

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XI.

1 Października 1929 r.

Zeszyt 19.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Czackiego 5, tel. 90-23.

## W SPRAWIE HARRIMANA.

Gdy stało się wiadome, że w sferach rządowych istnieje zamiar nadania firmie W. A. Harriman & Co, Inc., uprawnienia na zakład elektryczny, prasa codzienna żywo się tą sprawą zainteresowała, a w powodzi głosów i opinii nie brakło zarówno wyrazów zachwyty, jak i słów oburzenia. Namiętna dyskusja, jaka się wówczas potoczyła, zwróciła uwagę na wiele ważnych momentów projektu, jednak było to niewystarczające dla oceny całości sprawy, mało naogół znanej w szczegółach.

Rozumiejąc, że zagadnienie tak doniosłe wymaga uprzednio gruntownego zbadania, Przegląd Elektrotechniczny nie otwierał zbyt pohopnie dyskusji, pragnąc uniknąć zarzutu, że już to głosy są przygodne, już to krytyka niewyczerpująca i niemiarodajna, jako nieoparta na ścisłej znajomości projektu. Zaznaczyć bowiem należy, że dla świata technicznego projekt, opracowany, jak wiadomo, drogą gabinetową, był do pewnego stopnia niespodzianką, a koła zawodowe niejako były nim zaskoczone, zaznajomienie się zaś gruntowne ze szczegółami zagadnienia tak złożonego i odpowiedzialnego nie było łatwe.

Dzisiaj jest już inaczej. Nasze sfery społeczno-gospodarcze sprawę zbadały i ustaliły swoją opinię, — przynajmniej co do tych stron projektu, które nadają się do mniej lub więcej ścisłego ujęcia, bez potrzeby wkraczania w dziedzinę prorocstwa.

Z uwagi na wielkie zainteresowanie sprawą Harrimana w kołach elektryków Redakcja uznała za konieczne zaznajomić czytelników Przeglądu z opinią tych sfer — i to niezależnie od stanowiska Stowarzyszenia Elektryków Polskich, którego narażenie nie przytacza.

W porozumieniu więc z odnośnymi czynnikami załączamy do niniejszego zeszytu materiały następujące:

1. *Stanowisko Związku Zrzeszeń Technicznych w sprawie projektowanego uprawnienia elektryfikacyjnego Harrimana,*
2. *Stanowisko Izby Przemysłowo-Handlowych w sprawie projektowanego uprawnienia na rzecz firmy W. A. Harriman & Co, Inc.,*
3. *Memoriał Centralnego Związku Polskiego Przemysłu, Górnictwa, Handlu i Finansów w sprawie projektu udzielenia firmie W. A. Harriman and Co uprawnienia elektrycznego w Polsce,*

wreszcie — gwoli bezstronności —

4. *Memoriały firmy W. A. Harriman and Co, Inc., w sprawie zarzutów przeciwko projektowi uprawnienia elektryfikacyjnego tej firmy.*

Ten materiał informacyjny, zdaniem Redakcji, pozwoli czytelnikowi wyrobić sobie właściwy pogląd na sprawę, która nas wszystkich tak bardzo interesuje.

# BADANIE ROZKŁADU POTENCJAŁÓW W UKŁADACH ELEKTRYCZNYCH

Inż. Samuel Dunikowski,

asyst. Lab. wysokich napięć Politechniki Warszawskiej.

Znajomość rozkładu pola elektrycznego w układach izolacyjnych, zwłaszcza w izolatorach wysokiego napięcia, jest szczególnie ważna; warunkuje ona bowiem kształt, jaki trzeba nadać układowi, aby uzyskać możliwie dużą jego wytrzymałość elektryczną. Dotychczasowe metody doświadczalnego wyznaczania rozkładu pola nie są zadawalniające.

Laboratorium wysokich napięć Politechniki Warszawskiej zajmuje się obecnie opracowaniem praktycznej a możliwie dokładnej metody wyznaczenia rozkładu potencjałów w polu elektrycznym. Jako punkt wyjścia obrano metodę kompensacyjną podaną przez prof. J. Groszkowskiego dla napięć niskich. Niniejsza praca p. Dunikowskiego — będąca skrótem jego pracy dyplomowej — miała na celu przystosowanie tej metody do wysokiego napięcia. Rezultaty, otrzymane przez niego i wypróbowane na paru typowych przykładach, świadczą, że zagadnienie można uważać za rozwiązane w zastosowaniu do przypadku naprężeń elektrycznych, leżących poniżej granicy wyładowań.

Na zebraniu komisji izolatorów Międzynarodowej Konferencji wielkich sieci elektrycznych w Paryżu w czerwcu 1929 r. przedstawiłem pokrótce zasadę tej metody i jej praktyczne wyniki. W dyskusji stwierdzono niedoskonałość metod dotychczasowych, podnoszono ważność znalezienia metody właściwej i zalecono dalsze prace w tym kierunku.

Rozwinięcie tej metody będzie przedmiotem dalszych studiów i publikacji.

Prof. K. Drewnowski.

## W S T Ę P.

Zarówno w elektrotechnice prądów słabych jak silnych jest niejednokrotnie rzeczą bardzo ważną poznanie przebiegu płaszczyzn ekwipotentjalnych, występujących w układach elektrycznych. Zagadnienie to sprowadza się do wyznaczenia obrazu pola elektrycznego w ten sposób, aby było możliwe określenie w każdym dowolnym punkcie potencjału tam panującego.

Rozwiązanie powyższego zagadnienia można uzyskać zasadniczo w sposób trojaki:

1. metodą analityczną,
2. metodą doświadczalną,
3. metodą wykreślną,

W metodzie analitycznej można drogą obliczeń wyznaczyć potencjał w dowolnym punkcie pola, znając wartość potencjałów i kształt biegunów, wywołujących to pole, oraz znając w każdym punkcie badanej przestrzeni stałą dielektryczną i przewodność właściwą dielektryku. Metoda ta praktycznie daje się stosować jednak tylko w przypadkach geometrycznie prostszych, najczęściej przy założeniu dla całego badanego obszaru tej samej przewodności i stałej dielektrycznej. Przy układach bardziej skomplikowanych przeszkody natury matematycznej stają się prawie nie do przezwyciężenia, same zaś rezultaty — z racji poczynienia pewnych idealnych założeń — nie zawsze ściśle odpowiadają rzeczywistości.

Zakres stosowania metod wykreślnych jest już bez porównania większy. Pozostają jednak nadal bardzo znaczne trudności przy wyznaczaniu skomplikowanych rozkładów, pozatem wyniki otrzymuje się przy założeniu rozkładów czysto pojemnościowych, lub też przewodnościowych. Z powyższego wynika zatem, że również i w tym przypadku nie uzyskuje się wyników dokładnych i że tem samem zarówno metody analityczne jak i wykreślne mają znaczenie pomocnicze i mogą służyć jedynie dla uzyskania rezultatów orientacyjnych.

Przechodząc do metod doświadczalnych, pragnę podać na wstępie zestawienie dotychczas opra-

cowanych metod oraz zasady ich działania i zakres stosowalności. Są to metody następujące:

1. metoda odchyłowa z sondą zwyczajną,
2. metoda porównawcza z elektroskopem (Schwaiger),<sup>1)</sup>
3. metoda porównawcza z sondą żarzoną (Walther i Semenoff),<sup>2)</sup>
4. metoda kompensacyjna z sondą zwyczajną (Groszkowski),<sup>3)</sup>
5. metoda elektrolityczna (Estorff).<sup>4)</sup>

*Metoda odchyłowa.* Istotę działania tej metody obrazuje dostatecznie jasno załączony schemat (rys. 1).

Sonda pod wpływem pola przyjmuje pewien potencjał, wynikający ze stosunku oporności  $R_1$  i  $R_2$  oraz pojemności  $C_1$  i  $C_2$  i oporności samego przyrządu pomiarowego  $R$ . Wychylenie pomiarowego przyrządu  $V_2$  będzie odpowiadało potencjałowi sondy.

Jest rzeczą oczywistą, że, im mniejsza będzie wartość oporności  $R$  w stosunku do oporności pozostałych, tem większa będzie różnica pomiędzy potencjałem, który się ustali w pewnym punkcie pola przed i po umieszczeniu tam sondy.

Tem samem będzie istniała rozbieżność pomiędzy potencjałem, podanym przez woltomierz, i tym, który rzeczywiście w polu w normalnych warunkach występuje. Pomiar będzie bardzo niedokładny i rezultaty zależne od stosunku oporności przyrządu pomiarowego do oporności badanego pola.

*Metoda porównawcza z elektroskopem.* Zasadą tej metody jest umieszczenie na badanej powierzchni ciała stałego małego listka elektroskopowego, który oczywiście pod wpływem pola elektrycznego wychyla się (rys. 2). Listek powyższy obserwuje się przez lunetkę z podziałką. Początkowo przykłada się tylko napięcie, zasilające dany

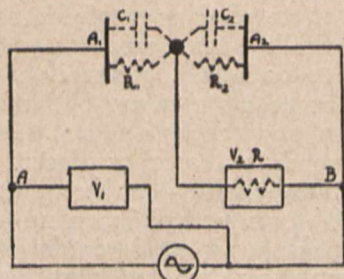
<sup>1)</sup> Schwaiger. Elektrische Festigkeitslehre, Berlin, 1925.

<sup>2)</sup> Semenoff und Walther. Die physikalischen Grundlagen der elektrischen Festigkeitslehre. Berlin, 1928.

<sup>3)</sup> Przegląd Radjotechniczny, 1929 r. str. 27.

<sup>4)</sup> E. T. Z. 1918, str. 53.

układ, i notuje uzyskane wychylenie. Następnie dołącza się do listka napięcie dodatkowe i zmienia się je dopóty, dopóki nie otrzyma się wychylenia tego samego, co poprzednio. Po uzyskaniu tegoż napięcia, przyłożone do listka, powinno odpowiadać



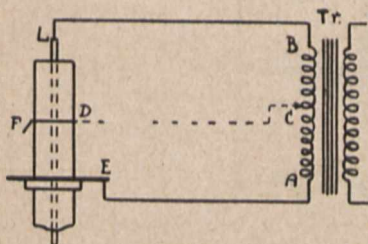
Rys. 1.

potencjałowi pola, który w danym punkcie istnieje normalnie. Istnieje tu oczywiście cały szereg wpływów postronnych, przede wszystkim zaś wpływ doprowadzenia do listka oraz wymiar geometryczny tego ostatniego. Pozatem z zasady danej metody wynika, że można ją stosować tylko do badania rozkładu potencjałów na powierzchniach ciał stałych i tem samym wartość jej praktyczna znacznie się obniża.

**Metoda porównawcza z sondą żarzoną.** Jest to jedna z najnowszych metod, zastosowana do badania rozkładu potencjałów w polach, wywołanych przez napięcia niezmiennie w czasie (rys. 3).

Zasada jej opiera się na właściwościach emisyjnych ciał rozżarzonych. Najczęściej używa się platyny, która przy temperaturach niższych (od czerwonego do żółtego żaru) emituje głównie jony dodatnie, przy wyższych zaś (od żółtego do białego żaru) — jony ujemne.

W powyższej metodzie jako sondy używa się drucika platynowego o takiej temperaturze, aby emisja jego jonów zarówno dodatnich jak i ujemnych była jednakowa. Po umieszczeniu sondy w polu, przyjmuje ona, jeśli jest odizolowana od otoczenia, potencjał, odpowiadający temu potencjałowi, jaki uprzednio panował w danym punkcie. Ten potencjał sondy może spowodować wychylenie elektroskopu wzorcowego i tem samym może być dokładnie określony.



Rys. 2.

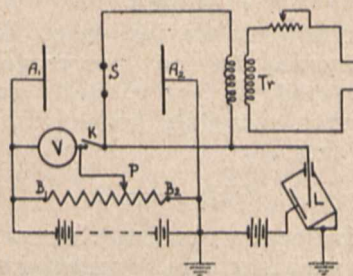
Metoda ta daje się stosować jednak tylko w środowiskach gazowych i ogranicza się jedynie do badania pól stałych. Przy użyciu napięć zmiennych, ładunki przestrzenne, powstałe z emisji sondy, nie mogą być dostatecznie szybko usunięte z pola i tem samym rozkład ulega pewnym deformacjom.

**Metoda kompensacyjna z sondą zwyczajną.** Metoda ta polega na skompensowaniu potencjału,

który mamy zbadać. Zasadę powyższą uwidoczni schemat, podany na rys. 4-ym.

Sonda łączy się z układem kompensującym za pomocą przyrządu zerowego, który wskazuje moment równowagi układu. Z chwilą jej powstania potencjał kompensujący jest miarą potencjału badanego.

Metoda ta, po odpowiednim jej opracowaniu, jest najuniwersalniejszą ze znanych dotychczas metod, łatwa w przeprowadzeniu pomiarów i daje największą dokładność wyników. Daje się ona stosować zarówno przy użyciu napięć niskich, jak i wysokich w przypadku układów pojemnościowych.

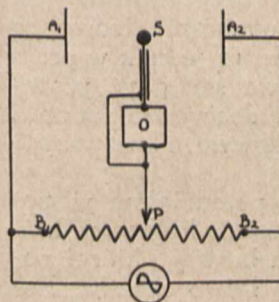


Rys. 3.

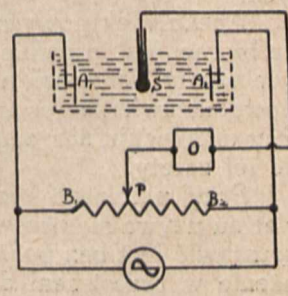
**Metoda elektrolityczna.** Metoda powyższa opiera się na zasadzie, iż rozkłady pojemnościowe przy prądzie zmiennym można zastąpić rozkładami przewodnościowymi, przyczem przewodności środowiska muszą być w tym drugim przypadku proporcjonalne do stałych dielektrycznych w przypadku pierwszym. Jeśli więc zastąpimy wszystkie dielektryki, znajdujące się w polu, rozmaitymi półprzewodnikami o odpowiednich przewodnościach, to oczywiście rozkład płaszczyzn ekwipotencjalnych pozostanie niezmienny. Powyższe rozumowanie jest słuszne, jednak tylko wtedy, jeżeli pominiemy przewodności, istniejące w układzie rzeczywistym.

Powyższa metoda (rys. 5) nie daje zatem również wyników ścisłych, pozatem zaś posiada bardzo znaczną niedogodność z powodu konieczności formowania układów zastępczych półprzewodzących. Praktycznie nie posiada więc niemal żadnego zastosowania.

Jak to już z powyższego pobieżnego zestawienia wynika, dla celów technicznych odpowiedniemi są właściwie tylko metody doświadczalne, z po-



Rys. 4.



Rys. 5.

śród zaś tych ostatnich na pierwszy plan wysuwają się metody kompensacyjne.

Opierając się zatem na powyższym wniosku, przeprowadziłem więcej szczegółowe badania po-

wyższych metod w Laboratorium Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej, przebieg zaś samych badań oraz osiągnięte rezultaty pragnę przedstawić w pracy niniejszej.

## I. METODA NISKONAPIĘCIOWA.

### 1. Schemat zasadniczy i jego podział.

Zasadniczy schemat metody, przedstawiony na rys. 6-ym, można podzielić na części następujące:

- A. układ sondy,
- B. układ zerowy,
- C. układ kompensacyjny,
- D. układ zasilający.

Podział powyższy nie jest czysto konwencjonalny, gdyż wyodrębnia on poszczególne człony układu, które mogą być w rozmaity sposób zbudowane i których szczegóły konstrukcyjne naogół nie wiążą się ze sobą.

#### A. Układ sondy.

Wprowadzając do obszaru badanego sondę wraz z doprowadzeniem, zmieniamy zawsze w mniejszym lub większym stopniu rozkład pola, który tam istniał poprzednio. Chodzi oczywiście, o to, aby ta zmiana była możliwie mała i tem samym zmierzony potencjał odpowiadał rzeczywistości.

Na odkształcenie pola mogą wpływać następujące czynniki:

1. kształt geometryczny sondy,
2. kształt geometryczny doprowadzenia,
3. sprzężenia pojemnościowe doprowadzenia z układem badanym.

Poniżej rozpatrzmy po kolei wszystkie te czynniki.

Wprowadzając w pole elektryczne jakiegokolwiek ciała przewodzące, stwarzamy zawsze w tem polu nową powierzchnię ekwipotencjalną, odpowiadającą ściśle zewnętrznej powierzchni danego ciała. Odkształcenie pola, które powstaje skutkiem tego, jest tem większe, im znaczniejsze są wymiary ciała prostopadłe do kierunku istniejących poprzednio powierzchni ekwipotencjalnych. Z tego wynika, że, jeśli się chce uniknąć odkształceń pola przy wprowadzaniu sondy, to należy ją wykonać z możliwie cienkiej blaszki i że trzeba ją ustawić o ile możności stycznie do powierzchni ekwipotencjalnych pola, poprzednio tam istniejących.

Aczkolwiek powyższe rozumowanie, teoretycznie biorąc, jest zupełnie słuszne, to jednak w praktyce sondy listkowej nie używa się, gdyż prawidłowe ustawienie jej sprawia dość dużo kłopotu, przy ustawieniu zaś nieprawidłowem nikną wszystkie jej zalety.

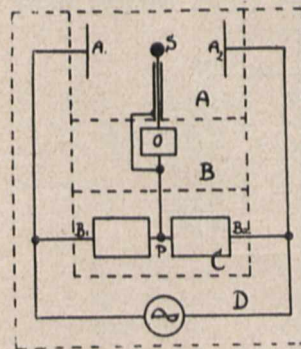
Przy pomiarze rozkładu potencjałów w powietrzu używa się przeważnie sondy kulkowej, którą ustawić jest bez porównania łatwiej i której położenie w przestrzeni daje się łatwo określić. Ponieważ jednak kulka ze względu na swój kształt geometryczny powoduje odkształcenie pola większe, niż sonda listkowa, przeto zachodzi potrzeba zbadania, czy te odkształcenia nie powodują zbyt wielkich błędów, które mogłyby doprowadzić do obniżenia dokładności wyników.

Aby powyższą kwestję wyjaśnić, przeprowadziłem pomiary porównawcze pomiędzy sondami kulkowymi o średnicach rozmaitych i sondami listkowymi o różnej powierzchni; otrzymane wyniki wykazywały, że różnice przy użyciu kulki i listka są praktycznie bez większego znaczenia. Wynika z tego, że błąd ze względu na wymiary sondy jest niewielki i tem samym użycie sondy takiego lub innego kształtu dopuszczalne. Ma to duże znaczenie szczególnie przy badaniu rozkładu potencjałów na powierzchniach ciał stałych, gdzie umieszczanie sondy listkowej w płaszczyźnie ekwipotencjalnej napotykałoby na znaczne trudności techniczne. W tych przypadkach na powierzchni ciała stałego nakleja się sondę cynfoljową w miejscu, którego potencjał ma być określony.

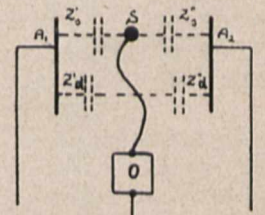
Z kolei należy przejść do zbadania wpływu kształtu doprowadzenia na wyniki pomiarów. W tym celu, podobnie jak poprzednio, przeprowadziłem szereg pomiarów porównawczych, stosując doprowadzenia różnych kształtów. Otrzymane różnice były w tym przypadku większe, niż poprzednio, jednak wahały się — przy skrajnie niekorzystnych ułożeniach doprowadzenia — około jednego procentu napięcia, przyłożonego do biegunów układu. Błędy były oczywiście tem większe, im bardziej doprowadzenie odchyłało się w swym przebiegu od płaszczyzny ekwipotencjalnej. Przy starannem przeprowadzeniu go praktycznie wpływ jego na rezultaty był niewielki.

Analizując dalej układ sondy, widzimy konieczność zbadania wpływu sprzężeń elektrycznych, które się wytwarzają pomiędzy doprowadzeniem a biegunami układu. Wpływy te są nad wyraz szkodliwe i mogą przyczynić się do otrzymania zupełnie błędnych rezultatów. Ze względu na ich duże znaczenie przy zastosowaniu metod kompensacyjnych rozpatrzmy je bardziej szczegółowo.

Pole elektryczne, występujące pomiędzy sondą, doprowadzeniem i biegunami układu, można zastąpić przez wprowadzenie pewnych umyślonych oporności pozornych. Jak to widać z rys. 7-ego, potencjał sondy oraz doprowadzenia ustali się w zależności od stosunku oporności  $Z'_d Z'_s$  i  $Z''_d Z''_s$ .



Rys. 6.



Rys. 7.

Gdyby doprowadzenia nie było, to oczywiście potencjał badanego punktu i tem samem sondy, ustaliłby się w zależności od oporności  $Z'_s$  i  $Z''_s$ . Jeżeli zatem chcemy, aby potencjał doprowadzenia wraz z sondą był ten sam jak i samej sondy bez doprowadzenia, to musi zostać spełniony jeden z dwóch warunków:

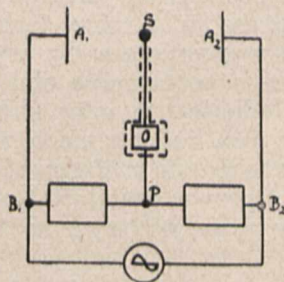
albo stosunek  $Z'_s$  do  $Z''_s$  będzie równy stosunkowi  $Z'_d$  do  $Z''_d$ .

albo wielkości  $Z'_d$  i  $D''_d$  będą wyższego rzędu niż  $Z'_s$  i  $Z''_s$ .

W pierwszym przypadku doprowadzenie musi leżeć w tej samej płaszczyźnie ekwipotencjalnej, co i sonda. Takie ustawienie doprowadzenia jest nad wyraz uciążliwe i trudne do wykonania. W przypadku drugim sztuczne zwiększenie oporności pozornych najłatwiej otrzymać przez zastosowanie osłony elektrostatycznej samego doprowadzenia.

Osłona ta otrzymuje potencjał niewiele różniący się od potencjału doprowadzenia i tem samym sprzężenie pomiędzy doprowadzeniem i osłoną staje się niewielkie.

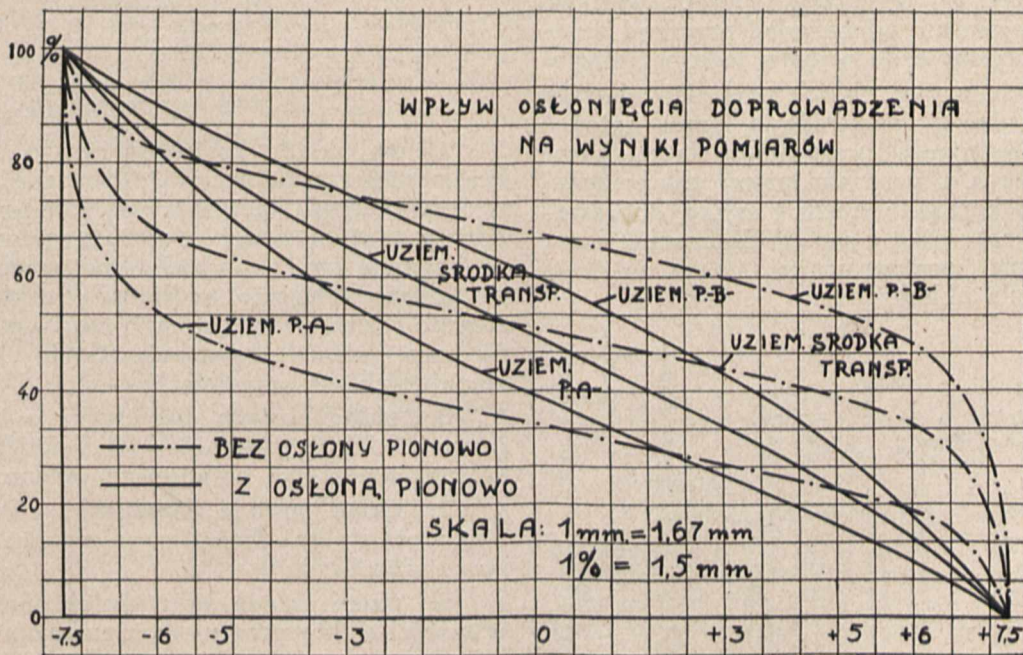
Schemat, podany na rys. 8-ym, wykazuje jasno sposób zastosowania i załączenia samej osłony w stosunku do pozostałego układu. W chwili uży-



Rys. 8.

skania równowagi przyrząd zerowy wskazuje zero i następuje wyrównanie potencjałów osłony i doprowadzenia.

Dla zilustrowania znaczenia stosowania osłony podano na rys. 9-ym wykresy rozkładów napięć,



Rys. 9.

otrzymane raz przy zastosowaniu osłony i drugi raz przy pominięciu tejże. Różnica w obu przypadkach jest zasadnicza.

Stosowanie osłony doprowadzenia ma jednak tę ujemną stronę, że przez wprowadzenie pewnych pojemności pomiędzy osłoną i doprowadzeniem stwarza się pewną oporność pozorną, która bocznie przyrząd zerowy i tem samym obniża dokładność metody. Rozpatrzenie tegoż zjawiska podane jest dalej.

Jako ogólne wnioski, dotyczące układu sondy, można z powyższych rozważań wysnuć co następuje:

1. nie obawiać się sond dużych, gdyż błąd ze względu na ich kształt geometryczny jest stosunkowo niezbyt wielki, natomiast przy dużym wymiarze sondy zwiększają się znacznie sprzężenia samej sondy z układem i tem samym wzrasta czułość oraz zmniejsza się wpływ ewentualnych sprzężeń szkodliwych;

2. doprowadzenie prowadzi o ile możliwości w płaszczyźnie ekwipotencjalnej, w każdym zaś razie zwracać baczną uwagę, aby koniec doprowadzenia, znajdujący się w bezpośrednim sąsiedztwie sondy, leżał w płaszczyźnie ekwipotencjalnej;

3. stosować osłonę elektrostatyczną doprowadzenia o wymiarach najmniejszych, na jakie pozwoli czułość układu, a to ze względu na powstanie znacznych sprzężeń pomiędzy osłoną i doprowadzeniem.

### B. Układ zerowy.

Dla uniknięcia pomieszania różnych pojęć wprowadzono w dalszym ciągu następujące terminy i definicje:

1. Potencjał kompensowany jest to ten potencjał, jaki pole posiadało przed włożeniem sondy w tym punkcie, w którym później sonda została umieszczona.

2. Potencjał sondy jest to poten-

cjał sondy wraz z doprowadzeniem, jaki powyższy układ przyjmuje po umieszczeniu go w danym polu.

3. Potencjał kompensujący jest to potencjał, otrzymywany w układzie kompensującym dla zrównoważenia potencjału sondy.

Dla uzyskania możliwie wielkiej dokładności i czułości metody, układ zerowy musi reagować na możliwie małe różnice napięć pomiędzy potencjałem kompensowanym i kompensującym. Aby powyższe żądanie spełnić, muszą zajść dwa warunki:

1. układ zerowy reagować musi na możliwie małe różnice potencjału sondy i kompensującego,
2. przy powstawaniu różnic pomiędzy potencjałem kompensowanym i sondy powinny powstawać możliwe duże różnice potencjałów sondy i kompensującego.

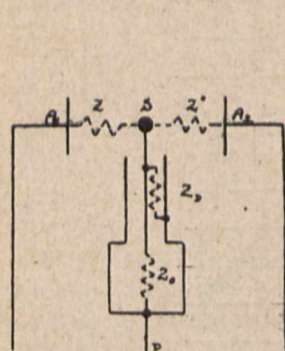
Aby spełnić warunek pierwszy, trzeba stworzyć układ zerowy dostatecznie czuły na małe napięcia doń przyłożone, aby zaś był spełniony drugi, musi istnieć możliwie wielka oporność zastępcza pomiędzy sondą i układem kompensującym.

Schemat, podany na rys. 10-ym, ilustruje dostatecznie jasno wpływy poszczególnych czynników. Sprężenia pojemnościowe i przewodnościowe zastąpiono tu opornościami pozornymi  $Z'$ ,  $Z''$ ,  $Z_D$  i  $Z_0$ .

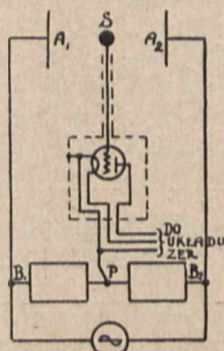
W chwili uzyskania równowagi oporność  $Z_D$  i  $Z_0$  nie gra roli i, biorąc teoretycznie, na ukształtowanie się potencjału sondy nie wpływa. Jeśli jednak równowaga zostanie zakłócona, to oczywiście im mniejsza jest oporność  $Z_D$  i  $Z_0$ , tem mniejsze powstanie napięcie na przyrządzie zerowym i tem samym zmniejszy się czułość metody. Dla uzyskania zatem dużej czułości, musi się wybrać jako zerowy przyrząd taki, który z jednej strony reagowałby na jaknajmniejsze napięcia zmienne doń przyłożone, z drugiej zaś — posiadałby możliwie dużą oporność wewnętrzną. Oprócz powyższego, jeśli idzie nam jedynie o czułość, dochodzi jeszcze warunek, aby sprężenia doprowadzenia zasłona były możliwie małe.

Określiwszy w powyższy sposób warunki elektryczne, jakim ma odpowiadać przyrząd zerowy, można przystąpić do wyboru tego ostatniego.

Przy użyciu napięć niskich najlepiej zdawała się tu odpowiadać trójelektrodowa lampa katodowa o małej pojemności i upływności siatka - katoda. Katoda wraz z obwodem lampy jest połączona z układem kompensującym i osłoną doprowadzenia, natomiast siatka z samem doprowadzeniem i sondą. Schemat, podany na rys. 11-ym, ilustruje zasadę działania układu.



Rys. 10

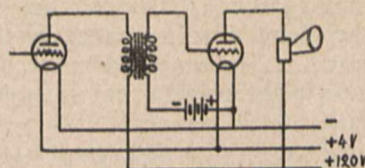


Rys. 11.

Przy użyciu lampy katodowej jako układu zerowego można w celu wykrycia stanu równowagi postąpić dwójako: albo załączyć samą lampę

w układzie amplifikacyjnym, albo też użyć jej w układzie detektorowym.

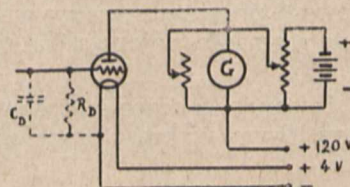
Zależnie od tego, który układ przyjmujemy, musimy w celu ustalenia równowagi obserwować zmiany składowej stałej lub zmiennej prądu anodowego pierwszej lampy. Dla pomiaru składowej



Rys. 12.

stałej można użyć galwanometru o skompensowanym odchyleniu, dla pomiaru zaś zmiennej — głośnika lub woltomierza elektrostatycznego, załączonego za pośrednictwem transformatora. Użycie głośnika upraszcza bardzo technikę pomiaru i jest znacznie wygodniejsze dla wykonywającego go. Jeśli chodzi o porównanie obu sposobów pod względem dokładności, to przy układzie detektorowym czułość jest jednak nieco większa. Przy użyciu głośnika musi się zastosować prąd zmienny o częstotliwości przynajmniej 500 okresów na sekundę, gdyż w razie przeciwnym spada znacznie jego czułość.

Zasadnicze schematy obwodu anodowego pierwszej lampy podają rys. 12-y i 13-y.



Rys. 13.

### C. Układ kompensacyjny.

Celem układu kompensacyjnego jest wytworzenie sztuczne potencjału, odpowiadającego ściśle w każdej chwili potencjałowi kompensowanemu. Aby zbadać możliwość zadośćuczynienia takiemu wymaganiu, trzeba podzielić spotykane układy na zasadnicze kategorie, w których rozkład pól występuje rozmaicie i w których musi być zastosowany inny system kompensacji. Są to układy o następujących właściwościach:

1. układ posiada dielektryki o czystej pojemności lub czystej przewodności, albo też jakikolwiek dielektryk pojedynczy jednorodny,
2. układ posiada dielektryki różne tak pod względem stałych dielektrycznych, jak i przewodności właściwych,
3. układ składa się z dielektryków, których własności elektryczne ulegają zmianom w zależności od zmian natężenia pola elektrycznego.

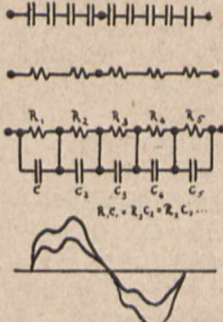
Wymienione powyżej wszystkie trzy rodzaje układów dają się przedstawić schematycznie jako kombinacje pewnych połączeń oporności rzeczywistych i pojemnościowych. W przypadku ostatnim układów musi się jednak uwzględnić niestałość o-

porności rzeczywistych w zależności od zmiennych naprężeń pola.

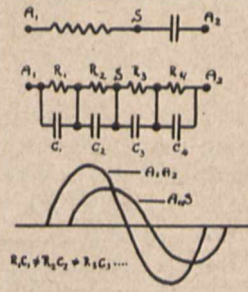
Rozważając układy, oznaczone pod punktem pierwszym, widać, że krzywa przebiegu w czasie napięcia dowolnego punktu w obszarze pola jest zawsze podobna geometrycznie do krzywej napięcia przyłożonego i różni się od niej tylko innym współczynnikiem skali. (Rys. 14). Wynika z tego od razu prosty sposób kompensacji, polegający na zastosowaniu potencjałów, włączonych bezpośrednio w napięcie zasilające. Stosunek liczbowy opor-

napięcia zasilającego czysto sinusoidalnego, jako zaś układu kompensacyjnego—takiego układu, który dozwalałby na regulowanie w pewnych granicach przesunięcia fazowego. Taki układ kompensacyjny przedstawia, na przykład, rys. 16-ty.

Układy, oznaczone na początku niniejszego punktem trzecim, przy użyciu napięć niskich, nie występują i z tego też powodu narazie rozpatrywane nie będą. Mają one natomiast duże znaczenie przy stosowaniu napięć wysokich i będą szczegółowo rozpatrzone przy rozważaniu metody wysokonapięciowej.



Rys. 14



Rys. 15.

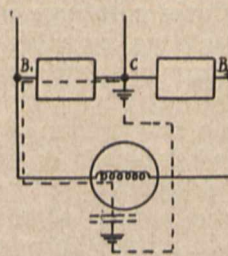
ności potencjometru określa ściśle liczbowa wartość potencjału kompensującego. Jako potencjometrów można użyć oporników lub kondensatorów. Ze względu na konieczną dużą dokładność najlepiej nadają się potencjometry opornościowe. Posiadają one jednak tę niedogodność, że łącznie z pojemnościami układu pola badanego dają pewne przesunięcia fazowe pomiędzy potencjałami kompensowanym i kompensującym i tem samym uniemożliwiają zupełne zrównoważenie. Z tego też względu przy pomiarach pól o środowiskach pojemnościowych lepiej jest stosować potencjometry pojemnościowe, przy środowiskach zaś przewodnościowych — omowe. Przy badaniach rozkładu potencjałów w polu iskierników zastosowano tu potencjometry pojemnościowe z kondensatorów mikowych. Zgodnie z poprzednim rozumowaniem otrzymywano zrównoważenie znacznie lepsze, aniżeli przy użyciu oporników.

Przechodząc z kolei do układów, oznaczonych punktem drugim, widać, że tu potencjał dowolnego punktu pola w swym przebiegu czasowym nie zachowuje podobieństwa geometrycznego z napięciem przyłożonym. Wynika to z tego, że, rozkładając krzywą napięcia, przyłożonego na odpowiednie harmoniczne (rys. 15-ty), otrzymujemy dla tych ostatnich rozmaite oporności pozorne, w zależności od rzędu danej harmonicznej. Otrzymuje się zatem różne przesunięcia fazowe i różne amplitudy skła-

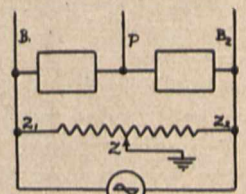
D. Układ zasilający.

Warunki, stawiane układowi zasilającemu, wynikają już bezpośrednio z rozważań poprzednich. Dotyczą one z jednej strony nieodkształcania krzywej napięcia zasilającego, z drugiej zaś — odpowiedniej mocy układu, wystarczającej na zasilenie potencjometru. Zwykle trudno jest te dwa warunki razem pogodzić. O ile chodzi o napięcie czysto sinusoidalne, to najlepiej użyć heterodyny z lampami katodowymi. Rozporządza się jednak wówczas stosunkowo niewielką mocą. Jeśli zaś zależy na doprowadzeniu mocy większej, to wówczas musi się stosować prądnice i tem samym nie otrzymuje się nigdy napięcia czysto sinusoidalnego. Stosowanie filtrów dla uzyskania napięcia nieodkształconego jest, praktycznie biorąc, dla małych częstotliwości bardzo kłopotliwe i nie daje naogół pożądaných rezultatów.

Układowi zasilającemu stawia się jeszcze warunek możliwości uziemienia w dowolnym punkcie. Przy użyciu heterodyny nie napotyka się w tym względzie na większe trudności, natomiast przy stosowaniu prądnic należy zwrócić uwagę na sprzężenia pojemnościowe i przewodnościowe, które mogą powstawać w samym uzwojeniu maszyny. Rys. 17-y i 18-y ilustrują dostatecznie jasno wpły-



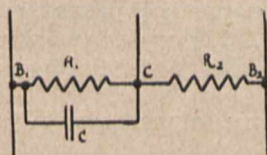
Rys. 17.



Rys. 18.

wy powyższych sprzężeń. Aby ich uniknąć, należy stosować przed potencjometrem właściwym jeszcze potencjometr dodatkowy, którego suwak połączony jest z ziemią.

Do układu zasilającego wypada zaliczyć jeszcze przewody, łączące końce potencjometru pomiarowego z układem badanym. W tych przewodach indukują się, tak jak w antenie, różne siły elektromotoryczne, które w szczególnie niekorzystnym przypadku mogą przeszkadzać w pomiarze i zmniejszać dokładność wyników otrzymanych. Z tego też względu, szczególnie przy użyciu jako przyrządu zerowego głośnika, należy zwracać baczną uwagę na sposób przeprowadzenia powyższych przewodów i traktować je wówczas jako rodzaj



Rys. 16.

dowych harmoniczných i tem samym wypadkowa krzywa potencjału pola w danym punkcie jest różna od krzywej napięcia przyłożonego. Dla uzyskania więc kompensacji zupełnej należy tu użyć

anteny. Radykalnym środkiem do usunięcia powyższych szkodliwych wpływów zewnętrznych jest otoczenie całej przestrzeni pomiarowej uziemionymi siatkami.

## 2. Przykład zastosowania metody niskonapięciowej do wyznaczenia rozkładu potencjałów w polu pomiarowego iskiernika kulowego.

**Układ.** Obiektem, na którym przeprowadzono pomiary, był iskiernik kulowy o średnicy kul 125 mm oraz odstępie 150 mm. Sondę użyto kulową o średnicy 10 mm, do której przylutowano ostrze w celu łatwiejszego ustalania jej położenia.

Doprowadzenie wykonano w osłonie ze sprężystej spirali o średnicy zewnętrznej 3 mm. Przewód wewnętrzny o grubości 0,7 mm był podwójnie izolowany bawełną. Wewnętrzna średnica osłony doprowadzenia wynosiła około 1,5 mm, długość jej — 60 cm.

Układ zerowy zastosowano lampowy amplifikacyjny z głośnikiem. Jako pierwszej lampy użyto lampę P. T. R. typ D. E. V. o nachyleniu charakterystyki 0,35 mA/V i prądzie nasycenia około 5 mA. Lampa była osłonięta szczelnie arkuszem cynfolji, połączonym z osłoną doprowadzenia i katodą lampy.

Druga lampa pracowała jako wzmacniacz małej częstotliwości ze sprzężeniem transformatorowym. Lampa ta była typu Philips B409. Głośnik „Amplion” pracował w obwodzie drugiej lampy, załączony przez transformator o przekładni 1:1.

Układ kompensujący zbudowano z kondensatorów mikowych Carpentiera o pojemnościach w sumie około 1  $\mu$ F.

Układem zasilającym była prądnicą o częstotliwości 500 okresów na sekundę i mocy około 1 kW. Uziemienie układu zasilającego wykonywano w dowolnym punkcie za pomocą opornika suwakowego o oporności 3000 omów.

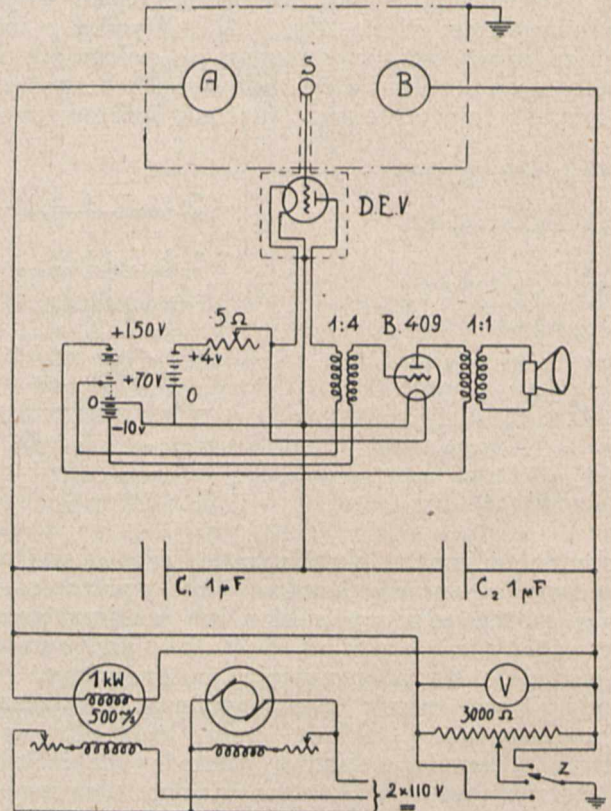
Schemat całego układu podaje rys. 19-y.

**Technika pomiaru.** — Ustalenie położenia sondy wykonywano przez nakładanie na kule iskiernika odpowiednio wyciętej tektury, na której był wyrysowany układ współrzędnych. Ostrze, przymocowane do kulki, wskazywało na powyższym układzie współrzędne punktu, odpowiadającego środkowi geometrycznemu sondy. Dokładność, z jaką można było wyznaczyć położenie sondy, wynosiła około 0,5 mm. Pomiar rozkładu potencjałów wykonywano w płaszczyznach poziomych. Przy pomiarze w każdej płaszczyźnie kulka pozostawała niezmiennie zawieszona na pewnym określonym poziomie, natomiast przesuwano sam iskiernik w płaszczyźnie poziomej i w ten sposób uzyskiwano możliwość umieszczenia sondy w dowolnym punkcie badanej płaszczyzny pola. Przy przejściu do innego poziomu zmieniano wysokość zawieszenia sondy, pozatem pomiar wykonywano jak poprzednio.

Po należytem ustawieniu sondy ustalano równowagę przez dobranie odpowiednich wartości pojemności kondensatorów kompensujących. Równowagę uważano za ustaloną z chwilą, gdy po włączeniu i wyłączeniu pojemności 0,005  $\mu$ F w jednym z kondensatorów natężenie dźwięku w głośniku pojawiało się równie silnie.

Ponieważ przeprowadzono pomiar przy trzech rodzajach uziemień iskiernika, przeto dla tego samego ustawienia anody ustalano po kolei równowagę przy różnych załączeniach uziemienia.

Każdy pomiar powtarzano dwukrotnie. Wyniki niemal nie odbiegały od siebie.



Rys. 19.

**Błędy i dokładność metody.** Przy wykonywaniu pomiaru występowały różne błędy, wpływające na ogólną dokładność wyników metody.

Błąd ustawienia sondy polega na tym, że mierzony potencjał przypisuje się innemu punktowi pola, niż ten, w którym sonda była ustawiona podczas pomiaru. Jak już wyżej zaznaczono, niedokładność ustawienia sondy nie powinna przekraczać około 0,5 mm. Tu chodzi jednak o zorientowanie się, jaki wpływ na wartość otrzymaną potencjału może wyrzucić to przestrzenne przesunięcie. Trzeba więc przetransponować ów błąd przestrzenny na błąd wartości potencjału.

Jeżeli w danym punkcie pola największe nachylenie funkcji  $V = f(x, y, z)$  będzie  $\frac{dV}{dl} = A$ ,

to oczywiście przy popełnieniu błędu przestrzennego  $\Delta l$  otrzymamy największy możliwy błąd potencjału  $\Delta_p = A \cdot \Delta l$ . Przyjawszy w pierwszym przybliżeniu, że rozkład potencjałów na osi iskiernika

jest równomierny, otrzymamy  $A = \frac{100}{150} = 0,67$

i co za tem idzie błąd potencjału  $\Delta_p = 0,5 \cdot 0,67 = 0,34\%$ . Można więc w zaokrągleniu przyjąć, że błąd powyższy nie powinien przekroczyć 0,4%. Chcąc wyznaczyć ten błąd dokładnie, należy najpierw zdjąć rozkład pola i dla każdego punktu oddzielnie znaleźć wartość  $A$ .



Z powyższego rozumowania wynika, że największą rolę odgrywa błąd ze względu na złe ustawienie sondy w tych miejscach pola, w których występują największe nierównomierności przebiegu potencjałów. W tych właśnie miejscach należy więc specjalnie baczyć na prawidłowe ustawienie sondy.

Błąd ze względu na kształt geometryczny sondy i doprowadzenia wynika z tego, że przez wprowadzenie w obszar badany obcego przewodnika zniekształca się zawsze w pewnym stopniu normalny przebieg pola i tem samem nie otrzymuje się rezultatów ścisłych. Ścisłe obliczenie powyższych wpływów jest praktycznie niewykonalne i dlatego też powyższe błędy daje się tylko z gruba oszacować.

Co do wpływu kształtu samej sondy, to przeprowadzone pomiary porównawcze pomiędzy sondą listkową a kulkową nie wykazały różnic w otrzymanych rezultatach większych, niż 0,5%. Ponieważ do ostatecznej różnicy rezultatów dochodziły jeszcze, oczywiście, inne błędy przypadkowe, więc wzięto pod uwagę średnią różnicę z 13 pomiarów i ta ostatnia wyniosła około 0,2%. Opierając się na tem, przyjęto, że błąd  $\Delta_s$  ze względu na kształt geometryczny sondy nie powinien przekroczyć  $\pm 0,2\%$ .

Rozpatrując podobnie błąd ze względu na kształt geometryczny doprowadzenia ( $\Delta_d$ ), otrzymano różnice przy stosowaniu różnych kształtów doprowadzenia, nie przekraczające w swej średniej wartości  $\pm 1,0\%$ . Błąd ten staje się, oczywiście, tem mniejszy, im prawidłowiej ustawia się doprowadzenie, czyli im mniej odbiega położenie doprowadzenia od płaszczyzny ekwipotencjalnej pola.

Błąd systematyczny potencjometrów, użytych do układu kompensacyjnego, wynosił około  $\pm 0,5\%$ . Wzór zasadniczy na procentową wartość potencjału w polu był  $p = \frac{C}{C_1 + C_2} \%$ , z tegoż wynika, że

$$dp = \frac{C_2 dC_1 - C_1 dC_2}{(C_1 + C_2)^2} = \Delta_c, \text{ przyjmując } \frac{dC}{C} = 0,005,$$

otrzymamy w najgorszym wypadku

$$\Delta_c = \frac{2 C_1 C_2}{C_1 + C_2} \cdot 0,005 = 0,25\%, \text{ o ile przyjmiemy}$$

$C_1$  i  $C_2$  równe. Jeżeli  $C_1$  i  $C_2$  nie są równe, wówczas wyrażenie  $\frac{2 C_1 C_2}{C_1 + C_2}$  maleje i tem samem błąd się zmniejsza.

Błąd ze względu na czułość układu pomiarowego wynika z niedoskonałej czułości przyrządu zerowego W danym przypadku przy uzyskiwaniu równowagi zmiana pojemności o 0,005  $\mu$ F w którymkolwiek z kondensatorów była całkiem wyraźnie słyszalna w głośniku. Rozumiejąc podobnie jak

$$\text{poprzednio otrzymamy } \frac{dC}{C} = \frac{0,005}{1} = 0,005, \text{ co}$$

$$\text{odpowiada } 0,5\%. \text{ Błąd potencjału } dp = \frac{C_2 dC_1}{(C_1 + C_2)^2} = \delta$$

t. j. 0,15%. To wszystko — w założeniu, że  $C_1$  i  $C_2$  są równe — mniej więcej około 1 mikrofarada.

Określiwszy w wyżej podany sposób poszczególne błędy można wyznaczyć błąd graniczny:

$$\Delta_{gp} = \Delta_p + \Delta_s + \Delta_d + \Delta_c + \delta = \pm 2,0\%$$

Do tego błędu dochodzi jeszcze błąd przypadkowy, który jednak w powyższej metodzie jest tak mały, że można go pominąć.

Ostatecznie otrzymuje się zatem jako rezultat powyższych rozważań całkowitą dokładność metody około  $\pm 2\%$ . Oczywiście powyższa dokładność nie jest tu tak ściśle określona, jak przy niektórych innych metodach pomiarowych elektrotechniki. Mogą więc tu przy szczególnie niekorzystnych warunkach zajść pewne odchylenia. Nie odgrywa to jednak większego znaczenia, wobec tego, że przy podobnych pomiarach chodzi raczej o jakościowe zbadanie zjawisk, aniżeli o wielką precyzję wyników liczbowych. Przez odpowiednie użycie dokładnych przyrządów oraz przez bardziej staranny pomiar możnaby jeszcze znacznie podnieść dokładność otrzymanych wyników.

### 3. Wnioski, dotyczące metod niskonapięciowych.

Jak wynika z poprzednich rozważań, metoda kompensacyjna przy zastosowaniu napięć niskich daje przy odpowiednim ułożeniu schematu wyniki zupełnie zadawalniające, odznacza się łatwością wykonywania pomiarów i nie wymaga skomplikowanej aparatury. Dokładność jej w porównaniu do innych metod badania pól elektrycznych jest stosunkowo dość duża i dla celów praktycznych zupełnie wystarczająca.

Podano tu zastosowanie metody do badania rozkładu napięć w dielektryku jednorodnym, jakim jest powietrze, ale oczywiście można przy małych zmianach schematu dostosować ją do badania układów złożonych i zawierających mniej lub więcej dielektryków uwarstwionych.

Zakres stosowności tej metody jest ograniczony oczywiście do napięć niskich. Dla techniki wysokich napięć ma więc ta metoda znaczenie tylko pomocnicze, to znaczy, rezultaty, za jej pomocą otrzymane, przy badaniu układów wysokonapięciowych stosują się tylko do takich warunków, przy których nie występują jeszcze destrukcje dielektryków, znajdujących się w polu pod wpływem silnych naprężeń, wywołanych wysokim napięciem.

Jeżeli więc, praktycznie rzecz ujmując, nie obchodzą nas zmiany rozkładu, wywołane jarzeniami, wyładowaniami lokalnymi, przebiciami i t. p. zjawiskami, to oczywiście stosowanie tej metody daje rezultaty dobre. W technice wysokich napięć znajomość rozkładu potencjałów podczas występowania wyżej wymienionych zjawisk jest jednak bardzo ważna i dlatego też nie można się ograniczyć do stosowania metod niskonapięciowych, lecz trzeba opracować metodę, pozwalającą na zbadanie układu w takich warunkach, w jakich on rzeczywiście znajduje się podczas normalnej pracy.

## II. METODA WYSOKONAPIĘCIOWA.

### 1. Zasada opracowania metody.

Jako punkt wyjścia przy opracowaniu metody wysokonapięciowej przyjęto niskonapięciową metodę kompensacyjną. Zachowano ten sam podział schematu, co i poprzednio, z tą różnicą, że połączono razem układ kompensacyjny z zasilającym. Część pierwsza schematu, to jest cały *układ sondy*,

pozostaje tu bez zmiany. Również cała dyskusja, przeprowadzona w analizie metody niskonapięciowej, zachowuje tu swą słuszność. Modyfikacjom pewnym podlegają natomiast pozostałe części schematu, t. j. układ zerowy, kompensacyjny i zasilający. Aby nie powtarzać niepotrzebnie rzeczy, już poprzednio dostatecznie jasno wyświetlonych, rozpatrzmy tu tylko te części schematu, w których przeprowadzone zostały pewne modyfikacje, nie omówione poprzednio.

#### A. Układ zerowy.

Wymagania, stawiane układowi zerowemu w metodzie niskonapięciowej, a mianowicie: wrażliwość na jaknajmniejsze napięcia przyłożone i możliwie duża oporność wewnętrzna, nie są tutaj tak dalece zasadnicze, jak poprzednio. Ponieważ napięcia, przyłożone do obiektu badanego, są tu znacznie wyższe, przeto na pojemności, utworzonej przez układ sonda-biegun, również mamy do czynienia z dużymi różnicami potencjałów. Tem samym napięcia, występujące na przyrządzie zerowym, są większe i wskutek tego czułość jego może być w danym wypadku mniejsza.

To zmniejszenie czułości jest jednak nie tylko dopuszczalne, ale nawet i konieczne. Wynika to z niemożności otrzymania tak czułej regulacji układu kompensującego, aby mógł on zupełnie ściśle zrównać się z potencjałem kompensowanym. W metodzie poprzedniej, przy wyjściu ze stanu równowagi napięcia na układzie zerowym wzrastały niewiele; przy obecnej, w razie pozostawienia układu niezmiennego, przy najmniejszym wychyleniu napięcia, na przyrządzie zerowym napięcia będą bardzo gwałtownie wzrastać, co spowoduje niemożność zrównoważenia z jednej strony, oraz możliwość uszkodzenia układu zerowego — z drugiej.

Sztucznie zmniejszenie czułości układu zerowego można osiągnąć w sposób następujący:

1. zostawić tę samą czułość układu, lecz powiększyć sztucznie pojemność: osłona — doprowadzenie przez wstawienie tam dodatkowego kondensatora, lub też zmniejszyć oporność upływową na tej samej drodze;

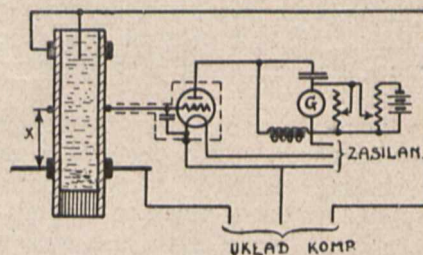
2. zastąpić wielkooporowy przyrząd zerowy, jakim jest lampa katodowa, przyrządem o mniejszej oporności wewnętrznej i mniejszej czułości na napięcie.

Stosując punkt pierwszy, otrzymamy układ zerowy, w niczym nie zmieniony w stosunku do metody niskonapięciowej; tylko przy zwiększaniu napięć musimy sztucznie zmniejszać oporność, lub też pojemność w sposób wyżej wymieniony. Wszystko zatem, co się tyczyło dyskusji układów lampowych, pozostaje tu bez zmiany.

Stosując natomiast punkt drugi, mamy nowe możliwości dla układu zerowego. Jako przyrząd zerowy można tu stosować woltomierz elektrostatyczny. Upraszcza to znakomicie cały układ i ułatwia technikę pomiarową. Należy jednak zaznaczyć, że dla zamiany lampy katodowej na woltomierz musi istnieć dostateczna pojemność układu badanego, lub też dostatecznie wysokie napięcie przyłożone

Schematy obu typów układów, t. j. układu lampowego o sztucznie zmniejszonej czułości, oraz

woltomierza podane są na rys. 20-ym i 21-ym i przypuszczalnie osobnych wyjaśnień nie wymagają.



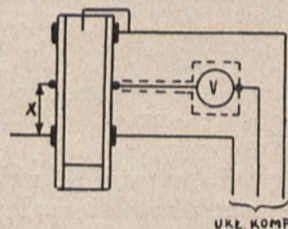
Rys. 20.

Dotychczasowe rozważania przeprowadzono w niniejszej pracy pod milczącym założeniem, że uda się zawsze dobrać napięcie, ściśle odpowiadające napięciu kompensowanemu zarówno co do amplitudy, jak i kształtu krzywej. Przy napięciach niskich i użyciu napięcia zasilającego ściśle sinusoidalnego można było rzeczywiście ten warunek zawsze wypełnić przez zbudowanie odpowiedniego układu kompensującego.

Przy napięciach wysokich następują jednak niejednokrotnie poważne utrudnienia w kompensowaniu ze względu na zmianę właściwości elektrycznych dielektryków, znajdujących się w polu pod wpływem silnych naprężeń tam panujących. Pomimo przyłożonego napięcia czysto sinusoidalnego potencjały poszczególnych punktów pola nie zawsze zmieniają się ściśle sinusoidalnie i tem samym nie ma się możliwości uzyskania kompensacji zupełnej. Analiza zjawisk, występujących wówczas w polu, będzie przeprowadzona w opisie układu kompensującego. Narazie rozpatrzmy zasady kompensacji niezupełnej i podamy schematy, zastosowane przy badaniach.

Rozróżnić można dwie zasadnicze metody kompensacji niezupełnej:

1. kompensacja przy najmniejszej różnicy napięć na układzie zerowym,
2. kompensacja poszczególnych harmonicznnych na tymże układzie występujących.



Rys. 21.

W przypadku pierwszym obserwujemy najmniejsze wychylenie przyrządu zerowego i z chwilą osiągnięcia tego minimum uważamy kompensację za prawidłową. Wtedy oczywiście wartość skuteczna napięcia na układzie zerowym osiąga pewne minimum i w pewnym przybliżeniu wartość skuteczna napięcia kompensującego odpowiada wartości skutecznej napięcia kompensowanego.

W przypadku drugim kompensuje się tylko główne harmoniczne i w stanie równowagi określa się dane harmoniczne badanego potencjału.

Przyrząd zerowy w tym ostatnim przypadku powinien w stanie zrównoważenia wskazywać ściśle zero.

Ujmując kwestję całą czysto teoretycznie, należałoby przyznać raczej słuszność metodzie drugiej, gdyż, kompensując tutaj systematycznie sinusoidami różnych rzędów, możnaby wykryć wszystkie składowe szukanej krzywej potencjału badanego punktu pola. Jednak w rzeczywistości potencjał sondy przy użyciu napięć zasilających wysokich będzie w stosunku do tych napięć bardzo mało się różnił od potencjału kompensującego. Temsamem przebiegi zmian potencjału badanego w czasie będą zawsze sztucznie ściągane do przebiegów potencjału kompensującego. Ponieważ, jak już wyżej zaznaczono, w polach wysokonapięciowych przyczyną wszystkich komplikacji są destrukcje dielektryków, znajdujących się w obszarze dużych naprężeń pola elektrycznego, przeto trzeba się liczyć z tem, że owe deformacje rozkładów potencjałów nie będą przy kompensowaniu ściśle odpowiadać krzywom kompensowanym, lecz będą różne i od kształtu krzywej kompensującej zależne. Tem samem o zbadaniu krzywej potencjału, badanego drogą kolejnego kompensowania sinusoidami różnych rzędów, nie może być właściwie mowy, gdyż uzyskałoby się wyniki, nie odpowiadające rzeczywistości.

Upada więc największa pozorna korzyść użycia kompensacji poszczególnych harmonicznych. Pozatem wykonanie techniczne schematu, odpowiadającego powyższej zasadzie jest trudne, gdyż wymaga użycia filtrów na małe częstotliwości, kłopotliwych w użyciu i trudnych do zbudowania.

Kompensacja na najmniejszą wartość skuteczną napięcia na przyrządzie zerowym jest znacznie prostsza i w praktyce łatwa do zastosowania. Dokładność jej rezultatów zależy będzie oczywiście od stopnia odkształcenia krzywej kompensowanej, nie powinna jednak w każdym razie ustępować dokładności metody poprzedniej.

Powracając do samych przyrządów zerowych, widzimy, że przy kompensacji niezupełnej nadają się tylko takie, które wykazują dokładnie minimum skutecznej wartości przyłożonej. Można więc tu użyć tylko przyrządów wskazówkowych; praca z głośnikiem jest nad wyraz uciążliwa i niedokładna.

W niniejszej pracy użyto układu lampowego detekcyjnego ze sztucznym zmniejszeniem czułości, oraz woltomierza elektrostatycznego.

Oba zasadnicze schematy podano na rys. 20-ym i 21-ym. Pomiary, wykonane przy zastosowaniu obu wyżej wymienionych układów zerowych, dały wyniki niemal identyczne.

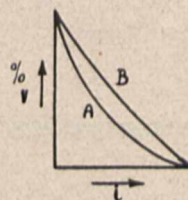
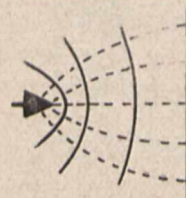
### B. Układ kompensacyjny i zasilający.

W poprzednich rozważaniach zadowolniono się stwierdzeniem faktu, że przy użyciu napięć wysokich następują odkształcenia krzywych potencjału i że tem samem przeprowadzenie ścisłej kompensacji na zasadzie, przyjętej przy metodzie niskonapięciowej, nie da się częstokroć skutecznie.

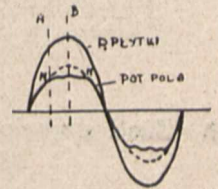
Tutaj warto wyjaśnić bliżej zjawiska, zachodzące w polu wysokonapięciowym i w tym celu rozważymy typowy przykład pola, występującego pomiędzy ostrzem a płytką.

Schemat zasadniczy tegoż układu podano na rys. 22-im. Krzywa A przedstawia rozkład potencjałów w polu przy zastosowaniu napięć stosunkowo niewielkich. Z chwilą gdy napięcie przyłożone do układu zaczyna wzrastać, rosną oczywiście naprężenia we wszystkich poszczególnych punktach pola. Początkowo wzrost ten jest proporcjonalny do napięć przyłożonych i rozkład pozostaje dalej niezmienny w myśl krzywej A. Z chwilą jednak, gdy naprężenia w którymkolwiek miejscu pola przekroczą wartości, odpowiadające wytrzymałości danego dielektryku, następują oczywiście destrukcje tego ostatniego i tem samem rozkład potencjałów ulega zmianie. Krzywa rozkładu przyjmuje kształt bardziej łagodny i przebiega dla pewnego napięcia podług krzywej B.

Jeżeli teraz chcemy określić kształt krzywej zmian w czasie potencjału w danym punkcie pola, to początkowo otrzymamy (Rys. 23) wzrost potencjału w myśl wzrostu napięcia na biegunach ukła-



Rys. 22.



Rys. 23.

du, po dojściu jednak do granicy wytrzymałości danego układu, proporcjonalność nie zostanie dalej zachowana i krzywa od punktu M załamie się, przebiegając w sposób, nie dający się bliżej określić.

Po obniżeniu się napięcia przyłożonego z powrotem do granicy wytrzymałości układu, krzywa zmian potencjału powróci w N do swego regularnego przebiegu. Przy sposobności wypada zaznaczyć, że napięcie w punkcie N wykresu będzie co najmniej niższe od M, ze względu na zjawisko opóźnienia jonizacji, zachodzących w powietrzu.

Widać z powyższego rozumowania, że przy przekroczeniu w którymkolwiek punkcie układu granicy wytrzymałości dielektryku, otrzymuje się zawsze odkształcenia bliżej nieokreślone, o nieregularnych przebiegach, nie dające się zatem skompensować sinusoidalnym napięciem.

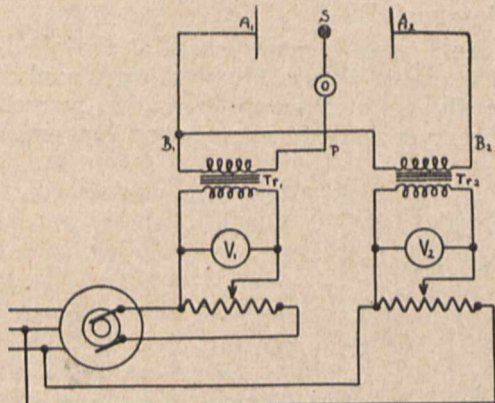
Oprócz wyżej wymienionego powodu niezupełnej kompensacji istnieją jeszcze przy użyciu napięć wysokich dwie inne przyczyny, które nawet w przypadku dostatecznej wytrzymałości układu będą przeszkadzały w uzyskaniu ścisłej kompensacji. Są niemi odkształcenia napięć: zasilającego i kompensującego, wynikające z konieczności użycia transformatorów.

O ile te dwa ostatnie czynniki dadzą się przez odpowiednie zbudowanie układu zmniejszyć, o tyle odkształcenia, spowodowane zmianą własności

elektrycznych dielektryków w polu wysokonapięciowym, są dla nas właśnie istotą układów wysokonapięciowych i jako takie muszą zawsze występować przy użyciu wyższych napięć.

Aby móc się zatem zbliżyć jaknajbardziej do przypadku idealnej kompensacji, musimy mieć możliwość zmiany napięcia kompensującego co do amplitudy, oraz w szerokich granicach co do fazy. W tym celu staje się konieczne użycie w wysokonapięciowym układzie kompensacyjnym przesuwacza fazowego, który znów ze swej strony przyczyni się do dalszych odkształceń.

Schemat układu kompensacyjnego podano na rys. 24-ym.



Rys. 24.

## 2. Zastosowanie metody wysokonapięciowej do pomiarów.

Przy zastosowaniu powyższych metod do pomiarów musimy rozróżnić dwa zasadnicze przypadki. Jeżeli układem badanym jest układ o stosunkowo dużej pojemności, to jako przyrząd zerowy stosuje się woltmierz elektrostatyczny; jeżeli natomiast układ jest o pojemnościach małych, to wtedy musi się stosować układy lampowe i to najlepiej detektorowe. Pozostała część schematu pozostaje bez zmiany. Na rys 25-m podano schemat metody przy zastosowaniu układu lampowego.

Technika pomiaru jest zależna od obiektu, na którym pomiar jest dokonywany. Jeżeli są badane obiekty o małych nachyleniach ścianek, wówczas najlepiej jest użyć sondy sprężynowej (np. izolatory przepustowe); jeżeli natomiast mamy do czynienia z przedmiotami o ścianach stromych (np. izolatory linjowe), wówczas używa się sondy cynfoljowej, naklejanej w dowolnym punkcie badanego obiektu. Jako substancji kleistej należy używać jakiejś masy izolacyjnej, łatwo topliwej i przyczepnej.

Równowagę ustalamy, dobierając przesunięcie fazowe i amplitudę napięcia kompensującego tak, aby otrzymać możliwie małe wychylenie przyrządu zerowego. Przy pomiarze rozkładu napięć na danym obiekcie należy zwracać baczną uwagę na to, aby napięcie, zasilające układ, przez cały czas pomiaru pozostawało niezmiennione. Dla sprawdzenia rezultatów można przeprowadzić kompensację danego punktu od obu biegunów układu; suma wyników powinna oczywiście dać wtedy 100% napięcia zasilającego.

*Błędy i dokładność metody wysokonapięcio-*

*wej.* Błąd transformatorzków pomiarowych i woltmierzy nie przekracza przy normalnie używanych przyrządach 0,5% dla woltmierzów elektrodynamicznych i 1,0% dla transformatorzków napięciowych. Razem możemy zatem przyjąć błąd graniczny zespołu woltmierz - transformatorek  $\Delta_v = \pm 1,5\%$ . Dla znalezienia rozkładu procentowego napięcia używamy wzoru  $p = \frac{V_1}{V_2}$  z tego wynika, że

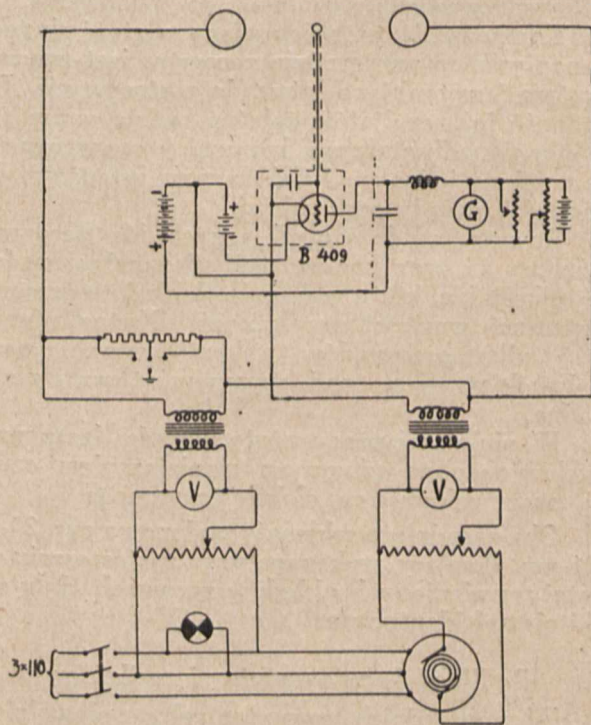
$$dp = \frac{dV_1}{V_2} - \frac{V_1 dV_2}{V_2^2}. \text{ W najniekorzystniejszym przy-}$$

$$\text{padku będzie zatem } dp = \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{2dV}{V_1} = 0,5 \cdot 2 \cdot 0,015 =$$

1,5%, w założeniu, że napięcie kompensujące równa się średnio połowie napięcia zasilającego.

Błąd sondy i doprowadzenia został obliczony już poprzednio, dla pomiaru rozkładów w powietrzu, wynosił on wówczas łącznie  $\Delta_s + \Delta_d = 1,6\%$ . Przy badaniu obiektów o dużych pojemnościach własnych błąd ten oczywiście maleje, gdyż wobec dużych pojemności układu sprężenia doprowadzenia i sondy są stosunkowo dużo mniejsze. Przy pomiarze rozkładów na powierzchniach zewnętrznych izolatorów różnice wyników, przy różnych ustawieniach doprowadzeń i różnych kształtach sondy, nieprzekraczały przy normalnym wykonywaniu pomiarów 1,0%. Tę wartość przyjmujemy więc jako praktycznie maksymalną granicę powyższego błędu.

Błąd ze względu na czułość metody ( $\delta$ ) jest stosunkowo niewielki. Wystarczało zmienić napięcie kompensujące o 0,005 napięcia przyłożonego,



Rys. 25.

aby układ zerowy zareagował wyraźnie. Przyjmując zatem, podobnie jak przy obliczaniu błędu transformatorzków i woltmierzów,  $p = \frac{V_1}{V_2}$ , otrzyma-

$$\text{my } dp = \frac{dV_1}{V_2} = 0,005 = 0,5\%.$$

Do wyżej rozpatrzonych błędów dochodzi jeszcze oczywiście błąd ze względu na niezupełną kompensację, który nie da się ściślej określić i który oczywiście jest tem mniejszy, im dokładniej można potencjała skompensować.

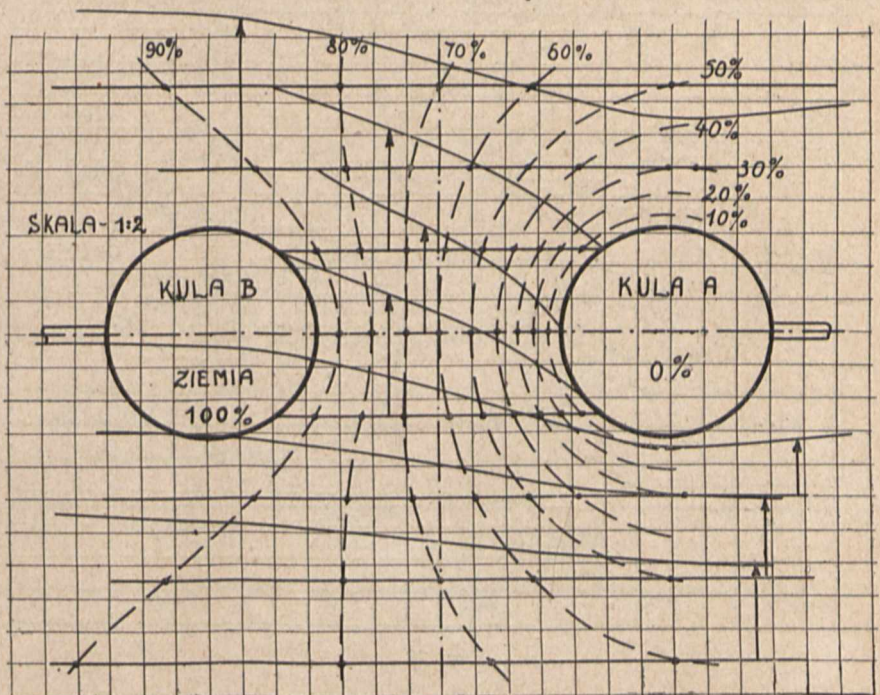
Określając zatem dokładność metody, trzeba pamiętać tutaj, że nie uwzględniono błędów, które mogą powstać ze względu na niezupełną kompensację. Błędy te, jak to z poprzednich rozważań wynika, są natury podwójnej. Po pierwsze wartość skuteczną krzywej kompensowanej i kompensującej, pomimo stanu tak zwanej równowagi niezupełnej, nie zawsze jest ta sama; po drugie, jak już wyżej zaznaczono, wskutek niezupełnej kompensacji następują pewne odkształcenia rozkładów potencjałów w polu i tem samym zdejmuje się rozkład nie rzeczywisty, ale wywołany sztucznie przez wprowadzenie układu pomiarowego. Błędy te, teoretycznie rzecz ujmując dość poważne, praktycznie nie przeszkadzają jednak w pomiarach i o ile tylko nie ma w układzie badanym bardzo silnych wyładowań, to wpływ ich na ogólne wyniki jest niewielki.

Błąd graniczny pomiaru pomijając wpływ niezupełnej kompensacji, będzie:

$$\Delta_{gp} = \Delta_u + \Delta_s + \Delta_d + \delta = \pm 3,0 - 3,5 \%$$

czyli dokładność wahać się będzie w zależności od rodzaju badanych obiektów od 3,0 do 3,5%.

równawcze z metodą niskonapięciową przy użyciu jako obiektu badanego pomiarowego iskiernika kulowego. Rezultaty otrzymane były niemal ściśle zgodne i nie przekraczały w żadnym wypadku granic dokładności metody.

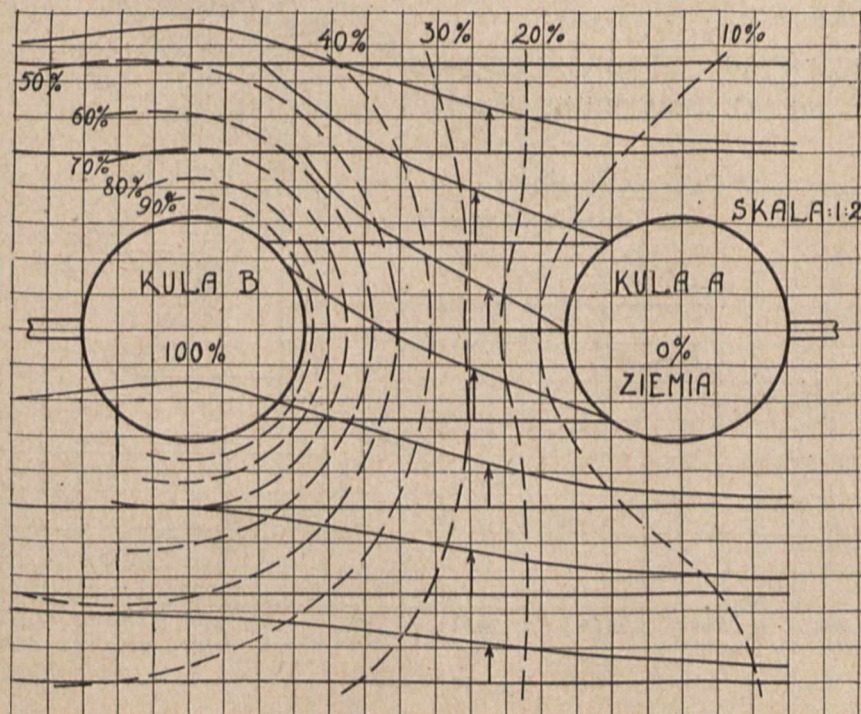


Rys. 26.

### 3. Wnioski ogólne, dotyczące metody wysokonapięciowej.

Reasumując powyższe rozważania, należy stwierdzić, że rozpatrzone metody kompensacyjne są najuniwersalniejszymi i najdokładniejszymi metodami z pośród metod obecnie stosowanych do badania rozkładów potencjałów. Zarówno metoda Schwaigera jak i Walthera nie może z nimi konkurować. Pierwsza — ze względu na ograniczony zakres stosowności (tylko na powierzchniach ciał stałych) i małą dokładność, druga — ze względu na możliwość stosowania tylko przy polach stałych i w środowiskach lotnych.

Rezultaty, otrzymane metodą kompensacyjną, dają jedynie wartości skuteczne potencjałów w danych punktach pola. O ile wiemy, że przebiegi czasowe badanych potencjałów są określone, to oczywiście rezultaty powyższe są zupełnie wystarczające; jeżeli jednak mamy do czynienia z odkształceniami krzywych potencjałów, to wówczas otrzymane wyniki mówią nam jeszcze niewiele i mogą służyć tylko jako dane orientacyjne. Dla poznania zatem przebiegów czasowych potencjałów powyższe metody przy wystąpieniu deformacji



Rys. 27.

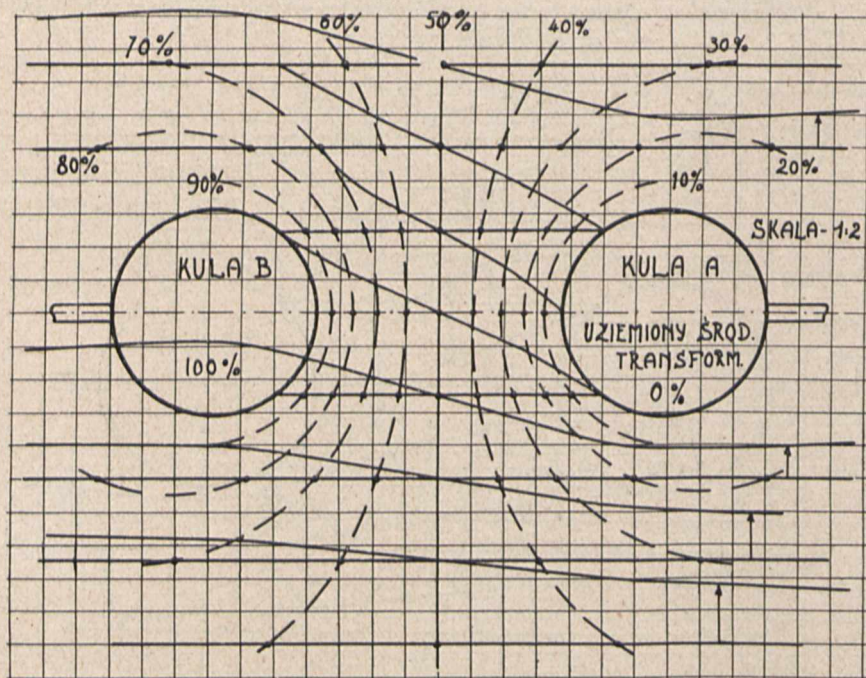
Dla kontroli wyników, otrzymanych metodą wysokonapięciową, przeprowadzono pomiary po-

elektrycznych w polu nie nadają się. Pozostaje zatem do opracowania metoda tego

rodzaju, która pozwoliłaby na zdjęcie oscylograficzne przebiegu potencjałów o krzywych odkształconych.

formatorów pomiarowych. Napięcie przyłożone wynosiło około 15000 V i 50 okresów na sekundę.

Sondy użyto kulkowej o średnicy 15 mm. Doprowadzenie w osłonie o zewn. średn. 3 mm. Schemat metody wysokonapięciowej podano na rys. 25-ym, niskonapięciowej — poprzednio na rys. 19-ym.



Rys. 28.

Dla celów technicznych ma jednak wyżej poruszona kwestja znaczenie mniejsze i możność stosowania wyżej opracowanych metod powinna w wielu wypadkach być zupełnie wystarczającą.

był firmy „Merkelsgrün” i posiadał oznaczenie katalogowe 733 h.

Użyto metody wysokonapięciowej detekcyjnej o napięciu zasilającym około 10 000 V. Otrzymany

Otrzymane wyniki są przedstawione wykreślnie na rysunkach płaszczyzn ekwipotencjalnych, występujących w danych układach. Mamy tam podane trzy wypadki rozkładu potencjałów zależnie od sposobu uziemienia napięcia zasilającego. (Rys. 26, 27 i 28). Rozkłady te wyjaśniają różnice napięć przeskoku powstające przy zmianie sposobu uziemienia iskiernika.

Liczbowo rezultaty przy różnych napięciach różnią się niewiele, natomiast na rysunku w danej skali nie dają się zaobserwować.

b) Izolator linjowy.

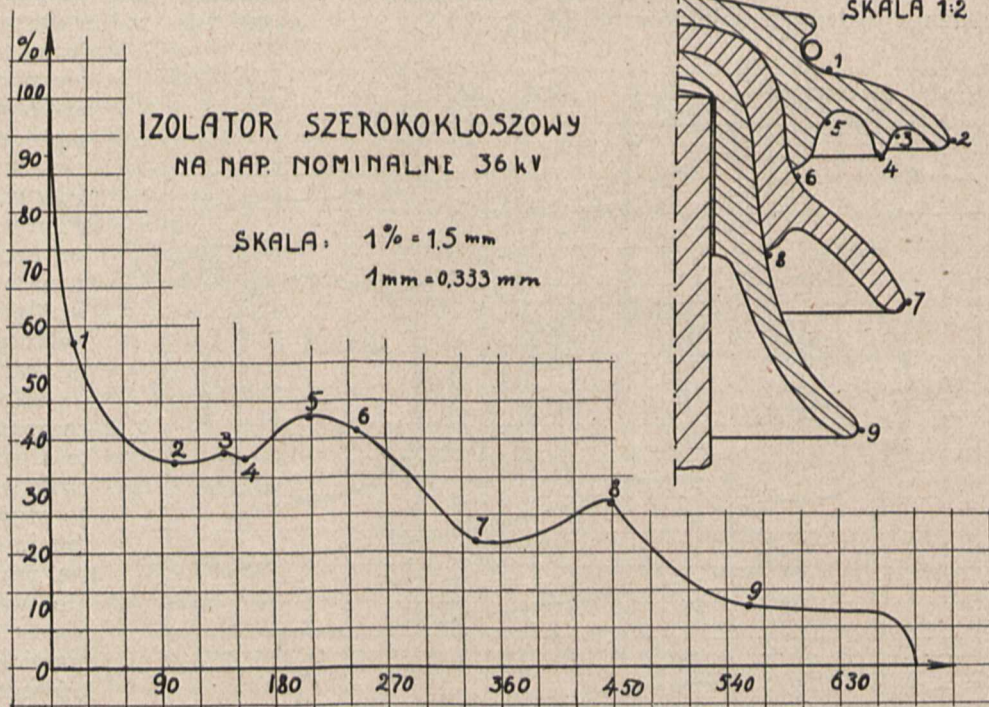
Jako obiektu użyto izolatora szerokokloszowego na napięcie nominalne 35 kV. Izolator użyty

III. PRZYKŁADY POMIARÓW ROZKŁADU POTENCJAŁÓW.

a) Iskiernik kulowy.

Dla dokonania pomiaru rozkładu napięć na iskierniku kulowym użyto metody niskonapięciowej podług opisu, podanego już pośrednio. Dla porównania wyników, otrzymanych z wynikami metod wysokonapięciowych, przerebiono szereg pomiarów kontrolnych przy użyciu napięć wysokich.

Jak już wyżej podano, metoda niskonapięciowa była z układem zerowym głośnikowym i mostkiem kompensacyjnym pojemnościowym. Napięcie przyłożone wynosiło około 300 V i posiadało 500 okresów na sekundę.



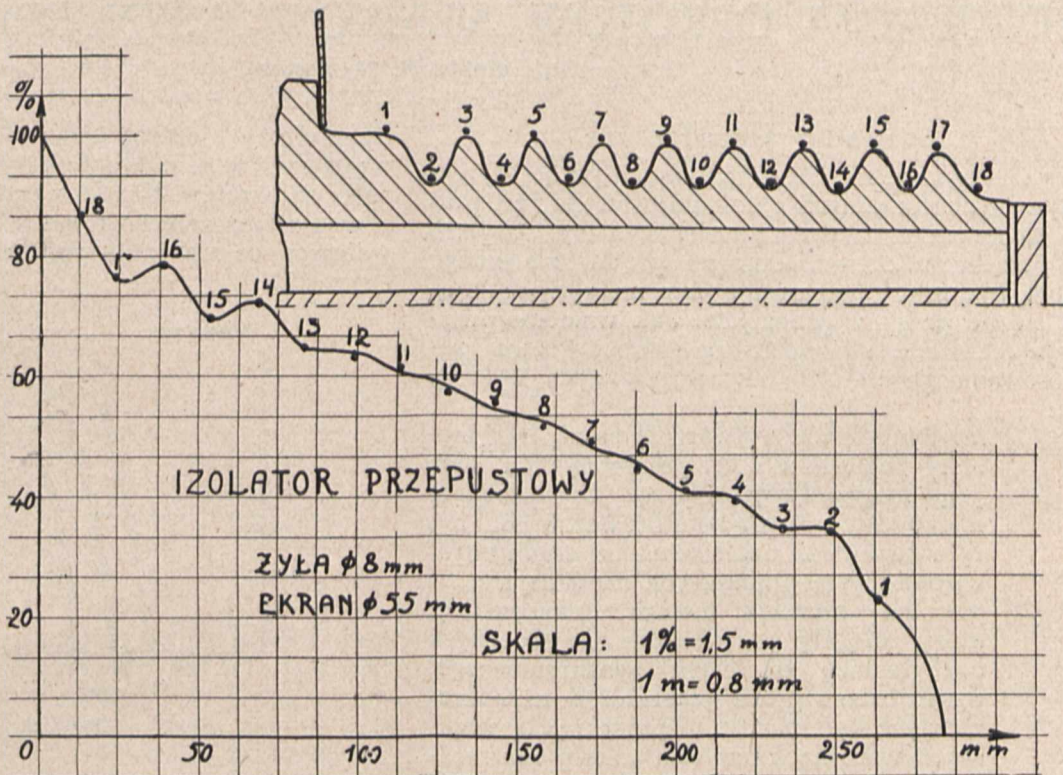
Rys. 29.

Metoda wysokonapięciowa posiadała układ zerowy detektorowy ze skompensowanym galwanometrem. Układ kompensujący składał się z trans-

rozkład napięć, przedstawia wykres napięcia na powierzchni izolatora w funkcji rozwinięcia tworzącej. (Rys. 29).

c) Izolator przepustowy.

Jako obiektu badanego użyto izolatora z żeberkami, którego kształt jest uwidoczniiony na (Rys. 30). Użyto metody wysoko-napięciowej; detektorowej o napięciu zasilającym 10 000 V. Otrzymany rozkład potencjałów w funkcji rozwinięcia tworzącej przedstawia wykres.

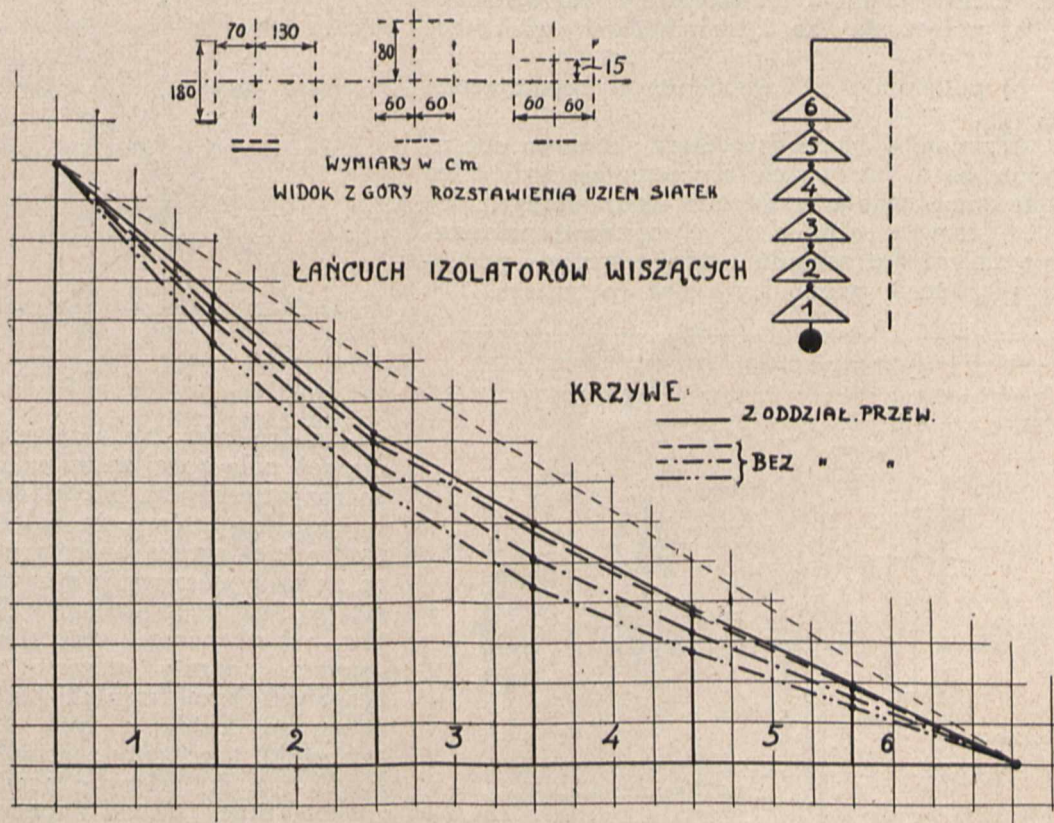


Rys. 30.

d) Łańcuch izolatorów wiszących.

Do pomiaru użyto łańcucha izolatorów, składającego się z 6 ogniw. Poszczególne izolatory wiszące były firmy „Merkelsgrün” i posiadały oznaczenia katalogowe A 736 a.

Metodę zastosowano z woltmierzem elektrostatycznym na napięciu 240 V. Otrzymane rezultaty zostały sprawdzone metodą detektorową i są przedstawione na wykresach. (Rys. 31). Różne krzywe są zdjęte dla różnych oddziaływań pojemności postronnych.



Rys. 31.

Z podanych wyżej wykresów rozkładu pola można wyciągnąć szereg wniosków, dotyczących praktycznej strony budowy izolatorów. Sprawa ta będzie przedmiotem dalszych publikacji.

## REGULACJA OBROTÓW SILNIKÓW ASYNCHRONICZNYCH

Inż. elektr. M. Skrzywan\*).

## Generatory asynchroniczne.

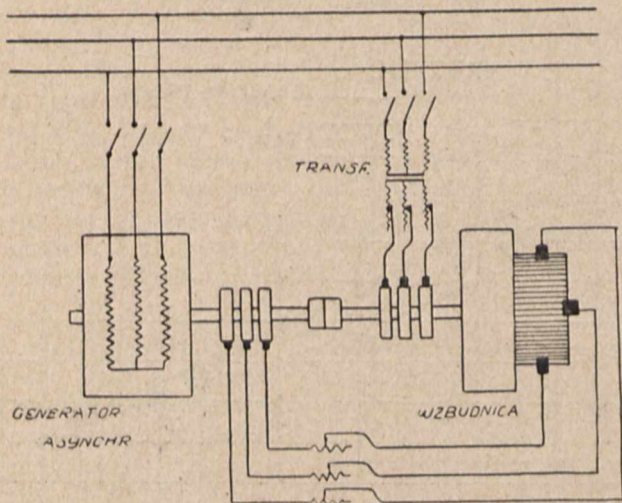
Dalszym zakresem zastosowania połączeń maszyn asynchronicznych z komutatorowemi jest praca generatorów asynchronicznych, które dopiero w połączeniu ze wzбудnicami prądu zmiennego mogą być brane pod uwagę jako maszyny, nadające się do pracy w przemyśle. Jak wiadomo, przyczynami, które uniemożliwiły szerszy rozwój zastosowania generatorów asynchronicznych, było to, że:

- 1) maszyny te nie wytwarzały same, lecz musiały pobierać z sieci potrzebny dla nich prąd magnesujący, a przez to obciążały nadmiernie sieć prądami bezwatomymi i były w zupełności uzależnione od prądnic synchronicznych, pracujących na daną sieć;
- 2) posiadały niewielki moment maksymalny, który osiągały przy bardzo nieznacznych odchyleniach od biegu synchronicznego, dzięki czemu praca generatorów asynchronicznych była bardzo niepewna; przy większych wahaniami napięcia traciły one możliwość oddawania mocy do sieci i wskutek szeregu związanych z tem zjawisk były od niej odłączane przez wyłączniki automatyczne.

Wśród połączeń generatorów asynchronicznych z maszynami komutatorowemi rozróżniamy:

- a) połączenia ze „wzбудnicami wielofazowemi”,
- b) połączenia ze „wzбудnicami regulującymi poślizg”.

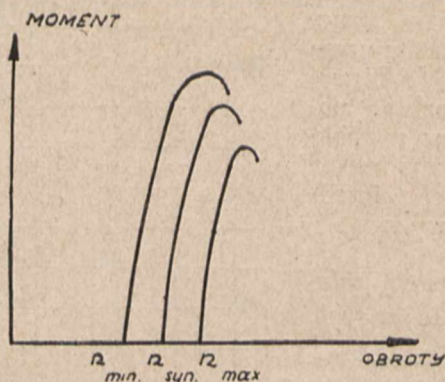
Wzbudnice, stanowiące część składową obu układów, są to przeważnie obcowzbudne wzbudnice prądu zmiennego o stojanach nieuzwojonych. Układ b) tem się różni od a), że posiada transformator o zmiennej przekładni, który włączamy pomiędzy pierścienie wzbudnicy i sieć (patrz rys. 17).



Rys. 17.

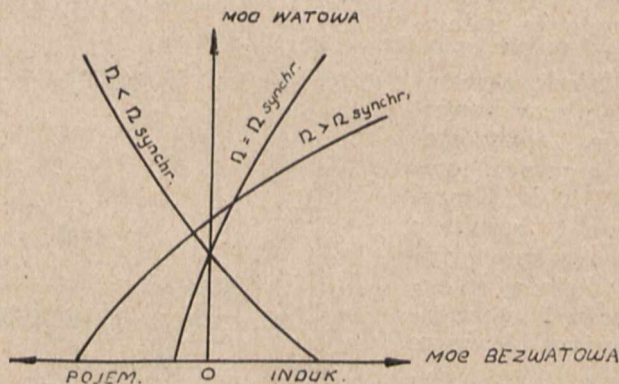
Zmieniając przekładnię transformatora, zmieniamy szybkość biegu luzem prądnicy, w ten sposób o-

trzymujemy szereg równoległe przesuniętych względem siebie charakterystyk momentu w zależności od obrotów. Każdej z tych charakterystyk odpowiada inna zależność mocy bezwatomowej od mocy watomowej, co wskazują wykresy poniższe (rys. 18 i rys. 19).



Rys. 18.

Prądnica asynchroniczna w powyższych zespołach może zastąpić prądnicę synchroniczną we wszystkich warunkach pracy. Istnieją pozatem spe-



Rys. 19.

cialne dziedziny zastosowania prądnicy asynchronicznej, połączonej ze wzbudnicą prądu zmiennego, co rozpatrzemy na przykładach nast.:

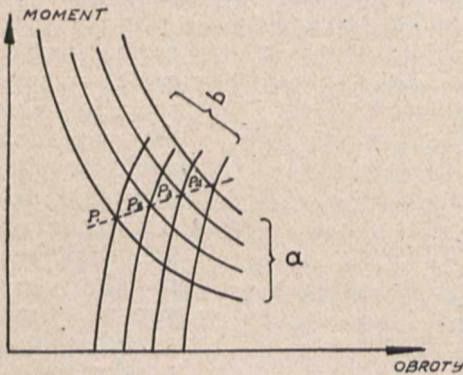
a) Przypuśćmy, że należy przetworzyć w energię elektryczną energię mechaniczną, posiadaną na wale maszyny, przychem zasób mocy mechanicznej jest ściśle określony dla każdej ilości obrotów, a przy pomocy regulatora dla tej zależności „moment - obroty” otrzymać możemy całą rodzinę krzywych charakterystyk („a” na rysunku 19). Poza tem na każdej z tych krzywych mamy jeden punkt, tak zwany „normalny punkt pracy” ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  i t. d.), który odpowiada najlepszym warunkom pracy silnika napędowego. Przez zmianę szybkości biegu luzem prądnicy asynchronicznej otrzymujemy jak poprzednio również rodzinę charakterystyk „moment-obroty”, (krzywe „b” na rysunku 20). W ten sposób przez odpowiednie uregulowanie wzbudzenia prądnicy asynchronicznej osiągnąć możemy zawsze „normalny punkt pracy” dla danego obciążenia, a ustalając wzbudzenie

\*) Patrz tego autora zeszyt 7-my i zeszyt 18.



w ten sposób, by w punkcie normalnym  $\cos \varphi = 1$ , otrzymamy najbardziej ekonomiczną pracę zespołu.

b) Przypuśćmy, że należy zasilić 2 sieci elektryczne o różnych częstotliwościach przy pomocy 2 prądnic napędzanych przez jeden i ten sam sil-



Rys. 20.

nik, przyczem moc, dostarczana do każdej sieci, winna być dowolnie regulowana. W tym wypadku zasilać będziemy jedną z sieci przy pomocy zwykłej prądnicy synchronicznej, drugą zaś — przy pomocy prądnicy indukcyjnej, której szybkość biegu luzem nastavimy dowolnie przy pomocy wzbudnicy, regulującej obroty. Ponieważ moc, oddawana przez prądnicę indukcyjną, zależy od jej poślizgu, przeto, zmieniając szybkość biegu luzem prądnicy, otrzymujemy przy stałej częstotliwości prądu w stojanie różne poślizgi, a tem samem i różne moce, oddawane przez prądnicę indukcyjną do sieci.

Przechodząc do pracy samodzielnej prądnicy indukcyjnej, wspomniemy o pracy prądnicy indukcyjnej, nieposiadającej wzbudnicy prądu zmiennego.

Konieczną maszyną pomocniczą będzie tu maszyna synchroniczna, uruchamiana przez własny silnik rozruchowy.

Po otrzymaniu normalnych obrotów maszyna synchroniczna, pracując jako generator, poczyna oddawać prądnicę indukcyjnej moc bezwatuową. Prądnicę zaczyna wówczas pracować i w tej chwili możemy odłączyć silnik rozruchowy, gdyż maszyna synchroniczna będzie teraz pracowała jako silnik nadmiernie wzbudzony, biegnący luzem. W tym układzie prądnicę asynchroniczną będzie dawała moc watową, potrzebną na pokrycie strat maszyny synchronicznej, ta zaś dostarczać będzie mocy bezwatuowej zarówno na magnesowanie prądnicy indukcyjnej, jak i do odbiorników, włączonych do sieci.

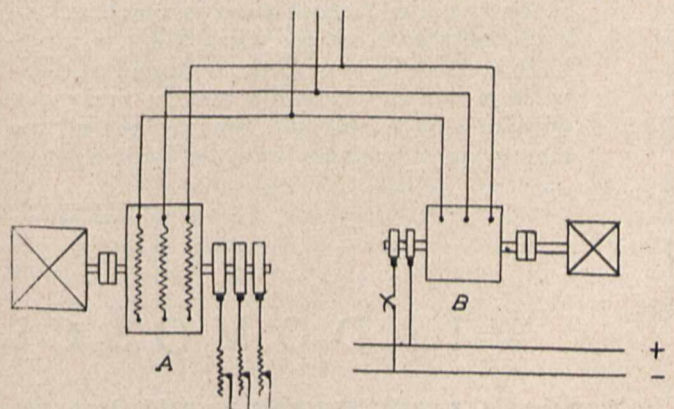
Prądnicę asynchroniczną, samodzielnie pracującą na sieć i zaopatrzoną we wzbudnicę prądu zmiennego, podana jest na poniższym schemacie. Uruchomienie zespołu odbywa się analogicznie, jak poprzednio. Z chwilą, gdy prądnicę zaczyna dawać prąd, przez odpowiednie nastawienie szczotek wzbudnicy prądu zmiennego osiągamy to, że będzie ona zasilała prądem bezwatuowym zarówno prądnicę indukcyjną jak i całą sieć. Rola maszyny synchronicznej, biegnącej obecnie luzem, ogranicza się tu jedynie do stabilizowania napięcia prądnicy indukcyjnej, stąd też nosi ona nazwę maszyny sta-

bilizacyjnej. Maszyna komutatorowa, połączona kaskadowo z prądnicą, ustala jej ilość obrotów, odpowiadającą obciążeniu (w założeniu konieczności utrzymania stałej częstotliwości u odbiorców) i jednocześnie jest generatorem prądów bezwatuowych.

Porównując działanie prądnic asynchronicznych, zaopatrzonych we wzbudnicę prądu zmiennego z pracą prądnic synchronicznych, nie możemy nie stwierdzić, że prądnicę synchroniczną w wielu wypadkach musi ustąpić przed prądnicą indukcyjną w jej najnowszej postaci, która jest bardziej racjonalnym i subtelnym rozwiązaniem zagadnienia przemiany energii mechanicznej w elektryczną.

Zalety prądnic indukcyjnych, zaopatrzonych we wzbudnicę prądu zmiennego i pracujących równolegle z prądnicami synchronicznymi na sieć są następujące w porównaniu z prądnicami synchronicznymi:

- 1°. Prądnice te mogą być uruchamiane równie łatwo, jak i zwykłe silniki indukcyjne — przez włączenie i stopniowe zmniejszanie do zera oporów opornika rozruchowego, a więc bez wszelkich skomplikowanych przyrządów i zabiegów synchronicznych;
- 2°. Utrzymują one stale swój charakter maszyn asynchronicznych, przez co niema zupełnie żadnej obawy kołysania przy wahanach obciążenia lub częstotliwości sieci. Powstają niewątpliwie przy podobnych wahanach pewne uderzenia prądu w maszynie indukcyjnej, nie są one jednak dla niej niebezpieczne, gdyż maszyna dostosowuje się odrazu do zmienionych warunków pracy, przyjmując inny poślizg;
- 3°. Zespoły te nie tylko mogą same sobie dostarczać prąd bezwatuowy, lecz również oddawać go w potrzebnej ilości do sieci, przyczem jego wytwarzanie jest tu znacznie ekonomiczniejsze, niż w prądnicach i kondensatorach synchronicznych;



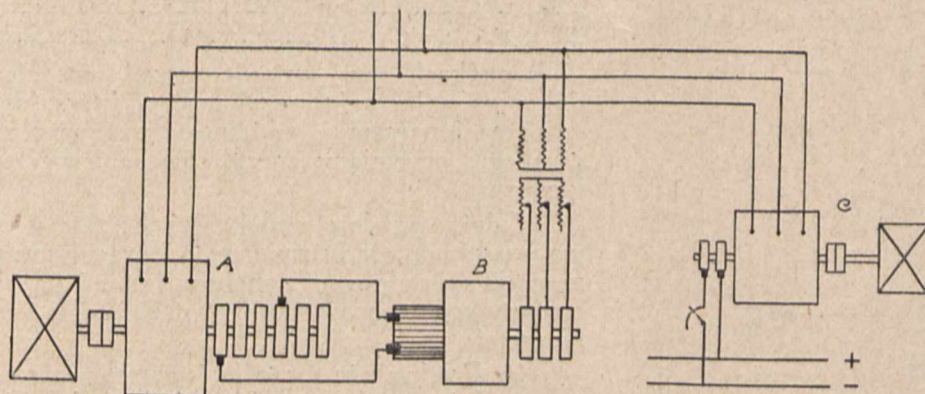
Rys. 21.

A — prądnicę indukcyjną.  
B — maszynę synchroniczną.

- 4°. Przy chwilowym spadku napięcia sieci zespoły te nie przestają pracować i — o ile nie zostało uszkodzone połączenie prądnicy z jej wzbudnicą — prądnicę asynchroniczną utrzymuje swe napięcie bez zmiany i może nadal zasilać prądem odbiorców z nią po-

łączonych, oddając do sieci pewną określoną moc zależnie od tego, na jakie zwiększenie obrotów pozwolił regulator jej silnika napędowego.

- 5°. Straty prądnic asynchronicznych są znacznie mniejsze, niż prądnic synchronicznych i stanowią w zespołach średniej wielkości



Rys. 22.

- A — prądnica asynchroniczna.  
B — wzbudnica prądu zmiennego.  
C — maszyna synchroniczna.

zaledwie 3% mocy. Na zmniejszenie strat w porównaniu z maszynami synchronicznymi ma duży wpływ zmniejszenie: wielkości prądu magnesującego, strat wentylacyjnych wobec innego kształtu wirnika, i strat w łożyskach wobec znacznie lepszej konstrukcji;

- 6°. Jedną z najważniejszych jednak zalet prądnic indukcyjnych w porównaniu z synchronicznymi są znacznie mniejsze prądy, występujące w nich przy zwrciach na sieci. W maszynie synchronicznej czynnikiem, ograniczającym prądy zwarcia, jest prawie jedynie rozproszenie uzwojenia stojana. Specjalne uzwojenie tłumikowe, w które jest zaopatrzona większość maszyn synchronicznych, metalowe niez izolowane kliny w żłobkach wirnika turboprądnic, wykonany całkowicie z jednego kawałka metalu masywny wirnik, — są to warunki, sprzyjające utrzymaniu się strumienia zwarcia i niwelujące

wpływ dodatni rozproszenia wirnikowego na tłumienie prądów zwarcia. Natomiast wirniki maszyny asynchronicznej i połączonej z nią wzbudnicy mają znaczne rozproszenie. Są one złożone z cienkich izolowanych od siebie blach i umożliwiają szybkie zmiany strumienia — pozatem pracują one normalnie przy znacznie wyższych nasyceniach. Maszyny te nie posiadają żadnych uzwojeń tłumikowych i dzięki tym wszystkim okolicznościom uderzenia maksymalne prądów zwarcia w maszynach asynchronicznych nie przekraczają 6 — 8-krotnej wartości amplitudy prądu normalnego podczas, gdy w maszynach synchronicznych osiągają one wartości 12—15-krotne.

Pozatem maszyna synchroniczna otrzymuje wzbudzenie od źródła prądu stałego i w pierwszej chwili zwarcia w sieci wzbudnica prądu stałego będzie nadal zasilala bieguny maszyny synchronicznej utrzymując pole główne bez zmiany.

Inaczej rzecz się ma w maszynie asynchronicznej, połączonej z maszyną komutatorową. Z chwilą zwarcia w sieci zginie odrazu wzbudzenie obu maszyn i oba zespoły nie będą dawały żadnego prądu. Skutkiem powyższego, prądy zwarcia zespołów asynchronicznych maleją znacznie prędzej, niż w maszynach synchronicznych, i po chwili nikną zupełnie, podczas gdy w maszynach synchronicznych przechodzą w „ustalone prądy zwarcia”.

Zalety powyższe są o tyle doniosłe, że zmuszają dzisiejszych konstruktorów do coraz to bardziej szczegółowego zastanawiania się nad techniką prądnic asynchronicznych i dziś już można powiedzieć, że w niedalekiej przyszłości wyrugują one w wielu razach prądnice synchroniczne.

## WIADOMOŚCI TECHNICZNE.

**Urządzenie synchronizacyjne na najwyższe napięcia.** Szybki rozwój linii dalekonośnych i sieci na najwyższe napięcia wysunął na czoło nowych zagadnień kwestję synchronizacji. Transformatory pomiarowe na 110 i więcej kV, używane powszechnie, są drogie i zajmują wiele miejsca. Nowe urządzenie synchronizacyjne z lampami katodowymi jest znacznie tańsze i w praktyce amerykańskiej dało dobre wyniki.

Izolator przepustowy o specjalnej konstrukcji odgłazia część napięcia przewodu względem ziemi, poczem napięcie to za pośrednictwem wzmacniacza lampowego zostaje doprowadzone do zwykłego synchronoskopu. Olejowy

izolator przepustowy w wyglądzie zewnętrznym nie wiele różni się od typu normalnego. Posiada on w środku papierowy kondensator, którego zewnętrzna okładzina jest uziemiona, wewnętrzna zaś wyprowadzona do okapturzonego zacisku. Obie pojemności, t. j. pojemność samego izolatora oraz kondensatora, połączone są szeregowo i załączone na pełne napięcie przewodu względem ziemi. Aby móc odgałęzić niskie napięcie (ok. 35 wolt), pojemność kondensatora papierowego musi być duża, gdyż napięcia rozkładają się odwrotnie proporcjonalnie do pojemności. Od zacisków pomiarowych izolatora przepustowego przewody prowadzą do potencjometru na 600 000  $\Omega$ , z którego zasilany

jest obwód siatki lampy wzmacniającej. Kompletny wzmacniacz jednolampowy wraz z transformatorem do żarzenia lampy zamontowany jest w hermetycznym żeliwnym pudle, które może być pomieszczone w pobliżu wyłącznika lub w innym dogodnym miejscu na otwartym powietrzu.

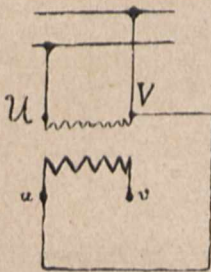
Obwód anodowy zasila zapomocą transformatora międzystopniowego obwód siatki lampy następnej, znajdującej się w pobliżu synchronoskopu. Transformator wyściowy drugiej lampy posiada na swych zaciskach wtórnych napięcie 110 V, na które załącza się synchronoskop. Jeżeli synchronizacja odbywa się poprzez wyłącznik olejowy, wtedy dwa izolatory tej samej fazy, znajdujące się po stronach przeciwnych wyłącznika, posiadają konstrukcję wyżej opisaną, a lampy katodowe zamontowane są we wspólnym opakowaniu.

Na podstacjach z większą liczbą linii dalekoosobnych specjalna tablica rozdzielcza grupuje wszystkie przełączniki synchronizacyjne, woltomierz napięcia anodowego, synchronoskop na wysięgu oraz regulatory zespołu silnik - prądnic, który dostarcza potrzebne do lamp napięcia. Zespół ten zostaje uruchomiony samoczynnie po włączeniu któregośkolwiek przełącznika synchronizacyjnego. Manipulacja przy synchronizowaniu jest zwykła. Ponieważ napięcie z ostatniego transformatora wyściowego wynosi 110 V, urządzenie takie może współpracować z transformatorami pomiarowymi. Próby wykazały dużą żywotność lamp, gdyż przy codziennym ich użyciu w przeciągu 15 minut lampy pracowały bez zarzutu po 10-ciu latach.

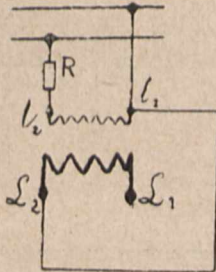
(Journal of the A. I. E. E. Vol. XLVII, str. 113).

#### Sprawdzanie końcówek transformatorów mierniczych (Według pomysłu inż. N. Székely E. T. Z. 1927, str. 1420).

Dla sprawdzenia napięciowego transformatora miernikowego należy: połączyć zacisk  $V$  z zaciskiem  $u$  rys. 1 i zmierzyć za pomocą odpowiedniego woltomierza napięcie pomiędzy zaciskami  $U - V$  oraz  $U - v$ ; drugie napięcie przy *dobrem* oznaczeniu końcówek powinno być *większe*.



Rys 1.



Rys 2.

Dla sprawdzenia transformatorów prądowych należy połączyć zacisk  $I_1$  z zaciskiem  $L_2$  i puścić prąd przez zaciski  $I_2 - I_1$  pod napięciem od 10 do 40 V, uważając aby transformator nie zagrzał się nadmiernie. Dla ograniczenia napięcia wprowadzamy odpowiedni opornik  $R$ .

Po włączeniu prądu mierzymy napięcie na zaciskach  $I_2 - I_1$  oraz na zaciskach  $L_2 - L_1$ , drugie napięcie powinno wypaść *większe* od pierwszego.

#### Normalizacja metod taryfikacji w Anglii.

Z odczytu p. B. I. Jenningsa, ogłoszonego niedawno (od dn. 3 do 7 czerwca r. b. na zjeździe angielskiego Zjednoczonego Związku Komunalnych Inżynierów - Elektryków (Incorporated Municipal Electrical Association — IMEA),

poświęconego sprawie normalizacji metod ustalania cen na energię elektryczną, przytaczamy następujące szczegóły.

W chwili obecnej w Anglii jest stosowane 20 różnych metod taryfikacji. Wchodzi tu: 1) trzy różne systemy taryf ryczałtowych, 2) cztery różne systemy taryf dwuczłonowych, przy dziesięciu różnych metodach obliczania opłaty stałej i dalej, 3) trzy różne odmienne opłaty za prąd. Jak słusznie autor zaznacza takiej różnorodności taryf niepodobna usprawiedliwić różnorodnością warunków miejscowych. Najlepszym dowodem tego są angielskie przedsiębiorstwa gazowe, których ilość niewiele ustępuje ilości przedsiębiorstw elektrycznych, a które stosują wszystkie jednakowy sposób obliczania należności za udzielenie świadczenia. W każdym razie jednak, dążąc do ujednolicenia metod taryfikacji, należy jednocześnie dążyć, jak to zaznaczył prelegent, do uświadamiania publiczności, iż głównym powodem, który będzie prowadził zawsze do istnienia różnic w cenach, pobieranych za energię elektryczną, jest ta okoliczność, że elektrownia nie ma możliwości wytwarzania prądu na zapas, ale przeciwnie, zmuszona jest ciągle przystosowywać tempo produkcji do każdorazowego zapotrzebowania.

Wypowiadając się w sprawie podziału kosztów ruchu na stałe i zmienne, prelegent podał następujący, zalecany przez siebie ich rozkład:

- 1) Do „kosztów stałych” — po angielsku „fixed” lub „standing charges” — zalicza się:
  - a) całkowity koszt kapitału (odsetki, odpisy na umorzenie i t. p.),
  - b) 15% kosztów paliwa, smarów, wody i t. p. (potrzebnych ze względu na konieczność utrzymania stanu ciągłej gotowości do dostarczania prądu),
  - c) 90% płac i uposażeń pracowników elektrowni,
  - d) 80% kosztów napraw i utrzymania (w dziale wytwórczym i rozdzielczym),
  - e) wszystkie koszty podatków rządowych i komunalnych i opłat dzierżawnych,
  - f) wszystkie koszty zarządu oraz drobnych wydatków.
- 2) Jako koszt stały („running charges”) pozostają:
  - a) 80% kosztów paliwa, smarów, wody i t. p.
  - b) 10% kosztów płac i uposażeń pracowników zakładu,
  - c) 20% kosztów napraw i utrzymania (urządzeń wytwórczych i rozdzielczych).

Jako konkretny przykład wyniku przeprowadzonego w taki sposób podziału kosztów, prelegent przytoczył dane dla elektrowni miasta Birminghamu, wynoszące 78,54% dla kosztów stałych i 21,46 — dla zmiennych, zależnych od stopnia wyzyskania całkowitego urządzenia zakładu i jego organizacji.

(The Electrician, t. CII, N 2662, str. 685-7).

**Stacja doświadczalna dla prób nad wyłączaniem wielkiej mocy.** Potrzeba urządzeń, pozwalających na przeprowadzenie prób nad wyłącznikami do większych mocy, dawała się już oddawna odczuć w całym szeregu krajów, gdyż przy coraz bardziej rozpowszechniającym się systemie łączenia równoległego sieci elektrycznych, niezawodne działanie wyłączników jest głównym warunkiem bezpieczeństwa i prawidłowości pracy.

Za przykładem Ameryki, Niemiec i Szwajcarii otwarta została ostatnio we Francji centralna stacja doświadczalna dla badania wyłączników, należąca do Francuskiego

## Sprawozdanie z eksploatacji tramwajów

	Bielsko-Bialska Sp. Elektr. i Kolejowa		Tramwaje i Elektryczne w Bydgoszczy		Miejskie Tramwaje, Elektryczne i Wodociągi w Grudziądzu		Krakowska Spółka Tramwajowa		Zakłady Elektryczne m. Lwowa	
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928
1. Liczba przejechanych wozokilometrów silnikowych (s)	78 816	79 001	258 443	258 440	153 667	160 745				
2. Liczba przejechanych wozokilometrów przyczep. (p)	39 152	31 675	80 428	83 126	7 838	6 418				
3. Liczba przejechanych wozokilometrów rzeczywiście ogółem (s+p)	117 968	110 676	338 871	341 566	161 505	167 163			2 130 284	2 030 818
4. Liczba przejechanych wozokilometrów rachunkowych ogółem $(s + \frac{p}{2})$	98 392	94 838	298 684	300 003	157 586	163 954			12 921 999	12 846 815
5. Liczba przewiezionych pasażerów na 1 wozokil. rzeczywisty	681 006	589 151	2 105 790	1 936 272	1 096 830	960 684			6,1	6,3
6. Średnia dzienna liczba wozów silnikowych w ruchu	5,8	5,35	6,2	5,7	6,8	5,7				
7. Średnia dzienna liczba wozów przyczepnych w ruchu	6	6	20	19	14	14				
8. Największa dzienna liczba wozów silnikowych w ruchu	6	6	17	14	5	5				
9. Największa dzienna liczba wozów przyczepnych w ruchu	11	11	22	20	14	15				
10. Średni dzienny przebieg wozu km	109	102	102	122	115	130				
11. Ilość prądu zużytego na sieć kWh	64 200	59 394	175 846	211 351	133 350	126 350				
12. Ilość prądu zużytego na 1 wozokilometr rachunkowy kWh	0,65	0,54	0,6	0,7	0,85	0,77				
13. Ilość węgla zużytego dla wyprodukowania 1 kWh kg	—	—	—	—	—	—				
14. Cena 1 kWh (o ile przedsiębiorca otrzymuje prąd z obcej elektr.) gr	17	18	—	—	13	13				
15. Długość sieci eksploatacyjnej m	5 180	5 180	12 077	12 077	6 160	—				
16. Długość torów eksploatacyjnych m	5 510	5 510	17 458	17 458	6 160	—				
17. Taryfa strefowa			rano w dzień w nocy		rano w dzień w nocy		rano w dzień w nocy		rano w dzień w nocy	
18. Cena biletu za przejazd:			rano w dzień w nocy		rano w dzień w nocy		rano w dzień w nocy		rano w dzień w nocy	
a) normalnego gr	20 do 50	20 do 50	20	20	20	20	20	20	20	20
b) ulgowego gr	10 do 15	10 do 15	10	10	10	10	10	10	10	10
c) normaln. z przesiadaniem gr	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
d) ulgowego z przesiadaniem gr	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
19. Wpływy a) Zł	162 907,10	147 858,50	357 400,—	256 837,—	—	—	—	—	2 522 294,95	2 257 765,40
20. Wpływy na 1 pasażera Zł	0,24	0,24	0,17	0,13	—	—	—	—	0,20	0,18
21. Wpływy na 1 woz.-km rzeczywiście Zł	1,38	1,335	1,05	0,75	—	—	—	—	—	—
22. Wydatki eksploatacyjne*) (b) Zł	99 764,03	77 270,35	—	—	—	—	—	—	—	—
23. Podatki i opłaty państwowe i komunalne Zł	8 253,14	5 167,40	—	—	—	—	—	—	—	—
24. Spółczynnik eksploatacyjny $(\frac{b}{a})$	0,61	0,52	—	—	—	—	—	—	—	—

\*) Wydatki nie obejmują: spłaty procentów od kapitału, odliczeń na fundusz renowacyjny i odliczeń na rezerwy.

Związku Syndykatów Elektrycznych. Stacja zbudowana jest w Villeurbanne, na przedmieściach Lyonu. Energii dostarcza elektrownia miejska za pośrednictwem specjalnej linii napowietrznej o napięciu 10 000 V.

Alternator trójfazowy o mocy 50 000 kVA i częstotliwości 50 okr./sek. przy 1 500 obr./min. napędzany jest przez silnik asynchroniczny o mocy stałej 1350 KM i 10-cio minutowej 2 700 KM. Jest to zatem zespół o konstrukcji zupełnie specjalnej. Silnik zasilany jest bezpośrednio z sieci 10 000 V. Napięcie nominalne prądnicy wynosi 6 000 V, a prąd normalny 4 800 A. W razie potrzeby napięcie prądnicy może być zwiększone do 9 000 V, co powoduje wzrost mocy pozornej o 50%.

Ostrze mocy zwarcia maszyny, a zatem moc, na jaką

mogą być próbowane wyłączniki, wynosi 530 000 kVA według norm amerykańskich i 300 000 kVA według norm szwajcarskich. Największy prąd zwarcia przy równoległym połączeniu uzwojenia wynosi 136 000 A. Prądnica posiada specjalną budowę, zabezpieczającą ją od skutków elektrodynamicznych częstych zwarć, oraz specjalne urządzenia gasikowe na wypadek przepalenia uzwojenia maszyny. Waga wirnika wynosi 40 tonn, waga stojana razem z podstawą 150 tonn.

W celu uzyskania zmiennych napięć umieszczony jest na stacji transformator, zasilany po stronie pierwotnej przez prądnice napięciem 9 000 V. Ilość zwojów czynnych może być zmieniana o  $\pm 10\%$ . Napięcie po stronie wtórnej wynosić może 15 500, 26 875, 31 000, 53 750, 62 000 lub

## za II kwartał 1929 i 1928 roku.

Kolej Elektryczna Łódzka	Poznańska Kolej Elektryczna		Tramwaje w Toruniu		Tramwaje Miejskie w Warszawie		Śląsko-Dąbrow. Kolej. Tow. Eksploatacyjne Tram. Dąbrowskie		Tramwaje Śląskie		
	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	1929	1928	
1 846 586	1 681 398	941 277	734 724	144 584	140 360	5 066 684	4 522 493	215 660	103 470	794 514	706 674
1 259 132	939 635	520 823	381 815	56 831	41 627	4 254 049	3 578 943	91 568	80 731	387 975	316 219
3 105 718	2 621 033	1 462 100	1 116 539	201 415	181 987	9 320 733	8 101 436	307 228	184 201	1 182 489	1 022 893
2 476 152	2 151 216	1 201 689	925 632	173 010	161 174	7 193 709	6 311 965	261 444	143 836	988 502	864 786
24 219 229	19 410 163	10 652 241	8 256 288	1 142 510	1 028 176	64 512 677	65 240 194	2 034 842	1 101 909	6 328 939	4 885 407
7,8	7,4	7,3	7,4	5,7	5,6	6,9	8,1	6,6	6,0	5,4	4,8
116	110	57	50	11	11	283	275	9	5	39	38
79	62	32	30	6	—	242	227	5	5	18	18
121	116	71	62	11	11	287	284	9	5	40	40
90	71	40	40	10	5	252	239	5	5	20	20
174	169	166	137	142,6	139	189,3	171	200	200	152	152
2 118 060	1 652 580	1 017 750	728 170	124 082	98 918	5 954 179	5 084 173	461 650	—	1 313 225	1 079 653
0,86	0,77	0,85	0,79	0,72	0,61	0,83	0,81	1,77	—	1,32	1,25
—	—	—	—	—	—	1,28	1,01	—	—	—	—
—	—	13,1	11,6	—	—	7,1	5,5	12,7	—	8,0	7,8
41 267	34 304	27 776	26 493	9 017	9 081	95 018	89 697	19 100	11 250	76 580	76 115
72 808	59 616	51 944	51 602	11 436	11 234	169 828	154 525	25 600	12 280	92 345	91 880
rano w dzień w nocy	rano w dzień w nocy	rano w dzień w nocy	rano w dzień w nocy	rano w dzień w nocy	rano w dzień w nocy	rano w dzień w nocy	rano w dzień w nocy	taryfa strefowa		taryfa strefowa	
15 25 30	15 20 30	— 25 —	— 20 —	20 20 40	20 20 40	25 25 50	20 20 40	20 do 85	20 do 85	2 kl.	3 kl.
10 10 —	10 10 —	— — —	— — —	10 10 20	10 10 20	13 13 —	13 13 —	10 do 45	10 do 45	2 kl.	3 kl.
20 25 30	— 20 25 35	— 25 —	— 20 —	20 20 —	20 20 —	40 40 —	30 30 —	—	—	2 kl.	3 kl.
30 30 —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	—	—	2 kl.	3 kl.
15 15 —	15 15 —	— — —	— — —	— — —	— — —	35 — —	— — —	—	—	2 kl.	3 kl.
—	—	2 130 814,45	1 455 815,66	201 598,10	181 180,40	14 596 822,10	11 649 962,96	594 691,20	341 818,45	1 990 162,63	1 533 853,78
—	—	0,20	0,18	0,18	0,18	0,23	0,18	0,29	0,31	—	—
—	—	1,46	1,30	1,0	1,0	1,57	1,44	1,94	1,50	—	—
—	—	—	—	—	—	8 283 741,20	6 687 609,29	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	5 759,71	1 480,16	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	0,57	0,57	—	—	—	—

107 500 V, — zależnie od połączenia. Transformator posiada nieznaczne rozproszenie i spadek napięcia, wynoszący 9,4% przy maks. mocy podstacji. Straty wewnętrzne transformatora są znaczne i wynoszą 25 000 kW przy najwyższym obciążeniu. Transformator jest trójfazowy i trójrdzeniowy i nie posiada żadnego chłodzenia sztucznego. Waga jego wynosi 92 tonny, w tem 35 tonn oleju.

Przebieg przeprowadzanych prób jest następujący: Po uruchomieniu zespołu, co zajmuje około 10 min., prądnica zostaje wzbudzona i zespół jest wówczas gotów do próby. W celu jej wykonania silnik zostaje wyłączony z sieci, a obwód prądnicy zwarty na badany wyłącznik. Energii dostarcza do obwodu bezwładność kręcącego się wirnika, którego prędkość spada podczas próby zaledwie o 3%.

Prócz prób zwarcia na stacji przeprowadzone być mogą również próby nad zjawiskami elektrodynamicznymi. Do tego celu przeznaczony jest oddzielny transformator, mogący dostarczać prądu o wartości skutecznej do 250 000 A przy napięciu 90 V.

W niedalekiej przyszłości przewidziane jest ustawienie na stacji zespołu maszyn prądu stałego na 3 000 V do prób nad urządzeniami trakcyjnymi.

Na uwagę zasługuje fakt, iż stacja jeszcze przed otwarciem miała zapewnioną pracę na 8 miesięcy.

(R. G. E. tom XXV, Nr. 2).

**Elektryfikacja linii kolejowej Beziers-Neussargues (Francja).** Francuskie Tow. Kolejowe „Chemins de fer du Midi” przeprowadza w dalszym ciągu rozpoczęty przed 8 laty program elektryfikacji swych kolei. Ostatnio zdecydowana została elektryfikacja odcinka Beziers-Neussargues o długości 277 km.

Energja dostarczana będzie przez grupę elektrowni wodnych z Pirenejów oraz z elektrowni wodnych Płaskowyża Centralnego, pod napięciem 150 000/60 000 V i przetwarzana w 14 podstacjach automatycznych na prąd stały o napięciu roboczym 1 500 V.

Część podstacyj zaopatrzona będzie w przetwornice jedno- lub dwutwornikowe, część — w prostowniki rtęciowe. Podstacje z przetwornicami dwutwornikowymi służyć mają jednocześnie do regulacji napięcia i cos  $\varphi$  sieci wysokiego napięcia.

Dla obsługi pociągów, tak towarowych, jak i osobowych przewidziane zostały lokomotywy typu Bo — Bo, stosowanego już na zelektryfikowanych dotąd odcinkach. Pociągi pośpieszne obsługiwane będą przez lokomotywy typu 2 Co2, o mocy 2 250 KM, mogące rozwijać prędkość do 130 km/godz.

Całkowity koszt budowy wynosić ma 150 milionów franków, z których znaczna część pokryta będzie przez niemieckie świadczenia w naturze

(R. G. E. tom XXV Nr. 8).

**Nowa lokomotywa kolei Canadian National Railways** Na odcinku Brockville-Belleville uruchomiona została nowa lokomotywa spalinowo-elektryczna o mocy 2660 KM, czyli największa ze zbudowanych dotąd lokomotyw tego typu.

Lokomotywa składa się z dwóch części symetrycznych, o wadze całkowitej 290 tonn i wadze przyczepności 217 tonn. Każda część posiada cztery osie pędne, dwuosiowy wózek potoczny oraz osi potoczną wewnętrzną. Jest to zatem lokomotywa typu 2D<sub>0</sub>1—1D<sub>0</sub>2, spoczywająca na 14 osiach.

Każda część lokomotywy zawiera motor ropy, napędzający prądnicę, dostarczającą prądu do czterech silników odpowiedniej połowy maszyny. Silniki Beardmore'a na olej ciężki posiadają po 12 cylindrów i połączone są bezpośrednio z prądnicami głównymi i pomocniczymi. Wymiary cylindrów wynoszą 300 na 300 mm, a moc każdego 1330 KM przy 800 obr/min. Zużycie oleju wynosi około 190 gramów na KM. godz.

Rozruch odbywa się za pomocą prądnicy, pracującej jako silnik i zasilanej przez baterję akumulatorów o pojemności 340 amp. godz.

Gazy spalinowe używane są do ogrzewania pociągu, przy temperaturach nie niższych, niż 6° C. Przy temperaturach niższych, uruchamiane być muszą dwa kotły pomocnicze, opalane ropą, o wydajności 1132 kg pary na godzinę każdy.

Aparatura pomocnicza zasilana jest prądem stałym z baterji, ładowanej automatycznie w czasie pracy silników napędowych.

Regulacja prędkości odbywa się przez zmianę ilości obrotów silników spalinowych, zmianę wzbudzenia prądnicy, lub przez bocznikowanie silników trakcyjnych. Siła pociągowa lokomotywy wynosi 45 000 kg przy rozruchu i 19 000 kg przy pracy stałej. Prowadzić ona może pociąg o wadze 2 500 tonn z prędkością 30 km/godz. na wzniesieniu 4‰ i z prędkością 65 km/godz. na poziomie.

Przy zastosowaniu innej przekładni lokomotywa będzie w stanie rozwijać siłę pociągową 60 tonn przy roz-

ruchu i prowadzić pociąg o wadze 3 350 tonn z prędkością 24 km/godz. na wzniesieniu 8‰ i z prędkością 56 km/godz. na poziomie.

(R. G. E. tom XXV Nr. 3).

### Przesyłanie energii w Stanach Zjednoczonych A. P.

— Według danych amerykańskiego stowarzyszenia — New Electric Light Association (N. E. L. A.) — przegląd przesyłania energii w Stanach w ciągu ostatnich lat dowodzi, iż przeciętna odległość, jaką przebywa prąd elektryczny na drodze od elektrowni do odbiorcy, wynosi 22 mile ang. (38,38 km), po wyłączeniu zaś stanu Kalifornji, gdzie odległości przesyłania są szczególnie znaczne, — 18 m. ang. (28,95 km). Z tych liczb widać, że pomimo postępu w połączeniach wzajemnych sieci elektrycznych, budowy szeregu bardzo długich przewodów przesyłowych, w Ameryce przeważa jednak dotychczas zużycie energii w pobliżu miejsca wytwarzania. W znacznym stopniu jest to wynikiem dążenia do umieszczania elektrowni parowych możliwie blisko środków spożycia — wielkich miast portowych i ośrodków przemysłowych wewnątrz kraju. Poczęści wpływają tu ostatnio stopniowo wzrastające korzyści gospodarcze zakładów ciepłno-elektrycznych, podnoszące ich zalety w stosunku do zakładów wodno-elektrycznych, z których energja zazwyczaj bywa doprowadzana do ośrodków spożycia poprzez długie przewody przesyłowe. Jak wskazują ostatnie dane statystyczne, przeciętna długość drogi prądu od miejsca wytwarzania do ośrodka spożycia stopniowo spada. Dotychczas ilość energii elektrycznej, otrzymywanej drogą wodno-elektryczną, wzrastała, co było w związku z uruchamianiem coraz to nowych elektrowni wodnych, budowa których była zapoczątkowana jeszcze przed kilku laty, kiedy panowały wysokie ceny węgla; obecnie natomiast, gdy koszt energii, wytworzonej drogą parową spadł blisko do połowy energii wodno-elektrycznej, przestały one być tak pociągające, jak dawniej i w myśl dawno już głoszonych przepowiedni rozwój ich musi się zatrzymać.

(The Electrician T. CIII Nr. 2667, str. 44).

**Wskazówki racjonalnego oświetlenia okna wystawowego** Stow. Organizacja gospodarki świetlnej wydało następujące wskazówki co do racjonalnego oświetlenia okna wystawowego:

1. Okno wystawowe powinno być dostatecznie jasno oświetlone.

2. Oświetlenie okna wystawowego nie powinno być rażące.

Źródła światła, a więc żarówki i ich oprawy, winny być niewidoczne.

3. Rozkład światła winien być prawidłowy i możliwie zbliżony do światła dziennego.

4. W celu zwiększenia efektu świetlnego należy dążyć do osiągnięcia możliwie silnego kontrastu między oświetleniem okna wystawowego a jego zewnętrznym otoczeniem.

5. Należy ze względów oświetleniowych, o ile możliwości, unikać umieszczania w oknach wystawowych luster, zwłaszcza na bocznych ściankach: lustra odbijają sylwetki żarówek i widok ciemnej ulicy. Z tych powodów żarówki stają się widoczne w lustrach, wystawa zaś widziana z zewnątrz, z boku wydaje się ciemną.

Do oświetlenia okien wystawowych nadaje się zarówno światło skupione (za pomocą odpowiednich reflektorów) jak i rozproszone (za pomocą odpowiednich szkieł).

Światłem skupionem należy oświetlać towary, wymagające uwydatnienia kształtów. Nadaje się ono do oświetle-

nia rzeźb, robót ręcznych, biżuterji, naczyń srebrnych, obuwia i t. p. przedmiotów, których kształt musi być podkreślony oraz materiałów błyszczących, jak jedwabie, zefiry, satyny.

Światłem rozproszonym (które w mniejszym stopniu uwydatnia kontury i nie rzuca cieni), należy oświetlać materiały konfekcyjne, wełniane, pluszowe, atlasowe, futra i t. p.

Materiały barwne od najjaśniejszych aż do brązowych, można oświetlać zwykłymi żarówkami.

Materiały zaś ciemniejsze oraz wielobarwne, należy oświetlać światłem mieszanem: z żarówek zwykłych i t. zw. dziennych.

Oprócz tego dla wydobycia większych efektów, można stosować specjalne projektory ze szklami kolorowemi.

## Z ŻYCIA ORGANIZACJI

### Ze Zjazdu Związku Elektryków Polskich w Poznaniu.

Przy licznych udziałach przedstawicieli elektryków ze wszystkich dzielnic Polski odbył się doroczny Zjazd Członków Związku Elektryków Polskich w Poznaniu w dniu 26 czerwca r. b., znamienny z tego tytułu, że Związek Elektryków w dniu tym obchodził 10-lecie istnienia swej organizacji.

Obrady dotyczyły tylko sprawozdania z działalności za ubiegłe dziesięć lat, aby, jak powiedział w przemówieniu swym dyrektor Kuźmicki, nie zaprzętać myśli uczestników Zjazdu referatami fachowemi wówczas, kiedy oczekuje ich zwiedzenie Wystawy Krajowej i poznanie naszego dorobku gospodarczego.

Oczekiwano na sali, że w sprawozdaniu będzie również poruszona bardzo aktualna dziś sprawa Harrimana tembardziej, że na ten temat były prowadzone przez fachowców ożywione rozmowy. Prezydium Związku jednak nie uznało widocznie za możliwe zająć stanowiska wobec propozycji Harrimana. Z zagajenia p. prezesa Kobylińskiego, kiedy mówił o tem, że największym zagadnieniem elektryfikacji nie jest dostarczanie energii elektrycznej na potrzeby światła, lecz zelektryfikowanie przemysłu, taksamo z przemówienia dyrektora Kuźmickiego, kiedy mocno podkreślił, iż współpraca Rządu z czynnikami społecznymi została zerwana od trzech lat i nie istnieje, — możnaby wnioskować, że sprawa Harrimana w kołach fachowych jest przyjmowana z dość dużym sceptycyzmem.

Zjazd zakończony został bardzo miłą uroczystością wręczenia dyplomów i pamiątkowych medali zasłużonym pracownikom przemysłu elektryfikacyjnego. Odznaczeni zostali pp.:

- 1) Budrewicz Wacław, wermistrz, z elektryków wileńskiej, medalem srebrnym,
- 2) Chłost Mikołaj, wermistrz, z elektryków rzeszowskiej, medalem srebrnym,
- 3) Jarczewski Kazimierz, wermistrz, z elektryków gnieźnieńskiej, medalem srebrnym,

4) Konior Michał, wermistrz, z elektryków sierszańskiej, medalem złotym,

5) Soukup Jan, inkasent z elektryków przemyskiej, medalem srebrnym,

6) Sztercbach Karol, starszy majster Tramwajów Miejskich w Warszawie, medalem złotym,

7) Szröder Paweł, starszy monter instalacyjny, z elektryków toruńskiej, medalem złotym.

### Organizacja gospodarki świetlnej.

Stow. Organizacja gospodarki świetlnej wydało wskazówki, dotyczące racjonalnego oświetlenia okna wystawowego. Treść tych wskazówek podajemy w dziale Wiadomości technicznych niniejszego zeszytu. Stowarzyszenie chętnie udziela interesującym się tą dziedziną bliższych wskazówek bezpłatnie w biurze przy Al. Jerozolimskie 16 m. 6, tel. 66-61 codziennie z wyjątkiem świąt od godz. 9 do 12.

— Stowarzyszenie „Organizacja Gospodarki Świetlnej” urzęduje w Warszawie, w związku z 50-letnim jubileuszem wynalezienia żarówki elektrycznej przez Edisona:

- 1) audycję radjową w dniu 20 października r. b.,
- 2) akademię (w Stowarzyszeniu Techników, ul. Czackiego 3/5, w dniu 21.X r. b. o godz. 20-ej), składającą się
  - a) z zagajenia przez p. prezesa inż. Gnoińskiego.
  - b) z przemówienia p. K o t n o w s k i e g o, prezesa Polsko-Amerykańskiej Izby Handlowej,
  - c) z uchwalenia depeszy do T. A. Edisona,
  - d) z odczytu p. prof. P o ż a r y s k i e g o „O rozwoju żarówki elektrycznej”.
  - e) z odczytu p. prof. P o t e m p s k i e g o „o rozwoju żarówki elektrycznej”.

(W czasie akademii gmach Stowarzyszenia Techników będzie iluminowany).

3) oraz konkurs na najracjonalniej oświetlone okno wystawowe w Warszawie, z nagrodami pieniężnymi.

Po informacje i materiały o Edisonie, należy zwracać się do Sekretarjatu Stowarzyszenia „Organizacja Gospodarki Świetlnej”.

## Stowarzyszenie Elektryków Polskich

### Protokół

#### Komisji Rewizyjnej Stowarzyszenia Elektryków Polskich

W dniu 19 marca 1929 r. Komisja zebrała się w składzie następującym:

Edward Potemski,  
Mieczysław Pożaryski,  
Tadeusz Sułowski,

w obecności skarbnika Stowarzyszenia T. Arlitewicza.

Po sprawdzeniu poszczególnych pozycji przedstawionego bilansu za rok 1928 i rachunku strat i zysków z przedstawionymi przez kol. skarbnika dowodami, komisja stwierdziła całkowitą ich zgodność oraz prawidłowość prowadzenia rachunkowości.

Komisja wnosi, aby Walne Zgromadzenie:

1. zatwierdziło bilans za rok 1928, zamknięty obustronnie kwotą zł. 15 503,76 oraz rachunek strat i zysków, zamknięty obustronnie kwotą zł. 21 445,31

i nadwyżkę dochodów za rok sprawdzony w kwocie zł. 8 180,66. — Komisja akceptuje wniosek zarządu, aby z powyższej kwoty nadwyżki zł. 8 180,66 — przekazać zł. 1000 — na fundusz wydawniczy, resztę zaś, t. j. zł. 7 180,66 włączyć do kapitału obrotowego, z którego Zarząd miałby prawo czerpać na cele według swego uznania.

2. udzieliło Zarządowi Stowarzyszenia absolutorjum a skarbnikowi kol. T. Arlitewiczowi wyraziło gorące podziękowanie za wzorowe prowadzenie księgowości.

Komisja Rewizyjna rozpatrzyła również projekt budżetu na rok 1929 w kwocie zł. 67 000 — po stronie wpływów i wydatków uznała go za zestawiony prawidłowo i proponuje przyjęcie go bez zmiany.

Komisja Rewizyjna wnosi wreszcie, aby Zarząd zechciał trzymać posiadane fundusze na rachunku w solidnej instytucji, płaćcej większe odsetki niż P. K. O.

Warszawa, 19 marca 1929 r.

(—) M. Pożaryski, (—) T. Sułowski, (—) E. Potemski.

### BILANS ZAMKNIĘCIA STOW. ELEKTRYKÓW POLSKICH 1928 R.

1. P. K. O.	Zł. 12 084,46
2. Przegląd Elektrotechniczny	„ 47,30
3. Koło Krakowskie	„ 290,—
4. Koło Poznańskie	„ 540,—
5. Członkowie - korespondenci	„ 14,—
6. Akcje Banku Polskiego	„ 2 500,—
7. Mała Kasa	„ 20,—
8. Koło Bydgoskie	„ 10,—

Razem Zł. 15 505,76

1. Związek Polskich Zrzesz. Techn.	Zł. 1 101,—
2. Polski Komitet Elektr.	„ 500,—
3. Lokal	„ 396,04
4. Sekretarjat	„ 600,—
5. Prenumerata Przegl. Elektr.	„ 9 588,—
6. Różne wydatki	„ 781,61
7. Członkowie - korespondenci	„ 48,—
8. Zwrot kosztów delegatom	„ 250,—
9. Kapitał obrotowy	„ 7 180,66
10. Fundusz Wydawniczy	„ 1 000,—

Razem Zł. 21 445,31

Warszawa, 31.12.28.

### Oddział Warszawski.

#### Zgłoszenia na członków zwyczajnych.

P. kol. Pojawski Mieczysław, ul. Marszałkowska 1, m. 27.

#### Na członków zbiorowych zostali przyjęci:

Ministerstwo Komunikacyj, Warszawa, Nowy-Swiat 14.

Instytut Badań Inżynierji, Warszawa, Nowowiejska 54.

Fabryka Aparatów Elektrycznych K. Szpotański i S-ka Akc. Warszawa, ul. Kaluszyńska 2—4—6,

Polskie Zakłady Elektryczne, Brown - Boveri S-ka Akc. Warszawa, Zielna 37—39,

Zakłady Elektrotechniczne Wacław Brygiewicz, Michał Zucker i S-ka, „BEZET” Sp. Akc. Warszawa, Marszałkowska 94.

Tramwaje Miejskie, Warszawa Młynarska 2.  
Elektrownia Miejska, Brześć nad Bugiem.

Powszechne Towarzystwo Elektryczne „A E G”, Warszawa, Krakowskie-Przedmieście 16—18.

Elektrownia Okręgowa w Pruszkowie. Sp. Akc. Warszawa, Marszałkowska 94.

1. Koło Warszawskie	Zł. 1 405,92
2. Koło Sosnowieckie	„ 10,—
3. Fundusz Wydawniczy	„ 1 800,—
4. Kapitał Zapasowy	„ 1 520,—
5. Kapitał w akcjach	„ 2 500,—
6. Kapitał Obrotowy	„ 8 269,84

Razem Zł. 15 505,76

1. Składki	Zł. 16 024,50
2. Różne Wpływy	„ 5 420,81

Razem Zł. 21 445,31

Skarbnik Stow. Elektr. Polskich

(—) T. Arlitewicz

Fabryka Żyrandoli Elektrycznych A. Marciniak i S-ka, Warszawa, Złota 49.

#### Na członków zwyczajnych S. E. P. przyjęci zostali:

P. kol. Kiciński Kazimierz, Boduena 3 m. 33;

„ Krzyczkowski Mieczysław, Rybaki 30 m. 5;

P. kol. Szremowicz Marjan, Skarżysko-Kamienna, skrz. poczt. 7.

P. kol. Trzetrzewiński Stanisław, Marszałkowska 19 m. 17.

P. kol. Zacharda Bohumil, Jagellońska 32 m. 27;

P. kol. Ziemięcki Józef, Grójecka 39—335/V.

„ Joszt Franciszek, ul. Grójecka 42 a m. 24

### Oddział Łódzki.

#### Zgłoszenia na członków zwyczajnych S. E. P.

P. kol. Przybyszewski Czesław, ul. Piotrkowska 117 m. 42;

p. kol. Szajbler Edmund, ul. Juliusza 22 m. 6.

#### Na członków zwyczajnych przyjęci zostali:

p. kol. Kuntze Bernard, ul. Piotrkowska 117.