E. T. Z.; Werft, Reederei, Hafen; Taschenbuch f. Elektrotechniker, Rziha u. Seidener.

C. S c h i e b e l e r, W. E n g e l i W. M e j e r w czasopismach: A.E. G. Mitteilungen; E. T. Z.; Förder-technik u. Frachtverkehr.

C. M i c h e n f e l d e r. Kran u. Transportanlagen für Hütten-, Hafen-, Werft- u. Werkstatt- Betriebe. 1926.

C. S c h i e b e l e r. Elektromotoren für aussetzenden Betrieb u. Planung von Hebezeugantrieb. 1926.

Gospodarka elektryczna w papierniach

Inż. Janusz Miłodrowski

Streszczenie. Schemat produkcji papierni, krótka charakterystyka napędów, zapotrzebowanie energii w poszczególnych etapach fabrykacji, warunki pracy siłowni w papierniach i fabrykach celulozy, sieć, warsztat elektrotechniczny.

Przemysł wytwórczy papierniczy w Polsce zajmuje poważne miejsce, zatrudniając (dane z 1934 r.) ok. 8 500 robotników i produkując rocznie ok. 145 000 tonn papieru, 72 000 tonn celulozy i 19 000 tonn tektury i eksportując tych artykułów oraz wyrobów z nich ok. 6 540 tonn, wartości 2,6 milj. złotych.

Na specjalną uwagę zasługuje on jednak głównie ze względu na swe możliwości rozwojowe, dysponuje bowiem surowcami krajowymi, a zużycie papieru na głowę ludności, wynoszące 4,3 kg jest o wiele niższe, niż w innych krajach Europy Zachodniej, gdzie wynosi: 37 kg w Anglii, 26,7 w Szwecji, 20 kg we Francji, 10,8 kg w Czechosłowacji na 1 mieszkańca, nie mówiąc już o Stanach Zjednoczonych, zużywających 55 kg.

Zasadniczymi surowcami, z których korzysta przemysł papierniczy, są szmaty lniane zapotrzebowanie roczne 12 778 tonn) oraz drzewo (zap. roczne 681 039 m. prz.). Pierwsze, ze względu na to że nadają papierom dużą wytrzymałość, znajdują zastosowanie przy produkcji gatunków specjalnych, jak: mapowy, aktowy i t. p. oraz wyłącznie do wyrobu bibulek papierosowych.

W ostatnich czasach coraz większe rozpowszechnienie zyskuje celuloza, otrzymywana z drzewa drogą chemiczną. Wynika to przede wszystkim z jej niższej znacznie ceny, a następnie ze stopniowego udoskonalenia procesów fabrykacyjnych.

Prócz tego do papierów niskowartościowych, jak np. gazetowy i karton, używa się miazgi drzewnej, otrzymywanej przez mechaniczne ścieranie drewna na kamieniu w t. zw. tarłach. Ogólna zdolność produkcyjna tych ostatnich maszyn w Polsce wynosi 355 tonn dziennie.

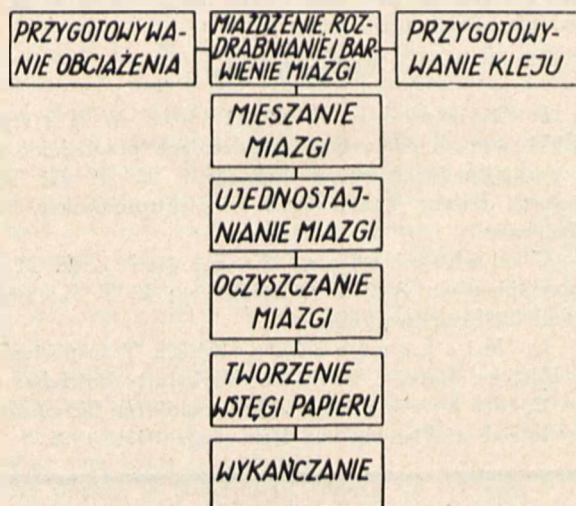
Jako surowców ubocznych używa przemysł papierniczy żywicy do t. zw. zaklejania papieru (zapotr. 2 135 tonn), oraz kaoliny (13 000 tonn).

Zastosowanie silników elektrycznych do napędu maszyn w papiernictwie wykazało tak duże ich zalety, że elektryfikacja tego przemysłu posuwa się bardzo szybko. Za przykład służyć mogą dane niemieckie:

Rok	Moc silników napędowych poza elektr. w KM	Moc silników napędowych elektrycznych w KM
1925	346 777	408 517
1935	258 641	638 432

Ze względu na brak analogicznych danych dla Polski, za pewną ilustrację obecnego stanu uważać można moc zespołów prądotwórczych, zainstalowanych w centralach papierni, która wynosiła ok. 40 000 kVA z produkcją roczną ok. 131 517 tys. kWh i pobraną z zewnątrz energią ok. 13 000 tys. kWh. Podkreślić należy, że zestawienie to nie obejmuje tych papierni, które nie mają swych central, a energię otrzymują wyłącznie z pobliskich elektrowni.

Gospodarka energetyczna odgrywa w przemyśle papierniczym poważną rolę chociażby ze względu na jej duży, bo wynoszący zależnie od lokalnych warunków 8 ÷ 22%, udział w kosztach własnych. Niżej rozpatrywać ją będziemy wg. następującego zasadniczego podziału: na napęd maszyn oraz centralę wraz z siecią rozdzielczą. Dla zrozumienia zagadnień, związanych z napędem maszyn, jest rzeczą niezbędną przedstawić w sposób chociażby najkrótszy schemat fabrykacyjny papierni (rys. 1).



Rys. 1.

Zasadnicza produkcja papieru korzysta z poprzednio opisanych miazg jako surowców. Droga odpowiedniego ich łączenia wpływa się na końcowe własności fizyczne otrzymwanego papieru.

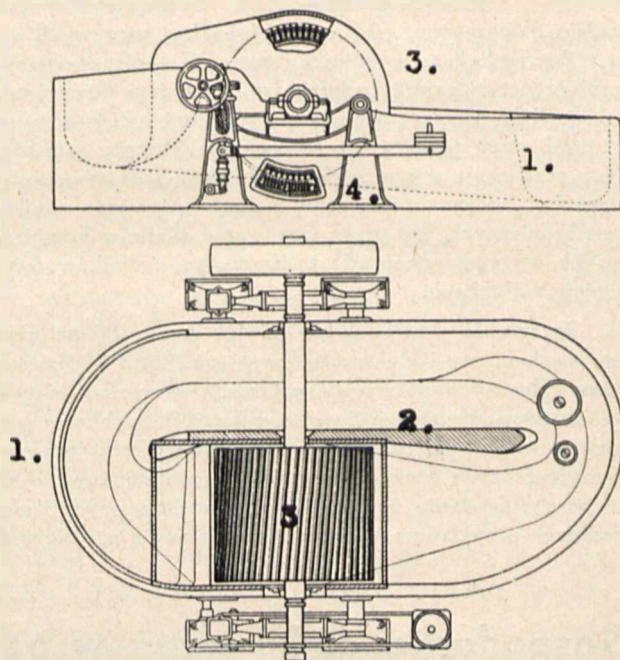
Pierwszym i zasadniczym etapem jest przemiał miazgi w t. zw. holendrach. Załączony szkic (rys. 2) przedstawia w schematycznym ujęciu konstrukcję tej maszyny. W betonowej wannie (1), przegrodzonej w środku ścianką (2) znajduje się wał, z osadzonymi w nim nożami brązowymi lub stalowymi (3). Wał ten obraca się z szybkością obwodową ok. 8 m/sek. nad nieruchomym zgrzebliskiem (4), również uzbrojonym w analogiczne noże; włókno, przepływające przez szczelinę między temi dwiema częściami, zostaje zmiażdżone i ew. skrócone. Odpowiedni stopień zmiażdżenia, który uzyskuje się przez dobór noży, docisk wału i czas trwania procesu, wpływa w znacznej mierze na własności papieru. Prócz tego w holendrze odbywa się t. zw. zaklejenie oraz obciążenie włókna. Dla jednorodności produkcji bardzo duże znaczenie ma utrzymywanie możliwie jednakowej gęstości miazgi, jej zabarwienia i stopnia zmielenia. Dla wyrównania tych wielkości spuszcza się zawartość paru holendrów do kadzi, gdzie następuje wymieszanie, a następnie przepuszcza

przez młyn stożkowy, przy pomocy którego maszynista, prowadzący papiernicę, doregulowuje sobie stopień zmielenia miazgi. Następnie miazga przechodzi przez odpowiednią skrzynkę rozdzielczą, ulegając znacznemu rozcieńczeniu i przepływa przez piasecznik, gdzie zostają zatrzymane zanieczyszczenia, cięższe od włókna, oraz przez rafki, stanowiące rodzaj sita, które chwytają pęczki włókna, poczem dopiero wypływa ono na sito papiernicy.

Na sicie tem włókna, zawieszona w dużej ilości wody, zostają rozrzucone w różnych kierunkach, tworząc niejako tkaninę.

Prawie wszystkie następne części papiernicy służą do odwadniania miazgi, z początku drogą mechaniczną na sicie, ssawkach i prasach dwuwałowych, a następnie przez odparowanie na cylindrach suszących, ogrzewanych parą o ciśnieniu ok. 2,5 ata.

W końcu papiernicy papier zostaje częściowo wygładzony na t. zw. gładniku, składającym się z 3 — 8 wałów metalowych, i nawinięty w role na t. zw. nawijaku. Następnie podlega on dalszej obróbce, polegającej na wygładzeniu powierzchni na specjalnych wygładnicach, pokrajananiu na arkusze na przekrawaczkach, lub przewinięciu w role odpowiedniej długości na przewijaczkach.



Rys. 2.

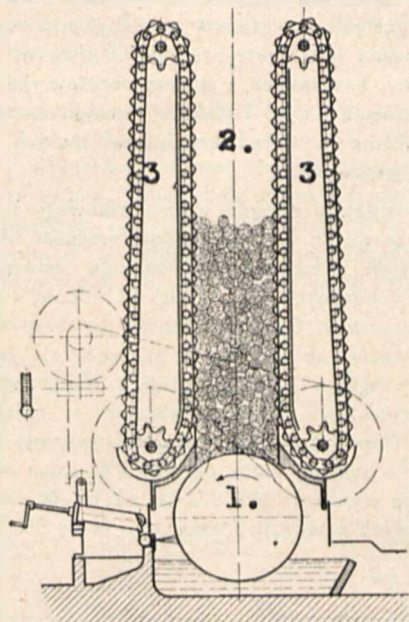
Holender. 1 — wanna betonowa, 2 — ścianka przegradzająca, 3 — wał nożowy i 4 — zgrzeblisko.

Z kolei omówione zostaną pokrótce najbardziej dla przemysłu papierniczego charakterystyczne napędy. Aczkolwiek ścieranie drewna nie wchodziło w zakres poruszanego wyżej schematu, to jednak ze względu na istniejącą tendencję papierni do posiadania własnych tareł (dla uniknięcia dość kosztownego w stosunku do ceny transportu tej miazgi) napęd ich omówię nieco szerzej.

Napęd tareł.

Ścieranie drewna odbywa się przez docisk do tarczy kamiennej, obracającej się z szybkością ok. 18 m/sek. nierówności kamienia niszczą strukturę drzewa, odrywając poszczególne włókna. Obecność doprowadzonej w dużych ilościach wody uniemożliwia podniesienie się do zbyt wysokich granic temperatury, utrzymywanej zwykle na poziomie 60° C. Załączony schemat (rys. 3) przedstawia przekrój jednego z najczęściej spotykanych typów tareł. Nad tarczą kamienną (1) umieszczona jest wysoka skrzynia zasilająca (2) z klo-

cami drzewa obsuwającymi się w dół i dociskanymi przy pomocy posuwających się łańcuchów (3) lub obracających się śrub. Inne konstrukcje posiadają rozmieszczone równomierne na półobwodzie tarczy dociskające prasy hydrauliczne, których zasilanie drewnem odbywa się ręcznie.



Rys. 3.

Tarło o zasilaniu ciągiem. 1 — kamień, 2 — skrzynia zasilająca, 3 — łańcuchy posuwu.

Zapotrzebowanie energii na ścieranie jest bardzo duże i wynosi ok. 1140 kWh/tonnę miazgi. Ostatnio buduje się tarła na znaczną wydajność, tak że moc silników napędowych sięga 1200 kW. Z tego powodu stosowane są jedynie silniki prądu wielofazowego wysokiego napięcia 3 — 10 kV. Sprzęga się je przeważnie bezpośrednio z kamieniem, wykonując jako wolnoobrotowe (ok. 250 obr./min.). Przyjęły się dwa rozwiązania: albo silniki ustawia się w pomieszczeniu tarła, projektując je jako zamknięte wentylowane, albo też odgradza się je ścianą i wtedy stosuje budowę otwartą.

W Ameryce do napędu tareł używa się wyłącznie silników synchronicznych, w Europie zaś ze względu na duże wahania obciążenia (50 — 125%) przeważnie — asynchronicznych z przesuwnikami fazowymi. Ze względu na duży udział napędu tareł w ogólnej mocy zainstalowanej sprawa poprawy współczynnika mocy odgrywa rolę pierwszorzędą.

Wprowadzenie napędu indywidualnego w tej dziedzinie prócz zwykłych korzyści, wynikających z większej elastyczności i możliwości przystosowania do potrzeb ruchu, rozwiązało zagadnienie regulacji, pozwalając na podniesienie jakości otrzymanego produktu. Według obliczeń Stiel'a przy napędzie indywidualnym straty wynoszą ok. 5% ogólnej mocy, a przy napędzaniu turbiną parową przez przekładnię mechaniczną — ok. 4%; różnicę 1% wyrównują zupełnie omówione wyżej zalety napędu elektrycznego.

Regulacja opiera się na zasadzie utrzymywania stałej mocy silnika napędowego, która z dużym przybliżeniem może być traktowana jako moc ścierania; czynnikiem zmiennym wobec stałych obrotów jest docisk, który zmieniamy, działając na silnik posuwu przy zasilaniu ciągiem, albo na ciśnienie wody względnie oleju w tarłach o prasach hydraulicznych. Uzależnienie od mocy osiąga się dzięki sterowaniu odpowiedniego regulatora przez przekładniki napięciowe i prądowe. W rzeczywistości zachodzą krótkotrwałe wahania obciążenia, a mianowicie wzrosty przy zaklinowaniu się drzazg na kamieniu, lub spadki przy utworzeniu się zatoru klocków w skrzyni; są one jednak wyrównywane przez od-

powiednią zmianę docisku. Zastosowanie rejestrujących mierników zarówno w obwodzie głównego silnika napędowego, jak i posuwu, pozwala na pewną kontrolę przebiegu pracy.

Załączona fotografia przedstawia przykład napędu tareł silnikami otwartymi (rys. 4).

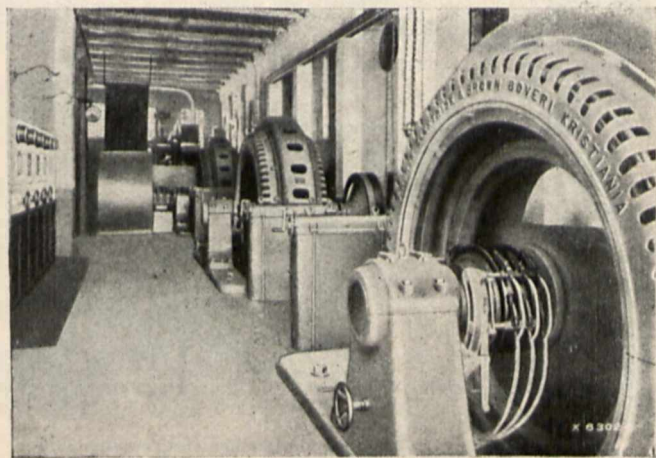
Napęd holendrów.

Maszyną najbardziej rozpowszechnioną w papiernictwie i pod różnymi występującą postaciami jest holender, którego opis podany został wyżej. Zapotrzebowanie prądu energii jest znaczne i różne, zależnie od gatunku mielonej miazgi i od sposobu prowadzenia tego procesu; wynosi ono od 145 do 1020 kW/tonnę papieru. Załączony wykres przedstawia schematycznie przebieg poboru mocy w czasie mielenia. Widzimy z niego stopniowe wzrosty obciążenia, odpowiadające opuszczeniu wału na zgrzeblisko i następne spadki wraz z wzrostem stopnia zmiżdżenia (rys. 5).

Dawniejsze rozwiązania napędu używały wspólnego wału pędniowego, umieszczonego w pomieszczeniu, znajdującym się o piętro niżej, obecnie coraz częściej stosuje się silniki indywidualne, ustawione na tym samym poziomie; ze względu na konieczność pewnego podnoszenia i opuszczania wału i dużych uderzeń korzysta się wyłącznie z przekładni pasowych, mała odległość osi wymaga albo naprężaczy albo specjalnych pasów. I tutaj zastosowanie napędu indywidualnego umożliwiło racjonalniejsze prowadzenie samego procesu fabrykacyjnego, wielkość bowiem prądu, pobieranego przez silnik, jest doskonałą wskazówką dla mielarza, w jakim stopniu ma opuszczać wał na zgrzeblisko.

Napęd papiernicy.

Papier we właściwej swej formie powstaje na papiernicy. Chociaż pobór energii tej maszyny jest niewielki, wynosi bowiem ok. 180 kWh/tonnę i odgrywa małą rolę w gospodarce energetycznej, to jednak ze względu na wymagania, stawiane regulacji, jej napęd zasługuje na specjalną uwagę. Dzielimy go zwykle na dwie części: o stałej i zmiennej ilości obrotów. Pierwsza obejmuje kadzie mieszalne, pompy, rafki i trzęsak sity. Ogólne zapotrzebowanie energii wynosi ok. 40 kWh/tonnę papieru. Ze względu na stałą ilość obrotów rozwiązania są zupełnie proste i podlegają albo na napędzaniu jednym silnikiem asynchronicznym przez odpo-



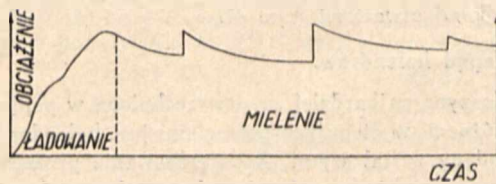
Rys. 4.

Napęd tareł przy pomocy silników asynchronicznych otwartych o mocy 1000 KM i ilości obrotów 230 na min.

wiednią przekładnię, albo też — jak ostatnio — przez szereg małych silników, przeważnie krótkozwartych. Młyny stożkowe napędzane są z reguły indywidualnie silnikami asynchronicznymi wysokiego napięcia przez sprzęgła ela-

styczne ze względu na warunki pracy obracającego się stożka. Zapotrzebowanie energii wynosi ok. 80 kWh/tonnę.

Część o zmiennej szybkości obejmuje wszystkie elementy papiernicy od sita począwszy aż do nawijaka.



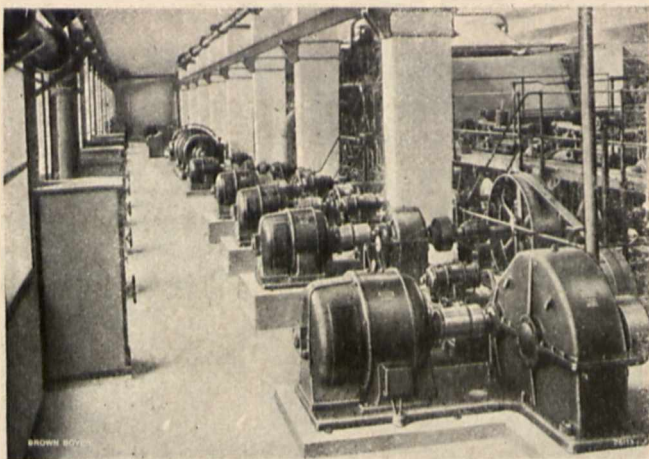
Rys. 5.

Krzywa poboru mocy silnika napędzającego holender.

Przy ustalonej gęstości i ilości miazgi, wpływającej w jednostkę czasu na sito, grubość papieru jest odwrotnie proporcjonalna do prędkości papiernicy. W obrębie danego gatunku w ten właśnie sposób ustala się jego gramaturę, t. j. wagę w gr. 1 m² (co jest pewną miarą grubości, przyjętą w papiernictwie). Ze względu na tę właśnie zależność sprawa odpowiednio dokładnej zmiany szybkości i utrzymywania jej na ustalonym poziomie jest rzeczą zasadniczej wagi.

Obecnie spotykamy dwa rozwiązania tego napędu. Część o stałej ilości obrotów napędzana jest silnikiem asynchronicznym, często z wyłączeniem pomp, które ze względu na łatwość sprzężenia zostają wyodrębnione. Część o zmiennej szybkości, napędzana jest silnikiem prądu stałego, przy czym zmienność obrotów uzyskuje się przez regulację w obwodzie wzbudzenia względnie przez zasilanie go ze specjalnego zespołu sterowniczego w układzie Leonarda lub „za i przeciwnym”.

Papier w czasie swego przebiegu przez maszynę podlega różnym wydłużeniom i skurczom, dla utrzymania więc odpowiedniego naciągu wstęgi poszczególne części papiernicy muszą posiadać szybkości obwodowe, pozostające dla danych warunków w pewnym określonym stosunku. Ponieważ zjawisko to jest zmienne i zależne od wielu czynników, przeto maszynista musi mieć możliwość doregulowywania tych prędkości zależnie od chwilowych potrzeb w granicach paru procentów; uzyskuje się to przez stosowanie przekładni pasowych o kołach stożkowych.



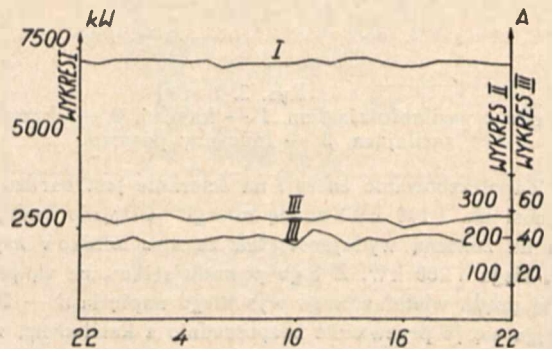
Rys. 6.

Napęd papiernicy do produkcji papieru rotacyjnego. Wykonany przez Brown-Boveri.

Wraz z tendencją do podnoszenia szerokości i szybkości papiernic pędnie te wypadły za ciężkie i pracowały źle, zastosowano więc napęd wielosilnikowy. Ważną rzeczą stało się ustalanie wzajemnego stosunku prędkości. Używa się silników prądu stałego, zasilanych z zespołu sterowniczego,

przy pomocy którego otrzymuje się zmianę szybkości całego układu. Dla uniknięcia wahań ilości obrotów poszczególnych silników w zależności od lokalnych zmian obciążenia, stosuje się w ich obwodach wzbudzenia regulację, sterowaną przez urządzenia różnicowe, porównyujące ich prędkości z pewną prędkością wzorcową. Istnieje cały szereg rozwiązań takich układów, opartych na zasadzie porównywania szybkości drogą mechaniczną lub elektryczną przez przeciwstawianie sobie wielkości, związanych z ilością obrotów, jak np. częstotliwości, napięcia i t. p. Ustalanie naciągu umożliwiające jest przez wtrącenie w układ regulatora małych stożkowych przekładni pasowych.

Wprowadzenie napędu wielosilnikowego poza oszczędnością na energii ok. 15 — 20% daje możliwość kontroli pracy poszczególnych części, ułatwia obsługę, zmniejsza zużycie niektórych pobocznych części, jak np. filców, i podnosi wydajność papiernicy. Obecnie dążność do stworzenia elektropapiernicy idzie tak daleko, że napędza się indywidualnie nawet poszczególne cylindry suszące. Załączona fotografia (rys. 6) przedstawia napęd papiernicy w jednej z fabryk krajowych. Napęd części zmiennej tej maszyny składa się z 10 silników o łącznej mocy ok. 689 kW (idąc od sita, moce poszczególne wynoszą: 147, 65, 44, 44, 66, 66, 66, 22 147, 22 kW), zasilanych z zespołu Leonarda o mocy 550 kW.



Rys. 7.

Krzywe obciążenia papierni i jej działów. 1 — ogólna krzywa obciążenia dziennego, 2 — ściernia, 3 — oddział holendrów. (Papiernia produkuje głównie papier gazetowy).

Napęd wygładnic.

Często zachodzi potrzeba nadania powierzchni papieru specjalnie dużej gładkości, co osiąga się przez przepuszczenie go między szeregiem wałów na t. zw. wygładnicy. Napęd tej maszyny musi czynić zadość następującym warunkom: w czasie ręcznego przeprowadzania wstęgi między wałami szybkość wynosić może ok. 8 — 10 m/min., przy czym musi ona być niezależną od obciążenia, gdyż obsługa niema wtedy czasu na czynności regulacyjne. Normalna praca odbywa się z prędkościami, zawartymi w granicach 100 ÷ 300 m/min przy czym przewidziana być musi możliwość regulacji w tym zakresie, dla stworzenia odpowiednich warunków dla danego gatunku papieru. Prócz tego ze względu na tendencję obwijania się papieru dookoła wału powinno być przewidziane odpowiednio szybko działające urządzenie hamujące.

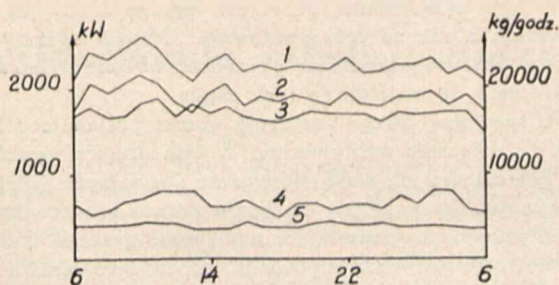
Ze stosowanych rozwiązań napędów wyliczyć można następujące. Główny silnik asynchroniczny sprzężony jest przez sprzęgło odśrodkowe i przekładnię ślimakową z pomocniczym, który przejmuje na siebie duży moment rozruchowy i zaprowadzania, a potem przy przejściu do normalnej pracy zostaje odciążony i odłączony. Regulacja prędkości silnika głównego uzyskana jest przez opory w obwodzie wirnika. Powoduje to duże straty energii, dlatego też zaczęto stosować w tym układzie silniki komutatorowe, a ostatnio wykonywa się je nawet bez silników pomocniczych.

W przypadku sieci prądu stałego używa się silników bocznikowych z regulacją w obwodzie wzbudzenia, przyczem stosuje się układ analogiczny do poprzednio opisanego, albo też korzysta dla zaprowadzania z niższego napięcia pomocniczego. Najlepszym rozwiązaniem, stosowanym przeważnie dla dużych jednostek, jest zasilanie silnika napędowego z zespołu sterowniczego. Pobór energii jest niewielki i wynosi przeciętnie ok. 50 kWh/tonnę.

Siłownie.

Chociaż napęd poszczególnych maszyn wykazuje dość poważne wahania obciążenia, to jednak ze względu na ich krótkotrwały charakter naogół krzywe, otrzymywane ze wskazań przyrządów tablicowych w centrali dają dużą bardzo równomierność, jak ilustrują wykresy (rys. 7).

W rezultacie otrzymujemy wykres dzenny obciążenia centrali bardzo równomierny, z niewielkimi tylko wahaniami (rys. 8).



Rys. 8.

Krzywe obciążenia dziennej papierni, produkującej papieru specjalne.

1 — moc ogólna wytworzona; 2 — moc, wytworzona w prądzie zmiennym; 3 — para, zasilająca turbinę; 4 — para, pobierana dla celów grzewczych; 5 — moc, wytworzona w prądzie stałym.

(Uwaga. Prądnica prądu stałego sprzężona z turbiną).

Centrale przemysłu papierniczego są typowym przykładem połączenia gospodarki grzewczej z siłą. Załączone tabele przedstawiają zużycie energii elektrycznej i pary na 1 kg papieru lub celulozy:

TABELA I.

Zapotrzebowanie pary i energii dla fabrykacji papieru i celulozy.

Gatunek papieru	Para w kg na kg papieru	Energja elektryczna kWh/kg
Piśmienny drzewny	2	0,4 — 0,5
Pergamin	4,2	1 — 1,2
Gazetowy wraz z wytwarzaniem miazgi	3	1,5 — 1,7
Karton	3,4	0,3 — 0,4
Celuloza niebielona mokra	2,8	0,18
„ bielona „	4	0,2
„ niebielona sucha	4,8	—
„ bielona „	6	0,29

Jak z powyższych danych wynika, stosunek ilości pary do energii elektrycznej wynosi dla papierni ok. 5 ÷ 10 kg/kWh, dla fabryk celulozy ok. 20 kg/kWh, a spada dla zakładów, posiadających duże ścieralnie, do ok. 2 kg/kWh. Z cyfr tych wynika, że papiernie częściowo, a fabryki celulozy całkowicie mogą pokryć swe zapotrzebowanie na energję elektryczną z pary fabrykacyjnej przy pracy turbin przeciwprężnych.

Tęgo rodzaju rozwiązanie jest specjalnie korzystne, ponieważ wyzyskane zostaje również ciepło utajone parowania wynoszące 580 ÷ 500 Cal. przy całkowitym ciepłiku pary rzędu 670 ÷ 750 Cal/kg. Dzięki temu właśnie wyzyskaniu

ciepła pary wydmuchowej koszt 1 kWh wypada ok. 3 ÷ 4 razy mniejszy, niż w układzie kondensacyjnym.

Uzyskanie jaknajwiększej ilości energii mechanicznej umożliwione jest w sposób dwójaki: drogą podnoszenia ciśnienia dolutowego pary, względnie — obniżenia przeciwprężności. Pierwsze zwykle dochodzi do ok. 30 at, ponieważ powyżej tej granicy znacznie rośnie koszt urządzeń kotłowych. Chociaż spotyka się także rozwiązania, korzystające z ciśnień wyższych przy kotłach Bensona, Löfflera i La Monta. Obniżenie przeciwprężności umożliwione jest jedynie drogą odpowiednich zmian w maszynach fabrykacyjnych, a więc w warnikach celulozy lub w częściach suszących papiernic, gdzie ostatnio poczyniono próby odpowietrzania pary dla zwiększenia sprawności tych urządzeń (i w związku z tem obniżenia ciśnienia).

W rezultacie w grę wchodzi zasadniczo dwie możliwości: przy wyzyskaniu pary grzewczej do wytworzenia energii mechanicznej brakująca ilość albo wytwarza się w centralach własnych albo kupuje od dużych elektrowni okręgowych.

W wypadku pierwszym stosuje się prawie wyłącznie turbiny z poborem. Dla warunków polskich jest to właściwie zjawisko powszechne. Kupowanie prądu posiada pewne zalety i wady, które w krótkości zaznaczą: połączenie równoległe z dużymi sieciami podnosi ogromnie koszt zabezpieczeń, zwiększając również poważnie niebezpieczeństwo w wypadku zwarcia, stosowanie zasilania odcinkowego bez pracy równoległej jest z rozmaitych względów utrudnione. W razie strejków, przy unieruchomieniu dłuższem papierni opłata stała może znacznie przewyższać odpowiednie sumy amortyzacyjne przy własnej centrali. Prócz tego najmniejsza przerwa w dostawie prądu powoduje znacznie dłuższe zatrzymanie całego zakładu, wobec czego przejawia się tendencja do posiadania własnych siłowni.

Przykładem pozytywnym takiej współpracy może być przemysł papierniczy saski, pokrywający ok. 30% całej wytwórczości papieru w Niemczech, pobierający z zakładów A. S. W. ok. 150 milj. kWh rocznie. Korzyści zrealizowane w tym układzie stanowią: zmniejszenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, uzyskanie dużej elastyczności i łatwości w rozbudowie, dzięki odpadnięciu potrzeby znacznego powiększania central. Podkreślić należy przytem, że zakłady A. S. W. pracują na węglu brunatnym, uzyskując stosunkowo niską cenę 1 kWh.

W przeciwieństwie do powyższego przemysł celulozowy może często sprzedawać zbywającą energję elektryczną, zwłaszcza po podniesieniu ciśnienia dolutowego pary. Z wykonanych przecieżeń wynika, że większe fabryki szwedzkie (produkujące rocznie ponad 18 000 — 20 000 tonn każda) mogą wytworzyć ok. 850 milj. kWh rocznie, z czego na sprzedaż mogłoby przypadać ok. 380 milj. kWh.

Należy jeszcze zaznaczyć, że spotykamy się ze zjawiskiem całkowicie przeciwnem w krajach o dużych zasobach energii wodnej, w których może się opłacać wytwarzanie pary dla celów fabrykacyjnych w kotłach elektrycznych. I tak w Kanadzie na 131 zainstalowanych takich kotłów o łącznej mocy 245 MW. 87% przypada na przemysł papierniczy.

Elektryczna część siłowni nie odbiega od przeciętnego spotykanego typu i nie wymaga właściwie szerszego omówienia. Ze względu na stosowanie silników prądu stałego do napędów o zmiennej ilości obrotów często sprzęga się z turbiną poza generatorem prądu zmiennego również i prądnice prądu stałego. W ostatnich jednak czasach moc instalowana w prądzie zmiennym jest coraz większa w stosunku do prądu stałego. Zastosowanie silników komutatorowych oraz zespołów sterowniczych podnosi jeszcze bardziej ten stosunek. To też obecnie prawie wyłącznie spotyka się w papierniach wytwarzanie prądu zmiennego wysokiego napięcia 3—6 kV.

Sieć.

Jak i wszelkie zakłady przemysłowe, papiernie charakteryzują się stosunkowo skupioną siecią przy dużych obciążeniach. Załączona tabela podaje wagę miedzi przewodów w tonnach oraz moc odbiorników dla paru naszych papierni:

moc odbiorników kW	waga miedzi tonn
3 880	5,3
2 230	8
4 780	11
5 485	32,2

Zasadniczym czynnikiem jest uzyskanie maksymalnej pewności ruchu. Jak już wspomniałem, najkrótsze zatrzymanie maszyn powoduje z reguły dłuższą przerwę fabrykacji i związane z tem poważne straty.

Układ promieniowy sieci, najprostszy, pozwalający na najłatwiejszą kontrolę, daje stosunkowo małą rezerwę, a prócz tego powoduje małe wyzyskanie zarówno aparatów, jak i przewodów, jest więc droższy. System pierścieniowy daje lepszy rozptył energii i większe wyzyskanie, jest jednak trudniejszy do zabezpieczenia i mniej przejrzysty. Najkorzystniejszym jest t. zw system wielokrotnie zamknięty, zasilany w paru węzłach, dający dużą elastyczność w rozbudowie, wyrównywanie obciążeń i duże wyzyskanie materiału. Narazie na terenie papierni nie zyskał on jednak większego rozpowszechnienia, prawdopodobnie ze względu na niewielki obszar sieci.

Sieć wysokiego napięcia prowadzona winna być tak, aby stosunkowo łatwo można było zrobić następne odgałęzienia. Duże usługi w tym względzie oddać mogą specjalne skrzynki, umieszczone w ścianach budynków. Rozplanowanie sieci niskiego napięcia zostało ogromnie ułatwione przez wprowadzenie aparatury okapturzonej, której zalety są powszechnie znane. Na specjalną uwagę zasługuje prowadzenie przewodów przy napędzie papiernicy, który w układzie wielosilnikowym wymaga znacznej ilości połączeń i gdzie na pewność ruchu oraz szybkość usuwania przeszkód kładzie się duży nacisk. W jednej papierni zastosowano układ szyn, poprowadzony pod podłogą, realizując w ten sposób dużą przejrzystość i skrócenie przewodów łączących.

Kontrola stanu izolacji i to zarówno sieci wysokiego, jak i niskiego napięcia, jest rzeczą pierwszorzędnej wagi, pozwalającą na wyszukiwanie słabszych punktów i uskutecznianie koniecznych napraw w czasie najbliższych postojów.

Z natury rzeczy ogromną wagę przywiązuje się do wyboru odpowiednich silników i należytej ich pracy. W ostatnich czasach coraz większe rozpowszechnienie zyskują asynchroniczne krótkozwarte, sterowane z odległości. Wynika to z tendencji do odciążenia obsługi od wszelkich pomocniczych czynności drogą jak największego ich ułatwienia i automatyzowania.

Dla napędów o zmiennych szybkościach stosuje się coraz częściej silniki komutatorowe, których fabrykacja osiągnęła ostatnio duże postępy. Wyjątek stanowi wielosilnikowy napęd papiernicy, gdzie jak zaznaczyłem, wymagania, stawiane stałości biegu i regulacji, zapewniły wyłączność w tym zakresie silnikom prądu stałego, zasilanym ze specjalnych zespołów sterowniczych. We wszystkich tych rozwiązaniach dąży się ogólnie do sterowania przyciskami z odległości. W papierniach silniki pracują przeważnie w złych warunkach. Składa się na to z jednej strony wilgoć i wysoka temperatura otoczenia, z drugiej — tendencja obsługi, zmierzająca do okresowego przeciążania jednostek dla podniesienia wysokości produkcji. Wszystko to należy mieć na uwadze przy wyborze i nastawieniu zabezpieczeń samoczynnych. Ze względu na wilgoć przyjął się zwyczaj suszenia większych jednostek przed ich uruchamianiem, co wykonywa się w ten

sposób, że turbinę pędzi się przez pewien czas (ok. 0,5 do 1 godziny) z mniejszą ilością obrotów, zasilając motory odpowiednio niższym napięciem, wynoszącym 15 — 20% normalnego.

Przy każdej papierni istnieje wydział elektryczny, składający się z obsługi centrali i silników oraz warsztatu. Ze względu na brak wykształcenia elektrotechnicznego załogi zakładu, wszelkie wyłączanie i włączanie silników wysokiego napięcia dokonywane jest przez personel tego wydziału. Warsztat nastawiony być musi na doraźne naprawy aparatury rozdzielczej i łączeniowej oraz na przewijanie silników nie mówiąc o robotach instalacyjnych. Ze względu na znaczenie ciągłości ruchu, normalna praca polegać musi w pierwszym rzędzie na racjonalnej kontroli. Wszelkie roboty wykonywane są w możliwie krótkim przeciągu czasu, tak że duże znaczenie ma odpowiednie rozplanowanie i przygotowanie. Kontrola sieci polega na badaniu stanu izolacji i okresowej rewizji wyłączników, przyczem częściej dokonywa się ją pobieżnie, a raz na rok gruntownie. Naogół aparaty te pracują w dobrych warunkach, gdyż ilość wyłączeń jest stosunkowo mała, ze względu na ruch ciągły.

Na specjalną uwagę zasługują silniki posiadające komutatory i sztucznie wentylowane. W tym drugim wypadku często koniecznym się staje stosowanie specjalnych filtrów, w przeciwnym bowiem razie następuje zabicie brudem kanałów wentylacyjnych, powodujące nadmiernie grzanie. Ważną rzeczą jest organizowanie odpowiedniego uwidaczniania kontroli, przez wprowadzenie np. kartoteki, w której znajdują się wszelkie dane charakterystyczne silników, miejsce pracy, opis rewizji i napraw. Dużą wagę przykładają się też do należytej kontroli rozchodu materiałów, pozwalającej na wybieranie najtańszych i najlepszych oraz odpowiednie ich stosowanie. Pozwala to na dokładne określanie kosztów ruchu elektrycznego. Postępująca naprzód elektryfikacja przemysłu papierniczego spowodowała podniesienie znaczenia wydziału elektrycznego, nakładając nań równocześnie większe obowiązki.

BIBLIOGRAFJA.

1. Lassberg — Die Wärmewirtschaft in der Zellstoff und Papier-industrie. Berlin, Springer, 1926.
2. Walter Kuhl — Der Elektro-Kraftbetrieb in der Zellstoff und Papierindustrie. Günther Staib. Biberach-Riss. 1935.
3. Schiebuh — Die Verminderung der Selbstkosten in der Deutschen Papierindustrie, insbesondere durch rationelle Energiewirtschaft. Günther Staib. Biberach-Riss.
4. Wirtschaftsgruppe der Papier — Pappen — Zellstoff und Holzstoff Erzeugung — Weltpapierstatistik.
5. Dr. A. Scheufelen — Entwicklung der Elektrokraftwirtschaft in der Papierindustrie. Siemens Zeitschrift. 1927, Nr. 5.
6. Dr. F. Schiebuh — Die wirtschaftliche Bedeutung der elektrischen Kraftübertragung in der Papierindustrie. S. Z. 1927, Nr. 5.
7. Dr. H. Melan — Die neuzeitliche Dampfkraftmaschine in der Zellstoff- und Papierindustrie. S. Z. 1927, Nr. 5.
8. Dr. Stender — Ruthsspeicher in der Zellstoffindustrie. S. Z. 1927, Nr. 5.
9. Dr. F. Schiebuh i L. Kiessling — Neuzeitliche Krafterzeugungsanlagen in der Papier- und Zellstoffindustrie. S. Z. 1927, Nr. 5.
10. P. Weiske — Elektrische Kraftübertragung in der Papierindustrie. A. E. G. Mitteilungen, 1929, Nr. 12.
11. M. Hilgers — Ueberlegungen bei der Errichtung einer Wärmekraftzentrale für eine Papierfabrik. A. E. G. Mitt. 1929, Nr. 12.

12. Elektrizität in der Papierindustrie. A. E. G. 1933.

13. H. Gleichmann — Kombinierte Kraft- und Wärmeerzeugung in industriellen Betrieben. IV Sekcja Nr. 62 World Power Conference, Stockholm. 1933.

14. G. Riedel — Strombezug in der Sächsischen Papier- und Zelluloseindustrie. Nr. 21 W. P. C., Stockholm. 1933.

15. L. Malm — The Influence of Recent Development of the Steam and Pulp Technics upon the Steam and Power Problem of the Pulp Industry, Nr. 39. W. P. C. Stockholm. 1933.

16. G. Lest — Wärmewirtschaft in der Papier — und Zellstofffabrikation. Carl Hofmann. Berlin. 1923.

17. Dr. W. Stiel — Fortschritte in Elektrobetrieb der Papierindustrie. Der Papierfabrikant. 1932. Nr. 23.

18. G. Lest — Eingenkraft oder Strombezug unter Würdigung der Dampfdrucksteigerung in kombinierten Betrieben. Wochenblatt für Papierfabrikation. 1931. Sondernummer.

19. Dr. W. Stiel — Entwicklungslinien der Kraftwirtschaft in der Papierindustrie. Wochenblatt. Nr. 41, 42. 1935.

20. Die Ergebnisse der Betriebszählung vom 16 Juni 1933 für die Papierfabrikation. Wochenblatt. Nr. 40. 1934.

21. Sprawozdanie Związku Papierni Polskich za rok 1934.

Zastosowanie elektryczności w przemyśle cukrowniczym

Inż. Stanisław Hulanicki

Streszczenie. Zarys historyczny rozwoju elektryfikacji cukrowni. Elektrownie i rozdzielnie cukrowniane. Charakterystyka silników pracujących w cukrowni. Dobór mocy silników. Normalizacja typów. Poprawianie sp. mocy. Energja odpadkowa. Kontrola fabryczna: sygnalizowanie temperatur, ciśnień i t. d.; mierniki alkaliczności i gęstości soku. Automatyczny sureblny wykres Gautt'a.

Pierwsze zastosowanie elektryczności w przemyśle cukrowniczym na ziemiach polskich miało miejsce w cukrowni Sroda, która już w roku 1881 wprowadziła w fabryce oświetlenie elektryczne, oraz zainstalowała kilka silników elektrycznych, napędzających urządzenia mechaniczne. Oświetlenie elektryczne fabryk i osad fabrycznych przyjęło się w cukrownictwie powszechnie, tak, że już przed wojną prawie wszystkie cukrownie posiadały oświetlenie wyłącznie elektryczne.

Natomiast elektryfikacja napędów w cukrowniach napatykała na większe trudności. Po pierwsze silniki prądu stałego, będące do dyspozycji w pierwszych latach rozwoju elektrotechniki, nie odpowiadały ciężkim warunkom pracy, z jakimi spotykamy się w cukrowniach. Dopiero ukazanie się na rynku taniego, prostego w obsłudze oraz łatwo przystosowującego się do najcięższych warunków pracy trójfazowego silnika asynchronicznego stworzyło grunt podatny do elektryfikacji napędów w cukrowniach.

Drugi czynnik hamujący rozwój elektryfikacji napędu był zupełnie innej natury. Przemysł cukrowniczy jest znacznie starszy od przemysłu elektrotechnicznego. Z chwilą kiedy ten ostatni mógł dać cukrowni dostatecznie pewny silnik asynchroniczny, cukrownie posiadały kompletne urządzenia, w których do napędu stosowane były silniki parowe. Silniki parowe z powodu zużywania pary odlotowej do celów grzejnych pracują w cukrowniach bardzo ekonomicznie. Dlatego też szczególnie w cukrowniach, w których silniki parowe nie zdążyły się jeszcze zamortyzować, elektryfikacja napędu i związane z tem usuwanie dotychczas pracujących silników parowych natrafiały na trudności natury finansowej.

Trzecim czynnikiem, przemawiającym przeciw całkowitemu zelektryfikowaniu cukrowni, jest zwiększenie zużycia mocy w cukrowniach zelektryfikowanych w stosunku do cukrowni niezelektryfikowanych. Jest to wywołane po pierwsze zastąpieniem w cukrowniach zelektryfikowanych wolnobieżnych pomp tłokowych przez pompy wirowe, te zaś ostatnie mają nawet obecnie znacznie niższą sprawność niż pompy tłokowe. Po drugie w zelektryfikowanych cukrowniach

mamy do czynienia ze stratami, związanymi zarówno z wytwarzaniem energii elektrycznej, jak rozsyłem, oraz powtórny przekształcaniem jej w silnikach na pracę mechaniczną. Straty te przy sprawności: generatorów 95%, silników 85% oraz stratach w kablach około 3% wynoszą łącznie dwadzieścia parę procentów, przewyższając oczywiście straty przy dotychczas stosowanych napędach pasowych.

Te wszystkie względy do niedawna, gdyż jeszcze po wojnie, wywoływały ożywioną dyskusję szczególnie w fachowej prasie niemieckiej, czy wogóle warto cukrownie całkowicie elektryfikować. Obecnie już niema pod tym względem wątpliwości, ponieważ w cukrowniach zelektryfikowanych uzyskuje się wydatne zmniejszenie zarówno kosztów ruchu, jak i sum wydawanych na pokampanijny remont cukrowni. Poza tem — co jest może jeszcze ważniejsze — pewność ruchu cukrowni zelektryfikowanej jest znacznie większa, przez co unika się dużych strat, związanych z przerwami w ruchu fabrycznym.

Elektryfikacja cukrowni w Europie pierwsze swoje kroki stawiła bezpośrednio przed wojną na Ukrainie i z dumą należy stwierdzić, że właśnie Polacy, pracujący tam przed wojną, byli pierwszymi pionierami, wyprzedzając o szereg lat naszych zachodnich sąsiadów. Duże zasługi w tej sprawie położył obecny dyrektor Instytutu Przemysłu Cukrowniczego w Polsce, inżynier Stanisław Sliwiński.

Wyniki zarówno techniczne, jak i finansowe, uzyskane w pierwszych na Ukrainie całkowicie zelektryfikowanych cukrowniach, okazały się o tyle dodatnie, że jeszcze przed wojną nowobudujące lub przebudowujące się cukrownie w dawnej Kongresówce były elektryfikowane częściowo (cukrownia Brześć Kujawski w 1911 roku, Włostów w 1913 r.) lub też całkowicie (w 1915 r. cukrownia Michałów).

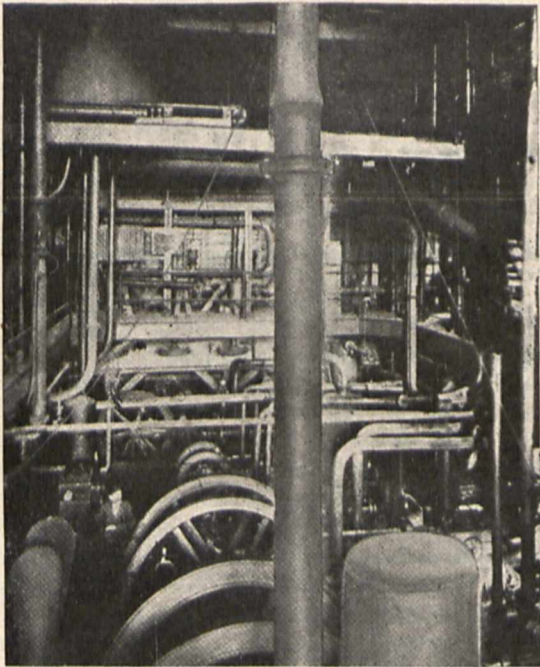
Wojna światowa zahamowała te poczynania. Jednak skoro tylko zawierucha ustała i przystąpiliśmy do zagospodarowywania naszego kraju, sprawa elektryfikacji cukrowni stała się bardzo aktualna szczególnie w Poznańskim i na Pomorzu. Miało to miejsce z tego powodu, że w stosunku do cukrowni b. Kongresówki i Małopolski przemysł cukrowniczy zaboru niemieckiego stał na tak niskim poziomie, że, aby stworzyć dla tych ostatnich możliwe warunki konkurencyjne, należało fabryki do gruntu przebudować.

Na rys. 1 widać siłownię cukrowni Sroda po przejściu jej w ręce polskie, na rys. 2 — samą salę po przebudowie.

Bardzo dogodne warunki elektryfikowania całkowicie przebudowujących się fabryk zostały stworzone przez po-

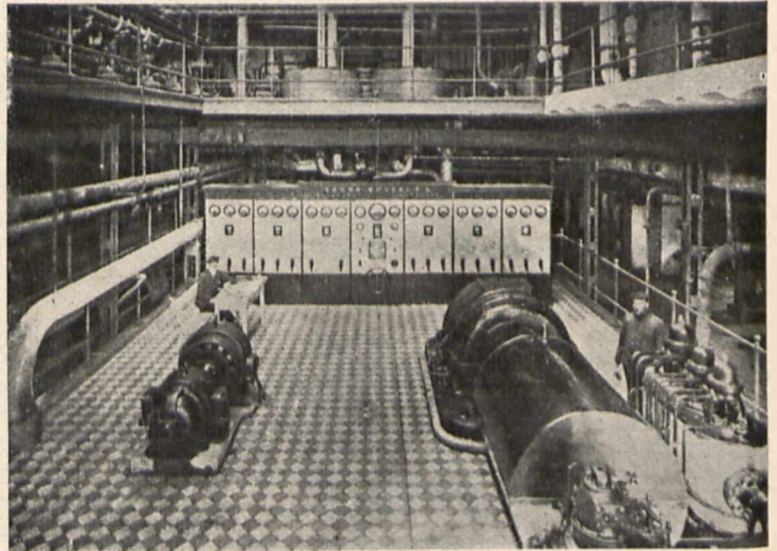
wołanie do życia w roku 1927 Wydziału Elektrycznego w Instytucie Przemysłu Cukrowniczego w Polsce. Szybki rozwój elektryfikacji cukrowni po wojnie ilustrują następujące cyfry. W roku 1919 w cukrownictwie polskim pracowało 405 silników o łącznej mocy 5 753 KM, obecnie pracuje 2 270

większy generator wolnobieżny, wykonany w Polsce przez fabrykę Brown Boveri w Żychlinie o mocy 750 kVA. Łączna moc turbin, zainstalowanych w cukrownictwie polskim, wynosi 51736 kW. Ciśnienie pary dolotowej do turbin pracujących na przeciwcisnienie 2 — 3 atm wynosi od 20 do 25 atm, o temperaturze przegrzania 350° C. Turbogeneratory posiadają 3 000 obrotów na minutę, aczkolwiek ostatnio w paru cukrowniach zostały zainstalo-



Rys. 1.

Siłownia cukrowni Środa przed przebudową.



Rys. 2.

Ta sama sala siłowni w cukrowni Środa, lecz po przebudowie.

silników o łącznej mocy ok. 62 440 KM. Największy rozwój elektryfikacji przypada na lata od 1924 do 1929 r. W tych latach w cukrownictwie polskim zainstalowano około 1 268 silników o łącznej mocy 37 386 KM. Jest zrozumiałe, że szybki rozwój elektryfikacji w cukrownictwie wpłynął bardzo dodatnio na rozwój elektrycznego przemysłu w Polsce.

Rozwój elektryfikacji w cukrowni, jak i całe nasze życie gospodarcze, został zahamowany przez wzrastający kryzys, lecz nawet w tych ciężkich czasach te cukrownie, które z powodu podeszłego wieku swych urządzeń kotłowych i maszynowych muszą zamieniać je nowszymi, przy przebudowie elektryfikują się całkowicie lub częściowo.

Z kolei przystąpię do opisu instalacji elektrycznej w cukrowniach.

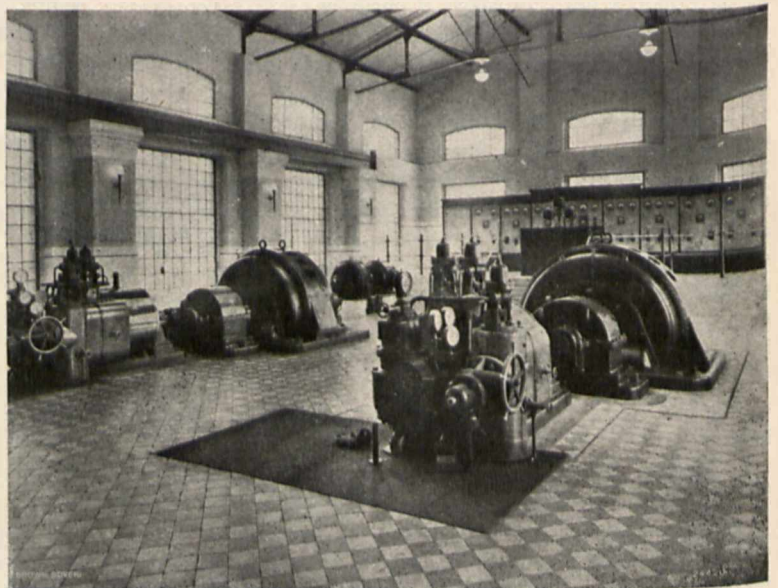
Elektrownie cukrowniane.

Elektrownie cukrowniane mieszczą się albo wewnątrz fabryki w głównej hali, jak np. cukrownia Środa rys. 2 albo też co częściej ma miejsce — w oddzielnym budynku rys. 3. W tych przypadkach elektrownie umieszcza się tak, aby stworzyć jaknajkrótsze połączenie parowe zarówno kotłowni z elektrownią, jak i elektrowni z cukrownią, która pobiera z niej parę odlotową dla celów grzejnych.

Jako silniki, napędzające generatory, w cukrowniach całkowicie zelektryfikowanych stosuje się obecnie wyłącznie turbiny parowe, pracujące na przeciwcisnienie. W cukrownictwie polskim tylko trzy cukrownie całkowicie zelektryfikowane mają generatory wolnobieżne, osadzone na wale maszyny parowej. Jedną z tych trzech cukrowni, mianowicie cukrownia Leśmierz, posiada naj-

wane turbiny szybkoobrotowe o 4 500 obr./min, sprzężone z przekładnią zębatą generatorami na 1 500 obr./min. W pewnych przypadkach tego rodzaju rozwiązanie kalkuluje się taniej. Zużycie pary na kWh wynosi średnio 13 kg pary na kWh. W elektrowniach cukrownianych instaluje się przeważnie dwa zespoły, każdy o mocy dostosowanej do całkowitego zapotrzebowania cukrowni. Jest to konieczne ze względu na bardzo poważne straty, jakie mają miejsce przy unieruchomieniu będącej w pełnym biegu fabryce.

Energia elektryczna wytwarzana w generatorach o na-



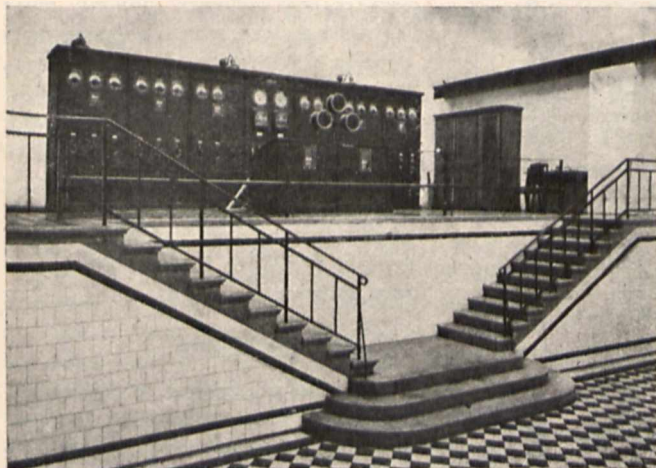
Rys. 3.

Elektrownia w cukrowni Kościan. Dwa turbogeneratory po 1 100 kW.

pięciu znormalizowanym 400 V jest doprowadzana do tablicy rozdzielczej.

Tablica rozdzielcza.

Tablice rozdzielcze projektowane są jako wielopolowe. Pola tablicy dzielimy na pola generatorowe i pola odpływowe, od których odchodzą kable, zasilające określone grupy silników. Jedno lub więcej pól generatorowych, zależnie od ilości turbozespołów, umieszczone są pośrodku tablicy, pola



Rys. 4.

Tablica rozdzielcza w cukrowni Kruszwica.

odpływowe — po obu stronach pól generatorowych. Pola generatorowe są wyposażone w amperomierz, woltomierz, kilowatomierz, licznik elektryczny, oraz w samoczynny regulator napięcia. Przyrządy, służące do synchronizowania generatorów, umieszczone bywają albo na wysięgu, albo też w pulpicie. Jeżeli w elektrowni stale pracują dwa turbogeneratory, w pulpicie umieszczone są również przyrządy, mierzące całkowitą moc, wytwarzaną w elektrowni, a więc: amperomierz, kilowatomierz, licznik, a często i wskaźnik współczynnika mocy. Wyłączniki generatora, przeważnie suche, umieszczone są w celkach pod tablicą rozdzielczą i mogą być sterowane zarówno ręcznie, jak i elektrycznie.

Ilość pól odpływowych jest tak dobrana, ażeby każde z nich odpowiadało określonej stacji w cukrowni względnie charakterowi napędzanych przez silniki urządzeń.

W tym miejscu pozwolę sobie na krótkie wyjaśnienie, w jakich działach fabrycznych, idąc w kolejności procesu technologicznego, pracują silniki elektryczne.

1. Surowa fabrykacja. Dział fabrykacji surowej obejmuje wszelkie przyrządy, służące do transportu, czyszczenia i obróbki mechanicznej (krajania) buraków cukrowych, oraz prasowania i transportu wylugowanej z cukru krajanki buraczanej, t. zw. wysłdków. Pozatem do surowej fabrykacji zaliczamy silniki, pracujące w wapiarni, w której wytwarzamy potrzebne do procesów technologicznych cukrowni wapno i dwutlenek węgla.

2. Pompy. Jak to już było wspomniane, napęd pomp w cukrowni zużywa przeważną ilość energii, wytwarzanej w elektrowni. Pompy, pracujące w cukrowni, dzielimy na:

a) pompy wodne, które tłoczą wodę, potrzebną do celów fabrykacyjnych, tak zw. wodociąg, oraz pompy, tłoczące wodę do kotłów;

b) pompy sokowe, przetłaczające przez poszczególne stacje w cukrowni sok cukrowy, uzyskany z buraków;

c) pompy powietrzne i gazowe, z których pierwsze wytwarzają próżnię w odpowiednich aparatach, zaś drugie tłoczą dwutlenek węgla z pieca wapiennego do specjalnych aparatów, w których odbywa się oczyszczanie soku.

3. Produktownia. W tym dziale fabrycznym silniki poruszają urządzenia, służące do uzyskania cukru z masy półpłynnej tak zw. cukrzycy, w której cukier już wykryształizował się, oraz do transportu i segregacji cukru.

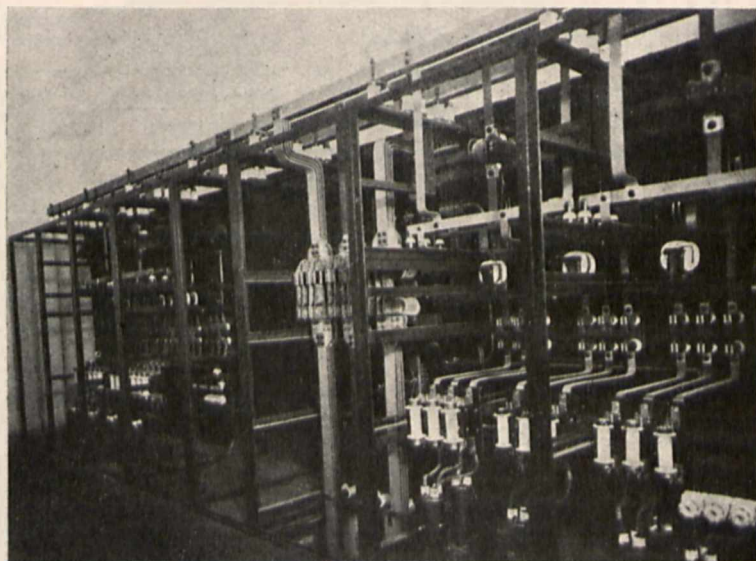
4. Suszarnia. W suszarni silniki poruszają urządzenia, w których przez prasowanie i suszenie wysłdków uzyskuje się cenną paszę.

5. Kociołownia. Do tego działu zaliczamy silniki, pracujące w kociołowni i służące do napędu rusztów, wentylatorów i urządzeń do transportu węgla.

6. Rafinerie. W tych cukrowniach, które posiadają urządzenia do rafinowania cukru, wyodrębniamy jeszcze grupę silników, służących do poruszania przyrządów w rafinerii.

Dla każdego z wyżej wymienionych działów fabrycznych przeznaczona jest w tablicy rozdzielczej jedno pole. Pozatem mamy przeważnie w tablicy jedno pole oświetleniowe. Silniki, pracujące w poszczególnych działach, dzielimy przeważnie na dwie lub trzy grupy, zasilane z odpowiedniego pola tablicy kablami. Kable te łączą się z szynami zbiorczymi przez wyłączniki, umieszczone z tyłu za tablicą. W ten sposób pola odpływowe wyposażone są w dwa lub trzy wyłączniki, dwa lub trzy amperomierze, z których każdy odpowiada jednemu z kabli odpływowych, oraz licznik elektryczny, zliczający całkowitą energię elektryczną, pobieraną przez dany dział fabryki. Kable odpływowe zabezpieczone są w tablicy przeważnie paskowemi bezpiecznikami topikowemi. Na rys. 4 widzimy tablicę rozdzielczą oraz pulpity do synchronizacji w cukrowni Kruszwica, na rysunku 5 — tył tablicy rozdzielczej cukrowni Gniezno.

Racjonalny rozdział energii w tablicy rozdzielczej oraz zliczanie energii pobieranej przez każdy dział fabryczny, pozwala na szczegółową analizę pracy działów fabrycznych pod względem zużywanej przezeń energii, oraz tworzenia pełnych bilansów energetycznych. Przykład takiego bilansu przed-



Rys. 5.

Tył tablicy rozdzielczej w cukrowni Gniezno.

stawiony jest na rys. 6 *) wykonany dla cukrowni Witaszyce przy przerobie 23 600 q buraków na dobę. Z wykresu tego widzimy, jak znaczną część pełnej mocy wytwarzanej idzie na napęd pomp w cukrowni. Wynosi on w tym przypadku 48,7%. W innych cukrowniach, gdzie nie posiadamy rafinerii,

moc, pobierana przez pompy, jest procentowo w stosunku do całkowitej pobieranej mocy przez fabrykę jeszcze większa i wynosi do 68%.

Wykres chwilowy poboru mocy przez cukrownię widzimy na rys. 7 i 8 *). Wahania pobieranej mocy zależne są od racjonalnego zaprojektowania poszczególnych stacji i urządzeń w cukrowni. Jeżeli cukrownia posiada niektóre stacje i urządzenia zbyt duże w stosunku do innych, pracują one okresowo, zwiększając wahania poboru mocy. Największe wahania w poborze mocy posiada stacja wirówek w dziale proste obciążenie posiadają pompy.

duktywnym (rys. 9) *) oraz dział fabrykacji surowej (rys.10) *). Najrówniej-cukrownia całkowicie zelektryfikowana zależnie od warunków lokalnych potrzebuje od 56 kW do 64 kW, średnio 60 kW na każde 1 000 q przerobu dobowego.

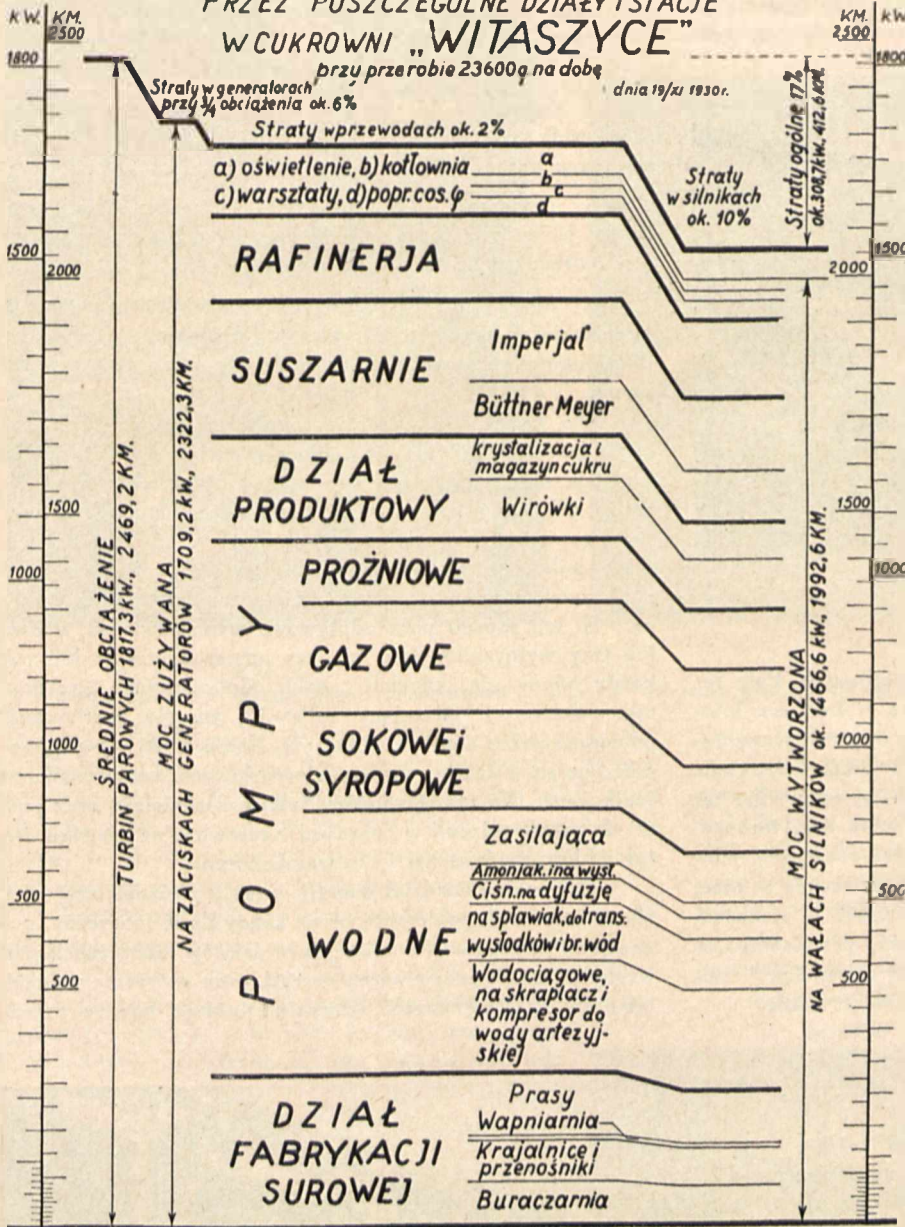
Sieć rozdzielcza.

Kable odpływowe z poszczególnych pól tablicy rozdzielczej doprowadzane są do baterij rozdzielczych, wykonanych w postaci skrzynek hermetycznie zamkniętych, umieszczonych w poszczególnych stacjach cukrowni. Ze skrzynek tych przez zabezpieczenie w postaci bezpieczników topikowych rozprowadza się kablami energię elektryczną do silników. Na rys. 11 pokazana jest typowa bateria rozdzielcza w cukrowni.

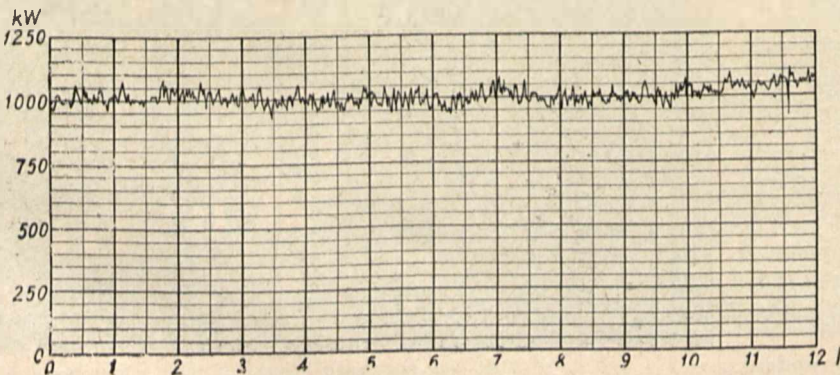
Silniki elektryczne.

Ilość silników elektrycznych, pracujących w cukrowniach średniej wielkości, jest dość znaczna, gdyż dochodzi do 100 sztuk. Wielkość silników jest bardzo różna: od części kilowata do 150 kilowatów. Przy tak dużej ilości silników i różnej ich wielkości bardzo ważnym zagadnieniem jest ich normalizacja ze względu na konieczną w warunkach pracy cukrowni rezerwę silników. Konieczność rezerwy silnikowej w cukrowni jest wywołana następującymi względami. Uszkodzenie nawet jednego silnika unieruchomić może często całą cukrownię, a w najlepszym przypadku zmniejszyć znacznie zdolność przerobową całej fabryki. Każde zaś zatrzymanie fabryki względnie zakłócenie jej normalnego tempa przerobowego ze względu na charakter surowca, przerabianego przez cukrownię, pociąga za sobą bardzo znaczne straty. Ponieważ nie tylko buraki, leżące na placu fabrycznym, psują się, tracąc cukier, lecz również przebywanie już przerabianego materiału na

ZUŻYCIENIE ENERGII MECHANICZNEJ PRZEZ POSZCZEGÓLNE DZIAŁY I STACJE W CUKROWNI „WITASZYCE”



Rys. 6.



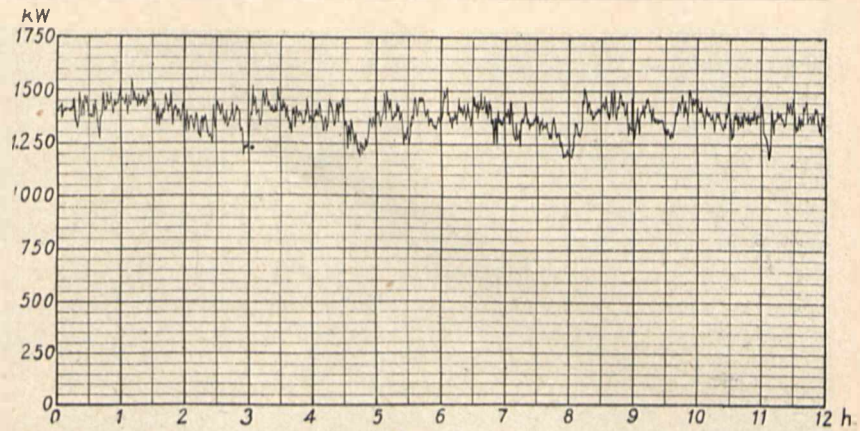
Rys. 7. Obciążenie elektrowni w cukrowni Środa.

*) Rysunki wzięte z pracy inż. St. Słowińskiego „Zużycie energii mechanicznej w cukrowniach”.

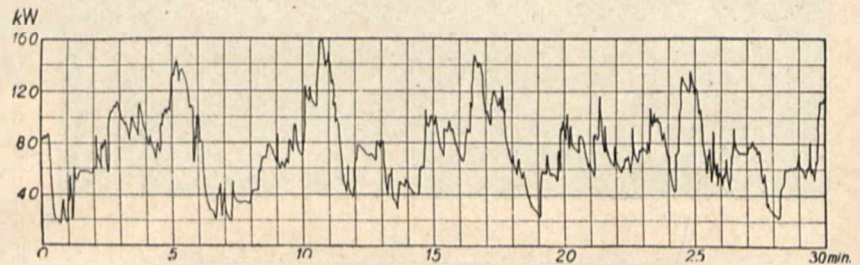
warsztacie przez czas dłuższy, niż tego wymagają procesy technologiczne, zmienia strukturę materiału i stwarza następnie poważne trudności fabrykacyjne.

Z inicjatywy Wydziału Elektrycznego Instytutu Przemysłu Cukrowniczego normalizacja silnikowa idzie w dwóch kierunkach: po pierwsze, o ile to tylko możliwe, projektuje się napęd urządzeń w ten sposób, by uzyskać najwięcej silników jednakowej, względnie zbliżonej mocy. Po drugie — co daje się łatwiej przeprowadzić — jako zasadniczy typ silnika w cukrowni stosuje się silniki szybkobieżne czterobiegunowe — 1500 obr./min., lub w przypadkach specjalnych 750 obr./min.

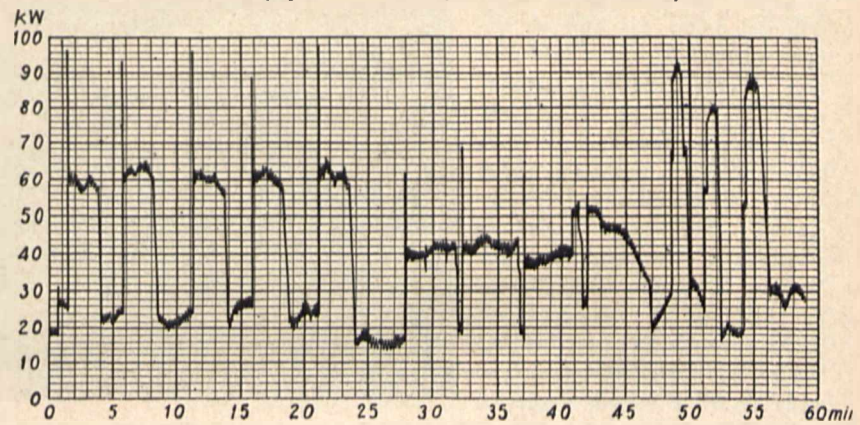
Pod względem ilości obrotów urządzenia mechaniczne w cukrowniach dzielą się wyraźnie na dwie odrębne grupy: szybkobieżne i wolnobieżne. Do szybkobieżnych zaliczamy pompy i wentylatory, do wolnobieżnych — wszelkie urządzenia mechaniczne do transportu, obróbki, zarówno surowca, jak i cukru. Wszystkie pompy, które, jak to było już mówione, pobierają znaczną część energii, wytwarzanej w cukrowni, mogą być bezpośrednio sprzęgnięte silnikami czterobiegunowymi (rys. 12). Urządzenia, należące do drugiej grupy — wolnobieżne, posiadają od kilkudziesięciu do paru obrotów na minutę. W tych przypadkach stosuje się obecnie wielostopniową przekładnię zębatą, projektowaną jako człon oddzielny między silnikiem napędzanym a urządzeniem (rys. 13). Tęgo rodzaju rozwiązanie, aczkolwiek nieco droższe od silników z wbudowaną przekładnią zębatą, jest bardziej racjonalne z następujących względów. Przy zepsuciu się silnika w rozwiązaniu pierwszym można na czas naprawy uszkodzonego silnika zainstalować wzamian silnik rezerwowy również szybkobieżny, a więc o tej samej normalizowanej ilości obrotów. Jeżeli nawet tej samej wielkości silnika w magazynie nie ma, można — jeśli to okaże się możliwe — sprzęc prowizorycznie silnik większy. Przy stosowaniu silników z wbudowaną przekładnią należałoby mieć w magazynie na każdą grupę urządzeń, w praktyce bardzo nieliczną, o jednakowej ilości obrotów jeden silnik spe-



Rys. 8.
Obciążenie elektrowni w cukrowni Nakło.



Rys. 9.
Pobór mocy przez wirownię w cukrowni Witaszyce.



Rys. 10.
Pobór mocy przez buraczarnię i krajalnice (surowa fabrykacja) w cukrowni Brześć Kujawski.

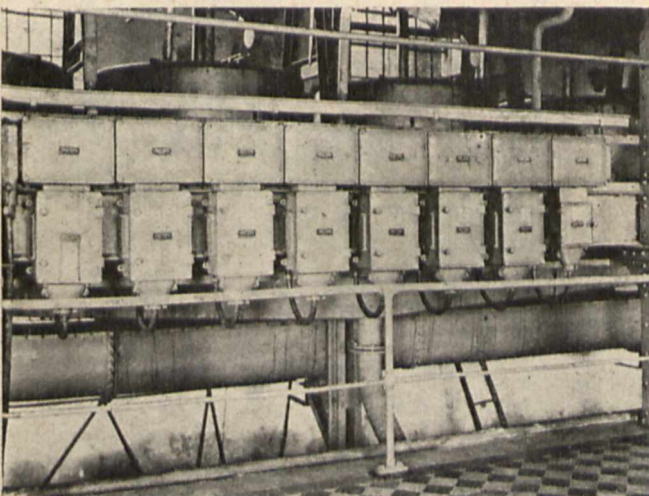
cialny, nie będący rezerwą dla innych urządzeń, co oczywiście zwiększałoby znacznie ilość silników rezerwowych.

Poza temi zasadniczymi grupami mamy w cukrowniach urządzenia specjalne — wirówki, posiadające 1000 obr./min. względnie 750 obr./min. Ponieważ do urządzeń tych i tak stosuje się silniki o wale pionowym, a poza tem ponieważ cukrownia posiada zawsze kilka lub kilkanaście jednakowych wirówek (rys. 14) tworzy się dla nich rezerwę odrębną w postaci jednego lub dwóch silników odpowiedniego typu.

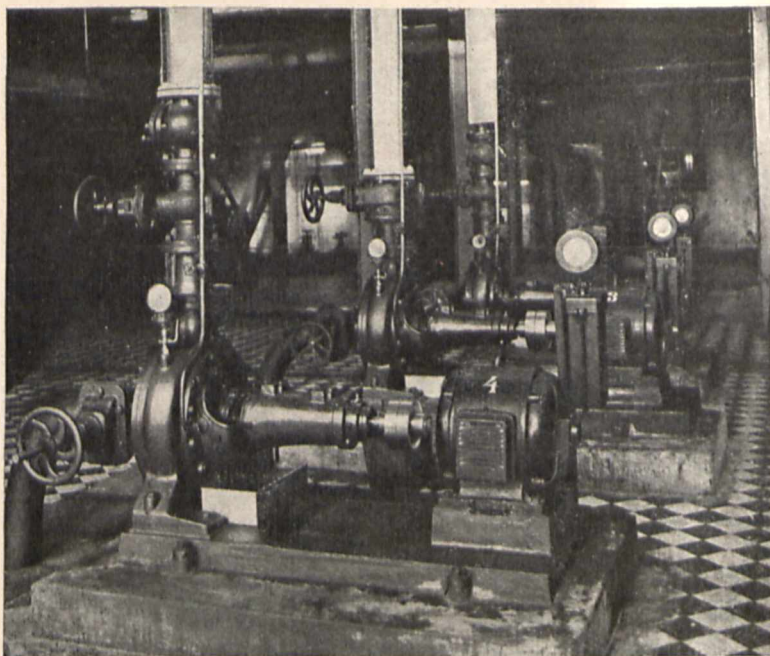
W pewnych specjalnych przypadkach spotyka się w cukrowniach silniki wolnobieżne, sprzężone bezpośrednio z napędzanym urządzeniem. Rys. 15 przedstawia nam taki silnik w cukrowni Kruszwica o mocy 220 kW, 167 obr./min, napędzający sprężarkę i pompę próżniową.

Silniki, przeznaczone dla cukrowni, projektuje się w wykonaniu okapturzonem z izolacją przeciwwilgociową, a w specjalnych przypadkach, tam gdzie mamy dużą ilość pyłu, szkodliwego dla uzwojeń, jak np. w suszarniach wyśtoków, koniecznym jest projektowanie silników hermetycznie zamkniętych.

Ze względu zarówno na cenę, jak i na prostotę obsługi stosuje się w cukrownictwie wszędzie, gdzie charakter rozruchu na to pozwala, silniki zwarte z przełącznikiem trójką-



Rys. 11.
Bateria rozdzielcza w cukrowni Środa.



Rys. 12.
Grupa pomp sokowych w cukrowni Leśmierz.

gwiazda. Dotyczy to w szczególności pomp, dla których moment rozruchowy przy zamkniętym zaworze tłoczącym jest niewielki. Wszystkie urządzenia mechaniczne, posiadające dużą bezwładność, są poruszane przez silniki pierścieniowe z rozrusznikiem. Stosowanie silników zwartych w cukrownictwie z inicjatywy Wydziału Elektrycznego Instytutu jest obecnie bardzo rozpowszechnione: silniki zwarte są już normalnie stosowane do 75 KM. Jak praktyka wykazała, włączenie ich przez przełącznik trójkąt-gwiazda nie powoduje zarówno trudności przy rozruchu, jak i zakłóceń

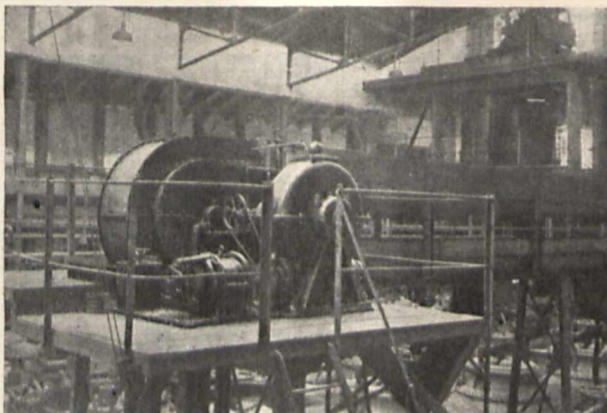
w instalacji. W cukrowni Witaszyce zostały nawet zainstalowane dwa silniki zwarte na napięcie 3000 woltów o mocy 110 KM każdy, wyposażone w wirniki dwukłatkowe. Silniki te są przyłączane do sieci bezpośrednio zapomocą wyłącznika na tablicy rozdzielczej bez stosowania przełącznika trójkąt-gwiazda, natomiast dla ułatwienia rozruchu silniki te są sprzężone z napędzanymi pompami sprzęgłem rzęciowym firmy Skoda. Tęgo rodzaju rozwiązanie pozwoliło przy umieszczeniu pomp w odległości ok. 4 km od cukrowni, nie stosować kosztownych automatów rozruchowych, względnie uczyniło zbędnym utrzymywanie stałej obsługi w odległej pompowni. Instalacja powyższa pracuje już od paru lat i żadne trudności, związane z uruchomieniem silników, nie zostały stwierdzone.

Silniki w cukrowniach zabezpiecza się automatami nadmiarowo zanikowymi, wbudowanymi bezpośrednio w skrzynki wyłącznikowe przy silnikach. Dla umożliwienia kontroli pracy zarówno silnika, jak i urządzenia napędzanego, skrzynki wyłącznikowe zaopatruje się przeważnie w ampero-

mierze. Jedynie silniki niewielkie zabezpiecza się bezpiecznikami topikowymi.

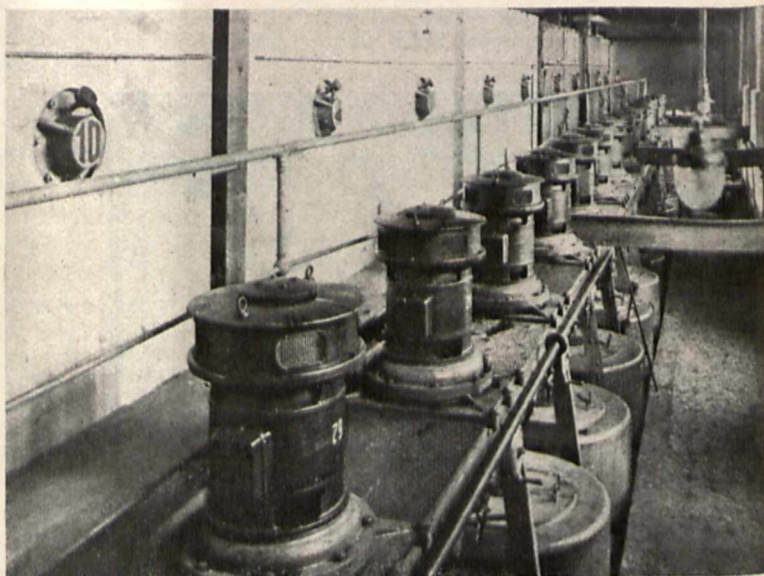
Dobór mocy silników w cukrowniach — szczególnie dawniej, był bardzo utrudniony, gdyż materiał, jaki był do dyspozycji co do poboru mocy przez poszczególne urządzenia w cukrowniach nieelektryfikowanych, był bardzo skąpy. Miało to miejsce z dwóch względów. Po pierwsze silniki parowe napędzały poza większymi pompami szereg urządzeń ze wspólnej transmisji, określenie więc mocy, pobieranej przez poszczególne urządzenia, było bardzo utrudnione. Po drugie określenie mocy, wytwarzanej przez dany silnik parowy, mogło być wykonane jedynie przy pomocy indykowania. Indykowanie zaś nie może dać ciągłego obrazu wytwarzanej mocy, a jedynie średnią jej wartość. Przy pracy szeregu urządzeń na wspólną transmisję określenie mocy, pobieranej przez urządzenie, które pracuje przy bardzo zmiennym obciążeniu, mogło dawać wyniki wręcz fałszywe. Dopiero pomiary elektryczne zużycia mocy przez silniki elektryczne, napędzające poszczególne urządzenia, dały możliwość w cukrowniach zelektryfikowanych ściślejszego dobierania wielkości silników. Pomiary te zapoczątkowane przez inżyniera St. Słowińskiego w roku 1910 na Ukrainie, wykonywane watomierzami samopiszącymi, a następnie kontynuowane przez szereg lat przez Wydział Elektryczny Instytutu, pozwoliło rozwiązać całkowicie zagadnienie racjonalnego doboru wielkości silników w cukrowniach*).

Jako przykład urządzenia, pracującego przy bardzo silnych wahanach poboru mocy oraz wymagającego zupełnie specjal-



Rys. 13.
Silnik, napędzający przenośnik grabkowy przez wielostopniową przekładnię zębatą w cukrowni Nakło.

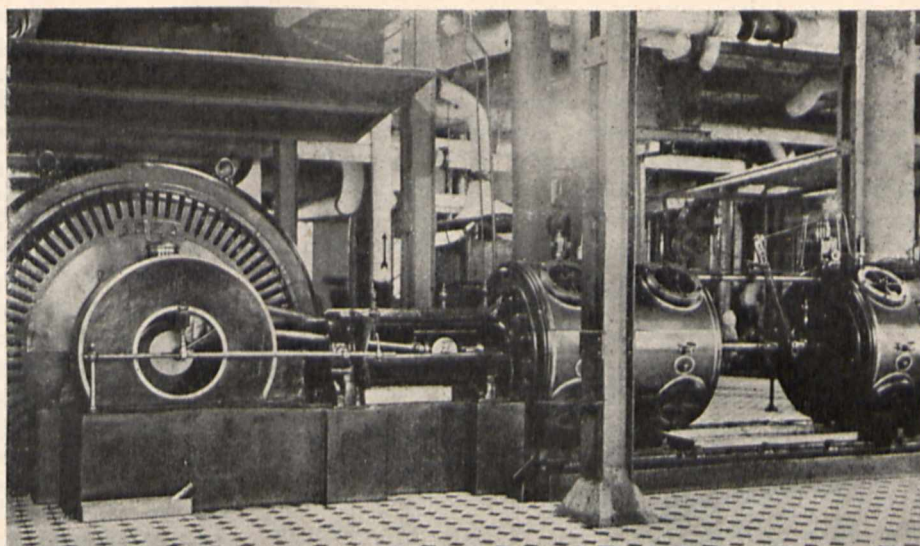
*) Stanisław Słowiński. „Zużycie energii mechanicznej w cukrowniach”. Warszawa 1933 rok.



Rys. 14.
Grupa silników, napędzających wirówki w cukrowni Środa.

nego określenia wielkości silnika, może służyć stacja wirówek. Silniki, napędzające wirówkę, wprawiają w ruch obrotowy bęben, zawieszony na pionowym wale. Do bębna wlewana jest t. zw. cukrzyca, będąca masą półpłynną, w której mamy już wykryształowany cukier. Zadaniem wirówki jest przez działanie siły odśrodkowej oddzielić syrop międzykryształowy od kryształów cukru. Przy szybkim obrocie bębna syrop międzykryształowy zostaje siłą odśrodkową wyrzucony przez otwory w bębnie na zewnątrz, zaś wewnątrz bębna pozostaje już po uprzednim przemyciu czysty kryształ. Kryształ ten następnie po zatrzymaniu wirówki jest z bębna usuwany, a następnie po wprowadzeniu nowej porcji cukrzyca wirówka znów jest wprawiona w szybki ruch obrotowy.

Silnik jest sprzężony z wirówką przeważnie przy pomocy pasowego sprzęgła ciernego. Sprzęgło to zbudowano w sposób następujący (rys. 16): na łopach, sprzężonych z wałem silnika, umocowane są półsztywne pasy skórzane lub z tkaniny azbestowo-metalowej. Pasy te przy obrotowym

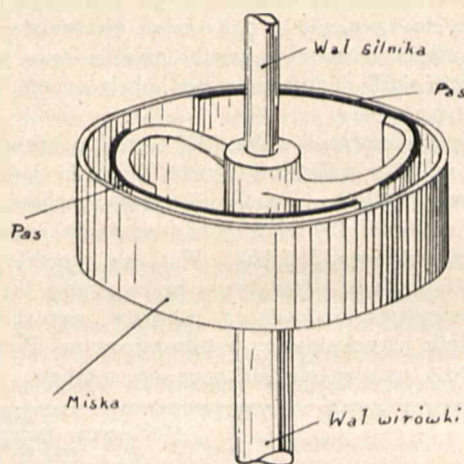


Rys. 15.
Wolnobieżny silnik 220 kW 167 obr/min. w cukrowni Kruszwica.

lą natomiast kiedy różnica obrotów między silnikiem a wirówką zmniejszy się o tyle, że przyspieszenie, wywołwane przez silnik, staje się niewielkie, siła dociskająca pasy jest już wystarczająca, aby sprządz bez poślizgu silnik z wirówką. Od tego momentu po krótkim czasie, potrzebnym do uzyskania przez silnik pełnych obrotów, rozruch wirówki jest ukończony, wirówka obraca się z ustalonymi obrotami, a cała moc, wytwarzana przez silnik, idzie na pokonanie tarcia w łożyskach wirówki i o powietrze.

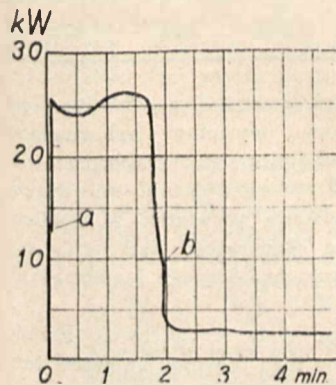
Na rys. 17*) przedstawiony jest wykres zużycia mocy przez silnik napędzający. Dane wirówki: średnica bębna 1320 mm, wysokość 600 mm, ładunek cukrzyca 500 kg, silnik napędzający 20 KM — 14,7 kW, 720 obr./min., silnik — zwarty dwuklatkowy z przełącznikiem gwiazda-trójkąt. Aby zmniejszyć uderzenie prądu w momencie rozruchu łączy się początkowo silnik w gwiazdę, po ruszeniu silnika przełącza się go w trójkąt. Na wykresie widać jest to przełączenie w punkcie, oznaczonym literą *a*. Moc pobierana rośnie gwałtownie w miarę coraz silniejszego sprzęgania się silnika z wirówką i osiąga 26 kW. Po mniej więcej półtorej minuty silnik zaczyna zbliżać się do obrotów nominalnych, przyspieszanie ruchu obrotowego wirówki staje się coraz mniejsze, z powodu czego moc, pobierana przez silnik, początkowo wolno, a następnie coraz gwałtowniej spada. Po dwóch minutach rozruch jest zakończony, moc ustala się na wysokości 2,6 kW i wirówka obraca się ze stałą szybkością. Jak widzimy, w czasie rozruchu, jeżeli przyjąć sprawność silnika 0,8, silnik jest przeciążony o 42%, a następnie — po ukończeniu rozruchu i uzyskaniu pełnych obrotów — silnik pobiera z sieci zaledwie 14% swego nominalnego poboru mocy. Ponieważ przy tak niskim obciążeniu silnik posiada bardzo zły współczynnik mocy, wynoszący ok. 0,3, po dojściu do pełnych obrotów w momencie, oznaczonym na wykresie punktem *b*, przełączamy znów silnik w gwiazdę, podnosząc w ten sposób przez obniżenie napięcia na uzwojenie silnika współczynnik mocy do 0,75. W ruchu ustalonym silnik pracuje od 4 do 6 minut, a następnie zostaje wyłączony. Po zahamowaniu wirówki hamulcem ciernym wyladowujemy cukier, co trwa ok. 1 minuty, a następnie po napełnieniu wirówki cukrzyca wprawia się wirówkę w ruch obrotowy.

Jak widzimy w tych warunkach silnik nigdy nie pracuje przy swej mocy nominalnej: jest on albo dość znacznie



Rys. 16.
Wirówkowe sprzęgło tarciove.

ruchu silnika pod działaniem siły odśrodkowej rozchylają się na zewnątrz, dociskając się do miski, związanej z wałem wirówki. Dzięki temu wał silnika przez tarcie pasów o miskę zostaje sprzęgnięty z wirówką. W pierwszym momencie silnik, rusza z miejsca bez obciążenia. Z chwilą zwiększenia się obrotów silnika pasy, trąc o miskę, wprawiają stopniowo wirówkę w ruch obrotowy. Początkowo przy zwiększających się szybko obrotach wirówki silnik musi pokonać dużą bezwładność wirówki, napełnionej cukrzyca. W tym okresie mamy duży poślizg pasów. Z chwili



Rys. 17.
Wykres zużycia mocy przez wirówkę.

*) Rysunek wzięty z pracy inż. St. Sliwińskiego „Zużycie energii mechanicznej w cukrowniach.”

przeciążony albo też w znacznym stopniu niedociążony. W okresie rozruchu i przeciążenia silnika temperatura jego uzwojeń szybko rośnie, zaś w czasie ruchu ustalonego i pracy przy małym obciążeniu oraz w czasie hamowania i postoju — spada. Moc silnika należy zatem tak dobrać, aby nadmierny przyrost temperatury uzwojeń silnika w czasie rozruchu był anulowany spadkiem temperatury w czasie pracy ustalonej, hamowania i postoju.

Z tych względów moc nominalna silnika jest obliczana wg wzoru

$$P_n = \sqrt{\frac{t_1(P_1 + P_2)^2 + t_2 \cdot P_2^2}{\frac{2}{3}(t_1 + t_2) + t_2 + \frac{1}{3}t_3}}$$

gdzie P_1 — średnia moc w czasie rozruchu, którą określamy znając moment bezwładności wirówki wraz z cukrzycą, oraz pożądaný czas rozruchu,

P_2 — moc, pobierana w ruchu ustalonym,

t_1 — czas rozruchu,

t_2 — czas biegu ustalonego,

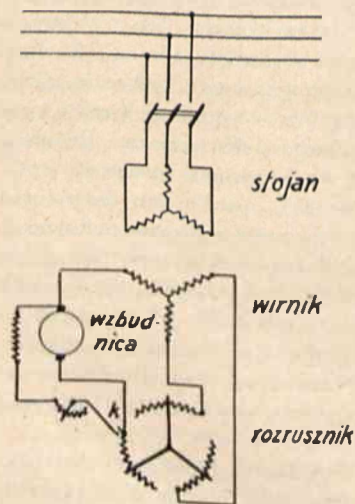
t_3 — czas hamowania,

t_4 — czas postoju.

Jak z powyższych rozważań wynika, racjonalny dobór wielkości silnika w cukrowni wymaga dobrej znajomości nie tylko średniej mocy, potrzebnej do poruszania danego urządzenia, lecz również charakteru jego pracy. Z tych powodów cukrownie elektryfikowane przed zebraniem materiału doświadczalnego przy pomocy watomierzy samopiszących często posiadały silniki nieodpowiednio dobrane. Powszechnym błędem, spotykanym w tych przypadkach, było projektowanie silników zbyt dużych, przyczem często spotyka się silniki 2 lub 3 razy większe, niż to istotnie jest potrzebne.

O ile omyłek podobnych popełniono w cukrowni większą ilość, współczynnik mocy w elektrowni danej cukrowni jest bardzo niski, dochodząc do 0,65. Obecnie po uzyskaniu przez Wydział Elektryczny Instytutu dostatecznego materiału doświadczalnego co do zużycia mocy przez poszczególne urządzenia, zaprojektowanie instalacji silnikowej o łącznym współczynniku mocy powyżej 0,8 nie przedstawia większych trudności.

Elektrownie cukrowniane, posiadając zły współczynnik mocy, dochodziły często przy powiększaniu przerobu cukrowni do kresu obciążenia generatora przy jednocześnie niewykorzystanej mocy silnika parowego. W tych przypadkach, aby umożliwić wykorzystanie pełnej mocy silnika napędzającego należało współczynnik mocy poprawić. Jako urządzenie do poprawiania współczynnika mocy najkorzystniejszym jest w warunkach cukrowniczych znacznie przewzbudzony silnik asynchroniczny synchronizowany, pracujący pod niewielkim obciążeniem. Tęgo rodzaju rozwiązanie pozwala usunąć z instalacji jeden z silników asynchronicznych i na jego miejsce postawić znacznie większy silnik asynchroniczny synchronizowany. Przez usunięcie silnika asynchronicznego zmniejsza się po pierwsze całkowitą moc bezwatową w sieci, po drugie silnik usunięty może przejść



Rys. 18.

Układ połączeń silnika asynchronicznego-synchronizowanego.

konieczna w cukrowni rezerwa, co w rezultacie zmniejszy koszt poprawienia współczynnika mocy. Albo też, jeżeli po poprawieniu współczynnika mocy ma się zamiar zainstalować dodatkowe urządzenia, silnik asynchroniczny synchronizowany może napędzać jedno z nowo instalowanych urządzeń, dzięki czemu po pierwsze nie wprowadzamy dodatkowej mocy bezwatowej, a po drugie koszt poprawienia współczynnika mocy zmniejszony jest o cenę silnika asynchronicznego, który musielibyśmy dla napędzania powyższego urządzenia zainstalować.

Ze względu na często mało fachową obsługę silników w cukrowni, jest ważnym, aby uruchamianie silnika asynchronicznego synchronizowanego było możliwie proste i jaknajmniej odbiegało od sposobu uruchomienia normalnego silnika asynchronicznego. Najodpowiedniejsze z tych względów połączenie silnika ze wzbudnicą jest przedstawione na rys. 18. Jak widać, wzbudnica w tym przypadku jest na stałe połączona z wirnikiem silnika. Rozruch odbywa się normalnie, jak przy asynchronicznym silniku, przez zmniejszanie oporu rozrusznika. W czasie rozruchu wzbudnica nie wytwarza napięcia, ponieważ jej obwód wzbudzający jest przerwany. Obwód wzbudzający zamyka się w momencie, kiedy przesuwające się szczotki rozrusznika staną na ostatnich kontaktach i zerwą sprężyny „k”. Po wzbudzeniu się wzbudnicy i zasileniu uzwojeń wirnika prądem stałym silnik automatycznie wpada w synchronizm. Rozwiązanie to jest znacznie odpowiedniejsze od przełączania po rozruchu uzwojeń wirnika z rozrusznika na wzbudnicę, jak to jest przez niektóre firmy stosowane, ponieważ mamy tu do czynienia z dodatkową manipulacją, a zatem wpadanie wirnika w synchronizm w tym przypadku, szczególnie jeśli silnik rusza pod obciążeniem, jest mniej łagodne.

Między innymi w roku 1931 został poprawiony współczynnik mocy w cukrowni Brześć Kujawski z 0,7 do 0,93 przy pomocy silnika asynchronicznego synchronizowanego o mocy pozornej 150 kVA przy obciążeniu rzeczywistym silnika, wynoszącym 31,5 kW. W czasie projektowania były rozważane dwie alternatywy: praca silnika bez obciążenia i zastąpienie jednego z silników asynchronicznych przez silnik asynchroniczny synchronizowany. Przewaga tego drugiego rozwiązania widoczna jest z tabeli.

	Obciążenie generatora $P_n = 390$ kVA		
	przed poprawą	Silnik as. syn. bez obciążenia	Silnik as. syn. obciążony
Moc rzeczywista	280	295	289,5
Moc urojona	283	133,8	110,8
Moc pozorna	398	324	310
Spółczynnik mocy	0,704	0,91	0,934
Prąd w uzwojeniach generatora	1 000	813	778

Wzrost mocy rzeczywistej, czerpanej z generatora po poprawieniu współczynnika mocy, wywołany jest stratami zainstalowanego silnika asynchronicznego synchronizowanego w wysokości 15 kW. Przy rozwiązaniu pierwszym pełne straty tego silnika obciążają generator, w drugim rozwiązaniu wzrost obciążenia generatora jest mniejszy z powodu usunięcia silnika asynchronicznego i związanych z nim strat.

Poprawienie współczynnika mocy w cukrowni Brześć Kujawski jest ciekawe jeszcze z tego powodu, że został tam zainstalowany pierwszy silnik asynchroniczny synchronizowany o znacznej mocy 150 kVA, zaprojektowany i wykonany w kraju przez fabrykę P.T.E. Przeprowadzone próby

odbiorcze stwierdziły całkowite dotrzymanie warunków gwarantowanych. Z powodu zastosowania wyżej wspomnianego połączenia silnika z wzbudnicą, uruchomienie silnika nie różniło się w zasadzie niczem od uruchomienia zwykłego silnika asynchronicznego.

W ostatnich czasach coraz bardziej aktualnym staje się w polskim cukrownictwie zagadnienie wykorzystania energii odpadkowej podczas kampanji oraz wykorzystanie instalacji kotłowej i maszynowej w cukrowni po kampanji. Zagadnienie energii odpadkowej poruszane było kilkakrotnie na łamach prasy technicznej^{*)}. Na tem miejscu sprawę tę pozwolę sobie krótko omówić, odsyłając interesujących się tem zagadnieniem do wyżej wspomnianych publikacji.

Zagadnienie energii odpadkowej w czasie kampanji powstaje w cukrowni z powodów następujących. Ilość pary, potrzebnej dla celów grzejnych, wynosi w cukrowni nowoczesnej średnio 50% na wagę buraków, co, przeliczając na 1000 kwintali dobowego przerobu, wyniesie 2080 kg pary na godzinę. Ilość pary odlotowej, którą możemy uzyskać z turbin przeciwnieprężnych, zużywających — jak to było mówione — około 13 kg pary/godz., jest zależna od zużywanej w cukrowni energii elektrycznej. Ilość ta — jak to było wspomniane — wynosi średnio 60 kW, licząc również na 1000 kwintali dobowego przerobu. Stąd ilość pary powrotnej z turbin wynosi tylko 780 kg.p./godz. Jak widać, ilość ta jest niewystarczająca i musi być z kotłowni dopełniana przez zawór redukcyjny, obniżający wysokie ciśnienie w kotłowni na 3 at, potrzebne do grzania. O ilebyśmy zamiast przez zawór redukcyjny przepuścili tę dodatkową ilość pary przez turbinę rezerwową, uzyskalibyśmy dodatkowo 100 kW, na każde 1000 kwintali dobowego przerobu. Czyli cukrownia o średniej wielkości, przerabiająca 15000 kwintali an dobę, byłaby w stanie wytworzyć nadmiar energii elektrycznej o mocy 1500 kW. Energię tę możnaby, jak to jest już stosowane w cukrownictwie niemieckim i czeskim, oddawać do sieci okręgowych.

Oprócz zastosowania elektryczności do oświetlenia i napędu w cukrowni szerokie zastosowanie znajduje elektryczność do celów kontroli fabrykacji. Spotykamy więc w cukrowni, jak i w innych zakładach przemysłowych:

- 1) termometry elektryczne, zarówno oporowe do niższych temperatur, jak i pirometry do wyższych temperatur,
- 2) wskaźniki CO₂ zarówno w kotłowni, jak i do kontroli zawartości CO₂ w gazie, służącym do oczyszczania soku buraczanego,
- 3) odległościowe przyrządy zapisujące wskazania termometrów oporowych, pirometrów, wskaźników CO₂, paromierzy i t. d.

Pozatem szeroko rozpowszechniona jest w cukrowniach sygnalizacja świetlna, służąca zarówno do kontroli procesów, technologicznych, jak i do kontroli ruchu fabrycznego. Aczkolwiek powyższy system sygnalizacyjno-pomiarowy był wielokrotnie poruszany w prasie technicznej^{**)}, pozwolę sobie w krótkich słowach go omówić. Zasada kontroli świetl-

nej, stosowanej w cukrownictwie, będąca pomysłem Dyrektora Instytutu St. Śliwińskiego, opiera się na następujących przesłankach.

Przyrządy pomiarowe, np. termometry, manometry, przyrządy kontrolujące CO₂ i t. d., muszą być umieszczone niedaleko miejsca, obsługiwane przez danych pracowników, ponieważ normalnie przyrządy te są czytelne z niewielkiej odległości. Z tego powodu przyrządy pomiarowe rozsiane są po całym warsztacie i kierownictwo niema możliwości w sposób ciągły stwierdzać, czy procesy technologiczne zachodzą w takich warunkach, na jakie dane urządzenia zostały zaprojektowane. Każde zaś niedotrzymanie warunków optymalnych dla danego procesu pociąga za sobą zwiększenie się strat. W tego rodzaju warsztatach pracy, jak cukrownie, gdzie ściśle zębiają się ze sobą procesy cieplne, chemiczne oraz szybkość przechodzenia materiału przez warsztat, niedotrzymanie warunków, przy których dane procesy mają przebiegać, nie tylko zwiększa straty w tej aparaturze, w której warunki były niedotrzymane, lecz również odbija się często na stacjach pozostałych, zwiększając straty w ten sposób całego zakładu.

Kontrola, umożliwiająca dostateczny wgląd kierownictwu, może być rozwiązana trzema sposobami: przez zastosowanie przyrządów odległościowych, zgrupowanych na centralnej tablicy; przez zainstalowanie przyrządów samopiszących albo też przez zastosowanie przyrządów, czytelnych z dużej odległości. Pierwsze rozwiązanie jest dla cukrowni nieodpowiednie z tego powodu, że kierownik ruchu ze względu na charakter pracy w cukrowni musi przebywać na warsztacie, a więc tablicy, na której byłyby zcentralizowane przyrządy wskazujące, nie jest w stanie ciągle obserwować. Zastosowanie przyrządów samopiszących, aczkolwiek zostawia trwałą obraz pracy poszczególnych urządzeń, jednakże odczytywanie ich wskazań wymaga również obecności w miejscu ich zainstalowania. Rozpatrywanie zapisanych taśm daje bogaty materiał, lecz informuje kierownika o pracy warsztatu z przed kilku godzin. Ciągłą kontrolę zarówno dla pracownikó, jak i kierownika, umożliwiającą w cukrowni dopiero przyrządy, czytelne z dużej odległości, a więc w pierwszym rzędzie przyrządy świetlne względnie sygnalizacja świetlna. Pomiarowe przyrządy świetlne tego rodzaju, jak „Profilux” firmy Hartmann & Braun, względnie słupowe wskaźniki Siemens, ze względu na ich wysoką cenę nie mogą być powszechnie stosowane, tem bardziej, że przy racjonalnej kontroli cukrowni winna być kontrolowana większa ilość punktów. Pozatem w wielu przypadkach nie jest konieczna ścisła kontrola, a zupełnie wystarczającą może być kontrola jakościowa, polegająca na sygnalizowaniu, czy wielkość mierzona jest utrzymywana w granicach ustalonych, czy też granice te zostały przekroczone i w jakim kierunku. W tych przypadkach, gdy ścisła kontrola jest konieczna, stosuje się w cukrowniach specjalne świetlne przyrządy wskazujące, opracowane przez Wydział Elektryczny Instytutu.

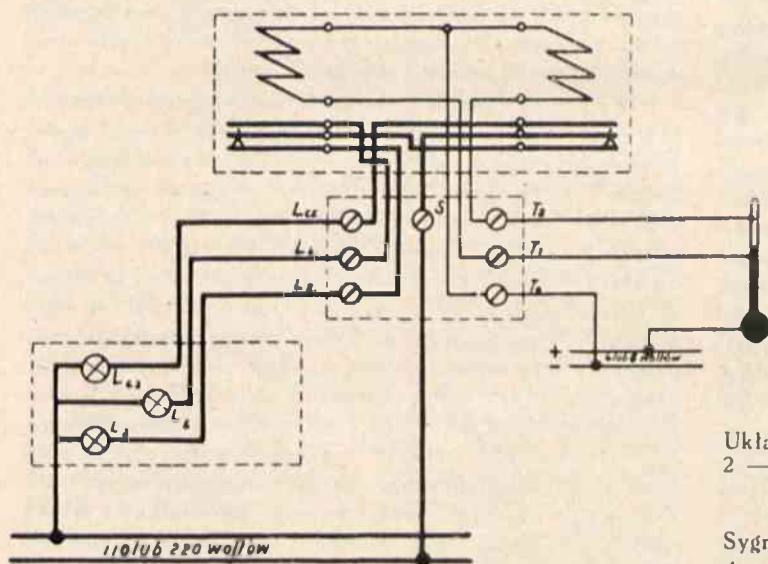
Kontrolę jakościową w formie sygnalizacji trójkolorem rozwiązano w sposób następujący. W centralnym miejscu warsztatu, widocznym z możliwie wielu stacyj fabrycznych, umieszcza się tablicę sygnalizacyjną, zestawioną z znormalizowanych skrzynek sygnałowych. Skrzynki sygnałowe o wymiarach 550 mm × 330 × 250 mm posiadają na otwieranej ścianie czołowej napisy transparentowe, oznaczające, jaka wielkość jest sygnalizowana. Napis ten jest oświetlony od wewnątrz umieszczonymi w skrzynce reflektorami, z których dwa zaopatrzone są w barwne szkła, czerwone i zielone. Zależnie od tego, czy wielkość mierzona zawiera się w granicach dopuszczalnych, czy też granice te są przekro-

*) Gazeta Cukrownicza 1928 r. Nr. 35.
Gazeta Cukrownicza 1929 r. NNr. 49, 52.
Przeгляд Mechaniczny 1935 r. Nr. 10.

***) Gazeta Cukrownicza 1931 r. Nr. 7 i 10;
Przeгляд Elektrotechniczny 1931 r. Nr. 19;
Facts About Sugar 1931 r. Nr. 10;
La Sucrerie Belge 1931 r. Nr. 19 i 20;
Die Deutsche Zuckernindustrie 1932 r. Nr. 2 i 3;
Chemische apparatur 1932 r. Nr. 15 i 16;
Przeгляд naukowej organizacji pracy 1932 r. Nr. 11;
Elektrotechnika u Polsku 1933 r.;
Methodes 1933 r. Nr. 6;
Gazeta cukrownicza 1935 r. Nr. 7.

zione, napis oświetlany jest odpowiednim kolorem. Kolor czerwony oznacza, że granica górna jest przekroczona, kolor zielony informuje, że przekroczono granicę dolną. Kolor biały stwierdza, że wielkość mierzona zawiera się w żądanych granicach. O ile sygnalizowanie jest zautomatyzowane, wyłączanie odpowiednich żarówek uskutecznione jest przez przekaźnik, umieszczony wewnątrz skrzynki. Używany w tym celu przekaźnik typu telefonicznego P. Z. T. posiada oporność cewek wzbudzających 400 omów i pracuje przy napięciu 4 lub 6 woltów prądu stałego. Dzięki temu prąd na stykach organów sterujących jest niewielki i wynosi 10 do 15 mA.

Do kontroli temperatur stosuje się termometry z wtłoczonymi kontaktami platynowymi, które połączone są z wyżej omówionym przekaźnikiem. Całkowity schemat sygnalizacji temperatur pokazany jest na rys. 19. Do kontroli ciśnienia lub próżni używa się manometrów lub wakuometrów, zaopatrzonych w styki graniczne.



Rys. 19.

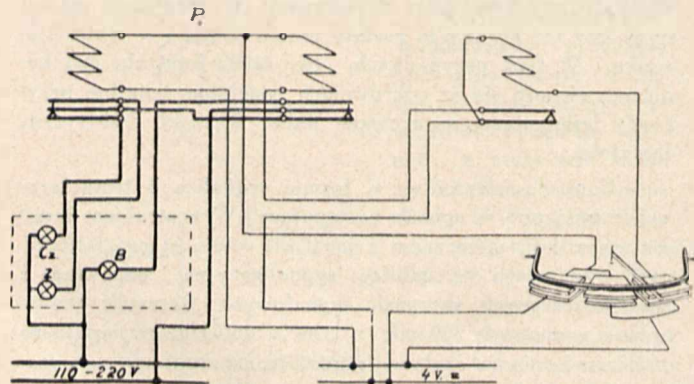
Układ połączeń do sygnalizacji temperatur.

L_b — żarówka biała,

L_{cz} — żarówka w reflektorze ze szkłem czerwonym,

L_z — żarówka w reflektorze ze szkłem zielonym.

W tych przypadkach, gdzie przyrząd pomiarowy, użyty do sterowania przekaźnika, ma zbyt mały moment kręjący, aby zwiierać odpowiednie styki, i gdzie dla celów rejestrowania są już zainstalowane przyrządy z pałąkiem opadowym, rozwiązano sygnalizację trójkolorową w sposób następujący:

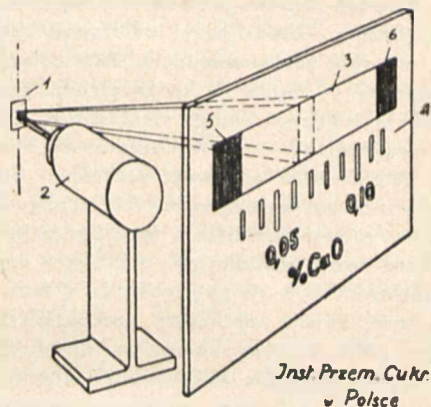


Rys. 20.

Układ połączeń do sygnalizowania przy zastosowaniu przyrządu z pałąkiem opadowym. Cewka przekaźnika P_1 przyciąga kotwiczkę przy napięciu min. 3,5 V.

cy. Pod pałąkiem opadowym umieszczone zostały trzy pary wycinków metalowych, izolowanych od siebie i od korpusu przyrządu. Pałąk, opadając co pewien czas w celu zarejestrowania wartości mierzonej, styka przez wskazówkę odpowiednią parę wycinków. Zetknięcie wycinków zamyka obwód odpowiedniego przekaźnika, przez co odpowiednia żarówka w skrzynce sygnałowej zostaje zapalona. Impuls ten, po podniesieniu się pałąka i rozsunięciu się styków, jest w dalszym ciągu żarówką, zmieniając kolor napisu tylko w tym przypadku, o ile opadający w następnej chwili pałąk zetknie się z sobą dwa inne styki. Schemat uwidoczony jest na rys. 20.

Oprócz sygnalizacji automatycznej stosowana jest w cukrowni również sygnalizacja ręczna, a mianowicie w tych przypadkach, jeżeli wartość sygnalizowana jest wynikiem skomplikowanej analizy chemicznej, która dotychczas nie jest jeszcze możliwa do wykonywania poza laboratorium, jak np. określanie drobnej ilości cukru w produktach odpadkowych.



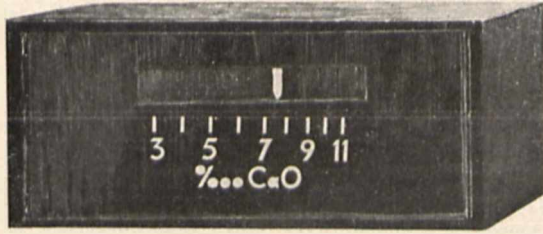
Rys. 21.

Układ optyczny wskaźnika alkaliczności. 1 — lusterko, 2 — lunetka, 3 — szyba mleczna, 4 — skala, 5 — szyba zielona i 6 — szyba czerwona.

Sygnalizacja wówczas ma za zadanie przesyłanie jedynie wiadomości z laboratorium na warsztat w postaci sygnałów świetlnych. Sterowanie umówionych kolorów uskutecznione jest z pomocą nadajnika, umieszczonego w laboratorium.

Przechodzę skolei do opisów aparatów wskazujących świetlnych, opracowanych przez Wydział Elektryczny Instytutu. W aparatach tych zastosowano układ pomiarowy z galwanometrem lusterkowym. Wewnątrz skrzynki sygnałowej o znormalizowanych wymiarach umieszczony jest układ pomiarowy, latarka projekcyjna oraz galwanometr lusterkowy. Latarka projekcyjna rzuca przez wąską szczelinę promień światła na lusterko, po odbiciu się od lusterka promień ten projektuje się w postaci prążka świetlnego o szerokości około 10 mm na pół przezroczystym ekranie, umieszczonym w czołowej ścianie skrzynki. Wraz ze zmianami wielkości mierzonej, oś galwanometru wraz z lusterkiem obraca się o pewien kąt, zmieniając w ten sposób kąt padania promienia na lusterko, dzięki czemu projektujący się na ekranie prążek świetlny zmienia swe położenie, wskazując na skali oświetlonej od wewnątrz, a umieszczonej pod ekranem, wartość mierzoną. Układ powyższy pokazany jest na rys. 21. Przyrząd pomiarowy zaopatrzone jest w urządzenie, pozwalające również na sygnalizację trójkolorową. A mianowicie, gdy wielkość mierzona jest za duża lub za mała, promień światła po odbiciu się od lusterka trafia na swej drodze na szybki barwną, czerwoną lub zieloną, dzięki czemu prążek świetlny projektuje się na ekranie w kolorze czerwonym lub zielonym i wówczas nie tylko wskazuje na skali wielkość mierzoną, lecz również sygnalizuje, że granice dopuszczalne są przekroczone.

Przy pomocy powyżej opisanych wskaźników świetlnych kontroluje się w cukrowniach te procesy, dla których sygnalizacja tylko jakościowa jest niewystarczająca. Dotychczas wskaźnik ten został przystosowany do pomiarów alkaliczności soku przy procesie, zwanym saturacją, oraz do pomiaru gęstości soku cukrowego. Na rys. 22 widoczny jest wskaźnik świetlny, opracowany dla pomiaru alkaliczności soku.



Rys. 22.
Świetlny wskaźnik alkaliczności.

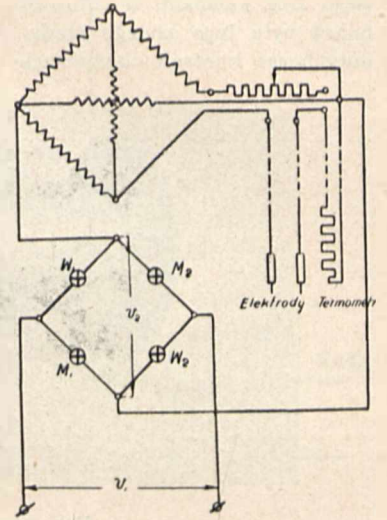
Zasada, na której oparte jest mierzenie alkaliczności roztworów przy pomocy przyrządów elektrycznych, polega na tym, że im bardziej roztwór jest alkaliczny, tym więcej w roztworze jest wolnych jonów, przenoszących ładunek elektryczny, a tem samym większą jest przewodność roztworu. Inaczej mówiąc, mierzenie alkaliczności sprowadza się do pomiaru przewodności płynu, zawartego między odpowiednimi elektrodami. Elektrody te wbudowuje się w cukrowni w komunikację sokową, uzyskując dzięki temu stałą kontrolę przepływającego soku.

Jak wiemy, do pomiaru przewodności płynów z powodu polaryzacji koniecznym jest zastosowanie prądu zmiennego. Jako układ pomiarowy został obrany klasyczny mostek Wheatston'a. Przy pomiarach mostkiem Wheatston'a prądu zmiennego musimy jako wskaźnika użyć czułego przyrządu na prąd zmienny. Przyrządy takie są stosunkowo bardzo kosztowne. Obecnie dzięki rozpowszechnieniu prostowników stykowych można co prawda zastosować w połączeniu z nim zwykły galwanometr prądu stałego, jednakże przy mierzeniu przewodności roztworów z powodu zniekształcenia przez siłę elektromotoryczną polaryzacji krzywej spadku napięcia na elektrodach napotykamy na pewne trudności. Trudności te powstają z tego powodu, że wyższe harmoniczne przy zniekształconej krzywej napięcia bez zastosowania specjalnego układu kompensacyjnego nie pozwalają na sprowadzenie układu do zera względnie zmniejszają znacznie czułość układu w metodzie odchyłowej. W zagadnieniu, którego rozwiązanie zostało zlecone niżej podpisanemu, ważnym było, aby całość była możliwie prosta i tania. Z tego względu przyrząd odchyłowy został zaprojektowany w układzie watomierzowym, w którym to układzie wyższe harmoniczne eliminują się.

Po dłuższych próbach okazało się, że wskaźnik o takim układzie może być stosunkowo prosto otrzymany przez przeróbkę indukcyjnego licznika prądu zmiennego. W tym celu w odpowiedni sposób został przekonstruowany licznik indukcyjny na prąd zmienny systemu Siemens W9, wykonywany w kraju przez P. Z. T. Tarcza licznika została zaopatrzona w sprężynkę, zwracającą, jak to ma miejsce w przyrządach wskazówkowych; na osi tarczy umieszczone zostało lustro o 0,2 mm grubości. Przez przewinięcie cewki prądowej i napięciowej przyrząd został przystosowany do odpowiedniego mostku Wheatston'a i do napięcia pomiarowego, wynoszącego 35 woltów.

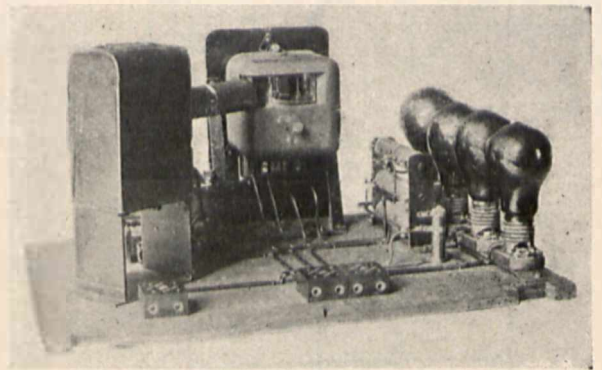
Na rys. 23 przedstawiony jest pełny schemat układu pomiarowego, zaś na rys. 24 widoczny jest układ pomiarowy

zmontowany na desce, który wstawia się w znormalizowaną skrzynkę pomiarową. Widoczne jest, że cewka prądowa wskaźnika włączona jest w przekątną pomiarową, natomiast cewka napięciowa na pełne napięcie pomiarowe mostku. W tej gałęzi mostku, w którym umieszczone są elektrody, włączony jest w szereg z elektrodami termometr oporowy. Termometr oporowy ma za zadanie kompensować zmianę przewodności soku, wywołaną zmianą temperatury. Ponieważ przy wzroście temperatury przewodność elektrolitu wzrasta, zaś przewodność termometru oporowego maleje, przez połączenie w szereg z elektrodami termometru oporowego o odpowiedniej oporności można u niezależnie od wahań temperatury przewodność pomiarowej gałęzi mostka. Aczkolwiek rozwiązanie powyższe daje tylko pełną kompensację przy określonej alkaliczności soku, powyższy układ kompensacyjny daje dostateczne wyrównanie, ponieważ w praktyce temperatura soku waha się w niewielkich granicach. Opornik ślizgowy umieszczony w sąsiedniej gałęzi mostku, służy do kompensacji zmiennej zawartości soli przewodzących w soku. Przy pomocy tego opornika można w razie zmiany zawartości tych soli skorygować wskazania przyrządu.



Rys. 23.
Układ połączeń do mierzenia alkaliczności.

Ponieważ przyrząd pomiarowy pracuje w układzie watomierzowym, przeto wskazania jego zależne są od kwadratu wahań napięcia. W cukrowniach, w których elektrownie posiadają maszyny parowe oraz generatory, pracujące bez regulatorów samoczynnych, wahania napięcia są dość znaczne. Często stosowane w celu wyrównania napięcia lam-

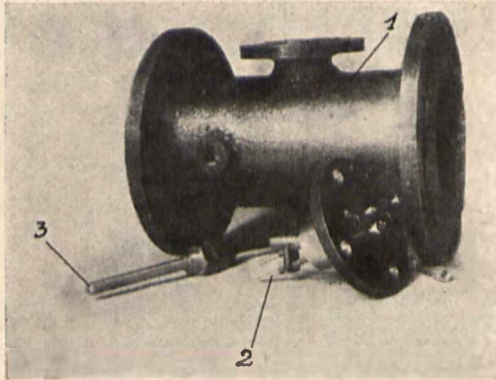


Rys. 24.
Układ aparatów do mierzenia alkaliczności.

py oporowe (żelazo-wodorowe) nie dawały w tym wypadku dostatecznego wyrównania napięcia tem bardziej, że reagują one dość wolno ze względu na dużą pojemność cieplną. Z tych powodów zastosowany został specjalny układ do utrzymywania stałego napięcia, będący pomysłem niżej podpisanego. Układ powyższy widoczny jest na rys. 23. Składa się on z dwóch żarówek węglowych i dwóch metalowych w układzie mostkowym. Ze wzrostem napięcia V_1 w sieci napięcie na żarówkach wzrasta, dzięki czemu oporność żar-

wek węglowych maleje, zaś oporność żarówek metalowych rośnie. Przez odpowiedni dobór wielkości żarówek można stosunkowo łatwo uzyskać napięcia na przekątnej pomiarowej (napięcie V_p), wahające się w znacznie mniejszym stopniu, niż napięcie sieci V_1). W układzie stosowanym do pomiaru alkaliczności, przy wahaniami napięcia $V_1 \pm 15\%$ napięcia V_p waha się około $\pm 0,3\%$.

Przyrządy do pomiaru alkaliczności zdały egzamin w ciągu 2-ech kampanij w cukrowni, przyczem dokładność pomiaru była tego samego rzędu, co dokładność stosowanej dotychczas kontroli chemicznej.

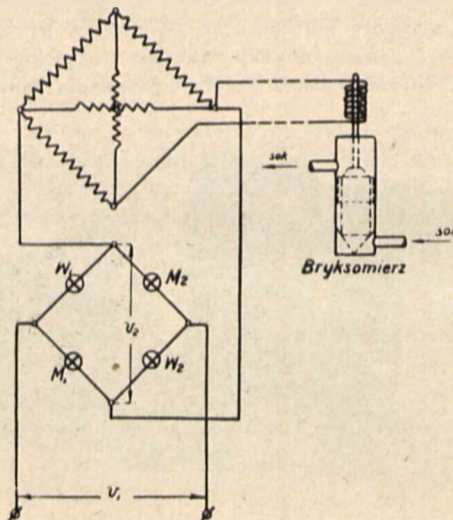


Rys. 25.

Trójnik z elektrodami i termometrem oporowym do mierzenia alkaliczności. 1 — trójnik, 2 — elektrody i 3 — termometr oporowy.

Na rys. 25 widoczny jest trójnik z wyjętymi elektrodami i termometrem oporowym. Trójnik powyższy wstawia się w komunikację sokową.

Zupełnie podobny układ pomiarowy został zastosowany do pomiaru gęstości soku. Rys. 26. W specjalnym naczyniu, przez które przepływa sok, umieszczony jest pływak, którego zanurzenie zależne jest od gęstości przepływającego so-



Rys. 26.

Układ połączeń wskaźnika gęstości.

ku. W górnej swej części pływak zakończony jest rdzeniem z miękiego żelaza. Rdzeń ten wchodzi w nieruchomą cewkę, umocowaną do obudowy naczynia. Zależnie od gęstości soku rdzeń wchodzi więcej lub mniej w cewkę. Cewka włączona jest — jak widać ze schematu — w jedną z gałęzi mostku. Wchodzący w nią rdzeń zmienia jej oporność indukcyjną, wywołując odchył przyrządu pomiarowego i przesuwanie się prążka świetlnego, wskazującego na świetlnej skali

gęstość soku w brixach (miara gęstości, przyjęta w cukrownictwie). Długość cewki w stosunku do skoku rdzenia została tak dobrana, aby w środku skala miała podziałkę jak największą, natomiast na początku i na końcu — tam, gdzie cyfry skali odpowiadają wartościom gęstości za niskim lub za wysokim — skalę zagęszczoną. Dzięki temu przy znacznym rozszerzeniu zakresu pomiarowego uzyskana została duża dokładność odczytu. Podobnie jak w przyrządzie do określania alkaliczności następuje przy przekroczeniu normalnych granic następuje zmiana koloru prążka wskaźującego.

Kontrola ruchu.

Jak już to było mówione, ze względu na charakter surowca praca cukrowni musi być bezwzględnie ciągła i każde zatrzymanie się materiału, poddawanego rozmaitym procesom cieplnym i chemicznym ponad czas określony, wywołuje zaburzenie w procesie fabrycznym.

Do kontroli ciągłości ruchu posiadamy bardzo przejrzyste wykresy, zwane wykresami Gantt'a. Mają one jednak zasadniczą wadę, a mianowicie, zestawienie wykresów wymaga pewnego czasu i w rezultacie — jeżeli chodzi o warunki pracy w cukrowni — wiadomości o anormalnej pracy są spóźnione. Z tych względów zastosowanie wykresów Gantt'a, jeśli chodzi o ruch fabryczny, w cukrownictwie jest stosunkowo małe.

Na podstawie pomysłu inżyniera St. Sliwińskiego został opracowany i zbudowany w Wydziale Elektrycznym Instytutu przyrząd kontrolny, przy pomocy którego powstaje świetlny wykres Gantt'a o dużych wymiarach, czytelny ze znacznej odległości, a co najważniejsze — tworzący się automatycznie. Dzięki temu w każdej chwili wykres Gantt'a wyraża istotny stan warsztatu pod względem ciągłości ruchu.

Wykres Gantt'a tworzy się w postaci słupów świetlnych, których wysokość we wspólnej skali odpowiada ilości materiału przerobionego od początku zmiany na poszczególnych kontrolowanych stacjach. Każdy ze słupów świetlnych powstaje w oddzielnym aparacie, wykonanym w postaci szafy o wymiarach $1750 \times 325 \times 220$ mm w ten sposób, że taśma nieprzezroczysta, prowadzona po wewnętrznej stronie przedniej ścianki aparatu, jest podciągana przez mechanizm elektromagnetyczny do góry, odsłaniając szczelinę w tej ściance, wyciętą i zastoniętą szybą mleczną. Szczelina powyższa oświetlona jest od wewnątrz aparatu, tak że odsłonięta część szczeliny projektuje się na zewnątrz jako słup świetlny. Słup ten rośnie ku górze w miarę odsłaniania szczeliny. Górna krawędź słupa wskazuje na skali, umieszczonej obok, ilość materiału, przerobionego przez daną stację.

Obok aparatów, wskazujących w każdej chwili — licząc od początku zmiany — ilość materiału, przerobionego przez poszczególne stacje, umieszczony jest aparat, w którym analogiczny słup świetlny wskazuje we wspólnej dla wszystkich stacji skali, ile w danym momencie winna każda stacja przerobić, aby cukrownia uzyskała swój normalny przerób. Słup ten, t. zw. wzorcowy, tworzy się tak samo, jak w aparatach przerobowych, z tą jednak różnicą, że ruch taśmy ku górze, a tem samym wzrost słupa, jest wywołowany przez mechanizm zegarowy niezależnie od ruchu fabrycznego.

Jeżeli wysokość wszystkich słupów jest jednakowa, wiemy, że ilość materiału, przerobionego przez wszystkie stacje, równa się tej ilości, która przy normalnej wydajności warsztatu winna być przerobiona, oraz że materiał w sposób ciągły przechodzi przez warsztat, nie grupując się nadmiernie na żadnej ze stacji. Jeżeli jeden ze słupów jest niższy od pozostałych, oznacza to, że stacja ta przerabia w stosunku

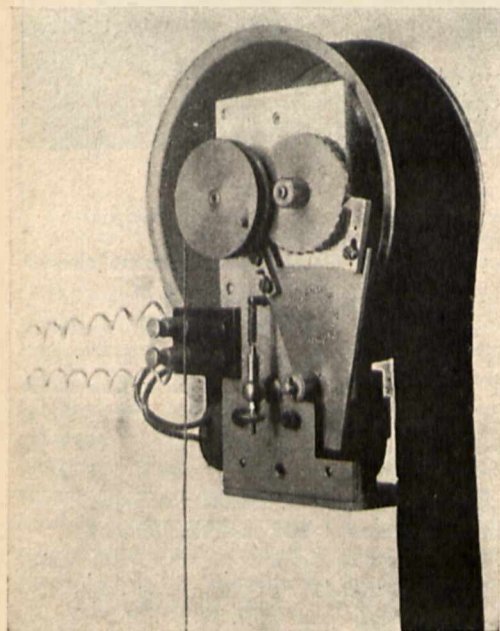
*) Zgłoszenie patentowe R. P. Nr. 45217.

do pozostałych mniejszą ilość materiału, a więc pracuje anormalnie, będąc przyczyną zakłóceń fabrykacyjnych. W tym przypadku kierownik, zwracając specjalną uwagę na daną stację, może dostatecznie wcześniej usunąć przyczynę, względnie wydać zarządzenia, które nie pozwolą, aby zła praca jednej ze stacji spowodowała nadmierne zgrupowanie się materiału w pewnym punkcie warsztatu.

Po skończonej zmianie taśmy ściąga się nadół, kasując w ten sposób wykres Gantt'a. Wykres ten tworzy się dla następnej zmiany znów od początku.

Dodatkowo zastosowana została sygnalizacja takiego stanu, kiedy z tych czy z innych przyczyn stacja kontrolowana przestała pracować. Rozwiązane zostało to w ten sposób, że po pewnym czasie tolerancyjnym, dowolnie ustalonym, np. 3 minuty od chwili przerwy w pracy danej stacji, sterowany przez nią słup świetlny na wykresie Gantt'a zmienia automatycznie swą barwę z białej na czerwoną.

Wzrost słupa świetlnego, wywołany przez odsłanianie szczeliny przez taśmę, odbywa się w sposób następujący. Mechanizm, podnoszący taśmę (rys. 27), umieszczony jest w górnej części ściany czołowej aparatu. Na osi mechanizmu osadzony jest bębenek aluminiowy, na który nawija się taśma. Obrót bębena powodowany jest przez przeciwwagę, umocowaną do linki, nawiniętej na kółku, osadzonym na tej samej osi, co i bębenek aluminiowy. Oś bębena sprzężona jest przez przekładnię zębatą z kółkiem wychwytem. Wychwyty tego kółka uniemożliwia obracanie się bębena pod działaniem przeciwwagi. Wychwyty posiada na swym końcu kotwiczkę. Z chwilą, kiedy obwód elektromagnesu, wbudowanego w mechanizm, zostanie zamknięty i elektromagnes wzbudzi się, kotwiczka, będąc przyciągnięta, odchyli wychwyty, wyzwalając o jeden ząb kółko wychwytowe, co umożliwi bę-

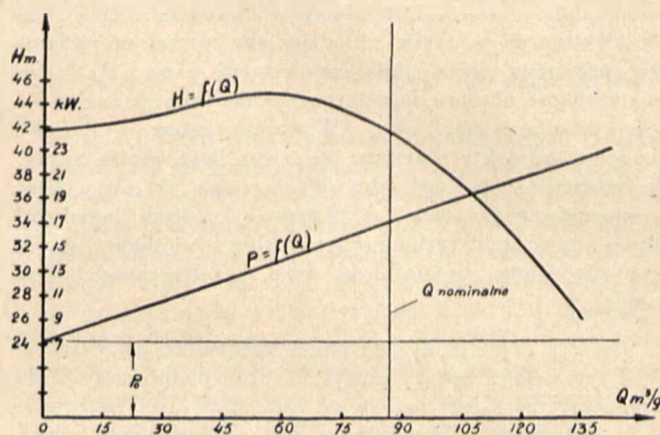


Rys. 27.
Mechanizm, podnoszący taśmę w wskaźniku przerobowym.

benkowi aluminiowemu pod działaniem przeciwwagi obrócić się o pewien kąt, dzięki czemu taśma, nawijając się nań, odsłoni o parę milimetrów szczelinę. W ten sposób każde zamknięcie obwodu elektromagnesu wywołuje o tyleż milimetrów przyrost słupa świetlnego.

Zamykanie obwodu sterowane jest przez te mechanizmy, których praca charakteryzuje pracę stacji kontrolowanej, i to w ten sposób, że każde zamknięcie obwodu elektro-

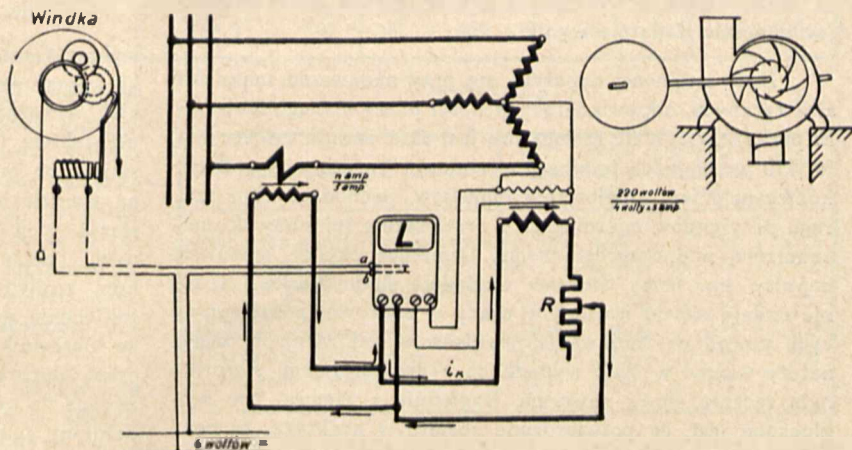
magnesu odpowiada ściśle określonej ilości materiału, przekazanego z danej stacji do następnej, a więc ilości materiału przerobionego. Niektóre stacje mają normalnie zainstalowane urządzenia do pomiaru materiału przechodzącego, jak np. wagi automatyczne, zbiorniki o pojemności cechowanej ze wskaźnikami pływakowymi i t. d. W tych przypadkach uzyskanie impulsów elektrycznych, odpowiadających określo-



Rys. 28.
Charakterystyka pompy wirowej o dużym podnoszeniu w stosunku do wydajności.

nej ilości materiału przerabianego, nie przedstawia trudności, gdyż wystarczy wyłącznik związać z częścią ruchomą odpowiedniego urządzenia mierniczego.

W pewnych warunkach zainstalowanie przyrządu mierniczego, który mógłby sterować kontakty, zamykające obwód elektromagnesu, napotyka na znaczne trudności. Jedną z takich trudności, którą Wydział Elektryczny Instytutu przy projektowaniu instalacji kontrolnej musiał rozwiązać, był pomiar ilości soku tam, gdzie, ze względu na ciągły charakter pracy danej stacji, mierzenie przy pomocy zbiornika cechowanego było niemożliwe. Zastosowanie natomiast znanych urządzeń pomiarowych, jak np. dyszy pomiarowej lub licznika przepływu soku, było niemożliwe, ponieważ sok, nio-



Rys. 29.
Układ połączeń do mierzenia ilości płynu, tłoczonego przez pompę wirową.

sąc ze sobą cząstki stałe, zatyka w krótkim czasie otwory w dyszach pomiarowych względnie niszczy części ruchome licznika, albo też przy większej gęstości soku otwory dysz, jak również mechanizmy przepływu soku zostają zalepione. W tym celu niektóre firmy produkują specjalne aparaty pomiarowe, które niestety są bardzo kosztowne.

Zagadnienie to zostało rozwiązane w następujący sposób. Pompy wirowe, pracujące w cukrownictwie i służące do

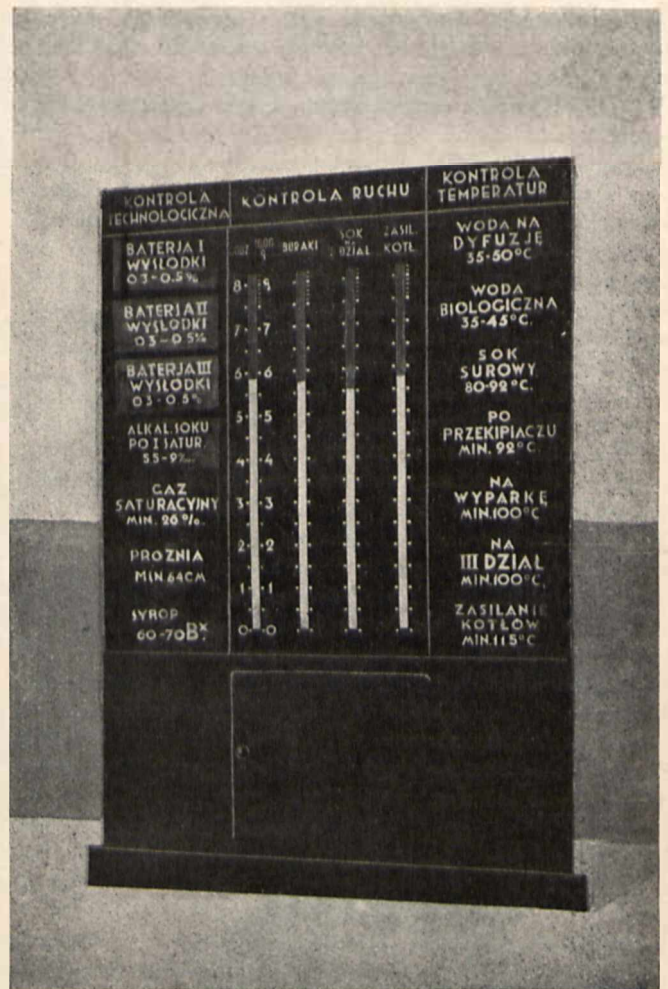
przetłaczania soku, mają dużą wysokość podnoszenia w stosunku do wydajności. Tego rodzaju pompy mają zależność prostoliniową między wydajnością a zużyciem mocy (rys. 28). Jak widzimy, przy zamkniętym zaworze tłoczącym silnik pobiera pewną moc P_0 , która idzie na pokrycie strat w silniku oraz w pompie. W miarę otwierania zaworu i wzrostu wydajności pompy moc, pobierana przez silnik, wzrasta proporcjonalnie. Jeżeli zainstalujemy w obwodzie silnika licznik elektryczny w takim układzie, aby zliczał on jedynie moc, pobieraną przez silnik, zmniejszoną o moc P_0 , wówczas szybkość obrotów jego tarczy będzie proporcjonalna do ilości przetłaczanego soku. Wystarczy zatem w liczniku wbudować kontakty, zwierane co pewną ilość obrotu tarczy, aby każdemu impulsowi odpowiadała ściśle określona ilość przepompowanego soku. A ponieważ każdemu impulsowi odpowiada ściśle określony przyrost słupa świetlnego, wzrost jego odpowiadać będzie ilości soku, przetłaczanego przez pompę.

Na rys. 29 pokazany jest układ kompensacyjny, stosowany w tym celu, a będący pomysłem niżej podpisanego. Prąd kompensacyjny zależy jedynie od napięcia w sieci, zmniejszając w ten sposób w każdej chwili moc, zliczaną przez licznik, o wielkość stałą. Jeżeli prąd kompensacyjny tak dobierzemy, aby odpowiadał odejmowanej mocy r_0 , licznik obracać się będzie z szybkością, proporcjonalną do wydajności pompy. Prąd kompensacyjny dobieramy doświadczalnie w sposób następujący. Po uruchomieniu pompy zamykamy zawór tłoczący na pompie i, regulując opornik R_1 , dobieramy i , tak, aby licznik nie obracał się. Wówczas tarcza licznika po otwarciu zaworu tłoczącego obracać się będzie proporcjonalnie do wydajności pompy.

W celu uniknięcia błędów, które mogą mieć miejsce, jeżeli przy braku soku i bardzo małym wówczas obciążeniu silnika moc kompensacyjna przewyższy moc, pobieraną przez silnik, obrót tarczy w kierunku odwrotnym do ruchu normalnego jest mechanicznie uniemożliwiony. Układ ten, wypróbowany na szeregu pompach w stacji doświadczalnej fabryki pomp St. Twardowski w Warszawie, okazał się dostatecznie dokładny, błędy pomiaru nie wynosiły więcej niż $\pm 1,5\%$. Układ powyższy pracuje w szeregu cukrowni, dając zupełnie dodatnie wyniki.

Duże trudności napotyka się przy nadawaniu impulsów elektrycznych, odpowiadających ilości przerobionego materiału przez stację, o ile niemożliwe jest skierowanie całości materiału przez jeden przyrząd mierniczy. W tych przypadkach koniecznym jest zsumowanie impulsów, pochodzących z szeregu przyrządów mierniczych i przekazanie tej sumy do mechanizmu, podnoszącego taśmę. Istniejące układy, sumujące impulsy, np. firmy Siemens względnie Aron-Werke i t. p., nie nadają się do warunków pracy w cukrowni w następujących powodów: Nadawanie impulsów w cukrowniach często należy wiązać w tych wypadkach z mechanizmem, sterowanym ręcznie, np. z zaworem, względnie z zasuwą. Nie wykluczone jest, co potwierdzone zostało w praktyce, że pracownik, otwierając kilkakrotnie zasuwę lub zawór opróżniający, lub napełniający zbiornik o objętości cechowanej, nadaje więcej, niż jeden impuls. Z tych względów przyrząd, sumujący impulsy, nietylko powinien w wypadku jednoczesnego zetknięcia styków na kilku przyrządach, przekazać tyle impulsów, ile obwodów zostało zamkniętych, lecz również przy kilku impulsach, nadanych przez jeden obwód, a odpowiadających jednemu wypróżnieniu względnie napełnieniu zbiornika o objętości cechowanej, wziąć do sumowania tylko jeden impuls. Ostatnio zagadnienie powyższe zostało przez niżej podpisanego całkowicie rozwiązane. Jednakże opis powyższego mechanizmu przekraczałby ramy niniejszego artykułu.

Wszystkie przyrządy zarówno do kontroli cieplej, chemicznej, jak i ciągłości ruchu, zestawia się w wspólną tablicę kontrolną (rys. 30). Widzimy tu w środku świetlny



Rys. 30.
Tablica sygnalizacyjna w cukrowni Witaszyce.

wykres Gant'a, po obu jego stronach umieszczono skrzynki sygnałowe i wskaźnikowe. Dzięki zgrupowaniu wszystkich wskaźników, czytelnych z dużej odległości, w wspólnej tablicy i umieszczeniu jej w centralnym miejscu warsztatu, po pierwsze kierownik może w każdej chwili, będąc na warsztacie, poinformować się, jak pracują poszczególne stacje pod względem przerobowym, cieplnym i chemicznym, i może szybko reagować na niedopatrzenie pracowników, względnie przedsięwziąć środki, usuwające przyczyny zakłócenia normalnej pracy. Po drugie, pracownik, wiedząc, że kierownik spostrzedz może w każdej chwili niewłaściwą pracę dozorowanego przezeń urządzenia, większą uwagę zwraca na pracę danej stacji. Po trzecie, ponieważ błąd, popełniony przez jednego pracownika, odbija się ujemnie na dalszej obróbce materiału przerabianego, pracownicy innych stacji, co praktyka całkowicie potwierdziła, widząc błąd, popełniany przez kolegę, we własnym swym interesie sami na to reagują.

Powyższe urządzenia pracują już od szeregu lat w cukrowniach i najlepszym dowodem celowości tego rodzaju kontroli jest fakt, że przeszło 20 cukrowni zainstalowało ją w mniejszym lub większym zakresie.

Aczkolwiek układy kontrolne wyżej opisane zostały opracowane dla warunków, z jakimi mamy do czynienia w cukrowni, kontrola powyższa może oddać korzyści w tym samym stopniu w innych wytwórniach o ruchu ciągłym.

SEKCJA TRAKCYJNA

Trakcja elektryczna w Polsce

Dypl. inż.-elektr. K. Mech

Streszczenie. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie obecnego stanu trakcji elektrycznej w Polsce, zakresu pracy przez nią wykonywanej, porównanie pracy jej z pracą innych środków transportu na szynach. Autor wskazuje miejsce, jakie trakcja elektryczna zajmuje w kolejnictwie polskim w ogóle, oraz znaczenie jej gospodarcze dla kraju. Na zakończenie omówione są możliwości rozwoju trakcji elektrycznej w Polsce w najbliższych latach.

Na zjazdach naszych poruszano wiele istotnych zagadnień natury technicznej i gospodarczej, mających duże znaczenie dla trakcji elektrycznej, mówiono również o znaczeniu i możliwościach elektryfikacji naszych kolei normalnych. I na zjeździe obecnym sprawy te będą omawiane. Zadaniem moim będzie przedstawić Sz. Kolegom obecny stan pracy trakcji elektrycznej na drogach szynowych w Polsce, wskazać stanowisko, jakie zajmuje ona w szeregu innych przedsiębiorstw transportowych, znaczenie dla przemysłu elektrotechnicznego i elektryfikacyjnego, a wreszcie związek między fluktuacjami życia naszego gospodarczego, a rozwojem tempa jej pracy.

Koleje elektryczne Zagłębia Górnośląskiego i Dąbrowskiego (1928) posiadają charakter tramwajów, natomiast Elektryczne Koleje Dojazdowe Łódzkie (1906) i Warszawskie (1928) pracują wyłącznie niemal w ruchu podmiejskim. Łączna długość linii 11 przedsiębiorstw tramwajowych wynosi około 275 km (w tem tramwaje warszawskie 106,5 km), 4 zaś przedsiębiorstwa elektrycznych kolei dojazdowych — 215,7 km.*). Rola tramwajów warszawskich jest tak znaczna, że, chcąc mieć lepsze pojęcie o roli pozostałych tramwajów, wszystkie sumarycznie ujęte dane rozpatrywać wypada, uwzględniając liczby, dotyczące tramwajów warszawskich. Tablica 1 przedstawia stan posiadania wszelkiego rodzaju przedsiębiorstw komunikacyjnych w Polsce, pracujących na szynach. Obok tramwajów i elektrycznych kolei dojazdowych figurują tu koleje wąskotorowe i nawet — normalne parowe. Mam wrażenie, że w tem zestawieniu lepiej uwypukla się rola trakcji elektrycznej w dziedzinie transportu na szynach. Wprowadźcie zadania, jakie mają do spełnienia różne rozpatrywane tu przedsiębiorstwa

Tablica 1

Stan posiadania	eksploatowanych km		w o z ó w			pracowników
	linij	torów	osobow.	towarow.	lokom.	
PKP normalnotorowe parowe	17 835	ok. 23400	12 100	155 000	5 400	166 000
„ wąskotorowe „	2 382	—	358	8 273	336	3 200
Dojazdowe pryw. i komunalne parowe	1 240	—	motor. 8	52	153	ok. 1 600
„ elektryczne	218	276	przycz. 159	gosp. 21	1	ok. 1 500
tramwaje „	275	471	przycz. 156	—	—	10 000
w tem tramwaje elektryczne w Warszawie	106,5	192,1	892 + 694	20 + 28	—	5 100
			367 + 309			

Charakter i znaczenie trakcji elektrycznej występuje na pierwszy plan tam, gdzie są większe skupienia ludzkie, częste i duże transporty mas ludzkich i towarów. Polska, gdzie według danych z 1931 r. tylko 27% ludności mieszka w miastach, gdzie liczba miast ponad 100 000 wynosi tylko 12, a od 50 tys. do 100 tys. — 13 miast, nie może mieć ani licznych tramwajów, ani elektrycznych kolei dojazdowych, nie mówiąc o kolejach normalnych o trakcji elektrycznej.

Niemniej jednak, jak zobaczymy i ten skromny dorobek Polski nie powinien być zapoznany.

Pierwsze tramwaje elektryczne powstają we Lwowie w roku 1894, w Bielsku w r. 1895 i Bydgoszczy — 1896 r. Po dwuletniej przerwie uruchomiono w r. 1898 tramwaje w Grudziądzu, Poznaniu i Łodzi. Następnie przebudowują się tramwaje z konnych na elektryczne w Toruniu w r. 1900 i w Krakowie 1905. Dziwnym zbiegiem okoliczności największe i najmniejsze tramwaje powstają jako ostatnie: w Warszawie w r. 1908 i w Inowrocławiu — 1912. Oprócz więc tramwajów w Tarnowie, co do których nie posiadam bliższych danych, istnieje obecnie w Polsce 10 przedsiębiorstw tramwajowych, zjednoczonych w Związku przedsiębiorstw komunikacyjnych. Tylko 3 z nich stanowią własność spółek akcyjnych, pozostałe zaś są wyłączną własnością miast.

Tablica 2.

Praca wykonana przez:	wozokm. 10 ⁶	pasażerów 10 ⁶	pasażerokilometr. 10 ⁶	tonn 10 ⁶
PKP normalnotorowe parowe	ok. 500	146	5 251	55,1
„ wąskotorowe „	ok. 17	ok. 0,9	ok. 21	2,2
Dojazd. pryw. i komunalne parowe	14,0	7,5	ok. 116	1,2
Dojazd. elektryczne	12,4	40,4	„ 222	0,2
Tramwaje elektryczne	67,2	323,7	„ 1 155	2,0
w tem tramw. warszaw.	37,9	187,7	„ 788	—

komunikacyjne są odmienne, jak wynika to jasno z tablicy 2. Ruch dalekobieżny w ogóle i masowy towarowy w szczególności opanowany jest całkowicie przez koleje normalne, — w tej chwili wyłącznie parowe. Oprócz tego koleje normalne odgrywają znaczną jeszcze rolę w ruchu osobowym podmiejskim, który jest właściwą domeną elektrycznych kolei dojazdowych. Z ruchu osobowego na kolejach dojazdowych około 20% przypada w udziale parowym kolejom dojazdowym, w pierwszym rzędzie — pry-

*) Nie licząc krótkiej linii elektrycznej w Wąbrzeźnie.

watnym i komunalnym, w mniejszym stopniu — państwowym, głównie jednak pracują one dla transportu towarów.

Dane, zawarte w tablicach 1 i 2, zacerpnałem z rocznika statystycznego za rok 1935 oraz sprawozdania Związku przedsiębiorstw komunikacyjnych. Odnoszą się one do 1934 roku, o ile w uwagach nie podano odmiennej daty.

Wartość majątku PKP szacowana jest na 4,6 miljarda złotych, wartość tramwajów i elektrycznych kolei dojazdowych — około 0,255 miljarda złotych w tem tramwajów warszawskich — 0,103 miljarda złotych.

Wpływy eksploatacyjne z trakcji elektrycznej wyniosły około 79 milionów złotych, gdy wpływy PKP stanowiły około 878 milionów złotych. Zestawienia, dokonane w obu tablicach, dowodzą, że w zespole przedsiębiorstw transportowych trakcja elektryczna odgrywa dość poważną rolę pomimo stosunkowo nieznacznego swego rozwoju. Na ogólną sumę długości eksploatowanych linii szynowych około 22 tys. kilometrów linii o trakcji elektrycznej jest 490 km, czyli tylko 2,2%. Stanowi to jednak już 12% długości wszystkich linii dojazdowych. Z pośród pracowników, zajętych przy transporcie po szynach, tylko

Celem lepszej oceny stopnia rozwoju trakcji elektrycznej u nas wypada chociaż pobieżnie zestawić go z tem, co widzimy u naszego zachodniego sąsiada, uwzględniając jednak odmienną strukturę gospodarczą obydwu krajów. W tym celu w tablicy 3 wprowadziłem podział na miasta o różnym zaludnieniu, gdyż w ten tylko sposób otrzymać można właściwy obraz i porównanie istniejącego stanu rzeczy z możliwym do osiągnięcia w najlepszym wypadku.

Wpływy tramwajów i elektrycznych kolei dojazdowych niemieckich wyniosły około 700 milj. złotych, gdy w Polsce — ok. 79 milj. Spadek frekwencji od roku 1929 wyniósł w Polsce 30%, gdy w Niemczech — 39%. Z pośród 13 miast polskich o ludności od 50 do 100 tysięcy nie posiada tramwajów 10 miast o średnim zaludnieniu 60 000 (50 000 — Grodno i 91 000 — Białystok)¹⁾. Nie posiadają również tramwajów: Częstochowa, Lublin i Wilno z pośród 10 miast polskich o ludności 100 000 do 500 000 (Chorzów — 102 000 i Łwów — 316 000)¹⁾. Ponieważ miasta tego rodzaju nadają się do wprowadzenia publicznej komunikacji miejskiej, możliwości rozwoju komunikacji miejskiej w Polsce istnieją. Ze względów gospodarczych jedynie w 3 lub 4

Tablica 3.

Tramwaje i koleje doj. elektryczne w miastach z ludnością	L i c z b a		Przewieziono pasażerów 10 ⁶				wozoklm 10 ⁶
			pasażerów 10 ⁶		w jednym mieście		
	Polska	Niemcy	Polska	Niemcy	Polska	Niemcy	Polska
Mniej niż 50 000	3	47	3,005	43,9	1,002	0,934	0,700
50 000 — 100 000	2	41	5,047	129,7	2,524	3,120	1,485
100 000 — 500 000 { tramwaje	4	42	69,245	731,7	1,731	1,742	15,781
{ kol. dojazd.	2	12	22,708	52,8	11,354	4,400	6,436
500 000 — 1 000 000 { tramwaje	1	10	60,573	871,5	60,573	87,150	11,775
{ kol. dojazd.	1	4	14,972	48,9	14,972	12,225	4,317
powyżej miliona { tramwaje	1	2	187,763	644,7	187,763	—	37,946
{ kol. dojazd.	1	—	2,687	—	—	—	—
{ kol. szybkob.	—	3	—	250,2	—	—	—
tramwaje	11	142	(Nie licząc kol. Wąbrzeźno (1 wóz silnik. i 3 prz.) (Berlin, Hamburg, Wupperstal)				
elektryczne koleje dojazdowe.	4	16					
koleje szybkobieżne	—	3					

7% zatrudnionych jest przy trakcji elektrycznej. Odpowiada to 70% pracowników wszystkich kolei wąskotorowych i dojazdowych, pomimo, że długość sieci, eksploatowanej przez trakcję parową, jest 7 razy większa. Jest to wynikiem znacznie intensywniejszej pracy elektrycznych kolei dojazdowych i tramwajów, jak to widać z danych tablicy 2. Najbardziej charakterystyczne są tu liczby wykonanych wozokilometrów oraz pasażerokilometrów. W szczególności liczba pasażerokilometrów jest dobrym wykładnikiem pracy przedsiębiorstwa w zakresie ruchu osobowego. Średni przejazd pasażera w tramwajach warszawskich, zgodnie z dokonaniem obserwacji, przyjęć można na 4,2 km, długość przejazdu w pozostałych miastach przyjąłem tylko 2,5 km na pasażera. Dla elektrycznych kolei dojazdowych średni przejazd, opierając się na danych łódzkiej kolei dojazdowych, przyjąłem 5,5 km. W ten sposób obliczona liczba pasażerokm. w trakcji elektrycznej wynosi 1377 milj., stanowiąc blisko 25% ogólnej pracy trakcji szynowej, a 90% — kolei znaczenia miejscowego. Ciekawe będzie zauważyć, że liczba pasażerów, przewiezionych przez tramwaje i elektryczne koleje dojazdowe, jest 2,5 razy większa, niż liczba osób, korzystających z kolei parowych, zarówno szeroko jak i wąskotorowych. Odpowiednie liczby wozokilometrów mają się, jak 1 : 7. Z chwilą ukończenia I etapu elektryfikacji węzła warszawskiego stosunek przewozów pasażerskich jeszcze bardziej przesunie się na korzyść trakcji elektrycznej (w roku 1934 na tych odcinkach linii przewieziono 21 milj. pasażerów).

miastach mogłaby być mowa o tramwajach; w pozostałych — powstać może tylko trakcja bezszynowa, a więc przy pomocy autobusów benzynowych lub elektrycznych. Widzimy więc, że różnica w ilości tramwajów niemieckich a polskich jest w zupełności uzasadniona. Natomiast wszędzie tam, gdzie tramwaje lub elektryczne koleje dojazdowe w Polsce istnieją, pracują nie gorzej, a często lepiej, niż w Niemczech, — szczególnie, jeżeli uwzględni się, że średnia liczba mieszkańców odpowiedniej kategorii miast w Polsce jest bliższą dolnej granicy, gdy w Niemczech — górnej.

Społeczno-gospodarcze znaczenie trakcji elektrycznej poza usługami, do jakich jest ona powołana i jakie spełnia w zakresie transportu, o czym mówiłem już obszerniej, polega na daniu zatrudnienia pewnej, na nasze stosunki dość znacznej, bo 12-tysięcznej, rzeszy pracowników i zapotrzebowaniu na wytwory przemysłu, zaliczając do nich i energię elektryczną.

Trudno jest ściśle ustalić wartość zakupów materiałów. Wynosi ona około 10 milj. złotych rocznie normalnie, o ile nie wchodzi w grę większe jednorazowe zakupy (wozy, silniki tramwajowe, szyny). Z tych normalnych zakupów około 50% stanowi materiał elektrotechniczny, nabywany obecnie prawie wyłącznie w kraju. Produkcja naszego przemysłu elektrotechnicznego wynosiła w r. 1934 według p. dyr. Januszewskiego 73,4 milj. złotych. Około 6% tej

¹⁾ W nawiasach podano z miast tej kategorii — miasta o najmniejszej i największej liczbie ludności.

produkcji nabyły przedsiębiorstwa tramwajowe i koleje dojazdowe. Co się tyczy energii elektrycznej, to w ostatnich czasach jedynie tramwaje warszawskie wytwarzają same potrzebną im energię, i one zresztą w ostatnich miesiącach 1935 roku zdecydowały się część energii (dla Pragi) nabywać w Elektrowni Warszawskiej. Stanowić to będzie około 8—10 milj. kWh rocznie i zmniejszy nieco narazie produkcję elektrowni tramwajowej; wzrost jednak ruchu tę lukę prędko wyrówna. Wszystkie pozostałe tramwaje i elektryczne koleje dojazdowe bezpośrednio lub przy pomocy własnych podstawy pobierają energię elektryczną z zewnątrz.

Zużycie energii elektrycznej przez trakcję wyniosło w roku 1934 około 50 milj. kWh, co w stosunku do produkcji zakładów elektrycznych, sprzedających energię elektryczną (około 1210 milj. kWh) stanowi nieco więcej, niż 4%. Znaczenie jednak tego odbiorcy jest w istocie dwukrotnie większe (8%), gdyż w ogólnej produkcji energii elektrycznej Zagłębia Dąbrowskie i Śląskie odgrywają znaczną rolę (50%); wyłącznym niemal odbiorcą jest przemysł miejscowy. Jakie znaczenie trakcja elektryczna ma dla poszczególnych elektrowni, uwidacznia tablica 4.

Tablica 4.

Miejscowość	Sprzedana energia w kWh		% energii sprzed. dla trakcji
	wogóle milj. kWh	dla trakcji milj. kWh	
Bielsko	9,594	0,221	2,5
Będzin	32,672	2,553	8
Chorzów II . . .	183,149	6,765	3,5
Bydgoszcz . . .	4,346	0,865	20
Grudziądz . . .	11,623	0,494	4,5
Inowrocław . .	1,134	0,062	5,5
Kraków	25,672	2,705	11
Lwów	29,725	7,726	26
Łódź	105,637	12,277	11,5
Poznań	21,261	4,128	19
Pruszków . . .	28,262	2,880	10
Tarnów	2,131	0,129	6
Toruń	4,804	0,692	14
Zgierz	8,816	1,718	20

Z tablicy tej wynika, że spożycie energii elektrycznej przez trakcję nie jest bez znaczenia, a w niektórych wypadkach — dość dużego dla przemysłu elektryfikacyjnego.

Charakterystyczny dla trakcji elektrycznej, jak to już mówiłem, jest znaczny jej udział w przewozie pasażerów.

Tablica 5.

	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934
Ilość elektrowni o mocy powyżej 1000 kW . . .	145	158	161	172	177	176	176
Moc instal. „ w kW	879 442	1 142 558	1 226 811	1 297 228	1 315 711	1 372 812	1 380 787
Produkcja en. dla przemysłu w kWh × 10 ⁶ . . .	2 080	2 570	2 298	1 978	1 697	1 980	2 145
Godzin użytkowych mocy instalow.	2 365	2 250	1 875	1 525	1 290	1 440	1 550
Wskaźnik elektryczny	100	95,1	79,3	64,5	54,5	61	66,5
Wskaźnik produkcji przemysłowej	100	99,6	81,8	69,3	53,7	56	63
„ przewoz. przy pomocy tr. elektr.	100	97,1	94,0	86,4	74,2	67,7	68,8
„ zatrudnienia w przemyśle	100	100	87	74,0	64,0	61,0	68,0
„ przewoz. tramw. i kol. doj. w Niemczech z szybkiej.	100	102	88,5	74	63,3	58,8	61,8
Wskaźnik produkcji przemysłu niemieckiego . .	100	107	90	74	61	69	86
„ zatrudnienia „ „	100	101	94	82	72	75	87

rów. Jest jasne, że ludzie jeżdżą o tyle, o ile mają sprawy do załatwienia i jeżeli stać ich przytem na opłatę, chociażby małą, za przejazd. Musi więc istnieć związek między liczbą przejazdów a stanem gospodarczym ludności, zamieszkującej teren, obsługiwany przez tramwaj lub elektryczną kolej dojazdową. Nie należy tylko oczekiwać peł-

nego synchronizmu między temi dwoma zjawiskami. Ilość przejazdów będzie spadać z pewnem opóźnieniem w stosunku do pogarszania się konjunktury gospodarczej, ale będzie się również opóźniać w miarę polepszania się sytuacji gospodarczej. Wreszcie zwrócić należy uwagę, że nie może być mowy o pełnej zbieżności wskaźnika przejazdów i przemysłu dla całego kraju, gdyż główne pozycje naszego przemysłu, to — przemysł Zagłębia Dąbrowskiego i Górnośląskiego, które w ogólnej liczbie przejazdów nie odgrywają roli dominującej. Istnieje natomiast zbieżność tendencji tych wskaźników. Ponieważ tego rodzaju zestawienia nie były u nas czynione, uwidaczniam je w tablicy 5 wraz ze wskaźnikami elektrycznymi produkcji przemysłowej tak, jak to ujął je p. inż. K. Siwicki na zjeździe SEP w r. 1933. W ciekawym swym referacie o wskaźniku elektrycznym produkcji przemysłowej pisze p. inż. K. Siwicki: „Produkcja energii elektrycznej nabiera charakteru sprawdzianu przebiegu ogólnej produkcji przemysłowej i względnie najlepszego wskaźnika zatrudnienia i stanu aktywności ekonomicznej” i dodaje natychmiast: „oczywiście w krajach najbardziej zelektryfikowanych”. Nie mniej jednak stwierdza p. inż. Siwicki, że wskaźnik elektryczny dla Polski b. dobrze pokrywa się z oficjalnym wskaźnikiem Instytutu Badań Konjunktur gospodarczych i cen.

Na zakończenie kilka słów o perspektywach na przyszłość trakcji elektrycznej. Jak wiadomo, na ukończeniu są prace przy elektryfikacji węzła warszawskiego^{*)}, Elektryfikacja obejmuje linie średnicową dwutorową długości około 7 km oraz części linii podmiejskich, a mianowicie:

Warszawa — Żyrardów	40 km
„ — Otwock	23 „
„ — Mińsk Mazow.	36 „
	99 km

Na liniach tych w r. 1931 przewieziono 21 milj. pasażerów, t. j. 70% ogółu pasażerów, uczestniczących w ruchu osobowo-kolejowym podmiejskim węzła warszawskiego. Przewidywane zużycie roczne energii elektrycznej wyniesie około 20 milj. kWh. Czy i kiedy zelektryfikowane będą pozostałe linie podmiejskie (do Nasielska, Sochaczewa i Łochowa łącznie 158 km, lub w mniejszym zakresie — do Błonia, Modlina i Tłuszcz — 97 km), w tej chwili — niewiadomo. Zależać to będzie oczywiście od rozwoju stosunków gospodarczych. Trudno również przewidywać, co będzie zdecydowane w sprawie elektryfikacji linii dalekobieżnych. Nale-

ży raczej przypuszczać, że w najbliższym dziesiątku lat nie będziemy świadkami prac w tym kierunku na większą skalę, a ogólny charakter sieci naszych kolei, jako kolei o trakcji parowej, nie ulegnie zmianie.

*) I etap.

Myszę, że rozwój trakcji elektrycznej w Polsce iść będzie w latach najbliższych, szczególnie w razie poprawienia się sytuacji gospodarczej, przede wszystkim w kierunku rozbudowy tych komunikacji miejskich i podmiejskich w większych naszych ośrodkach, gdzie ona już istnieje. Odbywać się to będzie nie tylko przez powiększanie sieci szynowej tramwajów, ale i w drodze wprowadzenia obok tramwajów nowego środka lokomocji — elektrobusew, które na naszym terenie zaklimatyzowały się już wcale nieźle w Poznaniu. Miasta takie, jak Lublin, Częstochowa a może i Wilno oraz miasta o ludności 50 do 100 tysięcy, szczególnie, posiadające własne elektrownie, wprowadzając u siebie publiczną komunikację miejską lub rozszerzając istniejącą, powinny pamiętać o elektro-

busach. Stanowią one mogą nie tylko odbiorcę energii elektrycznej, ale i środek lokomocji pod względem gospodarczym lepiej pracujący, niż autobusy benzynowe. Największą trudnością jest w miastach naszych brak gładkich jezdni, które zresztą są niezbędne i dla autobusów benzynowych. Należy jednak mieć nadzieję, że poprawa gospodarcza, która idzie, pozwoli zarządom miejskim zwrócić większą uwagę na ten nieznośny stan rzeczy, a jednocześnie usunąć b. ważną przeszkodę w rozwoju komunikacji miejskiej. Co się tyczy komunikacji podmiejskiej o trakcji elektrycznej, to rozwój jej nawet przy obecnym rozwoju większych miast naszych i ich osiedli podmiejskich nie może być uznany za zakończony.

Komunikacja publiczna w Wilnie

Inż. Tadeusz Baniewicz

Streszczenie. Charakterystyka Wilna jako terenu dla publicznej komunikacji. Tramwaj konny. Usiłowania budowy tramwajów elektrycznych. Koncesja autobusowa

Zgłębiając sytuację miast naszych w ostatnich paru dziesiątkach lat ubiegłego stulecia i początkach bieżącego, widzimy, z jak wielkimi trudnościami musiały walczyć one dla zdobycia potrzebnych dla normalnego ich rozwoju urządzeń, które w innych krajach powstawały, jako rzecz naturalna, jak wiele sił i energii traciło się dla pokonania przeszkód, nie mających nic wspólnego z gospodarką miejską, oraz jak często czynione wysiłki nie osiągały celu: staje się wtedy jasnym, że zacofany pod wielu względami stan naszych miast jest wynikiem fatalnych stosunków, w których przed wojną sprawy polityczne grały zbyt często dominującą rolę.

Historja komunikacji publicznej w Wilnie jest tego jaskrawym przykładem.

Miasto, które liczyło przed wojną w 1912 roku ok. 240 000 mieszkańców, rozrzuconych na obszernym falistym terenie, gdzie odległość krańców od środka miasta dochodziła do 3 — 4 kilometrów, a więc, gdzie piesza komunikacja zarówno ze względu na odległości, jak i na charakter terenu była uciążliwa, miasto uprzemysłowione, będące ośrodkiem administracyjnym olbrzymiego terenu, posiadające silnie rozwinięty handel i ruchliwą ludność, jednym słowem, odczuwające potrzebę publicznej komunikacji, dowodem czego było około tysiąca kursujących dorożek, a jednocześnie posiadające wszelkie dane, żeby przedsiębiorstwo komunikacyjne mogło należycie prosperować, — nie mogło zdobyć się przed wojną na odpowiedni środek masowej komunikacji.

Tak nieszczęśliwie składały się okoliczności, że zamierzenia Zarządu Miasta, mające na celu racjonalne rozwiązanie zagadnienia, zawsze trafiały na nieprzewidyżone przeszkody.

Wilno posiadało wprawdzie przed wojną tramwaj konny, uruchomiony w roku 1892 na zasadzie koncesji, udzielonej przez Zarząd Miejski niejakiemu Poljakowowi, właścicielowi podobnego przedsiębiorstwa w Białymstoku, lecz komunikacja ta, prowadzona w sposób bardzo pierwotny, nie zachęcała do korzystania z niej i nie grała większej roli.

Małe, niechlujnie utrzymywane wagoniki, podobne raczej do jakichś pudełeczek, toczyły się ze zgrzytem i piskiem po źle utrzymanym torze z minimalną szybkością. Długość trasy tramwajowej wynosiła ogółem ok. 8 km i składała się z 3 linii: od dworca kolejowego przez ul. Za-

walną do t. zw. Zielonego Mostu, od placu koło mostu na Zarzecze przez ul. Mickiewicza do Zwierzyńca i od placu Katedralnego przez ul. Antokolską na Antokol.

Ponieważ tory tramwajowe zajmowały główne ulice miasta, na których przysługiwało koncesjonariuszowi prawo wyłączności, przeto tramwaj ten był jedną z przeszkód do realizacji tramwajów elektrycznych, budowa których parokrotnie stawała na porządku dziennym.

Tramwaj konny przetrwał do 1916 roku i w roku tym został skasowany przez okupacyjne władze niemieckie.

Kiedy w 1903 roku została uruchomiona elektrownia miejska, ówczesny inżynier miejski p. W. Malinowski zaprojektował budowę linii tramwaju elektrycznego z dworca kolejowego przez ul. Wielką do placu Katedralnego, t. j. po ulicach, nie zajętych przez konny tramwaj, przyczem miał on być eksploatowany jako przedsiębiorstwo miejskie.

W tym czasie w Radzie Miejskiej polacy posiadali większość i przewodniczącym komisji inwestycji miejskich był polak, znany działacz wileński, Józef Montwiłł. Wszelkie projekty grupy polskiej spotykały się ze stałą opozycją grupy, w skład której wchodził rosjanie i inne wrogie nam narodowości. Ta ostatnia sprzeciwiała się budowie tramwaju w zarządzie miasta i proponowała system koncesyjny, a, będąc wspomaganą przez władze rosyjskie, potrafiła udaremnić usiłowania grupy polskiej.

W roku 1905 do władzy w samorządzie doszły czynniki wyłącznie polskie, prezydentem miasta został wybrany poraz pierwszy polak, Michał Węśławski; grupa polska uzyskała decydujące znaczenie i wpływy. Oczywiście obca większość zorganizowała się również, była stałą opozycją dla zasady i prowadziła między innymi zaciętą walkę na łamach miejscowej rosyjskiej gazety „Wileńskij Wiestnik”, popierana przez miejscowe władze, którym polski zarząd miejski był zawsze solą w oku.

Nowy Zarząd opracował obszerny plan inwestycji: wodociągów, kanalizacji, tramwajów elektrycznych, rzeźni i t. p., wykonał szczegółowe projekty tych urządzeń i w roku 1909 wystąpił o pozwolenie zaciągnięcia pożyczki. Jednakże Władze Nadzorcze w Petersburgu zgodziły się na zaciągnięcie pożyczki jedynie na wodociągi i kanalizację, odmawiając pozwolenia na zaciągnięcie pożyczek, potrzebnych na inne inwestycje, między innymi na tramwaje, motywując swoje stanowisko w sposób dość oryginalny, mianowicie, że chcą się przekonać, czy Zarząd Miejski będzie umiał dobrze gospodarować większymi przedsiębiorstwami.

Kilkoletnie starania w Petersburgu o pozwolenie na zawarcie pożyczki na budowę tramwajów elektrycznych doprowadziły, наконец, do pomyślnego wyniku w końcu 1913 roku. Zarząd Miejski przystąpił do organizacji biura budowy tramwajów, zaangażował głównego inżyniera budowy, lecz i tym razem nie doszło do realizacji przedsięwzięcia, gdyż wybuch wojny przekreślił te zamierzenia.

Opracowany w 1910 roku przez autora niniejszego artykułu projekt tramwajów przewidywał budowę linii, okalającej środek miasta (ul. Wielką, Mickiewicza, Zawalną), linii, przecinającej ten środek przez ul. Św. Jańską, oraz 7 odgałęzień radialnych: do dworca kolejowego, ul. Nowogrodzką, do Nowego Miasta, W. Pohulanką do Zakrętu, ul. Mickiewicza do Zwierzynca, ul. Kalwaryjską do Snipiszek, Antokolską do Antokola, oraz ul. Połocką na Zarczecz. Długość sieci tramwajowej miała wynosić około 20 km.

Jak wspominałem, wojna udaremniła tym razem daleko już posuniętą realizację tego projektu.

Po wojnie znaczenie Wilna uległo kardynalnej zmianie. Przemysł i handel upadł, sfera administracyjnego wpływu Wilna znacznie się zwężyła, miasto wyludniło się; w roku 1919 ludność Wilna spadła prawie do połowy i wynosiła 123 600 mieszkańców, następnie zaś poczęła wolno wzrastać i doszła w roku 1923 do 167 000 mieszkańców, w roku 1928 do 185 000, a obecnie liczy około 204 000.

Potrzeba publicznej komunikacji była więc nadal aktualna i rozwiązaniem tej sprawy w dalszym ciągu zajmował się Zarząd Miejski.

W tym okresie w Wilnie zjawiają się masowo drobni przedsiębiorcy, którzy uruchamiają pojedyncze autobusy.

Wydział drogowy przy Województwie Wileńskim, w kompetencji którego znajdował się ruch samochodowy, organizuje tych drobnych przedsiębiorców, ujednostajnia taryfę i porządkuje rozkład jazdy. Liczba autobusów szybko się zwiększa, dochodzi do 107 różnorodnych typów, przeważnie Chevroletek i Fordów. Były to autobusy małe, mieszczące przeciętnie około 13 pasażerów, i obsługiwały trasę ogólnej długości około 30 km.

Wszyscy ci drobni przedsiębiorcy dobijali się o pozwolenie na kursowanie ich wozów po głównej trasie od dworca kolejowego przez ul. Mickiewicza, to też gęstość ruchu staje się tutaj bardzo dużą i autobusy kursują w parominutowych odstępach. Ponieważ jednak Urząd Wojewódzki uzależniał kursowanie na tej głównej arterji od obsługiwania również i drugorzędnych szlaków, przeto całe miasto zyskało niezłą komunikację, którą jednak można było uważać za prowizorium.

Należy tutaj zanotować, jako ciekawą próbę zmotoryzowania tramwaju, wyposażenie jednego z wagoników tramwaju konnego w silnik samochodowy według projektu zarządzającego wydziałem technicznym m. Wilna inż. Piegutkowskiego. Jeden taki wagonik zwany popularnie „piegutką” kursował blisko 1 rok na linii antokolskiej.

Taki stan nie mógł trwać długo i Zarząd Miasta, chcąc zasadniczo rozwiązać sprawę, musiał zanalizować, jaki środek publicznej komunikacji nadaje się lepiej dla Wilna: autobus czy tramwaj. Sprawie tej poświęcono dużo czasu, ożywna dyskusja była prowadzona nie tylko w łonie Rady Miejskiej, lecz i nazewnątrz; kwestja ta była żywo debatowana również w gazetach i na odczytach.

Przeważyli zwolennicy autobusów i w roku 1931 została oddana koncesja na przeciąg 10 lat na eksploatację autobusów T-wu Miejskich Międzydzielowych Komunikacji Autobusowych, za którym stała Szwajcarska Firma Saurer, — produkująca autobusy z silnikami dyslowskimi.

Towarzystwo to pobudowało duży garaż i warsztaty reparacyjne i w roku 1932 uruchomiło przedsiębiorstwo taborem, składającym się z 33 wozów.

Nie mogę wydać opinii, czy komunikacja ta jest dla miasta wystarczająca, czy obsługuje całe miasto i czy jest dostępna dla wszystkich, wiem tylko, że przedsiębiorstwo pracuje z deficytem, a liczba przewiezionych pasażerów i wykonanych wozokilometrów rocznie jest parokrotnie mniejsza, niż naprz. w liczącym mniej więcej tyle samo mieszkańców Krakowie; można więc z tego wynioskować, że miasto nie jest dostatecznie obsłużone, gdyż, jeśli nawet przyjąć, że długość trasy (18 km) jest wystarczająca, to liczba wozów i co zatem idzie wozokilometrów jest zbyt mała.

Liczbajazd, przypadająca na 1-go mieszkańca rocznie wyniosła w 1934 roku niecałe 30 — cyfra bardzo mała, świadcząca, że ludność mało korzysta z autobusów.

Przyczyny tego należy szukać przede wszystkim w tem, że autobusy są zasadniczo drogim środkiem komunikacji, podczas, gdy ludność Wilna w przeważającej ilości jest niezamożna. W Wilnie podraża koszty zła nawierzchnia ulic, gdyż z 18 kilom. trasy autobusowej tylko na 2 kilometrach ułożony jest gładki bruk, reszta zabrukowana jest zwykłymi kocimi łbami.

Rezultatem musi być droga taryfa. Taryfa wynosi od 15 gr. do 40 gr., co dla Wilna jest zbyt drogo; komunikacja więc obecna jest dostępna dla zbyt małej liczby osób.

Ponieważ do expiracji koncesji pozostaje jeszcze kilka lat, jest więc dość czasu dla zdania sobie sprawy, jaką drogą należy kroczyć na przyszłość: drogą szynowej, czy bezszynowej komunikacji. Zarząd Miejski posiada już bezwątpienia cenne dane i dużo doświadczenia dla konkretnego przekalkulowania kosztów komunikacji autobusowej w warunkach miejscowych. Być może przez tych parę lat wyjaśni się sytuacja finansowo-gospodarcza kraju i będzie można zdać sobie sprawę, czy znajdują się potrzebne fundusze na brukowanie ulic, lub też na budowę tramwaju elektrycznego i wtedy będzie można drogą już ściślej kalkulacji ustalić, jaki jest najodpowiedniejszy środek komunikacji dla Wilna. Nie ulega bowiem wątpliwości, że tylko kalkulacja handlowa jedynie może oświetlić to zagadnienie należycie.

Przy tem porównaniu koniecznym będzie przestudowanie sprawy trolejbusów, które w warunkach wileńskich mogą być specjalnie interesujące, jako komunikacja tańsza od autobusowej, pozwalająca na uniezależnienie się od dostawy płynnego paliwa, a będąca cennym odbiorcą dla miejskiej elektrowni. W terenowych warunkach wileńskich możliwość odzyskiwania energii grać może pod względem potanienia eksploatacji dużą rolę, wreszcie może być nie bez znaczenia ta okoliczność, że trolleybusy nie będą zatruwały gazami powietrza miasta, posiadającego dużą ilość wąskich ulic.

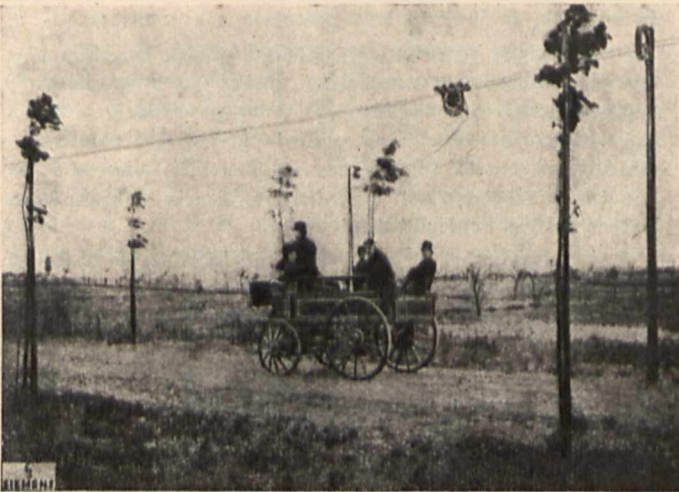
Nowy środek komunikacyjny – trolejbus

Inż. Z. Grabiński

Streszczenie. Szybki rozwój trolejbusu w Anglii i Stanach Zjednoczonych zwrócił uwagę całego świata technicznego na ten nowy środek komunikacji. Posiadając cały szereg zalet w stosunku do tramwaju i autobusu tak pod względem technicznym, jak i finansowym, trolejbus zaczął z powodzeniem konkurować na terenie komunikacji miejskiej i ma wszelkie widoki wielkiego rozwoju na przyszłość. W poniższym referacie opisuje w skróceniu dotychczasowy rozwój tego środka lokomocji, jego cechy i zalety oraz jego konstrukcję w tym stanie, w jakim się ona w obecnej chwili znajduje.

1. Rozwój komunikacji trolejbusowej.

Pierwszy trolejbus, czyli wóz elektryczny, przeznaczony do przewozu pasażerów i poruszający się nie na szynach, tylko wprost na jezdni, próbowany był przez Wernera Siemensa w Berlinie w roku 1882 (rys. 1), a następnie około 1900 r. przez inż. M. Schiemanna też w Niemczech.



Rys. 1.
Wóz próbny W. Siemensa (1882 r.).

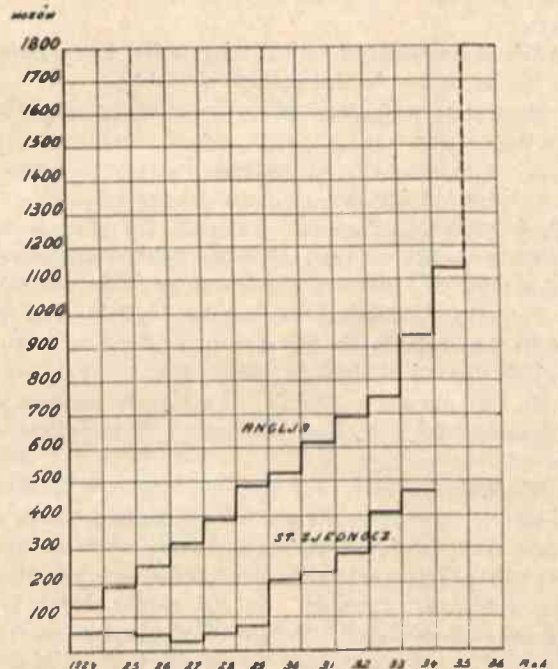
W parę lat później podobne próby były wykonywane w Ameryce przez „Eastern Trackless Trolley Comp.” (1902) oraz w Austrii przez inż. Stoll'a (1908 r.). Następnie aż do wybuchu wielkiej wojny powtarzane były w rozmaitych państwach sporadyczne próby wprowadzenia tego środka komunikacji i chociaż, w niektórych wypadkach, zdołano uruchomić stałą komunikację trolejbusową, która nawet w wyjątkowych razach zdołała przetrwać do czasów obecnych, jednak w przeważnej ilości wszystkie te próby całkowicie zawiodły i trolejbus nie robił najmniejszej konkurencji panującemu wówczas niepodzielnie w tej dziedzinie tramwajowi.

Dopiero wielka wojna zmieniła całkowicie warunki rozwoju trolejbusu i rok 1920 należy uważać za właściwy początek wejścia jego do komunikacji miejskiej. Powodem tego były: z jednej strony, złe warunki finansowe, w jakich się znalazły po wojnie towarzystwa przewozowe, gdy, mając zniszczony tabor i sieć szynową, musiały uciec się do tańszych środków zaspokojenia żądań komunikacyjnych mieszkańców miast, z drugiej zaś strony wielki rozwój techniczny samochodów ciężarowych i autobusów podczas wojny i związane z tem ulepszenia w konstrukcji karoserji, podwozi autobusowych i opon gumowych. Pozatem ważną także rolę odegrał tutaj postęp w budowie silników elektrycznych.

Najszybszy rozwój trolejbusów wykazała i obecnie pierwsze miejsce pod tym względem zajmuje *Anglia*, która

w tej dziedzinie zaprzeczyła utartej opinii o swej konserwatywności. Jeżeli spojrzymy na krzywą liczby wozów trolejbusowych w Anglii (rys. 2), to widać gwałtowny jej wzrost, a kształt jej w obecnych czasach gwarantuje na przyszłość daleko większy jeszcze ich rozwój. W roku 1924 było 14 towarzystw transportowych, używających trolejbusów, i kursowało 135 wozów, a w roku 1935 było 34 takich przedsiębiorstw i kursowało 1 138 wozów.

Z tej liczby przedsiębiorstw 9 było takich, które używają trolejbusów jako jedyne go środka przewozowego. Następnie 30 przedsiębiorstw zamierza w przyszłości częściowo lub



Rys. 2.
Ilość wozów trolejbusowych w Anglii i St. Zjednoczonych.

w całości zastosować trolejbusy, a na rok bieżący projektowana liczba wozów, przeznaczonych do ruchu, wynosi 1 800 sztuk. Jak duża jest to liczba, można się zorientować, biorąc pod uwagę, że jest to 1/6 wszystkich kursujących w Anglii wozów tramwajowych. Klasycznym przykładem rozwoju trolejbusów jest Londyn, gdzie w roku 1931 uruchomiono 60 trolejbusów zamiast kilku linii tramwajowych. Ponieważ wyniki tego posunięcia okazały się korzystne, przystąpiono do dalszej zamiany tramwajów na trolejbusy, bądź do budowy nowych linii i obecnie jest projektowane uruchomienie 265 km linii trolejbusowych i 720 wozów, czyli czwarta część kursujących w tej chwili wozów tramwajowych.

Podobnie silny rozwój ruchu trolejbusowego miał miejsce i w *Stanach Zjednoczonych*, gdzie, jak widać z krzywej (rys. 2), od roku 1929 przybywała i przybysza wciąż dotąd duża liczba wozów.

W roku 1928 było 56 wozów kursujących, zaś w 1934 — 478 wozów i 22 przedsiębiorstwa komunikacyjne, eksploatujące trolejbusy. Istnieje w Stanach Zjednoczonych także wiele miast (Indianapolis, Chicago), gdzie zastąpiono trolejbusami sporą część dotychczasowych linii tramwajowych, a także są niektóre miasta, w których trolejbusy są jedynymi środkami komunikacyjnymi. Zamiany tramwajów na trolejbusy miały miejsce przeważnie tam, gdzie ze względu na zużycie szyn tramwajowych przyszedł czas na ich wymianę, a

także tam, gdzie chciano powiększyć szybkość i gęstość komunikacji.

Rozwój trolejbusów w innych krajach poza Anglią i Stanami Zjednoczonymi, chociaż wszedł już w ostatnich czasach na drogę normalnej eksploatacji, wyraża się liczbami znacznie mniejszemi.

W Belgii, w Liège, przedsiębiorstwo komunikacyjne zdecydowało się na zamianę większej liczby linii tramwajowych na trolejbusowe. Uruchomiono dotychczas 5 linii o łączne długości 26 km, obsługiwanych przez ok. 30 wozów. W Antwerpii kursuje 10 wozów. W Niemczech w roku 1930 uruchomiono pierwszą linię trolejbusową Mettmann — Gruiten w Nadrenji, długości 5,8 km, biegnącą po terenie górzystym i posiadającą dużą ilość luków, następnie w r. 1932 puszczono w ruch drugą linię Idar — Tiefenstein, a obecnie oprócz powyższych kursują także 2 linie w Berlinie, jedna otwarta w 1934 r., a druga w 1935. W Düsseldorfie ma być wkrótce otwarta nowa linia trolejbusowa, a doświadczenia z dotychczasowych eksploatacji są tak dodatnie, że należy się spodziewać w Niemczech dużego rozwoju trolejbusów. We Włoszech próbna linia w Turynie kursuje od 1931 r. W Wenecji liczba kursujących trolejbusów ma wynosić 21 wozów, zaś miasto Livorno przechodzi całkowicie z tramwajów na trolejbusy i w tym celu zamówiło już w 1935 roku 35 wozów w fabrykach Fiata. Poza tym trolejbusy są w ruchu w Medjolanie, Vicenza, Trieste i t. d., a ogólna liczba wozów kursujących we Włoszech wynosi powyżej stu.

We Francji eksploatacja trolejbusów znajduje się raczej w fazie prób, ale próby te wykonywa 10 przedsiębiorstw komunikacyjnych, uruchamiających razem 35 wozów. W Polsce w roku 1929 została uruchomiona jedna linia w Poznaniu o długości 2,2 km, która dotychczas jest w ruchu, lecz więcej prób w tym kierunku nie czyniono.

Oprócz powyżej wymienionych państw próbne wozy lub też całe linie trolejbusowe uruchamiano w Austrii, Szwajcarii, Danji (Kopenhaga), Peru, Columbji, Japonji (3 towarzystwa eksploatujące), Indjach, Chinach, pol. Afryce i t. d. Liczba wozów, kursujących obecnie, na całym świecie wynosi powyżej 2½ tys. sztuk.

Z powyższego wynika, że trolejbus, ogólnie mówiąc, dawno już wyszedł z okresu prób i w obecnej chwili zaczyna zajmować coraz poważniejsze miejsce pośród innych środków komunikacyjnych, chociaż jego szczegóły konstrukcyjne nie zostały jeszcze dotychczas ustabilizowane i przechodzą obecnie cały szereg doniosłych prób i doświadczeń. Według ogólnie przyjętego zdania trolejbus posiada cały szereg zalet, wyprzedzających pod niektórymi względami tramwaj i autobus, stawiających go, przy odpowiednich warunkach, na czele wszystkich środków komunikacyjnych.

2. Zalety trolejbusu.

Sprawa zalet względnie wad poszczególnych środków komunikacyjnych: tramwaju, autobusu i trolejbusu, a także kwestja, jaki środek komunikacyjny jest najlepszy do danych warunków lokalnych i gospodarczych, jest za obszerną, ażeby można było ją tutaj w całości omawiać. Nieco obszerniej poruszyłem ją w swoim referacie, wygłoszonym w marcu r. b. w Stowarzyszeniu Elektryków w Warszawie^{*)}. Tutaj chcę przypomnieć jedynie ogólne zasady tej kwestji i specjalnie te szczegóły, które dotyczą trolejbusów.

Trolejbus nowoczesnej konstrukcji był budowany wtedy, gdy na taborze tramwajowym i autobusowym dokonano już wielu doświadczeń; konstruktorzy trolejbusu wzięli zatem od swych współzawodników wszystko to, co okazało się

najlepsze w tramwajach i autobusach, oraz to, ku czemu dążyły wysiłki tych dwóch środków komunikacji. To dało oczywiście przewagę nad pozostałymi środkami, tembardziej, że w stosunku do tramwaju wóz trolejbusowy jest znacznie tańszy, może być więc częściej wymieniany, a co za tem idzie — bardziej nowoczesnie budowany.

Zastosowanie więc np. lekkich metali przy budowie karoserji trolejbusów, a także bardzo lekkich szybkoobrotowych silników, zmniejszyło znacznie wagę samego wozu; szybki rozruch samoczynny silników, który w próbach dopiero znajduje się w wozach tramwajowych, tutaj został bardzo szeroko zastosowany, powiększając przyspieszenie rozruchu wozu.

Te i tym podobne inowacje sprawiają, że wozy trolejbusowe, szczególnie w stosunku do starego taboru tramwajowego, są o klasę lepszym środkiem komunikacji. Pomijając jednak te względy, o których zresztą będę mówił przy opisie konstrukcji, rozpatrzmy, jakie dobre, ewentualnie złe strony ma on w stosunku do tramwaju czy autobusu, biorąc pod uwagę jego cechy zasadnicze.

Porównując trolejbus z tramwajem, mówimy, że jest to tramwaj idący bez szyn, na oponach pneumatycznych, mający zato 2 przewody jezdne. Jako wóz, mogący poruszać się swobodnie po jezdni, ma on dużą przewagę nad tramwajem, szczególnie tam, gdzie ruch uliczny jest wzmożony, ulice są niezbyt szerokie, a tramwaj zmuszony jest posuwać się nie według własnej prędkości, lecz stosować się do prędkości innych pojazdów, idących po szynach. Możliwość swobodnego poruszania się po jezdni (patrz rys. 3), pozwala tro-



Rys. 3.
Jeden z wozów berlińskich,
wymijający samochód ciężarowy (A. E. G.).

lebusowi podjeżdżać do brzozy chodnika, aby zabrać pasażerów, co w niektórych wypadkach przedstawia bardzo dużą zaletę, a poza to, w razie uszkodzenia jednego wozu, nie zatrzymuje całego sznura innych. Wiemy wszyscy, jakie to w ruchu tramwajowym sprawia trudności. Poza to trolejbus posiada bardzo duże przyspieszenie rozruchu i opóźnienie hamowania — większe, niż tramwaj i autobus, co jest korzystne przy dużym ruchu ulicznym oraz przy małych odległościach międzyprzystankowych. Wyższość nad tramwajem pochodzi stąd, że trolejbus, jako umieszczony na oponach gumowych, ma większy współczynnik przyczepności od tramwaju, którego żelazne koła toczą się po żelaznych szynach. W porównaniu z autobusem, który tak samo jak on zaopatrzone jest w gumowe opony, posiada trolejbus większe przyspieszenie ruszania, gdyż podczas rozruchu autobusu siła rozruchowa waha się w bardzo dużych granicach, spadając nawet w chwili przełączania biegów do zera. Przy rozruchu

^{*)} „Przebieg Elektrotechniczny” Nr. 7 i 8 z roku 1936. „Walka różnych środków przewozowych w komunikacji miejskiej”.

silnika elektrycznego siła rozruchowa nigdy do zera nie spada, tylko waha się w pewnych granicach. Jeżeli oporników rozruchowych jest dosyć dużo, a przy automatycznym rozruchu niektórych trolejbusów zachodzi właśnie ten wypadek, wtedy cały rozruch odbywa się prawie ze stałą — maksymalną siłą rozruchową. Liczbowo sprawa ta przedstawia się tak, że podczas gdy autobus ma średnie przyspieszenie rozruchu $0,6 \div 0,8 \text{ m/sek.}^2$, tramwaj obecnie budowany $0,7 \div 0,9 \text{ m/sek.}^2$, to wszystkie trolejbusy mają przyspieszenia powyżej $1,0 \text{ m/sek.}^2$, a w niektórych dochodzi ono do $1,5 \text{ m/sek.}^2$ w St. Zjednoczonych do $2,3 \text{ m/sek.}^2$. Opóźnienie hamowania trolejbusów wynosi od $1,0 \div 2,0 \text{ m/sek.}^2$, a podczas próby udało się osiągnąć $4,2 \text{ m/sek.}^2$.

Biorąc wszystko powyżej powiedziane pod uwagę, jasnym staje się, że trolejbus musi być najszybszym środkiem komunikacji miejskiej po ulicach (oprócz naturalnie tramwaju poruszającego się po własnym torowisku), szczególnie wtedy, gdy ruch na ulicach jest specjalnie utrudniony.

W obecnie istniejących liniach trolejbusowych prędkość średnia handlowa wynosi $15 \div 20 \text{ km/godz.}$, podczas gdy prędkość autobusów — $13 \div 17 \text{ km/godz.}$ a tramwajów — $12 \div 15 \text{ km/godz.}$ W stosunku do autobusów, tam, gdzie linia przechodzi przez wzniesienia, trolejbus ma przewagę dzięki właściwościom szeregowego silnika elektrycznego, który przy zmniejszaniu obrotów automatycznie powiększa moment obrotowy. Skutek jest taki, że trolejbus znacznie prędzej przebywa każde wzniesienie, niż autobus; np. autobus i trolejbus które na poziomie mają jednakową prędkość ustaloną 45 km/godz. , na wzniesieniu 8% autobus jedzie z prędkością 22 km/godz. a trolejbus — 36 km/godz.

Właśnie z powodu tych zalet trolejbusu, jako szybkiego środka komunikacji, zdecydowano się zamienić niektóre linie tramwajowe w Londynie i w Liège na trolejbusowe. Dzięki temu w Londynie osiągnięto powiększenie prędkości handlowej z 17 km/godz. na 19 km/godz. , a w Liège, gdzie teren jest górzysty i ruch utrudniony, z 10 km/godz. na 15 km/godz. , oszczędzając w ten sposób 35% kursującego taboru.

Porównując dalej trolejbus z tramwajem, widzimy znaczną różnicę w kapitale inwestycyjnym przy budowie nowej linii, oraz w kosztach utrzymania i amortyzacji. W koszcie budowy linii trolejbusowej odpada zupełnie pozycja budowy torów szynowych, co stanowi połowę inwestowanego kapitału. Powiększa się co prawda koszt budowy sieci jezdnej ze względu na dwa przewody jezdne, ale powiększenie to wynosi tylko około 20% , a poza tym wozy trolejbusowe, jako lżejsze budowane, są znacznie tańsze od tramwajowych.

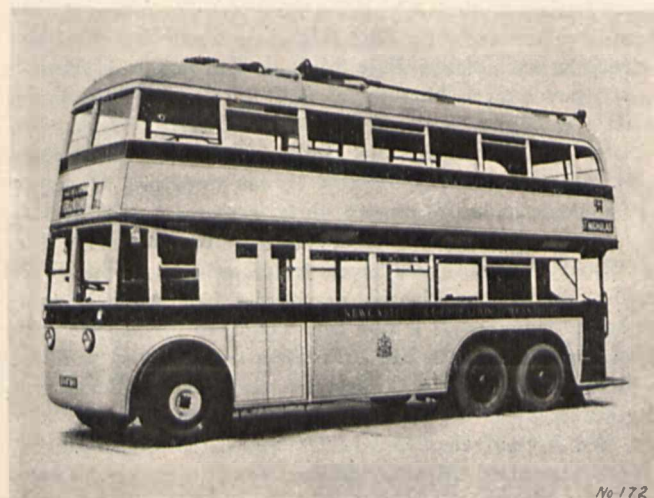
W porównaniu z tramwajem trolejbus daje także publiczności większą wygodę przez lepsze odsprężynowanie oraz bardziej komfortowe urządzenie wnętrza i z tego powodu wszędzie, gdzie zastąpiono tramwaj trolejbusem, frekwencja publiczności wyraźnie wzrastała.

Jako pewnego rodzaju wadę trolejbusa należy przytoczyć konieczność bardzo starannego utrzymywania stanu izolacji urządzeń elektrycznych, gdyż, wobec braku w nim naturalnego uziemienia poprzez koła jezdne, uszkodzenie izolacji może być specjalnie niebezpieczne.

W porównaniu z tramwajem, poważną wadę trolejbusu stanowi jego większe zużycie energii, spowodowane przez większy współczynnik oporu trakcji oraz przez większe spadki napięcia w trolejbusowej sieci powrotnej.

Porównując trolejbus z autobusem, widzimy, że oprócz przytoczonych powyżej zalet pod względem osiągniętych prędkości jezdnych trolejbus jest znacznie prostszy konstrukcyjnie, tak jak znacznie prostszym jest silnik elektryczny od benzynowego. Z tego więc powodu jest łatwiejszy w prowadzeniu, pewniejszy w użyciu, mniej wymaga na-

praw od autobusu i ma znacznie dłuższy czas amortyzacji. Nie wymaga każdorazowego uruchamiania silnika przy wyjeździe z zajezdni, co przy autobusach, szczególnie w zimie, przedstawia pewne trudności. Mniej jest też wrażliwy na zmiany temperatury, a przede wszystkim na mróz. Silnik trolejbusu pracuje znacznie ciszej i spokojniej, nie wydzielając gazów spalinowych, które szczególnie przy silnikach na ciężkie paliwo utrudniają znacznie, a nawet często wogóle uniemożliwiają zastosowanie autobusów w mieście. Dla krajów, nie posiadających własnej ropy, autobus jest konsumentem towarów zagranicznych, gdy trolejbus zużywa



Rys. 4.
Wóz w Newcastle. 65 miejsc siedzących
(Karrier Motors Ltd).

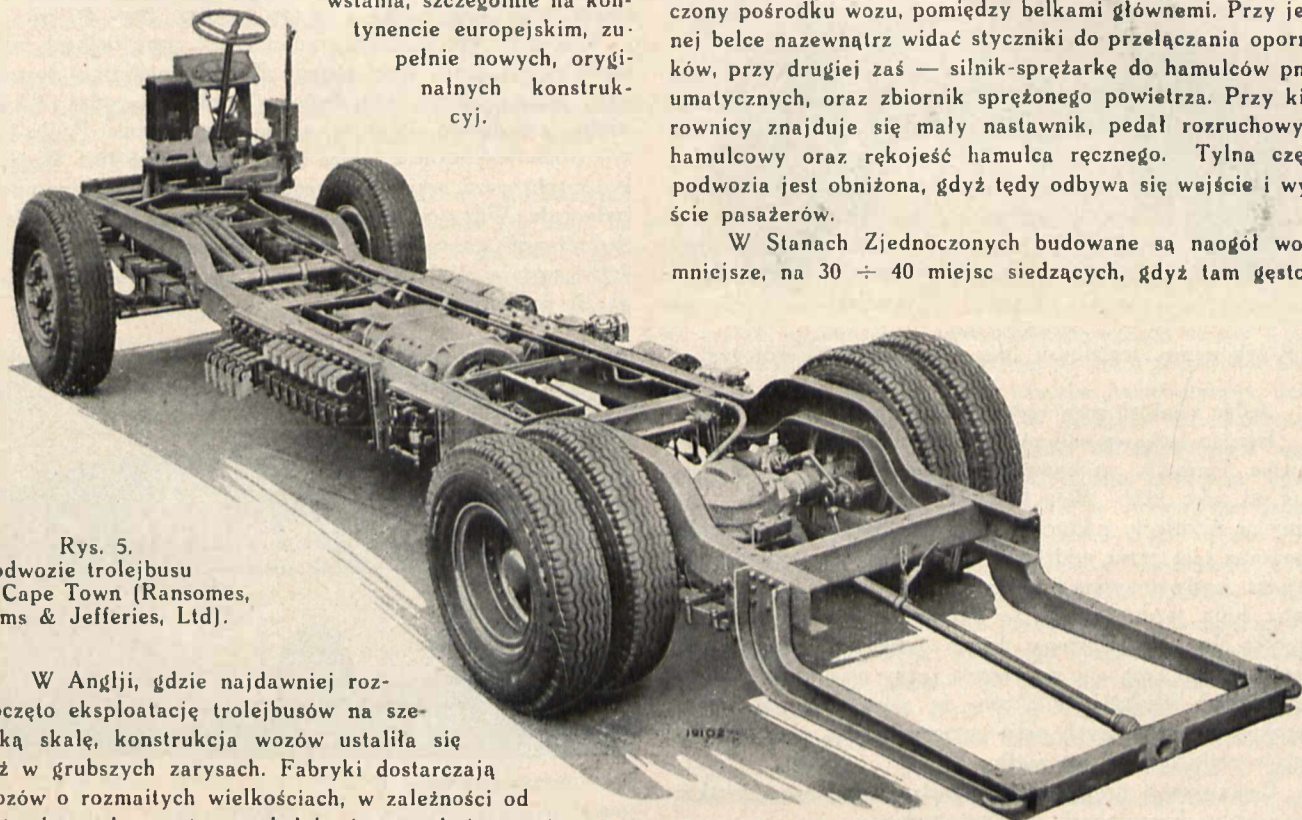
energję elektryczną, wytwarzaną w kraju. Ten ostatni wzgląd odgrywa bardzo ważną rolę przy porównywaniu tych dwóch środków komunikacyjnych przez czynniki gospodarcze Anglii i Niemiec. U nas nie powinien być także pomijany, gdyż, chociaż mamy własne złoża naftowe oraz węglowe, nafta czy benzyna, jako materiały znacznie cenniejsze, powinny być raczej przeznaczane na eksport lub spożywane wewnątrz kraju do celów motoryzacyjnych i lotniczych, a na pozostałych odcinkach zastępowane energją elektryczną.

Przechodząc do kwestji najważniejszej, do porównania trolejbusu z autobusem i tramwajem pod względem finansowym, stwierdzić należy, co następuje: linja autobusowa wymaga najmniejszych kosztów zakładowych, trolejbusowa — większych, a tramwajowa — najniższych. Z drugiej zaś strony, pomijając koszty zakładowe, kosztu przewozu 1 pasażera są w tramwaju najmniejsze, trolejbusie średnie, a w autobusie największe, więc i najtańszym środkiem komunikacji przy frekwencji publiczności największej będzie tramwaj, przy frekwencji średniej — trolejbus, a przy najmniejszej — autobus. Sprawa ta, tak postawiona, została już o tyle wszechstronnie dotychczas zbadana, że nie ulega ona w swej zasadzie najmniejszej wątpliwości. Granic jednak pomiędzy minimum kosztów dla poszczególnych środków komunikacyjnych ustalić dokładnie nie można, gdyż ulegają one znacznym wahaniom w zależności od warunków gospodarczych poszczególnych państw i lokalnych — miast. W obecnej chwili można średnio przyjąć, że trolejbus będzie miał minimum kosztów przy gęstościach ruchu od 5 do 25 minut odstępu pomiędzy kolejnymi pojazdami. Poniżej 5 minut najtańszy jest tramwaj, powyżej 25 minut autobus. Jak widzimy, zakres najkorzystniejszych warunków dla trolejbusu jest bardzo obszerny, i to, a także inne zalety jego, wróżą mu na przyszłość wielki rozwój.

3. Konstrukcja trolejbusów.

a) Pudło i podwozie.

Ponieważ trolejbus, jak wyżej mówiłem, powstał z tramwaju i z autobusu, więc i konstrukcja jego w pierwszej fazie swego rozwoju wzorowana była na tych dwóch, dawno wypróbowanych środkach lokomocji. Z chwilą jednak, gdy liczba wozów trolejbusowych rosła, zaczęto myśleć o zupełnie nowych, specjalnie przystosowanych do warunków ruchu trolejbusu, konstrukcjach i obecnie jesteśmy świadkami powstania, szczególnie na kontynencie europejskim, zupełnie nowych, oryginalnych konstrukcji.



Rys. 5.
Podwozie trolejbusu
w Cape Town (Ransomes,
Sims & Jefferies, Ltd).

W Anglii, gdzie najdawniej rozpoczęto eksploatację trolejbusów na szerokiej skale, konstrukcja wozów ustaliła się już w grubszych zarysach. Fabryki dostarczają wozów o rozmaitych wielkościach, w zależności od potrzeby ruchu, parterowych lub piętrowych (te ostatnie podobnie, jak tramwaje i autobusy piętrowe, są bardzo szeroko w Anglii używane). Wszystkie miejsca wozie są siedzące, gdyż publiczność angielska nie jest przyzwyczajona do stania podczas jazdy.

Wozy mniejsze osadzone są na 2 osiach i posiadają ok. 35 miejsc, gdy są parterowe, i — 50 ÷ 60 miejsc, gdy są piętrowe. Wozy większe mają 3 osie (z których dwie tylne są pędne) i mieszczą w sobie 60 ÷ 70 siedzących pasażerów, a największy dotychczas zbudowany wóz, który kursuje w Londynie, ma 74 miejsca siedzące.

Zewnętrzny wygląd wozu, rozkład drzwi wejściowych i wyjściowych, oraz układ ławek jest podobny do dotychczas budowanych, dość stereotypowych autobusów angielskich.

Silnik umieszczany bywa sprzodu pod maską, jak w autobusie, lub też pod podłogą wozu. Umieszczenie silnika sprzodu pozwala na lepszą jego wentylację, łatwiejsze utrzymanie w czystości, lecz utrudnia prawidłowe rozwiązanie kabiny prowadzącego wóz. Umieszczenie silnika pośrodku wozu, pod podłogą, nie pozwala konstruktorowi wozu na dosyć niską podłogę, a z drugiej strony każe budować silnik możliwie najniższy. Napęd tylnej osi przy wozie dwuosiowym odbywa się przy pomocy wału kardanowego oraz dyferencjału i pod tym względem umieszczenie silnika pod podłogą jest wygodniejsze, gdyż zmniejsza długość wału kardanowego i dlatego jest ostatnio przeważnie stosowane. W wypadku wozu trzyosiowego, gdy dwie osie są napędzane, napęd odbywa się także zapomocą wału kardanowego, każda z osi pędnych

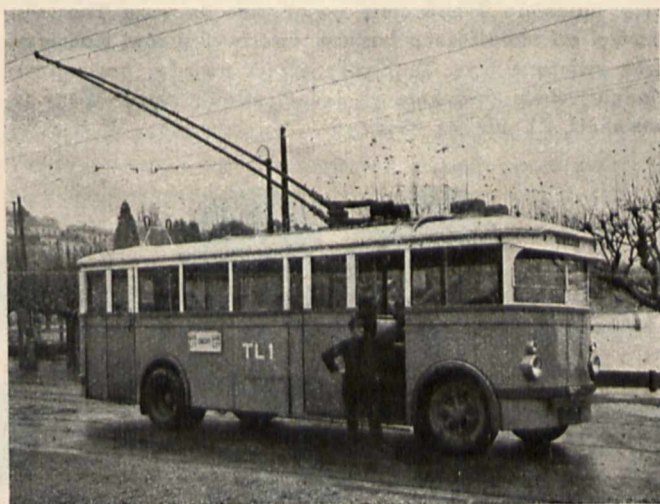
posiada swój dyferencjał, a w celu wzajemnego uniezależnienia ich ruchu od siebie, znajduje się jeszcze pomiędzy nimi trzeci dyferencjał. Oczywiście konstrukcja napędowa jest tutaj ogromnie skomplikowana, ale chce ona umożliwić niezależność każdego koła pędnego i przez to zmniejszyć zużycie opon i możliwość zarzucania.

Niektórzy konstruktorzy, ażeby uprościć konstrukcję, nie stosują tego trzeciego dyferencjału.

Typowe, jedno z nowszych angielskich podwozi trolejbusowych, przedstawia rys. 5. Widzimy w nim silnik, umieszczony pośrodku wozu, pomiędzy belkami głównymi. Przy jednej belce nazewnątrz widać styczniki do przełączania oporników, przy drugiej zaś — silnik-sprężarkę do hamulców pneumatycznych, oraz zbiornik sprężonego powietrza. Przy kierownicy znajduje się mały nastawnik, pedał rozruchowy i hamulcowy oraz rękojeść hamulca ręcznego. Tylne podwozia jest obniżona, gdyż tędy odbywa się wejście i wyjście pasażerów.

W Stanach Zjednoczonych budowane są naogół wozy mniejsze, na 30 ÷ 40 miejsc siedzących, gdyż tam gęstość

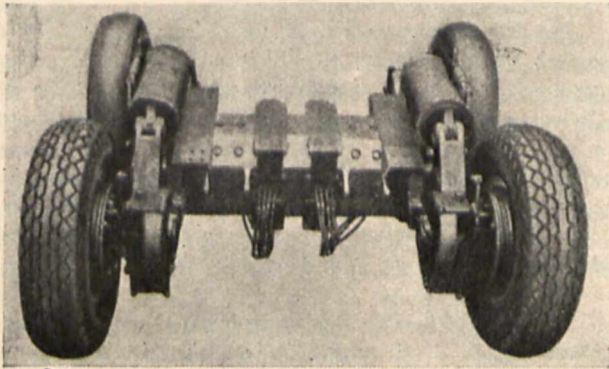
ruchu trolejbusowego bywa większa; przeważnie wyglądem swoim przypominają one raczej tramwaj, niż autobus. Stosowana jest tam w dużym stopniu jednoosobowa obsługa i dlatego wejście jest z reguły sprzodu, przy kierowcy. Wyjście znajduje się pośrodku wozu, a drzwi zamykane są pneumatycznie. Silnik napędza tylną oś przy pomocy dyferencjału i wału kardanowego, a także stosowana bywa konstrukcja,



Rys. 6.
Trolejbus w Lozannie (Brown, Boveri).

podobna do najnowszego wozu uruchomionego w Berlinie (rys. 8 i 9), o którym będę mówił poniżej.

Na kontynencie, poza Włochami i Niemcami, próbne linje trolejbusowe obsługiwane są przeważnie małymi parterowymi wozami, osadzonemi na dwóch osiach, z których tylna jest napędzana przy pomocy dyferencjału.



Rys. 7.

Wózek pędny trolejbusu Idar-Tiefenstein (Uerdingen).

Jeden z takich wozów przedstawia rys. 6.

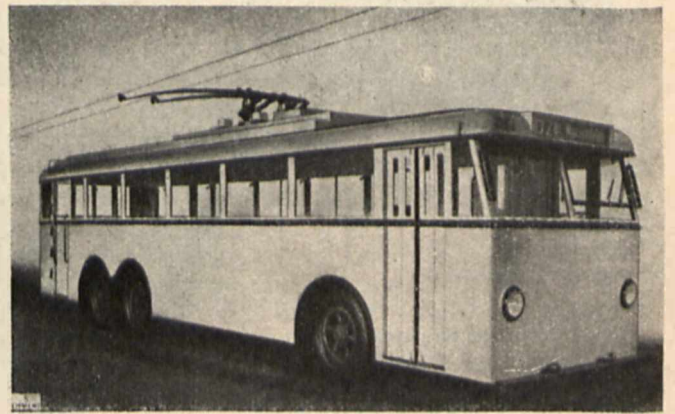
Bardzo ciekawą natomiast konstrukcją jest wóz włoski systemu Turinelli, próbowany na większą skalę w Medjolanie od roku 1931. Wóz ten jest dużych rozmiarów, osadzony na 6 kołach, z których 4 tylne są pędne. Każde koło napędzane jest przez oddzielny silnik o osi prostopadłej do kierunku jazdy, przytem przekładnia zębata znajduje się wewnątrz koła jezdnego tak, że korpus silnika bezpośrednio przytyka do koła. Korpusy dwóch sąsiednich silników, są ze sobą mocno związane i stanowią jakby osie wozu, a dwie grupy takich silników, połączone ze sobą, stanowią wózki czterokołowe, na których przy pomocy bardzo elastycznych resorów umieszczone jest pudło.

Ciekawymi i oryginalnymi konstrukcjami są wszystkie typy wozów, kursujących w Niemczech.

Pierwsza linja trolejbusowa Mettmann — Gruiten została zaopatrzona w wozy 6-cio kołowe o 30 miejscach siedzących i 17 stojących. Silnik w nich umieszczony został pod pudłem na wzór angielskich i napędzał przez wał kardanowy i dyferencjał jedną tylko oś, która z każdej swej strony napędzała przy pomocy przekładni kół zębatych cylindrycznych po dwa koła pędne. Ulepszeniem tej konstrukcji były wozy drugiej linii niemieckiej Idar — Tiefenstein, gdzie uniknięto dyferencjału i, podobnie do wozu Turinelli, zamiast osi umieszczono korpusy dwóch wirników, mocno ze sobą związane (rys. 7). Każdy wirnik napędza przez przekładnię zębatą dwa koła po jednej stronie wozu. Wozy te posiadają 24 miejsca siedzące i 26 stojących. W trzeciej

linji niemieckiej (Spandau — Staaken) zastosowano wozy 6-cio kołowe o bardzo dużej pojemności, bo, chociaż parterowe, lecz mieszczące 40 osób siedzących i 30 stojących. Tutaj napęd jest podobny do typowego angielskiego (wał kardana, dyferencjał) z tą tylko różnicą, że zamiast jednego silnika umieszczono dwa we wspólnym korpusie pod podłogą wozu. Oczywiście to jeszcze bardziej skomplikowało konstrukcję. Prawdopodobnie dlatego najnowsze wozy berlińskie (Marienfelde — Breitenbach), wozy, które mają także bardzo dużą pojemność (36 m. siedzących i 34 stojące) mają konstrukcję jeszcze inną i bardzo ciekawą (rys. 8 i 9).

Posiadają one 2 silniki, umieszczone przy belkach podwozia po ich zewnętrznej stronie. Każdy z nich przy pomocy wału przegubowego oraz dwóch ślimaków napędza 2 koła jezdne, znajdujące się po tej samej stronie wozu. Pudło jest całkowicie wykonane z żelaza i wóz waży tylko 10 t. Wejście jest z tyłu wozu, wyjście z przodu, drzwi — sterowane pneumatycznie. Wóz jest pozatem tak urządzony, że umożliwia obsługiwanie go całkowicie przez jedną osobę. Wtedy tylne drzwi zostają zamknięte na stałe, a wyjście i wejście odbywa się przy kierowcy.



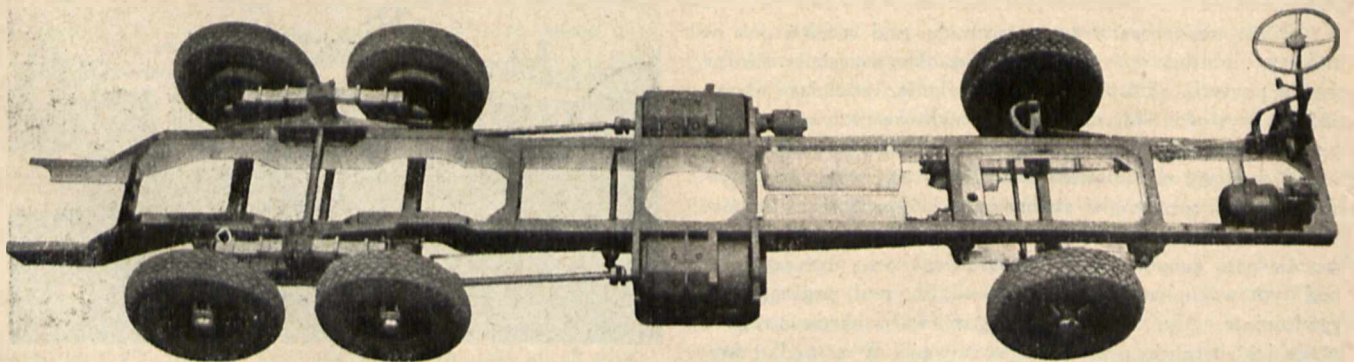
Rys. 8.

Najnowszy wóz berliński z r. 1935. Długość pudła 10,7 m. 36 m. siedz., 34 stoj. (Siemens i M. A. N.).

b) Silniki.

Silniki, stosowane do napędu trolejbusów, bywają szeregowo i szeregowo-bocznikowe. Te ostatnie umożliwiają odzyskiwanie energii, traconej podczas rozruchu i hamowania.

Naogół w trolejbusach procentowa wielkość odzyskanej energii przy stosowaniu silników szeregowo bocznikowych jest mniejsza, niż w tramwajach, gdyż tutaj ze względu na duży współczynnik oporu traktacji największa część energii idzie na pokonanie oporów samej jazdy. Dlatego więc silniki szeregowo-bocznikowe dają większe oszczędności energii tylko tam, gdzie teren jest bardzo górzysty, ale i na poziomie chę-



Rys. 9.

Podwozie trolejbusu w Berlinie (1935) (Siemens i M. A. N.).

nie są stosowane, gdyż dają trolejbusowi pewną bardzo pożądaną zaletę — mianowicie bardzo korzystną charakterystykę hamowania elektrycznego. Silniki te, pracując przy odzyskiwaniu energii, mają moment hamujący mało zmieniający się ze zmianą prędkości i dlatego hamowanie z odzyskiwaniem przechodzi bardzo łagodnie i wymaga bardzo małej liczby kontaktów nastawnika.

Drugą bardzo ważną zaletą silników szeregowo-bocznikowych jest duża liczba prędkości jezdnych wozu, szczególnie, gdy będziemy ten system porównywać z systemem jednego silnika szeregowego, kiedy istnieje jedna tylko prędkość jezdna i to dosyć wysoka. Pod tym względem lepszy jest od systemu jednego silnika szeregowego system dwóch silników szeregowych, które, przełączane w szereg i równoległe, a pozatem bocznikowane, dają więcej prędkości jezdnych wozowi.

Jeżeli rozpatrzyć jednak typy silników, stosowanych przez rozmaite wytwórnie trolejbusów, a także ich ilości na 1 wóz (mogą być 1 silnik lub 2, a tylko w konstrukcji Turinellogo 4), to dojdziemy do przekonania, że obecnie w wyborze tego czy innego systemu nie są brane pod uwagę względy rzeczowe, lecz odgrywa rolę pewnego rodzaju moda, panująca w danym kraju. I tak np. w Stanach Zjednoczonych daje się przeważnie dwa silniki szeregowe na wóz o mocy od 25 do 40 kW każdy. W Anglii natomiast stosowany jest z reguły 1 silnik szeregowo bocznikowy z odzyskiwaniem energii o mocy 30 kW w dawnych wozach, a 45 ÷ 65 w obecnie budowanych. W innych krajach sprawa ta jest jeszcze bardziej nieustalona wobec szeregu nowych konstrukcji wozów, stosowania 4 silników na wóz i t. p. W Niemczech używane są wyłącznie silniki szeregowe bez odzyskiwania energii o dużych mocach. W ostatnim berlińskim trolejbusie, mieszczących 70 osób, dwa silniki szeregowe mają łączną moc 100 kW.

Nie stosuje się naogół systemu 2 silników szeregowo-bocznikowych; podobnie nie slyszalem o zastosowaniu układu odzyskiwania energii przy pomocy silników szeregowych, podobnych do stosowanych ostatnio w tramwajach w Niemczech, chociaż teoretycznie są zwolennicy takiego układu.

Silniki trolejbusowe, a w szczególności te, które umieszczone są pod podłogą, są bardzo małych wymiarów i lekkie (9 kg/kW, a nawet 8,6 kg/kW); są one z reguły wentylowane i szybkobieżne (przekładnia stosowana jest 9 ÷ 11). Poza tem szeroko jest w nich zastosowana izolacja azbestowa i mikowa.

c) Nastawnik. — Sterowanie.

Nastawnik z reguły w trolejbusach jest zastosowany nożny, ażeby ręce kierowcy były zupełnie swobodne do obsługi kierownicy. Przy naciskaniu pedału nastawnika, kierowca musi bardzo dokładnie wyczuwać poszczególne położenia kontaktów i dlatego specjalnie jest tutaj pożądanę, ażeby kontaktów tych było jaknajmniej. Ponieważ osiągnięcie odpowiednio dużego przyspieszenia rozruchu wymaga odwrotnie wielkiej liczby kontaktów, stosuje się tutaj często, szczególnie w nowych wozach, rozruch automatyczny. Wtedy kierowca ma w swoim nastawniku jedynie parę kontaktów odpowiadających prędkościom jezdnych wozu, rozruch zaś wykonywa specjalny mechanizm samoczynnie, przy pomocy oporników czy boczników pomiędzy temi prędkościami jezdnych.

W celu zmniejszenia liczby kontaktów, do hamowania opornikowego lub z odzyskiwaniem energii służy drugi pedał — hamulcowy, a do zmiany kierunku jazdy — ręczny przełącznik.

Sterowanie bywa bezpośrednio, to znaczy przez nastawnik kierowcy przepływa całkowity prąd wozu, — lub pośred-

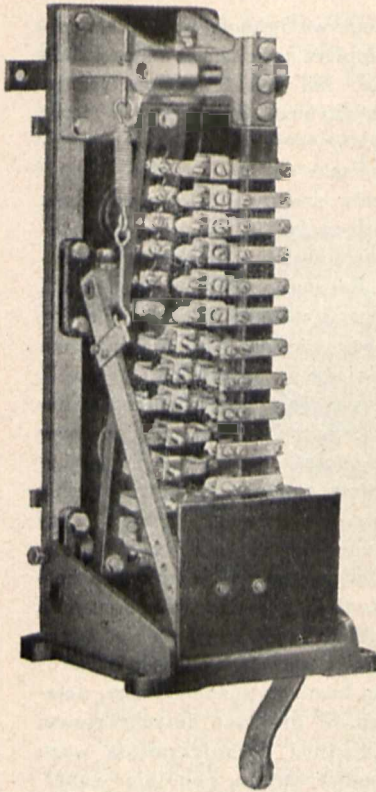
nie, gdy przez nastawnik przepływa jedynie prąd pomocniczy niskiego napięcia, który dopiero uruchamia odpowiednie styczniki elektromagnetycznie lub elektropneumatycznie. Przy rozruchu automatycznym używane bywa zawsze sterowanie pośrednie. Rys. 10 przedstawia jeden z typów nastawnika przy sterowaniu pośrednim.

Jest bardzo dużo systemów nastawników i sterowania. Dlatego nie będę ich wszystkich opisywał, jedynie opiszę jako przykłady dwa: jeden, zastosowany w najnowszych wozach w Anglii przez firmę „Ransomes, Sims & Jefferies”, oraz drugi przez firmę Siemens w nowym wozie berlińskim.

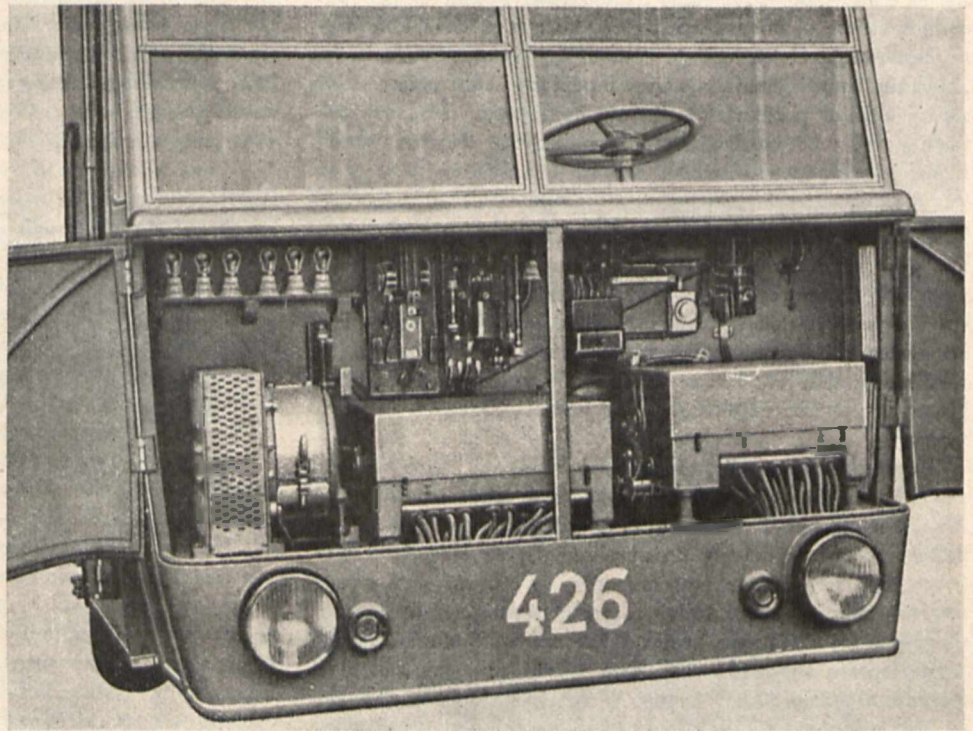
Przy systemie „Ransomes” wóz posiada jeden silnik szeregowo-bocznikowy, pozwalający na odzyskiwanie energii. Kierowca ma do dyspozycji dwa pedały: rozruchowy i hamulcowy. Naciskając pedał rozruchowy, wykonywa on normalny rozruch, zmniejszając z początku opory, włączone szeregowo z wirnikiem, a następnie zmniejszając wzbudzenie bocznikowe silnika. Sterowanie jest pośrednie przy pomocy styczników, ale nie automatyczne. Gdy rozruch jest ukończony i wóz porusza się ze znaczną prędkością, a kierowca cofnie pedał na którykolwiek kontakt (oprócz opornikowych), to nastąpi hamowanie z odzyskiwaniem energii na sieć i wóz będzie zwalniał, względnie zjeżdżał powoli z pochyłości. Drugi pedał w zasadzie uruchamia hamulec pneumatyczny, działający na wszystkie koła wozu. W praktyce dotychczasowej okazało się, że kierowcy najchętniej do zatrzymania wozu używają jedynie hamulca pneumatycznego, pomijając zupełnie urządzenie do odzyskiwania energii. Mianowicie pedały rozruchowego używają tylko do rozruchu, a gdy chodzi o zatrzymanie wozu, cofają całkowicie pedał rozruchowy, a naciskają pedał hamulca pneumatycznego. Dlatego zostało zamontowane tutaj dodatkowe urządzenie, uruchamiające odzyskiwanie energii nawet przy tego rodzaju nieprawidłowym manipulowaniu pedałami. Pod pedałem hamulcowym wstawiony został kontakt, który przy naciśnięciu pedału przed początkiem jeszcze działania hamulca pneumatycznego uruchamia elektryczny obwód odzyskiwania energii. W zależności od prędkości wozu takie wzbudzenie bocznikowe włącza się samoczynnie, dając odpowiednie opóźnienie hamowania wozu. Jeżeli ten kontakt hamulcowy jest ciągle zamknięty (przez lekkie naciskanie pedału nogą), to hamowanie z odzyskiwaniem zachodzi samoczynnie, przez przełączenie odpowiednich kontaktów, a gdy prędkość wozu spadnie do 17 km/g., która jest granicą hamowania z odzyskiwaniem energii, wtedy układ odzyskiwania samoczynnie się przerywa i włącza się układ hamowania elektrycznego opornikowego. Układ ten jest włączony najpierw z większym oporem, a potem — z mniejszym. Hamowanie to na poziomie powinno wóz całkowicie zatrzymać.

Gdy prędkość w chwili naciśnięcia pedału hamulcowego jest mniejsza od 17 km/g., wtedy od razu włącza się obwód hamowania opornikowego. Jeżeli samoczynnym hamowaniem z odzyskiwaniem energii i następnie opornikowym nie można wozu zatrzymać, jeżeli znajduje się on na spadku lub też gdy kierowcy zależy na szybszym, niż normalnie, zatrzymaniu wozu, wystarczy tylko nieco mocniej nacisnąć pedał hamulcowy, ażeby uruchomić hamulce pneumatyczne, które będą działać wspólnie z opisanym powyżej systemem samoczynnym. Hamowanie samoczynne odbywa się przy pomocy styczników, a sterowanie niemi jest wykonywane przez przekazy prądu, przepływającego przez silniki. Ponieważ przekazy ten jest regulowany, można więc hamować wóz przy mniejszym lub większym prądzie, czyli otrzymywać hamowanie słabsze lub intensywniejsze.

W najnowszym trolejbusie berlińskim, którego urządzenie elektryczne dostarczyła firma Siemens, są, jak wyżej wspominałem, 2 silniki szeregowe, które są łączone w szereg



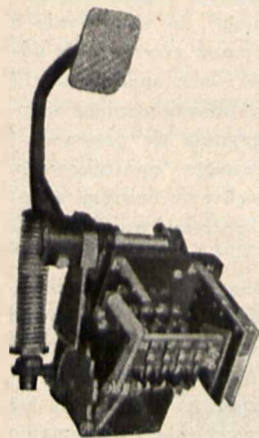
Rys. 10.
Nastawnik nożny
(Metropolitan Vickers).



Rys. 11.
Widok z przodu trolejbusu z otwartym przednim fartuchem (Fabrique Nationale
D'armes de Guerre — Constructions Electriques de Belgique).

i równolegle. Trolejbus ten nie posiada hamowania z odzyskiwaniem energii ani hamowania opornikowego i dlatego rozrząd elektryczny odnosi się jedynie do rozruchu opornikowego silników, a hamowanie odbywa się wyłącznie pneumatycznie. W kabinie kierowcy znajdują się dwa pedały: jeden do rozruchu, drugi — hamulcowy. Sterowanie rozruchu jest tutaj pośrednie i całkowicie automatyczne i dlatego nastawnik pedału rozruchowego (rys. 12) posiada tylko trzy

położenia i jest bardzo małych wymiarów. Pierwsze jego położenie odpowiada szeregowemu połączeniu silników z włączonymi wszystkimi oporami. Położenie to służy do manewrowania wozem, zawracania i t. p. Następne położenie odpowiada szeregowemu, a ostatnie — równoległemu połączeniu silników, bez włączonych oporników rozruchowych. Właściwy nastawnik, przełączający kolejne opory rozruchowe, znajduje się pod wozem, poza kabiną kierowcy, i jest poruszany przez oddzielny silnik elektryczny sterowniczy. Gdy pedał rozruchowy ustawi się na drugim położeniu, wtedy silnik sterowniczy zostanie uruchomiony i będzie on obracał nastawnik aż do kontaktu szeregowego połączenia silników bez oporu. Jeżeli pedał naciśniemy od razu do trzeciego położenia, to silnik wykona rozruch aż do ostatniego kontaktu nastawnika. Ponieważ prędkość poruszania się silnika sterowniczego jest uzależniona od przekładnika, przez który przepływa prąd główny silników i który daje się dowolnie regulować, rozruch więc przebiegać będzie zawsze prawidłowo, niezależnie od tego, czy wóz znajduje się na poziomie, wzniesieniu czy spadku. Gdy



Rys. 12.
Pedał sterowniczy
(Siemens).

regulowanego prądu. Właściwy nastawnik, przełączający kolejne opory rozruchowe, znajduje się pod wozem, poza kabiną kierowcy, i jest poruszany przez oddzielny silnik elektryczny sterowniczy. Gdy pedał rozruchowy ustawi się na drugim położeniu, wtedy silnik sterowniczy zostanie uruchomiony i będzie on obracał nastawnik aż do kontaktu szeregowego połączenia silników bez oporu. Jeżeli pedał naciśniemy od razu do trzeciego położenia, to silnik wykona rozruch aż do ostatniego kontaktu nastawnika. Ponieważ prędkość poruszania się silnika sterowniczego jest uzależniona od przekładnika, przez który przepływa prąd główny silników i który daje się dowolnie regulować, rozruch więc przebiegać będzie zawsze prawidłowo, niezależnie od tego, czy wóz znajduje się na poziomie, wzniesieniu czy spadku. Gdy

kierowca zwolni całkowicie pedał rozruchowy, wtedy wyłączy główny wyłącznik wozu i prąd zostaje przerywany, a nastawnik sterowniczy wraca do swego zerowego położenia.

Podobnie wyłączony zostaje prąd, gdy nawet przy naciśniętym pedale rozruchowym zostanie uruchomiony pedał hamulcowy, gdy spadnie z sieci którykolwiek zbieracz prądu oraz gdy izolacja urządzeń elektrycznych wozu obniży się poniżej pewnej określonej wartości. Silnik sterowniczy zasilany jest z sieci jezdnej, a wszystkie pozostałe urządzenia sterownicze, a także sygnalizacja i oświetlenie wozu z baterji akumulatorów 2×12 woltów, która ładowana jest przez prądnicę, obracaną przez jeden z silników jezdnych (patrz rys. 9).

Oświetlenie trolejbusów przeważnie zasilane jest z baterji akumulatorów niskiego napięcia (przeważnie 24 V), która, tam gdzie zachodzi potrzeba, zasilą także urządzenia sterownicze. Sama zaś jest ładowana: albo przez oddzielny zupełnie zespół silnik-prądnicę, lub też — jak w powyższym wypadku — przez prądnicę, uruchamianą zapomocą silnika jezdnej.

d) Hamulce.

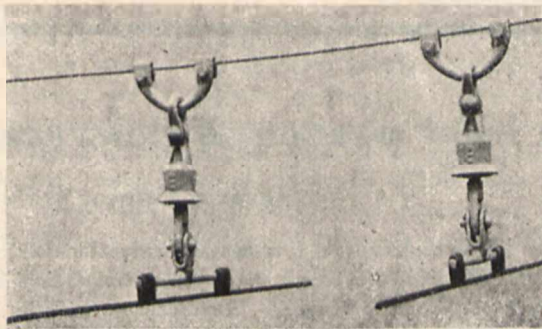
Trolejbus, niezależnie od tego, czy ma przewidziane hamowanie elektryczne opornikowe, czy z odzyskiwaniem energii, zawsze posiada hamulce — ręczne i nożne — mechaniczne. Hamulce te są tych samych typów i konstrukcji, co hamulce ręczne i nożne autobusów spalinowych. Bywają więc pneumatyczne, próżniowe, oliwne, servo-hamulce i t. p. Do uruchamiania hamulców pneumatycznych powietrza sprężonego dostarcza przeważnie oddzielny zespół silnik-sprężarka, zasilany z wysokiego napięcia. Opis urządzeń hamulcowych pomijam, gdyż nie przedstawiają one w trolejbusach nic oryginalnego.

e) Zbieracz prądu.

Przyrząd do pobierania prądu z sieci różni się od tramwajowego tem przede wszystkim, że składa się z dwóch zbier-

raczy, które ślizgają się, każdy po oddzielnym przewodzie jezdnym. Z tego więc powodu, a także ze względu na dopuszczalny boczny ruch wozu w stosunku do sieci, niemożliwe było zastosowanie do trolejbusów tak rozpowszechnionego w tramwajach pałaka czy pantografu. Pozostały zatem do rozporządzenia jedynie rolka i odmiana jej — ślizgowy pantofel^{*)}). Pantofel osadzony jest tak, jak rolka na pręcie. Ma on wyłobienie pośrodku, którym ślizga się po przewodzie jezdnym, i obrzeża po obu stronach, które nie pozwalają spaść mu z przewodu. Poza to zbieracz trolejbusowy różni się od tramwajowego możliwością obracania się rolki czy pantofla około osi pionowej, a także większym naciskiem zbieracza na sieć.

Większy nacisk jest konieczny dla zabezpieczenia przed zeskoczeniem zbieracza z sieci, co przy trolejbusie jest łatwiejsze ze względu na wychylenia boczne, a także większe kołysanie (rzucanie) wozu. Wynosi on na ogół od 12 do 18 kg, podczas gdy dla tramwajów przeważnie 5 kg. Ponieważ tak duży nacisk wywołuje duże zużycie zarówno zbieracza, jak i przewodów jezdnych, konstruktorzy czynią wysiłki, ażeby go zmniejszyć. We Włoszech naprzykład przez staranne resorowanie wozu zmniejszono nacisk ten do 10 kg, a w Niemczech przez specjalne wahadłowe zawieszenie sieci (rys. 13 i 14) nawet do 8,5 kg.



Rys. 13.

Zawieszenie wahadłowe przewodów na linii prostej (A. E. G.).

Zbieracze są przeważnie tak długie, że pozwalają na wychylenie boczne wozu do 5 metrów w każdą stronę, gdyż normalnie na ulicy czy szosie więcej zjeżdżać na bok nie potrzeba, a zbyt długie pręty zbieraczy powodują silniejsze szarpanie sieci.

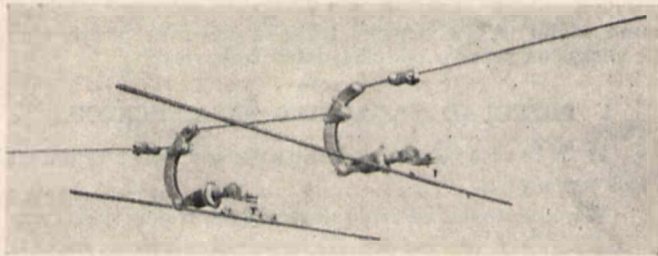
W nowszych wozach, w kabinie kierowcy jest urządzenie sygnałowe, które wskazuje, że wóz w jedną, czy też drugą stronę zbliżył się do granicy swego bocznego wychylenia. Co się tyczy systemu zbieraczy prądu, to w Europie zastosowana jest przeważnie rolka, w Ameryce zaś pantofel. Lecz ponieważ ten ostatni system okazał się, zdaje się, praktyczniejszy od rolki, a mianowicie wytrzymał 6 000 ÷ 10 000 kilometrów jazdy (rolka 2 000 km), mniej zużywał sieć i przy dużych nawet prędkościach (w U. S. A. do 80 km/godz.) nie spadł z przewodu jezdnych, zdarzyło się ostatnio i w Europie kilka wypadków przejścia z rolki na pantofel. Przewszystkiem zastosowano ten system zbieracza prądu w Liège, a następnie w Londynie na ostatnio budowanych wozach.

*) Były coprawda próby skonstruowania zbieracza w formie wózka czterokołowego, toczącego się po przewodach jezdnych, podobnego do zastosowanego w pierwszym trolejbusie przez Siemens (rys. 1). Chociaż pozwalają one na duże wychylenia boczne trolejbusu (do 10 metrów) i chociaż próby te praktycznie w eksploatacji przeprowadzone były stosunkowo niedawno, jednak nie zostały potem naśladowane.

f) Sieć jezdna.

Sieć jezdna trolejbusu składa się na ogół z 4 przewodów, jeżeli rozpatrywać ruch wozów obustronny. Bywają coprawda przy ruchu rzadkim odcinki sieci, które dla obustronnego ruchu posiadają tylko 2 przewody jezdne; wozy muszą wtedy wymijać się na odpowiednich mijankach. Jest to oczywiście niewygodne, a poza to niewiele tańsze, bo bardzo kosztowne są zwrotnice sieciowe, które muszą być przy tym systemie założone po dwie przy każdej mijance. Bywają także odcinki, w których są dwa przewody minusowe nazewnątrz, a jeden plusowy pośrodku — wspólny dla obu kierunków ruchu. System taki ma takie same wady, jak powyżej opisany. Czasami zdarza się też, że na odcinku, gdzie trolejbus idzie równoległe z tramwajem, wspólna sieć tramwaju i trolejbusa składa się z 4 tylko przewodów zamiast 6; wtedy przewody plusowe są wspólne dla obu środków lokomocji. Jest to oczywiście oszczędniejszym rozwiązaniem; posiada jednak tę niedogodność, że trolejbus wtedy nie może wyminać tramwaju, co odbija się na jego prędkości jazdy i, że zasilanie obu sieci jest ze sobą związane, co zmniejsza pewność ruchu komunikacyjnego w mieście. System ten stosuje się raczej dla sieci o mniejszym znaczeniu, dla zjazdów do remiz i t. p. Inaczej mówiąc, najwygodniejszym, ale zarazem najkosztowniejszym rozwiązaniem jest dla trolejbusu sieć jezdna 4 przewodowa, zaś na odcinkach wspólnych z tramwajem — 6 przewodowa. W sieci trolejbusowej zwykle minus jest uziemiony i dlatego przewody plusowe prowadzone są pośrodku sieci, a minusowe — nazewnątrz.

Sposób zawieszenia przewodów w znacznej większości przedsiębiorstw niczem się nie różni od sieci tramwajowej, jedynie w Niemczech przy budowie linii Metmann — Gruiten poraz pierwszy zastosowano zawieszenie przewodów systemem wahadłowym na prostych (rys. 13) oraz na łukach (rys. 14).



Rys. 14.

Zawieszenie wahadłowe przewodów na łuku (A. E. G.).

System ten pozwala na swobodne boczne wahanie się przewodów. Dało to bardzo dobre rezultaty w postaci spokojniejszej współpracy przewodu ze zbieraczem prądu, co pozwoliło na zmniejszenie nacisku zbieracza na sieć oraz zmniejszyło zużycie sieci i zbieraczy. Zawieszenie to pozwala na boczne wahanie sieci, które zresztą zostają szybko stłumione, natomiast podobno nie powstają w niej wahaniami pionowe przewodu. Te dobre wyniki sprawiły, że wszystkie następnie budowane linie trolejbusowe w Niemczech posługują się tym systemem zawieszenia na liniach prostych.

Na łukach natomiast, szczególnie o mniejszych promieniach, powrócono w Niemczech do zwykłego zawieszenia tramwajowego.

W sieci trolejbusowej na wszystkich rozgałęzieniach muszą być umieszczone na przewodach jezdnych zwrotnice sieciowe, które kierują odpowiednio rolką zbieracza prądu. Zwrotnice te są często uruchamiane ręcznie przy pobliskim

slupie lub też sterowane elektrycznie, podobnie do elektrycznych tramwajowych zwrotnic szynowych.

Przy skrzyżowaniu linii trolejbusu pomiędzy sobą, lub z linią tramwajową muszą być zmontowane na sieci odpowiednie rozjazdy. Wielka ilość dobrze pracujących tego rodzaju urządzeń przy wszelkich możliwych systemach zbieraczy tramwajowych i trolejbusowych pozwala stwierdzić, że sprawa ta konstrukcyjnie została już zupełnie dostatecznie rozwiązana. Przy skrzyżowaniach z tramwajem, z reguły, wstawiany jest w sieć tramwajową odcinek izolowany, gdyż tramwaj, jako posiadający mniejszy opór trakcji, ma łatwiejszy wybieg, a następnie ma tylko 2 przewody, a nie 4.

Na zakończenie pragnę powiedzieć parę słów o pewnych próbach, dotyczących trolejbusów, które przeprowadzano w ostatnich czasach, a w sporadycznych wypadkach stosowane zostały w eksploatacjach: o próbach wyposażania trolejbusów w dodatkowe źródło siły pędnej, mogącej poruszać wóz poza siecią jezdnią. W Stanach Zjednoczonych w Newark została wykonana próba z jednym wozem trolejbusowym, który posiadał wmontowany silnik spalinowy z prądnicą 90 kW.

W razie potrzeby prądnica ta napędzała silniki jezdne. Zaletą tego urządzenia jest: 1) łatwość zjeżdżania do zajezdni i manewrowania w samej zajezdni, 2) całkowita niezależność ruchu na wypadek uszkodzenia sieci czy elektrowni, 3) łatwość przedłużania sporadycznego linii poza sieć przewodów, 4) łatwość zmiany trasy linii w momentach manife-

stacji, uroczystości i t. p. Po wypróbowaniu jednego wozu zostało zamówione do Newark 61 wóz tego systemu, które prawdopodobnie obecnie już tam kursują.

Podobnie w Düsseldorfie w Niemczech uruchomiono trolejbus, który ma doczepioną stylu małą przyczepkę dwukołową, o kształtach aerodynamicznych, wiozącą podobną, jak wyżej, prądnicę. W Paryżu chodzi trolejbus, który posiada silnik benzynowy, bezpośrednio napędzający koła jezdne, który stale kursuje, wyjeżdżając poza sieć przewodów. Jest rzeczą ciekawą, że sposób prowadzenia wozu, poruszanego silnikiem spalinowym czy elektrycznym, jest zupełnie identyczny dla obu wypadków; kierowca posługuje się temi samymi pedałami w ten sam sposób.

Jako podobną próbę należy zanotować jeszcze pewną serię wozów trolejbusowych w Anglii, które posiadają baterię akumulatorów niskiego napięcia, mogących napędzać silniki jezdne. Bateria ta jest jednak nieprzystosowana do stałej pracy, a służy jedynie do: zjechania o własnych siłach do zajezdni uszkodzonego wozu, do łatwiejszego manewrowania, nawracania i t. p.

Wszystkie te próby dają wozowi dużo zalet pod względem sprawności i bezpieczeństwa ruchu, ale są oczywiście kosztowne przy nabyciu i eksploatacji; trzeba zatem zupełnie specjalnych warunków miejscowych, by mogły wytrzymać w konkurencji z autobusem spalinowym, szczególnie z silnikiem dyzelskim.

Współczesne sposoby zaopatrywania kolei w energię elektryczną dla trakcji

Inż. Tadeusz Ewaryst Kozłowski

STRESZCZENIE. W artykule uzasadniono konieczność korzystania dla celów trakcyjnych z sieci elektryfikacji ogólnej. Zestawiono różne systemy trakcji elektrycznej. Podano sposoby racjonalnego przetwarzania energii w podstacjach nieruchomych oraz na lokomotywach. Uwydatniono wielki wpływ rozwoju techniki zaworów nastawnych na korzystne rozwiązania zagadnień trakcyjnych.

I. PRZEGLĄD ZAGADNIENI ZASADNICZYCH.

1) Nieracjonalność budowy elektrowni trakcyjnych.

Wśród różnych kwestyj, dotyczących trakcji elektrycznej, przed laty mniej więcej 30-tu istniała jeszcze kwestja bezpośredniego wytwarzania energii elektrycznej dla trakcji w specjalnie zbudowanych w tym celu elektrowniach. Niski stopień wykorzystania tego rodzaju elektrowni, wielki rozwój techniki przesyłania energii elektrycznej na dalekie odległości, dokładne przestudjowanie warunków gospodarczych wytwarzania i przesyłania energii elektrycznej, wreszcie powstanie wielkich sieci przesyłowych oraz urzeczywistnienie współpracy równoległej wielkich elektrowni — wszystko to w ciągu wspomnianych lat 30-tu uczyniło sprawę budowy osobnych elektrowni dla trakcji zupełnie nieaktualną. Jakkolwiek u nas w Polsce współpraca elektrowni oraz budowa wielkich sieci przesyłowych znajdują się w stanie, niestety, zaledwie zaczątków, mimo to prawa ekonomiczne wszędzie są te same, a więc i u nas należy odrzucić wszelką myśl o ewentualnej budowie elektrowni dla celów wyłącznie trakcyjnych, jako wysoce nieracjonalną pod względem ekonomicznym.

2) Konieczność korzystania z ogólnych sieci elektrycznych.

Tym sposobem zagadnienie zaopatrywania kolei w energię elektryczną dla celów trakcyjnych sprowadza się

obecnie jak wszędzie, tak i u nas do najracjonalniejszego wykorzystania istniejących lub mających powstać sieci elektrycznych o celach ogólnych. Współczesne wielkie sieci przesyłowe dla celów elektryfikacji ogólnej dążą do daleko posuniętej normalizacji, — w każdym razie system prądu trójfazowego oraz częstotliwość 50 okresów na sekundę można uważać za ustalone.

3) Wady systemu trakcji prądem trójfazowym.

Co się tyczy systemów prądu trakcyjnego, to jest prądu w przewodzie jezdnym, to dotychczas nie może być mowy o jakiegokolwiek normalizacji pod tym względem. Do czasów ostatnich na polu trakcyjnym konkurowały pomiędzy sobą systemy prądu trójfazowego, jednofazowego i stałego.

System prądu trójfazowego przy obecnym stanie techniki należy uważać za nieodpowiedni dla trakcji i nie może on przeto wchodzić w rachubę przy projektowaniu urządzeń nowych, a to z powodu bardzo wielu wad, jak to: konieczność budowy dwubiegunowej sieci jezdnej, trudność ekonomicznego regulowania prędkości jazdy, wielka zależność momentu obrotowego silnika od spadków napięcia w sieci, niewielka chwilowa przeciążalność silników wskutek możliwości utknięcia, wreszcie nieodpowiednia charakterystyka silnika, wykazująca dążność do pokonywania różnych oporów trakcyjnych na szlaku przy prawie niezmiennej prędkości, a więc do bardzo nierównomiernego obciążania podstacji.

4) Krótkie zestawienie podstawowych systemów trakcji elektrycznej.

Z wyżej wyluszczonej powodów za nadające się dla trakcji należy obecnie uznać tylko dwa systemy: prądu jednofazowego i stałego. Na specjalne podkreślenie zasłu-

gują wybitne zalety trakcyjne silnika szeregowego prądu stałego, a mianowicie: wielka przeciążalność, niezależność momentu obrotowego od spadków napięcia, wielka zmienność obrotów w zależności od obciążenia, a wskutek tego automatyczne dążenie do zmniejszenia nierównomierności obciążenia na podstacji. Pod tym względem do silnika szeregowego prądu stałego zbliża się silnik szeregowy prądu jednofazowego z komutatorem, ustępuje jednak silnikowi prądu stałego w sprawności, taniości oraz łatwości komutacji. Warunki komutacji są szczególnie uciążliwe dla silnika szeregowego prądu jednofazowego przy dużej częstotliwości, co, jak wiadomo, zmusiło do zastosowania w przewodzie jezdny częstotliwości niskiej (16 i $\frac{2}{3}$ ok. na sekundę).

Jeżeli silnik szeregowy prądu stałego może być uważany za najodpowiedniejszy dla trakcji, to z drugiej strony nie może być on zbudowany na dowolnie wysokie napięcie przez wzgląd na komutator, który przy dużym napięciu posiada skłonność do niebezpiecznego ognienia. Łączenie kilku silników w szereg dla otrzymania wysokiego napięcia w przewodzie jezdny przy niewielkim napięciu na zaciskach silnika nie jest celowe ze względu na możliwość poślizgu kół pędnych przy rozruchu lub na ciężkim odcinku szlaku, co powoduje nader nierównomierny rozkład napięć i obciążeń pomiędzy silnikami. (Patrz artykuł autora w Przeglądzie Elektrotechnicznym pod tytułem „Wpływ szeregowego lub równoległego połączenia silników trakcyjnych na warunki ich pracy” Rocznik 1934, Nr. 22, str. 613 i dalsze.) Z tego powodu w przewodzie jezdny nie używa się przy prądzie stałym napięcia, wyższego od 3000 woltów. Pod tym względem system prądu jednofazowego posiada zdecydowaną przewagę, gdyż pozwala na zastosowanie w przewodzie jezdny napięcia 15000 do 20000 woltów, wybierając dzięki użyciu transformatora na lokomotywie napięcie dla silników, powodując się wyłącznie względami konstrukcyjnymi i ekonomicznymi. Przy prądzie jednofazowym silniki mogą być stale połączone pomiędzy sobą równolegle, co jest dla trakcji najbardziej racjonalne, a rozruch i regulację prędkości wykonywać można sposobem najbardziej ekonomicznym i praktycznym, to jest przez zmianę napięcia, doprowadzonego do silników. Przy prądzie stałym rozruch, a także częściowo regulacja prędkości, wymagają użycia oporników, co przy częstszych przystankach może uczynić iluzoryczną wyżej wspomnianą przewagę w sprawności.

5) Konieczność podstacji przetwórczych.

Jak wynika z powyższego pobieżnego zestawienia, rodzaj prądu trakcyjnego w przewodzie jezdny różni się zasadniczo od rodzaju prądu sieci przesyłowej ogólnej i wskutek tego do zasilania sieci trakcyjnej z ogólnej sieci elektrycznej niezbędne jest zastosowanie podstacji przetwórczych. Rozważenie różnego rodzaju współczesnych sposobów przetwarzania normalnego prądu przesyłowego w stały lub jednofazowy prąd trakcyjny stanowi zadanie niniejszego artykułu.

II. PODSTACJE PRZETWORCZE.

Przetwarzanie prądu trójfazowego w prąd stały lub jednofazowy o niższej częstotliwości możliwe było do niedawna tylko przy pomocy przetwornic wirujących. Wysokie koszty oraz niska sprawność tego rodzaju przetwornic poważnie utrudniały elektryfikację kolei.

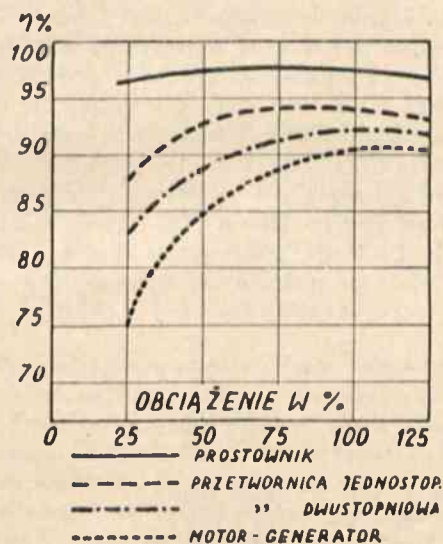
6) Podstacje przetwórcze dla prądu stałego. — Prostowniki.

W technice przetwarzania prądu trójfazowego w prąd stały zaszły wielkie zmiany w ciągu ostatnich lat 15-tu w miarę udoskonalania prostowników. Jeszcze przed laty

15-tu dla przetwarzania prądu trójfazowego w prąd stały brano pod uwagę przy większych mocach wyłącznie motor-generatory, albo przetwornice jedno lub dwustopniowe, — prostowniki zaś uważano za dość ciekawy obiekt badań laboratoryjnych. W ciągu wspomnianych lat 15-tu w budowie prostowników dokonano tak wielu udoskonalień, iż przyrządy te w dziedzinie trakcyjnej zajęły stanowisko dominujące, a raczej wyłączne, usuwając zupełnie konkurencję wszelkich innych sposobów przetwarzania. W artykule niniejszym, traktującym o współczesnych sposobach zaopatrywania kolei w energię elektryczną dla trakcji, śmiało przeto mogą być pominięte przetwornice wirujące dla uzyskania prądu stałego, gdyż nie wchodzi one obecnie nawet w rozważanie przy projektowaniu urządzeń nowych.

7) Zalety prostowników.

Aby wyjaśnić tak prędkie i zupełne zwycięstwo prostowników nad wirującymi przetwornicami w dziedzinie trakcji prądem stałym, należy wymienić przynajmniej ważniejsze zalety prostowników, jak to: wysoka sprawność i to nawet przy wielkim wahanii obciążenia, wielka wytrzymałość na chwilowe przeciążenia i zwarcia na linii, wielka pewność działania, brak części ruchomych oraz jakichkolwiek innych, podlegających zużyciu, brak wstrząśnień i skutkiem tego zbędność masywnych fundamentów, zupełna cisza podczas pracy, łatwość obsługi, wielka zdolność do pracy automatycznej bez obsługi, oszczędność miejsca i kosztów inwestycyjnych. Na rys. 1 wykreślone są dla porównania krzywe sprawności motor-generatora, przetwornicy jedno- i dwustopniowej i prostownika przy napięciu 3300 woltów prądu stałego oraz przy mocy 2000 ÷ 3000 kW. Przewaga prostownika rzuca się w oczy.

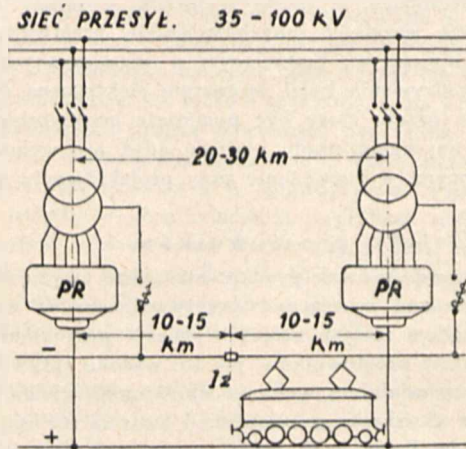


Rys. 1.

8) Zarzuty przeciwko prostownikom.

Jedyną wadą prostowników w porównaniu z przetwornicami obrotowymi jest ta, iż gwałtowne zmiany obciążenia i ewentualne zwarcia w sieci prądu stałego przenoszą się bezpośrednio na sieć przesyłową prądu trójfazowego, nie ulegając osłabieniu przez bezwładność wirujących mas, jak to ma miejsce w motor-generatorze i do pewnego stopnia w przetwornicy jedno- lub dwustopniowej. Jeśli jednak przyjąć pod uwagę, iż wirujące przetwornice ze względów ekonomicznych używane są zwykle szybkobieżne, a więc lekkie, to stwierdzić należy, iż wpływ mas wirujących nie może być wielki, — zresztą w przetwornicy jednostopniowej, podobnie jak u prostownika, istnieje również bezpośredni związek sieci prądu stałego i trójfazowego.

Początkowo obawiano się również, iż prostowniki mogą silnie oddziaływać na bliskie do kolei sieci telekomunikacyjne z tego powodu, że wytwarzane przez prostowniki napięcie prądu stałego posiada również składowe harmoniczne. Harmoniczne te u prostowników sześciofazowych posiadają częstotliwość 300, 600, 900, 1200 i t. d. okresów na sekundę i odpowiednio amplitudy: 5,7%, 1,4%, 0,6% i



Rys. 2.

0,35%, wyrażone w % napięcia prądu stałego. W granicach przeto częstotliwości najbardziej dotkliwych dla telefonii (800 — 1200), przy których działanie zakłócające jest kilkakrotnie większe od działania innych częstotliwości przy tejże amplitudzie, możnaby się obawiać zakłóceń tylko przy prostownikach o dość wysokim napięciu. Częstotliwość komutacji silników trakcyjnych, a raczej częstotliwość zmian ilości żłobków wirnika pod biegunami leży również w granicach częstotliwości 800 — 1200 i nieraz może okazać się bardziej dotkliwą od wyższych harmonicznych, wytwarzanych przez prostownik. Zresztą w razie konieczności zawsze można zastosować obwody filtrujące dla osłabienia wyższych harmonicznych, wytworzonych przez prostownik.

9) Opis zasilania kolei prądem stałym.

Na rys. 2 podany jest w głównych zarysach schemat zasilania kolei prądem stałym przy użyciu podstacji prostowniczych. Podstacje prostownicze, każda o dwóch do trzech zespołów prostowniczych, rozmieszczone są wzdłuż

wemi i stanowi biegun dodatni prądu stałego. Punkt zero wy transformatora przez wyłącznik maksymalny połączony jest z siecią jezdnią i stanowi biegun ujemny. Możliwe jest, naturalnie, i odwrotnie przyłączenie sieci, to jest sieć jezdna do katody jako biegun dodatni, a szyny do punktu zerowego transformatora jako biegun ujemny, — tego rodzaju jednak przyłączenie nie jest pożądane ze względu na większą możliwość nadpalania przewodu jezdniego podczas zimowej sadzi na przewodach.

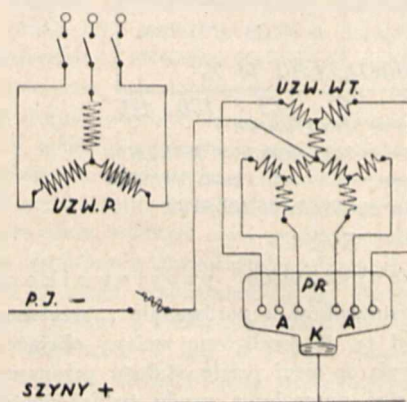
Na rys. 3 pokazano w głównych zarysach schemat przyłączenia jednego prostownika bez aparatury oraz bez urządzeń pomocniczych. Rysunek ten nie wymaga wyjaśnień.

10) Podstacje przetwórcze dla prądu jednofazowego.

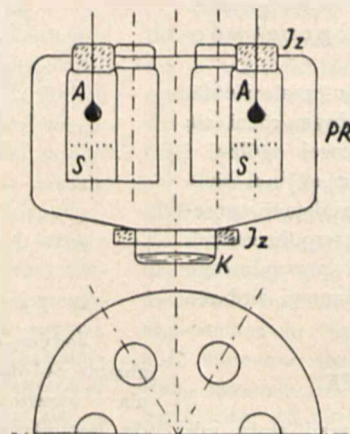
W dziedzinie przetwarzania prądu trójfazowego w prąd jednofazowy o częstotliwości niższej dotychczas aktualne są jeszcze przetwornice wirujące, składające się z silnika trójfazowego asynchronicznego lub synchronicznego i z prądnicy synchronicznej prądu jednofazowego. Przetwornice takie są kosztowne i posiadają niewielką sprawność, szczególnie przy zmiennym obciążeniu, nic przeto dziwnego, iż w ciągu ostatnich lat kilku pojawiły się próby zastąpienia i w tej dziedzinie przetwornic wirujących przez urządzenia nieruchome, oparte na zasadach działania prostowników. Urządzenia tego rodzaju, znane pod nazwą przekształtników, stały się możliwe do urzeczywistnienia dopiero z chwilą udoskonalenia elektrycznych zaworów nastawnych, działających zapomocą siatek nastawniczych.

11) Prostowniki nastawne.

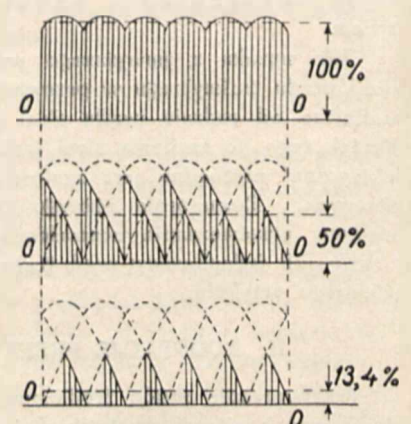
Praca prostownika polega na działaniu zaworowym, to jest na jednokierunkowym przewodzeniu łuku elektrycznego w atmosferze rozrzedzonych par rtęciowych. Wskutek tej właściwości z katodą prostownika podczas pracy zawsze połączona jest zapomocą łuku elektrycznego ta z anod, która w danej chwili posiada potencjał najwyższy; inne anody posiadają w stosunku do katody potencjały ujemne i wskutek działania zaworowego prądu nie przewodzą. Nastawianie działania zaworowego zapomocą siatek polega na umieszczeniu izolowanych siatek metalowych w rurach ochronnych prostownika, otaczających anody (rys. 4). Siatki te zapomocą osobnych przewodników otrzymać mogą względem katody potencjał dodatni lub



Rys. 3.



Rys. 4.



Rys. 5.

szlaku kolejowego w odległościach od 20 do 30 kilometrów i zasilane z sieci przesyłowej trójfazowej o napięciu 35 do 100 kV przy 50 okresach na sekundę. Transformatory główne posiadają uzwojenie wtórne sześciofazowe z wyprowadzonym punktem zerowym. Sześć końcówek fazowych wtórnego uzwojenia połączone są z sześcioma anodami prostownika, którego katoda połączona jest z szynami kolejjo-

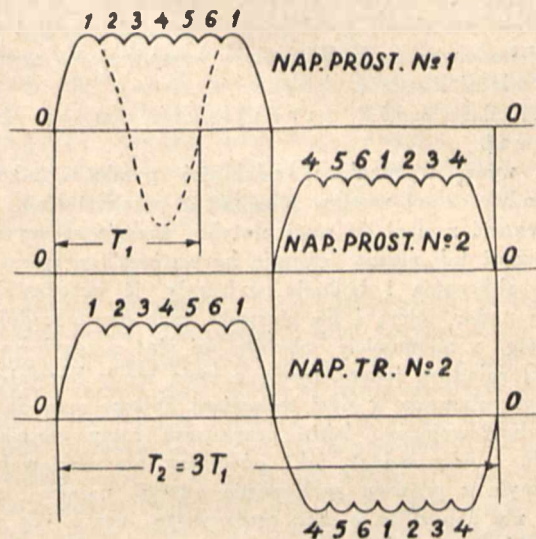
ujemny. W razie ujemnego potencjału siatki względem katody odpowiednia rura ochronna anodowa zamknie — ta jest dla wyładowania elektrycznego, tak że nie może powstać łuk elektryczny pomiędzy daną anodą i katodą pomimo nawet dodatniego potencjału anody względem katody. Nadanie siatce potencjału dodatniego względem katody usuwa zamknięcie rury ochronnej, i wów-

czas powstaje łuk pomiędzy anodą i katodą, o ile anoda w stosunku do katody byłaby w danej chwili dodatnią. Łuk elektryczny, raz zapalony między anodą i katodą, nie może już zostać zgaszony zapomocą oddziaływania na siatkę. Zgaszenie łuku staje się możliwe dzięki zmniejszeniu napięcia pomiędzy anodą i katodą poniżej napięcia, niezbędnego dla podtrzymania łuku, co dzieje się, naprzykład, w razie zapłonu anody następnej i przejścia przez nią obciążenia od anody gasnącej. Nadając siatce potencjał ujemny względem katody, uniemożliwiamy ponowne powstanie łuku pomiędzy anodą i katodą. Tym sposobem można zapomocą oddziaływania na siatki odpowiednich anod sterować czyli nastawiać pracę prostownika. Bliższe szczegóły czytelnik znaleźć może w artykule autora w Przeglądzie Elektrotechnicznym pod tytułem: „Nowe drogi w technice trakcji elektrycznej”, umieszczonym w numerze 23 rocznika za rok 1932. Na rys. 5 podane są wykresy napięcia prostownika nastawnego przy różnych stopniach nastawienia. Zapomocą nastawiania momentu „otwarczenia” rury ochronnej można przenieść na katodę różne odcinki sinusoidalnego wykresu napięcia anody i otrzymać tym sposobem na katodzie różne wartości napięcia przeciętnego.

12) Przekształtniki.

Z odpowiedniej kombinacji prostowników nastawnych powstał przekształtnik trakcyjny, to jest przyrząd nieruchomy, przeznaczony do przekształcania prądu trójfazowego o częstotliwości 50 okresów na sekundę w prąd jednofazowy trakcyjny o częstotliwości 16 i $\frac{2}{3}$ okr. na sekundę (rys. 6). Na rys. 6 pokazany jest przekształtnik, składający się z dwóch prostowników nastawnych, włączonych w ten sposób, iż każdy z nich łączy do przepędzenia przez pierwotne uzwojenie transformatora Nr. 2 prądu o przeciwnym kierunku. Wtórne uzwojenie tegoż transformatora Nr. 2 przyłączono jednym zaciskiem do przewodu jezdnygo, a drugim — do szyn. Pomiedzy przewód jezdny i szyny włączone są lokomotywy elektryczne. Zasadniczo przekształtnik mógłby się obyć bez transformatora Nr. 2, gdyż przewód jezdny i szyny możnaby przyłączyć bezpośrednio

pięcia przedstawiają napięcie, jakie przy powyższych warunkach musiałyby wytrzymać zawór w kierunku wstecznym. Wyżej wymienione prostowniki nastawne włączane są zapomocą nastawnika siatkowego nie jednocześnie (co groziłoby zwarcieniem wewnętrznym o podwójnym napięciu), lecz kolejno. Tym sposobem każdy prostownik wytwarza na swej katodzie (w stosunku do punktu zerowego wtór-



Rys. 7.

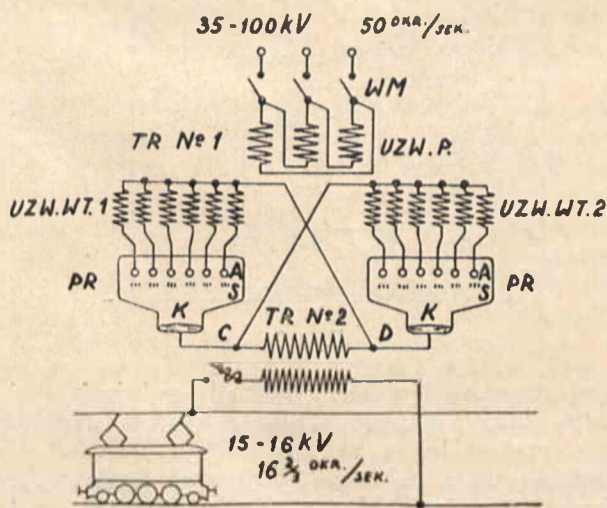
nego uzwojenia transformatora Nr. 1) napięcie zgodnie z wykresami, podanymi na rys. 7. W rezultacie na pierwotnym i wtórnym uzwojeniach transformatora Nr. 2 powstanie napięcie okresowo zmienne, jak pokazane na rys. 7 u spodu rysunku. Z porównania długości okresów napięcia sieci przesyłowej oraz napięcia, wytworzonego na zaciskach transformatora Nr. 2, widoczne jest, iż na zaciskach tego transformatora, a więc również pomiędzy przewodem jezdny i szynami powstało zmienne napięcie o trzykrotnie dłuższym okresie, to jest o trzykrotnie mniejszej częstotliwości. W powyższy sposób prąd trójfazowy o normalnej częstotliwości 50 okr./sek. można przekształcić w prąd jednofazowy trakcyjny o częstotliwości 16 i $\frac{2}{3}$ okr./sek.

13) Kształt fali napięcia przekształtnika.

Kształt fali otrzymanego napięcia jednofazowego dość znacznie różni się od sinusoidy i przypomina raczej formę trapezu. Przy zastosowaniu filtrów elektrycznych można wyeliminować wyższe harmoniczne i kształt fali dowolnie zbliżyć do sinusoidy. Prócz podanego na rys. 6 schematu przekształtnika możliwe są i inne rozwiązania, dające kształt fali napięcia bardzo bliski do sinusoidy nawet bez zastosowania filtrów. Ze względu na szczupłość ram niniejszego artykułu schematy te nie mogą być tutaj podane, ani bliżej wyjaśnione. Nad udoskonaleniem przekształtników pracuje w Niemczech cały szereg wybitnych fachowców i przodujących firm elektrotechnicznych, zupełnie słusznie przewidując w przekształtniku przyszłego zwycięzcę przetwornic wirujących na prąd zmienny podobnie, jak to już nastąpiło w stosunku do prostowników i przetwornic prądu stałego.

14) Odwracalność przekształtników.

Zasługuje na podkreślenie fakt, iż przekształtnik trakcyjny, w przeciwieństwie do zwykłego prostownika, przedstawia rodzaj przetwornicy odwracalnej, tak że kierunek przesyłania energii z sieci przesyłowej trójfazowej do jednofazowej trakcyjnej lub odwrotnie zależy tylko od chwilowego stosunku napięć. Tym sposobem przy użyciu



Rys. 6.

do zacisków C i D obu prostowników nastawnych. Spowodu wysokości napięcia sieci jezdnej (15 000 do 16 000 woltów) takie uproszczone przyłączenie przekształtnika byłoby jednak niebezpieczne, ponieważ zaworowe działanie łuku w rozrzedzonych parach rtęciowych nie jest jeszcze dostatecznie pewne i niezawodne w granicach tak wysokich napięć (42,5 — 45,5 kV). Podane w nawiasach na-

równoległe potrzebna ilość silników trakcyjnych szeregowych.

21) Połączenie zalet systemów trakcji prądem stałym i jednofazowym.

Tym sposobem do trakcji użyte są najbardziej racjonalne, pewne i tanie silniki szeregowego prądu stałego, natomiast prąd jednofazowy w przewodzie jezdnym pozwala na zastosowanie napięcia wysokiego, dzięki czemu otrzymuje się tania sieć jezdna i niewielkie straty energii w tej sieci. Jednocześnie usunięte są charakterystyczne dla prądu stałego trudności ekonomicznego rozruchu i regulacji, jak również niebezpieczeństwo korozji szyn i rurociągów, gdyż obwód prądu stałego może być odizolowany od szyn i ograniczony wyłącznie do samej lokomotywy.

22) Specjalne zalety systemu z prostownikiem nastawnym na lokomotywie.

Dzięki działaniu nastawnika siatkowego bieg silników reguluje się najbardziej racjonalnie i ekonomicznie za pomocą zmiany napięcia, doprowadzonego do silników, przyczem regulacja odbywa się sposobem ciągłym, to jest bez skoków, od zera aż do maksimum. Tym sposobem jak rozruch, tak i regulowanie prędkości pociągu odbywa się bez strat w opornikach oraz bez żadnych kłopotliwych przełączania, styczników lub zaczepów. Silniki połączone są między sobą stale równoległe, co zabezpiecza je od niepożądanych przeciążeń, przecięć i rozbiegania nawet w razie poślizgu którejkolwiek z osi pędnych. Napięcie znamionowe dla silników może być wybrane wyłącznie ze względów konstrukcyjnych i ekonomicznych, a więc silniki mogą być zbudowane najtaniej dla danej mocy i obrotów. Wreszcie składowe harmoniczne napięcia prądu stałego, wywołane przez pracę prostownika, jak również przez komutację silników, dzięki obecności transformatora nie mogą przedostać się na sieć jezdna i nie mogą oddziaływać szkodliwie na linje telefoniczne, jak to ma miejsce przy zwykłej trakcji prądem stałym. W przewodzie jezdnym będzie tylko prąd i napięcie o częstotliwości 50 okr./sek, co ze względu na zakłócenia w linjach telefonicznych jest prawie bez znaczenia. System powyższy nadaje się jak najlepiej do hamowania z oddawaniem energii na sieć, w jakim celu na lokomotywie musi być przewidziane przełączanie prostownika dla pracy odwróconej, albo też równoległe do prostownika roboczego musi być przewidziany drugi, przeznaczony jako okresownik do oddawania energii na sieć jezdna. Naturalnie, w tym wypadku silniki muszą być pozbawione charakteru maszyn szeregowych za pomocą odpowiedniego wzbudzenia. Jako podstacje na szlaku mogą być użyte zwykłe transformatory jednofazowe, a więc przyrządy odwracalne, zapewniające możliwość najszerzego stosowania wzmiankowanego hamowania z oddawaniem energii. Ze zwykłe podstacje transformatorowe muszą być znacznie tańsze od podstacji prostowniczych lub przekształtniczych, — nie wymaga żadnego dowodzenia. Co się tyczy ceny lokomotyw, to dzięki usunięciu oporników, styczników, przetwornic, zaczepów, dzielników prądu, dzięki wielkiemu uproszczeniu schematu, zmniejszeniu ilości kabli oraz dzięki zastosowaniu normalnej częstotliwości, co obniża wagę transformatora, — cena lokomotywy powinna wypaść nieco mniejsza od ceny lokomotywy prądu stałego, a tembardziej jednofazowego niskookresowego przy jednakowej mocy.

23) Wady systemu lokomotywy z prostownikiem nastawnym.

Wadą opisanego systemu jest ta okoliczność, iż obniżenie napięcia, doprowadzonego do silników podczas regu-

lacji, odbywa się kosztem zmniejszenia współczynnika $\cos \varphi$ Z tego powodu, jak również wskutek wyższej częstotliwości samoindukcja przewodów jezdnych musi spowodować większy indukcyjny spadek napięcia (ale nie stratę energii), niż to odpowiada prądowi niskookresowemu. Aby polepszyć $\cos \varphi$, można zastosować prostownik nie o dwóch anodach, lecz o pięciu, z których jedna przyłączona jest do punktu zerowego transformatora, dwie do końcówek wtórnego uzwojenia, a drugie dwie do zaczepów transformatora. Dzięki takiemu urządzeniu można znacznie poprawić współczynnik mocy $\cos \varphi$ przy regulowaniu prędkości, tak że przeciętna wartość $\cos \varphi$ może przewyższyć analogiczną wartość przeciętną, osiąganą przy trakcji niskookresowym prądem jednofazowym. Współczynnik mocy, odpowiadający pełnemu i połowicznemu nastawieniu, bliski jest wtedy 0,9.

24) Wykonanie praktyczne.

Zarząd niemieckich kolei państwowych przedsięwzięł poważną próbę elektryfikacji kolei prądem jednofazowym o normalnej częstotliwości 50 okr./sek. Dla elektryfikacji wybrane zostały dwie koleje w Schwarzwaldzie, a mianowicie: Höllentalbahn Freiburg — Neustadt i Dreiseebahn Titisee — Seebrugg. Zostały zamówione 4 lokomotywy, z których jedna — w zakładach Kruppa; ma być ona wykonana według propozycji prof. Punga (patrz 19) z silnikami Krupp - Garbe - Lahmeyer, zaopatrzonemi w wirnik dodatkowy; trzy zaś inne lokomotywy zamówione są w firmach: Siemens - Schuckert, Powszechnie Towarzystwo Elektryczne i Brown-Boveri. Wspomniane trzy lokomotywy mają być zbudowane z zastosowaniem na lokomotywie prostownika nastawnego. Lokomotywy miały być dostarczone w końcu roku 1935-go, tak że wkrótce oczekiwać należy wyników praktycznej eksploatacji.

25) System trakcji prądem stałym o wysokim napięciu z zastosowaniem na lokomotywie przetwornika prądu stałego.

Dla zakończenia obrazu wspomnieć trzeba o pomysśle systemu trakcji prądem stałym wysokiego napięcia w przewodzie jezdnym z zastosowaniem na lokomotywie przetwornika prądu stałego, to jest przyrządu, opartego na zasadach zaworów nastawnych, przeznaczonego do przetwarzania prądu stałego o napięciu wysokim w takiż prąd o napięciu niskim. Pomysł ten wkracza raczej w dziedzinę przesyłania energii prądem stałym o napięciu wysokim i jest narazie bardzo daleki od praktycznego zastosowania. Jedną z głównych wad wspomnianego pomysłu jest konieczność zastosowania na podstacji prostownika wysokiego napięcia, a na lokomotywie zaworów nastawnych również napięcia wysokiego. Aparaty te, oparte na własności kierunkowego przewodzenia łuku elektrycznego w rozrzedzonych parach rtęciowych, nie działają jeszcze dość pewnie i niezawodnie przy napięciach wysokich. Prócz tego, przy wysokim napięciu prostownika wyższe harmoniczne napięcia stają się zbyt dotkliwe dla sąsiednich linii telefonicznych, ponieważ amplituda harmonicznej pewnej częstotliwości znajduje się w stałym %-owym stosunku do napięcia prądu stałego, a więc wzrasta wraz z tem napięciem.

26) Zakończenie.

Przeгляд spóczesnych sposobów zaopatrywania kolei w energię elektryczną dla trakcji wykazuje w porównaniu z dawnymi sposobami wielkie i korzystne zmiany, wywołane przez udoskonalenie prostowników i zaworów nastawnych.

SPIS RZECZY

Sekcja naukowa.

Podsekcja ogólna

Staniewicz L. Warunki możliwości zastąpienia długiej linii elektrycznej sztucznym układem	202
Groszkowski J. O cieplnym współczynniku indukcyjności cewek.	204
Kolbiński K. Usuwanie wylądowań krawędziowych przy badaniu materiałów instalacyjnych i kabli	211

Podsekcja szkolnictwa elektrycznego

Hensel G. Szkolnictwo elektrotechniczne według nowego ustroju (Plan referatu)	215
Temerson L. Nauczanie urządzeń elektrycznych w Gimnazjach elektrycznych	215
Ciechanowski L. Warsztaty elektrotechniczne Gimnazjum elektrycznego	218
Ziemiński W. Kierunek teletechniczny i radjotechniczny w Gimnazjum elektrycznym	224
Ziemecki St. Nauczanie fizyki w Liceach elektrycznych	227

Sekcja elektryfikacyjna.

Herdin W. Uwagi o zakresie uprawnień, nadawanych z mocy art. 1 ustawy elektrycznej	229
Nowacki P. J. Linje dalekosiężne prądu zmiennego	232
Rauch Z. Aktualne zagadnienia taryfowe zakładów elektrycznych.	246
Szpor St. Ochrona urządzeń elektrycznych od przepięć atmosferycznych	253
Szwander W. Ograniczanie prądów zwarć	263
Valeri T. Wpływ rozbudowy sieci wysokiego napięcia na kształtowanie się systemów zabezpieczeń selektywnych	271
Jung L. Burze i przepięcia w polskich sieciach elektrycznych wysokiego napięcia w r. 1935	276
Chrzanowski W. Turbinowe siłownie parowe	287
Pomianowski K. Siły wodne w Polsce	287
Zwierzchowski St. O wyborze najodpowiedniejszego typu turbin wodnych dla zakładów o spadkach, zachodzących w Wileńszczyźnie	290

Sekcja przemysłowa.

Rychlik Z. Statystyka porażen elektrycznych w Polsce za r. 1934 i ich analiza na tle naszych przepisów bezpieczeństwa	297
Rychlik Z. Statystyka porażen elektrycznych w Polsce za r. 1935 i ich analiza na tle naszych przepisów bezpieczeństwa	304
Mazurkiewicz A. Organizacja bezpieczeństwa pracy zagranicą i w Polsce	311
Kassern M. St. Elektryfikacja przemysłu włókienniczego	322
Baranowski St. Elektryfikacja portowych nabrzeżnych urządzeń przeladunkowych	346
Miłodrowski J. Gospodarka elektryczna w papierniach	357
Hulanicki St. Zastosowanie elektryczności w przemyśle cukrowniczym	363

Sekcja trakcyjna.

Mech K. Trakcja elektryczna w Polsce	377
Baniewicz T. Komunikacja publiczna w Wilnie	380
Grabiński Z. Nowy środek komunikacyjny — trolejbus	382
Kozłowski T. E. Współczesne sposoby zaopatrywania kolei w energje elektryczną dla trakcji	390

Sekcja telekomunikacyjna.

Patrz Przegląd Radjotechniczny.

PRZEDPŁATA:
 kwartalnie zł. 9.—
 rocznie zł. 36.—
 zagranicą + 80%
 za zmianę adresu
 (znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, Królewska 15, II piętro
 telefon № 690-23.

Administracja otwarta codz. od godz. 9 do 15 w soboty od 9 do 13
 Redaktor przyjmuje we wtorki i piątki od godziny 19-iej do 20-iej.

Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363

**Ceny ogłoszeń
 podaje administracja
 na zapytanie.**

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przegląd Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.

S. A. Z. G. „Drukarnia Polska”, Warszawa, Szpitalna 12. Tel. 5.87-98 w dzierżawie Sp. Wydawniczej Czasopism Sp. z o. o.