

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXIX

ZESZYT 1

21.I.1953

Podstawą i warunkiem wzrostu naszej kultury i dobrobytu jest pełne wykorzystanie i dalsze podniesienie obecnego poziomu techniki w przemyśle, w rolnictwie, w transporcie i komunikacji.

Nie można być krajem produkującym w dziedzinie kultury przy słabszym w porównaniu z innymi poziomie techniki.

Nowoczesna, postępową techniką — to najlepsza gwarancja siły, wielkości i pełnego zwycięstwa demokracji polskiej.

Bolesław Bierut

(1946)



PRZEGŁĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rok XXIX, z. 1
21 stycznia 1953 r.

XXIX-й год, вып. 1
21 января 1953 г.

Vol. XXIX, No 1
January 21, 1953

SPIS RZECZY

Ku najwyższej technice.
Nowacki P. Automatyzacja procesów
wytwórczych.
Oleszyński T. O wartości liczbowej
mechanicznego równoważnika
światła.
Ejsmond T. Zabezpieczenia zwarcio-
wo-prądowe.
Burzyński Z. Zabezpieczenie przeką-
nikowe szyn zbiorczych.
Jakubowski J. L. Ochrona przepię-
ciowa.
Kuryłowicz J. Definicja dokładności
w miernictwie.
Niewiadomski C. Zagadnienia osz-
zczędności metali nieżelaznych w
dziedzinie stopów oporowych.
Srebrzyński J. Problemy szkoleniowe
w elektrotechnice.
Wydawnictwa nadesłane.
Biuletyn Instytutu Elektrotechniki:
Ekspanzyna.
Przegląd Dokumentacyjny Elektro-
techniki.

СОДЕРЖАНИЕ

К высшей технике.
Новацкий П. Автоматизация про-
изводственных процессов.
Олешинский Т. Численное значе-
ние механического эквивалента
света.
Эйсмонд Т. Релейная защита типа
„токовой отсечки”.
Бужинский З. Релейная защита
собираетельных шин.
Якубовский Я. Л. Защита от пере-
напряжений.
Курьлович Я. Определение точно-
сти измерения.
Невядомский Ц. Вопросы экономии
нежелезных металлов в области
сплавов высокого сопротивления.
Сребжинский Ю. Вопросы обуче-
ния в области электротехники.
Поступившие публикации.
Бюллетень Электротехнического
Института:
Экспанзия.
Библиографический Обзор Эле-
ктротехники.

CONTENTS

Towards supreme technique.
Nowacki P. Automatisatation of pro-
duction processes.
Oleszyński T. Numeric value of the
mechanical equivalent of light.
Ejsmond T. Overcurrent (short-cir-
cuit current) relay protective sy-
stems.
Burzyński Z. Bus-bar relay protec-
tion devices.
Jakubowski J. L. Surge protection.
Kuryłowicz J. Definition of accuracy
in measuring practice.
Niewiadomski C. The problem of
non-ferrous metals economy in re-
sistance alloys.
Srebrzyński J. Electrical engineering
training problems.
Publications received.
Bulletin of the Electrotechnical In-
stitute:
Expansive.
Electrotechnical Bibliography Re-
view.

Warunki prenumeraty PRZEGŁĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO w 1953 r.

I. Prenumerata normalna

Prenumerata normalna wynosi: roczna 108 zł, półroczna 54 zł, kwartalna 27 zł.

Zgłoszenia na prenumeratę normalną przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze miejscy i wiejscy.

Termin zgłaszania prenumeraty normalnej na okres roczny, półroczny lub kwartalny upływa z dniem 15 każdego miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty.

II. Prenumerata ulgowa

Prenumerata ulgowa wynosi: roczna 54 zł, półroczna 27 zł, kwartalna 13,50 zł.

Z prenumeraty ulgowej korzystać mogą tylko:

1) członkowie stowarzyszeń inżynierów i techników zrzeszonych w NOT oraz członkowie klubów racjonalizacji i techniki — przy zamawianiu zbiorowym przez mężów zaufania lub koła zakła-

dowe stowarzyszeń technicznych NOT i Oddziałów NOT; członkowie stowarzyszeń, nie mający możliwości zgłaszania prenumeraty w tym trybie, mogą kierować zamówienia przez swe stowarzyszenia do właściwego Oddziału NOT;

2) studenci szkół wyższych przy abonowaniu zbiorowym przez koła naukowe uczelni lub inne stowarzyszenia szkół wyższych.

Zgłoszenia na prenumeratę ulgową należy składać:

na II kwartał — do 1 marca 1953 r.,

„ III „ — do 1 czerwca 1953 r.,

„ IV „ — do 1 września 1953 r.

Zgłoszenia na prenumeratę ulgową przez Oddziały NOT, koła naukowe studentów szkół wyższych oraz dyrekcje szkół zawodowych należy przysyłać do PPK „Ruch”, Warszawa, Centralna Ekspedycja, ul. Srebrna 12, wpłacając jednocześnie należności do PKO na konto nr I—14000/110.

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

A 12717

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Redaktorzy działów inżynierowie: Stanisław Andrzejewski, Janusz Gniewiewski, Leszek Zienkowski, Tadeusz Żarnecki

Rok XXIX

Warszawa, 21 stycznia 1953 r.

Zeszyt 1

Ku najwyższej technice

Druga połowa 1952 r. przyniosła nam z okazji szeregu doniosłych wydarzeń społeczno-politycznych i publikacji historycznego znaczenia — VII Plenum KC PZPR, Konstytucja PRL, program wyborczy Frontu Narodowego, II Kongres Inżynierów i Techników Polskich, „Ekonomiczne problemy socjalizmu“ Stalina, XIX Zjazd WKP(b) — wielką obfitość głębokich myśli, w których technik, właśnie technik, znajduje dla siebie olbrzymie źródła pouczającego materiału, jak również źródła natchnień i wyrażnych wskazówek dla swej zawodowej działalności nie tylko na dzień dzisiejszy, ale i w perspektywie przyszłych lat. Wszak stalinowskie „podstawowe ekonomiczne prawo socjalizmu“ dobitnie wskazuje, jaka jest rola społeczna i historyczna techniki, a więc jakie są w nowoczesnym postępowym ustroju społecznym zadania inżyniera, technika i robotnika: to oni mają ustawicznie doskonalić produkcję, opierając ją na najwyższej technice po to, żeby zapewnić społeczeństwu ustawiczny wzrost tej produkcji, a tym samym i jak największe zaspokojenie jego stale rosnących potrzeb — materialnych i kulturalnych. Planowa gospodarka narodowa może dać dobre wyniki w całej pełni dopiero wtedy, kiedy opiera się na powyższym podstawowym ekonomicznym prawie socjalizmu. O tym powinien pamiętać każdy, kto jest odpowiedzialny za przebieg i wykonanie planu państwowego.

Polska gospodarka planowa trwa już 6 lat. Po pomyślnym wykonaniu swego pierwszego planu państwowego — Planu 3-letniego (1947—1949) — podjęliśmy jako następny etap kierowanego rozwoju swej gospodarki Plan 6-letni (1950—1955), którego połowę mamy już poza sobą.

Że inżynierowie i technicy polscy są świadomi swej wielkiej odpowiedzialności za przebieg i wyniki naszego Planu 6-letniego, dał tego dowód ich II Kongres z września ubiegłego roku. Inżynierowie i technicy polscy rozumieją, że nasz Plan 6-letni jest planem głębokiego uprzemysłowienia kraju, jest planem szybkiego wydźwignięcia całej naszej gospodarki narodowej z dawniejszego stanu zacofania na poziom przodującej nowoczesnej techniki, że jest więc planem gruntownej przebudowy gospodarki kraju. Narzędziem do osiągnięcia tego celu jest jak najszerwsze stosowanie postępu technicznego we wszystkich dziedzinach i w każdym przypadku pracy inżyniera.

Prezydent Bolesław Bierut powiedział do inżynierów i techników polskich na ich II Kongresie:

„Po raz pierwszy w historii naszego narodu postęp techniczny zrosł się nierozdzielnie z najżywniejszymi potrzebami mas pracujących, stał się rzeczywistością ręką stałego wzrostu dobrobytu tych mas, niezawodnym oparciem dla rosnących odtąd nieprzerwanie sił twórczych narodu“.

„Winniście nie tylko przyswajać sobie najbardziej przodujące osiągnięcia techniczne, ale wraz z tym pobudzać i rozwijać własną samodzielną myśl badawczą, wykorzystując doświadczenia wynalazców, racjonalizatorów i przodujących robotników“.

„Między walką praktyczną o postęp techniczny a badaniami teoretycznymi w zakresie nauk technicznych istnieje jak najściślejszy związek. Wszelkie odrywanie nauki od praktyki jest z gruntu błędne, a w dziedzinie nauk technicznych oderwanie takie byłoby szczególnie rażące i szkodliwe

dla ich rozwoju. Dlatego też organizacje inżynierów i techników winny włączyć do zakresu swoich zadań również troskę o łączność między pracą naukowo-badawczą instytutów technicznych a doświadczeniami praktycznymi kół racjonalizatorskich, placówek szkoleniowych i instytucji, mających na celu pogłębianie kwalifikacji kadr technicznych i walkę o postęp techniczny“.

Wiceprzewodniczący PKPG min. E. Szyr w swym obszernym referacie na II Kongresie Inżynierów i Techników Polskich w następujących słowach uwypuklił odmienny stosunek świata kapitalistycznego i świata socjalistycznego do zagadnienia postępu technicznego: „Postęp techniczny w ustroju kapitalistycznym zależy od woli fabrykanta; jeśli przynosi zyski, wówczas znajduje zastosowanie; jeśli przeszkadza w osiągnięciu zysków lub droższy jest aniżeli tania siła robocza, nie ma dlań miejsca“.

Przewodniczący CRZZ W. Kłosiewicz, wypowiadając na tymże Kongresie pogląd, że inżynier powinien „przewodzić w zakładzie pracy w walce o wykonanie i przekraczanie planów produkcyjnych“, podkreślił, że „bez współdziałania inżyniera i technika nie może być mowy o jakimś zasadniczym postępie technicznym“. I dalej: „Inżynier i technik uczestniczy w naszych wielkich bitwach o rozwój produkcji nie jako obserwator czy sojusznik, lecz jako żołnierz na bardzo ważnym posterunku walki o produkcję, jako aktywista, który swoją wiedzę obraca na to, aby nieustannie podnosić poziom kultury technicznej robotników“.

Przewodniczący Kongresu minister B. Rumiński w swym końcowym przemówieniu powiedział: „Należy postawić przed ogółem inteligencji zadanie skoncentrowania się dokoła najważniejszego, węzłowego zagadnienia — postępu technicznego. Należy i trzeba umieć wiązać zagadnienia gospodarcze i polityczne. Należy skoncentrować się dokoła tego węzłowego problemu, aby śmiało wprowadzać przodujące metody pracy i udoskonalać technikę, aby jeszcze wnikliwiej szukać nowych rozwiązań technicznych, które dają nowe surowce i materiały zastępcze, aby rozszerzać i pogłębiać współpracę inżynierów i techników z przodownikami i racjonalizatorami“.

W liście swym do Prezydenta Bolesława Bieruta II Kongres Inżynierów i Techników złożył takie zobowiązanie: „Będziemy wytrwale walczyć o dalszy postęp techniczny, szukać nowych rozwiązań technicznych, nowych surowców i materiałów zastępczych, stale podnosić swą wiedzę techniczną i społeczną, aby zwiększać swój wkład w dzieło dalszego szybkiego rozwoju sił wytwórczych Ojczyzny“.

Wreszcie godzi się tu przypomnieć następujące słowa, które Prezydent Bolesław Bierut skreślił przed 6 laty*) z okazji zwołania I Kongresu Techników Polskich do Katowic (w grudniu 1946 r.), a które na zawsze zachowają swą aktualność:

„Podstawą i warunkiem wzrostu naszej kultury i dobrobytu jest pełne wykorzystanie i dalsze podniesienie obecnego poziomu techniki w przemyśle, w rolnictwie, w transporcie i komunikacji.

Nie można być krajem przodującym w dziedzinie kultury przy słabszym w porównaniu z innymi poziomie techniki.

Nowoczesna, postępową techniką — to najlepsza gwarancja siły, wielkości i pełnego zwycięstwa demokracji polskiej“.

*) Ob. Przegl. Elektr., 1946, z. 4, str. 117.

PROF. DR INŻ. NOWACKI PAWEŁ

Automatyzacja procesów wytwórczych*)

621.395.34:621.316.3.061/.062:621.312

Treść. Definicja i podział systemów automatyzacji procesów wytwórczych. Układy nadążne. Obecny stan oraz widoki rozwojowe automatyzacji procesów technologicznych.

Автоматизация производственных процессов. Определение и подразделение различных систем автоматизации производственных процессов. Серво-системы. Нынешнее положение автоматизации технологических процессов и перспективы ее развития.

Automatisation of production processes. Definition and classification of automatisation systems in production processes. Servo-systems. Present state of automatisation of technological processes and prospects for the future.

1. Rodzaje systemów automatyzacji procesów wytwórczych.

Procesem wytwórczym nazywa się całokształt działań potrzebnych do uzyskania pewnego wytworu, odpowiadającego z góry założonym i zaplanowanym wymaganiom. Procesy wytwórcze o charakterze technicznym nazywamy procesami technologicznymi. Tych właśnie procesów dotyczy niniejszy referat. Proces technologiczny może być wykonywany ręcznie lub samoczynnie; w tym drugim wypadku mówi się o automatyzacji procesu technologicznego.

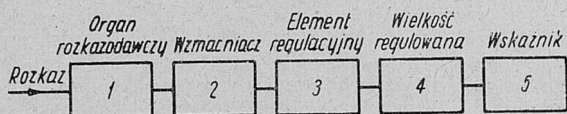
Automatyzacja procesu technologicznego obejmuje zatem zespół zagadnień, związanych z planowym wykonaniem technicznego wyrobu lub technicznego zadania w sposób samoczynny z woli człowieka.

Dziedzina automatyzacji w ogóle jest znacznie szersza aniżeli sama automatyzacja procesów wytwórczych technologicznych. Tak np. urządzenie autopilotu w nowoczesnym samolocie należy do dziedziny automatyki, lecz nie należy do automatyzacji procesów wytwórczych. Pomiary zdalne (telemetria) mogą być dokonane w sposób samoczynny, należą więc wtedy do automatyki, lecz nie są bezpośrednio problemem automatyzacji procesu technologicznego.

Układem działania nazywamy zespół sprzętu technicznego potrzebnego do wykonania danego zadania. Elementami układu działania są przede wszystkim: 1) źródło energii czyli układ nadawczy, 2) układ przetwarzający, 3) układ przenoszący, 4) układ odbiorczy, który jest jednocześnie układem użytkującym.

Typowym układem działania jest na przykład układ elektroenergetyczny, w którym jasno występują zasadnicze elementy wyżej wymienione: 1) elektrownia, 2) transformatornia, 3) linie napowietrzne lub kablowe, 4) odbiorniki.

Aby układ działania był układem samoczynnym w części lub w całości, należy uzupełnić powyższe elementy pewnymi elementami dodatkowymi. Jednym z elementów



Rys. 1. Schemat blokowy otwartego systemu automatyzacji

dodatkowych jest układ regulacyjny. Układ regulacyjny istnieje także w szeregu urządzeń ręcznych, np. można na ogół regulować ręcznie obroty silnika prądu stałego za pomocą regulatora obrotów czyli opornika w obwodzie wzbudzenia.

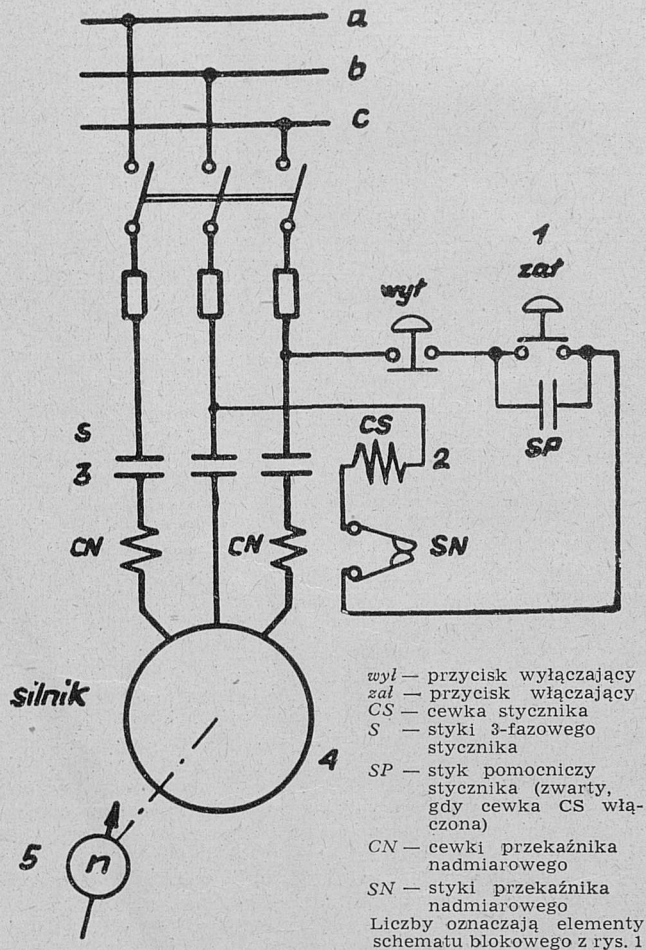
Układ działania stanie się układem automatycznym, jeżeli pewna właściwość lub szereg właściwości fizycznych wielkości regulowanej ma być regulowana samoczynnie. W pierwszym wypadku mówi się o automatyzacji pojedynczej, w drugim wypadku o automatyzacji złożonej. Np. samoczynna regulacja napięcia prądnic jest zagadnieniem automatyki pojedynczej; równoczesna samoczynna regulacja mocy czynnej oraz częstotliwości jest zagadnieniem automatyki złożonej.

Nie należy mylić pojęcia automatyki pojedynczej z automatyką jednostkową i automatyki złożonej z automatyką grupową. Np. samoczynny rozruch szeregu silników może być wykonany indywidualnie dla każdego silnika; będzie to automatyka jednostkowa. W wypadku jednoczesnego uruchomienia wszystkich silników lub nawet kolejnego ich uruchomienia, lecz według jednego prawa pod wpływem jednego bodźca, mówimy o automatyce grupowej.

*) Referat wygłoszony na Krajowej Konferencji Automatyki i Miernictwa Elektrycznego w Warszawie 9.VI.52.

Z kolei można mówić o podziale systemów automatyzacji. Jako system automatyzacji można określić sposób samoczynnego wpływania na właściwość fizyczną wielkości regulowanej. Rozróżniamy systemy automatyzacji otwartej i zamkniętej.

System automatyzacji otwartej odznacza się tym, że wielkość regulowana nie ma wpływu na wielkość regu-



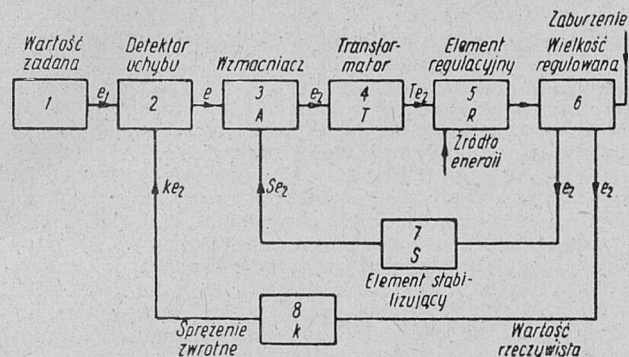
Rys. 2. Przykład otwartego systemu automatyzacji; samoczynny rozruch silnika asynchronicznego z wirnikiem klatkowym

lującą; systemy otwarte nie mają, jak mówimy, sprzężenia zwrotnego. System automatyzacji zamkniętej odznacza się tym, że wielkość regulowana oddziaływa wstecz na wielkość regulującą za pomocą sprzężenia zwrotnego.

System automatyzacji zamkniętej nazywa się też serwowystemem czyli układem nadążnym. Układ nadążny jest to urządzenie wzmacniakowe, w którym wielkość wyjściowa (regulowana) sterowana jest przez różnicę wielkości wyjściowej (regulowanej) i wielkości zadanej. Układ taki dąży do zmniejszenia różnicy tych wielkości do zera.

Najłatwiej możemy rozpatrzyć systemy powyższe na schematach blokowych. Rys. 1 przedstawia system automatyzacji otwartej, w którego skład wchodzi: 1) organ rozkazodawczy, 2) wzmacniacz, 3) element regulacyjny, 4) wielkość regulowana, 5) wskaźnik. W niektórych wypadkach może być braki jednego elementu, np. wzmacniacza.

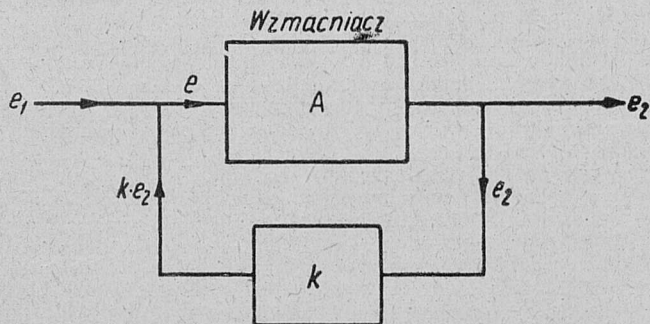
Rys. 2 przedstawia układ otwartego systemu automatyzacji, mianowicie rozruch silnika asynchronicznego klatkowego. Organem rozkazodawczym jest przycisk „zał”, wzmacniaczem — cewka stycznika wraz z mechanizmem stycznika, elementem regulującym — styki stycznika,



Rys. 3. Schemat blokowy zamkniętego systemu automatyzacji

wielkością regulowaną jest liczba obrotów wału silnika. Jako wskaźnik bezpośredni może służyć tachometr, zastąpiony często przez amperomierz, a niejednokrotnie jeszcze przez słuch osoby, obsługującej silnik.

Układ powyższy jest, oczywiście, systemu otwartego, gdyż liczba obrotów silnika nie ma wpływu na przycisk, albo — mówiąc obrazowo — gdyż „skutek” nie ma w tym wypadku wpływu na „przyczynę”. Ponadto układ na rys. 2 jest systemem złożonym, gdyż oprócz uruchomienia sil-



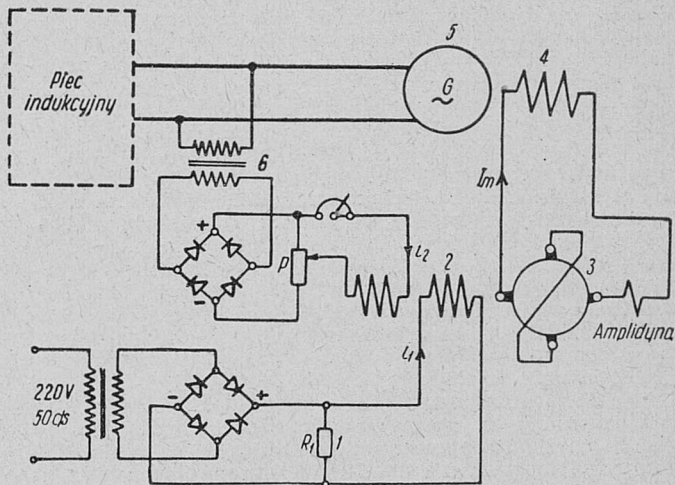
Rys. 4. Zasada sprzężenia zwrotnego

nika, tj. zmiany prędkości kątowej wału silnika od zera do obrotów odpowiadających obciążeniu, ma ochronę nadprądową termiczną, która samoczynnie wyłączy silnik, gdy styk SN przełącznika termicznego zostanie otwarty, spełnia więc dwie czynności.

Rys. 3 przedstawia schemat blokowy systemu automatyzacji typu zamkniętego, zwanego również systemem nadążnym albo serwowystemem. System taki w najprostszym wypadku ma na celu utrzymanie stałej wartości jakiejś wielkości fizycznej układu regulowanego w zależności od czasu, bez względu na ewentualne zaburzenia zewnętrzne, dążące do zmiany wartości. Wielkością fizyczną, która ma być tak regulowana, może być np. napięcie generatora elektrycznego doprowadzane do pieca indukcyjnego (rys. 5); tu jest właśnie wyznaczona stała wartość tego napięcia w woltach. Wartość zadana e_1 pożądanego napięcia jest elementem pierwszym serwowysystemu (1 na rys. 3). Wielkość regulowana musi być w jakiś sposób mierzona; pomiar daje wartość rzeczywistą e_2 . Wartość rzeczywistą lub jakąś jej część ke_2 — po transformacji wartości e_1 oraz ke_2 na dogodne parametry np. elektryczne w postaci napięć elektrycznych — porównuje się następnie w detektorze uchybu (element 2 na rys. 3). Różnica $e = e_1 - ke_2$ nazywana jest w dalszym ciągu „uchybem”; jest to różnica pomiędzy wartością zadaną a wartością rzeczywistą. Najczęściej uchyb należy wzmacnić we wzmacniaczu (element 3 na rys. 3). Wzmocniony uchyb może być, zależnie od rodzaju systemu, transformowany na inny parametr fizyczny w transformatorze (element 4 na rys. 3). Następnie element regulacyjny (5) reguluje wielkość regulowaną (6) tak, aby uchyb zmalał do zera (7). Najczęściej należy jeszcze uwzględnić jeden lub kilka elementów stabilizują-

cych, mających zapobiec kołysaniom i przesterowaniu układu. Nie zawsze muszą wystąpić wszystkie wyżej opisane elementy w serwowysystemie, natomiast zawsze występuje sprzężenie zwrotne (8).

Zasada samego sprzężenia zwrotnego podana jest na rys. 4, na którym przedstawiono schemat wzmacniacza o wzmocnieniu A . Taki wzmacniacz bez sprzężenia zwrot-



Rys. 5. Przykład zamkniętego systemu automatyzacji: regulacja napięcia pieca indukcyjnego

Liczby oznaczają elementy schematu blokowego według rys. 3.

nego wzmocniłby wartość e_{10} na wejściu A razy; w ten sposób otrzymano by na wyjściu wartość e_{20} , przy czym

$$(1) \quad \frac{e_{20}}{e_{10}} = A = \mu_0.$$

Jeżeli w takim wzmacniaczu odbierzemy część wartości wyjściowej ke_2 , a na wejście wzmacniacza doprowadzimy uchyb

$$(2) \quad e = e_1 - ke_2,$$

otrzymamy z porównania

$$A = \frac{e_2}{e_1 - ke_2}$$

oraz stosunek

$$(3) \quad \frac{e_2}{e_1} = A \frac{1}{1 + kA} = \mu.$$

Wzór (3) określa rzeczywiste wzmocnienie przy zastosowaniu sprzężenia zwrotnego (przy czym $k > 0$ dla sprzężenia ujemnego). Współczynnik sprzężenia zwrotnego k może być równy jedności; mówi się wówczas o 100-procentowym sprzężeniu zwrotnym. Gdy współczynnik wzmocnienia A jest dostatecznie duży, wartość $\frac{e_2}{e_1}$ dochodzi praktycznie do jedności (przy $k = 1$).

Rys. 5 przedstawia typowy przykład serwowysystemu, mianowicie schemat regulacji samoczynnej napięcia pieca indukcyjnego. Wartość zadana jest w tym przypadku jako napięcie stałe, wytworzone z pomocniczego układu prostowniczego. Wartość rzeczywista e_2 jest to napięcie generatora synchronicznego zasilającego piec. Napięcie to jest transformowane przekładnikiem napięciowym, wyprostowane i przedstawione jako napięcie stałe ke_2 na zaciskach potencjometru P . Detektorem uchybu jest układ wzbudzający amplitudynę, której pole sterujące zależy od różnicy prądów i_1 oraz i_2 , wywołanych z kolei przez napięcia e_1 oraz ke_2 . W wypadku spadku napięcia zmiennego napięcie rzeczywiste e_2 , a zatem prąd i_2 maleje, a amplitudyna, stanowiąca w układzie opisanym wzmacniacz elektromaszynowy, zasili uzwojenie wzbudzające generatora synchronicznego większym prądem I_m . Równocześnie odbywa się transformacja z prądu stałego I_m na napięcie zmienne generatora.

2. Elementy układów automatyzacji.

W obecnej fazie automatyzacji mamy w kraju przewagę systemów otwartych. Do systemów otwartych można np. zaliczyć w dziedzinie napędu elektrycznego rozruch

i hamowanie silników elektrycznych oraz samoczynne przełączanie silników na rezerwowe źródło zasilania; w wypadku zaniku napięcia pierwotnego źródła zasilania; w dziedzinie układów elektroenergetycznych — samoczynne ponowne włączanie wyłączników; w dziedzinie układów pomiarowych — samoczynne liczenie, samoczynne ważenie.

Do systemów zamkniętych można zaliczyć na przykład samoczną regulację obrotów silników, samoczną regulację grubości blachy walcowanej, samoczną regulację napięcia generatorów, samoczną regulację mocy czynnej, mocy biernej, częstotliwości, temperatury itd.

W systemach regulacyjnych można stosować urządzenia mechaniczne, hydrauliczne, pneumatyczne, akustyczne, optyczne i elektryczne. W miarę rozwoju techniki przechodzi się z konstrukcji mechanicznych na konstrukcje elektryczne. Rozwój elektrotechniki, a zwłaszcza elektroniki, umożliwia przede wszystkim: 1) detekcję wielkości nieelektrycznych i ich transformację na wielkości elektryczne za pomocą czujników, 2) konstrukcję dobrych detektorów uchybów, 3) możliwość dużego wzmocnienia bardzo małych wartości, 4) najszybszą regulację możliwą, 5) możliwość stosowania prądnic, silników, transformatorów i elektromagnesów jako elementów regulacyjnych.

Detekcja oraz pomiar wielkości nieelektrycznych i ich przedstawienie w postaci parametru elektrycznego jest jedną z najbardziej rozwijających się dziedzin miernictwa; dziś można już kilkadziesiąt parametrów przedstawić w formie elektrycznej. Do głównych parametrów należą: siła, ciśnienie, grubość, przesuw, kąt obrotu, prędkość posuwu, prędkość kątowna, przyspieszenie, moment, amplituda, faza, częstotliwość, liczba impulsów, czas, moc, praca, przepływ, temperatura, ilość ciepła, wilgotność, stężenie jonów wodorowych (pH), lepkość i wiele innych.

Detektory uchybu typu elektrycznego są niezmiernie proste. Należy tu wymienić: a) systemy selsynowe jako detektory uchybu kąta obrotu; b) detektory fazowe i częstotliwości; c) detektory fotoelektryczne do wykrywania uchybu jasności, położenia itp.; d) wszelkiego rodzaju układy różnicowe i mostkowe, jako detektory zmiany parametrów oporności czynnej, indukcyjnej i pojemnościowej w zależności od zmiany wartości innej wielkości fizycznej, np. temperatury lub ciśnienia.

Jako ciekawsze typy wzmacniaczy należy wymienić wszelkiego rodzaju przełączniki i styczniki; wzmacniacze elektronowe z lampami próżniowymi; wzmacniacze jonowe z zastosowaniem tyratronów, ignitronów i prostowników; wzmacniacze magnetyczne (transduktory); wzmacniacze elektromaszynowe (amplidyny).

Głównymi elementami regulacyjnymi są wszelkiego rodzaju silniki elektryczne, urządzenia hydrauliczne, palniki kotłowe, turbiny parowe itp.

W literaturze technicznej stosuje się często oddzielną nazwę „regulatory“, zapożyczoną z historii mechaniki. W istocie taki „regulator“ jest zwykle detektorem uchybu w połączeniu ze wzmacniaczem. Jako przykład może służyć regulator statyczny odśrodkowy turbiny parowej; detektorem uchybu jest regulator odśrodkowy oraz urządzenie suwakowe, wzmacniaczem jest układ tłokowy hydrauliczny. Popularnymi regulatorami tego typu są regulator elektromagnetyczny typu Tirrill, regulator temperatury z pałąkiem opadowym, regulator elektrohydrauliczny używany np. do samoczynnej regulacji obrotów silników walcowniczych itp.

Urządzenia stabilizujące polegają na zastosowaniu zasady sprzężenia zwrotnego w części układu (rys. 3, element 8), przy czym do stabilizacji używa się często pochodnej lub całki wielkości rzeczywistej. Na przykład serwowSYSTEMY regulujące kąt obrotu mają często jako element stabilizacyjny generator tachometryczny; mówimy wówczas o stabilizacji „szybkościowej“ lub o sprzężeniu zwrotnym „szybkościowym“.

Układy automatyczne winny posiadać następujące cechy:

1) bardzo szybki odzew, tj. system regulacyjny winien jak najszybciej reagować w razie zaburzenia; jako czas odzewu można by określić całkowity czas od chwili powstania zaburzenia do jego wykrycia;

2) jak najkrótszy czas regulacji; jako czas regulacji można by określić całkowity czas od chwili powstania zaburzenia aż do jego likwidacji, tj. do chwili, gdy wartość rzeczywista odpowiada wartości zadanej;

3) wysoką dokładność; jako stopień dokładności można by określić wartość uchybu, tj. różnicę pomiędzy wartością rzeczywistą a wartością zadaną w procentach wartości zadanej.

4) samoczynność, której stopień można by oceniać liczbą godzin roboczych w roku potrzebną do konserwacji układu;

5) niezawodność, której stopień można by oceniać liczbą godzin roboczych w roku potrzebną na remonty i naprawy układu.

3. Stan obecny automatyzacji procesów technologicznych w kraju oraz jej możliwości rozwojowe.

Automatyzacja znajduje się u nas dopiero w stadium początkowym. Wiele gałęzi naszego przemysłu pracuje na sprzęcie przestarzałym, toteż zawsze przy nowych inwestycjach należy kłaść nacisk na automatyzację. Dostawy radzieckie przyczyniają się w dużym stopniu do modernizacji naszego przemysłu i wprowadzają tam, gdzie to jest słuszne, sprzęt automatyczny, np. w zakresie elektroenergetyki od amplidyn do kompletnej automatyki kotłowej powszechnej dziś w nowoczesnych elektrowniach. O wadze zagadnienia świadczy np. liczba podręczników radzieckich poświęconych automatyce, liczba artykułów w czasopiśmie technicznych całego świata. Automatyka jest zagadnieniem kluczowym modernizacji przemysłu i szeregu innych dziedzin.

Przed wszystkim należałoby rozszerzyć zakres stosowania automatyki otwartej w obecnej fazie rozwoju przemysłu. Dziedzina automatyki napędu stanowi bardzo wdzięczne pole do inicjatywy i popisu dla racjonalizatorów, robotników, techników i inżynierów przy zachowaniu następujących zasad:

1) główny nacisk należy położyć na przemysły pracochłonne, jak górnictwo, hutnictwo, przemysł chemiczny, włókienniczy, cukrowniczy, papierniczy;

2) wszelkie przemysły o produkcji ciągłej winny przejść na automatyzację jak najwcześniej (np. fabrykacja włókien sztucznych, przemysł cementowy);

3) w energetyce należy jako naczelne zadania w zakresie automatyki otwartej wysunąć samoczynne ponowne włączanie oraz samoczynne przełączanie silników potrzeb własnych na rezerwowe źródło zasilania;

4) w przemyśle metalowym należy wprowadzić samoczynne spawanie oraz automatyzację obróbki.

W dziedzinie automatyki zamkniętej liczba zagadnień jest ogromna i trudno podać tutaj jakąś hierarchię potrzeb. Nie mniej jednak w obecnym stadium można by wskazać:

1) automatyzację grzejnictwa elektrycznego; dziedzina ta obejmuje olbrzymi zakres zagadnień — od elektrochemii i elektrometalurgii do samoczynnej regulacji temperatury;

2) automatyzację kotłów we wszelkich dziedzinach energetyki zawodowej i przemysłowej;

3) samoczną regulację mocy czynnej i częstotliwości układów energetycznych;

4) samoczną regulację mocy biernej i napięcia w układach energetycznych;

5) automatyzację elektrowni wodnych;

6) pełną automatyzację w walcowniach;

7) pełną automatyzację w przemyśle włókienniczym;

8) pełną automatyzację w przemyśle spożywczym.

W dziedzinie automatyzacji mamy już szereg osiągnięć, np. w elektroenergetyce można uważać za rozwiązane problemy samoczynnego ponownego włączania, samoczynnego ponownego rozruchu oraz automatyki kotłowej. Istnieją instytuty i zakłady uczelniane, wyposażone w kadry i sprzęt, które mogą produkować prototypy elementów automatyki. Są to jednak dopiero jednostki, są to wysiłki nieskoordynowane, nie ma jeszcze w tej dziedzinie gospodarki planowej na miarę wielkości zagadnienia.

Oczywiście, trudno ocenić i ustalić bez głębszej analizy zadania w chwili obecnej w zakresie automatyki procesów technologicznych. Akcja ankietowa w tej dziedzinie wykazała pewne potrzeby, ale ankiety to nie wszystko; zagadnień w przemyśle, domagających się realizacji, jest dużo.

Należy zacząć od jednostki koordynującej. Koordynację i naczelne kierownictwo w akcji automatyzacji powinien objąć Instytut podstawowych problemów techniki Polskiej Akademii Nauk. Za koncepcją tą przemawia fakt, że teoria automatyki jest wspólna dla wszystkich możli-

wych rozwiązań praktycznych. Ponadto automatyka obejmuje tyle dziedzin wiedzy, jak dziedzina drgań, mechanikę, elektronikę, matematykę, fizykę, chemię, optykę, promieniowanie, że żaden instytut jednej specjalności nie mógłby objąć całokształtu zagadnień.

Jako komórki wykonawcze, podległe utworzonemu w ten sposób zakładowi automatyki Instytutu podstawowych problemów techniki PAN, powinny działać: Instytut Elektrotechniki, przyszły Instytut Energetyki, które z kolei powinny współpracować z zakładami i katedrami uczelnianymi. W zakresie kadr należy utworzyć na wydziałach elektrycznych, łączności i energetycznych sekcje automatyki. Wydziały elektryczne i energetyczne powinny szkolić kadry w elektrotechnice przemysłowej i automatyce procesów technologicznych, wydziały łączności powinny szkolić kadry w telemechanice, telesterowaniu, telemetrii oraz w zagadnieniach automatyki nie obejmujących procesów technologicznych.

Szkolenie w pierwszym etapie powinno obejmować następujące wykłady:

1) w dziedzinie matematyki rachunek operatorowy; przede wszystkim opanowanie biegle kryteriów Gurwica, Nyquista i Michajłowa (2 g., 1 sem.);

2) roczny, a nie jak dotychczas półroczny wykład elektroniki przemysłowej z ćwiczeniami i laboratorium (4 g. wykł., 2 g. ćwicz., 3 g. lab.);

3) automatyzację układów elektroenergetycznych, jako oddzielny wykład (2 g., 1 sem.);

4) automatyzację procesów technologicznych (2 g., 1 sem.);

5) miernictwo elektryczne wielkości nieelektrycznych (2 g., 1 sem.).

Na wydziałach mechanicznych należy w większej mierze uwzględnić wykłady z mechaniki precyzyjnej.

Na wydziałach elektrycznych należy na grupach konstrukcyjnych i technologicznych rozszerzyć wykłady z następujących dziedzin:

1) budowa przyrządów pomiarowych ze specjalnym uwzględnieniem przyrządów elektronowych;

2) technika drobnych konstrukcji;

3) technologia materiałów elektrycznych.

Wszystkie te wykłady należy obficie ilustrować pokazami.

W zakresie szkolnictwa zawodowego należy położyć nacisk na nauczanie teleelektryków „napędów elektrycznych”, a energoelektryków „elektroniki przemysłowej”.

Następnie należy organizować corocznie zjazdy roboty wszystkich fachowców z dziedziny automatyki celem

omówienia osiągnięć i uzgodnienia problemów na najbliższą przyszłość.

Należy zwiększyć kredyty i dotacje na kupno sprzętu i krzewienie badań naukowo-badawczych w zakresie elektroniki przemysłowej, miernictwa wielkości nieelektrycznych oraz automatyki wszelkiego typu. Przemysł powinien zgłosić swe zagadnienia z punktów centralnych, a zakłady uczelniane powinny być wciągnięte silniej do współpracy z przemysłem niż dotychczas.

W zakresie produkcji przemysł krajowy powinien zwiększyć produkcję przekładników i styczników, rozpocząć produkcję tyratronów i ignitronów (ostatnie są konieczne dla rozwoju spawalnictwa), silników małej mocy oraz uruchomić fabrykę wyrabiającą mierniki wielkości nieelektrycznych na podstawie bądź prototypów krajowych, bądź licencji.

Dla przykładu wskażemy, że poszczególne gałęzie naszego przemysłu powinny by jak najrychlej podjąć następujące zadania:

1) przemysł maszyn elektrycznych budowę: a) amplitudyn na 500 W i 2 kW; b) bardzo małych silników synchronicznych do przekładników zwłoczących; c) silników prądu stałego małej mocy: 3 W(10') 24 V, (220 V), a także uwzględnić w szerszej mierze układy regulacyjne prądu stałego oraz opracować produkcję wzmacniaczy magnetycznych;

2) przemysł aparatów elektrycznych: a) opracować produkcję masową przekładników i styczników, b) przystosować wyłączniki produkcji krajowej do SPZ i SPR, c) opracować prosty typ regulatora hydraulicznego, d) opracować sprzęgła elektromagnetyczne, opilkowe i kulkowe, do regulacji poślizgów;

3) przemysł przyrządów mierniczych: a) produkcję regulatorów temperatury, najlepiej typ z pałąkiem opadowym; b) produkcję przyrządów rejestrujących, c) produkcję detektorów wielkości nieelektrycznych;

4) przemysł lamp jonowych: a) opracowanie produkcji tyratronów na 100 mA, 500 V i 10 A, 1000 V; b) opracowanie produkcji ignitronów dla potrzeb spawalnictwa na 500 A (lub 1000 A), 1000 V.

Zagadnienie pomyślnego rozwoju automatyki jest niewątpliwie trudne, natomiast istnieje szereg punktów wyjściowych, upoważniających do optymizmu, a przede wszystkim: 1) mamy w kraju szereg specjalistów i zakładów obznajmionych praktycznie z zagadnieniami automatyki; 2) wiele elementów wchodzących w zakres automatyki już opanowaliśmy w kraju, natomiast nie ma należytej łączności między fachowcami poszczególnych działów gospodarki narodowej.

MGR T. OLESZYŃSKI

○ wartości liczbowej mechanicznego równoważnika światła

535.231.2:535.23.08

Treść. Oparcie podstawowego wzorca światłości na promieniowaniu ciała czarnego pozwala na rachunkowe lub wykreślne wyznaczenie mechanicznego równoważnika światła. Artykuł podaje metody wyznaczenia tego równoważnika.

Численное значение механического эквивалента света. Базирование основного эталона силы света на излучении черного тела позволяет определить механический эквивалент света расчетным либо графическим путем. Дается метод подсчета этого эквивалента.

Numeric value of the mechanical equivalent of light. Basing the fundamental standard of candle-power on the radiation of a black body makes it possible to determine, by mathematical or diagrammatic means, the mechanical equivalent of light. The author quotes methods for determining this equivalent.

Moc promieniowaną przez źródło promieniowania czyli tzw. strumień energetyczny wyrażamy w jednostkach mocy — watach. W odniesieniu do jednostki powierzchni promieniającej możemy wyrazić go np. w watach na cm^2 powierzchni promiennika — $N[\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}]$. Widmo mocy promieniowanej rozciąga się zwykle na pewien zakres długości fal. Długość fali λ dogodnie jest w zagadnieniach fotometrycznych mierzyć niekiedy w mikronach $[\mu]$. Rozpatrując bardzo mały przedział $d\lambda$ z obszaru widma, wyrażamy moc N_λ , wypromieniowaną przez jednostkę powierzchni promiennika w tym przedziale, w watach na cm^2 i na μ $[\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\mu^{-1}]$.

Zależnie od długości fali promieniowania zmieniają się własności energii promienistej. Energia wysyłana przez promiennik na falach o długości λ zawartych w granicach 0,38—0,76 μ posiada właściwość wywoływania w oku ludzkim wrażen wzrokowych. Do ilościowego ujęcia tych wrażen wprowadzono szereg pojęć fotometrycznych (strumień

światłowy, światłość, jaskrawość itd.) i obrano szereg jednostek do ich mierzenia (lumen, kandela, nit). Między jednostkami energetycznymi i fotometrycznymi istnieje wzajemna zależność oparta na właściwościach organu wzroku, na tzw. krzywej czułości względnej oka, przystosowanego do jasności, przyjętej międzynarodowo (M. K. Ośw., Genewa, 1924 r.), oraz na wyborze podstawowej jednostki fotometrycznej. Ponieważ wielkość wrażen wzrokowych przy tej samej mocy promieniowania zależy od długości fali promieniowania, stosunek jednostek energetycznych do fotometrycznych jest dla różnych długości fali λ różny.

Jeżeli przez N_λ oznaczymy moc (w watach) wypromieniowaną przez jednostkę powierzchni promiennika w małym przedziale widma, obejmującym daną długość fali λ ($N_\lambda = \frac{dN}{d\lambda}$), przez Φ_λ strumień światłowy w lumenach, odpowiadający tej mocy promieniowania (czyli wielkość

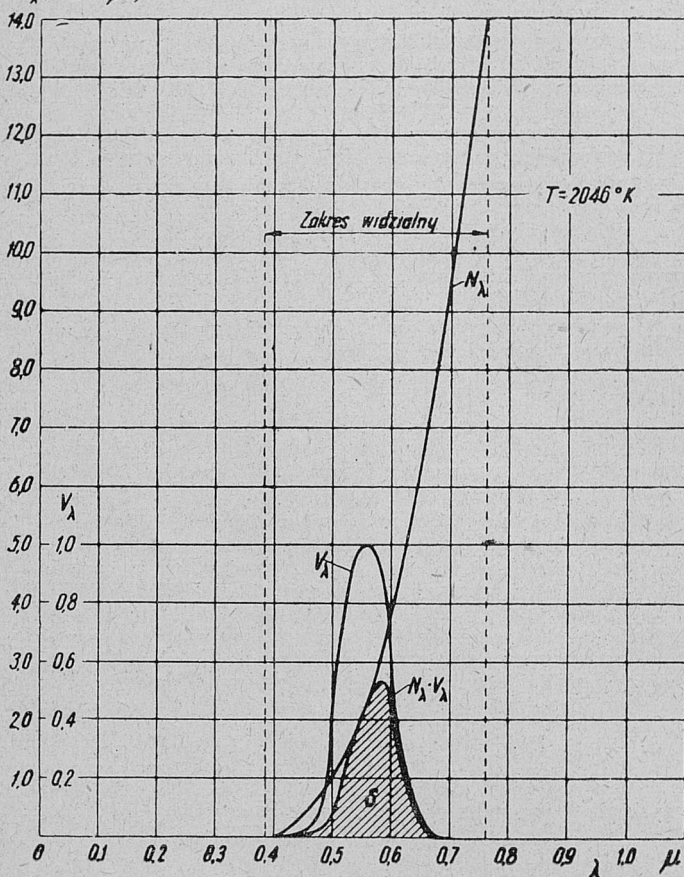
proporcjonalną do wielkości wrażenia wzrokowego wywołanego w oku obserwatora tą mocą promieniowania), to stosunek:

$$\frac{\Phi_\lambda}{N_\lambda} = K_\lambda \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1})$$

nazywamy fotometrycznym równoważnikiem promieniowania monochromatycznego (efficacité lumineuse d'une radiation monochromatique, visibility coefficient for a monochromatic radiation, photometrisches Strahlungsäquivalent).

Wartość K_λ jest zmienna i zależy od długości fali λ . K_λ osiąga największą wartość $K_{\max}$ dla długości fali $\lambda = 0,555 \mu$, tj. dla tej długości, przy której oku przystosowane do jasności jest najczulsze na działanie energii promienistej. Oznaczając czułość względną oka przy

N_λ ($\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu^{-1}$)



Rys. 1. Krzywa widmowego rozkładu promieniowania N_λ , krzywa czułości względnej oka V_λ oraz krzywa $N_\lambda V_\lambda$ dla ciała czarnego w temperaturze 2046°K (podstawowy wzorec fotometryczny)

$\lambda = 0,555 \mu$ przez 1, otrzymamy dla każdej innej długości fali λ czułość względną oka V_λ mniejszą od jednostki. Przebieg zmienności $V_\lambda = f(\lambda)$ podany jest na rys. 1. Wartość fotometrycznego równoważnika promieniowania K_λ dla danej długości fali λ otrzymujemy z zależności:

$$K_\lambda = K_{\max} \cdot V_\lambda \quad (\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}).$$

Jeżeli zatem ustalimy wartość $K_{\max}$, będziemy mogli znając V_λ przechodzić dla każdej dowolnej wartości λ od jednostek energetycznych do fotometrycznych i odwrotnie.

Mechanicznym równoważnikiem światła M (équivalent mécanique de la lumière, mechanical equivalent of light, mechanisches Lichtäquivalent) nazywamy odwrotną wartość współczynnika $K_{\max}$:

$$M = \frac{1}{K_{\max}} \quad (\text{W} \cdot \text{lm}^{-1})$$

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa uważa obecnie pojęcie to za przestarzałe i nie zaleca używania go. Można by więc ograniczyć się do operowania fotometrycznym równoważnikiem promieniowania monochromatycznego

dla maksymalnej czułości oka. Jako bardziej odpowiedni termin można by zaproponować (wg mgra L. Bersona) „energetyczny równoważnik światła”.

Wartość równoważnika M była ustalana w zależności od wyboru jednostek fotometrycznych (świeca Hefnera, świeca międzynarodowa, nowa świeca). Podawane w literaturze technicznej wartości tego równoważnika różniły się dość znacznie między sobą. Wprowadzenie nowej podstawowej jednostki fotometrycznej — kandeli, opartej na promieniowaniu ciała czarnego, pozwala na rachunkowe wyznaczenie wartości mechanicznego równoważnika światła.

Dla ciała czarnego w temperaturze krzepnięcia platyny (2046°K) — tj. dla podstawowego wzorca fotometrycznego, którego jaskrawość L przyjęto równą 60 cd/cm^2 — wielkość strumienia świetlnego wysyłanego przez 1 cm^2 powierzchni promieniającej obliczymy z zależności:

$$\Phi_{\text{cz } 2046^\circ\text{K}} = \pi \cdot I_{\max} = \pi \cdot L \cdot s = \pi \cdot 60 \cdot 1 = 188,516 \text{ lm}.$$

Z drugiej strony strumień świetlny wysyłany z 1 cm^2 powierzchni promiennika o mocy promieniowania N_λ określimy z zależności:

$$\Phi_\lambda = K_\lambda \cdot N_\lambda = K_{\max} \cdot V_\lambda \cdot N_\lambda = \frac{1}{M} N_\lambda \cdot V_\lambda$$

Całkując to wyrażenie na cały obszar długości fal promieniowania, znajdziemy całkowity strumień świetlny.

$$\Phi = \frac{1}{M} \int_0^\infty N_\lambda V_\lambda d\lambda \quad (\text{lm}),$$

skąd

$$M = \frac{\int_0^\infty N_\lambda V_\lambda d\lambda}{\Phi}.$$

Wartości N_λ dla ciała czarnego w temperaturze T (°K) określone są równaniem Plancka:

$$N_\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1}$$

Dla zakresu widzialnego ($0,38 \mu \leq \lambda \leq 0,76 \mu$) i temperatury $T = 2046^\circ\text{K}$ wartość wyrażenia $e^{\frac{c_2}{\lambda T}}$ zmienia się od ok.

10 000 do ok. 42 000 000, możemy więc z dostateczną dokładnością pominąć we wzorze Plancka jedność w mianowniku i przyjmując, że

$$N_\lambda = \frac{c_1}{\lambda^5 \cdot e^{\frac{c_2}{\lambda T}}}$$

Wartości stałych c_1 i c_2 w tym wzorze można obliczyć ze stałych Plancka i Boltzmanna oraz prędkości światła w próżni:

$$c_1 = \frac{2 h \cdot c^2}{h \cdot c} = (37405 \pm 12) \cdot 10^{-12} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^2),$$

$$c_2 = \frac{h \cdot c}{k} = (1,43857 \pm 0,0005) \cdot 10^{-2} \quad (\text{m} \cdot ^\circ\text{K})$$

Powyższe wartości obliczone są na podstawie danych wg Birge „Review of Modern Physics”, 1941, t. 13, str. 233, dla wartości:

stałej Plancka $h = (6,6242 \pm 0,0024) \cdot 10^{-34} \quad (\text{J} \cdot \text{s})$,
stałej Boltzmanna $k = (1,38047 \pm 0,00026) \cdot 10^{-23} \quad (\text{J} \cdot ^\circ\text{K}^{-1})$,
prędkości światła $c = (2,997925 \pm 0,00003) \cdot 10^8 \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$.

Według zaleceń M. K. Ośw. (Sztokholm, 1951) wartości stałych c_1 i c_2 w przeliczeniu na 1μ długości fali należy przyjąć:

$$c_1 = 37400 \text{ W} \cdot \mu^2$$

$$c_2 = 14380 \mu \cdot ^\circ\text{K}$$

Obliczając zatem wartości N_λ dla podstawowego wzorca fotometrycznego, mnożąc je przez V_λ i planimetrując następnie pole S (w mm^2), zawarte pod krzywą $N_\lambda V_\lambda = f(\lambda)$, znajdziemy wartość całki

$$\int_0^\infty N_\lambda V_\lambda d\lambda = S \cdot a \quad (\text{W} \cdot \text{cm}^2),$$

gdzie a jest współczynnikiem przyjętej dla wykresu skali w $\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{mm}^{-2}$.

Ostatecznie więc otrzymujemy:

$$M = \frac{S \cdot a}{\Phi_{\text{cz}}} \quad (\text{W} \cdot \text{lm}^{-1}).$$

Wykonane przez autora obliczenia wartości funkcji $N_\lambda V_\lambda$ w odstępach co $0,02 \mu$ i splanimetrowanie pola pod tą

krzywą narysowaną na papierze milimetrowym w skali $1 \text{ W/cm}^2/\mu = 100 \text{ mm}$ oraz $1 \mu = 1000 \text{ mm}$ (dla osi odciętych — długości fali) dały w wyniku:

$$S = 28491 \quad (\text{mm}^2),$$

$$a = 10^{-2} \cdot 10^{-3} = 10^{-5} \quad (\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \text{mm}^{-2}),$$

skąd

$$M = \frac{28491 \cdot 10^{-5}}{188,516} = 0,001511 \quad (\text{W/lm}),$$

$$K_{\max} = \frac{1}{M} = 661,6 \quad (\text{lm/W}).$$

Otrzymany wynik obarczony jest błędem planimetrowania rzędu ok. 1%, a zatem wartość dokładna $K_{\max}$ powinna zawierać się w granicach

$$656 < K_{\max} < 668 \quad (\text{lm/W}).$$

Metodą rachunkową można obliczyć wartość $K_{\max}$ dzieląc cały zakres widzialny fal na n równych przedziałów o wielkości $\Delta\lambda = \frac{0,760 - 0,380}{n}$ (μ) i znajdując war-

tości $(N_{\lambda} V_{\lambda})_i$, gdzie $i = 1, 2, 3, 4, \dots, n-1, n, n+1$ dla po-

czątku i końca każdego przedziału $\Delta\lambda$. Wartość $K_{\max}$ obliczymy wtedy z zależności:

$$K_{\max} = \frac{\Phi_{\text{cz } 2046^\circ\text{K}}}{\left[\frac{(N_{\lambda} V_{\lambda})_1}{2} + (N_{\lambda} V_{\lambda})_2 + (N_{\lambda} V_{\lambda})_3 + \dots + (N_{\lambda} V_{\lambda})_n + \frac{(N_{\lambda} V_{\lambda})_{n+1}}{2} \right] \cdot \Delta\lambda \cdot a} \quad (\text{lm/W}).$$

Zwiększając n można obliczyć $K_{\max}$ z dowolną dokładnością, ograniczoną jedynie dokładnością stałych Plancka, Boltzmanna i wartości prędkości światła.

Dla widzenia skotopowego (oko przystosowane do ciemności) wobec innych wartości V_{λ}^{sk} wielkość $K_{\max}^{\text{sk}}$ będzie miała inną wartość. Można ją obliczyć w analogiczny sposób jedną z podanych metod. Według zaleceń M. K. Ośw. (Sztokholm, 1951) największą wartość fotometrycznego równoważnika promieniowania przy widzeniu skotopowym należy przyjąć równą

$$K_{\max}^{\text{sk}} = 1746 \quad (\text{lm/W}).$$

Wartość ta występuje dla długości fali $\lambda = 0,507 \mu$.

INŻ. T. EJSMOND

Zabezpieczenia zwarciowo-prądowe

621.316.93

Treść. Rozwój zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego, jego zalety i wady. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe i zastosowanie go do linii, transformatorów, prądnic i silników. Przykłady projektowania zabezpieczenia od zwarcia międzyfazowego w sieci 30-kilowoltowej i zabezpieczenia od zwarcia z ziemią w sieci 110-kilowoltowej z bezpośrednio uziemionym punktem zerowym.

Релейная защита типа „токовой отсечки”. Развитие максимальной токовой защиты, ее преимущества и недостатки. Токовая отсечка и ее применение для защиты линий, трансформаторов, генераторов и двигателей. Примеры проектирования релейной защиты от коротких замыканий между фазами в сети 30 кВ и от коротких замыканий на землю в сети 110 кВ с заземленной непосредственно нулевой точкой.

Overcurrent (short-circuit current) relay protective systems. Development of overcurrent protective systems, their advantages and shortcomings. Short-circuit current protective devices and their application to power lines, transformers, generators and motors. Examples of protective device design for interphase short-circuit in 30 kV lines and for earth connection in 110 kV lines direct earthed neutral point.

1. Wstęp (zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe i odległościowe).

Jeden z najstarszych typów zabezpieczenia przekątnikowego — zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne niezależne — przetrwał w formie prawie niezmienniej przez dwadzieścia kilka lat. Zmieniły się szczegóły konstrukcyjne przekątników, kształt rdzenia i zwory, układ styków, wymiary uległy poważnemu zmniejszeniu, ale zabezpieczenie w zasadzie składa się stale z tych samych elementów — przekątników nadmiarowo-prądowych i przekątnika zwłocznego¹⁾ z dodaniem w razie po-

plety składające się z dwu lub trzech przekątników nadmiarowo-prądowych i przekątnika zwłocznego we wspólnej obudowie np. RNN2 i RNN3 zakładów w Świebodzicach lub RSZ 2f i RSZ 3f Elektroapparatenwerke.

Prąd rozruchu tych przekątników oblicza się według wzoru

$$(1) \quad I_{\text{pr}} = \frac{k_b \cdot I_{\text{rob max}}}{k_p},$$

gdzie $I_{\text{rob max}}$ — największy prąd roboczy występujący w zabezpieczanym urządzeniu,

k_b — współczynnik bezpieczeństwa (1,2 do 1,3),

k_p — współczynnik powrotu przekątnika nadmiarowo-prądowego.

W ten sposób osiąga się pewność, że przekątnik nie zadziała przy największym możliwym prądzie roboczym, oraz gwarancję, że po wyłączeniu zwarcia i obniżeniu wartości prądu od zwarciowej do roboczej zwora przekątnika na pewno odpadnie.

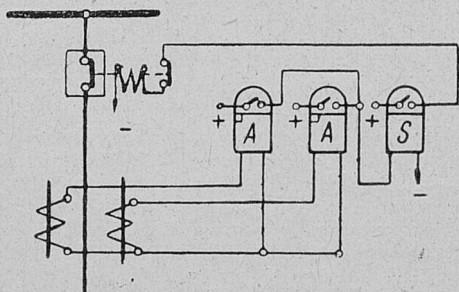
Wybiórczość, która jest konieczna, aby w razie zwarcia nastąpiło wyłączenie tylko uszkodzonego elementu układu energetycznego, uzyskuje się stopniowaniem czasów nastawionych na przekątnikach zwłocznych poszczególnych zabezpieczeń. Wyjaśnia to przykład podany na rys. 2.

Linia zasilana z A dostarcza energii do stacji transformatorowych B, C, D i F. Transformatory mają zabezpieczenia gazowo-podmuchowe i nadmiarowo-prądowe zwłoczne niezależne, nastawione według wzoru (1) z czasem wyłączenia $t_{\text{pr}} = 0,7 \text{ s}$ dla uzyskania wybiórczości przy zwarciach za transformatorem — w założeniu, że za transformatorem sieć niższego napięcia jest zabezpieczona bezpiecznikami z czasem wyłączenia 0,05 s.

W zabezpieczeniach linii na dalszych stacjach w kierunku A stopniowanie czasu wyłączenia wzrasta o 0,6 s na stopień. W wypadku zwarcia np. na odcinku DF zadziałają przekątniki nadmiarowo-prądowe w A, B, C i D i zaczną działać przekątniki zwłoczne. Po upływie 1,3 s wyłączy zabezpieczenie w D, zwarcie będzie odłączone, zwory przekątników nadmiarowo-prądowych w A, B i C odpadną, a ich przekątniki zwłoczne cofną się do położenia wyjściowego, nie powodując wyłączenia. W ten sposób uzyskuje się pełną wybiórczość.

Układ ten posiada dwie zasadnicze wady:

a) przy zwarciach najbliższej źródła zasilania, a więc na odcinku AB, gdzie prądy zwarcia są największe, zwar-



Rys. 1. Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne niezależne

trzeby dalszego przekątnika pomocniczego np. sygnalizacyjnego. Rys. 1 podaje schemat zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego w wykonaniu dwufazowym dla sieci z izolowanym punktem zerowym.

Przekątniki nadmiarowo-prądowe w zabezpieczeniach tego typu są zbudowane najczęściej na prąd znamionowy 5 A (niekiedy z przełączalnością na 2,5 A); przyłącza się je do sieci za pośrednictwem przekładników prądowych najczęściej na prąd wtórny znamionowy 5 A. Zastawienia wynosi zwykle $(0,8-1,6) \cdot I_n$.

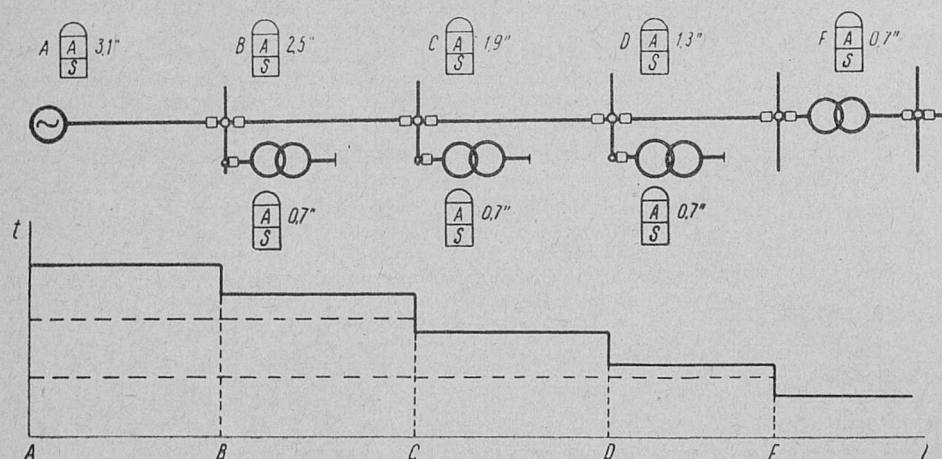
Przykładem takiego przekątnika może być przekątnik ЭТ-521/6 produkcji radzieckiej lub przekątnik RSf produkcji Elektroapparatenwerke. Spotyka się również kom-

¹⁾ Przekątnik zwłoczny (nieprawidłowo nazywany niekiedy „czasowym”) jest to przekątnik z mechanizmem zegarowym, wywołujący dowolnie nastawianą zwłokę w działaniu zabezpieczenia.

cie likwiduje się najpóźniej, co może spowodować poważne uszkodzenia wskutek cieplnego i dynamicznego działania prądu zwarcia;

b) w wypadku zasilania sieci z szyn o napięciu prądnicowym zwarcie na odcinku AB spowoduje poważne obniżenie napięcia na szynach w A. Ponieważ zaś z tych

polsku nazywamy je zabezpieczeniem zwarciowo-prądowym, gdyż jest ono nastawiane na prąd zwarcia w odróżnieniu od zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego, nastawianego na największy prąd roboczy. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bywa zwłoczne i bezzwłoczne.



Rys. 2. Zabezpieczenie linii nadmiarowo-prądowe zwłoczne niezależne

szyn zasilane są zwykle potrzeby własne elektrowni, z powodu długich czasów wyłączenia mogą silnie spaść obroty silników potrzeb własnych, co może z kolei spowodować unieruchomienie całej elektrowni.

Wymienione wyżej wady spowodowały konieczność szukania innych rozwiązań zabezpieczenia urządzeń energetycznych. Dla prądnic i transformatorów zastosowano zabezpieczenia różnicowe, dla silników cieplne, dla linii zaś odległościowe, w których czas wyłączenia zależy od

cewki wybijakowej wyłącznika, czasem zaś przekątniki zwłoczne i kierunkowe.

Prąd rozruchowy zabezpieczenia zwarciowo-prądowego oblicza się na podstawie wielkości prądu zwarcia, przy której przekątnik nie powinien jeszcze zadziałać. Krzywa I_z na rys. 4 przedstawia prąd zwarcioowy (składową symetryczną dla czasu $t = 0$) w zależności od odległości miejsca zwarcia od punktu zasilającego. Krzywa U podaje napięcie na szynach w A w zależności od odległości miejsca zwarcia od punktu zasilającego.

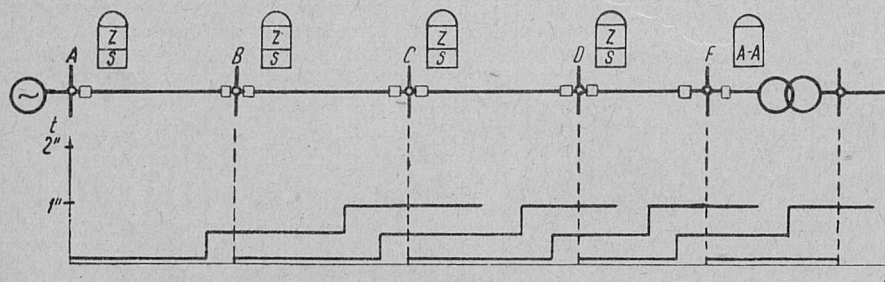
Prąd rozruchowy przekątnika nadmiarowo-prądowego w zabezpieczeniu zwarciowo-prądowym wyniesie

$$(2) I_{pr-A} = k_b \cdot k_s \cdot I_{z \max-B},$$

gdzie $I_{z \max-B}$ — prąd podany na rys. 4,

k_b — współczynnik bezpieczeństwa, którego wartości będą podane dalej,

k_s — współczynnik układowy, zależny od układu włączenia przekątników.



Rys. 3. Zabezpieczenie odległościowe

odległości między miejscem zwarcia a miejscem ustawienia zabezpieczenia. W ten sposób otrzymuje się dla linii charakterystykę czasową przedstawioną na rys. 3. Jak widać, zwarcia w sąsiedztwie miejsca ustawienia zabezpieczenia są wyłączane ze zwłoką 0,1 s (+ czas własny wyłącznika), dalsze — z dłuższą zwłoką — 0,5 do 1,0 s.

Zabezpieczenie odległościowe ma jednak wady: jest złożone, a więc mniej pewne niż zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe, jest kosztowne, wymaga stosowania przekładników napięciowych, w naszych obecnych warunkach musi być sprowadzane z zagranicy, nie nadaje się do linii krótkich o małym oporze pozornym — mniejszym lub równym najniższemu oporowi pozornemu, mierzonemu przez człon pomiarowy ($Z_2 = 0,25 \Omega$, w niektórych przekładnikach 0,125 Ω).

W tych wypadkach trzeba było stosować zabezpieczenie różnicowe wzdłużne, kłopotliwe i kosztowne w wykonaniu ze względu na konieczność stosowania kabli pilotowych pomiędzy stacjami ograniczającymi zabezpieczany odcinek.

2. Zabezpieczenia zwarciowo-prądowe.

Technika przekątnikowa radziecka wróciła do krytykowanych zabezpieczeń nadmiarowo-prądowych zwłocznych, lecz ujmując je z innego, nowego, punktu widzenia potrafiła stworzyć z nich pełnowartościowe zabezpieczenie wszelkich urządzeń energetycznych — linii, transformatorów, prądnic, silników. Zabezpieczenie to znane jest pod nazwą rosyjską „tokowaja ościeczka“. Po

3. Współczynnik układu.

Przy włączeniu normalnym na prądy fazowe, analogicznie do rys. 1, współczynnik k_s będzie równy 1. W Związku Radzieckim jest szeroko rozpowszechniony układ oszczędnościowy, gdzie przekątnik nadmiarowo-prądowy jest włączony na różnicę prądów dwu faz (rys. 5). Przy tym układzie w przekątniku będą płynęły różne prądy w zależności od rodzaju zwarcia (rys. 6a, b, c).

Przy zwarcu R—S lub S—T przez przekątnik płynie prąd fazy zwartej R lub T mniej prąd obciążenia fazy nie zakłóconej (T lub R). Prąd obciążeniowy jako na ogół mały w porównaniu z prądem zwarciowym można pominąć:

$$I_p = I_R \text{ lub } I_p = I_T \quad (\text{rys. 6a}).$$

Przy zwarcu R—T przez przekątnik będzie płynął prąd, będący różnicą prądów zwarcia w fazach R i T:

$$I_p = (\hat{I}_R - \hat{I}_T) = 2 I_R = 2 I_T \quad (\text{rys. 6b}).$$

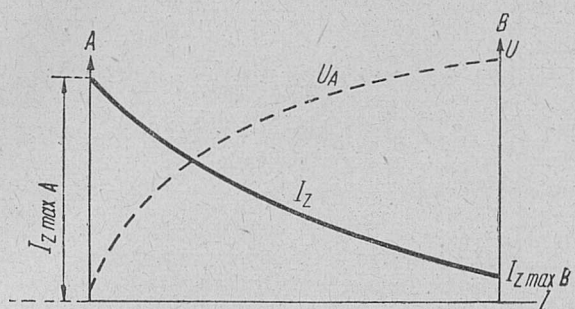
Wreszcie w wypadku zwarcia trójfazowego przez przekątnik będzie płynął prąd będący różnicą prądów zwarcia w fazach R i T:

$$I_p = (\hat{I}_R - \hat{I}_T) = \sqrt{3} \cdot I_R = \sqrt{3} \cdot I_T \quad (\text{rys. 6c}).$$

Wobec powyższego w wypadku zastosowania układu z rys. 5 wprowadza się do wzoru (2) współczynnik $k_s = \sqrt{3}$. Należy jednak sprawdzić, jak zabezpieczenie zadziała przy zwarcu R—S i S—T.

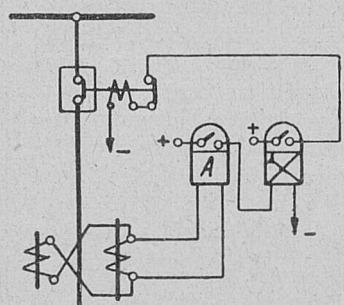
4. Obliczanie prądów zwarcia.

Dla sieci z izolowanym punktem zerowym lub skompensowanych (według terminologii radzieckiej sieci o małym prądzie zwarcia z ziemią) należy obliczać $I_{Z \max}$ dla zwarć trójfazowych dowolnym prostym sposobem, np.



Rys. 4. Prąd zwarcia i napięcie na szynach A przy różnych odległościach miejsca zwarcia od A

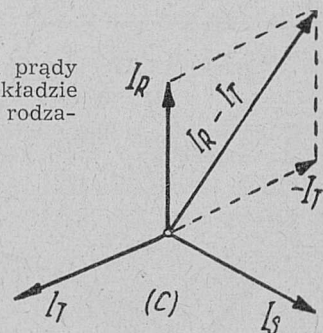
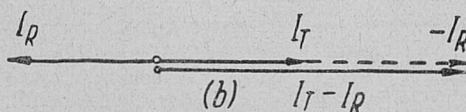
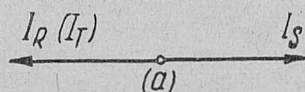
według „Rukowodiaszczije ukazanja po razczotu tokow korotkowo zamykanja“, metodą VDE, metodą AEG, metodą ASEA lub metodą, podaną ostatnio przez prof. inż. R. Kurdziela („Energetyka“, 1952, nr 3 i 5), i to niezależnie od tego, czy stosuje się zabezpieczenie bezzwłoczne



Rys. 5. Zabezpieczenie zwarcio-prądowe włączone na różnicę prądów dwu faz

lub zwłoczne. Należy tylko przyjąć dla prądnic $E = U_n$ i uwzględnić tylko oporności indukcyjne (z wyjątkiem kabli). Oporności obciążeniowych uwzględniać nie należy.

Co prawda prądnice wyposażone w nowoczesne szybko działające regulatory wzbudzenia mogą dla niektórych



Rys. 6. Prądy fazowe i prądy w przekazywaniu w układzie z rys. 5 przy różnych rodzajach zwarć

wartości t dać prądy zwarcia większe niż dla $t = 0$, ale nadwyżki te nie przekraczają zwykle 10 do 15% i należy je uwzględnić przy doborze odpowiedniej wartości k_b . Dotyczy to również prądnic, wyposażonych w forsowanie wzbudzenia (udarowe zwiększanie prądu wzbudzenia przy zwarciach w układzie dla podniesienia granicy stateczności dynamicznej). W niektórych wypadkach, szczególnie przy liniach odchodzących z szyn o napięciu prądnicowym, należy przy obliczaniu prądów zwarcia dla różnych czasów posługiwać się krzywymi zanikania.

W sieciach z uziemionym bezpośrednio punktem zerowym (wg terminologii radzieckiej sieć z wielkimi prądami zwarcia z ziemią) należy sprawdzić, czy zwarcie asymetryczne nie daje większych prądów zwarcioowych niż zwarcie symetryczne i do wzoru (2) wstawić największy obliczony prąd zwarcioowy. Nieocenioną pomoc w żmudnych obliczeniach prądów zwarcioowych dają nam analizatory sieciowe zarówno prądu zmiennego, jak i stałego.

Tabl. I podaje pewne wzory, ułatwiające obliczenia, które muszą być wykonywane metodą składowych symetrycznych i są dość żmudne.

5. Współczynnik bezpieczeństwa.

Współczynnik bezpieczeństwa k_b większy od jedności uwzględnia ewentualny wpływ składowej aperiodycznej prądu zwarcioowego, uchyby przekazywników i przekładników, wreszcie niedokładności w obliczeniach prądów zwarcia, wynikające z pewnych przyjętych przybliżeń.

Orientacyjne wartości k_b wynoszą:

a) Dla zabezpieczeń zwarcio-prądowych bezzwłocznych na liniach napowietrznych i kablowych: α) przy zastosowaniu przekazywników nadmiarowo-prądowych elektromagnetycznych i przekazywnika pomocniczego $k_b = 1,2$ do $1,3$; β) przy zastosowaniu członu bezzwłocznego przekazywników nadmiarowo-prądowych zależnych (np. „RI“ ASEA) i niezależnych (np. „S“ BBC) $k_b = 1,4$ do $1,5$. Większa wartość k_b w drugim przypadku jest uzasadniona mniejszą dokładnością członów bezzwłocznych, wbudowanych w przekazywniki nadmiarowo-prądowe zwłoczne.

b) Dla zabezpieczeń zwarcio-prądowych zwłocznych na liniach napowietrznych i kablowych, przy czym zabezpieczenie jest wykonane przy pomocy przekazywników nadmiarowo-prądowych i przekazywnika zwłoczno, $k_b = 1,1$ do $1,2$. Mniejsza wartość k_b w tym przypadku jest uzasadniona stłumieniem składowej aperiodycznej prądu zwarcioowego.

c) Dla zabezpieczeń zwarcio-prądowych bezzwłocznych na transformatorach przy zastosowaniu przekazywników nadmiarowo-prądowych i przekazywnika pomocniczego $k_b = 1,3$ do $1,4$, przy zastosowaniu zaś członu bezzwłoczno przekazywników nadmiarowo-prądowych zależnych i niezależnych $k_b = 1,5$ do $1,6$. Duże wartości k_b w porównaniu ze stosowanymi przy zabezpieczeniu linii spowodowane są tym, że opory bierne transformatorów są na ogół podawane niezbyt dokładnie i zmieniają się w zależności od stosowanego zaczeplu. Czułość zabezpieczenia transformatorów jest i tak duża wobec dużej różnicy pomiędzy prądami, płynącymi przez przekazywnik przy zwarciach przed i za transformatorem.

d) Dla zabezpieczeń zwarcio-prądowych na prądnicach przy zastosowaniu przekazywników nadmiarowo-prądowych elektromagnetycznych i przekazywnika pomocniczego $k_b = 1,2$ do $1,3$.

e) Dla zabezpieczeń zwarcio-prądowych bezzwłocznych na silnikach asynchronicznych przy zastosowaniu przekazywników nadmiarowo-prądowych elektromagnetycznych i przekazywnika pomocniczego $k_b = 1,4$ do $1,6$, przy

zastosowaniu zaś członu bezzwłoczno przekazywników nadmiarowo-prądowych zwłocznych zależnych i niezależnych $k_b = 1,8$ do $2,0$.

Wobec braku u nas własnego doświadczenia z zabezpieczeniami zwarcio-prądowymi i przekazywnikami nadmiarowo-prądowymi bezzwłocznymi podane wyżej wartości k_b należy traktować jako orientacyjne.

W poszczególnych przypadkach można przyjmować mniejsze wartości k_b , jeśli to jest dopuszczalne z punktu widzenia wyborczości zabezpieczenia, opartej na analizie matematycznej lub doświadczeniu eksploatacyjnym i jeśli w ten sposób można zwiększyć czułość zabezpieczenia.

6. Nastawianie zabezpieczenia zwarcio-prądowego dla linii zasilanych jednostronnie.

Na podstawie wyżej podanego wzoru (2) i wartości k_b i k_p można rozpatrzyć zabezpieczenie linii przede wszystkim w sieciach z izolowanym punktem zerowym, a więc zabezpieczenie od zwarć międzyfazowych (rys. 7).

Obliczoną wartość I_{pr} należy odmierzyć na osi I_Z i poprowadzić linię poziomą do przecięcia z krzywą $I_Z = f(l)$. Z punktu przecięcia należy opuścić prostą do przecięcia z osią odciętych. Odcinek AK będzie przedstawiał strefę objętą zabezpieczeniem zwarcio-prądowym bezzwłocznym.

Tablica I. Stosunki prądów w zabezpieczonej linii przy różnych rodzajach zwarcia dla $t = 0$ (według „Rukowodiaszczizje ukazanja po rielejnoj zaszciztie“, cz. III, 1948)

Stosunek prądów	Wartość stosunku prądów	Uwagi
$\frac{I_l^{(1)}}{3I_{ol}^{(1)}}$	$\frac{1}{3} \left(\frac{2\alpha_1}{\alpha_0} + 1 \right)$	Przy $\frac{\alpha_1}{\alpha_0} > 1$ stosunek > 1
$\frac{I_l^{(1,1)}}{3I_{ol}^{(1,1)}}$	$\frac{1}{3} \sqrt{\left(1 + \frac{\alpha_1}{2\alpha_0} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_0} \right)^2 \cdot \left(1 + \frac{2X_0}{X_1} \right)^2}$	Przy $\frac{\alpha_1}{\alpha_0} > 1$ i $\frac{X_0}{X_1} > 1$ stosunek > 1
$\frac{I_l^{(1)}}{I_l^{(3)}}$	$\frac{2 + \frac{\alpha_0}{\alpha_1}}{2 + \frac{X_0}{X_1}}$	Przy $\frac{\alpha_1}{\alpha_0} < 1$ i $\frac{X_0}{X_1} < 1$ stosunek > 1
$\frac{I_l^{(1,1)}}{I_l^{(3)}}$	$\sqrt{\frac{3}{4} + \left(\frac{1 + \frac{\alpha_0}{\alpha_1}}{2 + \frac{X_0}{X_1}} \right)^2}$	Przy $\frac{\alpha_1}{\alpha_0} < 1$ i $\frac{X_0}{X_1} < 1$ stosunek > 1
$\frac{I_l^{(1,1)}}{I_l^{(1)}}$	$\frac{2 + \frac{X_0}{X_1}}{2 + \frac{\alpha_0}{\alpha_1}} \cdot \sqrt{\frac{3}{4} + \left(\frac{1 + \frac{\alpha_0}{\alpha_1}}{2 + \frac{X_0}{X_1}} \right)^2}$	Przy $\frac{\alpha_1}{\alpha_0} > 1$ i $\frac{X_0}{X_1} > 1$ stosunek > 1
$\frac{I_{ol}^{(1,1)}}{I_{ol}^{(1)}}$	$\frac{2 + \frac{X_0}{X_1}}{1 + \frac{2X_0}{X_1}}$	Przy $\frac{X_0}{X_1} < 1$ stosunek > 1

OZNACZENIA

$I_l^{(1)}$ — prąd fazowy przy jednofazowym zwarcu z ziemią

$I_l^{(1,1)}$ — prąd fazowy przy dwufazowym zwarcu z ziemią

$I_l^{(3)}$ — prąd fazowy przy trójfazowym zwarcu

$I_{ol}^{(1)}$ — składowa kolejności zerowej prądu przy jednofazowym zwarcu z ziemią

$I_{ol}^{(1,1)}$ — składowa kolejności zerowej prądu przy dwufazowym zwarcu z ziemią

X_1 — oporność bierna kolejności dodatniej (lub ujemnej)

X_0 — oporność bierna kolejności zerowej

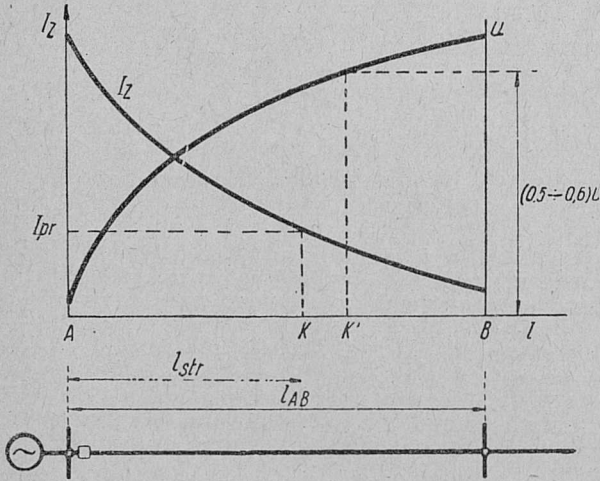
α_1 — względna wartość składowej kolejności dodatniej (lub ujemnej) prądu zwarcia w stosunku do prądu zwarcia (w miejscu zwarcia)

α_0 — względna wartość składowej kolejności zerowej prądu zwarcia w stosunku do prądu zwarcia (w miejscu zwarcia)

Długość strefy musi odpowiadać dwu warunkom:

(I) $l_{str} \geq (0,15 \div 0,20) \cdot L$.

Warunek ten wynika z konieczności uzyskania dostatecznej różnicy pomiędzy I_z w punkcie A i I_{pr} dla zapew-



Rys. 7. Wykreślne wyznaczenie strefy objętej zabezpieczeniem

nienia wybiórczości oraz dla gospodarczego uzasadnienia zastosowania zabezpieczenia zwarcioro-
prądowego.

(II) $U_A \geq (0,5 \div 0,6) U_n$.

Warunek ten obowiązuje dla pierwszego odcinka linii, odchodzącej od szyn o napięciu prądnicowym. Wynika on z konieczności bezzwłocznego wyłączenia wszystkich zwarć, które powodują takie obniżenie napięcia na szynach, że nie można utrzymać w ruchu ani silników na-

prowadzących potrzeby własne, ani silników przyłączonych do innych linii odchodzących.

Warunek ten powinien być spełniony również i dla linii odchodzących od stacji transformatorowych ze względu na obniżenie napięcia również i na innych liniach zasilanych z tej stacji. Można sprawdzić wykresalnie spełnienie tego warunku (rys. 7). Należy na osi $U = (0,5 \div 0,6) U_n$ i poprowadzić poziomą do przecięcia z krzywą $U = f(l)$. Z punktu przecięcia poprowadzić prostą do przecięcia z osią odciętych. Odcinek AK' będzie najmniejszą długością strefy zabezpieczonej.

Jeżeli punkt K' wypadnie na odcinku AK , strefa wynikająca z obliczenia I_{pr} według wzoru (2) zapewnia wyłączenie bezzwłoczne zwarć powodujących niebezpieczne obniżenia napięcia. Jeżeli natomiast punkt K' wypadnie między K i B , albo nawet na prawo od B , wówczas o I_{pr} decydować będzie warunek II i strefa musi być przedłużona. To przedłużenie strefy może prowadzić do wyłączeń niewybiórczych. Konieczne jest wówczas zastosowanie samoczynnego ponownego włączenia z przyspieszeniem działania zabezpieczenia przed samoczynnym ponownym włączeniem.

Zwarcia wewnątrz strefy będą wyłączane bezzwłocznie i niewybiórczo; po zadziałaniu samoczynnego ponownego włączenia strefa będzie skrócona i nastąpi wyłączenie wybiórcze. Analitycznie można określić strefę zabezpieczoną wynikającą z warunku II wzorem:

(3) $\frac{E}{Z_s + Z_{str}} \cdot Z_{str} \geq (0,5 \div 0,6) \cdot U_n$,

gdzie Z_s — opór pozorny sieci do punktu A przy najmniejszej pod względem eksploatacyjnym możliwej liczbie prądnic i transformatorów w ruchu, Z_{str} — opór pozorny strefy zabezpieczonej, E — obliczeniowa sem. układu.

Jeśli przyjąć w przybliżeniu, że $E = U_n$ oraz że Z_s i Z_{str} mają jednakowe kąty pochylenia względem odpowiednich oporów czynnych, wówczas

$Z_{str} \geq (1,0 \div 1,5) Z_s$.

Prąd rozruchu przekątnika I_{pr} obliczony z wzoru (2) musi odpowiadać warunkowi:

(4)
$$I_{pr} \leq \frac{E}{Z_s + Z_{str}}$$

W przypadku stosowania forsowania wzbudzenia należy je uwzględnić przy obliczaniu długości strefy zabezpieczonej.

Długość strefy zabezpieczonej dla I_{pr} , obliczonego według wzoru (2), można określić metodą wykresną, podaną na początku niniejszego rozdziału. Dokładniejsza jest metoda analityczna, choć wzory ogólne w niej stosowane są dość złożone; podaje je tabl. II.

W przypadku stosowania zabezpieczenia zwarcio-prądowego wielostopniowego na szeregu kolejnych odcinków linii należy pamiętać, że stopień drugi zabezpieczenia odcinka poprzedzającego nie może być nastawiony tak samo, jak stopień pierwszy zabezpieczenia odcinka następnego (rys. 8).

Dla drugiego stopnia zabezpieczenia zwarcio-prądowego w A będzie

$$I_{pr-AII} = k_b \cdot I_{pr-BI},$$

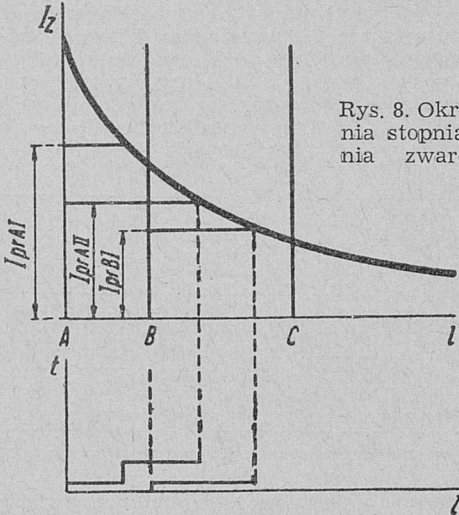
gdzie $k_b = 1,1$. Stopniowanie zwłoczne przyjmuje się co 0,6 sek., a więc $t_I = 0,1$ sek. (teoretycznie 0,0 sek, w rzeczywistości 0,06 sek.), $t_{II} = 0,7$ sek.

W razie konieczności zastosowania trzeciego stopnia zabezpieczenia będzie on nadmiarowo-prądowy zwłoczny o nastawieniu prądowym wg wzoru (1), przy czym zwłoka wyniesie co najmniej o 0,6 sek. więcej niż t_{II} .

Zwłoki dla trzecich stopni można przyjąć równe, co może doprowadzić do niewybiórzych wyłączeń stopni rezerwowych, bądź też można stopniować je między sobą, jeśli nie prowadzi to do zbyt powolnych wyłączeń.

Przykład I podany w końcu niniejszego artykułu ilu-

struje sposób projektowania zabezpieczeń zwarcio-prądowych dla linii zasilanej jednostronnie. Układ zabezpieczenia zwarcio-prądowego 3-stopniowego podaje rys. 9.



Rys. 8. Określanie nastawienia stopnia II zabezpieczenia zwarcio-prądowego

Często można wykonać niektóre stopnie w układzie oszczędnościowym, co dla zabezpieczenia dwustopniowego przedstawia rys. 10.

Jak widać z powyższego, przy pomocy zabezpieczeń zwarcio-prądowych można uzyskać charakterystykę stopniowania identyczną z przedstawioną na rys. 3.

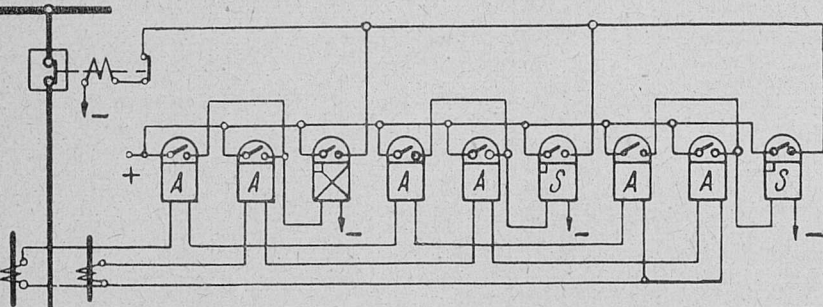
Tablica II. Długość strefy zabezpieczonej dla różnych rodzajów linii
(Według „Rukowodiaszczije ukazanja po rielejnoj zaszcetie“, cz. III, 1948)

R o d z a j l i n i i		Prąd rozruchu I_{pr}	Długość strefy zabezpieczonej w % długości odcinka linii
Linia pojedyncza (uwzględnia się oporność pozorną linii)		$\frac{k_b E}{\sqrt{(X_{sobl} + X_l)^2 + R_l^2}}$	$-X_s \operatorname{tg} \varphi_l + \sqrt{(X_s \operatorname{tg} \varphi_l)^2 + \left[\left(\frac{E}{I_{pr}}\right)^2 - X_s^2\right] (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_l)}$ $R_l (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi_l)$
Linia pojedyncza (uwzględnia się tylko oporność czynną linii)		$\frac{k_b E}{\sqrt{X_{sobl}^2 + R_l^2}}$	$\frac{1}{R_l} \sqrt{\left(\frac{E}{I_{pr}}\right)^2 - X_s^2}$
Linia pojedyncza (uwzględnia się tylko oporność bierną linii)		$\frac{k_b E}{X_{sobl} + X_l}$	$\frac{1}{X_l} \left[\frac{E}{I_{pr}} - X_s \right]$
Pierścień (uwzględnia się tylko oporność bierną pierścienia)		$\frac{k_b E}{X_{sobl} + X_l} \quad *)$	$-\frac{1}{2} \left(X + \frac{E}{I_{pr}} \right) + \sqrt{\frac{1}{4} \left(X + \frac{E}{I_{pr}} \right)^2 + X \left(X_s - \frac{E}{I_{pr}} \right)}$ X_l
Linie równoległe (uwzględnia się tylko oporności bierne linii)		$\frac{k_b E}{X_{sobl} + X_l} \quad **)$	$1 + \frac{E}{2 I_{pr} X_l} + \sqrt{\left(1 + \frac{E}{2 I_{pr} X_l} \right)^2 + 2 \left(\frac{X_s}{X_l} - \frac{E}{I_{pr} X_l} \right)}$

E — obliczeniowa siła elektromotoryczna prądnic (fazowa); $\operatorname{tg} \varphi_l = \frac{X_l}{R_l}$
 X_s — oporność bierna układu dla danego rodzaju pracy
) Określa się przy otwartym pierścieniu
 X_{sobl} — przyjęta obliczeniowa oporność bierna linii
) Określa się przy pracy tylko jednej linii

7. Nastawianie zabezpieczenia zwarciowo-prądowego dla linii zasilanych dwustronnie.

Zabezpieczenie linii zasilanych dwustronnie jest nieco trudniejsze. Na rys. 11 podano linię AB zasilaną z obu końców przy takim przebiegu prądów zwarciowych, że prąd $I_{z \max}$ przy zwarcu w B i zasilaniu z A jest mniejszy niż prąd $I_{z \max}$ przy zwarcu w A i zasilaniu z B. Wobec tego może wypaść, że dla stopnia bezzwłocznego zabezpieczenia zwarciowo-prądowego umieszczonego w A (rys. 11b) $I_{pr-A} < I_{z-AzB}$. W tym wypadku przy zwarcu na szynach w A lub przed szynami w A wyłączyłby bez-



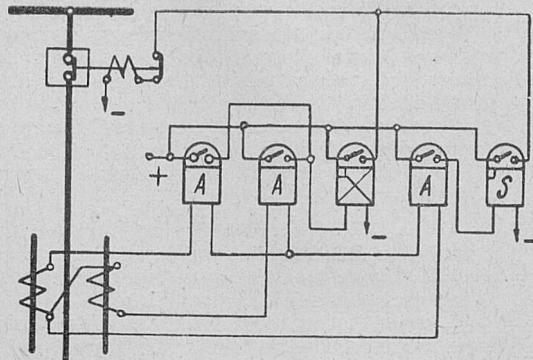
Rys. 9. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe trzystopniowe

zwłocznie stopień bezzwłoczny zabezpieczenia zwarciowo-prądowego w A, co byłoby nieprawidłowe. Należy wobec tego odstroić I_{pr-A} nie od I_{z-BzA} , ale od I_{z-AzB} . Otrzymany w ten sposób prąd I'_{pr} może dać zbyt krótką strefę. Należy, oczywiście, sprawdzić, czy strefa otrzymana w ten sposób odpowiada dwu warunkom podanym w rozdz. 6.

Istnieje jeszcze jedno rozwiązanie: dodać do zabezpieczenia w A człon kierunkowy, który przy zwarcuach

Dla uchronienia się od błędnych wyłączeń przy zmianie rodzaju zwarcia lub wskutek tłumienia prądu zwarcioowego stosuje się bezzwłoczny pomiar i zablokowanie pomiaru w drugim (a czasem i w trzecim) stopniu zabezpieczenia (rys. 12).

Jeżeli prąd zwarcia spowodował zadziałanie przekąznika nadmiarowo-prądowego 3, wówczas zadziała przekąznik pomocniczy 4, którego styk górny spowoduje uruchomienie przekąznika zwłocznego 5. Jednocześnie z zadziałaniem przekąznika 3 zadziała i przekąznik 6 niżej nastawiony, wobec czego dolny styk przekąznika 4 po za-

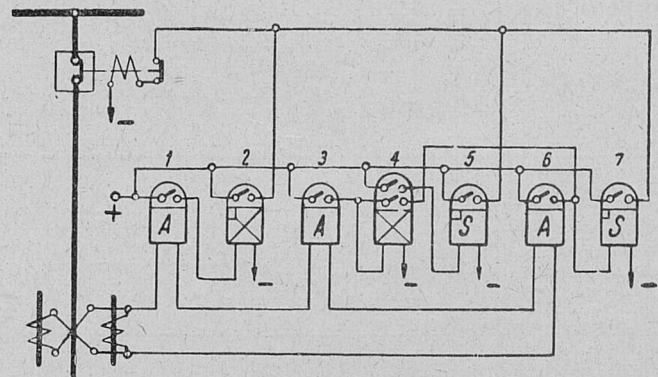


Rys. 10. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe dwustopniowe w układzie oszczędnościowym

mknięciu się zapewni zasilanie przekąznika 5 przez styk przekąznika 6 nawet w wypadku, gdyby zwora przekąznika 3 odpadła wcześniej, nim przekąznik 5 zdąży zamknąć swój styk zwłoczny.

8. Blokowanie napięciowe zabezpieczenia.

W wypadku małego pochylenia krzywej $I_z = f(l)$ może zająć wypadek, że $I_{pr-A} = k_b \cdot I_{z \max-B} > I_{z \max-A}$. Wówczas należy zastosować inne kryterium do nastawienia zabezpieczenia. Kryterium tym będzie napięcie. Zabezpie-



Rys. 12. Pomiar blokowany

czenie zwarciowo-prądowe należy wówczas nastawić tak nisko, by zadziało na pewno na całym odcinku AB i dodać blokadę napięciową (pobudzenie podnapięciowe), zależną od napięcia na szynach w A. Wtedy będzie:

$$(5) \quad U_{pr} = \frac{U_{\min}}{k_b}, \text{ przy czym } U_{\min} < U_{rob} - \min,$$

gdzie

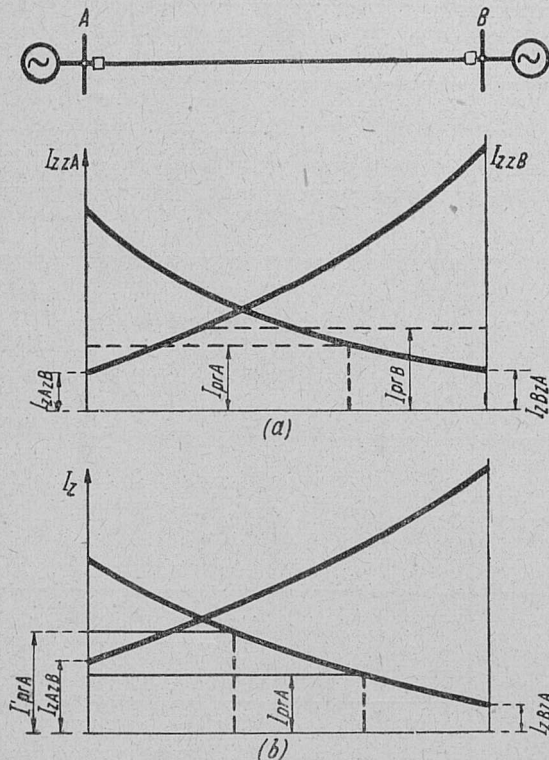
$U_{\min}$ — napięcie na szynach w A przy zwarcu w B,

$U_{rob} - \min$ — najniższe napięcie występujące przy niezakłóconej pracy sieci,

$$k_b = 1,1 \text{ do } 1,2.$$

Przecięcie prostej U_{pr} z krzywą $U_A = f(l)$ określi koniec strefy zabezpieczonej (rys. 13).

Rys. 14 podaje schemat takiego zabezpieczenia. Ma ono szczególne zastosowanie w sieciach 110-kilowoltowych, gdzie prądy zwarcioowe są często tego rzędu, co prądy robocze i trudno odstroić zabezpieczenia zwarciowo-prądowe od prądów roboczych bez zastosowania dodatkowej blokady.



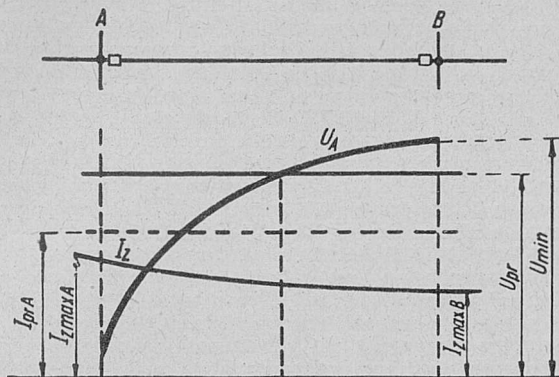
Rys. 11. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe linii zasilanej dwustronnie

w A i przed A blokuje zabezpieczenie. Praktyka wykazała jednak, że stosowanie członu kierunkowego przy pierwszym stopniu zabezpieczenia zwarciowo-prądowego jest niewłaściwe ze względu na strefę martwą przekąznika kierunkowego. Należałoby tu zastosować element „pamięciowy” albo raczej inny typ zabezpieczenia.

Dla drugich i trzecich stopni zabezpieczeń zwarciowo-prądowych można w razie potrzeby stosować człony kierunkowe bez żadnych obaw.

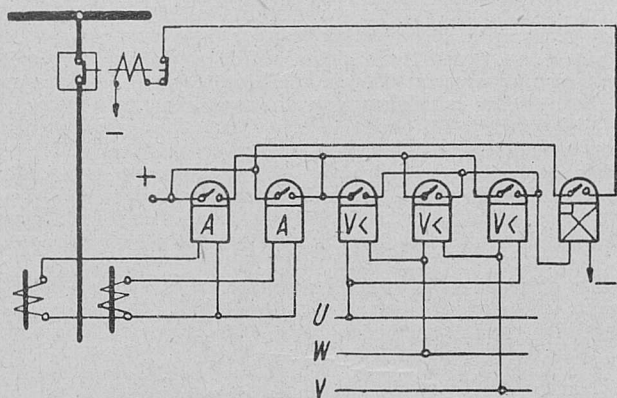
9. Zabezpieczenie sieci z bezpośrednio uziemionym punktem zerowym.

W sieciach z bezpośrednio uziemionym punktem zerowym (według terminologii radzieckiej „sieci z dużymi prądami zwarcia z ziemią”), a więc w naszych warunkach w sieciach 110- i 220-kilowoltowych, można i należy



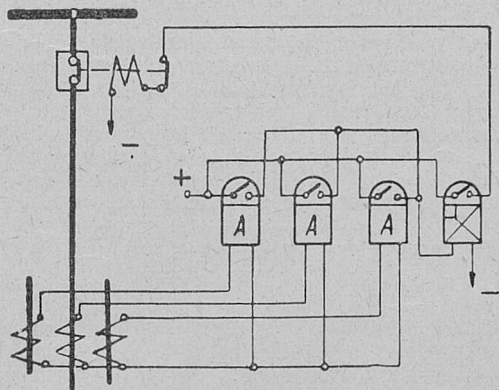
Rys. 13. Działanie blokady napięciowej w zabezpieczeniu zwarcio-prądowym

z powodzeniem stosować zabezpieczenie zwarcio-prądowe szczególnie na odcinkach zasilanych jednostronnie²⁾. Jak podano w rozdz. 8, blokada napięciowa umożliwia stosowanie zabezpieczenia tego typu nawet wówczas, kie-



Rys. 14. Zabezpieczenie zwarcio-prądowe z blokadą napięciową

dy prądy zwarcia są mniej więcej tej samej wielkości co prądy robocze. Należy jednak stosować zabezpieczenie w układzie trójfazowym, aby mogło ono zadziałać przy wszystkich zwarcich jednofazowych (rys. 15).

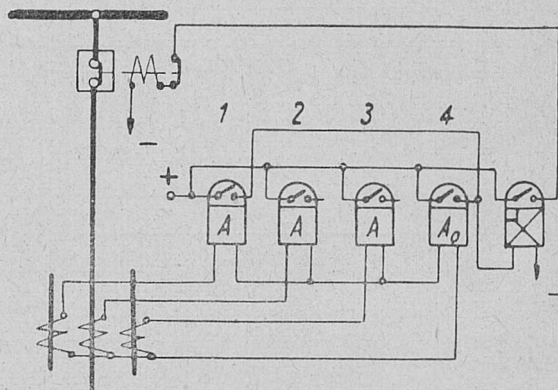


Rys. 15. Zabezpieczenie zwarcio-prądowe dla sieci z uziemionym punktem zerowym

Zasadniczą wadą tego układu jest trudność dobrania właściwego nastawienia prądowego, gdyż prąd zwarcia międzyfazowego zależy od charakteru pracy układu ener-

²⁾ Ostatnie postanowienia Departamentu Techniki Ministerstwa Elektrowni ZSRR (Elektrich. Stancij, 1952, nr 9, str. 62) polecają jak najszersze stosowanie zabezpieczeń zwarcio-prądowych w sieciach o napięciu 110 kV i wyższym.

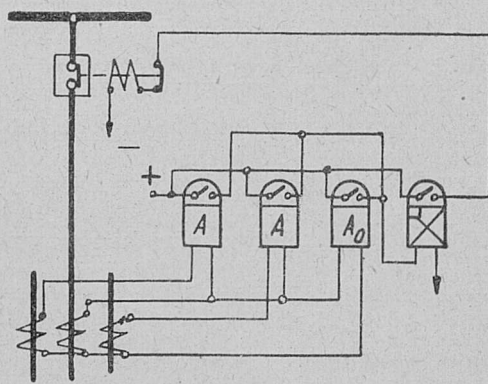
getycznego, natomiast prąd zwarcia z ziemią zależy przede wszystkim od sposobu uziemienia zerowych punktów transformatorów. Nastawienie wg prądów zwarcia międzyfazowego może być za mało czułe dla zwarcia z ziemią; na odwrót, nastawienie według prądów zwarcia z ziemią może być zbyt czułe i stąd niewybiórcze dla zwarcia międzyfazowych. Wynikła stąd konieczność zastosowania innego układu, przedstawionego na rys. 16. W układzie



Rys. 16. Zabezpieczenie zwarcio-prądowe dla sieci z uziemionym punktem zerowym i osobnym członem ziemno-zwarcioowym

tem przekaźniki 1, 2 i 3 nastawia się według wzoru (2), biorąc I_{zmax} ze zwarcia międzyfazowych, natomiast przekaźnik 4 nastawia się według tegoż wzoru (2), ale zamiast I_{zmax} podstawia się $3 I_0$. W ten sposób nastawienie członu ziemnozwarciowego jest niezależne od charakteru pracy prądnic w układzie, zależy natomiast jedynie od sposobu uziemienia zerowych punktów transformatorów i może być dużo czulsze.

Układ z rys. 16 można nieco uprościć ze względów oszczędnościowych. Ponieważ przy wszystkich zwarcich z ziemią reaguje przekaźnik 4, wystarczy, żeby przekaźniki 1, 2 i 3 reagowały tylko na zwarcia międzyfazowe. Dla wszystkich rodzajów zwarcia międzyfazowych wystarczy dwa przekaźniki, włączone na prądy faz R i T analogicznie do rys. 1. Otrzymuje się w ten sposób układ przedstawiony na rys. 17. W układzie tym przekaźniki 1



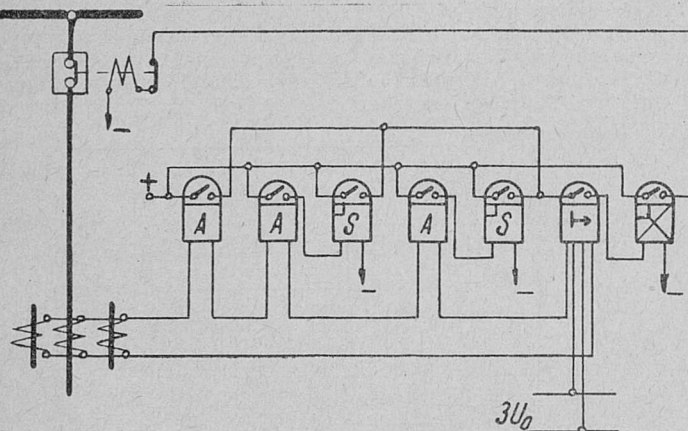
Rys. 17. Układ oszczędnościowy zabezpieczenia zwarcio-prądowego w sieci z uziemionymi zerowymi punktami transformatorów

i 2 reagują na zwarcia międzyfazowe, a przekaźnik 3 — na zwarcia z ziemią. Układ ten jest mniej czuły od układu z rys. 16, gdyż ze względu na nierówne obciążenie przekładników prądowych prąd asymetrii powstaje nawet wówczas, kiedy nie ma zwarcia z ziemią, co może się dać odczuć przy II i III stopniu zabezpieczenia ziemnozwarciowego, gdyż zabezpieczenia zwarcio-prądowe można w razie potrzeby wykonywać jako 2- i 3-stopniowe analogicznie do opisanych w rozdz. 6. Dla III (ostatniego) stopnia zabezpieczenia ziemnozwarciowego stosuje się nastawienie:

$$I_{pr-III} = (0,4 \div 0,5) \cdot I_{znam},$$

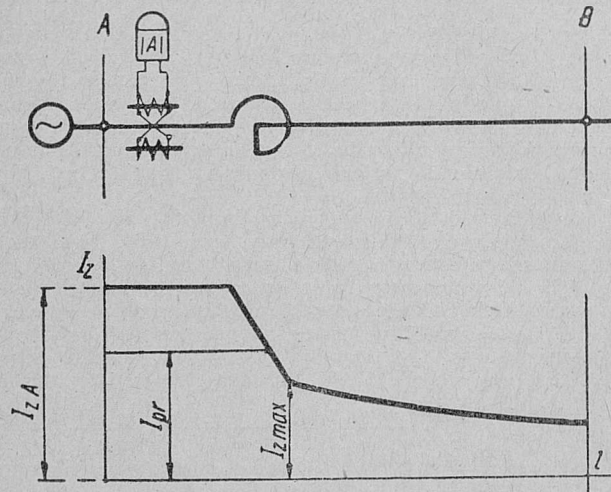
gdzie I_{znam} — prąd znamionowy linii. Warunek ten zapewnia niezadziałanie zabezpieczenia wskutek przypadkowych asymetrii.

Praktyka radziecka wykazała, że jest na ogół dość trudno stosować zabezpieczenie zwarciowo-prądowe w sieciach na 110 i 220 kV, jeżeli chodzi o zwarcia międzyfazy.



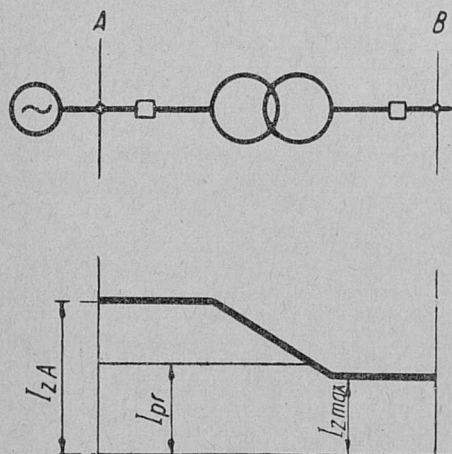
Rys. 18. Wielostopniowe zabezpieczenie zwarciowo-prądowe z członem kierunkowym od zwarć z ziemią

zowe. Natomiast zabezpieczenie zwarciowo-prądowe stanowi jedno z najlepszych zabezpieczeń ziemnozwarciowych. Przepisy eksploatacyjne radzieckie nakazują jego

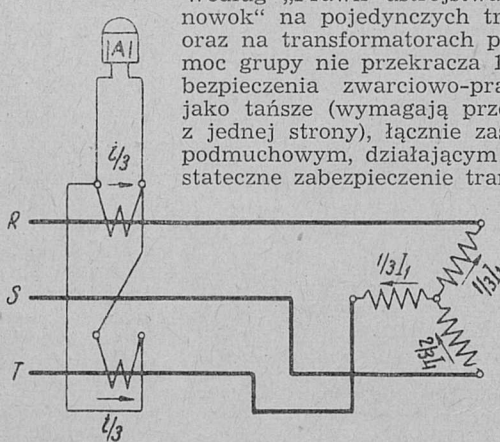


Rys. 19. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe na linii z dławikiem

stosowanie we wszystkich sieciach z uziemionym bezpośrednio zerowym punktem transformatorów, jeżeli zabezpieczenie od zwarć międzyfazowych jest wykonane



Rys. 20. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe jako zabezpieczenie transformatora



Rys. 21. Niedziałanie zabezpieczenia zwarciowo-prądowego przy zwarciach za transformatorem Y/Δ

reagujące na zwarcie z ziemią i wprowadzić dodatkowe zabezpieczenie zwarciowo-prądowe od zwarć z ziemią. Uzasadnieniem powyższego jest to, że zabezpieczenia odległościowe kombinowane nie pozwalają na niezależne nastawienia dla zwarć międzyfazowych i zwarć z ziemią, co w rezultacie prowadzi do niewybiórczych wyłączeń lub niewyłączeń przy zwarciach z ziemią. Nasza praktyka krajowa w pełni potwierdziła doświadczenie radzieckie.

W wielu wypadkach w zabezpieczeniach zwarciowo-prądowych od zwarć z ziemią należy stosować dodatkowe człony kierunkowe w układzie sinusowym:

$$P_{pr} = 3 U_0 \cdot I_0 \cdot \sin \varphi_0.$$

Jak widać ze wzoru, strefa martwa w sąsiedztwie zwarcia nie istnieje, gdyż miejsce zwarcia jest źródłem U_0 .

Rys. 18 podaje schemat tego zabezpieczenia. Oczywiście, człon kierunkowy nie musi być zastosowany we wszystkich trzech stopniach, lecz jedynie w razie potrzeby. Przykład II podany w końcu artykułu obejmuje w 2 wariantach projekt zabezpieczenia zwarciowo-prądowego od zwarć z ziemią dla prostego fragmentu sieci.

W sieciach z uziemionymi punktami zerowymi transformatorów nie należy dla zabezpieczenia od zwarć międzyfazowych stosować zabezpieczenia zwarciowo-prądowego w układzie oszczędnościowym według rys. 5 ze względu na jego zbyt małą czułość.

10. Zabezpieczenie linii z dławikami.

Specjalnym zastosowaniem zabezpieczenia zwarciowo-prądowego jest zabezpieczenie linii mających dławiki. W liniach tych z jednej strony prądy zwarciowe są ograniczone o tyle, że nie ma potrzeby szczególnie skrócić czasu wyłączenia przy zwarciach na pierwszym odcinku linii, z drugiej strony dławik powoduje utrzymanie się napięcia na szynach na dostatecznie wysokim poziomie, by zapobiec ewentualnemu zakłóceniu pracy elektrowni lub odbiorców przyłączonych do tegoż układu szyn.

Natomiast jeżeli chodzi o zwarcia pomiędzy dławikiem a wyłącznikiem, to choć one są bardzo rzadkie, ale mogą mieć następstwa katastrofalne. Dlatego też na ogół opłaca się zainstalowanie tam zabezpieczenia zwarciowo-prądowego w układzie oszczędnościowym według rys. 5. Przebieg prądów zwarcia i nastawienie zabezpieczenia podaje rys. 19.

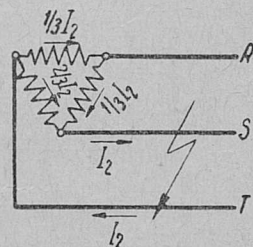
Do obliczenia I_{pr} stosuje się wzór (2), przy czym I_{2max} będzie tu prądem zwarcia za dławikiem. Warunek czułości musi być zachowany:

$$k_{cz} = \frac{I_{2A}}{I_{pr}} \geq 2; \quad t = 0,1 \text{ sek.}$$

Jeżeli wypadnie $\frac{I_{2A}}{I_{pr}} < 2$, należy wykonać zabezpieczenie z dwoma przekątnikami nadmiarowo-prądowymi, włączonymi na fazy R i T.

11. Zabezpieczenie transformatorów.

W Związku Radzieckim zabezpieczenia zwarciowo-prądowe znalazły szerokie zastosowanie do transformatorów. Według „Prawił ustroju elektrotechnicznych ustanowionych na pojedynczych transformatorach do 7,5 MVA oraz na transformatorach pracujących równolegle, jeżeli moc grupy nie przekracza 10 MVA, należy stosować zabezpieczenia zwarciowo-prądowe zamiast różnicowych jako tańsze (wymagają przekładników prądowych tylko z jednej strony), łącznie zaś z zabezpieczeniem gazowopodmuchiowym, działającym na wyłączenie, stanowią dostateczne zabezpieczenie transformatorów. Zabezpieczenie



przy pomocy przekątników odległościowych. W wypadku stosowania przekątników odległościowych, reagujących na wszystkie rodzaje zwarć, należy unieruchomić człony

zwarciowo-prądowe można stosować na transformatorach zasilanych jedno- i dwustronnie, w ostatnim wypadku od strony głównego zasilania.

Transformatory tej mocy służą na ogół do obniżania napięcia, a więc zabezpieczenie takie zwykle umieszcza się po stronie górnego napięcia. Rys. 20 podaje przebieg prądów zwarciovych i nastawienie zabezpieczenia. Jak widać, układ jest bardzo podobny do układu dla linii z dławikami. Nastawienie oblicza się według wzoru (2), $t = 0,1$ sek.

Zabezpieczenie zwarciovo-prądowe transformatora należy zawsze wykonywać trójfazowo, gdyż w razie wykonania go według rys. 5 może nie zadziałać, jak to widać z rys. 21.

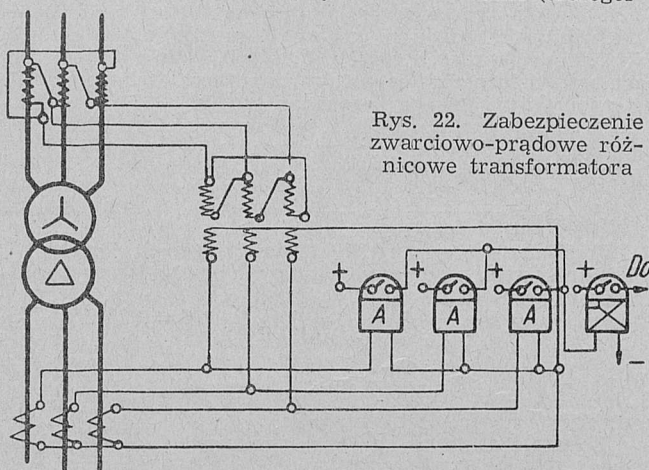
Współczynnik czułości i tu należy przyjąć następujący:

$$k_{cz} = \frac{I_{ZA}}{I_{pr}} \geq 2.$$

W naszej sieci krajowej istnieje wiele stacji, gdzie z powodu braku aparatury zainstalowanie zabezpieczenia różnicowego jest niemożliwe, natomiast z powodzeniem i bez trudności można by zainstalować zabezpieczenie zwarciovo-prądowe nawet, jak w Związku Radzieckim, na transformatorach o górnym napięciu 110 kV i mocy 15 MVA.

Jeżeli zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe od zwarć zewnętrżnych ma zwłokę nie większą niż 0,7 sek., można na transformatorach o mocy nie większej niż 1 MVA nie stosować zabezpieczenia zwarciovo-prądowego i zadowolić się zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym zwłocznym.

Jeżeli zabezpieczenie zwarciovo-prądowe nie zapewnia dostatecznej czułości, należy zastosować zabezpieczenie różnicowe zwarciovo-prądowe bezzwłoczne (szczegół-



Rys. 22. Zabezpieczenie zwarciovo-prądowe różnicowe transformatora

nie na większych jednostkach), przy czym można je wykonać za pomocą przekąźników nadmiarowo-prądowych (bez cewek przytrzymujących) na prąd

$$I_{pr} = (3 \div 5) \cdot I_{n-tr} \quad \text{i} \quad t = 0,1 \text{ sek.}$$

Schemat takiego zabezpieczenia jest podany na rys. 22.

12. Zabezpieczenie silników.

Typową domeną stosowania zabezpieczeń zwarciovo-prądowych jest zabezpieczenie silników asynchronicznych. Najczęściej stosowany i najbardziej celowy jest układ według rys. 5. Prąd rozruchu zabezpieczenia dobiera się według wzoru (2), ale z pewną zmianą:

$$I_{pr} = k_s \cdot k_b \cdot I_{rozr},$$

gdzie I_{rozr} — prąd rozruchu silnika (ew. prąd samorozruchu),

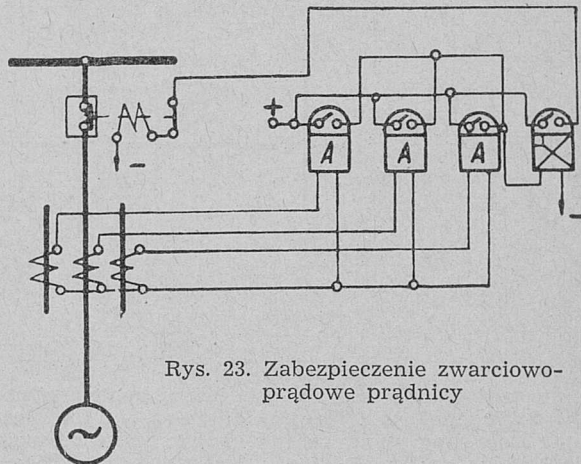
k_b — jak w rozdz. 5. Jeżeli I_{rozr} nie jest znany, należy przyjąć $I_{rozr} = 5 \cdot I_{n \text{ siln.}}$

Jak widać z rozważań powyższych, zabezpieczenia zwarciovo-prądowe zwłoczne i bezzwłoczne stanowią idealne zabezpieczenie potrzeb własnych elektrowni, gdyż pozwalają na uzyskanie wybiórczego szybko działającego zabezpieczenia bez przekroczenia największej zwłoki 1,3 sek. na zabezpieczeniu kabla, zasilającego główną rozdzielnię potrzeb własnych.

13. Zabezpieczenie prądnic.

Szczególnym zastosowaniem zabezpieczeń zwarciovo-prądowych jest zabezpieczenie prądnicy. Chodzi tu przede wszystkim o prądnice stare w układzie gwiazdowym, ale bez wyprowadzonego zera, oraz w układzie trójkątnym bez wyprowadzonych końców uzwojeń. W tych wypadkach nie można zastosować normalnie obowiązującego

zabezpieczenia różnicowego, lecz należy zastosować zabezpieczenie zwarciovo-prądowe, przy czym zabezpieczenie nie to nie powinno działać przy zwarciach na szynach. Oczywiście, stosowanie zabezpieczenia zwarciovo-prądowego jest tylko wtedy możliwe, kiedy zabezpieczona prądnica pracuje stale równolegle z inną prądnicą. Schemat połączeń jest pokazany na rys. 23.



Rys. 23. Zabezpieczenie zwarciovo-prądowe prądnicy

Nastawienie zabezpieczenia zwarciovo-prądowego analogicznie do wzoru (2):

$$(6) \quad I_{pr} = k_s \cdot k_b \cdot I_{z \max}; \quad t = 0,1 \text{ sek.},$$

gdzie $k_s = 1$, k_b według rozdz. 6, $I_{z \max}$ — prąd zwarciovy na szynach, płynący od prądnicy, zaopatrzonej w zabezpieczenie zwarciovo-prądowe.

Jest to, oczywiście, zabezpieczenie mniej czułe od różnicowego, ale dużo lepsze niż zwykłe zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne.

Również w nowoczesnych prądnicach, posiadających wyprowadzony punkt zerowy, jeżeli nie ma aparatury do wykonania zabezpieczenia różnicowego (najczęściej brak odpowiednich przekładników prądowych); należy bezzwłocznie zastosować zabezpieczenie zwarciovo-prądowe.

14. Wnioski.

Jak widać z powyższych rozważań, zabezpieczenie zwarciovo-prądowe można praktycznie zastosować na wszystkich obiektach energetycznych. Jest ono najprostsze i najpewniejsze ze wszystkich zabezpieczeń i jednocześnie odznacza się dużą szybkością działania. Szerokie zastosowanie tego zabezpieczenia do linii, zwłaszcza łącznie z samoczynnym ponownym włączaniem, oraz do transformatorów może niezwykle polepszyć warunki eksploatacji i jednocześnie zmniejszyć import aparatury zagranicznej. Głównym zastrzeżeniem przeciwko temu zabezpieczeniu jest jego zależność od charakteru pracy układu energetycznego. Ta sprawa musi być, oczywiście, uwzględniona przy projektowaniu i wtedy należy sprawdzić pracę zabezpieczeń przy największej i najmniejszej rzeczywistej liczbie prądnic i transformatorów w ruchu. Jeżeli nastawienie przy największej liczbie prądnic i transformatorów w ruchu nie odpowiada warunkom przy najmniejszej liczbie prądnic i transformatorów w ruchu, należy bądź przedstawiać zabezpieczenia (plan opracowany z góry przez okręgową służbę zabezpieczeń i automatyki), bądź przy częstych zmianach warunków pracy zastosować inny typ zabezpieczenia.

Oczywiście, zabezpieczenie zwarciovo-prądowe można z powodzeniem stosować również w sieciach pierścieniowych, szczególnie w połączeniu z samoczynnym ponownym włączaniem.

Kołysania są na ogół nie groźne dla zabezpieczeń zwarciovo-prądowych, gdyż prądy kołysaniowe są zwykle mniejsze od prądów zwarciovych. W wypadkach budzących wątpliwości należy obliczyć prądy kołysaniowe.

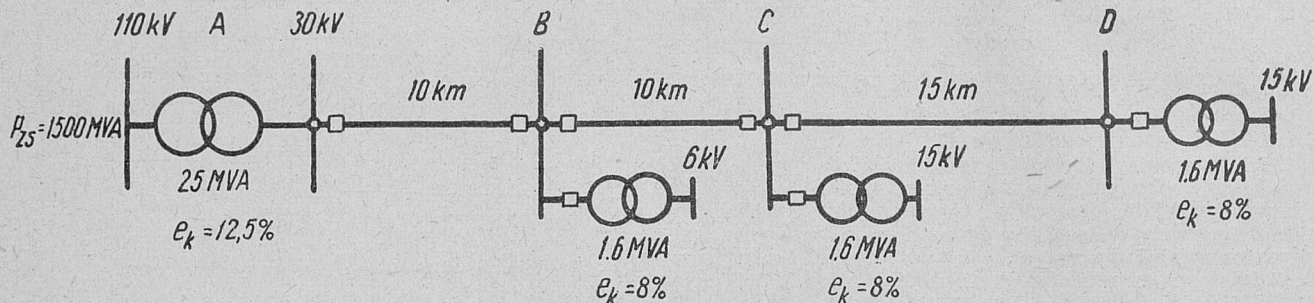
Zastosowanie zabezpieczeń zwarciovo-prądowych do zabezpieczeń ziemnozwarciowych i zabezpieczenia potrzeb własnych oraz silników nie budzi żadnych wątpliwości. Tam są one na ogół bezkonkurencyjne. Przy zabezpieczeniu prądnic mogą w wielu wypadkach oddać nieocenione usługi.

Szerokie zastosowanie zabezpieczeń zwarciovo-prądowych w Polsce, zarówno w energetyce, jak i w zakładach

przemysłowych, powinno stać się jednym z najważniejszych punktów modernizacji urządzeń energetycznych i wprowadzenia nowej techniki w socjalistycznym przemyśle polskim.

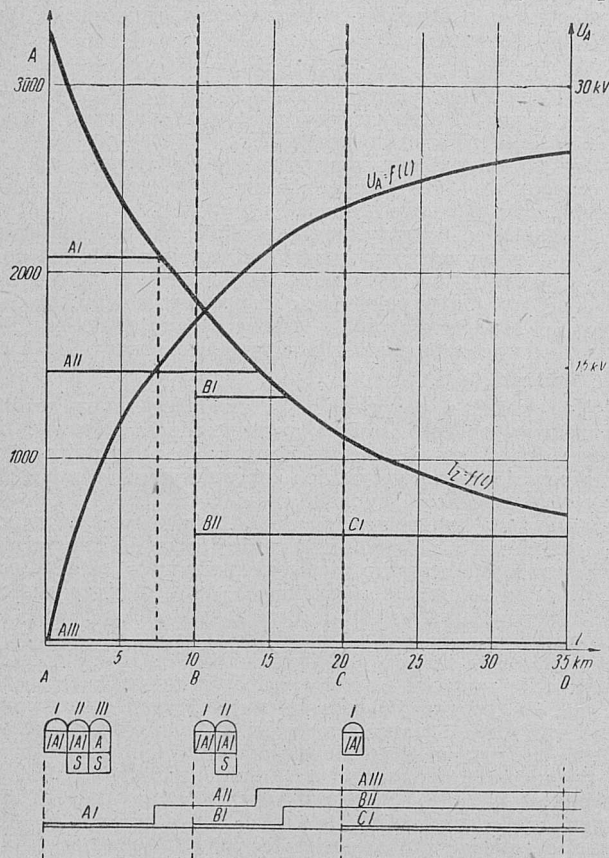
15. Przykład I.

Zaprojektować zabezpieczenie zwarciowo-prądowe linii, zasilanej jednostronnie według rys. 24 oraz transformatorów w stacjach B, C i D. Linia jest wykonana z przewodów $3 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ AFL}$ ($R = 0,45 \Omega/\text{km}$, $X = 0,411 \Omega/\text{km}$). Sieć ma izolowany punkt zerowy, wobec czego zabezpieczenia liniowe należy wykonać dwufazowo. Rys. 25 po-



Rys. 24. Układ sieciowy przykładu I

matorów w stacjach B, C i D. Linia jest wykonana z przewodów $3 \times 70 \text{ mm}^2 \text{ AFL}$ ($R = 0,45 \Omega/\text{km}$, $X = 0,411 \Omega/\text{km}$). Sieć ma izolowany punkt zerowy, wobec czego zabezpieczenia liniowe należy wykonać dwufazowo. Rys. 25 po-



Rys. 25. Wykresy do przykładu I

daje krzywe $I_z = f(l)$ i $U_A = f(l)$ oraz prądy zwarciowe za transformatorami dla zwarć trójfazowych.

1) Zabezpieczenie transformatora w D. Zgodnie z § 11 oprócz zabezpieczenia gazowo-podmuchiowego należy zastosować zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne trójfazowe odstrojone od prądu zwarcia za transformatorem:

$$I_{pr} = k_b \cdot k_s \cdot I_{zD6/30} = 1,4 \cdot 1 \cdot 243 = 341 \text{ A}; \quad t = 0,1 \text{ sek.}$$

Sprawdzenie na czułość:

$$\frac{I_{z-D}}{I_{pr}} = \frac{722}{341} > 2;$$

czułość zabezpieczenia jest dostateczna.

Prócz tego należy zastosować zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne od zwarć zewnętrznych, również trójfazowe:

$$I_{pr} = \frac{k_b}{k_p} \cdot I_n = \frac{1,2}{0,85} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^3}{3 \cdot 30} = 43,5 \text{ A};$$

zwłoka będzie zależna od stopniowania zwłok w zabezpieczeniach, zastosowanych w sieci 15-kilowoltowej.

2) Zabezpieczenie linii CD. Ponieważ w D jest tylko jeden transformator, można zabezpieczyć cały odcinek CD jednym stopniem bezzwłocznego zabezpieczenia zwarciowo-prądowego, którego strefa obejmie częściowo i transformator. Może to spowodować jednocześnie wyłączenie zabezpieczenia zwarciowo-prądowego zarówno linii, jak i transformatora przy uszkodzeniu go, co jednak nie ma znaczenia, gdyż utrzymanie linii pod napięciem przy uszkodzonym jedynym transformatorze nie daje żadnych korzyści. Gdyby na stacji D były 2 transformatory, należałoby bądź skrócić strefę zabezpieczenia zwarciowo-prądowego bezzwłocznego do $\sim 70\%$ odcinka CD i objąć resztę odcinka stopniem zwłocznym, bądź zastosować samoczynne ponowne włączenie łącznic z zabezpieczeniem bezzwłocznym w C.

$$I_{pr-c} = \frac{k_s \cdot I_{z-D}}{k_b} = \frac{1 \cdot 722}{1,2} = 600 \text{ A}; \quad t = 0,1 \text{ sek.}$$

3) Zabezpieczenie transformatora w C. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne trójfazowe:

$$I_{pr} = k_b \cdot k_s \cdot I_{zC6/30} = 1,4 \cdot 1 \cdot 276 = 386 \text{ A}; \quad t = 0,1 \text{ sek.}$$

$$\frac{I_{z-c}}{I_{pr}} = \frac{1112}{386} > 2;$$

warunek czułości jest spełniony.

Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne trójfazowe:

$$I_{pr} = \frac{k_b}{k_p} \cdot I_n = \frac{1,2}{0,85} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^3}{3 \cdot 30} = 43,5 \text{ A};$$

zwłoka będzie zależna od zwłok zabezpieczeń w sieci 15-kilowoltowej.

4) Zabezpieczenie linii BC.

I stopień — zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne dwufazowe:

$$I_{pr-BI} = k_b \cdot k_s \cdot I_{z-c} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1112 = 1335 \text{ A}; \quad t_I = 0,1 \text{ sek.}$$

II stopień powinien objąć resztę odcinka BC oraz stanowić rezerwę dla odcinka CD. Ponieważ zabezpieczenie w C w kierunku D jest jednostopniowe, można dla drugiego stopnia w B przyjąć do samo nastawienie prądowe, ale zwłokę o 0,6 sek. większą.

Należy zastosować zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne dwufazowe:

$$I_{pr-BII} = \frac{k_s \cdot I_{zD}}{k_b} = \frac{1 \cdot 722}{1,2} = 600 \text{ A}; \quad t = 0,7 \text{ sek.}$$

5) Zabezpieczenie transformatora w B. Zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne trójfazowe:

$$I_{pr} = k_b \cdot k_s \cdot I_{z-B6/30} = 1,4 \cdot 1 \cdot 296 = 415 \text{ A}; \quad t = 0,1 \text{ sek.}$$

$$\frac{I_{zB}}{I_{pr}} = \frac{1730}{415} > 2.$$

Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne trójfazowe:

$$I_{pr} = \frac{k_b}{k_p} \cdot I_n = \frac{1,2}{0,85} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^3}{3 \cdot 30} = 43,5 \text{ A};$$

zwłoka będzie zależna od zwłok zabezpieczeń w sieci 6 kV.

6. Zabezpieczenie linii AB. I stopień — zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne dwufazowe:

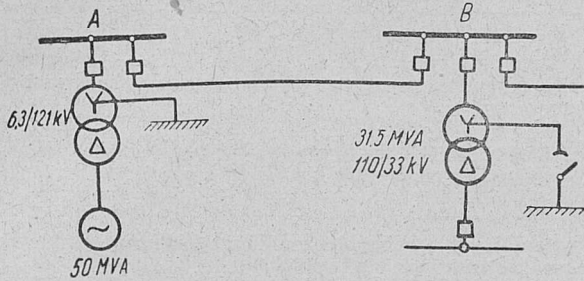
$$I_{pr-A} = k_b \cdot k_s \cdot I_{z-B} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1730 = 2080 \text{ A};$$

$$t_I = 0,1 \text{ sek.}$$

Z wykresu $l_{strefa} = 7,25 \text{ km} > 0,3 \cdot l_{AB}$; z wykresu $U_A = 15 \text{ kV} = 0,5 U_n$; warunki czułości są spełnione.

II stopień — zabezpieczenie zwarciowo-prądowe zwłoczne dwufazowe:

$$I_{pr-AII} = k_b \cdot I_{pr-BI} = 1,1 \cdot 1335 = 1470 \text{ A}; \quad t_{II} = 0,7.$$



III stopień — zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne dwufazowe:

$$I_{pr-AIII} = \frac{k_b}{k_p} \cdot I_{rob \max} = \frac{1,2}{0,85} \cdot 92,4 = 130,5 \text{ A};$$

$$t_{III} = 1,3 \text{ sek.}$$

Celem ewentualnego uproszczenia zabezpieczeń i zastosowania zabezpieczeń włączonych na różnicę prądów należy obliczyć prądy zwarcia dwufazowego i sprawdzić, czy zabezpieczenie będzie dostatecznie czułe przy wszystkich rodzajach zwarć (rozdz. 3).

16. Przykład II.

Zaprojektować zabezpieczenie ziemnozwarciowe sieci na 110 kV według rys. 26 przy pomocy zabezpieczeń zwarciowo-prądowych. Projekt ma być wykonany w dwu alternatywach — z nieuziemiającym i uziemiającym punktem zerowym w B.

Alternatywa I — punkt zerowy w B nieuziemiający. Przebieg funkcji $3 I_0 = f(l)$ podany jest na rys. 27.

a) Kierunek AC.

1) Odcinek BC. Zabezpieczenia muszą mieć człon kierunkowy, by nie zadziały przy zwarcu na odcinku AB wskutek prądu ziemnozwarciowego płynącego z C.

I stopień — zwarciowo-prądowy:

$$I_{pr-BCI} = k_b \cdot I_{z-C} = 1,2 \cdot 330 = 396 \text{ A}; \quad t_{BCI} = 0,1 \text{ sek.}$$

II stopień — nadmiarowo-prądowy zwłoczny:

$$I_{pr-BCII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A}; \quad t_{BCII} = 0,7 \text{ sek.}$$

2) Odcinek AB. I stopień — zwarciowo-prądowy bezzwłoczny:

$$I_{pr-ABI} = k_b \cdot I_{z-BzA} = 1,2 \cdot 729 = 875 \text{ A};$$

$$t_{AI} = 0,1 \text{ sek.}$$

II stopień — zwarciowo-prądowy zwłoczny:

$$I_{pr-ABII} = k_b \cdot I_{pr-BCI} = 1,2 \cdot 396 = 475 \text{ A};$$

$$t_{A-II} = 0,7 \text{ sek.}$$

Ponieważ $I_{pr-ABII}$ jest prawie równy I_{z-AzC} , dla zapobieżenia ewentualnemu nieprawidłowemu działaniu zabezpieczenia należy dodać człon kierunkowy.

III stopień — nadmiarowo-prądowy zwłoczny kierunkowy, gdyż

$$I_{pr-ABIII} < I_{z-AzC}; \quad I_{pr-ABIII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A};$$

$$t_{ABIII} = 1,3 \text{ sek.}$$

b) Kierunek CA.

1) Odcinek BA. I stopień — zwarciowo-prądowy bezzwłoczny:

$$I_{pr-BAI} = k_b \cdot I_{z-AzC} = 1,2 \cdot 462 = 555 \text{ A};$$

$$t_{BAI} = 0,1 \text{ sek.};$$

Ponieważ $I_{pr-BAI} < I_{z-BzA}$, należy dodać człon kierunkowy.

II stopień — nadmiarowo-prądowy zwłoczny kierunkowy:

$$I_{pr-BAII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A}; \quad t_{BAII} = 0,7 \text{ sek.}$$

2) Odcinek CB. I stopień — zwarciowo-prądowy bezzwłoczny:

$$I_{pr-CBI} = k_b \cdot I_{z-BzC} = 1,2 \cdot 1089 = 1307 \text{ A};$$

$$t_{CBI} = 0,1 \text{ sek.}$$

II stopień — zwarciowo-prądowy zwłoczny:

$$I_{pr-CBII} = k_b \cdot I_{pr-BAI} = 1,2 \cdot 555 = 666 \text{ A};$$

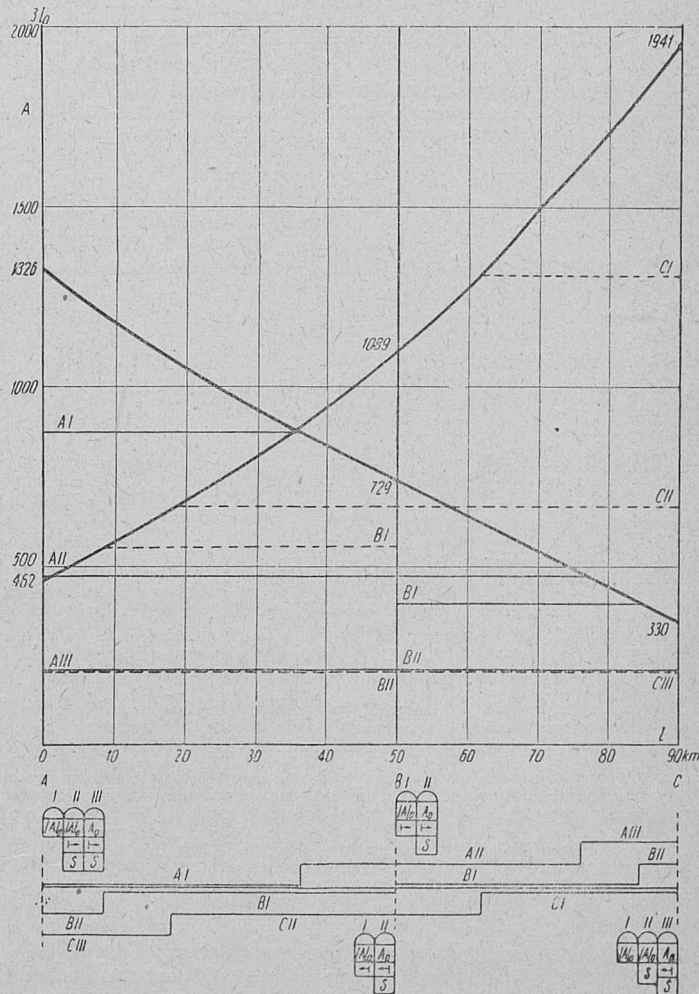
$$t_{CBII} = 0,7 \text{ sek.}$$

Rys. 26. Układ sieciowy przykładu II

Dla transformatorów: $x_1 = x_2 = 17\%$;
 $x_0 = 15\%$
 Dla prądnic: $x_1 = 19\%$; $x_2 = 12\%$
 Dla linii: $x_1 = x_2 = 0,4 \Omega/\text{km}$;
 $x_0 = 0,96 \Omega/\text{km}$

III stopień — nadmiarowo-prądowy zwłoczny kierunkowy:

$$I_{pr-CBIII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A}; \quad t_{CBIII} = 1,3 \text{ sek.}$$



Rys. 27. Wykresy do przykładu II (punkt zerowy w B nieuziemiający).

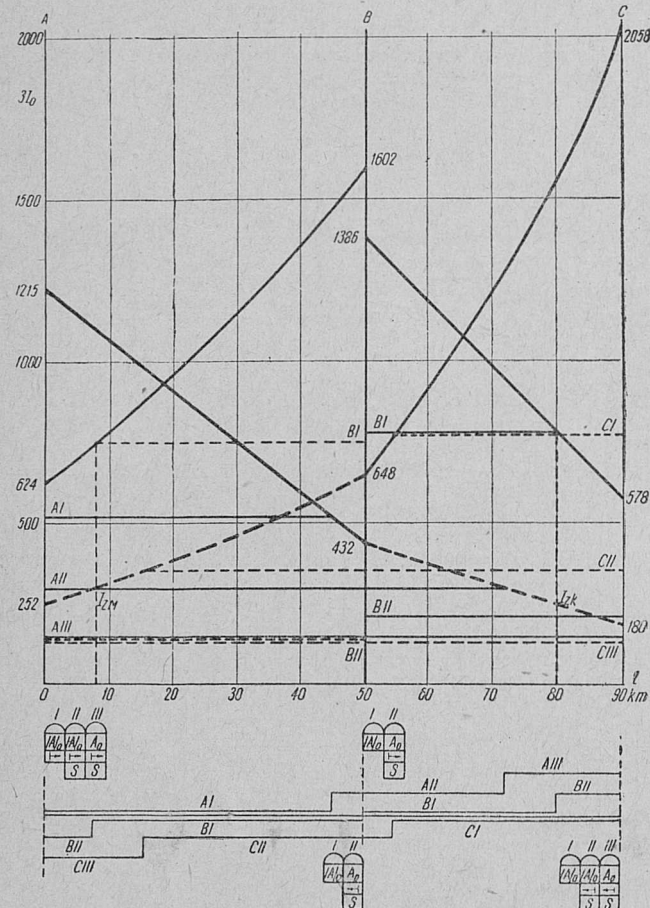
Alternatywa II — punkt zerowy w B uziemiający. Przebieg funkcji $3 I_0 = f(l)$ przedstawiony jest na rys. 28.

a) Kierunek AC.

1) Odcinek BC. I stopień — zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne. Ponieważ $I_{z-CzB} < I_{z-BzC}$, należy odstroić I_{pr} od I_{z-BzC} :

$$I_{pr-BCI} = k_b \cdot I_{z-BzC} = 1,2 \cdot 648 = 778 \text{ A}; \quad t_{BCI} = 0,1 \text{ sek}$$

II stopień — zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne: $I_{pr-BCII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A} < 648 \text{ A}$; należy dodać człon kierunkowy $t_{BCII} = 0,7 \text{ sek.}$



Rys. 28. Wykresy do przykładu II (punkt zerowy w B uziemiony)

2) Odcinek AB. I stopień — zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne. Ponieważ $I_{z-BZA} < I_{z-AZB}$

a odstrojenie się od I_{z-AZB} dałoby duże skrócenie strefy, należy dodać człon kierunkowy

$$I_{pr-ABI} = k_b \cdot I_{z-BZA} = 1,2 \cdot 432 = 520 \text{ A}; t_{ABI} = 0,1 \text{ sek.}$$

II stopień — zabezpieczenie zwarcioowo-prądowe zwłoczne kierunkowe:

$$I_{pr-ABII} = k_b \cdot I_z = 1,2 \cdot 250 = 300 \text{ A}; t_{ABII} = 0,1 \text{ sek.}$$

III stopień — zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne kierunkowe:

$$I_{pr-ABIII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A} > I_{z-CZA} = 180 \text{ A.}$$

Wobec tego należy dobrać $I_{pr-ABIII} < I_{z-CZA}$ i sprawdzić, czy asymetrie ruchowe nie spowodują zadziałania zabezpieczenia.

b) Kierunek CA.

1) Odcinek BA. I stopień — zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne:

$$I_{pr-BAI} = k_b \cdot I_{B-AZB} = 1,2 \cdot 624 = 750 \text{ A}; t_{BAI} = 0,1 \text{ sek.}$$

II stopień — zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne kierunkowe:

$$I_{pr-BAII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A}; t_{BAII} = 0,7 \text{ sek.}$$

2) Odcinek CB. I stopień — zabezpieczenie zwarciowo-prądowe bezzwłoczne:

$$I_{pr-CBI} = k_b \cdot I_{z-BZC} = 1,2 \cdot 648 = 788 \text{ A}; t_{CBI} = 0,1 \text{ sek.}$$

II stopień — zabezpieczenie zwarcioowo-prądowe zwłoczne:

$$I_{pr-CBII} = k_b \cdot I_{z-M} = 1,2 \cdot 300 = 360 \text{ A} < I_{z-CZB},$$

wobec czego należy dodać człon kierunkowy; $t_{CBII} = 0,7 \text{ sek.}$

III stopień — zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe zwłoczne kierunkowe:

$$I_{pr-CBIII} = 0,4 \cdot I_n = 210 \text{ A}; t_{CBIII} = 1,3 \text{ sek.}$$

LITERATURA

- [1] Kostrow M., Sołowiew I., Fiedosiejew A. Osnovy teorii rелейной защиты, 1944
- [2] Prawila ustroju elektrotechnicznych ustanowok, wydruk 2, 1950
- [3] Rukowodiaszczije ukazania po rелейной защите, cz. II i III, 1948
- [4] Chomutow B. A. Opyt projektowania i eksploatacji tokowych ostsieczek (Elektr. Stancji, 11-12, 1944)
- [5] Ejsmond T. Zabezpieczenia przekazyńkowie sieci najwyższych napięć (Przegl. Elektr., 1951, z. 9, str. 349)
- [6] Ejsmond T. Zasilanie i zabezpieczanie potrzeb własnych elektrowni (Energetyka, 1952, z. 3)

INŻ. BURZYŃSKI ZYGMUNT

Zabezpieczenia przekazyńkowie szyn zbiorczych

621.316.35:621.316.925.004

Т р е щ. Celowość i potrzeba stosowania zabezpieczeń przekazyńkowych dla szyn zbiorczych. Główne rodzaje stosowanych zabezpieczeń i schematy przykładowe. Konieczność zorganizowania laboratoriów badawczych dla elementów zabezpieczeń i dla układów zabezpieczeniowych.

Релейная защита сборных шин. Целесообразность и необходимость применения релейной защиты для сборных шин. Главные виды применяемых способов защиты и их примерные схемы. Необходимость организации лабораторий для исследовательских работ в области элементов и полных систем релейной защиты.

Bus-bar relay protection devices. The relevance and necessity of relay protecting devices for bus-bars. Leading types of protecting devices in use and specimen diagrams. The call for organising research laboratories to deal with the elements of protecting devices and systems.

1. Wstęp.

Szyny zbiorcze w rozdzielniach elektrowni i stacji należą do najbardziej istotnych elementów całego układu elektrycznego. W przypadku ich uszkodzenia mogą wystąpić poważne zaburzenia, pociągające za sobą najczęściej unieruchomienie większej liczby odbiorców.

Normalnie szyny zbiorcze dobiera się przy uwzględnieniu dynamicznego i termicznego działania prądów zwarcia oraz znamionowych warunków obciążeniowych. Przy niższych napięciach decydują zwykle względy dynamiczne, przy wyższych napięciach natomiast — wytrzymałość termiczna.

Oprócz ujemnych skutków prądów zwarcia, dających się przewidzieć i tym samym uwzględnić w obliczeniach, istnieje szereg innych, mniej lub więcej przypadkowych przyczyn, powodujących uszkodzenia szyn, a co za tym

idzie — często poważne straty. Dla przykładu można wymienić takie przyczyny, jak pogorszenie się izolacji, uszkodzenia mechaniczne, uszkodzenia w przekładnikach napięciowych, w odgromnikach i innych aparatach przyłączonych bezpośrednio do szyn.

Statystyki radzieckie wskazują, że uszkodzenie szyn nie jest zjawiskiem rzadkim, w szczególności w rozdzielniach, położonych na obszarach o silnym zapyleniu. Na przykład, statystyka przytoczona w tabl. I podaje, że w ciągu dwóch lat zanotowano w pewnych okolicznościach 24 przypadki uszkodzeń na szynach. Uszkodzenia te, z wyjątkiem trzech ostatnich, zarejestrowano drogą oscylograficzną. Analiza oscylogramów wykazała przeważnie przemijający charakter zaburzeń w pierwszym stadium ich wystąpienia, nim przerodziły się one w uszkodzenia trwałe.

Z dalszej analizy oscylogramów wynika:
1) większość uszkodzeń szyn jest następstwem pogorszenia się stanu izolacji i zaczyna się zwykle od zwarcia z ziemią, aby po 10—30 okresach przejść w zwarcie między fazami;
2) rodzaj i stopień uszkodzeń, nawet trwałego charakteru, w urządzeniach objętych zabezpieczeniem szyn moż-

uziemia z dużą ilością żelaza (bednarka i rury). Natomiast stwierdzono, że przy szybko działającym zabezpieczeniu szyn, które wyłącza uszkodzoną część układu w czasie nie przekraczającym 2 sekund, prawdopodobieństwo jednoczesnego dotyku przy wystąpieniu zwarcia jest tak małe, iż wystarczające jest zastosowanie uziemienia konturowego, wymagającego około połowy tej ilości że-

Tablica I. Przykładowe zestawienie liczby uszkodzeń w urządzeniach objętych zabezpieczeniami szynowymi*)

Miejsce i charakter uszkodzenia urządzeń objętych zabezpieczeniami szynowymi	Uszkodzenia		
	1-fazowe	1-fazowe przechodzące w 2-fazowe	1-fazowe przechodzące w 3-fazowe
1. Zwarcia na kolumnach izolatorowych wyłączników	6/6		
2. Zwarcia na kolumnach izolatorowych odłączników	5/5		1/1
3. Uszkodzenia kolumn izolatorowych odłączników podczas manipulacji i działania.		1/0 2/0	
4. Uszkodzenia komór gaszących wyłączników powietrznych			
5. Uszkodzenia doprowadzeń i uzwojeń przekładników napięciowych	2/1		
6. Zwarcia w doprowadzeniach do wyłączników olejowych	1/1		
7. Uszkodzenia styków	1/0		
8. Mylne uziemienia szyn	1/1		
9. Uszkodzenia giętkiego przewodu, doprowadzonego do elementów aparatury wysokiej częstotliwości		1/1	
10. Uszkodzenia odgromników przy zwiarcach doziemnych w sieci 35-kilowoltowej		1/0	
11. Przebiecia izolatorów wsporczych na szynach 35-kilowoltowych przy zwiarcach doziemnych w sieci 35-kilowoltowej		1/1	
12. Przebiecia i uszkodzenia przekładników prądowych na odejściu potrzeb własnych 6-kilowoltowym			1/1

*) Pierwsza liczba jest ogólną liczbą uszkodzeń, druga — liczbą tych uszkodzeń, których skutki można było zlikwidować lub zlokalizować przez szybkie wyłączenie szyn lub przez samoczynne ponowne włączenie.

na przez szybkie wyłączenie całego układu poważnie zmniejszyć i to tak dalece, że po szybkim ponownym włączeniu tego układu urządzenie uszkodzone może często pracować jeszcze przez czas potrzebny do ręcznego włączenia przez obsługę urządzenia rezerwowego.

Przepisy radzieckie w następujący sposób załatwiają sprawę zabezpieczenia szyn zbiorczych:

„Urządzenia zabezpieczenia przełącznikowego szyn zbiorczych powinny być stosowane w rozdzielniach elektrycznych wielkich i podstawowych danego układu energetycznego oraz w rozdzielniach na stacjach w następujących przypadkach:

a) jeżeli dana stacja wymaga szybkiego odłączenia zwarcia na jej szynach (nawet w przypadku trójfazowych zwarć metalicznych) w celu utrzymania na szynach innych ważniejszych stacji napięcia nie niższej $0,6 U_{znam}$ dla zapewnienia nieprzerwanej pracy w nieobjętej uszkodzeniem części układu;

b) jeżeli nastawienie zabezpieczeń poszczególnych odejść od szyn nie zapewnia odłączenia uszkodzenia w pobliżu szyn z wymaganą szybkością;

c) jeżeli zachodzi konieczność zapewnienia wybiórczego i możliwie szybkiego odłączenia uszkodzenia przy szy-

laza, która jest potrzebna do wykonania uziemienia w postaci siatki ekwipotencjalnej.

Ocena zabezpieczeń przełącznikowych szyn nie może być, oczywiście, oparta jedynie na opisie ich budowy i działania. Dla prawidłowości oceny prowadzone są odpowiednie badania statystyczne, dostarczające informacji co do skuteczności działania danego zabezpieczenia, jak również umożliwiające poszukiwanie przyczyn nieprawidłowego działania. W tabl. II podano ogólne dane statystyczne o różnicowych zabezpieczeniach szyn w Związku Radzieckim.

W świetle powyższych uwag celowość stosowania zabezpieczenia przełącznikowego szyn zbiorczych zdaje się nie podlegać dyskusji.

W Polsce nie mamy jeszcze dostatecznego doświadczenia z zabezpieczaniem szyn. Stosunkowo mało rozbudowane do niedawna sieci energetyczne w wielu przypadkach nie wymagały wprowadzenia tego rodzaju zabezpieczenia. Skutki ewentualnego uszkodzenia szyn nie były duże, toteż nie przywiązywano do nich większego znaczenia. Zupełnie inaczej sprawa przedstawia się dzisiaj, a waga zagadnienia wzrasta z roku na rok. Dotychczasowy stan spowodował poważne opóźnienie w znajomości u nas techniki zabezpieczeń szynowych i w umiejętności produkcji odpowiednich urządzeń, jak na przykład przekładników szybko nasycających się.

Podane niżej schematy zabezpieczenia przełącznikowego szyn zbiorczych i ich opisy oparte są na najnowszych źródłach radzieckich, odzwierciedlających wysoko postawioną technikę zabezpieczeniową.

2. Rodzaje zabezpieczenia przełącznikowego szyn zbiorczych.

Istnieją następujące rodzaje zabezpieczenia przełącznikowego szyn zbiorczych:

1) Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe z blokowaniem (lub bez blokowania) przez zabezpieczenie poszczególnych odejść liniowych*).

2) Zabezpieczenie różnicowe niepełne, którego zakres stosowania ograniczony jest jednak do napięć nie przekraczających 15 kV.

3) Zabezpieczenie pozornie-oporowe, które stosuje się w przypadkach, kiedy zabezpieczenie różnicowe niepełne jest niedość czułe.

*) Zabezpieczenie tego rodzaju bez blokowania jest najprostszym rodzajem zabezpieczenia, lecz ma tę poważną wadę, że nadaje się tylko dla szyn podzielonych nie więcej niż na dwie sekcje i tylko przy jednostronnym ich zasilaniu.

Tablica II. Średni procent prawidłowych zadziałań różnicowego zabezpieczenia szyn w poszczególnych latach

Lata	1945	1946	1947	1948	1949
Średni procent prawidłowych zadziałań	72,2%	92,3%	90,0%	90,1%	93,75%

nach sekcjonowanych i przy jednym wyłączniku na każde odejście, a także przy szynach sekcjonowanych i przy jednym wyłączniku na niektórych tylko odejściach z szyn“.

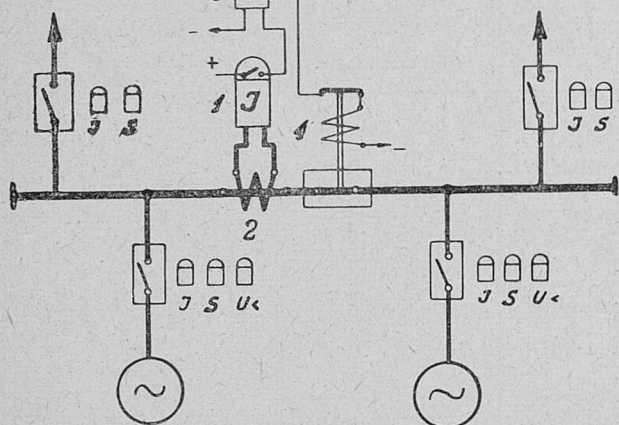
Należy podkreślić, że brak zabezpieczenia szyn zbiorczych zwiększa prawdopodobieństwo porażenia obsługi szczególnie podczas dłuższych, trwających nieraz do 8 sek. zwarć z ziemią. Dotykanie w tym czasie przewodów uziemających, w których płynie wówczas prąd, a niekiedy także dotykanie uziemień ochronnych i przyłączonych do nich różnych części aparatów i konstrukcji bywa niebezpieczne. Dla zmniejszenia tego niebezpieczeństwa należy wykonywać rozległe i o małej oporności, a więc kosztowne

4) Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe z blokowaniem pod napięciowym.

5) Pełne zabezpieczenie różnicowe.

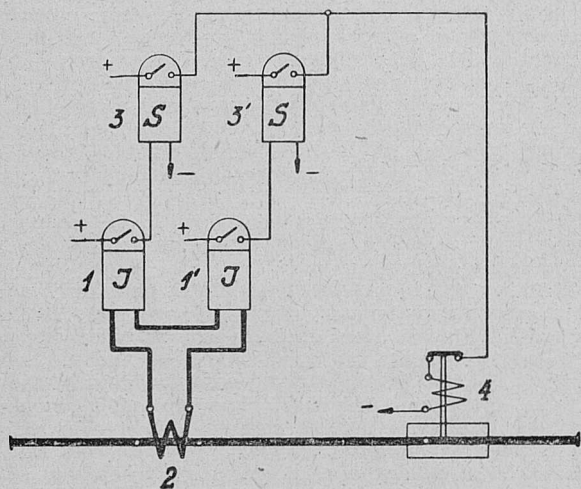
Zabezpieczenie nadmiarowo - prądowe. Schemat prostego jednostopniowego zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego podany jest na rys. 1. W przypadku

- 1 — przekaźnik prądowy
2 — przekładnik prądowy
3 — przekaźnik zwłoczny (3 ÷ 4 sek.)
4 — cewka wyzwalamąca



Rys. 1. Nadmiarowo-prądowe zabezpieczenie szyn zbiorczych w wykonaniu normalnym

zwarcia na jednej z dwóch sekcji szyn zadziała przekaźnik nadmiarowo-prądowy 1, przyłączony do przekładnika prądowego szynowego 2; działanie to pobudzi przekaźnik zwłoczny 3, który steruje wyłącznikiem szyn przez cewkę



Rys. 2. Dwustopniowe zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe szyn zbiorczych

- 1 — przekaźnik prądowy 3,3' — przekaźnik zwłoczny
2 — przekładnik prądowy 4 — cewka wyzwalamąca

wyzwalającą 4; zwłoka t_2 przekaźnika 1 jest o jeden stopień dłuższa od zwłoki t_1 zabezpieczeń linii, odchodzących od szyn:

$$t_2 = t_1 + \Delta t.$$

Zwłoka zabezpieczeń prądnic t_3 jest o jeden lub dwa stopnie dłuższa od czasu działania zabezpieczenia szyn:

$$t_3 = t_2 + (1 \div 2) \cdot \Delta t.$$

Dzięki takiemu doborowi czasów zabezpieczenie szyn jest wybiórcze, gdyż w przypadku uszkodzenia na odejściu linii od szyn zadziała najpierw odpowiednie zabezpieczenie liniowe, natomiast w przypadku uszkodzenia szyn zabezpieczenie liniowe nie będzie pobudzone i wówczas najpierw zadziała przekaźnik sterujący wyłącznikiem sekcjonującym, odłączając uszkodzoną sekcję szyn od sekcji zdrowej; o jeden stopień Δt później zabezpieczenie odpowiedniej prądnicy wyłączy uszkodzoną sekcję szyn spod napięcia. Ważną rzeczą przy takim układzie jest odpowiednie rozłożenie w schemacie rozdzielni zarówno pól odejść liniowych, jak i pól prądnicowych.

Prąd rozruchu przekaźnika 1, zabezpieczającego szyn, dobiera się według wzoru:

$$I_{\text{rozr}} = \frac{k_b \cdot I_{\text{obc max}}}{k_p \cdot n_p},$$

gdzie k_b — „współczynnik bezpieczeństwa“ równy 1,2 ÷ 1,3,

$I_{\text{obc max}}$ — największy prąd obciążeniowy, który może przepływać przez wyłącznik sekcjonujący,

k_p — „współczynnik powrotu“ równy $I_{\text{powr}}/I_{\text{rozr}}$,

n_p — przekładnia szynowego przekładnika prądowego.

Zwłoka zabezpieczenia szyn wynosi najczęściej

$$t_2 \geq 3 \div 4 \text{ sek.}$$

Powyższe zabezpieczenie posiada następujące wady:

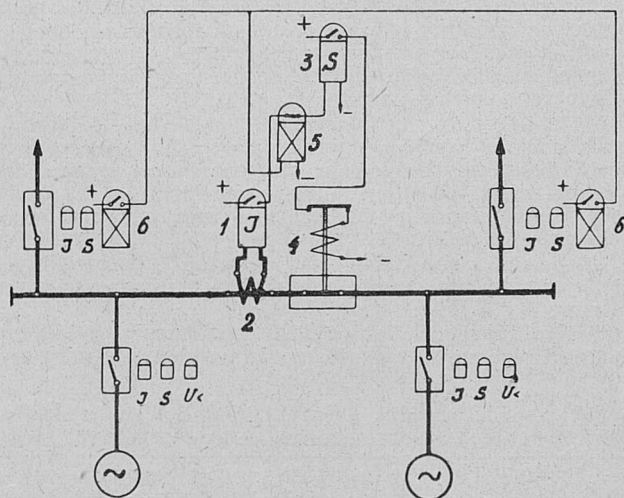
1) działa wybiórczo jedynie przy jednostronnym zasilaniu oraz wtedy, kiedy liczba sekcji szyn nie przekracza dwóch;

2) działa ze zbyt dużą zwłoką (3 ÷ 4 sek.), co może niekiedy zakłócić synchronizm równolegle pracujących prądnic;

3) jest mało czułe, gdyż przy małym obciążeniu ustalony prąd zwarcia może być mniejszy od prądu rozruchu przekaźnika zabezpieczającego szyn, wskutek czego zabezpieczenie może w pewnych warunkach obciążeniowych nie zadziałać.

Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe może być wykonane również jako dwustopniowe (rys. 2). Pierwszy stopień pracy jako zabezpieczenie zwarcioowo-prądowe, drugi zaś stopień jest stopniem rezerwowym.

Dla skrócenia czasu działania zabezpieczenia szyn stosuje się bezzwłoczną blokadę tego zabezpieczenia przez zabezpieczenie linii na odejściu (rys. 3). Czas nastawienia przekaźnika 3 może być w tym układzie znacznie skrócony, jednak powinien być o jeden stopień dłuższy od szybkodziałającego różnicowego zabezpieczenia prądnic, wobec czego czas wyzwalamy zabezpieczenia szynowego wynosi dla takiego przykładu 0,7 do 1 sek. Układ przedstawiony na rys. 3 ma jednak te same pozostałe wady, co układ z rys. 1. Skrócenie czasu okupione jest tu większą komplikacją połączeń i dodatkowych przekaźników pomocniczych pośrednich (6), podających impuls blokujący



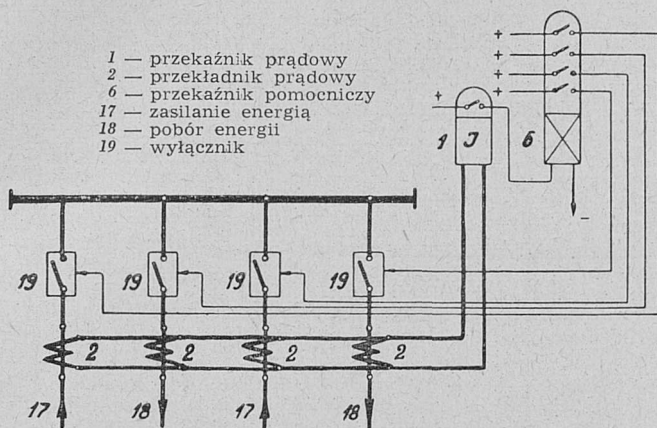
Rys. 3. Nadmiarowo-prądowe zabezpieczenie szyn zbiorczych z blokadą

- 1 — przekaźnik prądowy 5 — przekaźnik pomocniczy z jedną parą styków normalnie zamkniętych
2 — przekładnik prądowy 6 — przekaźnik pomocniczy z jedną parą styków normalnie otwartych
3 — przekaźnik zwłoczny (0,7 ÷ 1 sek.)
4 — cewka wyzwalamąca

od zabezpieczeń wszystkich odejść liniowych do przekaźnika pomocniczego (5), blokującego zabezpieczenie szyn. Z tego też względu układ taki nie rozpowszechnił się.

Na zakończenie uwag o prostym zabezpieczeniu szyn należy wspomnieć, że przy dwustronnym zasilaniu rozdzielni można zastosować przekaźniki kierunkowe. Można również do zabezpieczenia szyn wyzyskać zabezpieczenia linii na odejściu, jednak wówczas otrzymuje się pracę ze znaczną zwłoką i dlatego w ważniejszych rozdzielniach takiego rozwiązania nie stosuje się, lecz daje się specjalne zabezpieczenie szyn.

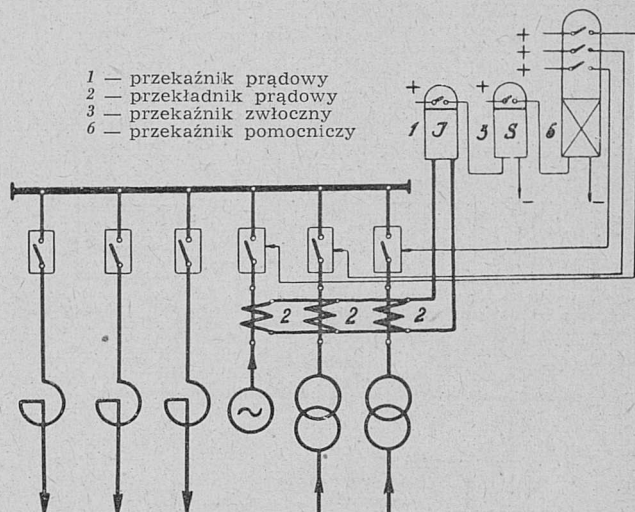
Zabezpieczenie różnicowe niepełne. Zasada pełnego zabezpieczenia szyn pokazana jest na rys. 4. W przypadku, gdy praca przebiega normalnie, suma prądów po stronie wtórnej przekładników prądowych 2 jest równa zero; ściślej mówiąc, przez przełącznik 1 płynie niewielki prąd uchybowy, wynikający z niejednakowych charakterystyk przekładników prądowych. Przełącznik 1



Rys. 4. Zasada pełnego zabezpieczenia różnicowego szyn zbiorczych

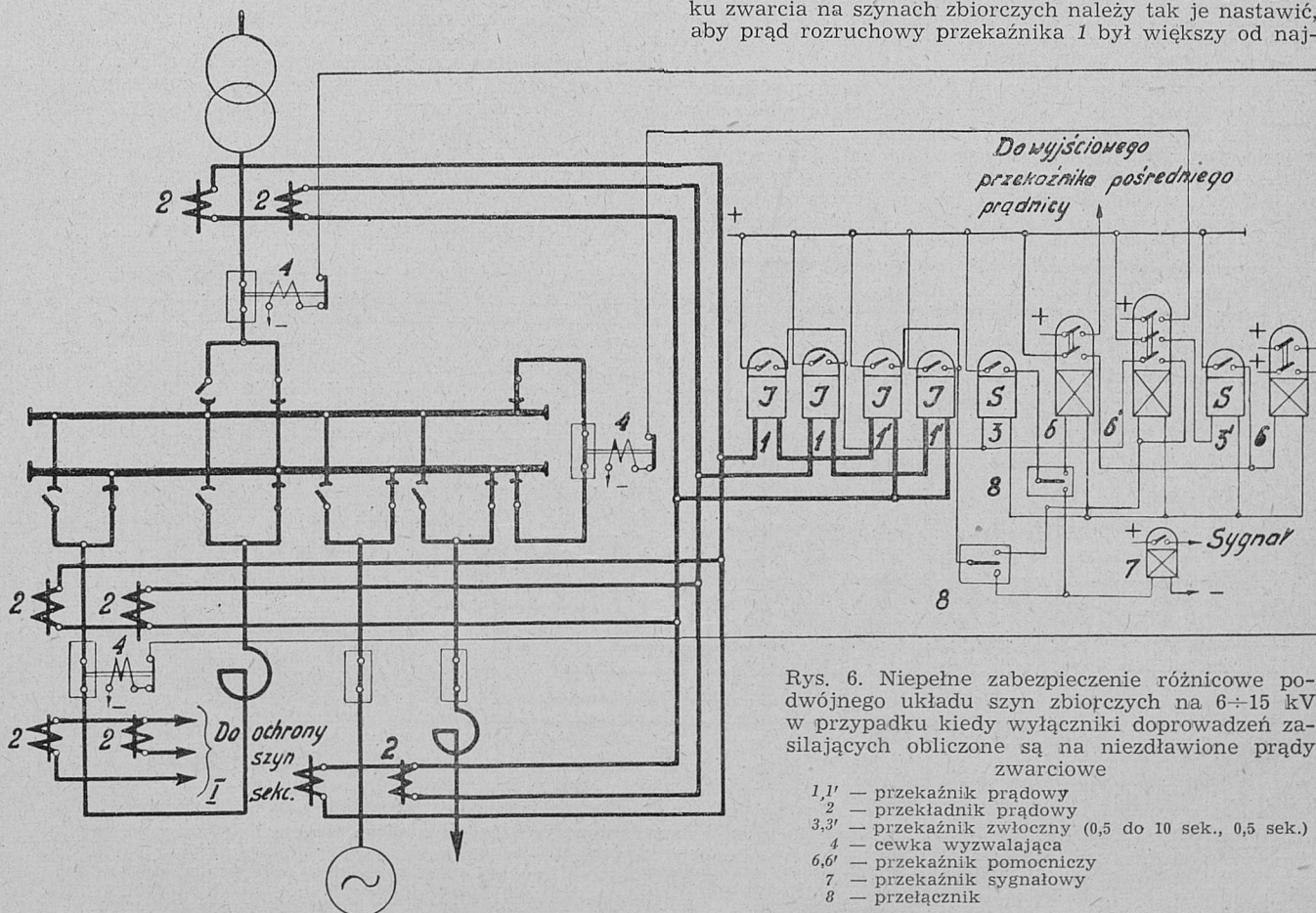
nie powinien reagować na taki prąd. W razie uszkodzenia szyn przełącznik 1 będzie pobudzany prądem $I_p = I_z/n_t$, gdzie I_z oznacza prąd zwarcia, n_t — przekładnię przekładnika prądowego. Pobudzony do działania przełącznik 1 otwiera za pośrednictwem przełącznika 6

Dla zabezpieczenia szyn rozdzielni do 15 kV, gdzie przy dużej zwykle liczbie linii odchodzących od szyn koszty pełnego zabezpieczenia różnicowego wypadłyby bardzo znaczne, stosuje się niepełne zabezpieczenie różnicowe (rys. 5). Przekładniki prądowe 2 są tu zastosowane tylko



Rys. 5. Zasada niepełnego zabezpieczenia różnicowego szyn zbiorczych

na liniach zasilających. W tym przypadku suma prądów wtórnych nie równa się zero; przy pracy normalnej przez przełącznik 1 przepływa prąd $I_{pn} = I_{obc}/n_t$. Dla zapewnienia prawidłowego działania zabezpieczenia w przypadku zwarcia na szynach zbiorczych należy tak je nastawić, aby prąd rozruchowy przełącznika 1 był większy od naj-



Rys. 6. Niepełne zabezpieczenie różnicowe podwójnego układu szyn zbiorczych na 6÷15 kV w przypadku kiedy wyłączniki doprowadzeń zasilających obliczone są na niezduławione prądy zwarcia

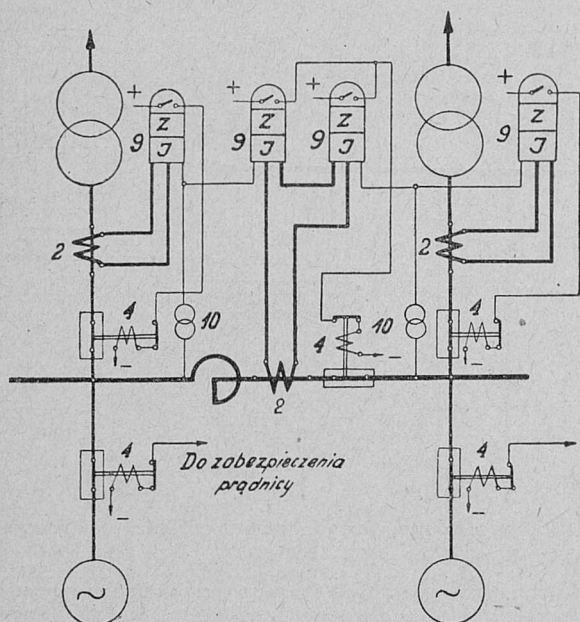
- 1,1' — przełącznik prądowy
- 2 — przekładnik prądowy
- 3,3' — przełącznik zwłoczny (0,5 do 10 sek., 0,5 sek.)
- 4 — cewka wyzwalająca
- 6,6' — przełącznik pomocniczy
- 7 — przełącznik sygnałowy
- 8 — przełącznik

wyłączniki 19, dzięki czemu uszkodzone szyny będą wyłączone w ciągu bardzo krótkiego czasu, niezależnego od czasu innych zabezpieczeń (np. odejść liniowych, prądnic itd.). Pełne zabezpieczenie różnicowe wymaga zastosowania znacznej liczby przekładników prądowych na wszystkich odejściach od szyn.

większego prądu zwarcia na odbiorze o największym przekroju przed dławikiem oraz aby był on większy od sumy prądów obciążeń. Zabezpieczenie powinno więc spełniać dwa warunki:

$$(1) I_{rozr} = \frac{k_b \cdot I_{obc}}{k_p \cdot n_t} \quad \text{i} \quad (2) I_{rozr} = \frac{k_s \cdot k_b \cdot I_{zw \max}}{n_t},$$

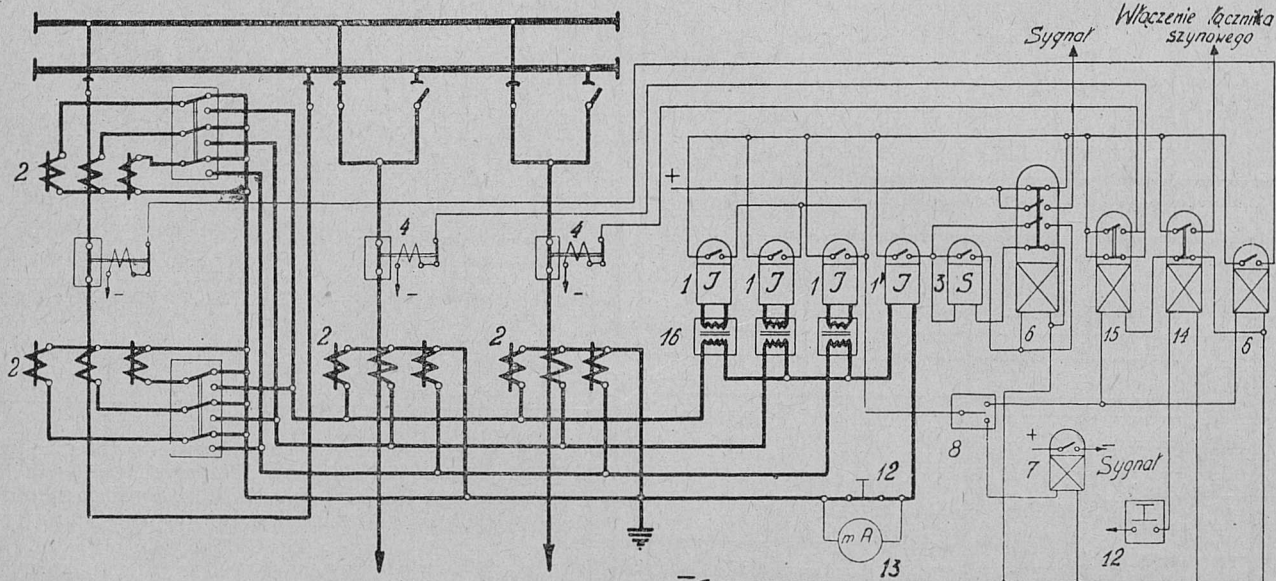
gdzie k_s jest współczynnikiem, zależnym od oporu dławika i innych wielkości wpływających na prąd zwarcia w danym miejscu. Drugi warunek jest konieczny, aby zapobiec działaniu zabezpieczenia w przypadku zwarcia poza dławikami, na odcinkach nie objętych zabezpieczeniem różnicowym szyn zbiorczych.



Rys. 7. Zabezpieczenie odległościowe szyn zbiorczych

- 2 — przekładnik prądowy
4 — cewka wyzwalająca
9 — przekaźnik odległościowy z pobudzeniem prądowym
10 — przekaźnik napięciowy

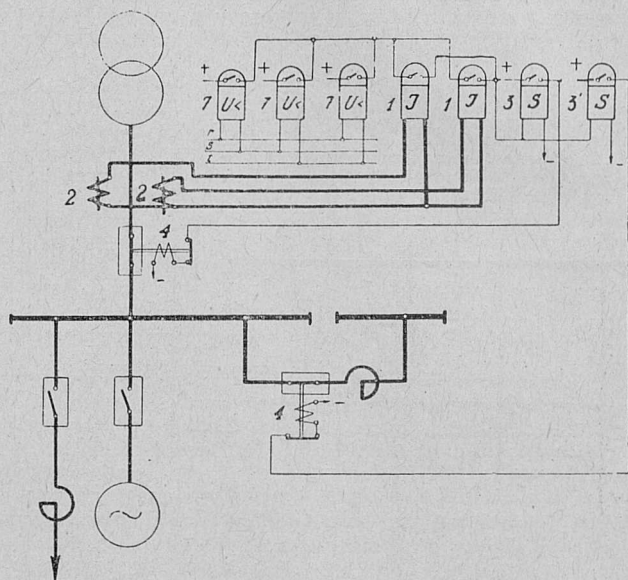
Czas wyzwalania niepełnego zabezpieczenia różnicowego szyn powinien być o jeden stopień dłuższy od najdłuższego czasu zabezpieczeń na odcinkach liniowych nie włączonych w zabezpieczenie szyn. Gdy na odcinkach są dławiki lub transformatory, czas wyzwalania powinien być o jeden stopień dłuższy od czasu szybko działającego zabezpieczenia tych odcinków. Taki dobór prądów rozruchowych i czasów działania zabezpieczeń ma na celu zapewnienie wybiórczego działania zabezpieczenia szyn zbiorczych przy zwarciach poza dławikami oraz przy zwarciach między dławikami a przekładnikami prądowymi lub — gdy nie ma dławików — przy zwarciach przed lub za przekładnikami prądowymi zabezpieczenia odcinków liniowych.



Rys. 9. Zabezpieczenie różnicowe podwójnego układu szyn zbiorczych (jeden z układów szyn jest rezerwowym)

- 1' — przekaźnik prądowy
2 — przekładnik prądowy
3 — przekaźnik zwłoczny (0,5 ÷ 1,5 sek.)
4 — cewka wyzwalająca
6 — przekaźnik pomocniczy
7 — przekaźnik sygnałowy
8 — przekaźnik
12 — przycisk
13 — miliamperomierz
14 — przekaźnik pośredni z opóźnionym otwieraniem
15 — przekaźnik pośredni z opóźnionym zamykaniem
16 — przekaźnik prądowy szybko działający się

Układ niepełnego zabezpieczenia różnicowego szyn zbiorczych na 6–15 kV w przypadku, kiedy wyłączniki w polach zasilania szyn dobrane są na niezławione prądy zwarcia, pokazany jest na rys. 6. Przekładniki 1, 3, 6



Rys. 8. Nadmiarowo-prądowe zabezpieczenie szyn zbiorczych z blokadą podnapięciową

- 1 — przekaźnik prądowy
2 — przekładnik prądowy
3, 3' — przekaźnik zwłoczny (2 Δt, Δt)
4 — cewka wyzwalająca
7 — przekaźnik podnapięciowy

stanowią pierwszy stopień zabezpieczenia, przekaźniki zaś 1', 6', 3' i 6' — drugi stopień, działający w przypadku zwarć przed dławikami. Prądnica odłączana jest przez pierwszy stopień ze zwłoką, aby skrócić do minimum czas powrotu do pracy normalnej w przypadku, gdy zwarcie ma charakter przemijający.

Zabezpieczenie pozorno-oporowe. Zabezpieczenie pozorno-oporowe szyn zbiorczych (rys. 7) stosuje się wówczas, gdy niepełne zabezpieczenie różnicowe jest niedość czułe. Dla zapewnienia wybiórczości te-

go zabezpieczenia powinny być spełnione następujące zależności:

- (1) $Z_{rozr\ przek} = 0,5 X_{transf}$,
- (2) $Z_{rozr\ przek} = X_{dław}$,
- (3) $t_{rozr\ przek} \geq \frac{k_b \cdot I_{obc\ max}}{k_p \cdot n_p}$.

Poza tym wymaga się, aby prąd rozruchowy był nie mniejszy od jego granicznej wartości, zapewniającej dokładną pracę zabezpieczenia. Niezachowanie tego wymagania byłoby niepożądane ze względu na bardzo słabą charakterystykę $Z = f(I)$ dla prądu mniejszego od prądu odpowiadającego dokładnej pracy. Prąd dokładnej pracy odpowiada na charakterystyce przekaźnika około 0,9. Z rozruchu. Przy prądzie rozruchu mniejszym od wartości najkorzystniejszej czułość przekaźnika byłaby zbyt duża, co nie jest pożądane; z drugiej strony, gdyby prąd rozruchu był większy od wspomnianej wartości, czułość przekaźnika okazałaby się zbyt mała, co wpłynęłoby między innymi na zwiększenie współczynnika powrotu. Przy zwarciu na zaciskach prądnic — po stronie pierwotnej transformatora podwyższającego napięcie oraz przed dławikami liniowymi — oporność pozorną mierzona na zaciskach omiemy jest równa zero, lecz w takich przypadkach powinno działać zabezpieczenie różnicowe prądnic i transformatora. Dlatego też dla zapewnienia wyborczego działania zabezpieczenia pozornie-oporowego powinno ono mieć zwłokę o jeden stopień większą od zabezpieczeń różnicowych prądnic i transformatorów.

Czas wyzwalania zabezpieczenia wynosi od 0,7 do 1,2 sek.

Zabezpieczenie nadmiarowo - prądowe z blokowaniem podnapięciowym. Układ takiego zabezpieczenia pokazano na rys. 8. Napięcie odblokowujące wynosi:

$$U_p = \frac{U_1}{k_b \cdot h_p}$$

U_1 jako napięcie przy zwarciu za transformatorem lub za dławikiem (mniejsze z nich) dobiera się tak, aby zabezpieczenie działało tylko przy zwarciach na szynach. Układ ten stosowany jest zazwyczaj jako dwustopniowy: pierwszy stopień otwiera wyłącznik sprzęgający szyny, drugi stopień — o nastawieniu o stopień dłuższym — odłącza zasilania.

Pełne zabezpieczenie różnicowe. Zasada pełnego zabezpieczenia różnicowego szyn zbiorczych jest podana ogólnie wyżej. Dla zapewnienia poprawnego działania pełnego zabezpieczenia różnicowego powinny być spełnione następujące warunki:

- 1) prąd rozruchu powinien być większy od największego prądu obciążenia doprowadzeń do szyn zbiorczych;
- 2) prąd rozruchu powinien być większy od największej wartości prądu uchybowego.

Obliczenie pierwszego warunku jest proste, natomiast obliczenie drugiego warunku komplikuje się wskutek występowania w prądzie pierwotnym składowej aperiodycznej prądu zwarcia. Składowa periodyczna prądu pierwotnego rozdziela się między obwód wtórny i bocznik magnetyczny (w zastępczym układzie przekładnika prądowego) odwrotnie proporcjonalnie do ich oporów. Składowa aperiodyczna prądu pierwotnego rozdziela się między bocznik magnetyczny i obwód wtórny w stosunku stałych czasowych T_1 obwodu pierwotnego i T_2 obwodu wtórnego. Składowa aperiodyczna transformuje się znacznie gorzej od składowej periodycznej i znaczna część składowej aperiodycznej zamyka się przez bocznik magnetyczny nie przechodząc przez obwód wtórny. Najgorzej sprawa przedstawia się przy zwarciach w pobliżu prądnicy dużej mocy.

Składowa aperiodyczna powiększa prąd magnesowania i wskutek tego może doprowadzić do nasycenia przekładników prądowych oraz — co za tym idzie — do szybkiego wzrostu prądu uchybowego w obwodzie uzwojenia roboczego przekaźnika włączanego na różnicę prądów.

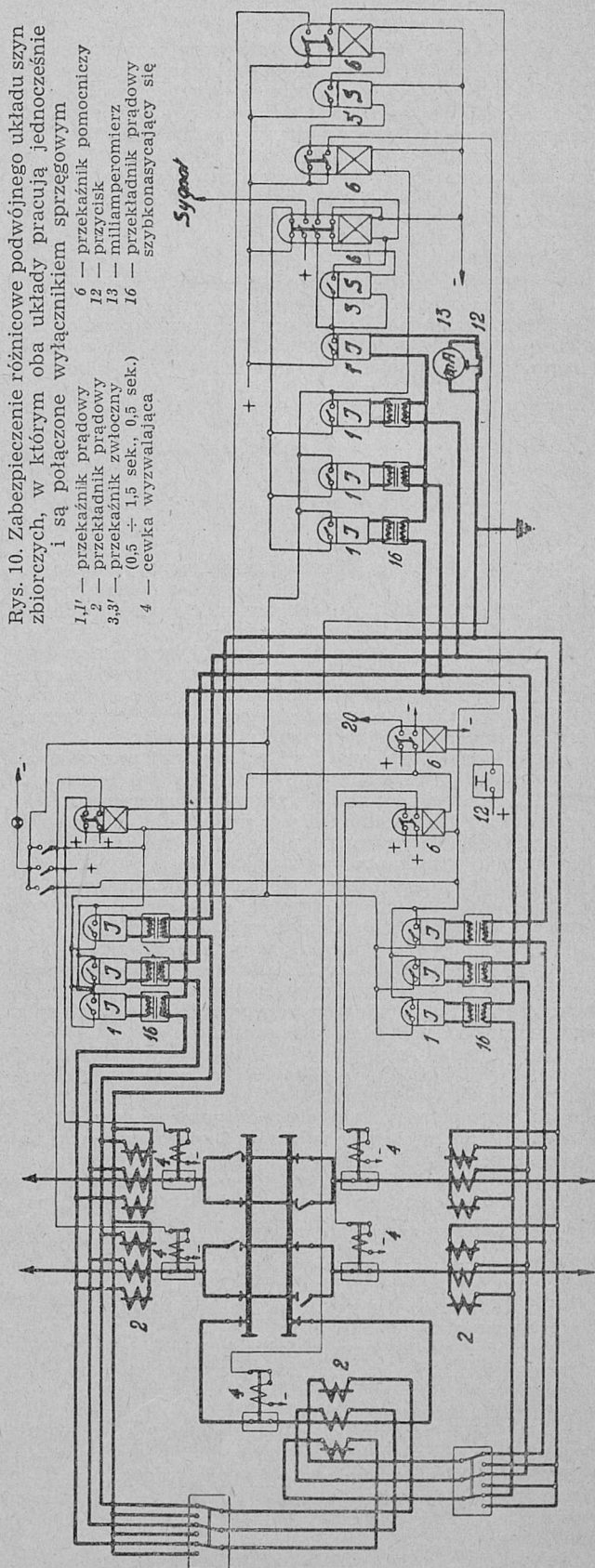
Normalnie według przepisów przekładniki prądowe do zabezpieczeń różnicowych, w szczególności zaś do zabezpieczenia różnicowego szyn zbiorczych, wybiera się tak, aby nie nasycyły się pod wpływem składowej periodycznej zewnętrznzych prądów zwarcia. Jednak pod wpływem składowej aperiodycznej mogą się one na krótki czas nasycić, co może prowadzić do niewyborczego działania zabezpieczenia. Specjalnie ostro uwydatnia się to zagadnienie przy korzystaniu do zabezpieczenia szyn z szybkich przekaźników prądowych o czasie działania około 1 okresu i mniej oraz z szybkich wyjściowych przekaźników pośrednich, przy których pomocy przesyła się impulsy do otwarcia wyłączników.

Celem uniknięcia nieprawidłowego działania zabezpieczenia różnicowego szyn stosuje się następujące sposoby:

- 1) używa się przekaźników z czasem działania nie mniejszym niż 3 do 6 okresów,
- 2) używa się przekładników prądowych szybko nasycających się. Drugi sposób zezwa-

Rys. 10. Zabezpieczenie różnicowe podwójnego układu szyn zbiorczych, w którym oba układy pracują jednocześnie i są połączone wyłącznikiem sprzęgowym

- 1,1' — przekaźnik prądowy
- 2 — przekładnik prądowy
- 3,3' — przekładnik zwłokowy
- 4 — cewka wyzwalająca
- 6 — przekaźnik pomocniczy
- 12 — przycisk
- 13 — miliamperomierz
- 16 — przekaźnik prądowy szybko nasycający się



la na zmniejszenie prądu rozruchowego przekaźnika do 6÷10 A zamiast 15÷20 A w innym przypadku.

Na rys. 9 pokazano schemat pełnego zabezpieczenia szyn zbiorczych dla sieci z dużymi prądami zwarcia doziemnego. Przekaźnik 1' włączony jest w przewód zero-

wy i działa na sygnał. Przewidziane jest opóźnienie wyłączenia wyłączników, z wyjątkiem łącznika szyn, co jest konieczne, aby w czasie próbowania szyn rezerwowych uniknąć wyłączenia obu układów szyn w przypadku uszkodzenia na szynach. Zwłoka wynosi około 0,5 sek.

Rys. 10 podaje schemat różnicowego zabezpieczenia podwójnego układu szyn zbiorczych pracujących jednocześnie i połączonych wyłącznikiem sprzęgowym. Zabezpieczenie jest tak pomyślane, żeby zapewnić w razie potrzeby ochronę każdego układu szyn oddzielnie, jak również obu układów szyn jako całości. Koniecznych w takich przypadkach przełączeń dokonywa się za pomocą wyłącznika i „nakładek”, których dla uproszczenia schematu nie pokazano na rysunku.

3. Zakończenie.

Wszelkie zaprojektowane zabezpieczenia, a w szczególności zabezpieczenia z nie wypróbowanymi jeszcze przekątnikami, wymagają laboratoryjnego sprawdzenia. Odpowiednie laboratorium badawcze do prób całego asortymentu przekątników i przekładników miernikowych,

postawione na takim poziomie, by projektujący i użytkownicy mogli laboratoryjnie sprawdzać działanie zabezpieczenia, jest koniecznością. Koniecznością jest również wszczęcie u nas produkcji elementów do zabezpieczenia szyn. Rozbudowująca się w szybkim tempie energetyka już dziś stawia wyraźnie to wymaganie obok wymagania produkcji wszelkiego typu zabezpieczeń przekątnikowych.

LITERATURA

- Kostrow M., Sołowiew I., Fiedosiejew A. Technika zabezpieczeń elektroenergetycznych, tom II, przekład Głównego Instytutu Elektrotechniki, 1952
 A t a b i e k o w G. I. i F i e d o s i e j e w A. M. S o w r i e m i e n n a j a r i e l e j n a j a z a s z c z i t a, 1948
 M i n i s t e r s t w o E l e k t r o s t a n c y j. P r a w i ł a u s t r o j s t w a e l e k t r o t e c h n i c z e s k i c h u s t a n o w o k, 1950
 M i n i s t e r s t w o E l e k t r o s t a n c y j. R u k o w o d z a s z c z e j z e u k a z a n j a p o r i e l e j n o j z a s z c z i t i e, c z. 2 (T i p o w y j e p r i m i e r y s c h i e m), 1948
 S o ł o w i e w I. I., B i e r k o w i c z M. A., Z a r c h i n a Ch. J. P o k a z a t e l i r a b o t y r i e l e j n o j z a s z c z y t i i a w t o m a t y k i w e n i e r g o s i s t e m a c h, Elektrycz. Stancji, 1951, 8
 P i e s o c z i n M. I. A w t o m a t y c z e s k o j e p o w t o r n o j e w k l u c z e n i e s z y n, Elektrycz. Stancji, 1951, 6

Ochrona przepięciowa (MKWSE, 1952)

Prof. dr inż. J. L. JAKUBOWSKI

1. Wstęp.

Materiały, dotyczące ochrony przepięciowej można podzielić na 5 grup: 1) zagrożenie piorunowe linii, 2) uziemienia, 3) odgromniki, 4) ochrona stacji przez podejścia kablowe, 5) przepięcia łączeniowe.

W dziedzinie zagrożenia piorunowego linii najważniejszym przyczynkiem jest statystyka opracowywana w różnych krajach oraz omówienie nowej metody obliczania linii z uwzględnieniem przepięć piorunowych. Z ciekawych danych należy wymienić:

opinię o wątpliwej wartości praktycznej posługiwania się poziomem izoceraunicznym (tj. liczbą dni burzowych w roku), jako elementem zagrożenia piorunowego;

stwierdzenie niewystarczającej wytrzymałości wnętrzowej większości transformatorów z punktem zerowym uziemionym (dane francuskie i angielskie);

stwierdzenie możliwości stosunku 0,5 wyłączeń do przeskoków w liniach na słupach stalowych z punktem zerowym bezpośrednio uziemionym.

W dziedzinie uziemień można zanotować:

nową teorię przepięć w liniach przy bardzo stromych czołach pioruna, według której obliczenie napięcia przeskoku odwrótnego należy przeprowadzać z uwzględnieniem wirowości pola elektrycznego;

wyniki badań modelowych i terenowych dla stacji 220- i 22-kilowoltowych, doprowadzające do zalecenia uziomów kratowych przy 220 kV i siatkowych lub wykonanych przy pomocy żeluz elektrolitycznego przy 22 kV;

stwierdzenie wyższości uziomów 2-promieniowych nad wielopromieniowymi w gruntach o dużej oporności;

określenie analityczne grubości warstwy ziemi, w której występują wyładowania przy dużych udarowych prądach, odprowadzanych przez uziom;

stwierdzenie małej wartości praktycznej dodatkowych uziomów rurowych przy betonowych fundamentach słupów w gruncie o średniej oporności.

W dziedzinie odgromników uwagę przyciągały następujące zagadnienia:

dwa różne poglądy na wybór obciążalności udarowej odgromników: małe obciążalności przy małych napięciach znamionowych, czy też obciążalności niezależne od wartości napięć znamionowych;

pogląd, że obciążalności odgromników bardzo wielkie (60—100 kA) nie są potrzebne, a określone bez jednoczesnego doprowadzenia napięcia roboczego są fikcją;

uznanie, że długotrwałe prądy pioruna w ogóle nie są termicznie groźne dla odgromników, gdyż przez nie nie przepływają;

pogląd, że odgromniki obecnej konstrukcji mogą ograniczać przepięcia łączeniowe, występujące przy wyłączaniu nieobciążonych transformatorów i linii (wyjątek stanowią odłączania bardzo długich linii najwyższych napięć);

stwierdzenie wpływu deszczu na napięcie zapłonu (50 Hz) odgromników o napięciach roboczych bardzo wysokich.

W dziedzinie ochrony stacji przez podejścia kablowe zanotować należy teoretyczne rozwiązanie zagadnienia podejścia, złożonego częściowo z linii napowietrznej, częściowo z kabla. Przy sposobności znaleziono bardzo prosty sposób określania przebiegu (w czasie) napięcia słupa linii z przewodem odgromowym przy trafieniu go przez piorun.

Przepięciom łączeniowym poświęcono podstawowe opracowanie teoretyczne (odłączanie długich linii), sprawdzone doświadczalnie. Ponadto zanotować należy następujące osiągnięcia:

stwierdzenie nowego rodzaju falowych przepięć przy odłączaniu bardzo długich linii najwyższych napięć;

stwierdzenie dobrych wyników — z punktu widzenia ograniczania przepięć łączeniowych — w przypadku stosowania oporników sterujących rozkładem napięć w wyłącznikach wieloprzerwowych;

proponycje normalizacji i badania odgromników, jako przyrządów ochrony przed przepięciami łączeniowymi;

opracowanie nowego miernika wartości szczytowej przepięć łączeniowych.

Należy podkreślić całkiem odrębne poglądy techników francuskich, którzy oświadczają się za stosowaniem iskierników ochronnych i wyrzucaniem zwarć (linie bez przewodów odgromowych) zamiast stosowania przewodów odgromowych i odgromników. W iskiernikach tych, według niektórych propozycji, ma być zastosowane zwieranie części przerwy iskrowej przez opornik z półprzewodnika celem zmniejszenia skoku napięcia przy zadziałaniu. Technicy innych krajów są nadal zwolennikami odgromników.

Istnieje rozbieżność poglądów co do istnienia tak zwanych „gniazd burzowych” czyli miejsc specjalnie narażonych na uderzenia piorunów; są technicy, którzy utrzymują, że „gniazda” takie nie istnieją, a przypuszczenia o ich istnieniu są oparte na zbyt skąpej statystyce.

2. Zagrożenie piorunowe linii.

„Komitet wyładowań piorunowych i przepięć” zebrał statystykę zaburzeń w liniach i stacjach wysokich napięć, głównie powyżej 100 kV. Wyniki jej [2] nie dają jasnego obrazu wobec trudności porównywania linii i stacji, zbudowanych według różnych zasad. Wyniki statystyki specjalnie dla linii 5 krajów są podane w tabl. I. Wykładnikiem oporności linii na przepięcia piorunowe jest w tej tablicy liczba uszkodzeń na rok i 100 km długości linii. Liczba ta waha się od 0,3 do 9,7. Tablica jest interesująca dla porównania z naszymi liniami.

Związek Radziecki i Polska nie brały udziału w opracowaniu powyższej statystyki. Należy jednak zaznaczyć, że linie w Związku Radzieckim są projektowane na większą oporność piorunową. Liczba uszkodzeń na rok i 100 km wynosi tam od 0,06 do 4,8 (tabl. II).

Porównanie tabl. I i II wskazuje, że w pierwszej nie uwzględniono tak istotnego czynnika, jak oporność uzie-

Tablica I. Dane statystyczne linii wysokiego napięcia zebrane do wiosny 1951 r.

Kraj nazwa sieci	Napięcie znamio- nowe (kV)	Długość trasy (km)	Średni poziom izocera- uniczny	Napięcie przeskoku		Liczba ogniw w łańcu- chu izo- latorów	Liczba przewo- dów odgro- mowych	Liczba uszkodzeń					
				udarowe 50% kV _{max}	50 Hz kV _{sk}			rok	całko- wita	pochodzenia burzowego			
										łącznie	na 100 km i rok		
Anglia (Grid)	33 66*) 132*)	1460 — 1710 193 — 316 4600 — 5770	5 — 20 5 — 20 5 — 20	300 500 700	180 ³⁾ 300 ³⁾ 450 ³⁾	— — —	1 1 1	1934 do 1947	6)	549 71 442	2,4 1,9 0,6		
Anglia (Grid)	33 132*)	1600 5770	13 13	300 700	150 400	— —	1 1			1949 1949	206 294	32 40	2,0 0,7
Szwecja (S. Power Board)	220	4000 ⁹⁾	11	+ 1175 — 1200	480	—	2			1936/49	? ?	119 (182) ⁷⁾	0,53 (0,81) ⁷⁾
Szwecja (S. Power Board)	220	„	„		480	15 ⁹⁾	2	1950	19	14	0,35		
Francja (Electricité de France)	150*)	6800 ¹⁾	10 — 30			9 — 10	1 ⁴⁾	1947	603	264	3,9		
	150*)	7067 ¹⁾	„			„	1 ⁴⁾	1948	762	316	4,5		
	150*)	7700 ¹⁾	„			„	1 ⁴⁾	1949	592	413	5,4		
Francja (Electricité de France)	220*)	3500	„			14 — 18	1 — 2 ⁵⁾	1947	240	83	2,4		
	220*)	4958 ¹⁾	„			„	1 — 2 ⁵⁾	1948	424	171	3,5		
	220*)	4950 ¹⁾	„			„	1 — 2 ⁵⁾	1949	289	220	4,5		
Włochy (Monteca- tini)	130	740	30	+ 770	475	—	—	1950	81	45	6		
	220*)	225	30	+ 1200	515	—	1/2	„	16	8	3,5		
Włochy (Edison)	110 do 150	3696 ¹⁾	20				?	1950	445	78	2,2 ⁸⁾		
Włochy (Selt- Valdarno)	120	533	15			9 — 11	?	1950	49	38	7,1		
Włochy (Terni)	120	206 ²⁾	20	— 930	415		—	1950	100	20	9,7		
	150	313 ²⁾	15	— 1015	450		0/1/2	1950	52	16	5,1		
Włochy (Romana)	150	203	20	+ 550	470		1	1950	9	5	2,4		
Kanada (Ontario)	115*)	1550	?			8	1	1948		35	2,3		
	230*)	1800	?			18	2	„		6	0,33		

*) Punkt zerowy bezpośrednio uziemiony

1) Długość obwodu

2) Sieci współpracujące

3) Na sucho

4) 4% bez przewodu odgromowego

5) 16% bez przewodu odgromowego

6) 40% wszystkich uszkodzeń linii spowodowały pioruny

7) Łącznie z łukami doziemnymi zgaszonymi przez cewkę kompensującą

8) Na 100 km obwodu

9) Dane z 31.XII.49

mienia słupów, decydującego o przeskokach odwrotnych. Wynika to częściowo z braku danych, gdyż konstrukcja wielu linii zagranicznych jest taka, że nie można odłączyć przewodu odgromowego przy pomiarze oporu uziemienia. W tych warunkach pomiary wyznaczają oporności, które nie są miarodajne dla oceny możliwości wystąpienia przeskoku odwrotnego. Oczywiście, dane eksploatacyjne dla linii, których opory uziemienia zmierzono prawidłowo, potwierdzają znany fakt, że przy małych oporach uziemienia występuje mała liczba uszkodzeń piorunowych.

Drugim zarzutem, który można postawić tabl. I, jest brak danych o sposobie zawieszenia przewodów odgromowych, a więc o zagrożeniu przewodów roboczych przez bezpośrednie uderzenie pioruna. Słusznie zaznaczono, że wybranie, jako wskaźnika zagrożenia burzowego, poziomu izoceraunicznego, tj. liczby dni burzowych w roku, jest mało miarodajne. Za dzień burzowy przyjmuje się mianowicie dzień, w którym obserwator słyszał grzmot. Tymczasem grzmot słychać nawet z odległości 20 km, a burza może ominąć linię. Obserwator jednak notuje taki dzień jako burzowy. Z drugiej strony uważa się za burzowy — stosownie do przyjętej definicji — również dzień, w którym wzdłuż linii przeszło kilka burz.

Wyda się, iż należałoby wprowadzić nowe pojęcie: dnia burzowego dla danej linii. Można by na przykład

uważać za burzowy dzień, w którym przynajmniej część linii jest w strefie burzy, to znaczy w strefie odległej najwyżej np. o 1 km od miejsc uderzeń piorunów. Oczywiście, przyjęcie tego rodzaju definicji wymagałoby opracowania nowej mapy izoceraunicznej Polski*).

Wyniki ankiety dotyczące stacji są bardzo skąpe. Interesujące jest stwierdzenie skutków, które dało przejście w r. 1950 w Szwecji w liniach 220-kilowoltowych ze stosowania kompensacji na bezpośrednie uziemienie punktu zerowego. Przy kompensacji było dużo uszkodzeń wyłączników, a ponadto zdarzały się uszkodzenia odgromników. Uszkodzenia były wywoływane przepięciami przy normalnych czynnościach łączeniowych. Po wprowadzeniu bezpośredniego uziemienia zera uszkodzenia te już nie występują. Natomiast praktyka angielska i francuska pokazuje, że w urządzeniach z zerem uziemionym występują przede wszystkim uszkodzenia transformatorów ruchomych i pomiarowych. Okoliczność ta jest przyczyną stosowania w tych krajach prętowych iskierników ochronnych przy transformatorach.

W Anglii w sieciach na 132 kV stosuje się odstępy elektrod iskierników 66 cm. Iskierniki te daje się nie na

*) Mapa ta była ogłoszona w PE, 1950, z. 4/5/6, w artykule inż. J. Gniewewskiego „Burze i przepięcia w polskich napowietrznych sieciach wysokich napięć w r. 1948”. — (Przyp. red.).

T a b l i c a II. Odporność piorunowa linii radzieckich według „Wskazówek przepięciowych“ z 1946 r.

Napięcie znamionowe	Średni poziom izocerauniczny	Materiał słupów	Liczba ogniw izolatorowych	Opór uziemienia (Ω)	Liczba przewodów odgromowych	Obliczeniowa liczba uszkodzeń na 100 km i na rok	Liczba wyłączeń na 100 km i na rok (dane z eksploatacji)
220	20	stal drewno	14 12	10 15	2 2	0,06 0,09	0 0
154	20	stal drewno	11 9	10 16	2 2	0,15 0,18	0 0
110	20	stal drewno „ „ „	7 6 6 6 6	10 10 — 10 — ⁴⁾	2 2 — ¹⁾ — ²⁾ — ³⁾	1,0 0,1 4,8 1,8 1,8	0,5 0 3 — 4 0,5 — 1 0,5 — 1

¹⁾ Wyzyskanie izolacji drewna³⁾ 3 ochronniki wydmuchowe na słupie co 3 przęsła²⁾ Jeden ochronnik wydmuchowy na każdym słupie ⁴⁾ Opór uziemienia określa się z warunku gaszenia prądu następczego

samych transformatorach z obawy ich uszkodzenia, ale między transformatorami i przekładnikami. Stwierdzono, że takie iskierniki mają średnio 1,5 zadziałania na 100 transformatorów na rok.

We Francji wprowadzono ostatnio następujące odstępy iskierników transformatorowych:

w sieciach na 150 kV — od 55 do 68 cm,
w sieciach na 220 kV — od 80 do 100 cm.

W 19 stacjach zaopatrzonych w 39 iskierników (31 na odejściach, 8 przy transformatorach) stwierdzono w ciągu 2 lat 64 zadziałania, z czego 43 w czasie burz.

K. Berger uważa, że konieczność stosowania iskierników przy transformatorach wynika ze zbytniego osłabiania przez konstruktorów izolacji wewnętrznej transformatorów z punktem zerowym uziemionym w stosunku do transformatorów z punktem zerowym izolowanym.

Do najobszerniejszych materiałów statystycznych należały dane ze Stanów Zjednoczonych i Kanady (Związek Radziecki, jak wspomniano, nie brał udziału w ankiecie). Dane te dotyczą linii powyżej 100 kV i obejmują okres mniej więcej ostatnich 10 lat (689 linii, 54 000 km, 21 594 wyłączeń) [3]. Z ciekawych danych warto wymienić następujące. Przewód odgromowy jest stosowany w liniach powyżej 100 kV w 75% przypadków. W ochronniki wydmuchowe na każdym słupie są zaopatrzone linie na łącznej długości 3,4% (tylko linie o napięciach 100—125 kV). Na długości 2,5% ochronniki wydmuchowe są zainstalowane tylko na odcinkach chronionych specjalnie.

92,3% długości linii pracuje w układzie z punktem zerowym uziemionym trwale, 4,1% z uziemionym przez opór (tylko linie na 100—125 kV). Z linii objętych ankietą tylko dwie mają urządzenia kompensacyjne.

26% linii zaopatrzono w trójfazowe urządzenia do wyrzucania zwarć, 1% — w urządzenia jednofazowe.

Bardzo interesująca jest statystyka przyczyn wyłączeń (tabl. III).

58,5% uszkodzeń występuje między jedną fazą a ziemią. W 90% wyłączeń natychmiastowe ponowne włączenie doprowadziłoby do wyrzucenia zwarca. Tabl. IV podaje liczbę wyłączeń w liniach różnych napięć.

T a b l i c a III. Przyczyny wyłączeń

Piorun	65,00%
Złe funkcjonowanie przekładników	4,60
Uszkodzenia na krańcach linii	3,35
Pomyłki personelu	2,62
Przejściowa niestateczność	2,16
Sadź i oblodzenie	1,81
Wiatr	2,13
„Taniec“ przewodów	1,76
Zawilżenie, mgła	1,65
Mechaniczne zerwanie przewodów	0,94
Fale łączeniowe	0,84

Zrobiono próbę [3] przeliczenia danych wytrzymałościowych na następujące warunki odniesienia: przęsło 240 m, odstępy przewodów 6 m, ochrona 100-procentowa przez przewody odgromowe, poziom izocerauniczny 30 dni burzowych w roku. Po przeliczeniu wynik ujęto w krzywe, podające uszkodzenia na 160 km (100 mil) na rok w funkcji

liczby izolatorów w łańcuchu i sporządzone dla różnych oporów uziemienia słupów. Krzywe te pokrywają się dość dobrze — zwłaszcza w granicach oporności uziemień 0—25 Ω — z krzywymi nowej metody amerykańskiej obliczania zagrożenia piorunowego linii. Dla większych oporów uziemień zachowanie się linii rzeczywistych jest lepsze, niż to wynika z krzywych obliczonych, prawdopodobnie dlatego, że duże oporności uziemień maleją przy prądach udarowych.

Wyniki amerykańskich badań statystycznych posłużyły do opracowania nowej metody obliczania linii na przeskok odwrotny przy stosowaniu przewodów odgromowych [4]. Metoda ta (AIEE, 1950) jest zbliżona do metody Monteitha, ogłoszonej w języku polskim w książkach: „Przesył i rozdział energii elektrycznej“ (praca zbiorowa), tom I, str. 83, oraz J. L. Jakubowskiego „Technika wysokich napięć“, str. 289, wykazuje jednak istotne ulepszenia i dlatego warto, aby zapoznali się z nią polscy inżynierowie.

T a b l i c a IV. Liczba wyłączeń na 160 km (100 mil) na rok

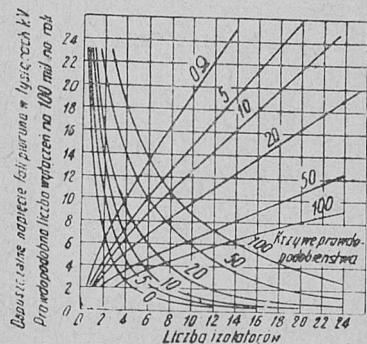
Klasa izolacji (kV)	Liczba wyłączeń			
	przejściowych	stałych	nie rozpoznanych	łącznie
100 — 125	12,33	1,07	0,199	13,60
126 — 150	5,36	0,63	—	5,99
151 — 175	5,60	0,458	0,015	6,07
200 — 250	2,65	0,173	0,0022	2,83
Powyżej 250	1,035	0,228	—	1,26
Wszystkie klasy	8,29	0,736	0,104	9,13

W przeciwieństwie do metody Monteitha, która operowała dopuszczalnym napięciem fali w kanale pioruna, nowa metoda posługuje się dopuszczalnym prądem pioruna. Nie odbiega więc ona pod tym względem od ujęcia radzieckiego, według którego miarą wytrzymałości linii jest prądowy poziom piorunowy (por. Sirotinski „Technika wysokich napiężeń“, 1945). Kształt fali piorunowej przyjęto 4/40 μ s. Wartości napięć, zjawiających się na wierzchołku słupa przy uderzeniu pioruna w przewód odgromowy, obliczono przy pomocy specjalnej rachunkowej maszyny elektronowej. Przy obliczeniach uwzględniono, że indukcyjność słupów wynosi 20 μ H, a indukcyjność przewodów odgromowych 1,2 μ H/m. Oczywiście, przy określaniu napięcia na łańcuchach izolatorów uwzględniono współczynnik sprzężenia i jego zmianę, spowodowaną zjawiskiem ulotu. Porównanie tak otrzymanego napięcia na łańcuchu izolatorów z napięciem przeskoku na tym łańcuchu pozwala stwierdzić, przy jakim prądzie pioruna występuje przeskok. Jak wynika z referatu, miarodajna w tych rozważaniach jest wytrzymałość na przeskoki dla czasów 2 do 4 μ s.

W starej metodzie określano największą wartość szczytową fali napięcia pioruna, którą wytrzymuje łańcuch izolatorów na przeskoku odwrotny, i do tej wartości fali pioruna dobierano odstęp przewodu odgromowego i roboczego w środku przęsła tak, aby poziom napięciowy izolacji przy słupie i w środku przęsła był ten sam. W nowej

metodzie wyznacza się poziom prądowy dla środka pręśia niezależnie od poziomu prądowego izolacji na słupie. Następnie prawdopodobną liczbę wyłączeń określa się wychodząc z założenia, że połowa uderzeń pioruna trafia w słup, a połowa w przewód odgromowy w środku pręśia.

Nowością nowej metody jest wyodrębnienie przypadków, w których uderzenia pioruna w środku pręśia mogą



Rys. 1. Dopuszczalne napięcie fali pioruna (w MV) i prawdopodobieństwo wyłączeń przy różnej liczbie znormalizowanych izolatorów w łańcuchu i przy różnej oporności uziemienia słupów (A. C. Monteith, 1944)

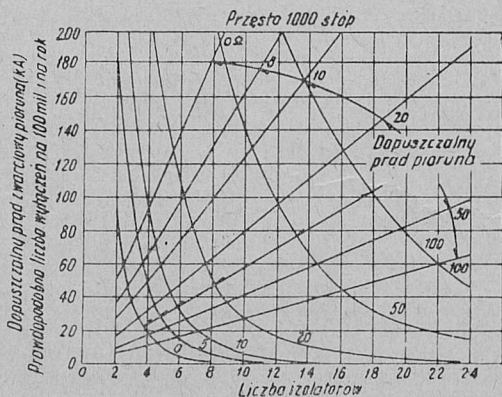
wywołać przeskoki na łańcuchach izolatorów, co zdarza się wtedy, kiedy dopuszczalny dla uderzenia w środek pręśia prąd pioruna przekracza podwójną wartość prądu pioruna, dopuszczalną dla izolacji na słupie.

Dalsza nowość polega na wprowadzeniu poprawek ze względu na różne odstępy między przewodem odgromowym a roboczym oraz między przewodem odgromowym a ziemią; podane krzywe obejmują odstępy wynoszące odpowiednio 8,5 i 22,9 m.

Metoda uwzględnia również przypadki, w których wykorzystuje się drzewo, jako dodatkową izolację przy udarach. Odpowiednie krzywe pozwalają wyznaczyć liczbę izolatorów równoważną łącznej izolacji łańcucha i drewna.

Obraz porównawczy dają krzywe, określające dopuszczalne napięcie (prąd) pioruna oraz prawdopodobną liczbę wyłączeń na 100 mil na rok w funkcji liczby izolatorów w łańcuchu — według starej metody (rys. 1) i nowej (rys. 2). Liczba izolatorów jest tutaj miarą wytrzymałości udarowej łańcucha. Jak widać, krzywe różnią się niewiele, jeśli wziąć pod uwagę, że prąd pioruna, tak zwany zwarciowy prąd pioruna, czyli prąd, który wystąpiłby przy uderzeniu w oporność równą zeru, odpowiada podwójnej wartości fali napięcia w kanale pioruna, podzielonej przez oporność falową tego kanału, tj. 200 Ω .

Autorzy metody zwracają uwagę, iż nie zawsze przeskok powoduje wyłączenie, nawet w rozpatrywanych li-



Rys. 2. Dopuszczalny prąd zwarcia pioruna w kA i prawdopodobieństwo wyłączeń przy różnej liczbie znormalizowanych izolatorów w łańcuchu oraz przy różnej oporności uziemienia słupów (nowa metoda AIEE, 1950)

20000 kV z rys. 1 odpowiada $\frac{2 \cdot 20000}{200}$ kA = 200 kA z rys. 2

niach z punktem zerowym uziemionym (przeskok w chwili przejścia napięcia roboczego przez zero, mała moc). Krzywe z rys. 2 podają właściwie prawdopodobną liczbę przeskoków. Aby otrzymać liczbę wyłączeń, trzeba ją pomnożyć przez współczynnik, wynoszący np. dla amerykańskich linii na słupach stalowych 0,85 przy długości linii mniejszej od 160 km, a 0,5 przy długości linii większej od 320

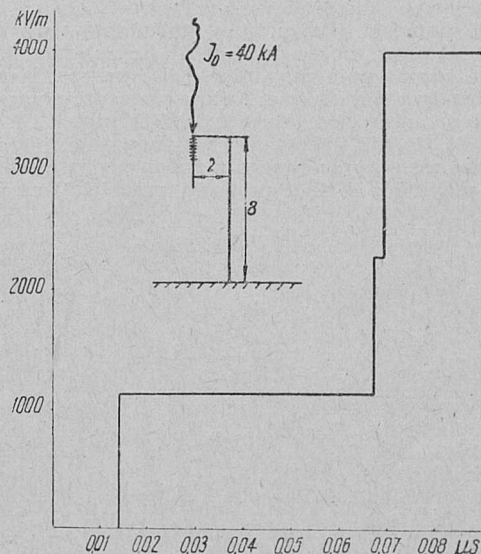
km. Przy wykorzystaniu izolacji drzewnej współczynnik ten może wynosić od 0,35 do 0,50.

W przeciwieństwie do metody Monteitha nowa metoda uwzględnia możliwość trafienia przez piorun przewodu roboczego skutkiem niedoskonałego działania ochronnego przewodów odgromowych. Wychodzi się tu z założenia, że nawet najlepiej umieszczony przewód odgromowy, to znaczy o kącie ochronnym 30° (kącie między pionem a prostą łączącą przewód odgromowy i roboczy), dopuszcza trafienie przewodu roboczego w 0,1% wszystkich uderzeń w przewód odgromowy. Liczba tych ostatnich wynosi według statystyki opartej na 3214 uderzeniach pioruna w linię ok. 100 na 160 km na rok przy poziomie izolacyjnym 30 dni burzowych w roku. Tak więc nawet przy najlepszej ochronie można się spodziewać 0,1% od 100 czyli 0,1 uderzeń pioruna w przewód roboczy. Liczba ta jest proporcjonalna do liczby dni burzowych w roku.

W podsumowaniu autorzy stwierdzają, że w dobrze zaprojektowanych liniach na 132 kV przypada jedno wyłączenie na 100 mil i na rok, a w liniach na 220 kV tylko „ułamek wyłączenia”, co znaczy, że praktycznie można uważać te linie za „odporne na uderzenia pioruna”.

3. Uziemienia.

Małym opornościom uziemień, stanowiącym istotny element współczesnej ochrony przepięciowej, poświęcono dwa referaty, wśród których wyróżnia się szwedzka praca



Rys. 3. Przebieg (w czasie) natężenia pola koło łańcucha izolatorów (w środku jego długości) przy trafieniu słupa przez piorun 40-kiloamperowy o czole prostokątnym — według nowej teorii R. Lundholma, uwzględniającej wirowość pola elektrycznego

R. Lundholma i S. Ruscka [5]. Pierwszy z tych autorów, twórca nowej teorii obliczania napięcia przy przeskokach odwrotnych, zajmuje się między innymi przepięciami przy uderzeniach piorunowych o bardzo stromym czole. Jak wiadomo, przeciętna długość trwania czoła piorunowego udaru prądowego wynosi 3—6 μ s. Lundholm bierze pod uwagę natomiast czoła długości rzędu części μ s, wskazując, że Mc Eachron znalazł przy uderzeniach w wieżowce czoła 0,16 μ s. Autorzy referatu sami jednak nie są pewni, czy tak krótkie czoła w praktyce występują, pisząc bowiem, że prądy pioruna o czole bardzo stromym „być może nie egzystują”. W tym przypadku teoria Lundholma byłaby bezprzedmiotowa.

Dla bardzo dużych stromości prądu (bardzo krótkich czoł) nie można stosować zwykłych metod obliczania napięcia wierzchołka słupa, trafionego przez piorun. Słup wtedy należy raczej rozpatrywać jako antenę, a do obliczeń stosować równania Maxwella przy uwzględnieniu, że pole jest wirowe. Autorzy zupełnie słusznie wskazują, że w tym przypadku, zamiast wyznaczać potencjał skalarny wierzchołka słupa, należy określić natężenie pola na drodze spodziewanego przeskoku, a więc wzdłuż łańcucha izolatorów. Całka natężenia pola elektrycznego

wzdłuż tej drogi jest miarodajna dla określenia napięcia przeskoku; natężenie to wyraża się wzorem

$$\bar{K} = - \text{grad } V - \frac{\partial \bar{A}}{\partial t},$$

gdzie V — potencjał skalarny, $\bar{A}$ — potencjał wektorowy. Rozpatrując słup jako długi przewód, otrzymamy dla V i $\bar{A}$ w dowolnym punkcie przestrzeni równania

$$V = \frac{1}{4 \pi \epsilon \epsilon_0} \int_0^\infty \frac{q \left(t - \frac{r}{v} \right)}{r} dx,$$

$$\bar{A} = \frac{\mu \mu_0}{4 \pi} \int_0^\infty \frac{I \left(t - \frac{r}{v} \right)}{r} dx,$$

gdzie x — długość mierzona wzdłuż przewodu,

t — czas,

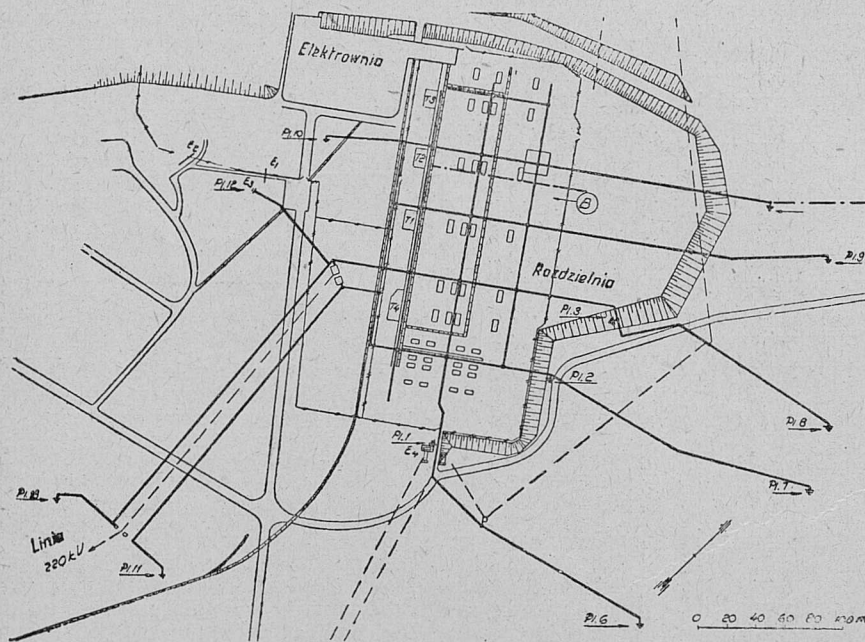
r — odstęp punktu, w którym określamy V i $\bar{A}$ od danego punktu przewodu (punktu o odciętej x),

q — ładunek na przewodzie na jednostkę długości dla danego x ,

I — prąd w przewodzie dla danego x .

Należy zaznaczyć, że w Polsce na możliwość przypadków w technice silnoprądowej, w których błędne byłoby określanie napięcia jako różnicy potencjałów wskazywał już na 10 lat przed wojną prof. dr St. Fryze, członek PAN.

Ogólne rozwiązanie zagadnienia dla przypadków ważnych w praktyce nie istnieje. Autorzy szwedzcy opracowali kilka przypadków szczególnych, jednak podają je w takim skrócie, że nie można zająć stanowiska co do wartości nowej metody. Z jednego z podanych rysunków wynika na przykład, że fala prądowa przebiegająca w słupie,

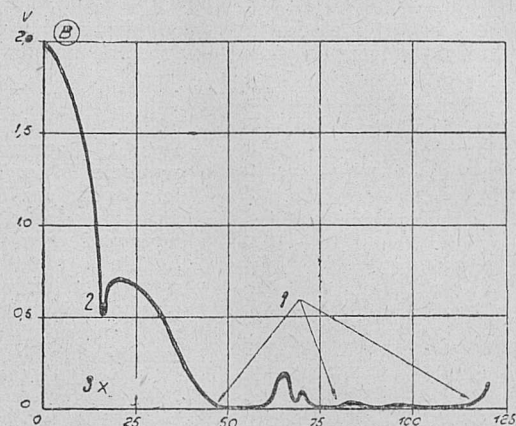


pie, trafiając na zakopany uziom dwupromieniowy, ulega odbiciu, jak na zupełnym zwarciu, natomiast do przewodów uziomu przechodzą fale, równe fali nadchodzącej ze słupa. Jest to obraz odmienny od podawanego w ogólnie znanej teorii falowej.

Obliczenie w konkretnym przypadku, przy trafieniu pioruna o czole prostokątnym 40 kA w słup, daje natężenie pola w środku łańcucha izolatorów (0,7 m poniżej poprzeczki) 40 kV/cm. Natężenie to zjawia się po czasie 0,07 μ s i trwa według autorów dostatecznie (?) długo, aby mógł powstać przeskok odwrotny (rys. 3).

Dużo większe znaczenie praktyczne ma omówienie w referacie Lundholma i Ruscka kratowych uziomów stacji. Zagadnienie to stało się aktualne w Szwecji w związku z bezpośrednim uziemieniem punktu zerowego sieci 380-kilowoltowej i wielu sieci 220-kilowoltowych. Prądy

zwarciove, dochodzące do 7000 A, mogą powodować zagrożenie życia, wywołując niebezpieczne napięcie dotykowe i krokowe przy uziomach stacji (oporności 0,5 do 5 Ω). Napięcia te autorzy definiują, jako panujące między uziomami,



Rys. 5. Rozkład napięcia wzdłuż linii, wskazanej przez strzałkę B na rys. 4

1 — nad przewodami ziemnymi 2 — pod ogrodzeniem 3 — w ogrodzeniu

rnem a punktem gruntu odległym od uziomu o 1 m lub odpowiednio między dwoma punktami gruntu odległymi o 1 m (długość kroku).

Autorzy oparli się na badaniach modelowych w wannie elektrolitycznej i w gruncie (w skali przestrzennej zmniejszonej). Dla porównania wykonano również badania w stacji na 220 kV, stosując prądy wynoszące 1/50 do 1/100 prądów, występujących rzeczywiście przy zwarcu (5000 A). Rys. 4 pokazuje sposób umieszczenia uziomów kratowych

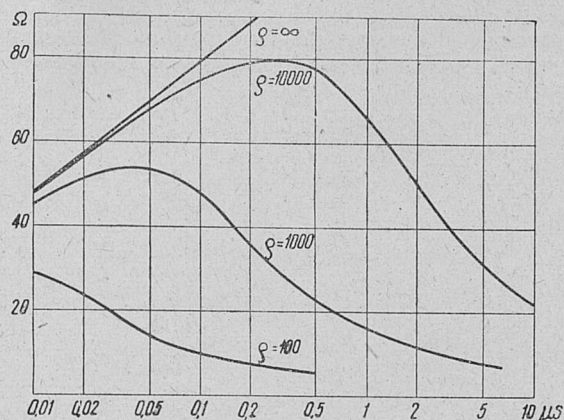
(oka rzędu 35 m), rys. 5 rozkład napięcia wzdłuż strzałki B z rys. 4. Z wykresu widać, że napięcia są niskie w miejscach, gdzie są zakopane przewody. Poza ogrodzeniem stacji napięcia są większe, ale nie niebezpieczne. Autorzy wyciągają stąd wniosek, że zbędne są wszelkie środki bezpieczeństwa dla ludzi w obrębie tak chronionych stacji.

Rys. 4. Kratowy układ uziomów w szwedzkiej stacji na 220 kV (R. Lundholm i S. Rusck)

Najniebezpieczniejsze napięcia dotykowe i krokowe występują tutaj poza ogrodzeniem i wokół uziomów. Aby ogrodzenie nie było zagrożone, autorzy radzą zakopać na zewnątrz w odległości 2—5 m przewód uziemiony, równoległy do ogrodzenia. Natomiast uziomy nie powinny być umieszczone zbyt płytko i ich zaciski winny być zabezpieczone od dotyku.

Do bardzo interesujących należą również badania, dotyczące stacji rozdzielczych (22 kV). Jako przypadek szczególnie niebezpieczny pod względem napięć dotykowego i krokowego, autorzy rozpatrują podwójne zwarcie z ziemią, mogące dawać przepięcia rzędu 10 kV w stacjach z oporem uziemienia 15 Ω . Dla zabezpieczenia takich stacji próbowano stosować z dobrym skutkiem uziomioną siatkę o okach 4 cm, zakopaną na głębokości 5 cm. Aby uniknąć zbyt dużych napięć na krańcach siatki, należy je za-

giąć w dół i zakopać głębiej. Zamiast siatki można stosować żel elektrolityczny o dużej przewodności. W tym celu teren zwilża się najpierw roztworem siarczanu miedzi.



Rys. 6. Oporność udarowa długiego uziomu 2-promiennego w funkcji czasu dla prostokątnej fali wchodzącej do uziomu

Uziom pod postacią przewodu o promieniu 0,32 cm zakopanego na głębokości 0,8 m; stała dielektryczna gruntu 10
 ρ — oporność właściwa gruntu w Ωm

dzi, a po kilku godzinach roztworem ferrocjanku potasu.

Główny problem, którym zajmuje się referat Lundholma i Ruscka, to porównanie uziomów falowych, mających postać linek lub wstęp metalowych, zakopanych płytko, poziomo. Jest to zagadnienie dla nas mniej ważne, natomiast istotne dla Szwecji, w której wiele linii (zwłaszcza magistral na 380 kV z północy na południe) jest zbudowanych na gruncie skalistym o dużej oporności właściwej (granit od 14000 Ωm , gruz granitowy 800–1400 Ωm). W tych warunkach uziomy falowy są rzeczywiście najlepszym rozwiązaniem.

Szwedzcy technicy na podstawie własnych badań przeszli od uziomów falowych wielopromiennych (8 promieni po 17,5 m) na uziomy liniowe (2 promienie po 100 m). Było to spowodowane nie tylko większą łatwością kopania rowów na uziomy specjalną maszyną, ale głównie mniejszymi opornościami uziomów 2-promiennych przy uderzeniach i przy 50 Hz.

Rys. 6 pokazuje, jak przebiega w czasie oporność udarowa uziomu 2-promiennego dla fali prostokątnej według obliczeń E. D. Sunde'a. Oporność ta jest zdefiniowana jako stosunek napięcia do prądu w miejscu połączenia uziomu ze słupem. Zakopane przewody traktuje się przy tym jako linie długie, po których przebiegają fale z prędkością 135 m/ μs . Z rysunku widać, że oporność uziomu jest mała dla czasów rzędu kilku mikrosekund, a więc dla zwykle spotykanych czoł uderzeń piorunowych. W uziomach wielopromiennych, np. 8-promiennych, jakie dotychczas stosuje się w liniach szwedzkich, fale w uziemiu ulegają tłumieniu po 4–5 przebiegach (długość drogi 17,5 m), tzn. po 0,5–0,7 μs . Skutkiem tego jest wystąpienie stanu nibyustalonego w czasie trwania większej części czoła uderu (3–6 μs) i oporności jak w stanie ustalonym, a więc dużej.

Autorzy, rozważając zachowanie się uziomów falowych przy uderzeniach wieloprądowych, wyciągają pewien wniosek ciekawy z punktu widzenia teoretycznego, a być może i praktycznego. Jak wiadomo, przy dużych prądach, gdy natężenie pola przekracza 2–3 kV/cm, powstają w ziemi wyładowania między sąsiednimi cząstkami gruntu. Wyładowania te, w postaci iskier, zwierają część ziemi w pobliżu zakopanego przewodu. Ludholm i Rusck obliczają grubość warstwy, w której występują wyładowania, uwzględniając przy tym, że na granicy warstwy (promień r_0) natężenie wynosi $K_0 = 2\text{--}3$ kV/cm. Prąd piorunowy I_p musi się na granicy warstwy zamknąć jako prąd przesunięciowy:

$$I_p = 2\pi r_0 l \frac{1}{\rho} K_0,$$

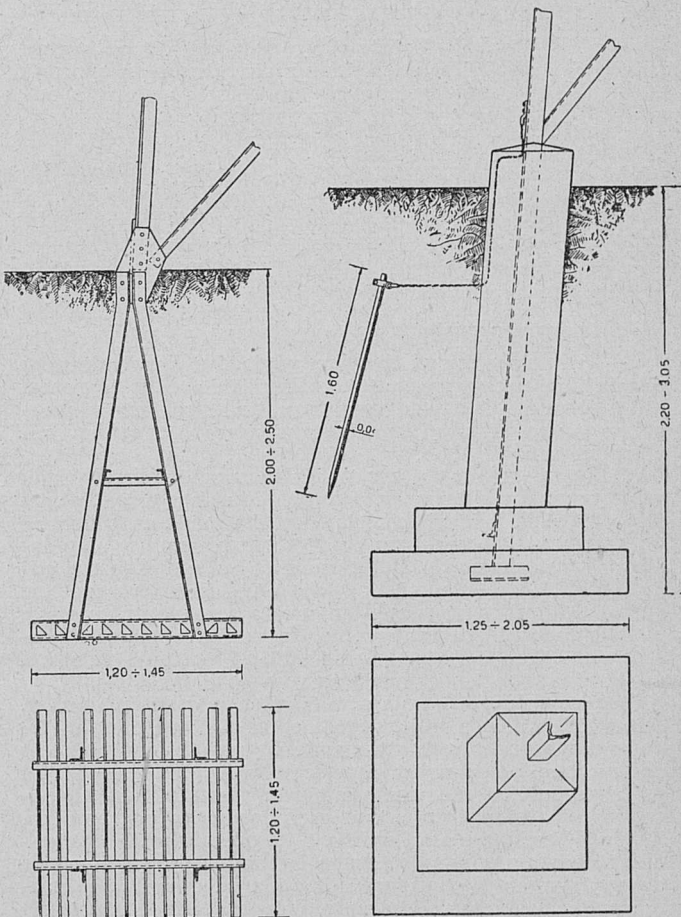
gdzie ρ — oporność właściwa gruntu, l — długość przewodu. Stąd

$$r_0 = \rho \frac{I_p}{2\pi l K_0}.$$

Przykład: dla $I_p = 50$ kA, $\rho = 1000 \Omega\text{m}$, $K_0 = 3$ kV/cm

i $l = 140$ m otrzymuje się promień $r_0 = 19$ cm, a więc 60 razy większy, niż promień linki, używanej na uziomy w Szwecji (0,32 cm). Powyższe obliczenie stanowi logiczną konsekwencję hipotezy wyładowań w ziemi, wymaga jednak, naszym zdaniem, sprawdzenia doświadczalnego.

W przeciwieństwie do omówionych tutaj badań G. Silva [6] podaje szereg danych z eksploatacji. Dotyczą one nowozbudowanych linii na 220 kV o długości 178 km. Opór gruntu był tutaj mały w stosunku do linii szwedzkich. Fundamenty słupów (oddzielne dla każdej nogi) mają w 76% postać krat żelaznych, a w 24% — brył betono-



Rys. 7. Fundament kratowy nogi słupa włoskiej linii na 220 kV

Rys. 8. Fundament betonowy nogi słupa włoskiej linii na 220 kV

Dodatkowy uziom rurowy nie ma wpływu na oporność uziemienia

wych (rys. 7 i 8). Słupy betonowe stawiano — ze względów ekonomicznych — tylko jako odporowe lub jako słupy przy przejściach przez linie kolejowe, telekomunikacyjne i drogi oraz w przypadkach niekorzystnych właściwości gruntu. Fundamenty metalowe uważano jednocześnie za uziomy, fundamenty betonowe natomiast zaopatrzono w uziomy rurowy o długości 1,6 m i średnicy 40 mm (230 słupów) lub wstępowe o długości 10 m i przekroju 160 mm² (276 słupów).

Pomiary wykazały, że oporności uziemień nie są zależne od pory roku; jest to prawdopodobnie uwarunkowane dużą głębokością uziomów, na której zmiany wilgotności gruntu i temperatury nie dają się odczuwać. Zaskakuje na uwagę, że wpływ oporów uziomów dodatkowych pod postacią rur lub wstęp metalowych można pominąć w stosunku do oporu samego fundamentu; znaczy to, że oporność słupa z uziomem rurowym lub wstepowym i bez niego była ta sama. Być może, że gdy beton dokładnie wyschnie stosunek obu oporów będzie inny. Warto jednak zaznaczyć, że Anglicy już przed kilku laty zarzucili w swym „gridzie” stosowanie dodatkowych uziomów pod postacią rur.

Silva rzucił myśl stosowania przewodów odgromowych o przekroju zależnym od oporności uziemień słupów w danym obszarze. Mianowicie, na obszarach o dużej opor-

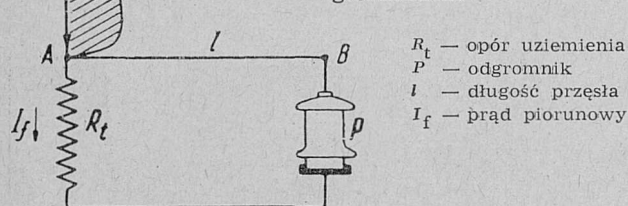
ności uziemień można by stosować większe przekroje przewodów odgromowych, co ułatwiałoby odprowadzenie do ziemi prądów piorunowych, a więc zmniejszało napięcie na słupach.

Zasługuje na zaznaczenie, że w omawianej linii oporność między słupem a ziemią przy przyłączonym przewodzie odgromowym wynosiła mniej więcej 0,25 oporności uziemienia samego słupa.

4. Odgromniki.

W dziedzinie odgromników na pierwszy plan wybija się praca C. P. Ledoux i S. Tesznera [7] cenna między in-

Rys. 9. Podstawowy schemat do obliczania prądu w odgromniku przy trafieniu pioruna w słup sąsiedni w stosunku do słupa z odgromnikiem



nymi tym, że stanowi syntezę poglądów konstruktorów dwóch konkurencyjnych firm francuskich. Jest to praca, która stara się usystematyzować pojęcia i poglądy w dziedzinie odgromników, a ponadto zawiera szereg nowych sformułowań.

Jako podstawowy schemat do obliczenia wartości prądu w odgromniku autorzy przyjmują układ z rys. 9. Tutaj l jest długością jednego przęsła; oznacza to, że za podstawę obliczenia wzięto przypadek uderzenia pioruna w słup sąsiedni w stosunku do słupa, na którym znajduje się odgromnik. Uderzenie pioruna wywołuje przeskok na tym słupie. Autorzy przypadek ten uważają za najgroźniejszy. Prawdopodobieństwo uderzenia pioruna w odległości bliższej niż 100 m od odgromnika autorzy oceniają zaledwie na 10^{-3} na rok i przyjmują za równe 0.

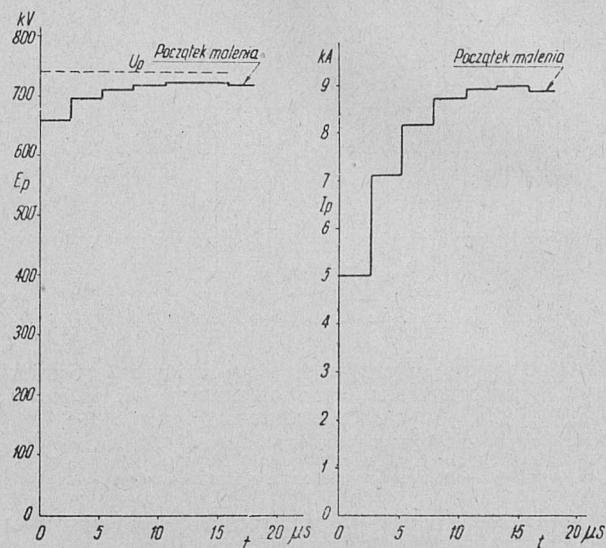
Napięcie, które powstaje w miejscu uderzenia pioruna, zależy od prądu piorunowego i oporności uziemienia, jednak napięcie, które może zjawić się na odgromniku, jest ograniczone przez wytrzymałość udarową izolatorów. Ta wytrzymałość, a nie wartość prądu pioruna, jest miarodajna dla wyznaczenia wartości prądu w odgromniku. Autorzy wyciągają stąd wniosek, że obciążalność odgromników powinna być dobierana zgrubsza proporcjonalnie do wytrzymałości udarowej izolacji, a więc do napięć znamionowych, a nie niezależnie, jak to często zaleca się obecnie.

Interesujące jest stwierdzenie, że odgromnik w schemacie z rys. 9 zwykle nie jest poddany jednocześnie napięciu udarowemu i roboczemu, gdyż łuk doziemny zwiera napięcie robocze. Mimo to należy, według autorów, jako podstawowy uważać przypadek jednoczesnego wystąpienia obu tych napięć; łuk może zgasać przed przerwą prądu w odgromniku lub też fala napięciowa może być nieco niższa od napięcia przeskoku izolatorów. Napięcie robocze wywołuje, jak wiadomo, prąd następczy, który musi być przerywany przez odgromnik.

Konsekwencją poglądu głoszącego, że określanie obciążalności udarowej winno odbywać się przy jednoczesnym doprowadzeniu napięcia roboczego, jest stwierdzenie, że podawanie wielkich udarów prądowych, rzędu 60–100 kA, stosowanych bez napięcia roboczego, jako obciążalności, nie ma znaczenia praktycznego. Zresztą zgodnie z tym, co powiedziano wyżej, autorzy uważają, że niewłaściwe jest budowanie odgromników na pełny prąd piorunowy, uderzenia bowiem pioruna w bliskości odgromników są mało prawdopodobne.

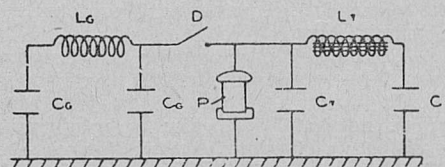
Rys. 10 ilustruje wyniki obliczeń napięcia na odgromniku i prądu w odgromniku dla linii 225-kilowoltowej o długości przęsła 400 m. Prąd w odgromniku, którego schodkowy charakter wynika z przebiegów falowych, osiąga wartość szczytową, mniejszą niż 9 kA i ma postać 10/20 μ s. Dla linii 15-kilowoltowej przy długości przęsła 200 m wartość szczytowa prądu w odgromniku wynosi 2,6 kA, a krzywa prądu jest bardziej płaska. Autorzy są zdania, że te przypadki są typowe i że obciążalności 10 i 4 kA przy udarze 10/20 μ s wystarczają dla linii na 225 i 15 kV.

Opierając się na schemacie z rys. 9 autorzy dochodzą do wniosku, że prądy piorunów długotrwałych nie są groźne dla odgromników. Przypadek przepływu przez odgromnik całego prądu piorunowego i tutaj nie powinien być brany pod uwagę. Jeśli prąd pioruna długotrwałego, np. 400 A, płynie przez opór doziemny w miejscu uderze-



Rys. 10. Napięcie na odgromniku i prąd w odgromniku w linii na 225 kV o długości przęsła 400 m

nia pioruna wynoszący 30 Ω (wartość bardzo duża), to wywołuje tam napięcie 12 kV. Napięcie to można uważać za doprowadzone bezpośrednio do odgromnika (przy przepływie długotrwałym przewód na długości przęsła gra rolę zwarcia). Otóż odgromniki o napięciu znamionowym wyższym od 7 kV potrafią przerwać taki prąd bez trudu. Nawet odgromniki o napięciu znamionowym niższym, jeśli mają odpowiednią charakterystykę prądowo-napięciową, potrafią wytrzymać bez uszkodzenia taki prąd, płynący przez dziesiątki milisekund.



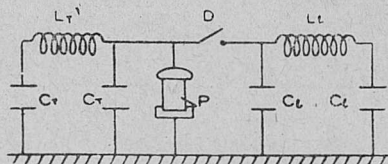
Rys. 11. Obwód zastępczy dla przypadku odłączania transformatora w stanie jałowym

C_G, L_G, C_T, L_T — wypadkowe pojemności i indukcyjności po stronie generatora i transformatora
 D — wyłącznik
 P — odgromnik

Drugi interesujący punkt widzenia dotyczy działania odgromników przy przepięciach łączeniowych. Autorzy opierają się na dwu schematach podstawowych: dla przepięć przy odłączaniu transformatorów (rys. 11) i linii nieobciążonych (rys. 12). W tych przypadkach przepięcia dochodzą do 3,5–5-krotnego napięcia fazowego, a więc wystarczają do zapłonu odgromników. Energia, która tu występuje, bywa rzędu 1 kWs dla średnich napięć i 10 kWs dla bardzo wysokich napięć. Są to wartości mniejsze, niż wywidywane przy uderzeniach piorunowych (twierdzenie to jest odmienne do wielu sformułowań w literaturze). Jednak takie przepięcia mogą często powtarzać się; energia wtedy jest odpowiednio większa. Autorzy wskazują, iż włączenie odgromnika, jak na rys. 11 i 12, o odpowiedniej charakterystyce prądowo-napięciowej powoduje ograniczenie powtarzania się przepięć i skrócenie ciągu oscylacji (tłumienie). Odgromnik taki musi wytrzymać prąd kilku dziesiątków amperów w ciągu kilku milisekund. Jest to możliwe, gdyż odgromniki przepisowo wytrzymują wielokrotnie prąd następczy, który jest tego samego rzędu wartości, a trwa dłużej. Odpowiednią charakterystykę prądowo-napięciową podaje rys. 13. Jest to charakterystyka z wyraźnym zagięciem; w tych warunkach przy przepięciach łączeniowych opór odgromnika

jest dostatecznie duży, aby prąd nie zniszczył odgromnika, a dostatecznie mały, aby tłumić obwód drgań.

Autorzy wyrażają pogląd, że lepiej jest budować odgromniki tak, żeby one redukowały przepięcia łączeniowe, niż komplikować konstrukcję wyłączników przez wbudowywanie w nie oporników dodatkowych.

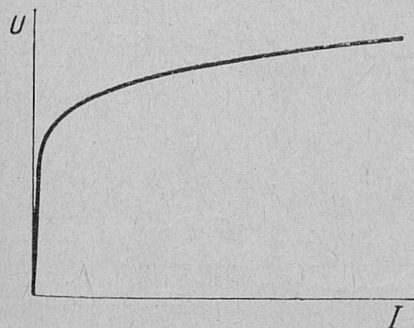


Rys. 12. Obwód zastępczy dla przypadku odłączania linii nieobciążonej

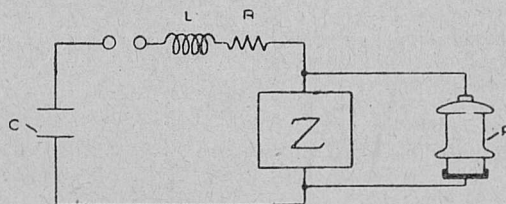
C_T, L_T, C_L, L_L — wypadkowe pojemności i indukcyjności po stronie transformatora i linii
 D — wyłącznik P — odgromnik

Warto tu wyraźnie zaznaczyć, że dotychczas powszechnie panujący pogląd głosi, iż odgromniki nie powinny działać przy przepięciach łączeniowych. W tym celu przewiduje się napięcie zapłonu dużo wyższe, niż napięcie znamionowe. Autorzy wprowadzili też uważają, że napięcie zapłonu przy częstotliwości roboczej winno wynosić $1,8U_N$, ale motywują to niedopuszczeniem do zadziałania przy przepięciach dynamicznych (50 Hz). W sieciach dobrze zrównoważonych autorzy dopuszczają nawet wartość $1,5U_N$.

Nowością jest propozycja badania odgromników na przepięcia łączeniowe w układzie z rys. 14. Obwód ten posiada ograniczoną ilość energii, odpowiadającą energii przy przepięciach łączeniowych. Na oporności Z zjawia



Rys. 13. Statyczna charakterystyka udarowa napięciowo-prądowa opornika odgromnikowego z silnym zagięciem; zagięcie jest korzystne przy stosowaniu odgromnika do ograniczania przepięć łączeniowych



Rys. 14. Układ do badania odgromników na zdolność ograniczania przepięć łączeniowych

C, L, R — obwód, wytwarzający napięcie i prąd, imitujące wielkość łączeniowe
 Z — oporność, na której spadek napięcia wywołuje zapłon w odgromniku P

się napięcie, imitujące przepięcie łączeniowe. Układ taki pozwala stwierdzić, że odgromnik tłumić drgania, że może zmienić wyładowanie oscylujące nawet w aperiodyczne. Długość trwania prądu w odgromniku jest dużo krótsza, niż długość trwania napięcia po odłączeniu odgromnika, co odpowiada warunkom rzeczywistym. Próba pozwala ponadto stwierdzić, czy odgromnik ma odpowiednią wytrzymałość cieplną.

Od właściwej charakterystyki napięciowo-prądowej odgromnika zależy niewytwarzanie przez odgromnik fal uciętych w czasie działania. Z charakterystyki dynamicznej (rys. 15) widać wyraźnie, że napięcie zapłonu i obniżone różnią się mało, przy zadziałaniu odgromnika nie powstają więc skoki napięcia. Jest to charakterystyka odpowiednia; napięcie obniżone jest praktycznie niezmiennie w granicach prądów, różniących się w stosunku 1:20.

W Szwecji według pracy B. Grundmarka [8] odgromniki są obecnie powszechnie stosowane w sieciach o napięciach ponad 50 kV i to zarówno między przewodami a ziemią, jak i między punktem zerowym a ziemią (sieci skompensowane). Napięcie znamionowe odgromników zerowych wynosi 65% napięcia odgromników fazowych. Linie na 380 kV mają podwójne odgromniki (dwa odgromniki równolegle). Odgromniki te mają następujące własności:

największe napięcie zgaszenia 400 kV_{sk},

napięcie zapłonu przy 50 Hz $900/\sqrt{2} \approx 1275$ kV_m,

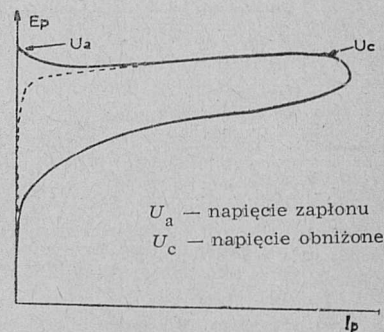
napięcie zapłonu udarowe $\begin{cases} + 1200 \text{ kV,} \\ - 1100 \text{ kV,} \end{cases}$

napięcie zapłonu na łagodnym czołe fali (120 kV/μs) $\begin{cases} + 1100 \text{ kV,} \\ - 1000 \text{ kV,} \end{cases}$

napięcie obniżone przy udarze 5 kA, 10/20 μs 1250 kV,
 wysokość 5,6 m.

Szwedzkie sieci średniego napięcia (30—50 kV) są także na ogół wyekwipowane w odgromniki, natomiast sieci wiejskie (3 do 20 kV) obywają się bez nich ze względu na zbyt wysoki koszt tych przyrządów. Ostatnio przeprowadzono w Szwecji studia nad uzasadnieniem ekonomicznym stosowania w wymienionych sieciach zarówno odgromników normalnych, jak i nowego, lżejszego typu (2 razy tańszego). Jeden z wniosków z tych badań oświadcza się za ekwipowaniem w odgromniki wszystkich stacji powyżej 300 kVA, a z mniejszych tylko stacji specjalnie ważnych lub specjalnie zagrożonych ze strony piorunów. Oczywiście, wnioski te nie mogą być przeniesione bez zmian do naszego kraju, w którym gospodarka socjalistyczna przyjmuje inne kryteria ekonomiczne.

Dane statystyczne szwedzkich sieci państwowych o napięciu od 50 kV wzmoczone wykazują 13 przypadków, w których odgromniki zawiadły, przy czym żaden z tych przypadków nie był spowodowany prądem pioruna. Odpowiada to liczbie 0,2—0,4% przypadków na odgromnik i na rok w sieciach na 50, 70 i 120 kV. Specjalnie interesujące są uszkodzenia odgromników w sieci 200-kilowoltowej. Na ogólną liczbę pięciu uszkodzeń trzy były związane z odłączaniem nieobciążonej długiej linii, na której krańcu



Rys. 15. Charakterystyka dynamiczna napięciowo-prądowa nowoczesnego odgromnika

Krzywa przerywana — charakterystyka samego opornika (charakterystykę cechuje mała zmienność napięcia w czasie między zapłonem a osiągnięciem wartości U_d)

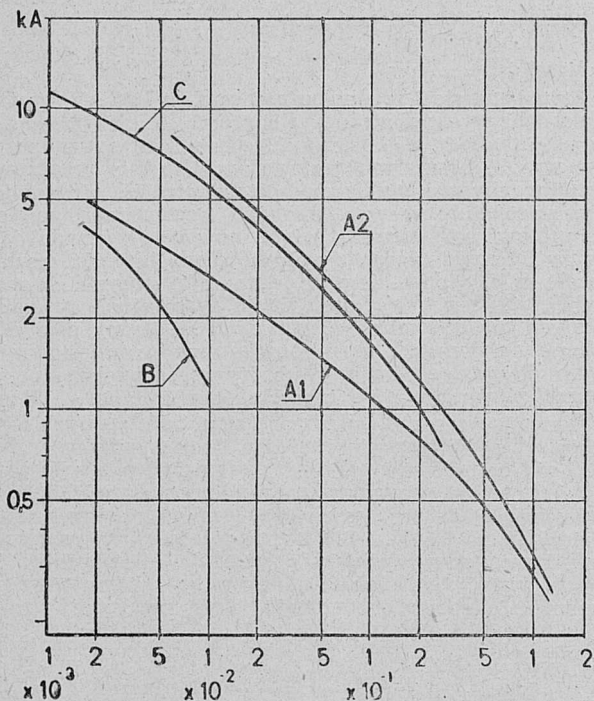
były zainstalowane odgromniki. Inny przypadek powstał przy powtarzających się zwarczeniach doziemnych w sieci skompensowanej. Odgromnik pozornie pozostał nieuszkodzony ale, jak okazało się po demontażu, był całkowicie poprzębiany.

Z danych statystycznych sieci prywatnych warto zanotować, że odgromniki zerowe miały 2 do 3 razy większą liczbę zadziałań, niż odgromniki w fazach.

W Szwecji prądy przy działaniu odgromników w eksploatacji bada się przy pomocy sztabek magnetycznych i oscylografów katodowych samoczynnych. Autor podkreśla, że dane statystyczne, otrzymane pierwszą metodą, wykazują zbyt małą liczbę małych prądów (poniżej zakresu pomiarowego sztabek) oraz bardzo dużych (skutkiem rozmagnesowywania sztabek przez zadziałania, następujące po bardzo dużym prądzie). Wyniki takich badań są uwidocznione na rys. 16, podającym prawdopodobieństwo (na odgromnik i na rok) różnych wartości szczytowych prądów w odgromnikach (krzywe A_1, A_2 i B). Krzywa C odpowiada badaniom amerykańskim. Dane szwedzkie są oparte na materiale, obejmującym 1300 odgromników-lat.

Autor szwedzki jest zdania, w przeciwieństwie do poglądów francuskich, że obciążalność odgromników winna

być jednakowa (5 kA) dla różnych napięć znamionowych z tą tylko różnicą, że dla wyższych napięć znamionowych wyższe jest napięcie obniżone. To właśnie stanowisko jest podstawą projektu nowych norm szwedzkich. Autor ponadto jest zdania, iż rola odgromników w stacji dobrze chronionej przez podejście powinna polegać właściwie na możliwie pełnej ochronie bardzo cennych urządzeń przy zawiedzeniu ochronnego działania podejścia. Dlatego ta-



Rys. 16. Prawdopodobieństwo wystąpienia — wyrażone liczbą przypadków na odgromnik-rok — prądów w odgromniku, odpowiadających rzędnym

- A_1 — sieć na 30 kV z podejściami
- A_2 — sieć na 30 kV bez podejść
- B — sieci państwowe szwedzkie; krzywa obciążona błędami pomiarowymi
- C — sieci amerykańskie (B. Grundmark)

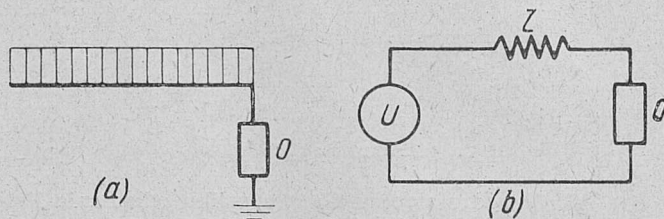
kie odgromniki powinny być badane nie mniej ostro, niż odgromniki dla małych stacji rozdzielczych bez podejść chronionych, narażone, jak wiadomo, o wiele więcej na duże prądy piorunowe.

Poglądy techników szwedzkich i francuskich różnią się również w sprawie przebiegów łączeniowych. Przepięcia przy odłączaniu bardzo długich linii mogą być według szwedzkiej praktyki niebezpieczne dla odgromników. Tylko przepięcia przy odłączaniu nieobciążonych transformatorów nie stwarzają trudności dla odgromników ze względu na dość małą energię, biorącą udział w zjawiskach. Przepięcia takie powstają głównie przy przerwaniu przez wyłącznik — przed naturalnym przejściem przez zero — prądu rzędu 20 do 50 A. Gdy odgromnik zadziała pod wpływem przepięcia, najpierw energia pojemnościowa powoduje krótkie wyładowanie w odgromniku, po czym następuje stosunkowo powolny przepływ prądu rzędu 20—50 A, związany z zanikiem energii pola magnetycznego. Wymieniona wartość prądu nie jest szkodliwa dla odgromnika.

Przy odłączaniu długich nieobciążonych linii wchodzi w grę energia pola elektrycznego tym większa, im większe są napięcia i dłuższe linie. Gdy pod wpływem przepięcia zadziała odgromnik na krańcu linii, zaczyna płynąć przez niego prąd, równy napięciu zapłonu minus napięcie obniżone, odpowiadające temu prądowi. Wynika to z obrotu zastępczego, słusznego przy założeniu równomiernego początkowego naładowania linii (rys. 17). Prąd taki płynie przez czas potrzebny na przebycie fali tam i z powrotem wzdłuż całej odłączonej linii. Np. w linii na 200 kV o długości 400 km będzie przy tych założeniach płynął prąd wartości kilkuset amperów przez 2700 μ s. Jest to wartość, której odgromnik może nie wytrzymać; toteż nasuwa się pytanie, czy w liniach bardzo wysokich napięć należy

chronić same odgromniki od działania przy takich przepięciach łączeniowych. Jedno z rozwiązań Grundmark widzi w niedopuszczaniu do zapłonów powrotnych w wyłącznikach, odłączających linie nieobciążone, przez stosowanie w nich oporników o zmiennej oporności.

Podobnie, jak autorzy francuscy, Grundmark nie przypisuje istotnej roli długotrwałym prądom pioruna. Uważa

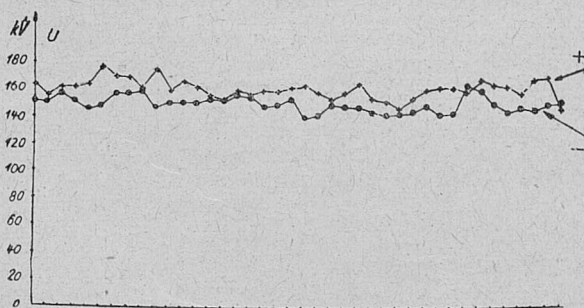


Rys. 17. a) Linia długa naładowana — bezpośrednio przed zadziałaniem odgromnika

b) Obwód zastępczy po zadziałaniu odgromnika

- O — odgromnik
- Z — oporność falowa linii

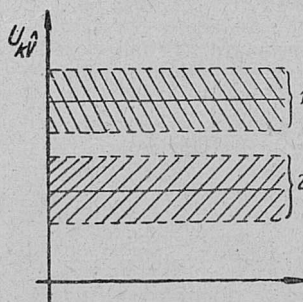
on, że długie „ogony“ o małym prądzie, zaobserwowane na oscylogramach prądu w odgromnikach, są w dużej mierze związane z wzajemnym oddziaływaniem na siebie odgromnika i chronionego transformatora. Trudno je zresztą odróżnić od prądu następczego i być może, że to jest właśnie prąd następczy. „Ogony“ długości tysięcy mikrosekund są w prądach odgromnikowych bardzo rzadkie w przeciwieństwie do prądów bezpośrednich uderzeń pioruna; wydaje się, że nie stwierdzono ich nigdy w układach z uziemionym punktem zerowym transformatorów.



Rys. 18. Zmiany 50-procentowego uderowego napięcia przeskoku w odgromniku na 45 kV, 10 kA z biegiem czasu (cały okres badania 3 lata)

W każdym razie w Szwecji w ogóle takich „ogonów“ nie zaobserwowano, a tylko czasy przepływu prądu od kilku dziesiątych do wielu setek mikrosekund.

Ostatnią sprawą, na którą zwraca uwagę Grundmark, jest wpływ deszczu na napięcie przeskoku odgromników przy 50 Hz. Zwłaszcza w odgromnikach na najwyższe napięcia może przy deszczu nastąpić inny rozkład napięć na



Rys. 19. Poziomy uderowe (napięcie przeskoku 50-procentowe) izolacji łączeń ze wstęgami rozproszonymi w przypadku jednego izolatora

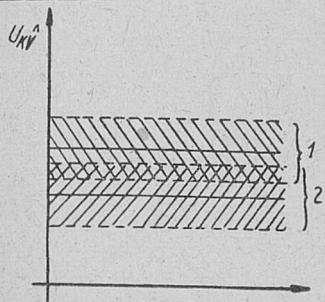
- 1 — poziom średni
- 2 — poziom niższy

iskiernikach, niż na sucho, co zmienia wartość napięcia zapłonu. Specjalnie szkodliwy może być osad solny na porcelanie, stanowiący przy deszczu warstwę silnie przewodzącą.

Ze szczegółów warto nadmienić, iż najlepsze wyniki w uszczelnianiu odgromników na wilgoć osiągnięto w

Szwecji przy pomocy podkładek kauczukowych ze sprężynami, a nie przy pomocy wosku, masy lub cementu.

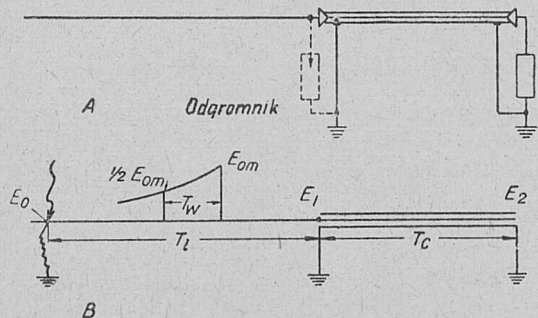
H. Rohrer [9] omawia rozproszenie uderowych napięć zapłonów odgromników. Jego wartość jest ważna przy ustalaniu poziomów przy koordynacji izolacji. W ciągu 3 lat kontrolowano takie napięcia zapłonu dwóch odgromników o obciążalności 10 kA, na napięcie znamionowe 45 kV. Odgromniki znajdowały się cały czas na otwartym powietrzu pod napięciem roboczym. Z badań wynika, że rozproszenie wynosi $\pm 4,8\%$ w stosunku do war-



Rys. 20. Poziomy uderowe (napięcie przeskoku 50-procentowe) izolacji łącznie ze wstęgami rozproszonych w przypadku kilku jednakowych izolatorów; wstęgi zachodzą na siebie, przez co nie jest zapewniona koordynacja izolacji
1 — poziom średni
2 — poziom niższy

tości średniej (162 kV) napięcia przeskoku 50-procentowego dodatniego (rys. 18). Wartość ta jest blisko 4 razy mniejsza niż dla iskiernika kulowego na 125 mm w tych samych warunkach. Rozkład wartości napięć przeskoku odpowiada krzywej Gaussa, co świadczy, że odchylenia są przypadkowe, a nie wywołane starzeniem lub też zależne od pór roku.

Autor zauważa, że — przy braniu za podstawę koordynacji izolacji 50-procentowego napięcia przeskoku oraz



Rys. 21. Schemat podejścia do stacji z odcinkiem kabla

przy stosowaniu wielu jednakowych izolatorów połączonych równolegle — średnia wartość wytrzymałości całego zespołu obniża się. Ilustrują to rys. 19 i 20. Na rys. 20 wstęgi rozproszenia obu poziomów zachodzą na siebie. Zależność ta nie występuje dla 0-procentowego napięcia przeskoku. Powyższa uwaga, mogąca mieć znaczenie praktyczne dla izolatorów, w stosunku do odgromników jest praktycznie mało istotna; np średnia wartość napięcia zapłonu dla 1 odgromnika wynosi 162 kV, a dla 4 połączonych równolegle 156 kV. Autor jednak przywiązuje dużą wagę do tego zagadnienia.

5. Ochrona stacji przez podejścia kablowe.

Celem stosowania podejść ochronnych jest, jak wiadomo, odsunięcie od stacji miejsca bezpośredniego uderzenia pioruna w przewód roboczy na odległość co najmniej równą długości podejścia. Kable między linią napowietrzną a stacją stosowano od dawna, początkowo ze względu na trudności lokalne w bezpośrednim doprowadzeniu linii napowietrznej do stacji. Jako ochrona kable dawały w wielu przypadkach dobre rezultaty, jakkolwiek tłumaczenie zachodzących zjawisk ulegało ciągłej ewolucji. Nie tak dawny jest okres (por. A. J. Morawski, Sieci elektryczne, 1936), kiedy zadowalano się stwierdzeniem, że kabel — bez względu na swą długość — zmniejsza napięcie w stacji do wartości równej fali nadchodzącej,

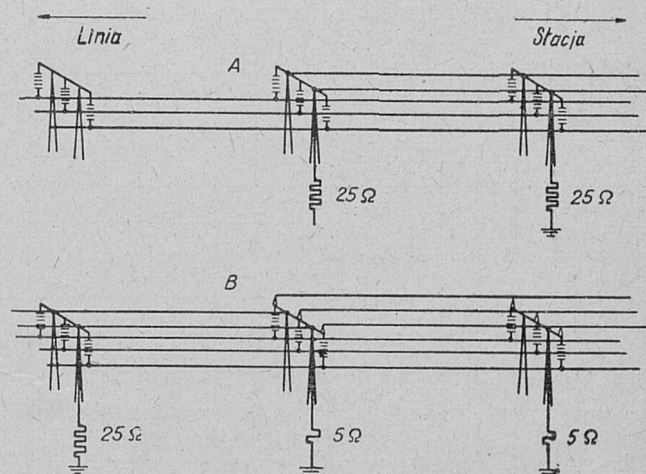
mnożonej przez $2 \frac{Z_2 U}{Z_1 + Z_2}$, gdzie Z_1 — oporność falowa

linii napowietrznej, Z_2 — oporność falowa kabla. Przy $Z_1 = 500\Omega$ i $Z_2 = 50\Omega$ fala w stacji byłaby równa 0,4

fali nadchodzącej. Tłumaczenie to uwzględnia tylko jedno przejście fali (nadchodzącej) przez punkt połączenia linii z kablem, a pomija dalsze przebiegi falowe pod postacią fal biegnących tam i z powrotem w kablu. Uwzględnienie tych przebiegów daje dla kabli krótkich wynik, zbliżony do napięcia w przypadku zastąpienia kabla pojemnością skupioną, równą pojemności kabla. Mamy tu do czynienia z tak zwaną eliminacją oporności falowej przez kolejne odbicia fal.

Okazuje się, że uwzględnienie eliminacji oporności falowej nie wyczerpuje całego zagadnienia. W większości rozważań, dotyczących przebiegów falowych w kablu, przyjmuje się milcząco, że płaszcz ołowiany kabli jest idealnie uziemiony. Tymczasem w rzeczywistości w takich kablach, leżących w gruncie lub w kanale, często oporność między płaszczem i ziemią nie może być pominięta. Na znaczenie praktyczne tej okoliczności pierwszy zwrócił uwagę uczeni radzieccy (Bogomołow A. F. Efektywność kablów przy podchodach przy prostych uderzeniach w powietrznej linii, Elektr. Stancji, 1941, nr 13—14), którzy opracowali nową teorię podejść dla przypadku umieszczenia na ich początku ochronnika wydmuchowego. W tych warunkach rola oporności czynnej między płaszczem kabla a ziemią jest bardzo istotna. Ochronnik wydmuchowy podczas działania zwierza żyłę kabla z płaszczem, to też fala biegnie po płaszczu, jak po przewodzie linii napowietrznej. Pojemności ładowane przez falę mają, jako dielektryk, grunt lub beton o oporności czynnej, której pominąć nie można. Po eliminacji oporności falowej przez kolejne odbicia fal kabel — w stanie nibyustalonym — gra rolę indukcyjności. Indukcyjność ta ogranicza prąd w odgromniku, włączonym w pobliżu chronionej izolacji, do wartości, którą odgromnik może wytrzymać bez uszkodzenia (kilka kiloamperów).

J. Herlitz i N. Knudsen [10] nie uwzględniają oporności czynnej między płaszczem kabla a ziemią. Jest to, być może, częściowo usprawiedliwione, gdyż autorzy rozpatrują kabel bez ochronnika wydmuchowego na wejściu, natomiast z odgromnikiem na wejściu lub w ogóle bez ochronnika. W ten sposób żyła z płaszczem nie jest zwarta i rola fali wewnątrz kabla jest istotna. Niemniej jednak wyniki analizy wymienionych autorów muszą być brane z pewną ostrożnością, dopóki dalsze badania całkowicie nie wyjaśnią roli uziemienia płaszcza i w tym przypadku.



Rys. 22. Przykład konstrukcji odcinka linii, stanowiącego łącznie z kablem podejście chronione

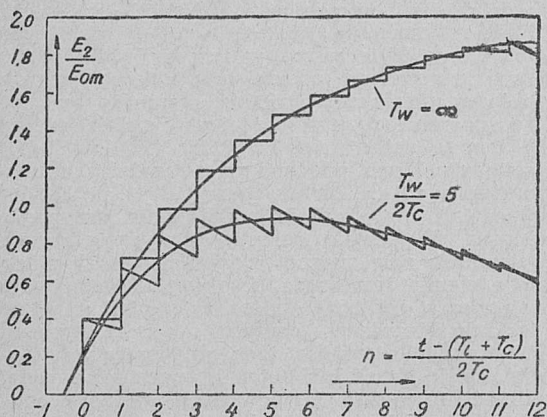
A — na lewo linia nie chroniona, na prawo podejście — ochrona niepełna

B — na lewo linia — ochrona niepełna, na prawo podejście — ochrona pełna

Rys. 21 podaje zasadniczy schemat układu z kablem, przyjętego przez wymienionych autorów szwedzkich. Na rysunku nie uwidoczniło, że kabel stanowi tylko część podejścia. Całość podejścia składa się z odcinka linii napowietrznej dobrze zabezpieczonego przez przewód odgromowy i z odcinka kabla. W przypadku linii bez przewodu odgromowego odcinek na podejściu jest zaopatrzony w taki przewód (rys. 22 A). Gdy linia ma na całej

długości przewód odgromowy, odcinek na podejściu ma większą liczbę wyżej zawieszonych przewodów odgromowych oraz mniejsze opory uziemień (rys. 22 B). Uwzględnienie w tym samym podejściu linii napowietrznej i kabla komplikuje przebiegi falowe; zbadanie tych zjawisk stanowi nowość referatu.

Przykład przebiegów napięciowych na krańcu kabla (w stacji) w przypadku dalekiego uderzenia pioruna od stacji przedstawia rys. 23. Kabel na wejściu nie jest tutaj zabezpieczony odgromnikiem. Krzywa schodkowa pow-

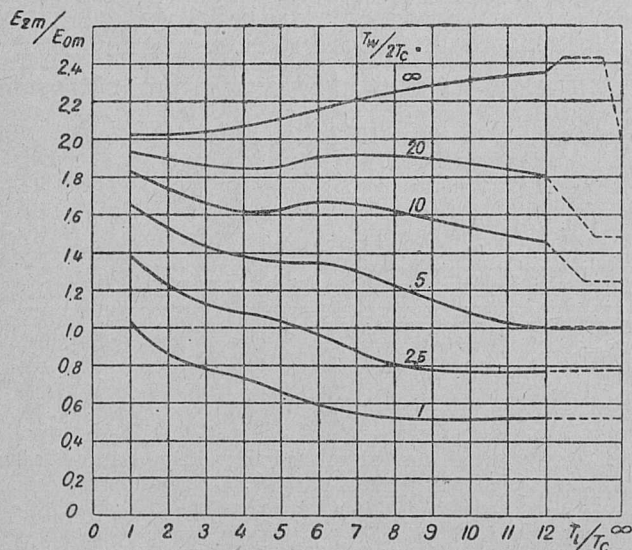


Rys. 23. Stosunek napięcia w stacji E_2 do wartości szczytowej w miejscu uderzenia pioruna E_{0m} w funkcji liczby odbić n , a więc w funkcji czasu dla przypadku uderzenia pioruna daleko od stacji

T_w — długość do półszczytu fali nadchodzącej
 T_c — czas przejścia fali przez kabel
 T_l — czas przejścia fali przez linię od miejsca trafienia przez piorun do początku kabla

stała z nałożenia fal krążących po kablu; krzywa pełna odpowiada obliczeniu dla przypadku zastąpienia kabla przez kondensator o tej samej pojemności.

Gdy piorun trafia blisko stacji, ilustrację przebiegów na krańcu kabla daje rys. 24. Posługując się takimi wykresami i obliczeniami, autorzy określili największe napięcia w stacji dla różnych długości fali nadchodzącej i różnych odległości miejsca uderzenia pioruna (rys. 25).

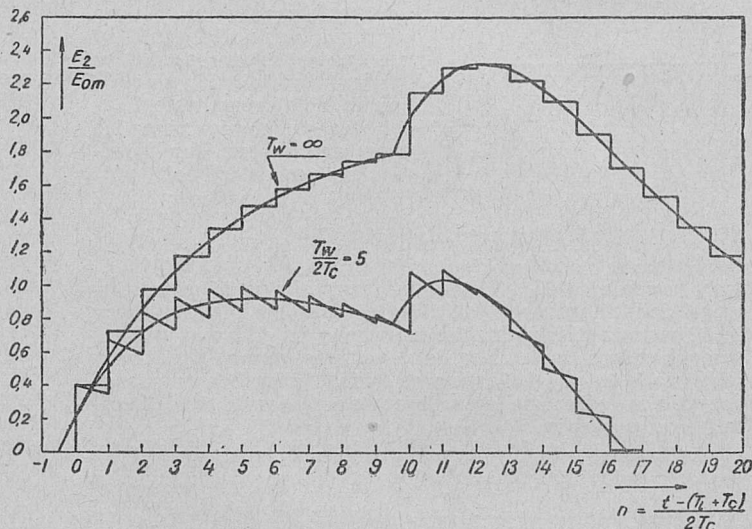


Rys. 25. Największe napięcia w stacji dla różnych długości fali nadchodzącej i różnych odstępów miejsca trafienia pioruna

Oznaczenia jak na rys. 23.

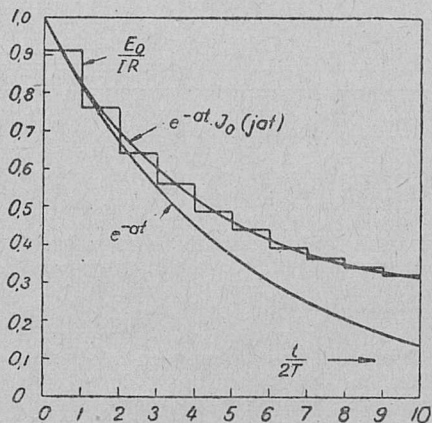
Krzywe te autorzy zalecają stosować przy wyborze długości kabla, przy czym odległość miejsca uderzenia pioruna od początku kabla uważa się za długość odcinka linii napowietrznej, wchodzącego w skład podejścia.

Bardziej złożoną postać mają krzywe, podające wartość napięcia w stacji w przypadku stosowania odgromnika na początku kabla. Jest to właściwie jeden z fragmentów ogólnego zagadnienia: określenia napięcia na obiekcie chronionym, gdy odgromnik jest od niego w pewnej odległości. Dla orientacji niech posłuży przykładowo wynik rozważań w sformułowaniu liczbowym. Według autorów ochrona przez odgromnik i kabel jest wystarczająca, gdy napięcie w miejscu uderzenia pioruna nie przekracza 2,5-krotnej wartości poziomu izolacji w stacji (wg autorów wartości większe nie występują) i gdy długość odcinka linii napowietrznej w podejściu jest ok. 8 razy większa od długości odcinka kabla. Dane te dotyczą sto-



Rys. 24. Krzywe jak na rys. 23 dla stosunku $T_l/T_c = 10$

sunku 2 długości do półszczytu fali w linii do podwójnego czasu przebiegu fali w kablu.

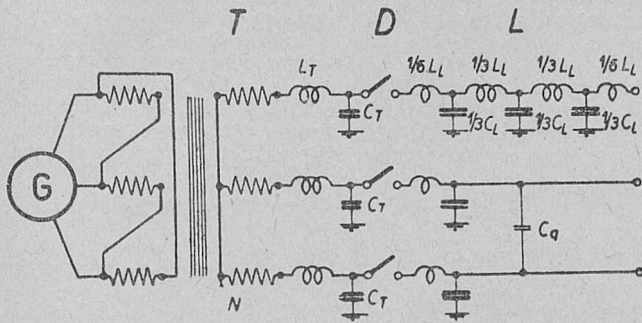


Rys. 26. Przebieg (w czasie) napięcia słupa przy trafieniu wien prostokątnej fali pioruna

Krzywa schodkowa jest obliczona na podstawie przebiegów fal wzdłuż przewodu odgromowego, krzywa e^{-at} podaje przebieg uproszczony, opisany w tekście

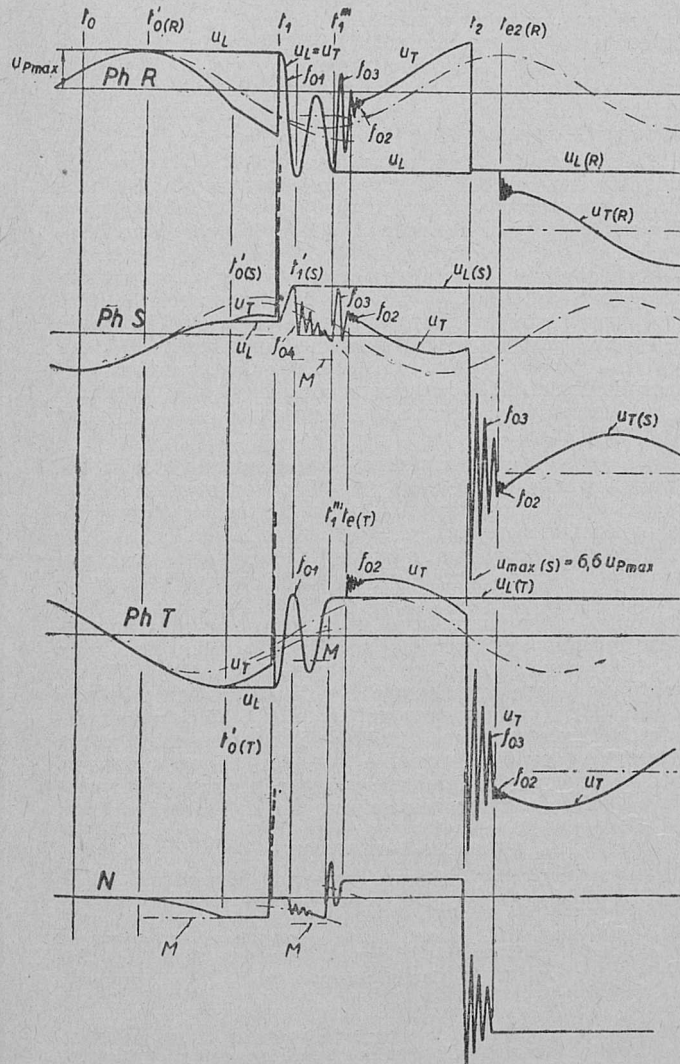
Autorzy obliczają również przebieg napięcia w czasie w przypadku trafienia pioruna w słup linii z przewodem odgromowym. Fala pioruna przyjęta jest za prostokątną, gdyż zmiana prądu wywołana przez obwód jest dużo większa, niż zmienność samego prądu pioruna. Autorzy określają napięcie słupa, sumując przebiegi falowe, jak również (inny sposób) rozpatrując obwód w stanie nibyustalonym, jako układ oporności umiennienia, połączonych indukcyjnościami przewodów odgromowych. Wynik tych rozważań jest interesujący (rys. 26). Mianowicie dość dobrym przybliżeniem krzywej obliczonej dokładnie (krzywa schodkowa) jest krzywa postaci e^{-1a} , wyznaczona dla przypadku, gdy pomija się istnienie innych słupów linii poza trzema: trafionym przez piorun i dwoma sąsiednimi, przy czym uwzględnia się tylko oporność R uziemienia słupa trafionego i indukcyjności L dwu przeseł przewodu odgromowego. Prąd w słupie trafionym ma wtedy

przebieg wykładniczy postaci $Ie^{-\frac{t}{T}}$, gdzie $T = L/2R$. Wzór ten ujmuje istotę zjawiska i dlatego jest interesujący, ale ma wartość tylko przy przybliżonym obliczaniu linii



Rys. 27. Schemat obwodów, pobudzanych do drgań przy odłączaniu długiej nieobciążonej linii

na przeskok odwrotny, gdyż przy jego wyprowadzeniu pominięto indukcyjność trafionego słupa. Oczywiście, nie nadaje się on do obliczeń dokładnych, jak np. wzory z podręcznika Sirotńskiego (Tiechnika wysokich napria-



u_L — napięcie linii względem ziemi
 u_T — napięcie transformatora
 u_P — napięcie robocze

Rys. 28. Napięcie w fazach R, S, T i w punkcie zerowym N przy odłączaniu długiej linii z rys. 27

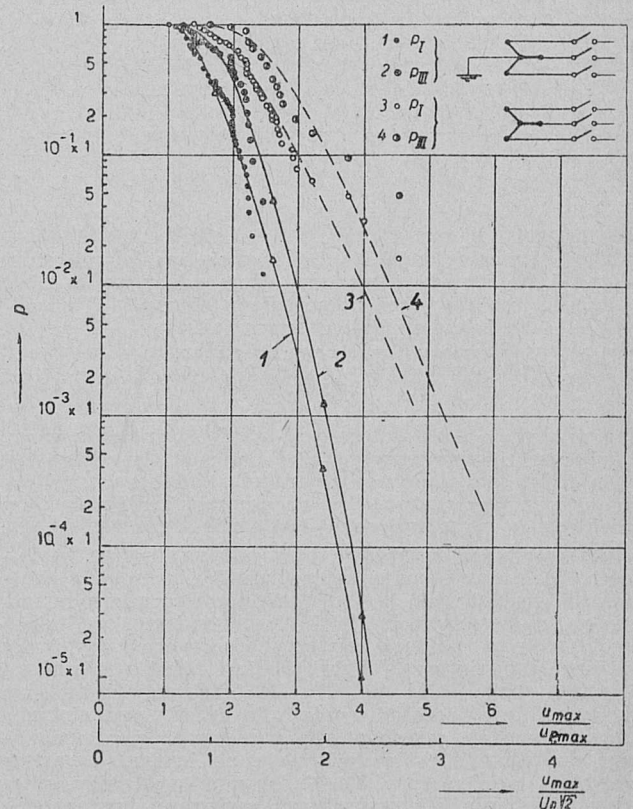
Największe napięcie osiągnięte w czasie oscylacji po stronie transformatora wynosi $6,6 u_{pmax}$

żenij). Autorzy nie dają przykładu liczbowego. Biorąc np. długość przesła 450 m o indukcyjności 1,50,450 mH = 0,675 mH, opór uziemienia $R = 20 \Omega$ (dane linii na 220 kV Śląsk-Łódź), otrzymamy: $T = \frac{0,675 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 20} = 17 \mu s$,

a długość do półszczytu udaru prądu w słupie $T_2 = T \ln 2 \approx 12 \mu s$.

6. Przepięcia łączeniowe.

Przepięcia łączeniowe, których nie można pominąć, to głównie przepięcia przy odłączaniu nieobciążonych linii lub transformatorów. Działanie odgromników przy takich przepięciach omówiono już wyżej. W zagadnieniu wysokości tych przepięć na pierwsze miejsce wybija się bardzo wysoko pod względem metodycznym ujęta praca R. Picharda [11], wykonana z inicjatywy szwajcarskiej Komisji studiów wysokich napięć i dotycząca przepięć przy odłączaniu linii nieobciążonych. Bardzo cenne jest porównanie przez autora teorii z danymi doświadczalnymi. Omówione są teoretycznie dwa zasadnicze przypadki: układ z zerem izolowanym i bezpośrednio uziemionym. Pierwszy sprawdzono w linii na 150 kV, zasilanej przez transformator o mocy 16 500 kVA, drugi w linii na 150 kV, zasilanej przez transformator o mocy 45000 kVA. Długość linii 30–40 km.



Rys. 29. Prawdopodobieństwo p powstania przepięć łączeniowych, równych lub większych niż określone przez odcięta

u_{max} — przepięcie

u_{pmax} — wartość szczytowa napięcia fazowego robocznego

$U_n/\sqrt{2}$ — wartość szczytowa napięcia międzyprzewodowego robocznego

1, 3 — prawdopodobieństwo w stosunku do jednej fazy

2, 4 — prawdopodobieństwo w stosunku do trzech faz

1, 2 — układ z zerem bezpośrednio uziemionym

3, 4 — układ z zerem izolowanym

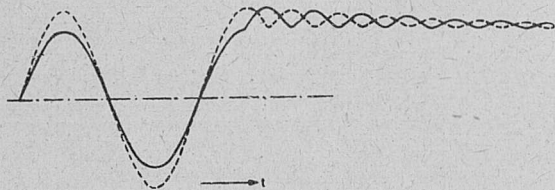
Jak wiadomo, przepięcia przy odłączaniu długich linii powstają skutkiem wielokrotnych zapłonów i zgaszeń łuku w wyłączniku podczas oscylacji obwodów drgających. Przepięcia są wynikiem nakładania się drgań na napięcia stałe, związane z ładunkiem, zostającym na linii po zgaśnięciu łuku w danej fazie w wyłączniku. Przepięcia te są dużo większe, gdy punkt zerowy jest izolowany (rys. 27). Przebieg ich w tym przypadku, zgodny z teorią i oscylogramami, podaje rys. 28. Jak widać, przepięcie przekra-

cza tutaj 6,6-krotne napięcie fazowe sieci. Jest to wynik dość zbliżony (ale tylko liczbowo) do danych w podręczniku A. Rotha (ob. również J. L. Jakubowski, Technika wysokich napięć, 1951*). Jak widać z rys. 28, w czasie przebiegów drgają różne obwody z rys. 27. Poza częstotliwością sieci występuje 5 różnych częstotliwości w granicach od 500 do 4000 Hz.

Wynik praktyczny badań i rozważań podaje rys. 29, określający prawdopodobieństwo wystąpienia różnych wartości przepięć. Jak widać, duże wartości są bardzo mało prawdopodobne. Przepięcia w przypadku transformatora z zerem izolowanym dochodzą do $6 U_f$, czyli $3,5 U$, w przypadku zera uziemionego do $4 U_f$, czyli $2,3 U$ (U_f — fazowe napięcie robocze, U — międzyprzewodowe napięcie robocze).

Autorzy uważają, że krzywe z rys. 29 są jeszcze jednym argumentem za bezpośrednim uziemieniem zera w sieciach od 100 kV wzwyż; dopuszczenie większych przepięć łączeniowych, tzn. zastosowanie punktu zerowego izolowanego, zbyt podnosi koszt izolacji linii.

Z zagadnieniem odłączania nieobciążonych linii i transformatorów spotkać się można również w pracy szwajcarskiej H. Meyera [12], omawiającej wszechstronne badania, którym były poddane w sieciach wyłączniki na napięciu 150, 220 i 380 kV o mocy wyłączalnej 3500 do 8600 MVA. Są to wyłączniki mające odpowiednio 4, 6



Rys. 30. Przebieg napięcia na krańcu zasilanym (linia pełna) i na krańcu otwartym (linia przerywana) linii o długości 800 km przed odłączeniem (sinusoida) i po odłączeniu linii (krzywa falista)

Odłączenie bez zapłonu powrotnego. Po odłączeniu w linii biegają fale, wyrównujące rozkład napięć i powodujące „zabki” na krzywej

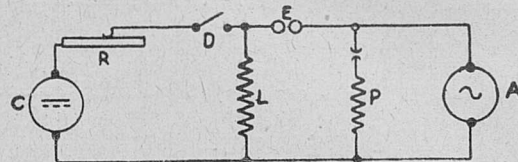
i 10 przerw na fazę, zależnie od napięcia znamionowego, przy czym równomierny rozkład napięć na przerwy jest zapewniony przy pomocy oporników o charakterystyce nieliniowej. Oporniki te, jak zobaczymy, grają rolę przy przepięciach łączeniowych.

Autor zwraca uwagę, że przy odłączaniu linii o długości 800 km występują na wyłączniku przepięcia skutkiem fal wędrownych, wywołanych nierównomiernym rozkładem napięcia wzdłuż linii. Jak wiadomo, w liniach nieobciążonych napięcie wzrasta od krańca odsyłowego do krańca odbiorczego. Przy 800 km różnica napięć na krańcach może dojść do 50%. Po odłączeniu źródła ten nierównomierny rozkład wyrównuje się za pośrednictwem fal wędrownych, podnoszących napięcie krańca zasilającego do wartości, która panowała na krańcu otwartym przed odłączeniem (rys. 30). Opisywane wyłączniki odłączały takie linie bez powrotnych zapłonów i związanych z nimi przepięć w sieci.

Autor zwraca uwagę, że powrotne zapłony, niepożądane w przypadku odłączania linii długich, są korzystne przy odłączaniu małych prądów indukcyjnych, gdyż ograniczają one przepięcia. Opisywany typ wyłącznika z opornikami sterującymi okazał się specjalnie korzystny przy odłączaniu transformatorów nieobciążonych. W razie przerywania prądu przed jego przejściem przez naturalne zero obwód jest zamknięty przez te oporniki. Przepięcia są w tym przypadku dużo mniejsze, niż gdy wyłącznik jest bez oporników. Największe przepięcia otrzymano przy odłączaniu prądu indukcyjnego 25 A. Dochodziły one do 4,5-krotnej wartości szczytowej napięcia fazowego linii.

*) W podręczniku J. L. Jakubowskiego (str. 215, rys. 5/7) błędnie podany jest skok napięcia transformatora we wszystkich fazach w chwili t . Skok nie występuje, gdyż napięcie zmienne względem ziemi w okresie czasu $1-2$ ma w fazie R wartość szczytową $1,5 U_m$, a w fazach S i T odpowiednio $\pm \frac{\sqrt{3}}{2} U_m$, gdzie U_m — wartość szczytowa napięcia fazowego. Przebieg w istotnym dla powstania dużych przepięć okresie czasu $2-3$ jest prawidłowy.

Już w pracy Ledoux i Tesznera stwierdzono, że odgromniki mogą zapewnić również ochronę od przepięć łączeniowych. Szerzej tę sprawę ujmują autorzy francuscy J. Saint-Germain i M. Perolini [13]. Starają się oni określić wartość oporności, którą winien mieć ochronnik, zmniejszający przepięcia łączeniowe. Wartość ta, w przypadku odłączania nieobciążonego transformatora, jest rzędu napięcia, określającego poziom ochrony, podzielonego przez amplitudę odłączanego prądu transformatora. W przypadku odłączania linii długiej miarą jej jest oporność falowa linii. Dla ograniczania przepięć, wywołanych przez bezpiecznik wyłączający zwarcie, opornik winien



Rys. 31. Układ laboratoryjny do badania ochronników, zmniejszających przepięcia przy działaniu bezpieczników. Sztuczne przepięcie wytwarza się przez przerywanie prądu stałego w indukcyjności L przy pomocy wyłącznika D . P — ochronnik, A — źródło napięcia zmiennego

przyjąć największy prąd, ograniczony przez bezpiecznik, przy napięciu odpowiadającym poziomowi ochrony.

Autorzy początkowo traktują oporniki z szeregowymi iskiernikami, przeznaczonymi do ochrony od przepięć łączeniowych, jako oddzielne przyrządy, ale w konkluzji zaznaczają, że odgromniki winny być tak budowane, aby spełniały jednocześnie zadania ochrony od przepięć piorunowych i łączeniowych.

Praca autorów jest pomyślana, jako wytyczne dla przepisów na ochronę od przepięć łączeniowych. Badanie przyrządów ochronnych projektuje się w liniach (ochrona od przepięć przy wyłączaniu długich linii), bądź w laboratoriach. Rys. 31 podaje schemat laboratoryjny do badania ochronników, zmniejszających przepięcia przy działaniu bezpieczników. W układzie tym przepięcie imituje gwałtowna przerwa przy pomocy wyłącznika D prądu stałego w indukcyjności L , równej indukcyjności przy zwarciu obwodu, w którym będzie zainstalowany bezpiecznik. Iskiernik E jest nastawiony na poziom ochrony. P jest przyrządem ochronnym (odgromnik), A — źródłem o napięciu sieci

Z przepięciami łączeniowymi ma pewien związek komunikat włoski M. Angeliniego [14] o nowym przyrządzie pomiarowym, mierzącym takie przepięcia. Jest to woltomierz elektromagnetyczny z ruchomym rdzeniem, w którym cewka (nieruchoma) ma rdzeń z blachy stalowej o dużym magnetyzmie szcztątkowym, a nie, jak zwykle, z żelaza miękkiego. Po przejściu przez cewkę prądu, proporcjonalnego do zaburzenia w sieci, zostaje w niej magnetyzm szcztątkowy; wskutek tego wskazówka otrzymuje trwałe wychylenie, będące miarą tego zaburzenia. Przyrząd ma doskonale nadawać się do rejestracji zarówno napięć, jak i prądów przy zaburzeniach. Wobec konieczności zasilania go przez przekładnik, nie może być oczywiście stosowany do badania przepięć atmosferycznych, chociaż jego zasada działania przypomina koncepcję znanych ogólnie sztabek magnetycznych.

SPIS REFERATÓW

- [1] Forrest J. S. Mesure des pertes d'énergie et des perturbations radiophoniques sur une ligne expérimentale de transport à 275 kV (ref. 301).
- [2] Berger K. Comparaison statistique des perturbations par orage de quelques grands réseaux à tension élevée (ref. 302).
- [3] Witzke R. L. Caractéristiques physiques et comportement des lignes à haute tension aux États-Unis et au Canada (ref. 308).
- [4] Harder E. L. et Whitehead E. R. Prédétermination du comportement des lignes de transport d'énergie (ref. 309).
- [5] Lundholm R. et Rusck S. Nouvelles expériences concernant la technique des mises à la terre des pylônes et postes électriques (ref. 305).
- [6] Silva G. Quelques remarques sur la résistance de terre des pylônes d'une ligne à 220 kV (ref. 222).
- [7] Teszner S. et Ledoux Ch. Développement des idées modernes sur les parafoudres à haute tension (ref. 333).
- [8] Grundmark B. Les parafoudres. Caractéristiques à prévoir d'après l'expérience suédoise (ref. 330).

- [9] R o h r e r H. Dispersion des tensions d'amorçage au choc des parafoudres (ref. 322).
- [10] H e r l i t z I. et K n u d s e n N. La protection contre les surtensions de l'équipement électrique relié par câble à une ligne aérienne (ref. 324).
- [11] P i c h a r d H. Comparaison des surtensions survenant lors du déclenchement d'une ligne ouverte alimentée par un transformateur dont le neutre est isolé ou mis directement à la terre (ref. 114).
- [12] M e y e r H. Compte rendu des essais réseau exécutés avec un nouveau type disjoncteur pneumatique à très haute tension (ref. 115).
- [13] S a i n t - G e r m a i n J. et P e r o l i n i M. Les surtensions dues aux interrupteurs et aux coupe-circuit à fusible à haute tension et leurs rapports avec la coordination des isolements (ref. 131).
- [14] A n g e l i n i A. M. Un instrument simple pour la détermination de la valeur maximum des surintensités et des surtensions d'origine interne dans les réseaux (ref. 326).

MGR INŻ. JAROSŁAW KURYŁOWICZ

Definicja pojęcia dokładności w miernictwie

621.3.088.3:621.317

Treść. Artykuł podkreśla pewną niekonsekwencję w dotychczasowym charakteryzowaniu dokładności za pomocą wartości uchybu względnego i wysuwa projekt zdefiniowania dokładności jako odwrotności wartości bezwzględnej uchybu względnego.

Определение точности измерения. Автор подчеркивает непоследовательность в теперешней оценке точности при помощи относительной погрешности и предлагает называть точностью обратную величину абсолютного значения относительной погрешности.

Definition of accuracy in measuring practice. The author emphasises certain inconsistencies in the method hitherto practiced in defining accuracy in measurement according to the relative error value, and advances the suggestion that accuracy should be determined according to the inverse absolute value of relative error.

Dziwną musi się wydać rzeczą fakt, że jedna z najstarszych i najczęściej używanych w miernictwie wielkości — dokładność — nie jest właściwie dotychczas poprawnie zdefiniowana. Wynika to zapewne z trudności prostego i dogodnego w stosowaniu sprecyzowania tego pojęcia, jako odrębnej wielkości, oraz z pewnej bezwładności w stosunku do używanych dotąd określeń.

Norma radziecka OST 7636—1935 podaje następującą definicję dokładności miary lub przyrządu pomiarowego¹⁾:

„Stopień prawidłowości wyników pomiaru, oszacowany przez podanie dodatnich i ujemnych granic (+—) największego możliwego uchybu lub takich samych granic jednej ze średnich wielkości uchybów, wyznaczonych według teorii uchybów przypadkowych (średnie, kwadratowe, prawdopodobne, średnie arytmetyczne).

U w a g a. Dokładność jest tym większa, im mniejsza jest bezwzględna wartość uchybu“.

Podobnie inne normy zagraniczne oraz projekt normy polskiej PN/E—06501 „Elektryczne przyrządy pomiarowe wskazówkowe“ definiują stopień (klasę) dokładności miernika jako liczbę określającą największy dopuszczalny uchyb miernika.

Również za pomocą bezwzględnej wartości uchybu względnego określana jest w literaturze technicznej dokładność pomiaru, np. dokładność 1%, czy też 0,1%.

Powstaje przeto pytanie, czy dokładność należy uważać za odrębną wielkość, mającą określone wartości, czy też wystarczy charakteryzować ją za pomocą wartości innej wielkości, mianowicie uchybu.

Jeśli dokładność jest wielkością, której wartość równa się bezwzględnej wartości uchybu, z drugiej zaś strony jest ona tym większa im mniejsza jest bezwzględna wartość uchybu, to takie ujęcie dokładności zawiera w sobie sprzeczność. Na tę niekonsekwencję zwracano już wielokrotnie uwagę; m. inn. Palm²⁾ omawiając kwestię dokładności mierników elektrycznych zaznacza, że przyrząd posiadający uchyb 1% ma właściwie dokładność 99%, a nie 1%. Uważa on również, że przy podawaniu największego dopuszczalnego uchybu w odniesieniu do końcowej wartości skali przyrządu należałoby mówić raczej o tolerancji, a nie o dokładności. Z wypowiedzi tej widać, że Palm wyczuwa wprawdzie potrzebę rozgraniczenia wielkości uchybu i dokładności, ale nie decyduje się określić prawidłowo związku pomiędzy obu tymi wielkościami. Wszak zwiększenie uchybu przyrządu z 1% na 2% nie powoduje zmniejszenia dokładności przyrządu z 99% na 98%, a więc o 1%, lecz o pełne 100%. Innymi słowy dokładność przyrządu zmalała dwukrotnie, ponieważ uchyb jego wzrósł dwukrotnie.

Z powyższego wynika jasno, że dokładność jest odwrotnie proporcjonalna do uchybu względnego. Najpro-

ściej i najdogodniej zatem byłoby zdefiniować dokładność jako odwrotność bezwzględnej wartości uchybu względnego. Jak wiadomo, uchybem względnym Δ jest stosunek uchybu bezwzględnego δ do wartości prawidłowej W_p , przy czym δ jest różnicą pomiędzy wartością zmierzoną W_m a wartością prawidłową W_p , a więc

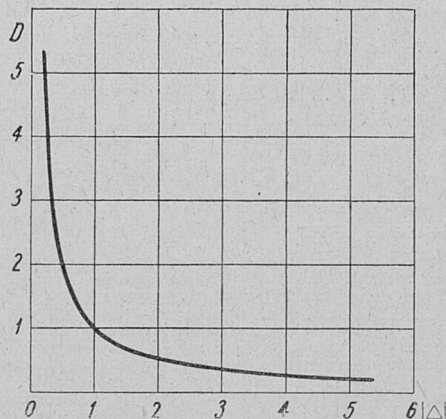
$$(1) \quad \Delta = \frac{\delta}{W_p} = \frac{W_m - W_p}{W_p}.$$

Definiując dokładność D jako stosunek wartości prawidłowej W_p do bezwzględnej wartości uchybu bezwzględnego δ , czyli

$$(2) \quad D = \frac{W_p}{|\delta|} = \frac{W_p}{W_m - W_p} = \frac{1}{|\Delta|},$$

otrzymujemy wielkość, której wartość rośnie ze zmniejszeniem się uchybu.

Zgodnie z powyższą definicją dokładność pomiaru obarczonego uchybem 0,2% wynosi 500, a nie 0,2%. Podobnie uchybowi względnemu 10^{-6} odpowiada dokładność 10^6 . Takie ujęcie dokładności posiada zaletę prostoty, usuwa dotychczasową niekonsekwencję i równie dobrze informu-



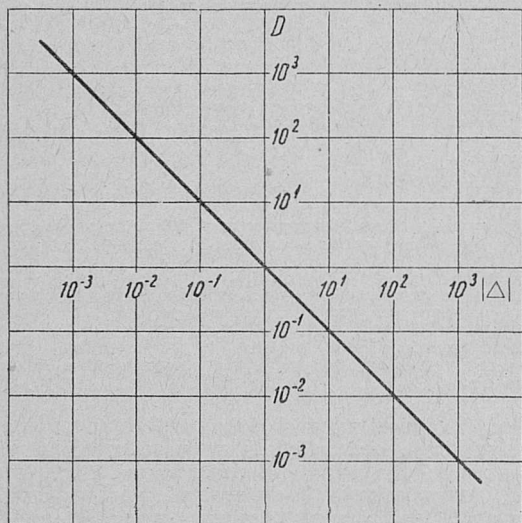
Rys. 1. Zależność dokładności D od bezwzględnej wartości uchybu względnego Δ

je o stopniu poprawności pomiaru, jak i uchyb względny. Wykreślenie zależności dokładności od uchybu przedstawia rys. 1, z którego widać, że dokładność wzrasta do nieskończoności, gdy uchyb maleje do zera, i, odwrotnie, dokładność maleje do zera, gdy uchyb rośnie do nieskończoności. Brak górnej granicy dokładności, nie pozwalając określić odległości danej dokładności od pełnej (odpowiadającej uchybowi zero), jest tylko pozornie wadą definicji. W gruncie rzeczy ta bezwzględna dokładność niewiele nas obchodzi, gdyż jest dla nas nieosiągalna. Realna granica dokładności danego pomiaru zawsze będzie mieć wartość skończoną i to stosunkowo niską, np.

¹⁾ Według ATM V-05-3.

²⁾ P a l m. Elektrische Messgeräte u. Messeinrichtungen, Berlin, 1942, str. 37.

najwyższa osiągalna dokładność pomiaru oporności wynosi ok. 10^6 . Dokładność najbardziej ścisłych pomiarów nie przekracza 10^{10} , a odpowiadający tej dokładności uchyb 10^{-10} informuje nas wprawdzie o oddaleniu od uchybu zerowego, czyli od pełnej dokładności, ale informacja ta tylko nas zwodzi bliskością zera i możliwością osiągnięcia tej granicy. W rzeczywistości wartość 10^{-10} dzieli od zera ty-



Rys. 2. Zależność dokładności D od bezwzględnej wartości uchybu względnego Δ w skali logarytmicznej

leż rzędów uchybów, ile rzędów dokładności dzieli 10^{10} od nieskończoności, tj. nieskończenie wiele. Widać to wyraźnie z rys. 2, na którym przedstawiono w skali logarytmicznej zależność dokładności od uchybu. Rosnąca do nieskończoności dokładność lepiej ilustruje niemożliwość osiągnięcia w praktyce pełnej dokładności.

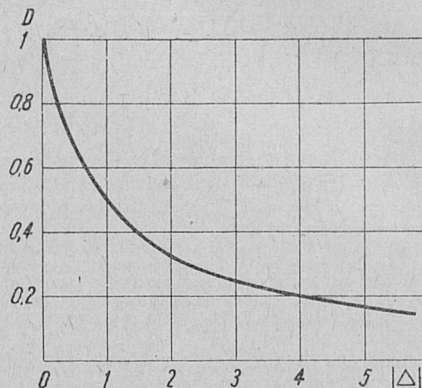
Celem uzyskania uchwytnej górnej granicy dokładności można by zdefiniować dokładność D za pomocą innego wzoru, np.

$$3) \quad D = \frac{1}{|\Delta| + 1}.$$

Wówczas przy zerowym uchybie dokładność wynosiłaby 100%, a przy nieskończenie wielkim uchybie 0% (rys. 3). Tylko wzór ten nie oddaje wypowiedzianego często

twierdzenia, że dokładność wzrasta odwrotnie proporcjonalnie do uchybu względnego. Dlatego też jedynie racjonalna wydaje się definicja dokładności jako odwrotności bezwzględnej wartości uchybu względnego.

Wypowiadano wprawdzie poglądy, że pewna niekonsekwencja w dotychczasowym ujęciu dokładności nie nastręcza większych trudności i że dlatego nie ma powodu szukania innych metod wyrażania dokładności³⁾. Dziwne



Rys. 3. Wykres funkcji $D = \frac{1}{|\Delta| + 1}$

w takim razie musi się wydać skrupulatne rozgraniczenie czułości i stałej przyrządu pomiarowego, która według definicji jest odwrotnością czułości. Można by przecież tak samo podawać wartość stałej przyrządu, np. 10^{-9} A/mm, mówiąc o jego czułości. I tak się też często potocznie mówi, tylko że nikt w ten sposób nie napisze, gdyż byłoby to nie tylko niezgodne z definicją czułości, ale i nielogiczne. Podobnie nielogiczne jest podawanie uchybu jako dokładności pomiaru.

Poruszona sprawa jest dość ważna i na czasie w związku z opracowywaniem norm oraz słownika elektrotechnicznego, który prócz terminów w kilku językach ma zawierać ich objaśnienia w formie definicji. Sprawa powinna więc zainteresować szersze koła pomiarowców i spowodować dyskusję, która być może ustali ostatecznie, że dotychczasowy sposób ujmowania dokładności powinien ulec poprawieniu.

MGR INŻ. CYRYL NIEWIADOMSKI

Zagadnienia oszczędności metali nieżelaznych w dziedzinie stopów oporowych

669.049.003:669.15:621.315.59

Т р е ś ć. Omówiono możliwości oszczędzania metali nieżelaznych w dziedzinie stopów oporowych, proponując stosowanie stopów fechrall, chromal i inmet zamiast kanthalu, chromonikeli, konstantanu i nikeli. Zwrócono uwagę, iż oszczędność metali może dać również właściwa technologia produkcji tych stopów.

Вопросы экономии нежелезных металлов в области сплавов высокого сопротивления. Обсуждаются возможности такой экономии путем применения сплавов фехрал, хромал и инмет вместо кантала, нихрома, константана и никелина. Обращено внимание на то, что на достижимую экономию нежелезных металлов оказывают влияние также надлежащая технология производства упомянутых сплавов.

The problem of non-ferrous metals economy in resistance alloys. The author deals with the prospects of effecting savings in non-ferrous metals in resistance alloys and suggests the use of fechrall, chromal, and inmet alloys instead of kanthal, nichrome, constantan and niccolite. Attention is drawn to the fact that proper technological processes in the manufacture of these alloys can also contribute to economy in metals.

W dobie walki o oszczędność metali nieżelaznych nie można zapominać również o stopach oporowych, jakkolwiek zużycie ich w przemyśle elektrotechnicznym jest bez porównania mniejsze niż innych metali i stopów nieżelaznych. Niemniej jednak i w tej dziedzinie można uzyskać poważne oszczędności, zwłaszcza niklu, jeżeli będą ustalone właściwe zasady stosowania stopów oporowych oraz jeżeli przed hutnictwem stali i przemysłem metali nieżelaznych będą postawione zadania zarówno uruchomienia produkcji niektórych — niżej omówionych — oszczędnościowych stopów oporowych, jak również wprowadzenia nowoczesnej technologii ich produkcji, zapewniającej wysoką jakość tych stopów.

Rozpatrując asortyment stopów oporowych, stosowany obecnie w kraju, tzn. kanthal, chromonikeli (przeważnie bez żelaza), konstantan i nikeli, można przede wszystkim stwierdzić, że asortyment ten jest stanowczo zbyt ubogi i że jego dobór nie jest najszcześliwszy, ponieważ wszystkie powyższe materiały z wyjątkiem kanthalu są stopami o wysokiej zawartości niklu, który jest jednym z najbardziej deficytowych i cennych metali. W związku z tym pierwszym zadaniem naszego przemysłu

³⁾ K r u k o w s k i W. Dokładność przy pomiarach fizycznych i technicznych w szczególności elektrotechnicznych (Przegl. Elektr., 1933, zes. 10, str. 370).

T a b l i c a I. Porównanie własności stopów oporowych

Nazwa stopu	Kanthal Al	Chromal	Fechral	Chromonikie- lina	Chromoni- kelina z żelazem (KNS 12)	Konstantan	Nikielina	Manganin	Inmet (nowokon- stantan)
Skład chemiczny (%)	Cr 25 Al 5,5 Co 2 Fe reszta	Cr 23 — 27 Al 4,5 — 6,5 Fe reszta	Cr 12 — 15 Al 3,5 — 5,5 Fe reszta	Cr 20 — 23 Mn < 1,5 Si < 0,5 Ni reszta	Cr 25 Ni 18 Si 2,25 Fe reszta	Ni 39 — 41 Mn 1 — 2 Cu reszta	Ni 30 — 31 Mn 2 — 3 Cu reszta	Mn 11 — 13 Ni 2,5 — 3,5 Cu reszta	Mn 12 Al 4 Fe 1,5 Cu reszta
Oporność elektryczna właściwa ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	1,45	1,35	1,25	1,15	0,97	0,45 — 0,52	0,40	0,42 — 0,48	0,45
Spółczynnik cieplny oporności właściwej	— 5.10 ⁻⁵	— 5.10 ⁻⁵	— 18.10 ⁻⁵	— 4.10 ⁻⁷	— 3.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁵ —	1,1.10 ⁻⁴ —	2.10 ⁻⁵ —	— 4.10 ⁻⁵
Siła termoelektryczna względem miedzi	— 0,04	— 0,04	— —	— 0,04	— 0,03	39 0,05	20 —	1 0,052	3 —
Przewodnictwo cieplne ($\text{kcal}/\text{cm} \cdot \text{sek} \cdot ^\circ\text{C}$)	— 0,04	— 0,04	— —	— 0,04	— 0,03	39 0,05	20 —	1 0,052	3 —
Spółczynnik rozszerzalności linio- wej 20 — 1000°C	— 17.10 ⁻⁶	— 15.10 ⁻⁶	— —	— 12,9.10 ⁻⁶	— 14,5.10 ⁻⁶	15.10 ⁻⁶	16.10 ⁻⁶	18,1.10 ⁻⁶	18.10 ⁻⁶
Wyrzynalność na rozciąganie w stanie wyczerpanym	75 — 80	70 — 80	65 110	70 — 75 120 — 140	60 —	40 — 55 65	45 65	40 — 55 60	50 — 55 —
Wyrzynalność na rozciąganie w stanie twardym	15 — 18	15 — 20	20	18 — 30	45	30	15 — 30	30	15 — 25
Wydłużenie w stanie wyczerpanym Najwyższa temperatura pracy w atmosferze powietrza	1350	1200	850	1100 — 1150	950	400	300	300	400

jest wprowadzanie stopów uboższych w nikiel w tych przypadkach, kiedy zastosowanie ich jest usprawiedliwione pod względem technicznym.

Ze stopów oporowych o dużej oporności właściwej i wysokiej temperaturze pracy zasługują pod tym względem na szczególną uwagę chromonikielina z żelazem, a zwłaszcza fechral i chromal jako stopy bezniklowe. Jak bowiem wynika z porównania własności stopów oporowych (tabl. I), materiały te mają zadowalające własności, umożliwiające w wielu przypadkach stosowanie ich zamiast chromonikieliny bez żelaza i kanthalu (deficytowe ze względu na zawartość kobaltu).

Najbardziej oszczędnościowym stopem oporowym o stosunkowo dużej oporności właściwej jest, oczywiście, fechral, którego produkcja powinna być jak najprędzej opracowana w kraju na podstawie doświadczenia radzieckiego, zebranego w pracy A. W. Marmorsztejn. Stop ten bowiem można stosować na niezbyt obciążone elementy grzejne i nieprecyzyjne oporniki zamiast chromonikieliny względnie konstantanu. Duże oszczędności niklu może dać także stosowanie chromalu, jako materiału zastępczego dla chromonikieliny na elementy grzejne, jakkolwiek chromal nadaje się jedynie na druty i taśmy o grubości powyżej 1,0—1,5 mm, wobec czego chromonikielina pozostaje dotąd niezastąpionym materiałem na cieńsze (zwłaszcza bardzo cienkie) druty i taśmy.

Przy uruchamianiu w kraju produkcji stopów oporowych typu fechralu, chromalu czy chromonikieliny należy pamiętać, iż oszczędność metali nieżelaznych osiąga się w przypadku stosowania tych stopów nie tylko przez ich właściwy dobór pod względem składu chemicznego, lecz również przez odpowiednią jakość stopu, albowiem im stop oporowy zawiera mniej zanieczyszczeń (węglu, siarki, fosforu i wtrąceń niemetalicznych), tym większa jest jego trwałość, szczególnie w przypadku cienkich drutów i taśm. Z tego wynika konieczność wprowadzenia wytopu próżniowego, stosowania jak najczystszych wsadów, właściwej przeróbki plastycznej na gorąco i na zimno oraz wyżarzania w atmosferze ochronnej; stosowanie tych środków zwiększa trzy do czterech razy trwałość (jak również zakres temperatur pracy) gotowego materiału i wykonanych z niego elementów grzejnych. Jak wykazały badania przeprowadzone w Zakładzie Materiałoznawstwa Instytutu Elektrotechniki, przemysł nasz napotyka jednak jeszcze w tej dziedzinie trudności natury technologicznej.

Poważne możliwości oszczędzania metali nieżelaznych istnieją także w dziedzinie stopów oporowych o osnowie miedzi przez zastąpienie konstantanu i nikieliny, a więc stopów o dużej zawartości niklu, stopami typu Cu-Mn. Te ostatnie stopy wyróżniają się przy tym nie tylko brakiem niklu (z wyjątkiem manganinu zawierającego 3% Ni), lecz również znacznie lepszymi własnościami elektrycznymi, umożliwiającymi stosowanie stopów typu Cu-Mn do produkcji oporów ścisłych i wzorcowych.

W związku z tym należy dążyć, aby produkcja stopów Cu-Mn została jak najprędzej uruchomiona na podstawie wyników produkcji seryjnej stopu typu Cu-Mn-Al (iza-bellin), uzyskanych przez autora w 1946 r., oraz na podstawie wyników prób produkcji stopu typu Cu-Mn-Al-Fe (inmet), uzyskanych przez Instytut Metali Nieżelaznych w 1950 r. Trzeba jednak pamiętać również w przypadku powyższych stopów, że ich jakość, a zwłaszcza przydatność na opory ścisłe i wzorcowe także zależy przede wszystkim od właściwej technologii produkcji (obróbki cieplnej w atmosferze ochronnej).

LITERATURA

- Brandt G. Die Verwendungsverbote für Metalle (1941)
 Zajmowski A. S. Nowyże elektrotechniczne spawy (Trudy wsiesojuznoj technicznej konfieriencji po primienieniu nowych materialow i zamienitielej, wyp. VIII, Miedzi i spawy, 1945)
 Zajmowski A. S., Usow W. W. Miedzi i spawy w elektrotechnice (1949)
 Marmorsztejn A. W. Spawy żelazo-chrom-alumini (1950)
 Schultze A. Metallische Werkstoffe der Elektrotechnik (1950)
 Krupkowski A., Misiołek Z. Wytwarzanie i własności drutów oporowych o składzie 82,5% Cu, 12% Mn, 4% Al, 1,5% Fe (Prace Bad. Główn. Inst. Metali i Odlewn., 2(1950)273)

Problemy szkoleniowe w elektrotechnice

Korespondencyjne Kursy Przygotowawcze do egzaminu na stopień inżyniera,
zorganizowane przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich

Przebieg i wyniki I turnusu — od 1 marca 1951 do 15 marca 1952 r.

1. Organizacja. Zarząd Główny SEP zorganizował dwa roczne Korespondencyjne Kursy Przygotowawcze dla kandydatów, ubiegających się o uzyskanie stopnia inżyniera zgodnie z ustawą z dn. 28 stycznia 1948 roku: A) Kurs na stopień inżyniera elektryka, B) Kurs na stopień inżyniera łączności.

Celem kursów było opanowanie przez kursantów przedmiotów podstawowych i zapoznanie z przedmiotami, z którymi kursant może spotkać się w swoim zawodzie. W tym celu utworzono na stopniu inżyniera elektryka (prądy silne) dwie sekcje: energetyczną i przemysłową, na stopniu inżyniera łączności (telekomunikacja) trzy sekcje: radiotechniki, techniki łączenia i techniki przenoszenia (teletransmisji).

Szkolenie trwało 12 1/2 miesiąca. Każdy przedmiot miał swego kierownika (z reguły autora skryptu), który opracowywał tematy egzaminacyjne, poprawiał je i wystawiał oceny. Nie zorganizowano poradni konsultacyjnej dla uczestników zgrupowanych w większych ośrodkach, ponieważ ośrodki nie miały kompletu skryptów, które były pisane równolegle z odbywającym się szkoleniem.

2. Kursanci. Na kurs wpłynęło około 800 podań. Komisja Kwalifikacyjna SEP, po rozważeniu zgłoszeń, przyjęła 525 kandydatów, z których część zrezygnowała na początku i pozostało 481. Dalsze zmiany w składzie słuchaczy i wyniki podaje następujące zestawienie:

	Maj 1951	Paź- dzier- nik 1951	Ma- rzec 1952	Ukoń- czyło kursy
Sekcja energetyczna	229	94	124	46
Sekcja przemysłowa	112	71	82	37
Sekcja radiotechniki	21	8	12	3
Technika łączenia	51	15	21	2
Technika przenoszenia	68	20	25	4
Razem	481	208	264	92

Gwałtowny spadek liczby kursantów w październiku 1951 r. został spowodowany trzykrotnym zwiększeniem opłat w myśl zarządzenia NOT. Część tego ubytku udało się odzyskać.

Kursantów można podzielić na trzy kategorie:

1) poważnie myślący obywatele, którzy pragnęli pogłębić wiadomości i dokładać wszelkich starań, aby ukończyć kurs pomyślnie; pracowali systematycznie, składali w terminie prace egzaminacyjne;

2) kursanci nieprzygotowani do studiów teoretycznych; tematy egzaminacyjne były dla nich zbyt skomplikowane; dla przyswojenia przekazanego im materiału muszą poświęcić dłuższy okres czasu, przynajmniej 2 lata; kwalifikują się do przeniesienia na II kurs korespondencyjny;

3) kursanci, którzy lekkomyślnie zapisali się na studia i przerwali kontakt z kierownictwem bez podania powodów wystąpienia.

Znakomita większość, bo 70% kursantów była pochodzenia robotniczego, 15% pochodzenia chłopskiego, 10% ze środowiska inteligencji pracującej, wreszcie 5% nie podało ścisłych danych, pozwalających określić ich pochodzenie społeczne; kierownictwo kursu poprzestało na poparciu ze strony odpowiednich rad zakładowych i związku zawodowego zakładu pracy.

Jak wielki istnieje pęd do nauki, świadczy fakt, że 40% kursantów było w wieku od 40 do 50 lat i również 40% w wieku od 30 do 40 lat. Pozostali dzielą się w jednakowej liczbie powyżej 50 i poniżej 30 lat.

3. Programy nauczania. W poniższych wykazach podano przewidzianą liczbę godzin, którą kursant powinien poświęcić dla przestudiowania ustalonych w sekcji przedmiotów, oraz liczbę stron odpowiedniego podręcznika.

Sekcja energetyczna

1) Nauka o Polsce i świecie współczesnym (40 g., 280 str.). — 2) Termodynamika techniczna (60 g., 300 str.). — 3) Matematyka I i II (150 g., 758 str.). — 4) Fizyka (70 g., 541 str.). — 5) Podstawy elektrotechniki (120 g., 703 str.). — 6) Materiałoznawstwo elektrotechniczne (40 g., 186 str.). — 7) Encyklopedia maszyn (100 g., 758 str.). — 8) Miernictwo elektryczne (25 g., 185 str.). — 9) Maszyny elektryczne (80 g., 520 str.). — 10) Linie i urządzenia elektryczne (40 g., 260 str.). — 11) Kable i przewody energetyczne (30 g., 300 str.). — 12) Elektrownie ciepłone i wodne (25 g., 178 str.). — 13) Trakcja elektryczna (15 g., 90 str.). — 14) Elektrotermia (10 g., 54 str.). — 15) Elektrochemia (15 g., 90 str.).

Program nauczania sekcji przemysłowej obejmuje te same przedmioty z wyjątkiem termodynamiki technicznej, zamiast której przewidziano „Organizację przedsiębiorstwa i produkcji w przemyśle elektrotechnicznym“ (60 g., 500 str.).

Sekcja radiotechniki

1) Nauka o Polsce i świecie współczesnym (40 g., 280 str.). — 2) Organizacja przedsiębiorstwa i produkcji (60 g., 500 str.). — 3) Matematyka I i II (150 g., 758 str.). — 4) Fizyka (70 g., 541 str.). — 5) Encyklopedia elektrotechniki (120 g., 520 str.). — 6) Podstawy telekomunikacji (170 g., 825 str.). — 7) Radiokomunikacja (40 g., 275 str.). — 8) Urządzenia nadawcze (40 g., 420 str.). — 9) Anteny (30 g., 200 str.). — 10) Radiofonia (20 g., 100 str.). — 11) Miernictwo radiotechniczne (40 g., 245 str.).

Sekcja techniki łączenia

Pierwszych 6 przedmiotów jak w sekcji radiotechniki. Dalsze przedmioty są następujące:

7) Zagadnienia trafiku (15 g., 60 str.). — 8) Elementy łącznic (25 g., 230 str.). — 9) Systemy łączeniowe (50 g., 286 str.). — 10) Urządzenia zasilające (15 g., 90 str.). — 11) Centrale międzymiastowe (40 g., 194 str.). — 12) Miernictwo teletechniczne (25 g., 118 str.).

Sekcja techniki przenoszenia

Pierwszych 6 przedmiotów jak w sekcji radiotechniki. Dalsze przedmioty są następujące:

7) Fragmenty urządzeń (40 g., 350 str.). — 8) Urządzenia wzmacniakowe (30 g., 348 str.). — 9) Telefonia nośna (30 g., 220 str.). — 10) Telegrafia nośna (10 g., 74 str.). — 11) Kable teletechniczne (30 g., 195 str.). — 12) Linie napowietrzne (10 g., 55 str.). — 13) Miernictwo teletransmisyjne (20 g., 117 str.).

Założono, że średni czas, który kursant może tygodniowo poświęcić na studia, wynosi 16 godz., co przy rocznym kursie wyniesie 800 godzin. Ponadto przyjęto, że na przygotowanie tematu repetycyjnego kursant poświęci 4 godz., co średnio przy 15 przedmiotach wyniesie 60 godzin.

Liczba tematów ćwiczeń zależała od wagi przedmiotów (ćwiczenia zadawano tylko dla przedmiotów podstawowych) i wynosiła 5 dla matematyki, 4 dla podstaw elektrotechniki i telekomunikacji, 3 dla organizacji przedsiębiorstwa itd. Ogólna liczba ćwiczeń wynosiła 20, przy czym na opracowanie tematu przewidziano 3 godz., a więc na wszystkie ćwiczenia kursant zużył co najmniej 60 godzin.

Średnio liczba godzin, którą zdolny kursant zakwalifikowany do pierwszej kategorii musiał poświęcić tygodniowo, wyniosła 18, co uważa się za liczbę małą i nie przeciążającą kursanta w jego życiu zawodowym i osobistym.

Nie uwzględniono w rozważaniach urlopu i niezdolności do pracy w czasie trwania szkolenia.

Liczba stron skryptów (względnie podręczników) wynosiła:

Sekcja energetyczna	5180 str.
Sekcja przemysłowa	5380 str.
Sekcja radiotechniki	4670 str.
Sekcja techniki łączenia	4820 str.
Sekcja techniki przenoszenia	4780 str.

Miesięcznie kursant był obowiązany przestudiować około 400 stron skryptu, czyli około 5 stron na godzinę. Zdaniem kierownictwa była to liczba zbyt duża; przeprowadzona ankieta i bezpośrednie rozmowy z kursantami wykazały możliwość przerobienia miesięcznie około 200 stron skryptów.

Wydaje się rzeczą słuszną uznać na następnym kursie niektóre przedmioty za nieobowiązkowe i tym samym zmniejszyć liczbę stron skryptów koniecznych do przestudiowania w określonym rocznym terminie.

Droga wyeliminowania niektórych skryptów, jak Matematyka I, Encyklopedia maszyn, Elektrochemia, Elektrotermia, Urządzenia radionadawcze, Centrale międzymiastowe, Kable teletechniczne, byłaby słuszną, lecz dekompletowałaby ciekawą i obszerną bibliotekę przedmiotów, opracowanych specjalnie na kurs korespondencyjny. Pożądana jest opinia w tej kwestii absolwentów I Kursu Korespondencyjnego.

4. Skrypty. Ogółem na obu kursach opracowano i wydano 47 skryptów i zakupiono 3 podręczniki. Oto wykaz skryptów*):

1) Dr Rajewski. Matematyka I (330 s., 370 r.). — 2) Dr Rajewski. Matematyka II (430 s.). — 3) Inż. Morsztyn. Organizacja przedsiębiorstw i produkcji (500 s., 156 r.). — 4) Podstawy elektrotechniki (703 s., 48 f.). — 5) Dr Kwiatkowski. Materiałoznawstwo elektryczne (186 s., 28 r.). — 6) Inż. Sacharuk, inż. Śliwa, inż. Gabryś, inż. Manitius. Maszyny elektryczne (500 s. 72 f.). — 7) Inż. Ejsmond. Linie elektryczne (85 s., 56 r.). — 8) Inż. Ejsmond. Urządzenia elektryczne (113 s.). — 9) Inż. Młodziński, inż. Kołodziejczyk. Termodynamika techniczna (300 s.). — 10) Inż. Kędzierowski, inż. Piotrowski, inż. Gosztowt. Fizyka (541 s., 122 r.). — 11) Inż. Zmysłowski. Kotły parowe (106 s., 19 f.). — 12) Inż. Witwicki. Silniki parowe (75 s., 22 f.). — 13) Inż. Grajewski. Turbiny parowe (100 s., 10 f.). — 14) Inż. Biernacki. Turbiny wodne (64 s., 16 f.). — 15) Inż. Zmysłowski. Sprężarki i wentylatory (23 s., 5 f.). — 16) Inż. Kolbiński. Kable i przewody energetyczne (299 s., 14 f.). — 17) Inż. Fischer. Elektrownie ciepłne i wodne (160 s., 16 f.). — 18) Inż. Gubrynowiczowa. Wytężalność materiałów (208 s. 167 f.). — 19) Prof. Podolski. Trakcja elektryczna (90 s., 20 r., 1 f.). — 20) Inż. Sochor. Elektrotermia (52 s., 33 r.). — 21) Inż. Koraszewski. Elektrochemia (89 s., 40 r.). — 22) Inż. Dudziewicz. Podstawy telekomunikacji (295 s., 183 r.). — 23) Inż. Majcher. Modułacja i demodulacja (105 s., 56 r.). — 24) Inż. Hennel, inż. Paszkowski. Lampy elektronowe (106 s., 20 f.). — 25) Inż. Kotecki. Elektroakustyka (80 s., 38 r.). — 26) Inż. Hahn. Oscylatory (90 s., 63 r.). — 27) Inż. Michalski. Telefonacja I (97 s., 18 f.). — 28) Inż. Boglewski. Telefonacja II (64 s., 39 f.). — 29) Inż. Stefański. Telegrafia (23 s., 7 f.). — 30) Inż. Łapiński. Miernictwo elektr. i telekom. (117 s., 72 r. 11 f.). — 31) Inż. Kędziński, inż. Turczyn. Miernictwo radiotechn. (240 s., 160 r.). — 32) Inż. Jakubowski. Miernictwo teletechniczne (95 s., 45 r.). — 33) Inż. Michel. Urządzenia wzmacniakowe (250 s., 184 r.). — 34) Inż. Rotter. Zagadnienia trafiku (50 s., 11 r.). — 35) Inż. Pomirski, inż. Szpigler. Kable teletechniczne (185 s., 16 r., 10 f.). — 36) Inż. Lewiński. Radiofonia (96 s., 6 f.). — 37) Inż. Nowicki. Centrale międzymiastowe (193 s., 62 f.). — 38) Inż. Borowski. Anteny (192 r., 65 f.). — 39) Inż. Namski. Urządzenia zasilające telekomunikacji (90 s., 29 r.). — 40) Inż. Wójcikiewicz. Linie napowietrzne (55 s., 10 f.).

*) W nawiasach podano liczbę stron (s.), liczbę rysunków (r.) względnie liczbę arkuszy rysunkowych formatu A4 (f.).

— 41) Dr Zagajewski. Urządzenia radionadawcze (420 s., 42 f.). — 42) Inż. Konopka. Radiokomunikacja (275 s., 44 f.). — 43) Telegrafia wielokrotna (tłumaczenie, 63 s., 10 f.). — 44) Inż. Zyszkowski. Fragmenty urządzeń (130 s., 27 f.). — 45) Inż. Milewski, inż. Trechciński. Elementy łączeniowe (231 s., 7 f.). — 46) Inż. Borkowski. Systemy łączeniowe (286 s., 28 f.). — 47) Inż. Kiliński. Encyklopedia elektrotechniki (500 s., 384 f.).

Ogólna liczba stron skryptów, wydanych na wszystkich sekcjach, wynosi 9257 stron, łączna zaś liczba rysunków wynosi 2546.

Pod względem ilościowym należy uważać ukazanie się podobnego wydawnictwa w krótkim, bo zaledwie piętnastomiesięcznym, okresie czasu za wielki sukces.

Z punktu widzenia przydatności i wartości fachowej wypowiedzieli się zarówno opiniodawcy, jak i kursanci. Opinia jednych i drugich jest pochlebna (tylko w dwu przypadkach wypadło skrypty gruntownie przerabiać).

Strona wydawnicza nie stała na wysokości zadania. Teksty powielane systemem „Rotaprint” z klisz metalowych uzyskiwały ładną szatę zewnętrzną pod względem czytelności, a rysunki pod względem wyrazistości przeważnie pozostawiały dużo do życzenia.

5. Sprawy finansowe. Kursy były finansowane przez Naczelną Organizację Techniczną. Opłaty wniesione przez kursantów stanowiły około 30% ogólnych kosztów. Oznacza to, że przyszli inżynierowie stosunkowo małym kosztem uzyskali kompletną bibliotekę swego zawodu opartą na najnowszych osiągnięciach techniki.

Obniżenie kosztów wydawnictwa nastąpiło również dzięki obywatelskiemu stanowisku 28 autorów, którzy dobrowolnie zrzekli się części swych honorariów na rzecz SEP. Zaoszczędzona w ten sposób kwota wyniosła ok. 38 000 zł.

6. Zakończenie. Pomimo wielu niewiadomych, z którymi uruchamiano kursy, stopniowo wyłonił się szkielet organizacyjny nauczania korespondencyjnego, który dał wyniki korzystne dla kursantów, dzięki ugruntowaniu znajomości podstawowych i zawodowych przedmiotów potrzebnych dla inżyniera elektryka oraz inżyniera łączności.

Liczba kursantów, którzy otrzymali zaświadczenia ukończenia kursu wynosi 35% stanu systematycznie prowadzących studia, a więc jest stosunkowo duża. Średni wiek kursantów otrzymujących zaświadczenie waha się ok. 35 lat, a więc przyszli inżynierowie będą mogli w pełni siłą objąć nowe stanowiska po uzyskaniu dyplomu.

Program nauczania na kursach SEP wyróżniał się w stosunku do programów innych stowarzyszeń NOT dużą liczbą przedmiotów i wyjątkową objętością skryptów oraz bogactwem rysunków. Władze NOT niezawodnie wyposażają objętość najważniejszą dla wszystkich stowarzyszeń.

Sprawa autorów, a przede wszystkim opracowanych przez nich skryptów, nie powinna pozostać bez oddźwięku. Zarysowują się możliwości najpierw wykorzystania opracowanych przedmiotów dla wszystkich stowarzyszeń NOT dzięki pracy Komisji Programowej NOT, a następnie wydania drukiem niektórych wartościowych skryptów.

Pierwszy cykl Korespondencyjnego Kursu Przygotowawczego do egzaminu na stopień inżyniera został zakończony pomyślnie dzięki dużemu wysiłkowi, gorliwości i poświęceniu całego personelu i koleżeńskiej pomocy pracowników SEP-u.

Inż. J. Srebrzyński
kierownik Kursów

Wydawnictwa nadesłane

KORDYASZ JÓZEF, mgr. WSKAZÓWKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY PRZY ROBOTACH TELETECHNICZNYCH. Biblioteka Ochrony Pracy. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 27, cena 3,50 zł. — Spis rzeczy: Wskazówki ogólne. Bezpieczeństwo pracy przy robotach teletechnicznych na liniach napowietrznych. Bezpieczeństwo pracy przy robotach teletechnicznych na liniach kablowych. Bezpieczeństwo pracy przy robotach teletechnicznych stacyjnych. — Z przedmowy wydawcy: Broszura przeznaczona jest dla

majstrów, techników oraz referentów bezpieczeństwa i higieny pracy.

NIEBRÓJ STANISŁAW dr. RAŻENIA ELEKTRYCZNE. 1951, Katowice, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 123, rys. 30, cena 15,50 zł. — Przedmowa wydawcy: Książka zawiera wyjaśnienie ogólnych zasad działania prądu elektrycznego i zmian fizyko-chemicznych oraz biologicznych wywołanych przepływem prądu elektrycznego przez organizm ludzki. Omawia za-

gadnienie śmierci pozornej porażonych oraz patologię zmian w poszczególnych organach ciała ludzkiego wskutek rażenia elektrycznego. Opisuje metody ratowania porażonych, sposoby leczenia skutków rażenia elektrycznego oraz rozważa sposoby zapobiegania urazom elektrycznym. Książka przeznaczona jest głównie dla lekarzy praktyków zatrudnionych w zakładach przemysłowych, lecz może być również pomocą przy szkoleniu tzw. ratowników, wybieranych spośród personelu technicznego.

NOWICKI FELIKS, mgr inż. **BUDOWA I KONSERWACJA CENTRAL TELEFONICZNYCH**. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 240. — Spis rzeczy: Części składowe central telefonicznych, Pomieszczenia central telefonicznych. Rozplanowanie sprzętu w pomieszczeniach. Materiały używane przy budowie central. Narzędzia do budowy central. Czynności wykonywane przy budowie central. Konserwacja central telefonicznych. — Z przedmowy wydawcy: Przykłady podane w tekście dobrane zostały dla warunków najczęściej występujących w Polsce i w większości wypadków odnoszą się do central systemu Strowgera, produkowanych przez przemysł państwowy i instalowanych w większych ilościach w kraju. Książka przeznaczona jest dla inżynierów projektujących, dla techników i telemechaników, zatrudnionych przy budowie i eksploatacji oraz dla studentów szkół inżynierskich i słuchaczy liceów teletechnicznych.

NOWICKI FELIKS, mgr inż. **BUDOWA I KONSERWACJA CENTRAL TELEFONICZNYCH. ATLAS RYSUNKÓW**. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 39.

TERMAN F. E. prof. **RADIOTECHNIKA. Tom I**. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 671, cena 72 zł. — Spis rzeczy: Elementy radiokomunikacji. Elementy obwodu. Własności obwodów ze stałymi skupionymi. Obwody o stałych rozłożonych. Podstawowe właściwości lamp elektronowych. Wzmacniacze lampowe o niestrojonej oporności obciążenia (nierezonansowe). Wzmacniacze rezonansowe. Generatory lampowe. — Z przedmowy wydawcy: „Radiotechnika” przeznaczona jest przede wszystkim jako podręcznik dla studentów oddziałów telekomunikacyjnych szkół inżynierskich i politechnik oraz dla tych inżynierów i techników telekomunikacji, którzy chcą pogłębić i unowocześnić swoje wiadomości teoretyczne.

ROTKIEWICZ W. mgr inż., prof. **Politechniki Wrocławskiej, TECHNIKA ODBIORU RADIOWEGO. Tom I**. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 512. — Spis rzeczy: Wiadomości ogólne. Wstęp. Zakresy częstotliwości. Rodzaje i widma sygnałów radiowych. Ogólne wiadomości o rozchodzeniu się fal elektromagnetycznych. Ogólne zasady działania odbiorników i rodzaje odbiorników. Klasyfikacja odbiorników. — Anteny i obwody wejściowe. Zasada działania anten odbiorczych. Rodzaje anten odbiorczych. Obwody wejściowe. — Wzmacniacze. Wiadomości ogólne. Wzmacniacze napięciowe częstotliwości akustycznej. Wzmacniacze mocy częstotliwości akustycznej. Wzmacniacze wielkiej częstotliwości. Wzmacniacze częstotliwości pośredniej. — Detekcja i przemiana częstotliwości. — Detekcja. Przemiana częstotliwości. — Reakcja i superreakcja. — Reakcja. Superreakcja. — Przedmowa wydawcy: Książka omawia zasady działania poszczególnych stopni odbiornika radiowego a mianowicie: obwody wejściowe, wzmacniacze wielkiej pośredniej i małej częstotliwości, układy reakcyjne i superreakcyjne. Wyprowadzone są wzory pozwalające na przeprowadzenie analizy pracy poszczególnych układów oraz umożliwiające ich projektowanie. Podane są przykłady obliczeniowe. Książka przeznaczona jest jako podręcznik dla studentów oddziałów telekomunikacji politechnik i szkół inżynierskich a także dla inżynierów i techników jako źródło wiadomości i pomoc przy projektowaniu odbiorników radiowych.

SMOLIŃSKI ADAM, prof. dr inż. **ZASADY WZMACNIANIA. Tom II: Pasmowe wzmacniacze napięciowe**. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 456, cena zł 65. — Spis rzeczy: Łączenie

ze źródłem wzbudzającym. Wzmacniacze pasmowe. Wzmacniacze szerokopasmowe dolnoprzepustowe. — Przedmowa wydawcy: Książka niniejsza stanowi drugi tom monografii wzmacniania przebiegów elektrycznych i zawiera opis działania pasmowych wzmacniaczy napięciowych. Poza wstępem opisującym łączenie wzmacniaczy ze źródłem wzbudzającym omówiono wzmacniacze oporowe o sprzężeniu pojemnościowym i bezpośrednim, wzmacniacze dławikowe i transformatorowe i na koniec różne typy wzmacniaczy szerokopasmowych łącznie ze wzmacniaczem łańcuchowym. Książka przeznaczona jest dla techników i inżynierów pracujących w dziedzinie telekomunikacji oraz dziedzinach pokrewnych, może służyć również jako podręcznik dla oddziałów telekomunikacyjnych szkół inżynierskich i politechniki.

SZPARKOWSKI ZYGMUNT, mgr inż. **NAPOWIETRZNE LINIE TELEKOMUNIKACYJNE**. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 242, cena zł 30. — Spis rzeczy: Wiadomości wstępne. Materiały liniowe. Budowa linii napowietrznej. Obliczanie mechaniczne elementów linii. Zakłócenia w liniach telekomunikacyjnych. Projekt budowy linii. Roboty na liniach istniejących. Zasady konserwacji linii. Kierunki rozwojowe budowy linii. Literatura. — Z przedmowy wydawcy: Książka przeznaczona jest dla inżynierów pracujących w dziedzinie napowietrznych linii telekomunikacyjnych.

BRONWELL A. B. i BEAM R. E. TEORIA I ZASTOSOWANIE MIKROFAL. Tom I. Tłum. zbiorowe pod redakcją dr inż. S. Ryżko. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 340. — Spis rzeczy: Przedmowa. Wstęp. Ładunki w polu elektrycznym. Prąd, moc, zależności energetyczne. Podstawy fizyczne obwodów zastępczych. Generatory i wzmacniacze z triadą o ujemnym napięciu siatki. Generatory działające na zasadzie wykorzystania czasu przelotu elektronu przez lampę. Generatory magnetronowe. Równania linii przesyłowej. Analiza graficzna przebiegów w linii przesyłowej. Linie przesyłowe jako elementy obwodów. Układy nadawcze i odbiorcze. Urządzenia impulsowe radar. — Przedmowa wydawcy: Książka jest tomem pierwszym dzieła omawiającego zasadnicze własności mikrofal oraz elementów konstrukcyjnych używanych w tej dziedzinie. Zawiera ogólną teorię i przykłady konstrukcyjne mikrofalowych układów generacyjnych z zastosowaniem specjalnych triad, klistronów, magnetronów itp., teorię linii długich oraz zasady urządzeń nadawczych i odbiorczych. Przeznaczona jest dla inżynierów — magistrów oraz studentów wydziałów łączności wyższych uczelni technicznych.

BRONWELL A. B. i BEAM R. E. TEORIA I ZASTOSOWANIE MIKROFAL. Tom II. Tłum. zbiorowe pod redakcją dr inż. S. Ryżko. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 643, cena 56 zł. — Spis rzeczy: Równania Maxwella. Rozchodzenie się i odbicie fal płaskich. Rozwiązywanie zagadnień pola elektromagnetycznego. Falowody. Nieciągłości impedancji w falowodach i rezonatorach. Zastosowanie falowodów i rezonatorów. Anteny prostoliniowe i ich zespoły. Impedancja anten. Inne układy promieniujące. Układy jednostek. Elektryczne własności materiałów. Wzory analizy wektorowej. — Z przedmowy wydawcy. Rozdziały tomu drugiego obejmują teorię pola elektromagnetycznego, zagadnienie rozchodzenia się i odbicia fal płaskich oraz teorię i zastosowanie falowodów i anten. Tom ten zawiera poza tym dodatki, spis literatury uzupełniającej i indeks pojęć. Książka jest przeznaczona dla magistrów inżynierów oraz studentów wydziałów łączności wyższych uczelni technicznych.

KLASYFIKACJA DZIESIĘTNA. Część 548/549. Krystalografia — mineralogia. 1950, Warszawa, Główny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej. — Spis rzeczy: Krystalografia 548. Mineralogia 549. Indeks przedmiotowy. — Przedmowa wydawcy: Tłumaczenie z czwartego międzynarodowego wydania angielskiego Universal Decimal Classification B. S. 1000 Vol. 2. Part 2. Class 54 (London 1943) — z poprawkami według trzeciego międzynarodowego wydania niemieckiego (Berlin 1937. Nachdruck 1947 und Ergänzungen).

BIULETYN INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok VII — nr 40

Warszawa, Piękna 68

Styczeń 1953 r.

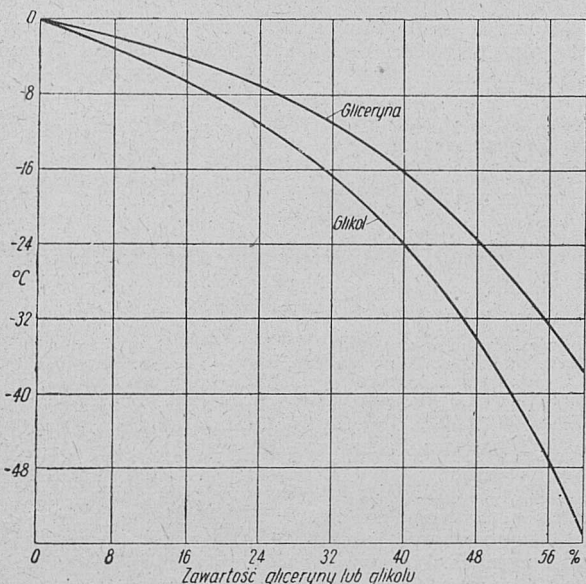
Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego

EKSPANZYNA

W okresie ostatnich lat Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego Instytutu Elektrotechniki udzielił wiele informacji w sprawie ekspansyny, a mianowicie metod jej badania, kontroli przydatności, możliwości zakupu, oraz wykonał szereg analiz przysyłanych próbek. Sprawa ta jest w dalszym ciągu aktualna.

Ekspansyną nazwano ciecz napełniającą kadz wyłącznika rozszerzalnego ekspansyjnego. Praca jej polega na gaszeniu łuku elektrycznego powstałego między elektrodami w niej zanurzonymi.

Gaszenie łuku następuje dzięki wytwarzaniu dużych ilości produktów gazowych, które unoszą łuk i rozrywają go. Ekspansyna musi więc w temperaturze łuku elektrycznego łatwo przechodzić w stan gazowy. Wymaga to sto-



Rys. 1. Temperatura krzepnięcia mieszanin wodnych gliceryny i glikolu

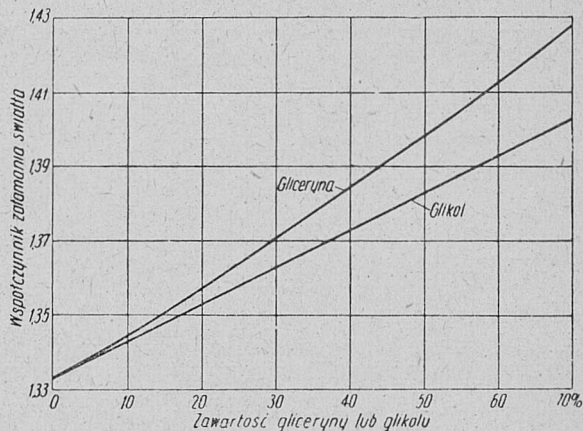
sowania cieczy o małym cieple właściwym i małym cieple parowania. Ze względu na bezpieczeństwo pracy wytwarzający się produkt gazowy musi być niepalny i nie niszczący metalowych elementów wyłącznika lub otoczenia. Wyklucza to możliwość stosowania rozpuszczalników organicznych, a nawet niepalnych chloropochodnych węglowodorów, które w wysokiej temperaturze ulegają rozpadowi na palne, trujące i żrące gazy. W normalnej temperaturze prężność par składników ekspansyny powinna być jak najmniejsza, aby straty przez odparowywanie były nieduże i nie groziło niebezpieczeństwo wyschnięcia niekontrolowanego urządzenia. W wyłącznikach, pracujących w otoczeniu z nieregulowaną temperaturą, temperatura krzepnięcia ekspansyny powinna być dostosowana do warunków temperaturowych w czasie zimy.

Szkodliwa jest agresywność produktów gazowych, ale jeszcze większe znaczenie mają szkodliwe własności samej cieczy, która wszak musi zachowywać się biernie wobec urządzeń metalowych w niej zanurzonych. W danym wypadku wymaganie to pokrywa się częściowo z wymaganiem dużej oporności właściwej ekspansyny. Wielkimi zaletami ekspansyny byłyby jej niska cena, odporność na starzenie i łatwa konserwacja.

Niektóre z przytoczonych wyżej i wymaganych własności znajdują się w sprzeczności lub częściowo wzajemnie się wykluczają i dlatego stosowana ekspansyna nie spełnia wszystkich żądanych warunków.

Rozpatrzmy w jakim stopniu spełnia powyższe warunki woda. Posiada ona bardzo duże ciepło parowania, dużą prężność pary w normalnej temperaturze i zbyt wysoką temperaturę krzepnięcia. Inne własności pokrywają się z wymaganiami stawianymi ekspansynie.

Na zmianę ciepła parowania nie mamy dużego wpływu, natomiast temperaturę krzepnięcia i temperaturę wrzenia



Rys. 2. Współczynnik załamania światła w temperaturze 25°C mieszanin wodnych gliceryny i glikolu

możemy zmienić, w myśl prawa Raulta, przez rozpuszczenie w wodzie jakiejś obcej substancji. Nie może to być zjonizowana w wodzie sól, gdyż zwiększyłoby to przewodność roztworu. Dobrze do tego celu nadają się gliceryna lub glikol, które wprowadzie w wyższej temperaturze

T a b l i c a I. Obniżenie prężności pary wodnej nad roztworem wodnym gliceryny w temperaturze 0°C [1]

Zawartość gliceryny w wodzie (g/100 g)	p (mm Hg)
1,086	0,010
2,246	0,021
4,635	0,041
9,455	0,083
21,24	0,188
51,35	0,495
88,15	0,833
185,5	1,507

rozkładają się na palne gazy (np. glikol w temperaturze 500—600° przechodzi w metan, tlenek węgla, wodór i aldehyd octowy), ale ich ciśnienie cząstkowe w mieszaninie z parą wodną jest małe dla stosowanych w praktyce roztworów. Wykresy na rys. 1 podają temperatury krzepnięcia wodnych roztworów gliceryny i wodnych roztworów glikolu.

Prężność pary wodnej nad roztworem gliceryny lub glikolu, przy ich stosowanej zawartości, niedużo różni się

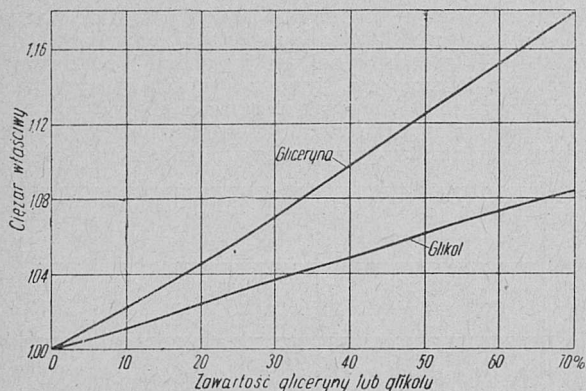
T a b l i c a II. Stałe fizyczne gliceryny i glikolu

	Gliceryna	Glikol
Gęstość D [2]	1,260 ²⁰ ₄	1,113 ¹⁹ ₄
Temperatura wrzenia [2]	290°	197,4°
Temperatura krzepnięcia [2]	— 17,9°	— 15,6°
Współczynnik załamania światła n_D^{20} [1]	1,47289	1,43063

od prężności pary nad czystą wodą. Jak wynika z tabl. I nawet dla 47-procentowego roztworu gliceryny obniżka prężności pary p wynosi tylko 18%.

Analiza ekspansyny polega na stwierdzeniu składu jakościowego i ilościowego oraz zbadaniu własności fizycznych i chemicznych.

W analizie jakościowej ustalamy skład na podstawie własności fizycznych pozostałości po odwodnieniu ekspansyny.



Rys. 3. Ciężar właściwy w temperaturze 25°C mieszanin wodnych gliceryny i glikolu

zyny. Odwodnienie przeprowadza się w możliwie niskiej temperaturze i w próżni. Wygotowywanie pod normalnym ciśnieniem prowadzi do dużych strat i nie daje pewności zupełnego osuszenia. Bezwodna gliceryna, w odróżnieniu od glikolu, wrze z rozkładem, wydzielając charakterystyczny zapach akroleiny. Własność ta może pomóc w rozpoznaniu jej.

Analiza ilościowa może być wykonana metodami chemicznymi [3]. Prostsze jest oznaczenie składu procentowego mieszaniny przez pomiar własności fizycznych: ciężaru właściwego i współczynnika załamania światła. Wykresy na rys. 2 i 3 podają zależność ciężaru właściwego i współczynnika załamania światła od procentowego składu mieszanin gliceryny z wodą i glikolu z wodą [1].

W dalszej analizie bada się następujące własności fizyczne i chemiczne ekspansyny: 1) temperaturę krzepnięcia, 2) pH, 3) oporność właściwą, 4) zawartość popiołu, 5) zawartość stałych ciał obcych.

Pomiar oporności właściwej można pominąć, jeżeli stwierdzi się, że ekspansyna nie pozostawia popiołu i że pH ma wartość bliską 7.

Opierając się na wynikach analiz wykonanych w Zakładzie Materiałoznawstwa Elektrycznego, można uważać, że ekspansyna powinna odpowiadać następującym warunkom:

- 1) zawartość gliceryny lub glikolu 10–35%,
- 2) temperatura krzepnięcia poniżej -3°C ,
- 3) zawartość popiołu 0,00%,
- 4) pH 6,0–7,5,
- 5) oporność właściwa powyżej 15 000 Ωcm ,
- 6) zawartość stałych ciał obcych 0,00%,
- 7) zabarwienie żółte (ze względów zwyczajowych, pochodzące od fluoresceiny).

Zamiast mieszanin dwuskładnikowych można stosować mieszaniny trójskładnikowe z gliceryny, glikolu i wody. B. D.

LITERATURA

- [1] Spengler J. A., Davies E. C. H., Ind. Eng. Chem., 15(1943)96
- [2] Sprawozdanie Chimika, t. II (1951)
- [3] Strużyński M. Analiza ilościowa i techniczna, t. III(1950)571

Wydawnictwa nadesłane

GOLAŃSKI HENRYK, mgr inż. **WYŻSZE SZKOLNICTWO TECHNICZNE W PLANIE SZESZCIOLETNIM**. 1952, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 108, rys. 26, cena 12 zł. — Spis rzeczy: Od autora. — I. Okres międzywojenny. — II. Okres odbudowy. — III. Lata Planu 6-letniego: Kluczowe zadania dzisiejsze. Kształtowanie struktury społecznej. Sieć wyższych szkół technicznych. Zagadnienia organizacyjne. Zmiany strukturalne. Nomenklatura zawodów. Profilowanie uczelni. Potrzeby Planu a specjalizacja. Sprawa programów. Praktyki. Organizacja nauczania. O wysoką wydajność procesu szkolenia. Pomoc państwa dla młodzieży studiującej. Uczelnie techniczne warsztatem pracy naukowej. Znaczenie Pierwszego Kongresu Nauki Polskiej. Młoda kadra naukowa. Łączność nauki z praktyką. Materiałna podstawa Planu. Rola organizacji masowych. Zakończenie. — Dodatek A. Wykaz wyższych szkół technicznych. — Dodatek B. Nomenklatura specjalności technicznych. — Z przedmowy wydawcy: Broszura ma umożliwić robotnikom kwalifikowanym, mistrzom, technikom, inżynierom oraz zainteresowanej studiami wyższymi młodzieży zapoznanie się z założeniami, zadaniami i celami poszczególnych odcinków Planu.

ŁASKOW JEFIM, inż. **ENERGETYKA W PLANIE SZESZCIOLETNIM**. 1952, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 146, rys. 50, cena 12 zł. — Spis rzeczy: Wstęp. Przeszłość energetyki polskiej. Szeszcioletni plan rozwoju energetyki. Postęp techniczny w energetyce. Wydajność pracy. Szkolenie zawodowe. Zagadnienia socjalne, bezpieczeństwa i higieny pracy. Elektryfikacja rolnictwa. Produkcja urządzeń energetycznych. Prace naukowo-badawcze. Racjonalne zużycie energii. Zakończenie. — Przedmowa wydawcy: Broszura omawia fragment Planu 6-letniego obejmujący energetykę. Zainicjowana przez Państwową Komisję Planowania Gospodarczego „Biblioteka Planu Szeszcioletniego”, do której należy niniejsza broszura, ma umożliwić robotnikom kwalifikowanym, mistrzom, technikom oraz inżynierom zapoznanie się z założeniami, zadaniami i celami poszczególnych odcinków Planu.

SECOMSKI KAZIMIERZ, prof. dr. **INWESTYCJE W PLANIE SZESZCIOLETNIM**. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 78. — Spis rzeczy: Baza wyjściowa. Podstawowe założenia 6-letniego Planu Inwestycyjnego. Uprzemysłowienie kraju i socjalistyczna przebudowa rolnictwa. Wielkość inwestycji. Zasięg i koncentracja inwestycji. Efektywność nakładów inwestycyjnych. Plan wielkiego budownictwa socjalistycznego. Zakończenie. Literatura. — Przedmowa wydawcy: Broszura omawia podstawowe założenia Szeszcioletniego Planu Inwestycyjnego. Ma umożliwić robotnikom kwalifikowanym, mistrzom, technikom oraz inżynierom zapoznanie się z założeniami, zadaniami i celami poszczególnych odcinków Planu.

BUJŁOW A., prof. **ZASADY BUDOWY APARATÓW ELEKTRYCZNYCH**. Przełożyli Elbaum J., mgr inż., Opęchowski E., mgr inż. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 402, rys. 224, cena zł 90. — Spis rzeczy: Klasyfikacja aparatów elektrycznych i stawiane im podstawowe wymagania. Siły elektrodynamiczne. Podstawy teorii palenia się i gaśnięcia łuku elektrycznego. Podstawy obliczeń cieplnych. Styki elektryczne. Metodyka obliczania obwodów magnetycznych. Elektromagnes. Teoria tłumienia. Elementy bimetalowe. — Z przedmowy tłumaczy: Książka prof. Bujłowa jest pierwszą znaną nam poważniejszą próbą wypełnienia tej luki, mianowicie zebrania, zestawienia i opracowania materiałów mających zastosowanie przy projektowaniu aparatów elektrycznych, zwłaszcza łączników i przekładników. Nie jest to podręcznik konstrukcji aparatów elektrycznych, lecz raczej teoretyczna ogólna podstawa dla inżynierów, pracowników nauki i przemysłu przy opracowywaniu wykładów i podręczników dla konstruktorów i projektantów. Książka ta może również służyć jako podręcznik studentom szkół inżynierskich i politechnik. — Z przedmowy wydawcy: Książka zawiera podstawy projektowania aparatów elektrycznych i jest przeznaczona dla inżynierów, pracowników biur konstrukcyjnych i studentów szkół wyższych.

PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 5

Warszawa, styczeń 1953 r.

Nr 1

Gwiazdkami, obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotece Instytutu Elektrotechniki

1* *Bezpieczeństwo pracy*
614.82:621.3.014:611/2 D1
Schneider O.: **O porażeniach wywołanych działaniem prądu elektrycznego.** „Über Unfälle durch elektrischen Strom.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 11, czerw. 51, s. 351; A4, 1,75 str., 4 poz. bibl. — Konieczność zaznajomienia personelu technicznego z fizjologicznym i cieplnym działaniem prądu elektrycznego na organizm ludzki. Niebezpieczna wartość natężenia prądu, zależność od czasu trwania. Migotanie komór sercowych. Metody ratowania porażonego. Działanie lecznicze stałego prądu elektrycznego. Konieczność współpracy inżyniera z lekarzem w zakresie ochrony przed porażeniem.

Wiadomości ogólne

2* 621.3.017.22:621.316.5.022 D1
Roth Ad.: **Straty wiroprądowe w aparaturze elektrycznej.** „Pertes par courants de Foucault dans l'appareillage électrique.“ Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 59, Nr 6, czerw. 50, s. 268; A4, 10 str., 1 fot., 6 rys., 8 wykr. — Rozwój w budowie aparatów elektrycznych przeznaczonych do pracy na duże prądy. Analiza nagrzewania części metalowych znajdujących się w silnych polach elektromagnetycznych. Wyprowadzenie wzorów umożliwiających obliczenie strat wiroprądowych, podanie wykresów umożliwiających szybkie odczytanie ich wartości. Liczne przykłady zastosowania wzorów i wykresów. Metody przemysłowe pomiaru prądów wirowych, wnioski.

3* 621.3.017.22/017.31 D1
Kaufmann W.: **Straty wiroprądowe w przyrządach elektrycznych.** „Wirbelstromverluste in elektrischen Geräten.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 19, październ. 51, s. 580; A4, 1,5 str., 2 rys., 3 wykr. — Obliczenie strat wiroprądowych w metalowych częściach przyrządów (pełny cylinder, pierścien, sprężyna spiralna). Przykłady liczbowe.

4* 621.3.082.78 D1
Bernat M.: **Magnetyczny przyrząd do wykrywania pęknięć w materiałach warsztatowych i jego zastosowanie w praktyce.** „Der magnetische Risseprüfer zur Werkstoffuntersuchungen und seine Anwendung in der Praxis.“ Siemens Z., Berlin, kwart., t. 23, Nr 3 lip.-wrzes. 43, s. 60; A4, 4,5 str., 5 fot., 2 rys., 2 wykr. — Zasada działania przyrządu (układ cząsteczek proszku żelaznego w polu magnetycznym). Cztery sposoby otrzymywania linii sił magnetycznych (magnes stały, elektromagnes, zwojnica, przepływ prądu przez próbkę). Charakterystyka wymienionych metod. Przepływ linii sił i strumieni rozproszonych przez próbki bez pęknięć i z pęknięciami. Krzywe magnesowania; rozmagnesowywanie próbek. Urządzenia w wykonaniu przemysłowym. Proszek żelazny i olej do wykrywania pęknięć.

Układy elektroenergetyczne

5* 621.311:621.317(091) D1
Hueter E.: **Rzut oka na postępy elektrotechniki — technika wysokich napięć i miernictwo.** „Rückblick auf die Fortschritte der Elektrotechnik. — Hochspannung und Messtechnik.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 11, czerw. 51, s. 362; A4, 1 str., 50 poz. bibl. — Dążenie do najwyższych napięć przesyłowych przy ewentualnej zmianie prądu zmiennego na stały. Problemy izolacyjne przy budowie urządzeń najwyższych napięć (transformatory, kondensatory, izolatory). Rozwój przyrządów o ruchomej cewce i ruchomym magnecie. Doskonalenie własności materiałów magnetycznych. Miernictwo wielkości nieelektrycznych.

6* 621.311.18:621.181:621.311.1:621.316,71“ D1
Stiegler Fr.: **Rzut oka na postępy elektrotechniki — elektrownie, rozdzielnie, sieci.** „Rückblick auf die Fortschritte der Elektrotechnik. — Kraftwerke, Schaltanlagen.

und Leitungen.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 71, Nr 11, czerw. 51, s. 363; A4, 1,25 str. — Kotły o dużym przegrzaniu i wysokim ciśnieniu. Łączenie turbogeneratorów w jeden zespół z kotłem. Wpływ warunków klimatycznych na napowietrzne urządzenia rozdzielcze. Nowe konstrukcje wyłączników i izolatorów. Zagadnienie pojemności szeregowej w sieciach. Uziemianie punktu zerowego przez indukcyjność.

Elektrownie wodne

7* 621.316.728:621.311.21 D1
Frost A. C., Brittlebank W.: **Sterowanie urządzeń hydroelektrycznych.** „The control of hydro-electric plant.“ Proc. Inst. El. Engrs, London, dwumies., t. 98, cz. 1, Nr 11, maj 51, s. 129; A4, 15 str., 9 rys., 4 tabl., 16 poz. bibl. — Systemy sterowania turbin wodnych. Sterowanie poszczególnych elementów urządzeń: główny dopływ wody do turbiny, regulator szybkości i obciążenia, smarowanie, układ chłodzenia. Pomocniczy pobór mocy. Metody regulacji turbin wodnych (mechaniczna, ręczna, półautomatyczna, całkowicie zautomatyzowana). Systemy synchronizacji przy sterowaniu automatycznym. Zabezpieczenie mechaniczne i elektryczne. Aparatura. Obsługa siłowni. Kontrola grupowa. Wytyczne odnośnie wyboru systemu sterowania (współczynniki techniczne, ekonomiczne).

8* 621.311.21.026.45 D1
Uspienski B. S.: **Elektrownie wodne dużej mocy.** „Гидро-электрические станции большой мощности.“ Электричество, Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 3; A4, 8,5 str., 12 rys. — Pewne zagadnienia dotyczące turbin wodnych i turbogeneratorów o napędzie wodnym. Schematy elektryczne. Zagadnienia kierownictwa i obsługi, automatyzacja i telemechanizacja oraz projektowanie budynków, rozmieszczenie urządzeń i architektura elektrowni wodnych dużej mocy na tle zagadnień technicznych, powstających w związku z wielkimi budowlami komunizmu w ZSRR.

9* 621.311.21.026.45 D1
Uspienski B. S.: **Elektrownie wodne dużej mocy.** „Гидро-электрические станции большой мощности.“ Электричество, Moskwa, mies., Nr 1, styc. 52, s. 3; A4, 12 str., 8 rys. — Ogólny opis i znaczenie współczesnej elektrowni wodnej dużej mocy na tle technicznych zagadnień, powstających w związku z wielkimi budowlami komunizmu w ZSRR. Zagadnienia dotyczące urządzeń wodnych.

Przemysł elektrotechniczny

10* 621.312:621.3(061.4) D1
Wiadomości z przemysłu. „Nachrichten aus der Industrie.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 9, maj 51, s. 269; A4, 26 str., 48 fot., 1 rys., 1 tabl. — Opis najciekawszych eksponatów z dziedziny elektrotechniki, wystawionych na targach w Hannoverze. Obejmuje działy: maszyny i napędy, prostowniki i przekładniki, wyłączniki wysokiego i niskiego napięcia, grzejnictwo, technika spawalnicza, kable i przewody, kondensatory i izolatory, technika oświetleniowa, łączność i elektroakustyka, technikę pomiarową i regulacyjną. Szczególny nacisk położony na rozwój układów sterowniczych. Uwzględnienie potrzeb drobnego konsumenta (urządzenia gospodarstwa domowego, przybory instalacyjne niskiego napięcia) oraz wielkich zagadnień energetyki (wyłączniki ekspansyjne, izolatory długopniowe, wyposażenie pomiarowe i sterownicze układów elektroenergetycznych).

11* 621.312:621.3(061.4) D1
Brückner P.: **Elektrotechnika na targach technicznych w Hannoverze 1951 r.** „Die Elektrotechnik auf der Technischen Messe Hannover 1951.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 13, lip. 51, s. 399; A4, 7 str., 6 fot., 1 rys., 2 wykr. — Rozwinięcie przeglądu targów z zeszytu 9. Omówie-

nie ważniejszych działów: wyłączniki wysoko-napięciowe, maszyny elektryczne i transformatory, urządzenia sterownicze i regulacyjne, prostowniki i urządzenia o sterowaniu elektronowym, przybory instalacyjne, kable i materiały izolacyjne, miernictwo, łączność i elektroakustyka. M. in. omówienie osiągnięć wielkich fabryk europejskich (BBC, SSW, AEG). Charakterystyka urządzeń na wielkie moce i najwyższe napięcia. Zastosowanie nowych materiałów izolacyjnych (sylikon). Zastosowanie mierników elektrycznych do pomiaru wielkości nieelektrycznych.

Maszyny elektryczne

12* 621.313/314.6(091) D1
Stier F.: **Rzut oka na postępy elektrotechniki — maszyny elektryczne, transformatory, prostowniki.** „Rückblick auf die Fortschritte der Elektrotechnik. — Elektrische Maschinen, Transformatoren, Stromrichter.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 11, czerw. 51, s. 364; A4, 1,5 str., 15 poz. bibl. — Podwyższenie indukcji rdzenia transformatorów trójfazowych. Jednostki jednofazowe dla najwyższych napięć. Budowa turboprządnic wielkich mocy (200 MVA). Generatory samowzbudne (z kondensatorem), zastosowanie w żyrobusach. Rozwój amplitudyn. Rozwój trakcyjnych maszyn komutatorowych prądu zmiennego. Udoskonalenie budowy kondensatorów statycznych.

13* 621.313.1:621.3.043.2:621.044.3 D1
Fridkin P. A.: **O trzecim podstawowym wymiarze stojana łukowego.** „O trzecim głównym rozmiarze dęgowo stojatora.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 41; A4, 4,5 str., 3 rys. — Zalety łukowych stojanów maszyn elektrycznych w porównaniu ze stojanami budowy normalnej. Przykłady liczbowe.

14* 621.313.32.044.52:621.3.012:621.3.013.8 D1
Jeńko W. W.: **Praca maszyny synchronicznej o biegunach utajonych przy stałych wartościach napięcia i wzbudzenia.** „Rabota sinchronnoj niejawnopolusnoj masziny pri postojannych znaczenijach napriazhenia i wozbuzhdenia.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 40; A4, 7 str., 5 wyk., 8 poz. bibl. — Wykres prądów nasyczonej maszyny synchronicznej z biegunami utajonymi przy stałej wartości napięcia i wzbudzenia. Sposób korzystania z wykresu. Analityczne obliczenie wykresu prądów. Zmiany wykresu prądów w zależności od wielkości rozproszenia, reakcji twornika, wzbudzenia i napięcia. Wykres prądów dla rzeczywistej maszyny. Przykład liczbowy.

Transformatory elektryczne

15* 621.314.21.014.32 D1
Festl E.: **Obliczanie sił dynamicznych w transformatorach i ich sprawdzenie metodą prób.** „Ermittlung der Stromkräfte von Transformatoren und ihre Kontrolle auf dem Prüfstand.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 6, marz. 51, s. 173; A4, 3,25 str., 1 rys., 3 wyk., 1 tabl. — Obliczenie osiowego i pomiarowego działania dynamicznego prądu elektrycznego w transformatorach — w przypadku ogólnym dla dowolnego położenia cewek względem siebie. Metoda pomiarowo-obliczeniowa wyznaczania sił osiowych za pomocą pomiaru w warunkach zwarciovych. Przykładowe przeliczenia.

16* 621.314.214:621.3.054.1 D1
Rozenberg B. I.: **Kompensacja prądów wyrównawczych w obwodach zamkniętych sieci wysokiego napięcia.** „Kompensacija urawniitelnych tokow w zamknutyh konturach vysokowolnyh sieiej.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 33; A4, 7,5 str., 3 rys., 7 wyk., 1 tabl. — Prosta metoda określenia przekładni transformatora regulacyjnego. Zagadnienie wyboru najwygodniejszego miejsca zainstalowania transformatora regulacyjnego w sieci wysokiego napięcia. Ocena porównawcza efektywności transformatora regulacyjnego i podłużnej kompensacji indukcyjności linii.

Prostowniki

17* 621.314.65:621.3.064.4 D1
Kriczenowa I. A., Polakow W. E., Sińkow W. M.: **Gaszenie łuku wzbudzonego w zespołach prostownikowo-prze-miennikowych.** „Pogasanije dugi wozbuzhdenija wientilej wypriamitelno-inwiertnoj ustanowki.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 4, kw. 52, s. 42; A4, 2,5 str., 1 rys.,

2 wyk. — Wyniki badań wpływu indukcyjności i pojemności układu oraz zmiany kąta zapłonu prostowników na stabilizację łuku anody pomocniczej w prostownikowo-prze-miennikowych zespołach z napięciem prostowania 12 kV.

18* 621.314.67:621.385.38 D1
Szlaposznikow B. M., Possie A. W.: **Praca prostowników jonowych w przypadku niesinusoidalności prądu zmiennego.** „Rabota jonnyh priobrazowatelej pri niesinusoidalnom napriazhenii pieriemiennowo toka.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 3, marz. 52, s. 8; A4, 9,5 str., 4 rys., 9 wyk., 5 poz. bibl. — Wpływ odkształconego napięcia prądu zmiennego na skupione SEM uzwojeny transformatora, związane z zaworami elektrycznie na SEM po stronie prądu stałego prostownika, na charakterystyki zewnętrzne, na harmoniczne SEM na kąty komutacji itd. Otrzymałe wnioski obejmują warunki pracy prostowania prądu. Opis nowego urządzenia, zapewniającego normalną pracę prostownika w przypadku niesinusoidalności prądu zmiennego.

Linie napowietrzne

19* 621.315.1:621.3.025.4 D1
Andriejew W. W.: **Schemat czterofazowej linii przesyłowej z transformatorami trójfazowymi.** „Czetyriochfaznaja schiema elektropieriedacz s triochfaznymi transformatorami.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 15; A4, 2 str., 2 rys., 1 wyk. — Uzasadnienie stosowania schematu czterofazowego dającego oszczędności metalu w przewodach i zmniejszającego straty energii. Wady schematu i proponowane sposoby ich usunięcia. Zalecenie stosowania schematu dla linii o napięciach 35 kV i niższych.

20* 621.315.1:621.3.025.4 D1
Ebin Ł. J.: **Oszczędne układy linii przesyłowych i metody ich obliczenia.** „Ekonomiceskije schiemy elektropieriedacz i metody ich razszczota.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 23; A4, 6,5 str., 5 rys., 2 wyk., 2 poz. bibl. — Rozważania nad układem sześciofazowym elektrycznej linii przesyłowej. Metoda analizy układu sześciofazowego oraz podwójnego układu DPZ za pomocą grupowych składowych symetrycznych. (DPZ — układ, w którym jako jeden z przewodów fazowych jest wykorzystana ziemia).

21* 621.315.1:621.315.661 D1
Owsijenko W. W.: **Pewne zagadnienia dotyczące konstrukcji czteroprzewodowych elektrycznych linii przesyłowych.** „Niekotoryje woprosy konstruirowanija czetyriochprowodnyh linij elektropieriedacz.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 30; A4, 4 str., 3 rys., 2 tabl. — Rozważania zagadnień dopuszczalnych odległości między przewodami oraz wykorzystania słupów trójfazowej linii 35 kV dla linii czteroprzewodowej i możliwości ich przebudowy. Typy nowych słupów i orientacyjny koszt linii czteroprzewodowej dla dwóch typów słupów.

22* 621.315.1.015.33/34:551.594.221 D1
Baat H.: **Pomiary uderzeń pioruna w linie napowietrzne.** „Blitzeinschlag-Messungen in Freileitungen.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 7, kw. 51, s. 191; A4, 8 str., 5 wyk., 14 tabl., 11 poz. bibl. — Wyniki pomiarów wartości szczytowej i stromości uderzenia prądowego oraz miejsce uderzenia pioruna w linie napowietrzne w latach 1933-1940 za pomocą sztabek magnetycznych i klidonografu. Dyskusja lokalizacji uderzeń pioruna w zależności od napięcia znamionowego linii, profilu słupa, umieszczenia linki odgromowej. Wpływ biegunowości, stromości i wartości szczytowej prądu pioruna. Jako wniosek określa się cotang kąta ochrony, przy którym przewody znajdują się jeszcze w strefie chronionej (wartości kąta wyższe od ogólnie przyjętych). Ponadto określa się dopuszczalną oporność uziemienia słupa, przy której nie wystąpi przeskok odwrótny.

Półprzewodniki

23* 621.315.59.004(44) D1
Nguyen Thien-Chi, Suchet J.: **Półprzewodniki o dużym ujemnym współczynniku temperatury (Termistory).** „Semi-conducteurs à grand coefficient de température né-

gatif: thermistances." Ann. Radioelectr., Paris, kwart., t. 5, Nr 21, lip. 50, s. 155; A4, 13 str., 7 fot., 11 wyk., 8 rys., 1 tabl., 12 poz. bibl. — Typowe własności półprzewodników i ich analiza: zmiany przewodności w funkcji temperatury, zależność napięcie-prąd itp. Zastosowania: termometria, regulacja i kompensacja, kontrola stanu płynów. Typowe układy kontrolne i regulacyjne z zastosowaniem termistorów. Produkcja termistorów we Francji, ich charakterystyka, sposób przeprowadzania badań ich własności, wyniki i wnioski.

Materiały izolacyjne

621.315.6:537.52:539.4

D1

Knappe W.: **Wytrzymałość elektryczna powierzchniowa materiałów izolacyjnych.** „Die Kriechstromfestigkeit von Isolierstoffen.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 8, kw. 51, s. 224; A4, 4,5 str., 1 fot., 3 rys., 3 tabl., 28 poz. bibl. — Określenie prądu pełzającego, porównanie z normami zagranicznymi. Wyjaśnienie fizyczne zjawiska. Próby wytrzymałości, układy probiercze. Sposoby określenia prawdopodobieństwa powstania łuku na powierzchni izolatora wg źródeł amerykańskich. Układ probierczy. Wyniki liczbowe. Zalety — badanie wytrzymałości niskim napięciem.

25* 621.315.621:537.226

D1

Danzin A.: **Dielektryki ceramiczne o dużej przenikalności elektrycznej. Przypadek tytanatów.** „Les diélectriques céramiques à haute constante diélectrique. Cas des titanates.“ Ann. Radioelectr., Paris, kwart., t. 5, Nr 21, lip. 50, s. 230; A4, 12,5 str., 2 fot., 2 rys., 18 wyk., 4 tabl., 3 poz. bibl. — Krótki opis ogólnych właściwości materiałów ceramicznych, a w szczególności tytanatów i ich sposób obróbki. Wpływ struktury wewnętrznej na właściwości elektryczne dielektryka. Analiza przyczyn mogących wpłynąć na zmianę struktury materiału w sensie polepszenia jego własności dielektrycznych. Zastosowanie. Wnioski.

26* 621.315.612.6:621.352/353

D1

Rindone G. E., Weyl W. A.: **Szkła jako elektrolity w ogniwach galwanicznych: szkła srebrów.** „Glasses as electrolytes in galvanic cells: silver glasses.“ J. amer. ceram. Soc., Easton, mies., t. 33, Nr 3, marz. 50, s. 91; A4, 5 str., 7 rys., 15 poz. bibl. — Sporządzono szkła alkaliczno-borane, krzemianowe i fosforowe z dodatkiem jonów srebrowych. Mierzono potencjały elektryczne Pt/Ag ÷ szkło/Ag/Pt w temperaturach 200 — 400°C. Wielkość potencjału miarą siły wiązania jonów metalowych. Szkła krzemionkowe mają najwyższy potencjał 1,0 V.

27* 621.315.614.6:621.369.2

D1

Sannikow U. A.: **Z doświadczeń nad przyspieszeniem suszenia papieru.** „Iz opyta intensyfikacji suszki bumagi.“ Bumażn. Promysl., Moskwa, dwumies., Nr 2, marz.-kw. 50, s. 35; A4, 2 str., 1 rys., 5 poz. bibl. — Wychodząc z założenia, że szybkość suszenia papieru jest zależna od różnicy ciśnień cząsteczkowych pary na powierzchni suszonej i w krążącym powietrzu, przyspieszono proces suszenia przez podwyższenie temperatury cylindrów grzejnych. Opis rozwiązania w Bałachnińskim kombinacie papierniczym.

28* 621.315.614.6.011.5:621.317.331

D1

Ostroumow G. A.: **O elektryzacji papieru.** „Ob elektrizacji bumagi.“ Bumażn. Promysl., Moskwa, dwumies., Nr 6, list. - grud. 50, s. 6; A4, 6 str., 10 rys., 5 poz. bibl. — Istota elektryzacji dielektryków. Elektryzacja papieru, wpływ wilgoci. Pomiar oporności papieru. Zależność oporności od wilgotności. Obliczenie potencjału papieru przesuwającego się na metalowym wale.

29* 621.315.615.2(083.74):389.6

D1

Maurer L.: **Nowe ujęcie „Przepisów dla olejów izolacyjnych“ VDE 0370.** „Neufassung von VDE 0370 „Vorschriften für Isolieröle.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 11, czerw. 51, s. 353; A4, 0,75 str. — Opracowanie projektu w 1950-52 r. w zakresie olejów pochodnych ropy naftowej, mających zastosowanie do izolacji transformatorów, przekładników i wyłączników. Znaczenie katalityczne miedzi (przyspieszenie starzenia oleju). Znornalizowanie prób wytrzymałości oleju. Cel projektu: zaostrenie wymagań i dostosowanie techniki izolacyjnej do obecnego poziomu techniki wysokich napięć.

30* 621.315.616.9.002.612

D1

Kogan A. G.: **Winiplast i jego zastosowanie w przemyśle papierniczym.** „Winiplast i jowo primienienie w bumazhnoj promyslennosti.“ Bumażn. Promysl., Moskwa, dwumies., Nr 6, list.-grud. 50, s. 39; A4, 5 str., 1 rys. — Winiplast — masa plastyczna otrzymywana przez termiczną plastifikację polichloru winilu. Właściwości mechaniczne, fizyczne, chemiczne. Opis przyrządu do spawania winiplastu. Możliwości zastosowania w przemyśle papierniczym.

Sieci i podstacje

621.316.11

D1

Kraczkowski N. N.: **Ocena przepustowości linii elektrycznej przesyłowej z uwagi na moc naturalną.** „Ocena propusknój sposobnosti linii elektropriedaczii na baze naturalnoj moszcznosti.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 4, kw. 52, s. 10; A4, 5 str., 4 wyk., 6 tabl., 4 poz. bibl. — Celowość stosowania przy projektowaniu metody oceny przepustowości linii przesyłowej z uwagi na moc naturalną. Przykłady zastosowania tej metody do linii przesyłowych o różnych napięciach i długościach dla porównania ich pod względem spadku napięcia, straty energii i stateczności pracy równoległej. Materiał do dyskusji.

32* 621.316.11:621.3.015.3

D1

Miejerowicz E. A.: **Zastosowanie metody składowych symetrycznych do badań stanów niestabilnych w sieciach trójfazowych.** „Primienienie metod simmetriczeskich sostawljajuszczich dla issledowanija niestanowiwyszchsia processow w triochfaznych cepiach.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 4, kw. 52, s. 19; A4, 5,5 str., 5 poz. bibl. — Zastosowanie metody składowych symetrycznych do obliczeń stanów niestabilnych. Sprawdzenie tej metody za pomocą rachunku operatorowego. Rozważania nad zastosowaniem metody składowych symetrycznych łącznie z metodą rachunkową polegającą na sprawdzeniu do stanu ustalonego. Zastosowania obydwóch metod do obliczeń praktycznych. Analizy na podstawie prostych przykładów.

33* 621.316.11:621.3.064.1

D1

Lewin M. S., Ganielin A. M.: **Wykreślno-analityczna metoda obliczania prądów zwarciovych w sieciach o przewodach stalowych.** „Grafoanaliticeskij metod rasszczota tokow korotkowo zamykanja w setiach so stalnymi przewodami.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 4, kw. 52, s. 50; A4, 3,5 str., 1 rys., 5 wyk., 3 tabl., 2 poz. bibl. — Nowa wykreślno-analityczna metoda obliczeniowa ustalonych prądów zwarciovych w promieniowych sieciach elektrycznych o przewodach stalowych. Określenie obszarów stosowania różnych metod obliczeniowych ustalonych prądów zwarciovych.

34* 621.316.11.064.1

D1

Gorbatow N. M.: **Przyczynek do obliczania prądów i napięć zwarciovych.** „K rasszczotu tokow i napriazienij korotkowo zamykanja.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 4, kw. 52, s. 15; A4, 4 str., 4 rys., 4 poz. bibl. — Zastosowanie teorii obwodów elektrycznych do obliczeń prądów i napięć zwarciovych przy jednoczesnym wyłączeniu faz. Równania obliczeniowe dla rozpatrywanych warunków w dwóch postaciach. Określenie parametrów równań obliczeniowych za pomocą parametrów schematów zastępczych dla poszczególnych składowych symetrycznych. Zmniejszenie liczby równań dla określenia parametrów obliczeniowych na podstawie zasady wzajemności i dwoistości. Przykład liczbowy.

35* 621.316.13:621.315.52

D1

Plugaczow W. K.: **Analityczny sposób obliczenia sieci otwartych o przewodach stalowych.** „Analiticeskij sposob rasszczota razomknutyh setiej so stalnymi provodami.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 3, marz. 52, s. 48; A4, 4 str., 2 rys., 2 wyk. — Przybliżona zależność między spadkiem napięcia a przekrojem przewodów stalowych. Zastosowanie na podstawie tej zależności istniejącego sposobu obliczania sieci elektrycznych na minimum objętości do sieci, wykonanych z linek stalowych. Przykład rachunkowy.

36* 621.3.018.14:621.316.13.025.3:621.3.016.113

D1

Lurje L. S.: **Współczynnik mocy niesymetrycznie obciążonej sieci trójfazowej.** „Koefficient moszcznosti niesim-

metrycznej nagruzki trójfazowej sieci.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 3, marz. 52, s. 52; A4, 6 str., 1 rys., 1 wyk., 1 tabl., 11 poz. bibl. — Istniejące obecnie określenia współczynnika mocy. Określenie współczynnika mocy dowolnie obciążonej sieci trójfazowej, jako stosunek mocy czynnej do mocy pozornej układu trójfazowego. Słuszność przedstawienia współczynnika mocy w postaci iloczynu współczynników niesymetrii kąta.

37* 621.316.17:621.3.027.2 D1
Liwszyc D. S.: **Główne układy rozdzielcze energii w sieciach przemysłowych niskiego napięcia.** „Magistralnyje sistemy raspriedelenija enierгии w promyszlennyh sieciach niskowo napriazhenja.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 17; A4, 6 str., 4 rys., 1 tabl., 2 poz. bibl. — Opis konstrukcji sieci oddziałowych nie wymagających przeróbek lub wymagających niedużych przeróbek przy przeplanowywaniu urządzeń technologicznych. Dla porównania podano techniczne i ekonomiczne wskaźniki tych sieci oraz sieci zbudowanych promieniowo. Zagadnienia przy projektowaniu sieci wymagających przeróbek.

Regulacja

38* 621.316.727.076:621.3.016.25:621.3.077.8 D1
Šafranek M.: **Kompensacja mocy biernej w zakładach przemysłowych.** „Kompensace jalového výkonu v průmyslových závodch.“ Elektrotechnik (Praha), Praha, mies., Nr 10, 1951, s. 210; A4, 3 str., 3 wyk. — Poprawa współczynnika mocy zakładów przemysłowych przy pomocy kondensatorów. Celowość stosowania kondensatorów z gospodarczego punktu widzenia. Określenie wielkości kondensatorów.

Urządzenia zabezpieczające

39* 621.316.9:621.3.064.1 D1
Popow. I. N.: **Czułe zabezpieczenie od zwarć doziemnych przy pomocy kablowych przekładników prądowych.** „Czuwstwitielnaja zaszcita ot zamykanij na ziemi u s kabielnymi transformatorami toka.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 3, marz. 52, s. 38; A4, 6 str., 2 rys., 3 wyk., 2 tabl., 8 poz. bibl. — Sposoby wykonania czułego zabezpieczenia od zwarć doziemnych z zastosowaniem pierścieniowych kablowych przekładników prądowych. Podstawowe zależności dla obliczenia i wyboru kablowego transformatora. Porównanie kilku wariantów zabezpieczenia, w którym zastosowano transformatory kablowe z rdzeniami z różnych materiałów.

40* 621.316.925.45:621.3.012.5 D1
Atabiekow G. I.: **Graficzno-analityczna metoda badania pracy przekaznika odległościowego.** „Grafoanaliticeskij metod issledowanija raboty distancionnyh riele.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 23; A4, 10 str., 1 rys., 4 wyk., 7 tabl., 6 poz. bibl. — Metoda badania zachowania się przekazników odległościowych w układach symetrycznych i niesymetrycznych. Metoda polega na wykreśleniu wykresów kołowych przewodności pozornych i porównywaniu tych wykresów z charakterystykami przekazników odległościowych wykreślonych na płaszczyźnie zespolonej Y. Przykłady zachowania się przekazników odległościowych przy zwarciu dwufazowym w układach zawierających dalekosiężne linie przesyłowe.

41* 621.316.973:621.3.014.6 D1
Kalman W. S.: **Niektóre zagadnienia zabezpieczenia urządzeń podziemnych od prądów błądzących przy pomocy drenażu.** „Niektoryje woprosy drienażnoj zaszcity podziemnyh sooniženij ot bładajuszczich tokow.“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 4, kw. 52, s. 45; A4, 5,5 str., 1 rys., 9 wyk., 5 poz. bibl. — Wyprowadzenie równań rozkładu wielkości elektrycznych na torze szynowym i w urządzeniach podziemnych (rurociągi, kable) zabezpieczonych od korozji za pomocą drenażu. Wytlumaczenie związku między wielkościami zmierzonymi a obliczonymi. Ustalenie podstawowych cech charakterystycznych rozkładu wielkości elektrycznych, stanowiących o stopniu skuteczności ochrony. Charakterystyka stanu pracy czynnych urządzeń na podstawie wielkości badawczych. Zabezpieczenie za pomocą drenażu stanowi metodę wyko-

zystującą trakcję dla ochrony urządzeń podziemnych zarówno od prądów błądzących jak i od korozji gruntowej.

Miernictwo elektryczne

42* 621.317.313.082.62 D1
Wechsung H.: **Pomiar prądu wysokiej częstotliwości przyrządami technicznymi.** „Hochfrequenz Strommessung mit Betriebsinstrumenten.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 9, maj 51, s. 255; A4, 2,5 str., 4 fot., 3 wyk. — Szerokie zastosowanie techniki wielkiej częstotliwości i konieczność pomiarów w tej dziedzinie. Termoelementy w wykonaniu firmy Hartmann i Braun do mierzenia prądów do 6A przy częstotliwości rzędu 10⁶Hz (różne typy i dokładność pomiaru). Pomiar większych prądów przy zastosowaniu przekładników i termoelementów.

43* 621.3.082.74:621.317.39 D1
Morris A. J., Chadwick J. H.: **Metoda indukcji elektromagnetycznej dla pomiaru ośceylacyjnego przepływu strumienia.** „An electromagnetic induction method of measuring oscillating fluid flow.“ Trans. amer. Inst. electr. Engrs, New-York, t. 70, cz. 1, 1951, s. 346; A4, 4 str., 2 fot., 5 rys., 2 wyk., 8 poz. bibl. — Warunki możliwości przeprowadzenia pomiaru (liniowy przepływ cieczy, znajomość urządzenia pompującego). Teoria przepływomierza elektromagnetycznego. Dyskusja nad zagadnieniem polaryzacji. Zastosowanie zjawisk polaryzacji dla przepływomierza. Układ przyrządów pomiarowych, cechowanie przepływomierza.

44* 621.317.44:621.318.323.2 D1
Bidlingmaier M.: **Stoisko pomiarowe LA, przyrząd do badania przenikalności rdzeni i przenośników.** „Der AL Messplatz, ein Permeabilitäts-Prüfgerät für Übertragkerne.“ Siemens Z., Berlin, kwart. t., 23, Nr 3, lip. 1951, s. 53; A4, 7 str., 3 fot., 5 rys., 5 wyk., 11 poz. bibl. — Określenie wielkości A_L jako indukcyjności uzwojenia o jednym zwoju; zależność od μ i wymiarów rdzenia. Określenie A_L i μ względnego. Pętla histerezy, przenikalność magnetyczna przy zmiennym polu. Wyprowadzenie wzorów na indukcyjność obwodu z żelazem w słabym polu zmiennym przy sinusoidalnym kształcie a) pola, b) indukcji. Zasada i schemat układu pomiarowego do badania A_L. Szczegóły budowy urządzenia, pobieranie próbek, zakresy pomiarowe.

45* 621.317.785.085.2 D1
Edler H.: **Wpływ ułożyskowania wirnika na trwałość i dokładność pomiaru w licznikach elektrycznych.** „Der Einfluss der Ankerlagerung auf Lebensdauer und Messgenauigkeit von Elektrizitätszählern.“ ETZ, Wuppertal, dwutyg., r. 72, Nr 6, marz. 51, s. 167; A4, 8,5 str., 2 rys., 2 wyk., 13 poz. bibl. — Występowanie momentów tarcia w liczniku, zależność naprężeń od wagi wirnika. Wzory na docisk i moment tarcia w łożysku dolnym. Doświadczenia z praktyki licznikowej odnośnie długowieczności liczników. Zawieszenie magnetyczne wirnika dla zmniejszenia momentu tarcia (zastosowanie i znaczenie laboratoryjne).

Taryfy

46* 621.317.8:621.3.018.14 D1
Kuzin S. E.: **Zastosowanie taryf w walce o powiększenie cos φ .** „Tarifnyje mieroprijatja w borbie za powyszenija cos φ .“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 2, luty 52, s. 75; A4, 0,5 str. — Ustalenie norm i taryf zużycia energii biernej indywidualnie dla każdego poważniejszego odbiorcy, jako środek zwiększenia cos φ , ze względu na różne wartości współczynnika mocy.

47* 621.317.8:621.3.026.5 D1
Mukosiejew J. Ł.: **Zastosowanie taryf w walce o powiększenie cos φ .** „Tarifnyje mieroprijatja w borbie za powyszenija cos φ .“ Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 52, s. 72; A4, 1,5 str., 1 wyk., 3 poz. bibl. — Zależność ceny za energię bierną od wartości cos φ . Wpływ sztucznego zwiększenia współczynnika mocy na opłatę za energię elektryczną oraz premiowanie w zależności od jego wartości. Przykład obliczenia kosztów energii biernej.

Niniejszy Przegląd Dokumentacyjny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). GIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 10 groszy.

GIDNT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym, jak i kartami dokumentacyjnymi.