

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU MASZYN ELEKTRYCZNYCH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU KABLOWEGO

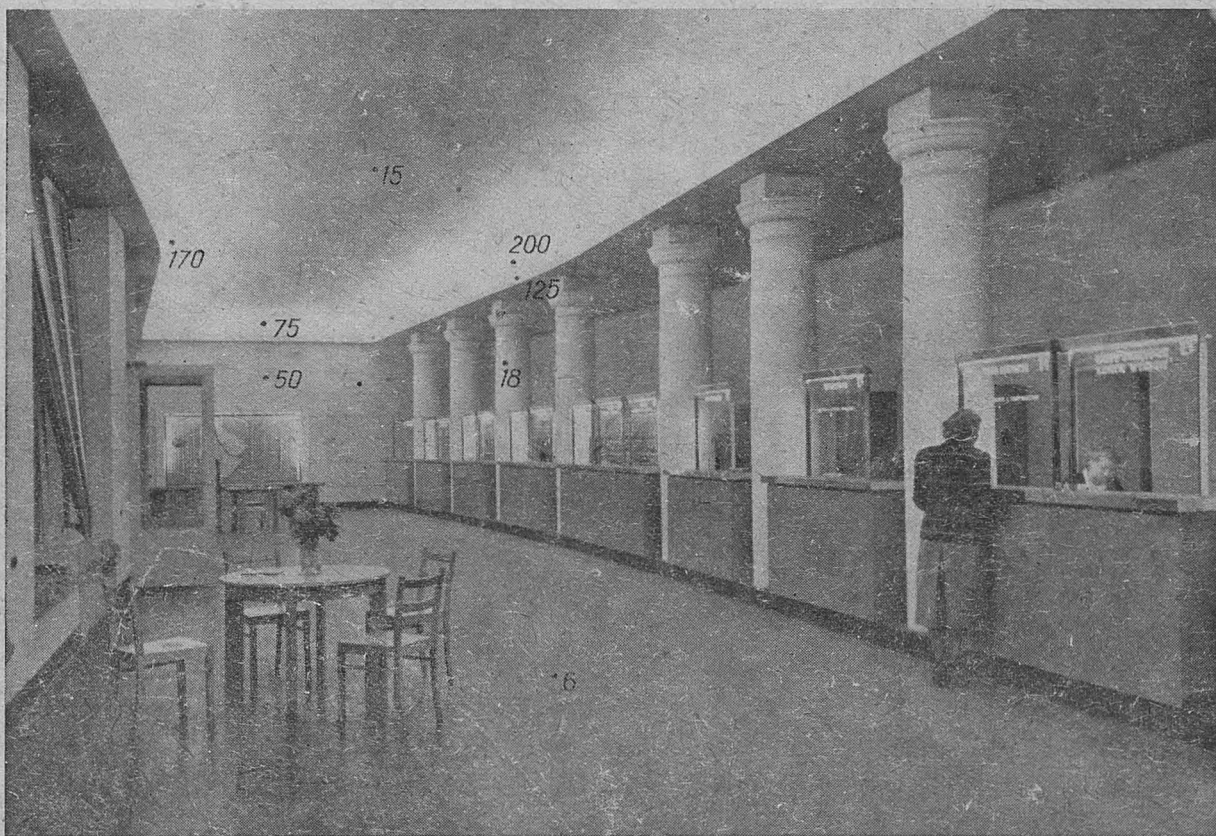
ROK XXVII

ZESZYT 9

21. IX. 1951

Wydrukowano

15. XI. 51



Przykład oświetlenia pośredniego rurami fluoryzującymi

Natężenie oświetlenia średnie 130 lx  
Natężenie oświetlenia na pulpitach kas 300 lx  
Liczby na rysunku podają jasność w cd/m<sup>2</sup>



WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rok XXVII, z. 9  
21 września 1951 r.

XXVII-й год. вып. 9  
21 сентября 1951 г.

Vol. XXVII, No 9  
September 21, 1951

## SPIS RZECZY

- Czaplicki T. Kronika: Zagadnienia postępu technicznego.
- Nagrody państwowe w dziedzinie elektrotechniki.
- Oleszyński T. Uwagi o projektowaniu wewnętrznych urządzeń oświetleniowych.
- Kozłowski H. Metoda obliczania obwodów magnetycznych maszyn trójfazowych z kwadratowymi blachami stojana.
- Ejsmond T. Zabezpieczenia przekątnikowe sieci najwyższych napięć.
- Żydanowicz J. Obliczanie elektrycznej linii wysokiego napięcia przy pomocy nomogramów.
- Metal A. Z historii jednostek elektrycznych.
- Kühn H. Zagadnienia wspólne dla telekomunikacji i energetyki (MKWSE, 1950).
- Kordecki A. Zagadnienie łożysk ślizgowych w budowie wielkich maszyn elektrycznych.
- Przegląd czasopism: O niecelowości stosowania sieci zamkniętych.
- Słownictwo elektryczne: Technika świetlna.
- Kursy przygotowawcze do egzaminu na stopień inżyniera.
- Komisja Główna NOT do spraw stopnia inżyniera.
- Wydawnictwa nadesłane.
- Komunikaty SEP.
- Biuletyn Głównego Instytutu Elektrotechniki:
- Metoda pomiaru spadku napięcia w prostownikach rtęciowych.
- Badanie prądów łożyskowych w turbozespołach.
- Bibliografia czasopism elektrotechnicznych.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

- Чаплицкий Т. Хроника: Вопросы технического прогресса.
- Государственные премии в области электротехники.
- Олешинский Т. Замечания по вопросам проектирования внутренних осветительных установок.
- Козловский Г. Метод расчета магнитной цепи трехфазных машин с квадратными листами статора.
- Эйсмонд Т. Релейная защита сетей очень высоких напряжений.
- Жиданович Ю. Расчет электрических линий высокого напряжения при помощи номограмм.
- Металь А. К истории электрических единиц.
- Кюн Г. Общие проблемы в области связи и энергетики.
- Кордецкий А. О подшипниках скольжения в больших электрических машинах.
- Обзор журналов: О нецелесообразности применения частично замкнутых сетей.
- Электротехническая терминология: Осветительная техника.
- Подготовительные курсы к экзамену для получения степени инженера.
- Главная Комиссия по вопросам степени инженера.
- Поступившие публикации.
- Сообщения О. П. Э.
- Бюллетень Главного Электротехнического Института:
- Исследование подшипниковых токов в турбогенераторах.
- Измерение напряжения в ртутных выпрямителях.
- Библиография электротехнических журналов.

## CONTENTS

- Czaplicki T. Chronicles: Problems of technical progress.
- State awards for achievements in electrical engineering.
- Oleszyński T. Notes on interior lighting design.
- Kozłowski H. Method of computing magnetic circuits of three-phase machines with square stator-core sheets.
- Ejsmond T. Relay protection in very high tension systems.
- Żydanowicz J. Electric computation of high tension lines by means of nomographs.
- Metal A. Historical notes on electrical units.
- Kühn H. Mutual problems of telecommunication and power practice.
- Kordecki A. The problem of parallel bearing design for large electric machines.
- Review of periodicals: On the irrationality of using interconnected systems.
- Electrical terminology: Lighting technique.
- Preparatory examination course for an engineer's degree.
- Commission of the Chief Technical Organisation in matters pertaining to the graduation of engineers.
- Publications received.
- Notes of the A. P. E. E.
- Bulletin of the Chief Electrotechnical Institute:
- Method of measuring voltage drop in mercury vapour rectifiers.
- Investigation of leakage currents in turbogenerator bearings.
- Bibliography of Electrotechnical Periodicals.

Przedpłała kwartalna:  
normalna . . . 27 zł  
ulgowa . . . 9 „  
Cena niniejszego  
zeszytu . . . 9 „

Adres Redakcji i Administracji:  
Warszawa, ul. Czackiego 3/5, tel. 895/10/11/12/13/14/15/16/17/18  
Prenumeratę należy wpłacać na konto PKO I-20165/110 PPK „Ruch”  
Centralna ekspedycja, Warszawa, Srebrna 12

### Ogłoszenia

1/4 str. . . . . 1500 zł  
1/2 „ . . . . . 900 „  
3/4 „ . . . . . 600 „  
1/8 „ . . . . . 360 „

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU MASZYN ELEKTRYCZNYCH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU KABLOWEGO

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

Rok XXVII

Warszawa, 21 września 1951 r.

Zeszyt 9

## KRONIKA

### LXVII. Zagadnienia postępu technicznego.

Przez postęp techniczny w ścisłym znaczeniu rozumiemy wszelkie zmiany natury technicznej w produkcji przemysłowej i w ogóle w działalności gospodarczej (np. również w rolnictwie, transporcie, handlu), dzięki którym otrzymujemy określony wynik tej działalności przy mniejszym zużyciu czasu, pracy, materiałów niż poprzednio, albo, odwrotnie, dzięki którym otrzymujemy korzystniejsze wyniki — większą ilość, lepszą jakość, większą sprawność, niższy koszt — przy poprzednim nakładzie czasu, pracy, materiałów.

Postęp techniczny w szerszym znaczeniu obejmuje również zmiany natury organizacyjnej, w większości przypadków nieodłączne niemal od zmian charakteru technicznego.

Poszczególne przykłady postępu technicznego mogą różnić się pod względem swej wagi i zasięgu w rozległych granicach: od drobnych udoskonalen czy usprawnień do zgoła nowych idei, nowych dróg i nowych metod pracy.

Poprzedni zeszyt Przeglądu zawierał obok dość obfitych materiałów, dotyczących tak doniosłego i obszernego zagadnienia w zakresie postępu technicznego, jakim jest w gospodarce energetycznej ciepłownictwo, również wyniki pierwszych ogólnych obrad na temat postępu technicznego, podjętych przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich na ostatnim zjeździe delegatów i obejmujących wszystkie gałęzie elektrotechniki.

Energetyka ogarnęła w swych rozważaniach gospodarkę zarówno elektrownianą, jak i sieciową, i oba te działy zarówno od strony eksploatacyjnej, jak i od strony nowego budownictwa.

W zakresie gospodarki elektrownianej wysiłki energetyki są skierowane ku zwiększeniu produkcji energii elektrycznej i dostarczaniu jej bez przerw, o stałym napięciu, o stałej częstotliwości i w ilościach wciąż wzrastających, przy wyzyskaniu przede wszystkim najgorszych gatunków paliwa (odpadków), przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia paliwa w kcal/kWh.

Postęp, zmierzający do osiągnięcia tych celów, będzie polegał na zastosowaniu w nowych elektrowniach coraz większych mocy jednostek kotłowych i turbinowych i to nowoczesnych konstrukcji, na podwyższaniu parametrów pary, na rozwijaniu gospodarki ciepłownianej, na szerszym stosowaniu palenisk pyłowych, na automatyzacji urządzeń i centralizacji obsługi w kotłowniach, na stosowaniu nowoczesnych urządzeń mechanicznych do nawęglania i odpopielania, na odpylaniu spalin, na zasilaniu potrzeb własnych w sposób niezawodny, na dążeniu do prostoty układu elektrycznego, np. przyłączaniu prądnic w bloku z transformatorem bezpośrednio na sieć najwyższego napięcia krajowego, itd.

W starych większych elektrowniach ma dążyć się, w możliwych i rozsądnych granicach, do modernizacji i rozszerzenia urządzeń w myśl wyluszczonej wyżej tendencji nowoczesnych, natomiast w starych drobnych, nieekonomicznych elektrowniach produkcja będzie w ogóle zaniechana.

Niezbędny i przewidziany jest poważny postęp również w eksploatacji elektrowni: należyte dostosowanie paliwa do palenisk; stała kontrola ruchu we wszystkich działach; racjonalna organizacja remontów zapobiegawczych, a mianowicie planowanie ich w skali okręgowej, a nawet państwowej, i dokonywanie ich w okresach słabego obciążenia i szybko; wreszcie — dla osiągnięcia najlepszej sprawno-

ści — właściwy rozdział obciążeń między elektrownie i między zespoły w poszczególnych elektrowniach.

W zakresie gospodarki rozdzielniczej i sieciowej postęp techniczny ma się ujawnić w większej pewności dostawy energii do miejsc odbioru, a więc w zapobieganiu zakłóceniom ruchu sieci, w obniżaniu strat sieciowych, w poprawie współczynnika mocy, w rozwoju równoległej pracy elektrowni. Środkami do osiągnięcia tych celów mają być: automatyzacja rozdzielni i nastawni, nowoczesna aparatura w rozdzielnicach, stosowanie wyłączników o dużej mocy wyłączalnej, stosowanie ponownego włączania, utrzymywanie izolacji w dobrym stanie, nowoczesne zabezpieczenia sieciowe, w tej liczbie ochrona sieci od przepięć atmosferycznych, szeroka kontrola ruchu za pomocą przyrządów pomiarowych i rejestrujących, wprowadzenie urządzeń telekomunikacyjnych w sieciach energetycznych, rozwój rozrządu, którego praca powinna być oparta na dobrze obmyślonych planach produkcyjnych, obciążeniowych, remontowych. Postępem technicznym będzie dalej redukcja różnorodności napięć sieciowych oraz redukcja typów dla poszczególnych elementów urządzeń sieciowych i jednocześnie ich normalizacja. Wreszcie wysunięto również potrzebę kontroli racjonalnego i oszczędnego zużycia energii u odbiorców.

Rozwój sieci będzie duży, gdyż postawione jest przeciw zadanie udostępnienia energii elektrycznej całej ludności państwa, a więc rozszerzenia elektryfikacji również na wieś we wszystkich zakątkach kraju.

Przemysł elektrotechniczny jest jako całość w mniejszym stopniu zaawansowany w możliwości zaspokojenia potrzeb krajowych w swojej dziedzinie, niż energetyka na swoim odcinku; i różnorodność produkcji jest tu większa. Dlatego tu w naszych obecnych warunkach postępowaniem technicznym będzie już samo rozszerzenie wytwórczości dla potrzeb zarówno energetyki, jak i innych gałęzi gospodarki korzystających z dobrodziejstw elektryfikacji (górnictwa, hutnictwa i w ogóle przemysłu ciężkiego, traktacji itd.).

Przemysł maszyn i aparatów elektrycznych, wytwarzający maszyny, transformatory, wyłączniki, urządzenia rozdzielcze, zabezpieczeniowe, w szczególności przełącznikowe, zmuszony do oszczędzania tak zwanych materiałów deficytowych (miedzi, cyny), stawia sobie za zadanie zmniejszenie odpadków przy produkcji, a dla zredukowania robocizny stosowanie w produkcji takich nowoczesnych metod, jak szybkościowe skrawanie, suszenie podczerwienią, elektropolerowanie, metalizacja natryskowa, ogrzewanie prądami wielkiej częstotliwości, montaż potokowy, zmechanizowany transport wewnętrzny i in.

Przemysł kablówy, przygotowany na znaczny wzrost produkcji kabli i przewodów i zmuszony do ograniczania zużycia ołowiu i cyny jako materiałów „deficytowych“, przechodzi na stosowanie mas syntetycznych, ogranicza stosowanie w przewodach bawełny importowanej, podejmuje produkcję drutów jezdnych staloaluminiumowych, drutów „bimetalowych“, przewodów aldrejowych, kabli wysokonapięciowych i rentgenowskich.

Przemysł akumulatorowy rozpoczyna produkcję akumulatorów zasadowych.

Przemysł lampowy obok zwiększenia wytwórczości lamp oświetleniowych — zarówno żarówek, jak i świetlówek — postawił sobie za cel na okres Planu 6-letniego całkowite opanowanie i uruchomienie w kraju produkcji

wszystkich surowców i półfabrykatów, z których wyrabia się nowoczesne lampy (druć wolframowy, części szklane, elektrody, gazy, luminofory i in.). Jednocześnie będzie znacznie rozszerzony asortyment obu rodzajów lamp i będzie podjęta masowa produkcja taśmowa żarówek.

Seria referatów z dziedziny przemysłu telekomunikacyjnego, podana w streszczeniu w zeszytach poprzednim, przyciąga uwagę energetyka nie tylko dlatego, że informuje go w sposób przystępny o planowanym postępie technicznym w szeregu gałęzi ogólnego doniosłego znaczenia, jak w dziale telegrafii, centrali i aparatów telefonicznych, telefonii dalekosiężnej, sprzętu radiotechnicznego, grzejnictwa na prądach wielkiej częstotliwości, aparatów rentgenowskich, sygnalizacji kolejowej, drogowej i alarmowej i innych, ale i dlatego, że zawiera dużo myśli, wniosków i zamierzeń, które *mutatis mutandis* mogą z pożytkiem znaleźć zastosowanie również w pracach o kie-

runku energetycznym, jak np. sprawy zaopatrzenia przemysłu w narzędzia warsztatowe, w materiały wszelkich kategorii (izolacyjne, przewodowe, metale w ogóle i inne), sprawy organizacji i kontroli produkcji, sprawy właściwej współpracy przemysłu z odbiorcami jego wytworów.

Tak oto materiały zjazdowe SEP-u w sprawach postępu technicznego roztaczają przed elektrykami polskimi obszernie programy wysiłków na najbliższą przyszłość, zmierzające ku temu, abyśmy w swej pracy jak najrychlej dorównali stanowi osiągniętemu już gdzie indziej. Ale ambicje nasze powinny sięgać dalej niż naśladowanie innych. Wszak postęp techniczny we właściwym znaczeniu to wskazywanie nowych dróg do rozwiązywania dawnych zagadnień, to wysuwanie nowych idei, to otwieranie nowych dziedzin pracy.

Tadeusz Czapliski

## Nagrody państwowe za osiągnięcia w dziedzinie elektrotechniki z roku 1951

przyznane uchwałą Prezydium Rządu z dnia 18 lipca 1951 r.

### I. Dział nauki

Prof. dr inż. Janusz Groszkowski — za prace naukowe w dziedzinie radiotechniki (I st.).

Prof. inż. Janusz Lech Jakubowski — za działalność w dziedzinie organizacji naukowych badań elektrotechnicznych (II st.).

Prof. dr inż. Paweł Szulkin — za prace naukowe w dziedzinie elektroniki (II st.).

### II. Dział postępu technicznego

Inż. Eugeniusz Brochsztajn — za opracowanie projektu nowoczesnej fabryki aparatów radiowych (II st.).

Nagroda zespołowa: mgr inż. Władysław Gluziński, inż. Józef Pasterny — za opracowanie metody zdalnego sterowania przenośników oraz zunifikowa-

nych pól rozdzielczych wysokiego napięcia dla dołowej sieci kopalnianej (II st.).

Mgr inż. Zbigniew Kopczyński — za opracowanie konstrukcji i uruchomienie po raz pierwszy w Polsce produkcji transformatorów trójfazowych o mocy 40 MVA (II st.).

Marian Jaworek, majster elektryk, obecnie inspektor techniczny w Zarządzie Portu Gdańsk—Gdynia za 12 zatwierdzonych i zastosowanych wniosków racjonalizatorskich, a w szczególności za wprowadzenie usprawnień powiększających bezpieczeństwo pracy przy urządzeniach przeładunkowych w portach (III st.).

Nagroda zespołowa: prof. dr inż. Ludgar Mirosław Szklarski, mgr inż. Władysław Dudek, mgr inż. Zygmunt Kawecki — za opracowanie zdalnego sterowania i sygnalizacji w przewozie głównym dołowym (III st.).

MGR INŻ. T. OLESZYŃSKI

## Uwagi o projektowaniu wnętrzych urządzeń oświetleniowych

**Treść.** Artykuł omawia wytyczne do projektowania urządzeń oświetleniowych z punktu widzenia techniki świetlnej. Po sprecyzowaniu zasadniczych założeń do projektu podaje jedną z metod rozwiązania projektu, wymieniając etapy na drodze do znalezienia właściwego rozwiązania. Podaje tablice sprawności oświetlenia żarówkowego i fluorescencyjnego dla typowych opraw i systemów oświetlenia, jako podstawę do wstępnych obliczeń strumienia świetlnego źródeł światła.

**Замечания по вопросам проектирования внутренних осветительных установок.** В статье даются руководящие указания по проектированию электрических осветительных установок с точки зрения осветительной техники. Исходя из основных предпосылок проекта, автор приводит один из методов, при помощи которого можно получить надлежащее решение вопроса. Даны таблицы коэффициентов использования света для типичных осветительных приборов при типичных способах освещения как лампами накаливания, так и люминесцентными лампами. Таблицы служат для предварительного подсчета требуемого светового потока.

**Notes on interior lighting.** The article deals with the directives for designing electric lighting equipment, from the point of view of lighting technique. The author quotes, after dealing with the fundamental principles of designing, one of the methods of solving the problem of design, specifying the stages leading up to the proper solution. The article contains tables of efficiency of incandescent and fluorescent lighting for typical lighting fixtures and systems, intended as a basis for the preliminary computation of the light flux of lighting sources.

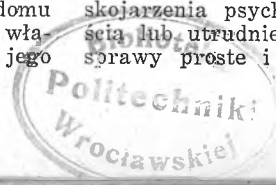
### 1. Wstęp.

Celem oświetlenia sztucznego w budynkach jest zapewnienie dobrych warunków do pracy narządu wzroku przy wykonywaniu różnorodnych czynności, przy rozrywce lub wypoczynku.

W zakładzie przemysłowym czy w biurze przeważa zadanie stworzenia dobrych warunków pracy, w domach towarowych i sklepach prócz dobrego oświetlenia, potrzebnego do sprzedaży towarów, występuje zagadnienie dekoracji wnętrza przy pomocy światła, w mieszkaniach urządzenie oświetleniowe ma być ich ozdobą i stwarzać miły nastrój do wypoczynku po pracy. W teatrze, kinie, w domu kultury czy klubie oświetleniowiec może przy pomocy właściwie rozłożonej jaskrawości we wnętrzu podkreślić jego

architekturę i stworzyć właściwy nastrój dla widza lub użytkownika danego wnętrza.

Zasady dobrego oświetlenia uczą nas, jakimi środkami techniki świetlnej można każdy z tych celów osiągnąć. Przez wybór systemu oświetlenia i poziomu natężenia oświetlenia, przez rozmieszczenie punktów świetlnych, rozkład jaskrawości we wnętrzu oraz barwę światła i ciemność oświetlenia można wpływać na warunki pracy wzrokowej i samopoczucie osoby, przebywającej we wnętrzu. Oświetleniowiec musi znać również fizjologię narządu wzroku oraz umieć wczuć się w podświadome przeżycia skojarzenia psychiczne użytkownika, wywoływane łatwością lub utrudnieniem pracy narządu wzroku. Nie są to sprawy proste i projektujący urządzenia oświetleniowe



często nie ogarniają całości tego skomplikowanego zagadnienia. Jest jeszcze wielu elektryków, a nawet oświetleniowców, dla których technika oświetlenia to prosty rachunek:

$$E = \frac{\Phi \cdot \eta}{S} \quad (\text{lx}).$$

Trzeba wyraźnie powiedzieć, że takie ujęcie techniki świetlnej jest przeżytkiem w naszych czasach szybkościowego skrawania, mechanizacji procesów technologicznych, korabielnikowskich metod pracy. Oświetlenie to nie tylko „luksy na polu pracy wzrokowej“. Oświetlenie — to stworzenie dobrych warunków widzialności, które są znowu zależne od szeregu warunków zewnętrznych i od subiektywnej reakcji człowieka na te warunki. Stąd konieczność zarówno umiejętności określenia rozkładu jaskrawości, jak i wczucia się w reakcje człowieka pracującego w danych warunkach oświetleniowych, przy danym rodzaju zajęcia.

Z drugiej strony powszechność urządzeń oświetleniowych wymaga ich projektowania w szerokim zakresie i w wielkiej ilości odmian — zwłaszcza w obecnych warunkach intensywnego budownictwa, realizowanego w planie 6-letnim. Każdy budynek musi być wyposażony w instalację elektryczną, która między innymi ma zasilac urządzenia oświetleniowe. Z konieczności więc nie zawsze projektuje się instalacje oświetleniowe na podstawie gruntownej znajomości i po drobiazgowym przemyśleniu zagadnienia.

Poniższe uwagi — nie roszczone pretensji do wyczerpującego ujęcia tematu — mają za zadanie zwrócić uwagę projektujących instalacje elektryczne do celów oświetleniowych na pewne zasadnicze tezy, którymi kierować się można przy projektowaniu, a które wynikają z zasad dobrego oświetlenia.

Projektowanie instalacji elektrycznej do celów oświetleniowych odbywa się najczęściej w następujący uproszczony sposób: określa się moc, potrzebną dla każdego pomieszczenia, wynikającą z jego powierzchni, założonego średniego natężenia oświetlenia i sprawności oświetlenia: z sumy tych mocy określa się wielkość punktu zasilającego, od którego wyprowadza się odpowiednią do konfiguracji budynku liczbę pionów do zasilania poszczególnych obwodów. Każdy obwód zasilania odpowiada liczbę punktów świetlnych, określoną największą mocą dopuszczoną przez przepisy dla jednego obwodu. Rozmieszczenie punktów świetlnych odbywa się zwykle na podstawie symetrycznego ich rozłożenia na planie wnętrza w liczbie, zapewniającej dostateczną równomierność. Projekt taki wykonywa się najczęściej na podstawie planu budynku w skali 1 : 100, na którym prócz napisów dotyczących przeznaczenia pomieszczenia (np. biuro, hala maszynowa, montaż) i zaznaczenia otworów okiennych i drzwiowych nic więcej nie podano. Można z góry przewidzieć, że na takich przesłankach zbudowany projekt może być w najlepszym razie z oświetleniowego punktu widzenia zaledwie dostateczny.

Jaka zatem winna być droga, prowadząca do dobrych wyników?

## 2. Podstawy do projektowania instalacji oświetleniowej.

a) Niezbędny jest komplet rysunków budowlanych (zwykle w podziale 1 : 100), zawierający rzuty poziome wszystkich kondygnacji oraz przekroje podłużne i poprzeczne. Rysunki te powinny być ostateczne, tzn. nie ulegające zmianom w rozplanowaniu ścian działowych, w przeznaczeniu pomieszczeń itd. Do ostatecznego opracowania projektu oświetleniowego należy przystępować dopiero po całkowitym zatwierdzeniu projektu architektonicznego. Celowe jest natomiast porozumiewanie się oświetleniowca z architektem już przy wstępnym opracowywaniu projektu budynku ze względu na zdarzające się często specjalne zagadnienia oświetleniowe, które wymagają specjalnych rozwiązań konstrukcji budynku.

b) Na planach budynku powinny być podane w sposób dokładny i ostatecznie ustalone miejsca pracy (maszyny, stoły, biurka, szafy, półki itp.) z zaznaczeniem stanowiska pracującego. Rodzaj wykonywanej pracy powinien być określony jak najdokładniej. Nie wystarczy np. podać, że w hali stoją nawijarki do drutu; konieczne jest podanie średnicy nawijanego drutu oraz jego izolacji, bo innego oświetlenia będzie wymagać nawijanie drutu o średnicy

2 mm w białym (przędzie bawelnianym, a innego — nawijanie drutu o średnicy 0,05 mm w ciemnej emalii. Dokładna znajomość rodzaju materiałów i przedmiotów oraz czynności, związanych z wykonywaniem danej pracy, jest podstawowym warunkiem zaprojektowania właściwego oświetlenia. Nie można dobrze zaprojektować oświetlenia tkalni, jeśli nie zna się dokładnie pracy na krośnie tkackim. Rozpoczynać projektowanie oświetlenia trzeba zawsze od poznania warunków pracy wzrokowej przy danej czynności. Jest to warunek kardynalny, od którego odstępować nie wolno.

c) Wykończenie wnętrza — barwa ścian, sufitu, podłogi, rodzaj farby (klejowa lub olejna), barwa maszyn lub mebli, które będą we wnętrzu ustawione, zasłony na okna (lub ich brak) — to są również czynniki wpływające nie tylko na ogólną sprawność oświetlenia, ale i na warunki dobrego widzenia, gdyż od nich zależy rozkład jaskrawości w poru widzenia tak ważny dla dobrego spostrzegania; oświetleniowiec musi tu wkroczać i nawet narzucać architektowi właściwe z punktu widzenia techniki świetlnej rozwiązania.

d) Stopień wydzielania i osadzania się kurzu, pyłu, stopień wilgotności powietrza, temperatura otoczenia zimą i latem, istnienie wycieków żrących, gazów wybuchowych — to dalsze warunki wpływające na projektowanie instalacji oświetleniowej.

e) Z danych elektrycznych wreszcie potrzebna jest znajomość napięcia sieci oświetleniowej oraz częstotliwości.

Zebranie tych danych i — co jeszcze raz podkreślimy — gruntowne zapoznanie się z warunkami pracy w oświetlonym wnętrzu stanowi niezbędne przygotowanie założeń do projektu instalacji oświetleniowej.

## 3. Projektowanie urządzenia oświetleniowego.

Różnorodność urządzeń oświetleniowych nie pozwala na stworzenie jednej sztywnej metody ich projektowania. Zależnie od zagadnienia (a również i od indywidualności projektującego) droga do znalezienia właściwego rozwiązania może być różna. Cel ostateczny, do którego ma doprowadzić, to ustalenie punktów, w których mają być umieszczone najwłaściwsze źródła światła, ustalenie sposobu ich zasilania oraz włączania i wyłączenia. Zajmiemy się tu dwoma pierwszymi zagadnieniami, a więc: a) wyborem najwłaściwszych źródeł światła oraz b) rozmieszczeniem tych źródeł w najwłaściwszy sposób, pozostawiając projektowanie sieci zasilającej — jako osobne zagadnienie — do omówienia przy innej sposobności. Do rozwiązania tych dwóch podstawowych zagadnień możemy dojść wieloma drogami. Dla przykładu podamy tu jedną z nich.

### Wybór systemu oświetlenia i typu źródeł światła

1) Rozpatrując rodzaj wykonywanej w pomieszczeniu pracy możemy ją zaliczyć do jednej z trzech zasadniczych grup:

I) wymagającej niezbyt dużych natężeń oświetlenia — do 50 lx, jak np. praca w kuźni, sortowanie węgla itp.;

II) wymagającej średnich natężeń oświetlenia — od 50 do 500 lx, jak np. czytanie, pisanie, prace na obrabiarkach;

III) wymagającej dużych natężeń oświetlenia — powyżej 500 lx, np. precyzyjne prace przy obróbce mechanicznej, tkanie ciemnych materiałów, stoły operacyjne.

Na podstawie tego podziału określimy sposób oświetlenia: oświetlenie ogólne wybierzemy zwykle w dwóch pierwszych wypadkach, w ostatnim — oświetlenie ogólne z miejscowym.

2) Cienie odgrywają przy spostrzeganiu szczegółów, zwłaszcza przy oglądaniu przedmiotów brylowych, bardzo wielką rolę. Istotny jest przy tym zarówno kierunek padania światła i tworzenia się cieni, jak i tzw. cienistość  $C$  określana zależnością:

$$C = \frac{E_{\text{bezp.}}}{E_{\text{całk.}}} = \frac{E_{\text{całk.}} - E_{\text{rozp.}}}{E_{\text{całk.}}}$$

Cienistość zatem jest to stosunek natężenia oświetlenia, które pochodzi od światła idącego bezpośrednio od źródła światła (oprawy), do całkowitego natężenia oświetlenia, które jest sumą natężeń od światła bezpośredniego i rozproszonego, odbitego od ścian i sufitu. Do dużej cienistości

(do  $\sim 0,8$ ) dążymy przy rozróżnianiu kształtów przedmiotów (np. sortowanie drobnych przedmiotów, oglądanie kształtów brył itp.); małej cienistości ( $C = 0,2$ ) wymagają prace, przy których narzędzia, ręce czy głowa pracownika mogą zastępować miejsce obserwacji (np. kreślenie, tkanie, operacje chirurgiczne).

Najostrzejsze cienie otrzymujemy przy oświetleniu bezpośrednim, najłagodniejsze przy oświetleniu pośrednim. Na wybór zatem systemu oświetlenia spośród pięciu zasadniczych klas:

- bezpośrednie,
- przeważnie bezpośrednie,
- rozproszone,
- przeważnie pośrednie,
- pośrednie,

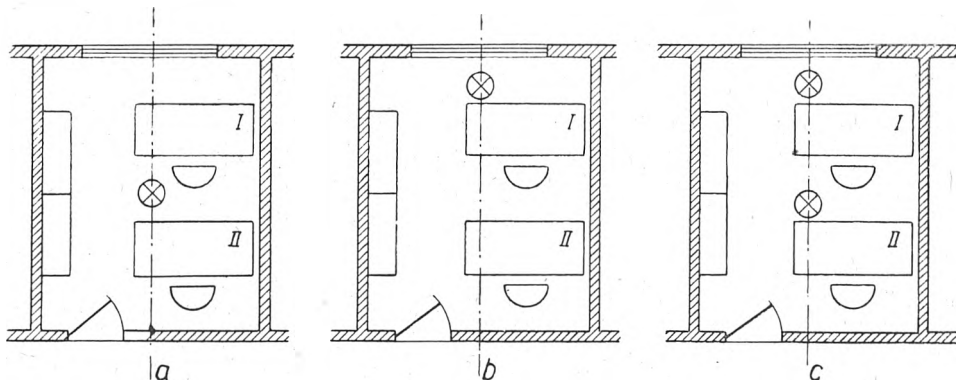
duży wpływ ma wymagana cienistość oświetlenia. Jeżeli wymagana jest nadto wyraźna kierunkowość cieni w polu

Przy czytaniu kopii pisma maszynowego na bibułce przy współczynniku odbicia liter ok. 15% i bibułki ok. 55% kontrast wyniesie zaledwie

$$\frac{0,15}{0,55} = 0,273 = 1:3,7,$$

a zatem będzie przeszło 5 razy mniejszy.

Kontrasty jaskrawości między tłem i przedmiotem obserwowanym trudno jest zwykle osiągnąć przez różnice natężeń oświetlenia (wymaga to stosowania dodatkowych źródeł światła np. do oświetlenia tła). Łatwiej osiągnąć można żądany kontrast przez dobór współczynnika odbicia  $\rho$  dla tła. Tak np. przy toczeniu profilowym tokarz lepiej spostrzeżga kształt toczonego przedmiotu, gdy podłoży pod niego arkusz białego papieru, podcięty w przedziałach ciemnych nici przy przedziałnicach wózkowych (selfaktorach) maluje się na biało itd. Podobnie i ściany pomie-



Rys. 1. Rozmieszczenie źródeł światła w pokoju biurowym  
 a — zły kierunek padania światła na biurko I  
 b — dobry kierunek padania światła; duża nierównomierność oświetlenia biurka I w stosunku do biurka II  
 c — dobry kierunek padania światła i dobra równomierność oświetlenia obu biurk

pracy wzrokowej, to osiąga się ją przez dodatkowe oświetlenie miejscowe, zapewniające znaczny procent całkowitego natężenia oświetlenia.

Ostrość cieni maleje ze wzrostem powierzchni źródeł światła, zmiekczenie cieni można zatem osiągnąć nawet przy oświetleniu bezpośrednim przez zastosowanie źródeł światła o dużej powierzchni (np. lampy fluoryzujące w oprawkach zamkniętych szklern mlecznym lub matowym). Analiza wymaganej cienistości ma więc również wpływ na wybór opraw oświetleniowych.

3) Jeżeli praca wykonywana we wnętrzu wymaga obserwacji powierzchni błyszczących, odbijających światło kierunkowo (np. części metalowe gładkie, papier kredowy, nić jedwabna, szkło), to jaskrawość obrazów źródeł światła w takich przedmiotach jest zwykle nadmierna i przeszkadza dobremu widzeniu. Zmniejszyć ją można bądź przez zastosowanie źródeł światła o dużej powierzchni i małej dzięki temu jaskrawości, bądź przez wybór oświetlenia pośredniego. Dokładne zatem poznanie materiałów i przedmiotów obserwowanych w czasie pracy w danym wnętrzu daje również wskazówki co do wyboru systemu oświetlenia i rodzaju opraw oświetleniowych.

4) Dla dobrego rozróżniania szczegółów oglądanego przedmiotu potrzebny jest kontrast jaskrawości między tłem i oglądanym szczegółem. Dla powierzchni odbijających światło w sposób rozproszony można przyjąć, że ich jaskrawość jest proporcjonalna do natężenia oświetlenia i jest tym większa, im większy jest współczynnik odbicia powierzchni oświetlonej:

$$B = \rho \cdot E,$$

gdzie  $B$  — jaskrawość (w apostilbach),

$\rho$  — współczynnik odbicia,

$E$  — natężenie oświetlenia (lx).

Tak więc na przykład przy oglądaniu rysunku, wykonanego tuszem o współczynniku odbicia ok. 4% na białym papierze o współczynniku odbicia ok. 80%, jaskrawości linii i tła przy natężeniu oświetlenia na rysunku 200 lx będą:

$$B_{lin.} = 0,04 \cdot 200 = 8 \text{ asb},$$

$$B_{tło} = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ asb}.$$

Stosunek jaskrawości (kontrast) wyniesie zatem

$$\frac{B_{lin.}}{B_{tło}} = \frac{8}{160} = 1:20$$

i będzie równy stosunkowi współczynników odbicia.

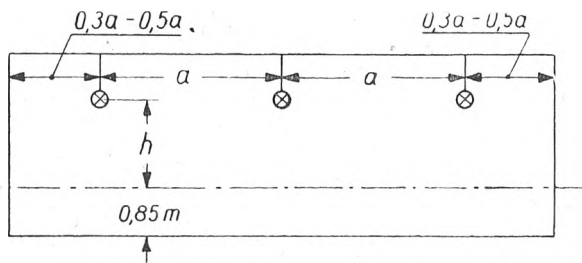
szczenia, stanowiące ogólne tło, na którym spostrzegamy otaczające nas przedmioty, powinny mieć właściwą jaskrawość. Osiągamy ją przez odpowiednie malowanie ścian oraz dobór systemu oświetlenia, kierując na ściany mniejszą lub większą część strumienia świetlnego, wysyłanego przez źródła światła.

5) Konieczność rozróżniania barw przedmiotów oglądanych stawia wymagania rozkładowi widnowemu energii wysyłanej przez źródło światła. Rozkład ten powinien odpowiadać rozkładowi widnowemu światła dziennego (też zresztą zmiennemu w zależności od pory roku, dnia, zachmurzenia itp.). Względ ten może być decydujący przy wyborze źródeł światła (lamp żarowych, rtęciowych, fluoryzujących). Jednak nie tylko rozróżnianie barw ma wpływ na wybór źródeł światła. Barwa światła ma również wpływ na fizjologię widzenia i psychikę człowieka. Znane jest zjawisko, że przy barwie światła sztucznego zbliżonej do światła dziennego dla osiągnięcia dobrego samopoczucia (wygody) przy spostrzeganiu potrzebne są znacznie większe natężenia oświetlenia niż przy świetle czerwonym, które dają żarówki. Światło „ciepłe“, bogatsze w promienie żółto-czerwone, stwarza na ogół przyjemniejsze wrażenie, niż „zimne“, obfitujące w promieniowanie zielono-niebieskie. Przy wyborze zatem barwy źródeł światła należy również te względy dobrze rozważyć.

6) Wybór pomiędzy żarówkami i lampami fluoryzującymi, które zdobywają sobie co raz szersze dziedziny zastosowania, powinien mieć również za podstawę względy gospodarcze. Na ogół można powiedzieć, że lampy fluoryzujące mają przewagę nad żarówkami tam, gdzie w grę wchodzi średnie i duże natężenia oświetlenia (200—500 lx i więcej) oraz tam, gdzie czas użytkowania instalacji w ciągu doby jest długi (kilka — kilkanaście godzin na dobę). Natomiast lampy fluoryzujące z katodą podgrzewaną przy zapłonie (typ produkowany w Polsce) nie powinny być stosowane tam, gdzie temperatura otoczenia jest niska (poniżej ok. 5°C), gdyż zapłon ich w tych warunkach jest utrudniony, a strumień wypromieniowany mniejszy od znamionowego. Przy oświetleniu wnętrz, gdzie dobre rozróżnianie barw jest wymagane, lampy fluoryzujące są niezastąpionym źródłem światła (farbiarnie, galerie obrazów).

7) Na wybór systemu oświetlenia oraz typu opraw oświetleniowych mają często decydujący wpływ względy estetyczne (sale reprezentacyjne, teatry, restauracje). Tu oświetleniowiec jest technicznym doradcą architekta pro-

jektującego wewnątrz i on musi pamiętać, aby wszystkie zasady dobrego oświetlenia były przez rozwiązanie techniczne koncepcji architektonicznej spełnione. Oczywiście, również przy wszelkich innych instalacjach oświetleniowych ich estetyczna strona musi być uwzględniana.



Rys. 2. Odstęp między oprawami

Oświetlenie bezpośrednie	$\frac{a}{h} = 1,8 - 2,5$
„ przeważnie bezpośrednie	$\frac{a}{h} = 2 - 3$
„ rozproszone	$\frac{a}{h} = 2,5 - 3,5$

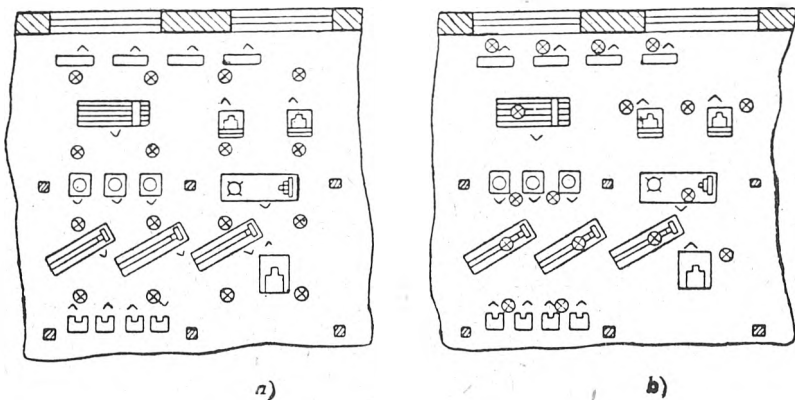
Dokładne rozważenie wyżej podanych kryteriów pozwoli na wybranie najodpowiedniejszego dla danego pomieszczenia i rodzaju wykonywanej w nim pracy systemu oświetlenia, rodzaju źródeł światła i typu opraw oświetleniowych.

#### Rozmieszczenie źródeł światła

1) Przy stosowaniu opraw oświetleniowych, zwłaszcza do oświetlenia bezpośredniego, przeważnie bezpośredniego i rozproszonego, natężenie oświetlenia panujące pod oprawami jest większe niż w pozostałych częściach powierzchni oświetlonej. Równomierność oświetlenia, którą określa stosunek

$$\delta = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} < 1,$$

zależy od rozmieszczenia źródeł światła. Największe natężenia oświetlenia powinny, oczywiście, występować na miejscach pracy, a zatem i rozmieszczenie źródeł światła



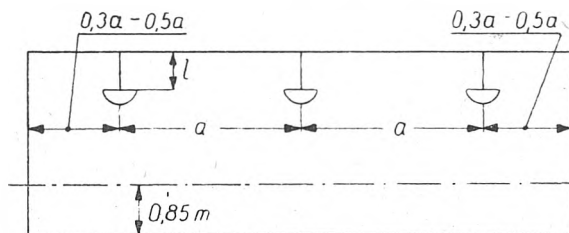
powinno być ściśle związane z rozmieszczeniem miejsc pracy. Dlatego do projektu oświetleniowego konieczna jest znajomość rozmieszczenia maszyn, stołów, biurek itp.

2) Drugim istotnym czynnikiem, wpływającym na rozmieszczenie źródeł światła, jest pożądanym kierunek padania światła na miejsce pracy. Rozmieszczenie miejsc pracy w pomieszczeniu jest często uwarunkowane kierunkiem padania światła dziennego, przy którym odbywa się praca w ciągu dnia. Kierunek padania światła sztucznego na miejsce pracy powinien być zgodny z kierunkiem oświetlenia dziennego w danym pomieszczeniu. Na rys. 1a podany jest typowy sposób umieszczenia źródła światła w środku pomieszczenia — sposób niewłaściwy, dający kierunek padania światła dla przyokiennej części pokoju przeciwny do kierunku oświetlenia dziennego. Rys. 1b i c podają rozwiązanie, zapewniające dobry kierunek padania światła, przy czym w przypadku 1c otrzymujemy również dobrą równomierność oświetlenia na obu miejscach pracy.

3) Odstęp pomiędzy oprawami przy oświetleniu ogólnym zależy od wymaganego stopnia równomierności

oświetlenia. Dla przeciętnych wymagań można przyjąć, że odstęp między oprawami w zależności od wysokości ich zawieszenia nad płaszczyzną pracy powinny odpowiadać stosunkowi podanemu na rys. 2.

Przy oświetleniu przeważnie pośrednim i pośrednim odległość między oprawami uzależniona jest od równomierności oświetlenia sufitu. W tych przypadkach stosunek odstępów między oprawami do ich odległości od sufitu (rys. 3) powinien zawierać się w granicach  $\frac{a}{l} = 2,5 - 3,5$ . Oczywiście, przy projektowaniu rozmieszczenia opraw należy kierować się rozplanowaniem miejsc pracy, a podane wyżej wskazówki traktować jako sprawdzian rozmieszczenia opraw w sensie niedopuszczania do zbyt



Rys. 3. Odstęp między oprawami przy oświetleniu pośrednim i przeważnie pośrednim

$$\frac{a}{l} = 2,5 - 3,5$$

dużych odstępów między oprawami, co powodowałyoby zbyt nierównomierność oświetlenia. Przy oświetlaniu lampami fluoryzującymi umieszczonymi w oprawach, przylegających do siebie i tworzących pasy świetlne, rozciągające się na całą długość lub szerokość pomieszczenia, przyjmuje się odległość między pasami przy oświetleniu bezpośrednim i przeważnie bezpośrednim równą ok. 1,3—1,6 wysokości zawieszenia opraw nad płaszczyzną pracy.

4) Szczególnym przypadkiem oświetlenia ogólnego, przy którym źródła światła są na ogół rozmieszczone równomiernie w całym pomieszczeniu (według zasad podanych

Rys. 4. Rozmieszczenie źródeł światła oświetlenia ogólnego w zakładzie przemysłowym  
a — rozmieszczenie równomierne  
b — rozmieszczenie lokalizowane

w p. 3), jest tzw. oświetlenie ogólne zlokalizowane. Rys. 4b podaje przykład takiego oświetlenia hali maszynowej w zakładzie przemysłowym. W stosunku do równomiernego rozmieszczenia źródeł światła (rys. 4a) system ten ma tę zaletę, że kierunek padania światła na miejsce pracy jest tutaj właściwy, dostosowany do rozplanowania miejsc pracy\*). Wymaga on jednak ostatecznego ustalenia rozmieszczenia miejsc pracy przed opracowaniem projektu instalacji oświetleniowej, co zawsze powinno być przestrzegane, a co jeszcze bardzo rzadko zdarza się w praktyce.

5) Wszędzie, gdzie to jest możliwe, dostateczne natężenie oświetlenia do danej pracy powinno się osiągnąć za pomocą oświetlenia ogólnego (równomiernie rozłożonego lub lokalizowanego). Wysokie poziomy natężenia potrzebne do prac dokładnych korzystniej jednak można osiągnąć przy pomocy oświetlenia miejscowego. Przy ustalaniu rozmieszczenia źródeł światła do tego rodzaju oświetlenia decydującą rolę grają cienie, występujące w polu pracy, cie-

\*) Mieszkow W. W. i Sokołow I. I. Kurs oświetleniowej techniki, 1948.

Tablica I. Oświetlenie żarówkowe

Wartości początkowe sprawności oświetlenia $\eta$															Współcz. obniżenia sprawno- ści oś- wietlenia z biegiem czasu k				
L. p.	System oświetlenia	Przykład oprawy	Podział stru- mienia $\Phi_{\Delta}$ $\Phi_{\square}$	Sprawność oprawy $\eta_{opr}$	Wskaźnik po- mieszczenia w	Współczynnik odbicia sufitu $\rho_{suf}$													
						0,7			0,5			0,3							
						Wsp. odbicia ścian $\rho_{sc}$			Wsp. odbicia ścian $\rho_{sc}$			Wsp. odbicia ścian $\rho_{sc}$							
0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1			0 75	0,75	1,0	0,27	0,22	0,18	0,27	0,22	0,18	0,26	0,22	0,18	0,77				
					1,2	0,31	0,26	0,21	0,30	0,26	0,22	0,30	0,26	0,22	0,30	0,26	0,22	0,77	
					1,5	0,36	0,31	0,27	0,35	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,77	
					2,0	0,43	0,38	0,34	0,42	0,37	0,34	0,41	0,37	0,34	0,41	0,37	0,34	0,77	
					2,5	0,48	0,43	0,40	0,47	0,43	0,39	0,47	0,42	0,39	0,47	0,42	0,39	0,80	
					3	0,52	0,47	0,44	0,50	0,47	0,44	0,50	0,46	0,44	0,50	0,46	0,44	0,80	
					4	0,57	0,53	0,50	0,56	0,53	0,50	0,56	0,53	0,50	0,56	0,53	0,50	0,80	
					5	0,61	0,58	0,55	0,60	0,57	0,55	0,59	0,57	0,55	0,59	0,57	0,55	0,80	
					6	0,63	0,61	0,58	0,63	0,60	0,58	0,62	0,60	0,58	0,62	0,60	0,58	0,80	
					8	0,67	0,65	0,63	0,66	0,64	0,63	0,66	0,64	0,63	0,66	0,64	0,63	0,80	
10	0,69	0,68	0,66	0,69	0,67	0,66	0,68	0,67	0,66	0,68	0,67	0,66	0,66	0,80					
2			18 65	0,83	1,0	0,27	0,22	0,18	0,26	0,21	0,17	0,24	0,20	0,16	0,71				
					1,2	0,31	0,26	0,22	0,30	0,25	0,21	0,28	0,23	0,20	0,28	0,23	0,20	0,71	
					1,5	0,37	0,31	0,27	0,35	0,30	0,26	0,32	0,28	0,24	0,32	0,28	0,24	0,71	
					2,0	0,44	0,38	0,34	0,41	0,36	0,32	0,38	0,34	0,31	0,38	0,34	0,31	0,71	
					2,5	0,49	0,44	0,40	0,45	0,41	0,38	0,42	0,38	0,36	0,42	0,38	0,36	0,74	
					3	0,53	0,48	0,44	0,49	0,45	0,42	0,46	0,42	0,40	0,46	0,42	0,40	0,74	
					4	0,58	0,54	0,51	0,55	0,51	0,48	0,51	0,48	0,46	0,51	0,48	0,46	0,74	
					5	0,62	0,59	0,56	0,58	0,55	0,53	0,55	0,52	0,50	0,55	0,52	0,50	0,74	
					6	0,64	0,61	0,59	0,61	0,58	0,56	0,57	0,55	0,53	0,57	0,55	0,53	0,74	
					8	0,68	0,65	0,64	0,64	0,62	0,61	0,60	0,59	0,57	0,60	0,59	0,57	0,74	
10	0,71	0,69	0,67	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,63	0,62	0,61	0,61	0,74					
3			40 43	0,83	1,0	0,21	0,16	0,12	0,18	0,14	0,11	0,15	0,11	0,09	0,62				
					1,2	0,25	0,19	0,15	0,21	0,16	0,13	0,18	0,14	0,11	0,14	0,11	0,09	0,64	
					1,5	0,30	0,24	0,20	0,25	0,20	0,17	0,21	0,17	0,14	0,21	0,17	0,14	0,64	
					2,0	0,36	0,30	0,25	0,30	0,25	0,22	0,25	0,21	0,18	0,25	0,21	0,18	0,67	
					2,5	0,39	0,34	0,29	0,33	0,29	0,25	0,28	0,24	0,21	0,28	0,24	0,21	0,67	
					3	0,43	0,37	0,30	0,36	0,32	0,28	0,30	0,26	0,24	0,30	0,26	0,24	0,67	
					4	0,48	0,43	0,38	0,41	0,37	0,33	0,34	0,31	0,28	0,33	0,34	0,31	0,28	0,67
					5	0,51	0,47	0,43	0,44	0,40	0,37	0,37	0,34	0,31	0,37	0,37	0,34	0,31	0,69
					6	0,53	0,49	0,46	0,46	0,42	0,39	0,38	0,36	0,33	0,39	0,38	0,36	0,33	0,69
					8	0,56	0,53	0,50	0,49	0,46	0,44	0,41	0,39	0,37	0,44	0,41	0,39	0,37	0,69
10	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46	0,43	0,41	0,39	0,46	0,43	0,41	0,39	0,69					
4			60 22	0,82	1,0	0,20	0,15	0,12	0,16	0,12	0,10	0,11	0,09	0,07	0,62				
					1,2	0,24	0,19	0,15	0,18	0,14	0,12	0,13	0,11	0,09	0,11	0,09	0,62		
					1,5	0,28	0,23	0,20	0,21	0,18	0,15	0,16	0,13	0,11	0,16	0,13	0,11	0,62	
					2,0	0,33	0,29	0,25	0,26	0,22	0,19	0,19	0,16	0,14	0,19	0,16	0,14	0,64	
					2,5	0,37	0,33	0,29	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16	0,23	0,21	0,19	0,64	
					3	0,40	0,36	0,32	0,31	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,25	0,23	0,20	0,64	
					4	0,45	0,41	0,37	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,22	0,29	0,26	0,23	0,22	0,64
					5	0,48	0,44	0,41	0,37	0,35	0,32	0,27	0,26	0,24	0,32	0,27	0,26	0,24	0,64
					6	0,50	0,46	0,44	0,39	0,37	0,35	0,29	0,27	0,26	0,35	0,29	0,27	0,26	0,64
					8	0,52	0,50	0,47	0,41	0,39	0,38	0,31	0,29	0,28	0,38	0,31	0,29	0,28	0,64
10	0,54	0,52	0,50	0,43	0,41	0,40	0,33	0,31	0,30	0,40	0,33	0,31	0,30	0,64					
5			80 0	0,80	1,0	0,19	0,15	0,12	0,13	0,10	0,09	0,08	0,06	0,05	0,61				
					1,2	0,23	0,18	0,15	0,15	0,12	0,11	0,09	0,07	0,11	0,09	0,07	0,62		
					1,5	0,27	0,22	0,19	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08	0,13	0,11	0,09	0,62	
					2,0	0,31	0,27	0,24	0,22	0,19	0,17	0,13	0,11	0,10	0,17	0,13	0,11	0,62	
					2,5	0,35	0,31	0,27	0,25	0,22	0,20	0,14	0,13	0,12	0,20	0,14	0,13	0,12	0,62
					3	0,38	0,34	0,32	0,27	0,24	0,22	0,16	0,14	0,13	0,22	0,16	0,14	0,13	0,62
					4	0,42	0,39	0,36	0,29	0,27	0,26	0,17	0,16	0,15	0,26	0,17	0,16	0,15	0,62
					5	0,45	0,42	0,40	0,31	0,30	0,28	0,18	0,18	0,17	0,28	0,18	0,18	0,17	0,62
					6	0,46	0,44	0,42	0,32	0,31	0,30	0,19	0,18	0,18	0,30	0,19	0,18	0,18	0,64
					8	0,48	0,46	0,45	0,34	0,33	0,32	0,20	0,19	0,19	0,32	0,20	0,19	0,19	0,64
10	0,50	0,48	0,47	0,35	0,34	0,33	0,21	0,20	0,20	0,33	0,21	0,20	0,20	0,64					



Tablica II. Oświetlenie fluorescencyjne

Wartości początkowe sprawności oświetlenia $\eta$															Współcz. obniżenia sprawności oświetle- nia z bie- giem czasu k
L. p.	System oświetlenia	Przykład oprawy	Podział stru- mienia $\Phi_{\Delta}$ $\Phi_{\square}$	Sprawność oprawy $\eta_{opr}$	Wskaźnik po- mieszczenia $w$	Współczynnik odbicia sufitu $\rho_{suf}$									
						0,7			0,5			0,3			
						Wsp. odbicia ścian $\rho_{śc}$			Wsp. odbicia ścian $\rho_{śc}$			Wsp. odbicia ścian $\rho_{śc}$			
0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	16			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1			50 50	1,0	1,0	0,26	0,20	0,15	0,22	0,17	0,13	0,19	0,14	0,11	0,69
					1,2	0,30	0,24	0,19	0,26	0,21	0,17	0,22	0,18	0,14	0,69
					1,5	0,36	0,29	0,25	0,31	0,26	0,21	0,26	0,22	0,18	0,69
					2,0	0,43	0,36	0,31	0,37	0,31	0,27	0,31	0,26	0,23	0,71
					2,5	0,47	0,41	0,36	0,40	0,35	0,31	0,34	0,29	0,26	0,71
					3	0,51	0,45	0,40	0,44	0,39	0,34	0,36	0,32	0,29	0,71
					4	0,57	0,51	0,46	0,49	0,44	0,40	0,41	0,37	0,34	0,71
					5	0,60	0,55	0,51	0,52	0,48	0,44	0,44	0,41	0,38	0,71
					6	0,63	0,58	0,54	0,54	0,51	0,47	0,46	0,43	0,40	0,71
					8	0,67	0,63	0,59	0,58	0,55	0,52	0,49	0,47	0,45	0,74
10	0,69	0,66	0,63	0,61	0,58	0,56	0,52	0,50	0,48	0,74					
2			0 75	0,75	1,0	0,26	0,21	0,17	0,26	0,21	0,17	0,25	0,20	0,17	0,71
					1,2	0,31	0,25	0,21	0,30	0,25	0,21	0,29	0,25	0,21	0,71
					1,5	0,36	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,34	0,30	0,27	0,71
					2,0	0,42	0,37	0,33	0,42	0,37	0,33	0,41	0,37	0,33	0,71
					2,5	0,47	0,42	0,39	0,46	0,42	0,38	0,45	0,41	0,38	0,71
					3	0,51	0,46	0,42	0,50	0,46	0,42	0,49	0,45	0,42	0,71
					4	0,56	0,52	0,49	0,55	0,52	0,49	0,55	0,52	0,49	0,71
					5	0,60	0,57	0,54	0,59	0,56	0,54	0,58	0,56	0,53	0,71
					6	0,62	0,59	0,57	0,61	0,59	0,56	0,61	0,58	0,56	0,74
					8	0,66	0,64	0,62	0,65	0,64	0,62	0,65	0,63	0,62	0,74
10	0,68	0,67	0,65	0,68	0,66	0,65	0,67	0,66	0,65	0,74					
3			0 55	0,55	1,0	0,22	0,18	0,16	0,21	0,18	0,16	0,21	0,18	0,16	0,69
					1,2	0,25	0,22	0,19	0,25	0,21	0,19	0,24	0,21	0,19	0,69
					1,5	0,29	0,26	0,23	0,29	0,26	0,23	0,28	0,26	0,23	0,69
					2,0	0,34	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28	0,33	0,30	0,28	0,69
					2,5	0,37	0,34	0,32	0,37	0,34	0,32	0,36	0,34	0,32	0,69
					3	0,40	0,37	0,35	0,39	0,37	0,35	0,39	0,37	0,35	0,69
					4	0,44	0,42	0,40	0,43	0,41	0,39	0,43	0,41	0,39	0,69
					5	0,46	0,44	0,42	0,46	0,44	0,42	0,45	0,44	0,42	0,69
					6	0,48	0,46	0,45	0,48	0,46	0,45	0,47	0,46	0,45	0,69
					8	0,50	0,49	0,48	0,50	0,49	0,48	0,50	0,49	0,48	0,69
10	0,52	0,51	0,50	0,52	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50	0,69					
4			51 40	0,91	1,0	0,26	0,20	0,17	0,22	0,17	0,14	0,18	0,15	0,13	0,71
					1,2	0,31	0,25	0,21	0,25	0,21	0,18	0,21	0,18	0,15	0,71
					1,5	0,36	0,30	0,26	0,30	0,26	0,22	0,25	0,21	0,19	0,71
					2,0	0,42	0,37	0,33	0,36	0,31	0,28	0,29	0,26	0,23	0,71
					2,5	0,47	0,42	0,38	0,40	0,36	0,32	0,33	0,30	0,27	0,71
					3	0,50	0,46	0,42	0,43	0,39	0,36	0,35	0,32	0,30	0,74
					4	0,56	0,52	0,48	0,47	0,44	0,41	0,39	0,37	0,35	0,74
					5	0,59	0,56	0,53	0,50	0,48	0,45	0,42	0,40	0,38	0,74
					6	0,62	0,58	0,55	0,52	0,50	0,48	0,44	0,42	0,40	0,74
					8	0,65	0,62	0,60	0,55	0,53	0,52	0,46	0,45	0,43	0,74
10	0,67	0,65	0,63	0,57	0,56	0,54	0,48	0,47	0,46	0,74					
5			41 36	0,77	1,0	0,24	0,20	0,16	0,21	0,17	0,15	0,18	0,15	0,13	0,69
					1,2	0,28	0,24	0,20	0,24	0,20	0,17	0,20	0,18	0,15	0,69
					1,5	0,32	0,28	0,25	0,28	0,24	0,21	0,24	0,21	0,19	0,69
					2,0	0,38	0,34	0,31	0,33	0,30	0,27	0,28	0,25	0,23	0,69
					2,5	0,42	0,38	0,35	0,37	0,33	0,31	0,31	0,28	0,27	0,69
					3	0,46	0,42	0,39	0,39	0,37	0,34	0,33	0,31	0,30	0,69
					4	0,50	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35	0,34	0,69
					5	0,53	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,39	0,38	0,36	0,69
					6	0,55	0,53	0,51	0,48	0,46	0,45	0,41	0,40	0,38	0,69
					8	0,58	0,56	0,54	0,50	0,49	0,48	0,43	0,42	0,41	0,69
10	0,59	0,58	0,57	0,52	0,51	0,50	0,44	0,44	0,43	0,69					



Rys. 5. Przykład oświetlenia biura  
Srednie natężenie oświetlenia ok. 350 lx  
Duża równomierność jasności (podanej w cd/m<sup>2</sup>) w całym wnętrzu

nie zarówno od przedmiotów, będących w polu widzenia, jak i od przedmiotów znajdujących się w najbliższym otoczeniu, oraz cienie od ciała pracownika. I znowu gruntowna analiza warunków pracy pozwoli na wybranie najwłaściwszego położenia źródła światła do oświetlenia miejscowego.

6) Na rozmieszczenie źródeł światła mogą wreszcie wpływać czynniki zewnętrzne, jak np. suwnice, które przy umieszczeniu źródeł światła ponad nimi mogą rzucać cienie, przeszkadzające w pracy, konstrukcje stropów, narzucające pewien rytm rozmieszczenia punktów świetlnych, itp. Wszystkie te uboczne względy należy uzgodnić z wymaganiami oświetleniowymi i dążyć przede wszystkim do uzyskania jak najlepszych warunków oświetleniowych przy rozmieszczaniu źródeł światła.

Po ustaleniu systemu oświetlenia, wyborze opraw i ich rozmieszczeniu pozostaje jeszcze obliczenie strumienia świetlnego źródeł światła, który zapewni żądane natężenie oświetlenia. Obliczenie to — bardzo zresztą proste, jeśli chodzi o metody przybliżone — opiera się zwykle na określeniu sprawności oświetlenia  $\eta$  dla danego systemu oświetlenia, sprawności oprawy, współczynnika odbicia ścian i sufitu oraz tzw „wskaźnika pomieszczenia“  $w$ , uwzględniającego wymiary pomieszczenia oraz wysokość zawieszenia opraw nad powierzchnią pracy we wnętrzu.

Wskaźnik pomieszczenia  $w$  oblicza się z zależności:

$$w = \frac{b}{h} \text{ dla pomieszczeń kwadratowych,}$$

$$w = \frac{0,2 l + 0,8 b}{h} \text{ dla pomieszczeń prostokątnych,}$$

gdzie  $b$  — szerokość pomieszczenia,

$l$  — długość pomieszczenia,

$h$  — wysokość zawieszenia źródeł światła nad powierzchnią pracy; w przypadku ścian ciemnych (współcz. odbicia  $\rho < 0,3$ ) przy oświetleniu pośrednim lub przeważnie pośrednim  $h$  oznacza odległość sufitu od powierzchni pracy.

Wartość sprawności oświetlenia dla typowych opraw do żarówek lub świetlówek podają tabl. I i II. Wartości te dotyczą instalacji nowych. W kolumnie 16 podane są wartości  $k$ , współczynnika obniżenia sprawności oświetlenia z biegiem czasu użytkowania instalacji. Do obliczeń strumienia świetlnego  $\Phi_0$  wprowadza się wartość użytkowej sprawności oświetlenia:

$$\eta_{uz} = \eta \cdot k.$$

Całkowity strumień świetlny źródeł światła  $\Phi_0$  określa się z zależności:

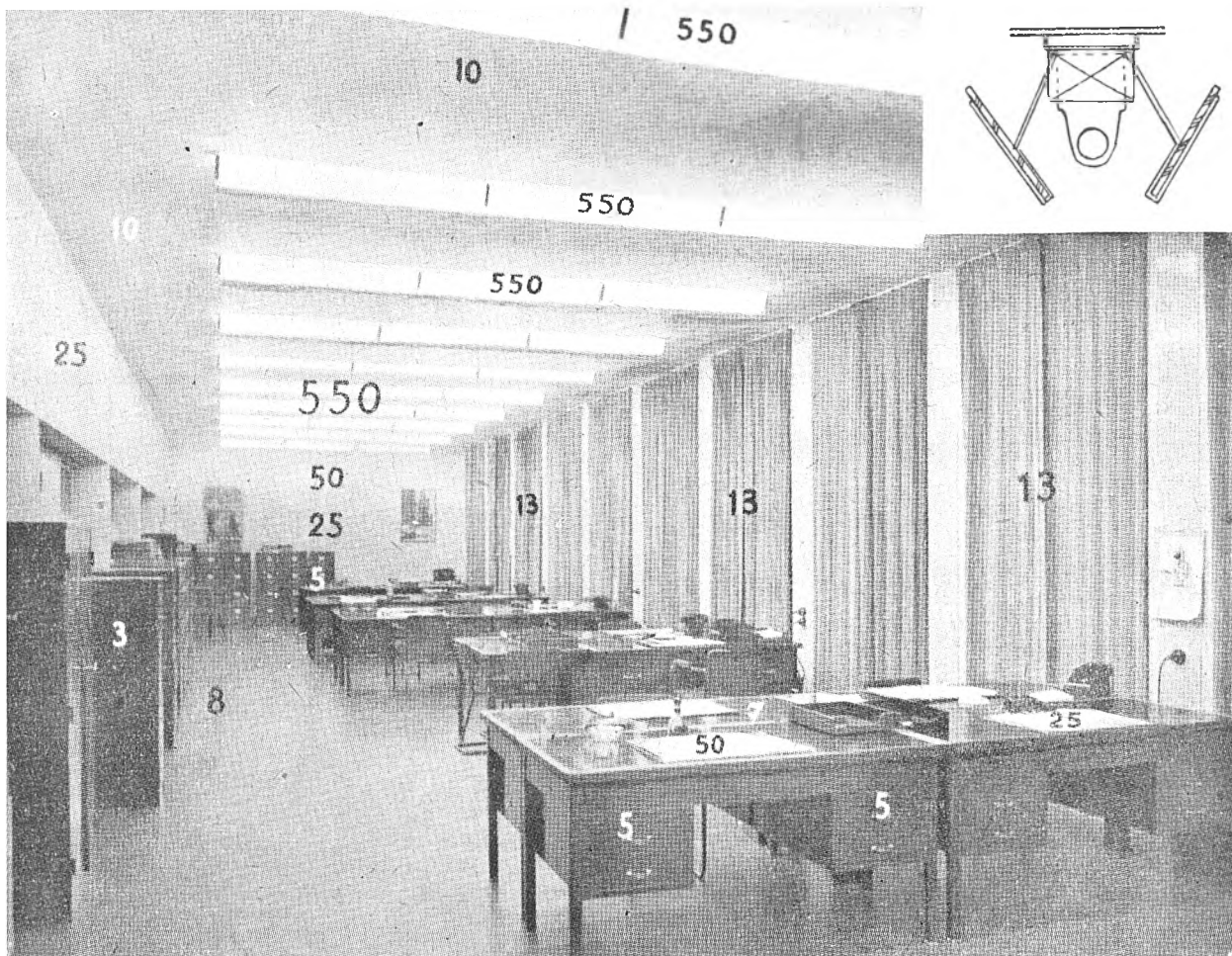
$$\Phi_0 = \frac{E_{sr} \cdot S}{\eta_{uz}},$$

gdzie  $E_{sr}$  — średnie natężenie oświetlenia w pomieszczeniu, określone przez normy,  $S$  — powierzchnia oświetlana.

Dzieląc całkowity strumień przez liczbę zaprojektowanych punktów świetlnych  $n$ , otrzymamy strumień żarówek lub lamp fluoryzujących, umieszczonych w jednej oprawie (punkcie świetlnym):

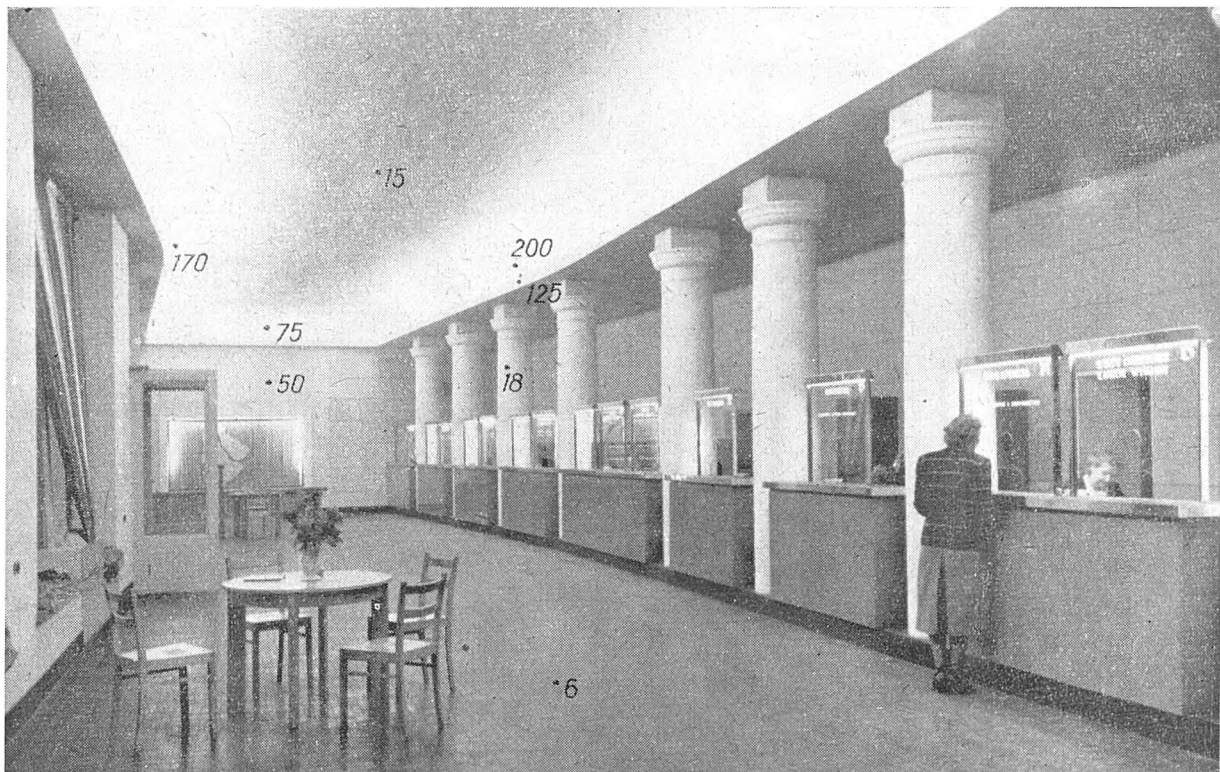
$$\Phi_1 = \frac{\Phi_0}{n}.$$

Dzieląc ten strumień przez strumień znamionowy lamp produkowanych przez przemysł, otrzymamy ich liczbę w jednej oprawie, a stąd i moc potrzebną do ich świecenia.



Rys. 6. Przykład oświetlenia biura

Srednie natężenie oświetlenia ok. 200 lx  
 Duże kontrasty jaskrawości (cd/m<sup>2</sup>) spowodowane większą jaskrawością opraw



Rys. 7. Przykład pośredniego oświetlenia biura podróży

Natężenie oświetlenia średnie ok. 130 lx  
 Natężenie oświetlenia na pulpach kas ok. 300 lx  
 Liczby na rysunku podają jaskrawość w cd/m<sup>2</sup>

Pozostaje jeszcze ustalić punkty włączania lamp i wtedy można już przystąpić do zaprojektowania sieci przewodów zasilających, dzieląc obciążenia na poszczególne obwody, zasilane z pionów oświetleniowych.

Po zaprojektowaniu urządzenia oświetleniowego należy sprawdzić — analizując rozkład strumienia świetlnego, kierunek jego padania na powierzchnie oświetlane, rozkład natężenia oświetlenia i jaskrawości oraz cienistość oświetlenia — czy spełnia ono warunki dobrego widzenia, podane w założeniach projektu. Dopiero spełnienie w wszystkich wymagań stawia projekt na właściwym poziomie, odpowiadającym nowoczesnym warunkom dobrego oświetlenia tzn. oświetlenia, którego zadaniem jest stworzyć człowiekowi pracy jak najlepsze higieniczne i bezpieczne warunki wykonywania czynności i umożliwiające osiągnięcie jak największej wydajności pracy.

Przykład dobrego rozkładu jaskrawości bez nadmiernych kontrastów podaje rys. 5. Mniej zadawalające rozwiązanie

widzimy na rys. 6. Rys. 7 podaje przykład oświetlenia pośredniego wnętrza. Nad rampą z rurami fluoryzującymi występują dość znaczne jaskrawości, natomiast środek sufitu wykazuje małą jaskrawość (duży kontrast jaskrawości). Liczby na rysunkach podają jaskrawość w danym miejscu w kandelach na metr kwadratowy ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ); dla otrzymania jaskrawości w stilbach ( $\text{cd}/\text{cm}^2$ ) należy liczby z rysunków pomnożyć przez  $10^{-4}$ ; dla otrzymania jaskrawości w apostilbach należy liczby z rysunków pomnożyć przez  $\pi$ .

#### LITERATURA

- Mieszkow W. W. i Sokołow I. I. Kurs oświetlonej techniki, 1948.  
Internationale Licht Rundschau, 1949/50, nr 1, 2 i 6  
Knorring. Projektowanie elektryczkowo oświetlenia, 1950

DR INŻ. H. S. KOZŁOWSKI

## Metoda obliczania obwodów magnetycznych maszyn trójfazowych z kwadratowymi blachami stojaną

**Treść.** Rozpatrywana jest konstrukcja maszyn trójfazowych, w których blachy magnetyczne stoją mają kwadratowy kształt zewnętrzny, bez szczelin i otworów zmniejszających przewodność magnetyczną rogów. Poszczególne blachy mają opór magnetyczny zależny od chwilowego położenia strumienia magnetycznego. Wiązki blach ułożone są śrubowo, aby opór magnetyczny całego stojana był niezależny od położenia strumienia, który rozkłada się nierównomiernie wzdłuż maszyny. Podana jest metoda obliczania prądu magnesującego oraz najmniejszej i największej indukcji w szczelinie.

**Метод расчета магнитной цепи трехфазных машин с квадратными листами статорного железа.** Рассмотрена конструкция трехфазных машин, в которых листовое железо статора имеет квадратный наружный контур без щелей и отверстий, уменьшающих магнитную проводимость углов. Магнитное сопротивление отдельных листов зависит от мгновенного положения магнитного потока. Пакеты листов расположены по винтовой линии для того, чтобы магнитное сопротивление статора в целом не зависело от положения потока, который распределяется неравномерно вдоль машины. Дан метод расчета магнитизирующего тока, а также максимальной и минимальной индукции в междужелезном пространстве.

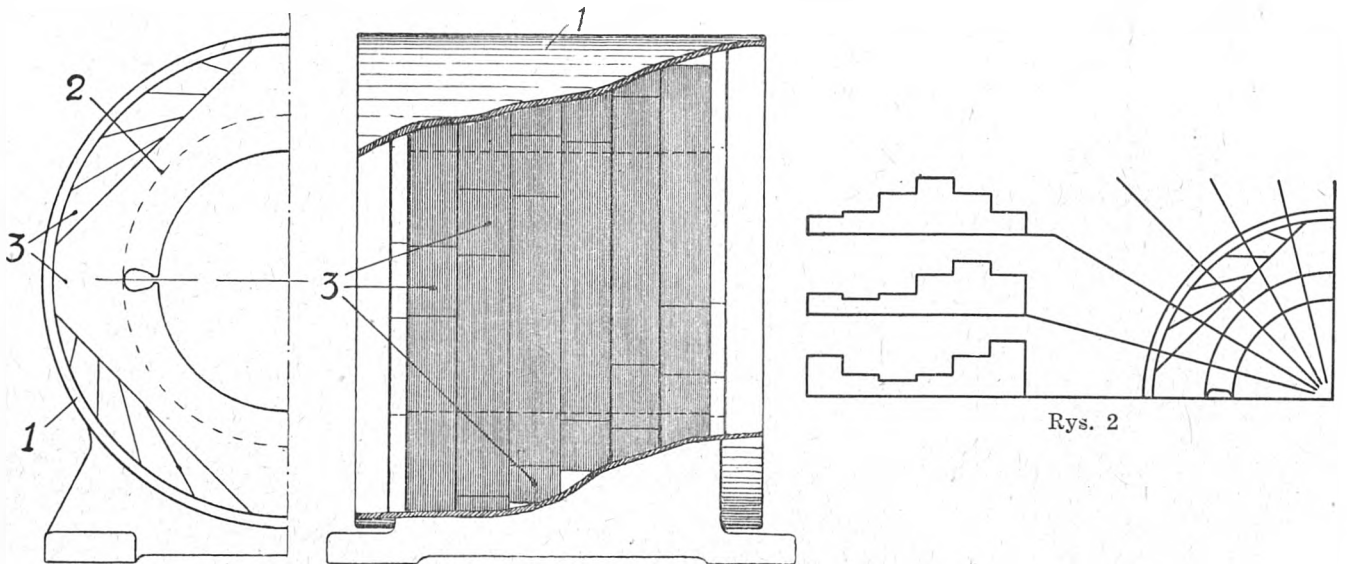
**Method of computing magnetic circuits of three-phase machines with square stator-core sheets.** The article reviews the construction of three-phase machines provided with stator-core sheets having a square outer form, without slots and apertures reducing the magnetic conductivity of the corners. Individual sheets have a magnetic resistance contingent on the instantaneous position of magnetic flux. Bundles of core sheets are arranged in helical formation, so that the magnetic resistance of the entire stator is independent of position of the flux which is distributed irregularly along the machine. The author also quotes a method of computing the exciting current as well as the least and highest induction in the air gap.

### 1. Wstęp.

Tematem pracy jest metoda obliczania prądu magnesującego i przestrzennego rozkładu strumienia magnetycznego w maszynach trójfazowych, których żelazo czynne stoją jest złożone z blach o kwadratowym kształcie ze-

Praca ta ma cel praktyczny. Podana w niej metoda obliczania stwarza możliwości dobrego wyużytkowania materiałów, a więc osiągnięcia oszczędności przy produkcji trójfazowych maszyn elektrycznych.

W szczególności metoda poniższa opracowana jest do



Rys. 1

wnętrznym, przy czym naroża kwadratowych blach są uzyskane jako część drogi strumienia magnetycznego. Metoda ta nie ma zastosowania do tych konstrukcji maszyn z kwadratowymi blachami, których naroża mają przewodność magnetyczną zmniejszoną przez wycięcia lub otwory, jak np. w silnikach serii wojennej Siemens'a lub w silnikach serii TNA fabryki Oerlikon.

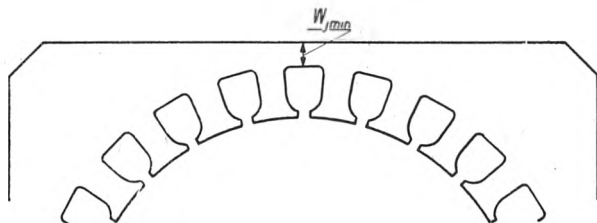
obliczania maszyn ze śrubowym układem kwadratowych blach stoją, podanym przez autora (rys. 1). W układzie tym żelazo stoją składa się z wielu wiązek kwadratowych blach (2) ze ściętymi rogami (3), ułożonych w kądłubie o kształcie rury (1). Każda wiązka jest w stosunku do sąsiednich przekreślona o ten sam kąt w tę samą stronę. Ścięte narożniki wiązek wyznaczają czterozwojową linię śrubową.

Rys. 2

Jeśli wszystkie wiązki mają te same wymiary, a ich liczba równa się stosunkowi kąta między sąsiednimi rogami wiązki (90°) do kąta skręcania sąsiednich wiązek, to sumaryczny przekrój jarzma jest jednakowy we wszystkich płaszczyznach przechodzących przez oś maszyny (rys. 2).

Na tym rysunku uwidocznione są przekroje jarzma płaszczyznami symetrycznie rozłożonymi, przechodzącymi przez oś maszyny. Każdy z tych przekrojów składa się z tych samych elementów, tylko położenie ich jest w każdym przekroju inne.

Stosowanie układu śrubowego blach kwadratowych daje, przez uzyskanie magnetyczne narożników, oszczędność na blasze użytej do wyprodukowania maszyny oraz dobre



Rys. 3

warunki chłodzenia [2]. Stwarza ono jednocześnie nowe problemy przy obliczaniu obwodu magnetycznego.

W czasie rozpoczynania produkcji silników ze śrubowym układem kwadratowych blach w roku 1938 nie było jeszcze metody obliczania tego rodzaju maszyn. Stosowano więc dawne znane metody przyjmując, że blachy mają jarzmo pierścieniowe o zewnętrznej średnicy równej długości boku kwadratu. Takie obliczenie obarczone było dużym błędem, a wyniki prób różniły się bardzo od wartości obliczonych, szczególnie wtedy, gdy maszyna była silnie wyzyskana.

Za punkt wyjścia przy ustalaniu wysokości jarzma ( $W_{j \min}$ ) w środku boku kwadratu (rys. 3) służyła wtedy autorowi wskazówka, podana przez M. Liwshitzę [7] oraz R. Richtera [6], określająca 18 000 Gs jako największą dopuszczalną indukcję w jarzmach stojanów w miejscach zwężonych przez osiowe kanały wentylacyjne.

Jednak okazało się z prób, że przy obliczaniu maszyny ze śrubowym układem kwadratowych blach można było przyjmować dużo większą indukcję w przekroju jarzma o najmniejszej wysokości bez widocznej szkody dla charakterystyk maszyny. W maszynach bowiem z okrągłymi blachami i wyciętymi w jarzmie stojana kanałami osiowymi każde przewężenie jarzma występuje na całej długości czynnego żelaza maszyny. W maszynach zaś ze śrubowym układem przewężenia jarzma występują krótkimi odcinkami, równymi szerokości wiązki. Te przewężenia powodują silny wzrost oporu magnetycznego w chwilach, w których przez nie przepływa duży strumień. Strumień więc napotyka zwiększony opór magnetyczny w poszczególnych wiązках, a nie na całej długości żelaza jednocześnie. Wskutek tego następuje nierównomierny rozkład strumienia wzdłuż osi maszyny.

W celu ułatwienia sobie wstępnego narzucenia wymiaru  $W_{j \min}$  (rys. 3) przy projektowaniu korzystne jest wprowadzenie nowego pojęcia, które nazwiemy „indukcją fikcyjną” w jarzmie ( $B_{j \text{ fikc}}$ ). Jest to indukcja, która istniałaby w najmniejszym przekroju jarzma wiązki wtedy, gdyby strumień magnetyczny był równomiernie rozłożony osiowo. Inaczej mówiąc, jest to indukcja, która istniałaby w jarzmie ograniczonym z zewnątrz kołem, wpisanym w kwadrat blachy.

Głównym celem niniejszej pracy jest rozwiązanie drogą obliczeniowo-wykreślną zagadnienia, do jakiego stopnia można powiększać  $B_{j \text{ fikc}}$ .

## 2. Przestrenny rozkład strumienia magnetycznego. Obliczanie prądu magnesującego.

W rozważaniach swych przyjmujemy, że każda linia sił strumienia magnetycznego leży w każdej chwili całym swym obwodem w płaszczyźnie jednej blachy, tzn. że linie przechodzące przez silnie nasyconą niską część jarzma nie mogą odchylić się części swego obwodu do sąsiedniej wiąz-

ki, która w odpowiednim miejscu ma wyższe jarzmo, a więc mniejsze nasycenie.

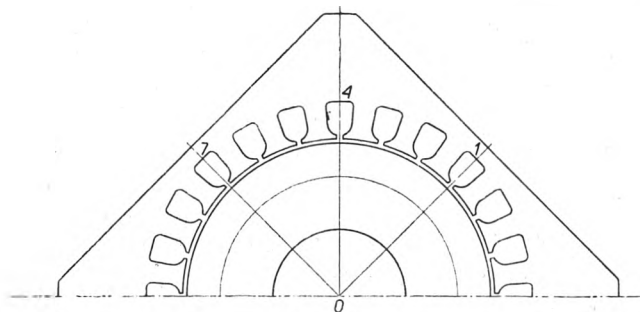
Załączenie to oparte jest na następujących rozważaniach. Gdyby linie magnetyczne odginały się częściami swych obwodów do sąsiednich blach, to musiałyby one przebiegać przez poszczególne blachy. Te przebijane blachy stanowiłyby sprzężone z nimi wtórne obwody zwarte, w których byłaby indukowana siła elektromotoryczna i płynąłby prąd zwarcia. Siły magnetomotoryczne tych prądów praktycznie znosiłyby składową linię sił, prostopadłą do płaszczyzny blach. Mówiąc popularnie, te prądy na zasadzie „prawa przekory” wepchnęłyby odgiętą część każdej linii sił do tej blachy, w której leży reszta jej obwodu.

Opory blach, jako zwartych zwojów, są tak małe, że w praktyce możemy uważać, iż linii magnetycznych przebiegających płaszczyznę blach nie ma.

Z tych samych względów przy obliczaniu indukcji i strat w jarzmie zwykłych maszyn pomijamy wpływ przenikania linii magnetycznych do kadłuba.

Na podstawie tego założenia przeprowadzamy następujące rozumowanie. Ustalamy położenie wirującego pola magnetycznego maszyny w pewnej chwili i rozpatrujemy drogi strumieni magnetycznych w poszczególnych wiązках blach, z których każda znajduje się w tej chwili w innym położeniu kątowym. Wszystkie wiązki są jak gdyby w równoległym połączeniu, pod działaniem wspólnej siły magnetomotorycznej, wytworzonej przez prądy płynące w uzwojeniach.

W każdej chwili jest w każdej wiązce inny spadek napięcia magnetycznego w jarzmie. Zależy on od nasycenia odcinków jarzma, a więc od tego, jaki strumień wypada w danym przekroju jarzma. Na resztę drogi obwodu ma-

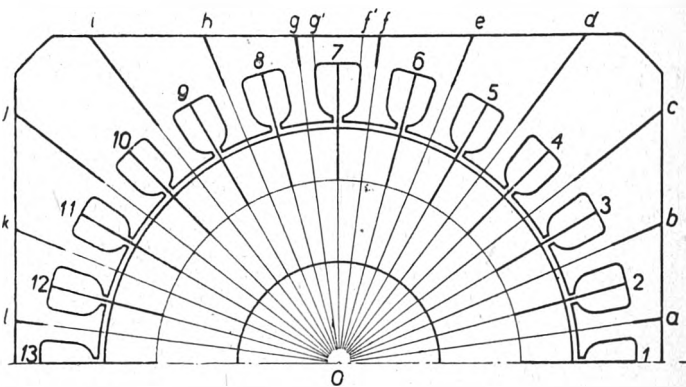


Rys. 4

gnetycznego poza jarzmem stojana pozostaje w każdej wiązce inna część tej wspólnej siły magnetomotorycznej, a mianowicie:

$$V_{j2} + V_p + V_{z1} + V_{z2} = \Theta - V_{j1},$$

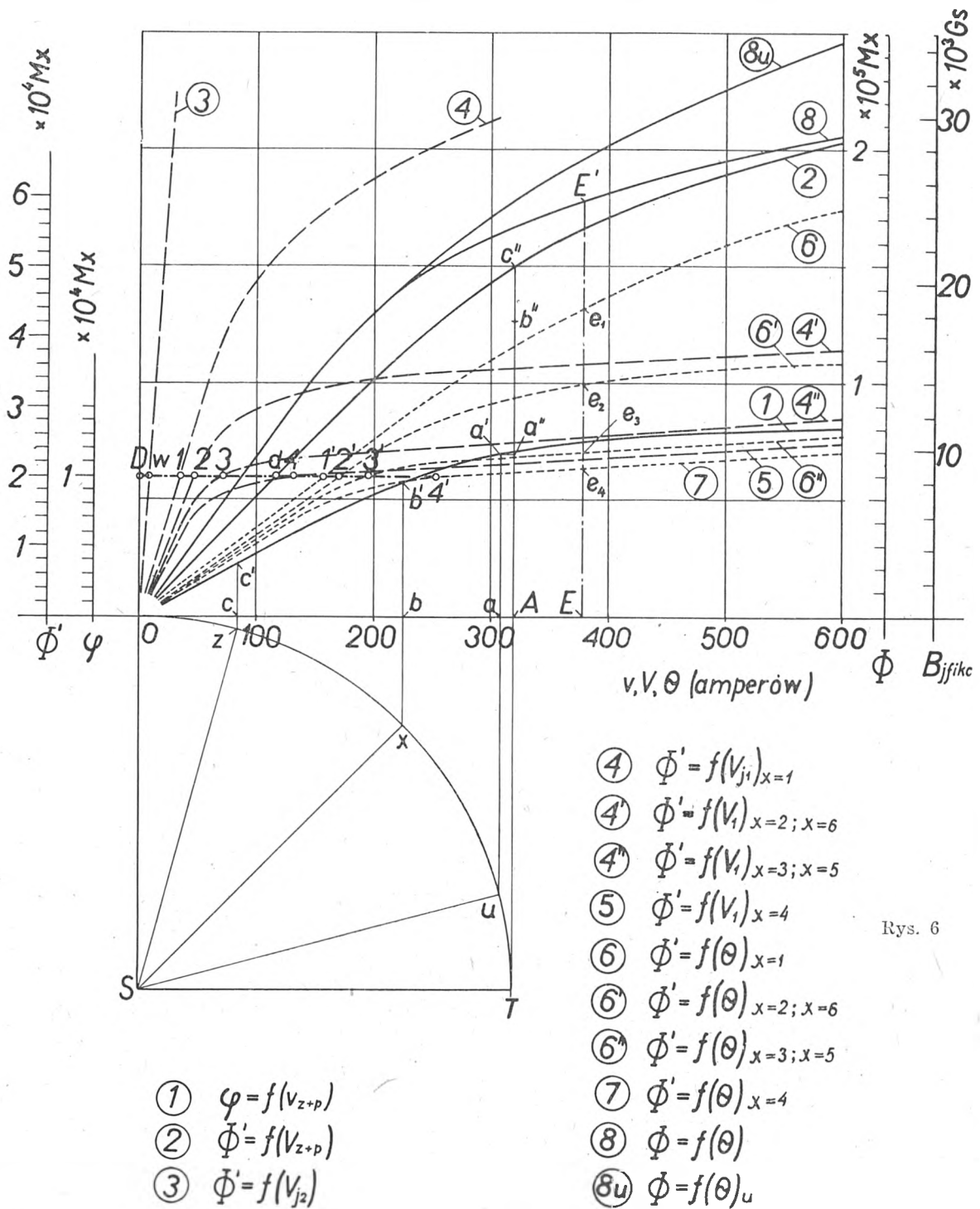
gdzie  $\Theta$  oznacza amplitudę smm. pary biegunów,  $V_p$ ,  $V_{z1}$ ,  $V_{z2}$  oznaczają spadki napięcia magnetycznego przy dwu-



Rys. 5

krotnym przejściu najdłuższej linii magnetycznej odpowiednio przez szczelinę powietrzną, przez ząb stojana, przez ząb wirnika; podobnie  $V_{j1}$ ,  $V_{j2}$  oznaczają spadki napięcia magnetycznego na jarzmie stojana wzgl. wirnika.

Przy wyznaczaniu przestrzennego rozkładu strumienia będziemy brali pod uwagę tylko pierwszą harmoniczną kży-



Rys. 6

wej smm. Oddziaływanie wyższych harmonicznych na ruch i pracę silnika może być określone osobno, jak dla zwykłych maszyn. Im wyższy jest rząd harmonicznej, tym mniejszy wpływ ma na nią kształt jarzma.

Przestrzenny rozkład strumienia magnetycznego przedstudiuujemy rozpatrując maszynę czterobiegunową. Przy tej bowiem liczbie biegunów zjawiska, związane z osiową nierównomiernością rozkładu strumienia, występują najostre, gdyż jednakowa liczba biegunów i boków kwadratu jest przyczyną jednoczesnego występowania największego nasycenia we wszystkich czterech środkach boków kwadratu wiązki.

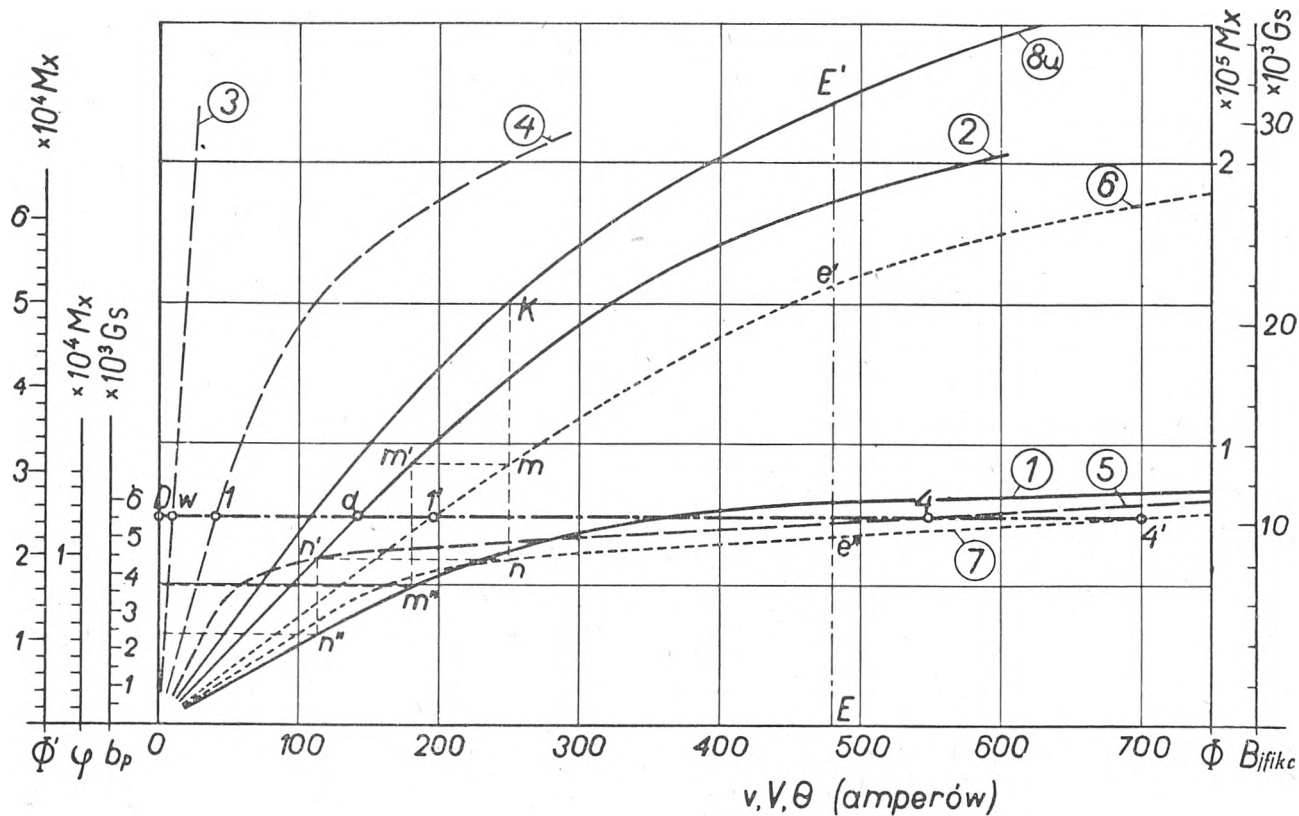
Na rys. 4 i 5 uwidocznione są dwa skrajnie różne położenia wiązek. Jeśli są to wiązki tej samej maszyny, to w chwili, gdy na rys. 4 osie biegunów mają położenie 01 i 07, a największy strumień jarzma płynie przez bardzo duży przekrój jarzma linią 04, w wiązce na rys. 5 osie biegunów zajmują położenia 04 i 010, a największy strumień jarzma występuje w najmniejszym przekroju jarzma 07. W tym

drugim przypadku nasycenie środkowej części jarzma, a więc i opór magnetyczny, są większe niż w przypadku pierwszym.

Amplituda indukcji w szczelinie powietrznej  $B'_p$  w rozpatrywanej chwili wypada większa dla wiązki położonej jak na rys. 4 niż dla wiązki jak na rys. 5. Indukcja największa w szczelinie powietrznej jest większa pod środkami boków wiązek, a mniejsza pod ich rogami.

Największą indukcję w powietrzu oznaczmy przez  $B'_{pnm}$ , a najmniejszą przez  $B'_{pnm}$ .

Początkową część obliczenia, w której utrzymywać będziemy w mocy założenie, że jarzma nie stawiają oporu magnetycznego, będzie można dokonać znanymi metodami. Zrobimy to sposobem, stosowanym do wykreślenia krzywej pola pochodzącego od podstawowej harmonicznej smm., w założeniu, że spadki napięcia magnetycznego na jarzmach są równe zero [5].



- ①  $\varphi = f(v_{z+p})$
- ②  $\Phi' = f(V_{z+p})$
- ③  $\Phi' = f(V_{j2})$
- ④  $\Phi' = f(V_{j1})_{x=1}$
- ⑤  $\Phi' = f(V_{j1})_{x=4}$
- ⑥  $\Phi' = f(\theta)_{x=1}$
- ⑦  $\Phi' = f(\theta)_{x=4}$
- ⑧u  $\Phi = f(\theta)_u$

Rys. 6a

Bierzemy pod uwagę tylko zęby jednej wiązki blach i odpowiadającą tej wiązce szczelinę powietrzną oraz zęby wirnika. Tę część wiązki dzielimy płaszczyznami przechodzącymi przez środki żłobków i oś maszyny. Na rys. 5 płaszczyzny te oznaczone są liniami 01, 02, 03 itd. Części znajdujące się pomiędzy sąsiednimi liniami nazywać będziemy „wycinkami”, a wartości dotyczące wycinków oznaczać będziemy cyframi linii granicznych np. 12, 23 itd.

Obliczamy strumień wycinka w zależności od jego średniej indukcji w powietrzu  $b_p$  (dla kilku dowolnie obranych wartości  $b_p$ ) według wzoru:

$$\varphi = b_p \tau_{wyc} \frac{l_{Fe}}{N}$$

gdzie  $\tau_{wyc}$  oznacza podziałkę wycinka liczoną po wewnętrznym obwodzie stojana (w dalszych rozważaniach  $\tau_{wyc}$  przyjmujemy za równe podziałce żłobkowej),  $b_p$  — średnią indukcję w powietrzu,  $l_{Fe}$  — długość żelaza czynnego,  $N$  — liczbę wiązek.

Następnie obliczamy, dla założonych poprzednio wartości  $b_p$ , spadek napięcia magnetycznego na drodze zębów stojana, szczeliny powietrznej i zębów wirnika  $v_{z+p}$ . Ponieważ operować będziemy smm. parą biegunów,  $v_{z+p}$  oznaczać będzie spadek na podwójnej długości zębów i szczeliny:

$$v_{z+p} = v_{z1} + v_{z2} + v_p$$

przy czym spadek napięcia magnetycznego na szczelinie powietrznej:

$$v_p = 2 \cdot 0,8 b_p k_c \delta$$

gdzie  $\delta$  długość szczeliny,  $k_c$  współczynnik Cartera.

Spadki napięcia magnetycznego na zębach stojana i wirnika będą:

$$v_{z1} = 2h_{z1} l_{z1} \quad \text{i} \quad v_{z2} = 2h_{z2} l_{z2}$$

We wzorach tych oznaczają:  $l_{z1}$  i  $l_{z2}$  — długość zęba stojana i wirnika,  $h_{z1}$  i  $h_{z2}$  — średnie natężenie pola magnetycznego w zębie stojana i wirnika.

Wartości  $h_{z1}$  i  $h_{z2}$  wyznacza się w znany sposób z uwzględnieniem kształtu zębów, posługując się krzywą magnesowania blachy.

Wyniki dotychczas dokonanych obliczeń ujmujemy pod postacią krzywej I na rys. 6:  $\varphi = f(v_{z+p})$ . Krzywa ta przedstawia w innej skali zależność  $b_p = f(v_{z+p})$ . Stosunek tych skal jest określony w następujący sposób:

$$\frac{\tau_{wyc} \cdot l_{Fe}}{N} = \frac{Mx/cm}{Gs/cm}$$

Skala indukcji  $b_p$  narysowana jest na rys. 6a obok skali strumienia  $\varphi$ .

Wszystkie wielkości związane z wycinkami oznaczaliśmy małymi literami:  $\varphi$ ,  $b_p$ ,  $h$ ,  $v$ , oznaczają one bowiem wartości chwilowe, nie koniecznie największe. W ustalonej chwili rozpatrywane są wszystkie wycinki, a więc zarówno te, które leżą na osiach biegunów, jak i te, które leżą między osiami. Odpowiednimi dużymi literami oznaczamy największe wartości tych wielkości  $\Phi'$ ,  $B_p$ ,  $H$  i  $V$ .

Strumień wiązki  $\Phi'$  jest sumą strumieni wszystkich wycinków jednego bieguna. Poszczególne wycinki pozostają w ustalonej chwili pod działaniem miejscowych spadków napięcia magnetycznego  $v_{z+p}$ .

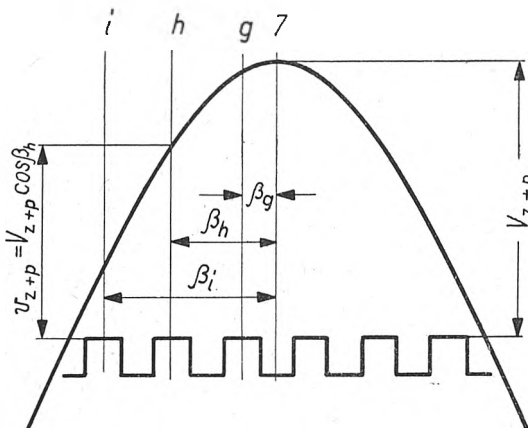
Ten spadek napięcia magnetycznego wyraża się dla wycinka  $\alpha$  wzorem:

$$v_{z+p} = V_{z+p} \cdot \cos \beta_x$$

gdzie  $\beta_x$  jest to kąt pomiędzy osią bieguna a osią tego wycinka. Na rys. 5 odpowiada on kątowi elektrycznemu

między osią bieguna np.  $07$  a osią wycinka  $Og$  — kąt  $\beta_g$ , osią  $Oh$  — kąt  $\beta_h$  itd. (rys. 7).

Z dowolnie obranego na przedłużeniu osi rzędnych punktu  $S$  na rys. 6 zataczamy promieniem  $SO$  czwartą część



Rys. 7

łuku koła. Z punktu  $S$  kreślimy poziomo promień  $ST$  oraz promienie  $SU$ ,  $SX$  i  $SZ$  pod kątami odpowiadającymi kątami  $\beta_g$ ,  $\beta_h$ ,  $\beta_i$  itd. dla wyodrębnionych wycinków.

Jeśli amplitudę spadku napięcia magnetycznego na zębach i szczelinie  $V_{z+p}$  przyjmujemy za równą (w przyjętej na rys. 6 skali) odcinkowi  $OA = OS$ , to odcinki  $Oa$ ,  $Ob$  i  $Oc$  będą równe chwilowym spadkom napięcia magnetycznego  $v_{z+p}$  w środkach odpowiednich wycinków. Rzędne krzywej 1 odpowiadające punktom  $a$ ,  $b$  i  $c$  są równe chwilowym strumieniom wycinków. Strumienie te oznaczamy zgodnie z rys. 5 w założeniu, że oś bieguna przechodzi przez  $07$ , w sposób następujący:

$$aa' = \varphi_{7a}; \quad bb' = \varphi_{8b}; \quad cc' = \varphi_{9c}.$$

Odcinek  $Ac'' = aa' + bb' + cc'$  w skali  $\varphi$  jest równy sumie strumieni wycinków połowy podziałki bieguncwej czyli połowie strumienia wiązki:  $Ac'' = \frac{\Phi'}{2}$ .

Aby odcinek  $Ac''$  przedstawiał cały strumień wiązki  $\Phi'$ , narysowana została na rys. 6 skala  $\Phi'$ , w której jednostka długości oznacza dwa razy większy strumień niż na skali  $\varphi$ . Punkt  $c''$  w nowej skali jest jednym z punktów krzywej  $\Phi' = f(V_{z+p})$  tj. krzywej 2. Inne punkty tej krzywej znajdujemy w ten sam sposób, lecz dla innych  $V_{z+p}$ , tj. obierając punkt  $S$  w innym miejscu na osi pionowej.

Otrzymana krzywa jest wspólna dla wszystkich wiązek, gdyż kształt jarzma nie ma wpływu na nią.

Następną krzywą oznaczoną na rys. 6 cyfrą 3, a wyrażającą zależność pomiędzy strumieniem wiązki a spadkiem napięcia magnetycznego na jarzmie wirnika  $\Phi' = f(V_{j2})$ , można jeszcze wykonać znanym sposobem, gdyż kształt jarzma wirnika jest taki sam, jak w maszynach innych konstrukcji.

Spadek napięcia magnetycznego na jarzmie stojana wiązki  $V_{j1}$ , jako zależny od położenia wiązki, musimy wyznaczyć dla każdego z położen osobno. Jest on równy sumie spadków na wszystkich odcinkach jarzma, leżących między osiami sąsiednich biegunów.

Aby uniknąć rysowania wiązek we wszystkich położeniach, możemy obliczyć krzywe  $\Phi' = f(V_{j1})$  dla jednej wiązki przy różnych położeniach strumienia magnetycznego. Ponieważ położenie chwilowe strumienia charakteryzuje się kierunkiem jego osi magnetycznych, będziemy oznaczali każdą z krzywych liczbą, którą jest oznaczony na rys. 5 promień, pokrywający się z osią magnetyczną bieguna, a więc  $\Phi' = f(V_{j1})_{x=1}$ ;  $\Phi' = f(V_{j1})_{x=2}$  itd. Jeśli położenie osi magnetycznej nie jest określone, piszemy  $\Phi' = f(V_{j1})_x$ .

Obliczenie poszczególnych punktów krzywej  $\Phi' = f(V_{j1})_x$  wykonywamy w następujący sposób: dzielimy jarzmo (rys. 5) na „odcinki“, najlepiej promieniami  $Oa$ ,  $Ob$ ,  $Oc$ , itd., przechodzącymi przez środki wycinków, na które przy obliczaniu krzywej 1 podzielimy strefę zębów i szczeliny wiązki. Podział na „wycinki“ i „odcinki“ zaznaczony

jest na rys. 5 grubymi liniami. Taki podział ma tę dobrą stronę, że każdy strumień wycinka, jeśli go uważamy za skupiony w środku wycinka, wpływa do jarzma na granicy dwóch odcinków. Wielkości związane z odcinkami oznaczać będziemy u dołu dwiema literami, którymi na rys. 5 oznaczone są graniczne promienie odcinka.

Największy strumień płynie w tym odcinku jarzma, przez który przechodzi linia neutralna między biegunami. Strumień ten jest równy:

$$\varphi_{j1\max} = \frac{\Phi' + \Phi'_{r1}}{2} = \frac{\Phi'}{2} (1 + \tau_1),$$

gdzie  $\Phi'_{r1}$  oznacza strumień rozproszenia stojana (odpowiadający jednej wiązce),  $\tau_1$  oznacza współczynnik rozproszenia Heylanda dla uzwojenia stojana.

W innych odcinkach jarzma w tej samej chwili strumień jest mniejszy o te części, które odpłynęły z jarzma do odpowiednich zębów, czyli o strumienie wycinków.

Aby ułatwić sobie zadanie, będziemy obliczali punkty krzywych  $\Phi' = f(V_{j1})$  dla tych wartości strumienia wiązki, które otrzymaliśmy przy obliczaniu punktów krzywej 2 (rys. 6). Mamy wtedy strumienie wycinków jako odpowiednie rzędne krzywej 1, np.  $aa'$ ,  $bb'$  i  $cc'$  w skali  $\varphi$ , jeśli  $\Phi' = Ac''$  w skali  $\Phi'$ .

Np. dla chwilowego położenia strumienia w stosunku do wiązki oznaczonego przez  $x = 1$ :

$$\varphi_{jcd} = (1 + \tau_1) (\varphi_{12} + \varphi_{23} + \varphi_{34}) = (1 + \tau_1) (aa' + bb' + cc') = (1 + \tau_1) Ac''$$

$$\varphi_{jbc} = (1 + \tau_1) (\varphi_{12} + \varphi_{23}) = (1 + \tau_1) (aa' + bb') = (1 + \tau_1) Ab''$$

$$\varphi_{jab} = (1 + \tau_1) \varphi_{12} = (1 + \tau_1) aa' = (1 + \tau_1) Aa''.$$

Średnie indukcje  $b_{jab}$ ,  $b_{jbc}$  i  $b_{jcd}$  w odcinkach jarzma otrzymujemy, dzieląc strumienie w odcinkach przez średnie przekroje żelaza tych odcinków.

Średnie natężenie pola magnetycznego  $h_{jab}$ ,  $h_{jbc}$  itd. w odcinkach jarzma otrzymujemy z krzywej magnesowania blachy dla odpowiednich indukcji  $b_j$ .

Spadek napięcia magnetycznego na całym jarzmie (wartość największa) wynosi dla położenia  $OX$  osi magnetycznej bieguna:

$$V_{jx} = \sum_x^{x+M} h_j l_j.$$

W tym wzorze  $l_j$  jest długością każdego kolejnego odcinka jarzma pomiędzy promieniami  $OX$  i  $O(X + M)$ , a  $M$  jest liczbą odcinków jarzma, mieszczących się pomiędzy osiami sąsiednich biegunów magnetycznych.

Przy podziale wiązki, przedstawionym na rys. 5,  $M$  jest równe liczbie wiązek  $N$ , jeśli kąt przekręcenia sąsiednich wiązek odpowiada jednej podziałce żłobkowej.

Mierząc długość  $l_j$  odcinków po zewnętrznym obrysie wiązki blachy np.  $l_{jab} = ab$ ;  $l_{jbc} = bc$  itd. (rys. 5), możemy z dostateczną dokładnością przeprowadzać obliczenia, nie uwzględniając promieniowej składowej drogi najdłuższej linii magnetycznej w skrajnych odcinkach wiązki, ponieważ indukcja w nich jest mała.

Dla kształtu blach przedstawionego na rys. 5 i położenia osi magnetycznej  $x = 1$ :

$$V_{j1(x=1)} = \sum_1^7 h_j l_j.$$

Ze względu na symetrię rozkładu indukcji w wiązce w stosunku do promienia  $04$  możemy napisać:

$$V_{j1(x=1)} = 2 \sum_1^4 h_j l_j.$$

Obliczając  $V_{j1(x=1)}$  dla kilku wartości  $\Phi'$  otrzymujemy krzywą  $\Phi' = f(V_{j1})_{(x=1)}$  (krzywa 4 na rys. 6).

Odcięte punktów krzywej  $\Phi' = f(V_{j1})_{(x=2)}$  obliczamy ze wzoru

$$V_{j1(x=2)} = \sum_2^8 h_j l_j,$$

a krzywej  $\Phi_1 = f(V_{j1})_{(x=3)}$  ze wzoru



$$V_{j1(x=3)} = \sum_3^9 h_j l_j.$$

Dla krzywej  $\Phi' = f(V_{j1(x=4)})$ :

$$V_{j1(x=4)} = \sum_4^{10} h_j l_j = 2 \sum_4^7 h_j l_j \quad (\text{krzywa 5 na rys. 6}).$$

Krzywa  $\Phi' = f(V_{j1(x=5)})$  pokrywa się z krzywą  $\Phi' = f(V_{j1(x=3)})$ , ponieważ przy położeniu  $x = 5$  indukcje w odcinkach jarzma są takie same, jak w innych odcinkach przy położeniu  $x = 3$  (krzywa 4''). Także i krzywa  $\Phi' = f(V_{j1(x=6)})$  pokrywa się z krzywą  $\Phi' = f(V_{j1(x=2)})$  (krzywa 4').

Przez dodanie odciętych punktów, posiadających tę samą rzędną tych krzywych i krzywych 2 i 3 na rys. 6

$$V_{z+p} + V_{j2} + V_{j1(x)} = \Theta,$$

otrzymujemy dla każdego położenia i dowolnej wartości strumienia wiązki punkty krzywych  $\Phi' = f(\Theta)_{(x)}$  (krzywe kropkowane 6, 6', 6'' i 7 na rys. 6).

W tym celu z dowolnie obranego na osi rzędnych punktu  $D$  dodajemy poziomo długości odcinków  $Dd$ ,  $Dw$  i  $Dl$ . Jako koniec sumy tych odcinków otrzymujemy 1' krzywej 6,  $\Phi' = f(\Theta)_{(x=1)}$  czyli krzywej strumienia wiązki w funkcji przepływu, dla takiego położenia strumienia, które na rysunku 5 określone jest położeniem osi magnetycznej wzdłuż promienia  $OI$ .

Tak samo budujemy odpowiednią krzywą dla innych położzeń, lecz zamiast odcinka  $DI$  dodajemy odcinek  $D2$ ,  $D3$  lub  $D4$ , wyrażający spadek napięcia na jarzmie stojana przy innym położeniu.

Całkowity strumień maszyny  $\Phi$  jest przy danym przepływie  $\Theta$  równy sumie strumieni  $\Phi'$  wszystkich wiązek przy tym przepływie.

Rzędna punktu krzywej  $\Phi = f(\Theta)$  (krzywa 8 na rys. 6) otrzymujemy, odkładając z dowolnego punktu  $E$  w górę odcinek  $EE'$ , który w skali strumienia  $\Phi$  jest równy sumie strumieni wiązek  $Ee_1 + 2Ee_2 + 2Ee_3 + Ee_4$  odczytanych w skali strumienia wiązki  $\Phi'$ .

Krzywa  $\Phi = f(\Theta)$  daje nam możliwość obliczenia prądu magnesującego  $I_{\mu}$  dla dowolnego  $\Phi$  ze wzoru:

$$I_{\mu\Sigma} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{p\Theta}{m_1 k_1 z_1},$$

w którym  $p$  oznacza liczbę par biegunów,  $m_1$  — liczbę faz stojana,  $k_1$  — współczynnik uzwojenia stojana,  $z_1$  — liczbę szeregowo połączonych zwojów uzwojenia jednej fazy stojana.

Wyżej podana metoda obliczania prądu magnesującego wymaga, jak widać, długich i żmudnych obliczeń. Aby je skrócić i w ten sposób przystosować do praktycznych celów, zrobimy założenie, że średnia arytmetyczna strumieni wszystkich wiązek w danej chwili jest równa średniej arytmetycznej strumieni dwóch wiązek o skrajnie różnych położeniach.

Liczba obliczanych krzywych  $\Phi' = f(V_{j1(x)})$ , jak również wyznaczanych krzywych  $\Phi' = f(\Theta)_x$  sprowadza się wtedy do dwóch (dla położzeń  $x = 1$  i  $x = 4$ ), jak to widać na rys. 6a. Krzywa, wyrażająca zależność pomiędzy strumieniem  $\Phi$  a przepływem obliczonym metodą uproszczoną, oznaczona jest przez  $\Phi = f(\Theta)_u$  (krzywa 8u na rys. 6a).

Aby znaleźć punkt krzywej  $\Phi = f(\Theta)_u$ , wystarczy na rys. 6a od punktu  $E$  odłożyć w górę sumę odcinków  $Ee' + Ee'' = EE'$ . Odcinek  $EE'$  jest w skali  $\Phi'$  równy sumie średnich strumieni dwóch wiązek. Aby ten odcinek był równy sumie strumieni wszystkich  $N$  wiązek, odczytujemy go w skali  $\Phi$ , na której jednostce długości odpowiada  $N/2$  razy więcej jednostek strumienia niż na skali  $\Phi'$ .

Na rys. 6 obrana została poprzednio taka właśnie skala  $\Phi$  po to, aby po przeniesieniu krzywej  $\Phi = f(\Theta)_u$  z rys. 6a na rys. 6 można było porównać jej przebieg z przebiegiem krzywej  $\Phi = f(\Theta)$ .

Rys. 6 i 6a są wykonane dla konkretnego przykładu, a mianowicie dla modelu, który był obliczony bez zastosowania uproszczenia i z jego zastosowaniem i zbadany laboratoryjnie. Przez porównanie krzywych 8 i 8u na rys. 6 mo-

żemy się zorientować, do jakich wartości  $\Phi$  (a więc i  $B_{jflkc}$ ) stosowanie tego uproszczenia nie powoduje błędów, mających praktyczne znaczenie.

### 3. Obliczanie miejscowych indukcji w szczelinie.

Innym zagadnieniem, które obok obliczania prądu magnesującego wymaga wyświetlenia i liczbowego ujęcia, jest nierównomierność przestrzenna indukcji w szczelinie i w zębach.

Dla przejrzystości rysunku ograniczymy się do wyznaczenia na rys. 6a jedynie skrajnie różnych indukcji w powietrzu: największej  $B'_{pnw}$  i najmniejszej  $B'_{pnm}$ , to jest tych, które występują w szczelinie pod środkami boków oraz pod rogami wiązek, a odpowiadają strumieniom  $\Phi'$  według krzywych 6 i 7.

Z punktu  $K$ , odpowiadającego istniejącemu strumieniowi maszyn  $\Phi$ , kreślimy prostą pionową do przecięcia się z krzywą 6 i 7. Rzędna punktu przecięcia  $m$  jest w skali  $\Phi'$  równa największemu istniejącemu w tej chwili strumieniowi wiązki, a rzędna punktu  $n$  najmniejszemu.

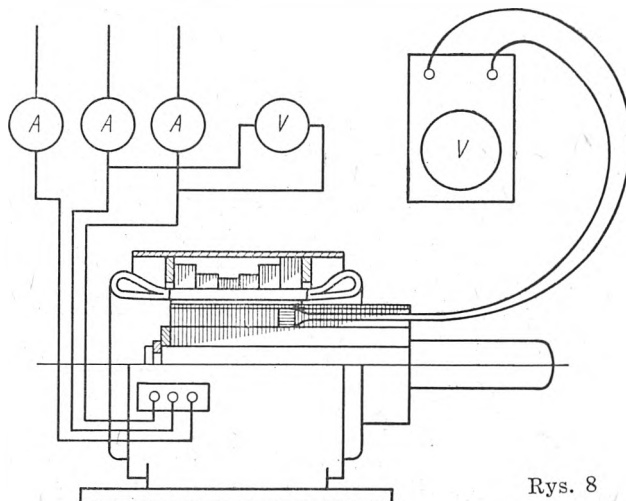
Kreśląc z punktów  $m$  i  $n$  proste poziome do przecięcia się z krzywą 2 wyrażającą zależność  $\Phi' = f(V_{z+p})$ , otrzymujemy punkty przecięcia  $m'$  i  $n'$ , których odcięte przedstawiają amplitudy napięcia magnetycznego na zębach i szczelinie  $V_{z+p}$  w dwóch wiązkach, które są w skrajnie różnych położeniach w stosunku do chwilowego położenia strumienia wirującego.

Zależność pomiędzy tymi  $V_{z+p}$  a odpowiednimi  $B'_p$  przebiega wg krzywej  $b_p = f(v_{z+p})$ , to jest wg krzywej 1 i skali  $b_p$  na rys. 6a. Jeśli więc z punktów  $m'$  i  $n'$  opuszczimy proste pionowe do przecięcia z krzywą 1, to rzędne punktów  $m''$  i  $n''$  będą w skali  $b_p$  równe indukcjom  $B'_{pnw}$  i  $B'_{pnm}$ .

### 4. Sprawdzenie doświadczalne.

Zawarta w rozdz. 2 metoda obliczania została sprawdzona doświadczalnie. Do tego celu wykonano model maszyny przedstawiony na rys. 8.

Stojan tego modelu posiada śrubowy układ wiązek kwadratowych blach i trójfazowe uzwojenie. Wirnik nie jest uzwojony. W środku wirnika, naokoło części jednego z zęb-



Rys. 8

ów o długości mniejszej niż poosiowy wymiar jednej wiązki, nawinięta jest ceweczka-sonda. Średnia wartość napięcia tej ceweczki-sondy przy nieruchomym wirniku i wzbudzonym stojanie jest proporcjonalna do strumienia magnetycznego, płynącego w części zęba wirnika, która jest objęta ceweczką. Jest więc ona proporcjonalna do (średniej na przestrzeni jednej podziałki żłobkowej wirnika) indukcji w powietrzu.

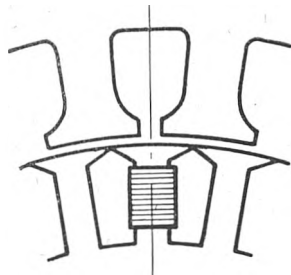
Aby móc przesuwając ceweczkę-sondę wzdłuż modelu, nie zmieniając przy tym warunków magnetycznych, wirnik modelu został wykonany dwa razy dłuższy niż żelazo czynne stojana i dokładnie oszlifowany. W ten sposób nawet wtedy, gdy ceweczka-sonda znajduje się pod skrajną wiązką, droga magnetyczna strumienia jest na całej długości maszyny zamknięta, a osiowe przesuwanie wirnika nie powoduje zmiany szczeliny powietrznej.

Przy użyciu tego modelu, jako obiektu prób i obliczeń, wykonano:

- 1) pomiary prądu magnesującego przy różnych napięciach doprowadzonych do uzwojenia stojana,
- 2) pomiary napięcia ceweczki-sondy, a więc pośrednio indukcji w powietrzu, pod każdym z zębów wiązek stojana przy różnych napięciach,
- 3) obliczenie prądu magnesującego przy różnych wartościach strumienia maszyn,
- 4) obliczenie stosunku  $B'_{pnw}$  i  $B'_{pnm}$  dla różnych strumieni,
- 5) porównanie zgodności wyników obliczeń z wynikami doświadczeń po przeliczeniu zmiennych niezależnych tj. strumienia oraz napięcia zasilającego uzwojenia stojana na  $B_{j\text{fikc}}$ .

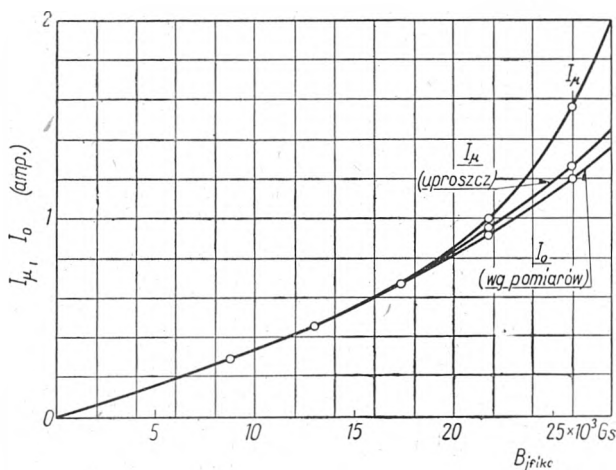
Sposób wykonania pomiarów, służących do określenia przestrzennej nierównomierności indukcji w szczelinie, był następujący.

Stojan zasilano regulowanym napięciem za pomocą trójfazowego regulatora indukcyjnego. Pomiary napięcia ce-



Rys. 9

weczki-sondy  $U_s$  wykonano woltmierzem lampowym przy bardzo powolnym obracaniu wirnika bez przesuwania osiowego tak, że ceweczka-sonda leżała zawsze w środku długości wiązki. Skazówka woltmierza wahała się przy tym z częstotliwością przechodzenia ceweczki pod zębami stojana. Notowane były minima wskazań. Najmniejsze wychylenia woltmierza występowały w tych chwilach, w których oś zęba owiniętego zwojami ceweczki-sondy przechodziła przez środek rowka między zębami stojana (rys. 9).



Rys. 10

W tych położeniach strumień rozproszenia, zamykający się wokół żłobka stojana, przechodzi tylko przez główkę zęba wirnika, nie wchodząc do wnętrza ceweczki-sondy.

Napięcia  $U_s$  notowane były w 24 położeniach ceweczki-sondy, odpowiadających wszystkiemu żłobkom, aby wyeliminować wpływ nierównomierności szczeliny.

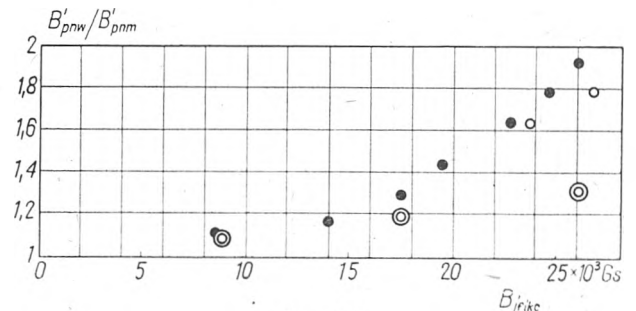
Na rys. 10 przedstawione są dwie krzywe prądu magnesującego, otrzymane drogą obliczeń: jedna bez zastosowania uproszczenia, druga z jego zastosowaniem, oraz krzywa prądu jałowego otrzymana doświadczalnie.

Na rys. 11 przedstawiona jest zależność między przestrzenną nierównomiernością rozkładu indukcji, ujętą pod postacią stosunku  $B'_{pnw}/B'_{pnm}$ , a indukcją fikcyjną w jarzmie.

Punkty oznaczone kółkami otrzymane są drogą wykreślaną, opisaną w rozdz. 2, przy czym jako punkty  $K$  brane są punkty krzywej  $\delta u$ , otrzymanej metodą uproszczoną.

Punkty oznaczone czarnymi kropkami otrzymane są w ten sam sposób, przy czym za podstawę służyła krzywa 8 na rys. 6.

Punkty oznaczone podwójnymi kółkami otrzymane są doświadczalnie. Rzędna takiego punktu jest równa stosun-



Rys. 11

kowi średniej arytmetycznej z napięć na ceweczce-sondzie, umieszczonej kolejno pod środkami czterech boków wiązki, do średniej arytmetycznej napięć pod rogami.

### 5. Analiza wyników.

Porównanie prądów magnesujących — zmierzonych i obliczonych — wskazuje, że do pewnej wartości  $B_{j\text{fikc}}$  wyniki pomiarów i obliczeń są zgodne z wystarczającą w praktyce dokładnością. Np. przy  $B_{j\text{fikc}} = 21\ 000$  Gs, to jest przy bardzo silnym wyzyskaniu jarzma, różnica pomiędzy prądem obliczonym a zmierzonym wynosi zaledwie 7%. Przy tejże indukcji fikcyjnej prądy obliczone metodą uproszczoną i bez stosowania uproszczenia wypadły w tym przykładzie prawie zgodnie.

Jak widać z rys. 10, przy bardzo dużych  $B_{j\text{fikc}}$  błąd spowodowany uproszczeniem zbliża wyniki obliczeń do wyników otrzymanych doświadczalnie. Jest to skutek zbiegu okoliczności, który sprawia, że błąd spowodowany uproszczeniem ma przeciwny znak niż błąd rachunku, polegający m. inn. na tym, że strumień płynący przez powietrze obok silnie nasyconego żelaza jarzma nie został uwzględniony.

Jest to okoliczność sprzyjająca stosowaniu do celów praktycznych metody uproszczonej.

Wpływ na błędy, o których była mowa wyżej, ma największa indukcja rzeczywista w jarzmie  $B_{jnw}$ , nie zaś indukcja fikcyjna. Różnica pomiędzy tymi indukcjami jest znaczna.

$B_{jnw}$  dla obranej  $B_{j\text{fikc}}$  obliczamy dzieląc połowę strumienia wiązki, będącej w najgorszym położeniu  $\Psi'_{(x=4)}$  (z krzywej 7 na rys. 6), przez najmniejszy przekrój żelaza jarzma wiązki (w środku boku kwadratu).

Obliczenie to wskazuje, że w badanym przez nas modelu przy indukcji fikcyjnej  $B_{j\text{fikc}} = 21\ 000$  Gs rzeczywście występująca przy nierównomiernym poosiowym rozkładzie strumienia największa indukcja w jarzmie ma wartość tylko  $B_{jnw} = 16\ 300$  Gs.

Z porównania obliczonego stosunku największej do najmniejszej indukcji w powietrzu ze znalezionym doświadczalnie wynikiem, że praktyczna zgodność istnieje do ok.  $B_{j\text{fikc}} = 18\ 000$  Gs. Przy większych indukcjach wyniki te rozchodzą się znacznie (rys. 11) głównie z powodu zmniejszenia przy dużych nasyceniach stopnia dokładności założenia, że każda linia indukcji magnetycznej leży całym swym obwodem w płaszczyźnie jednej blachy.

Rezultaty niniejszej pracy należy oceniać z punktu widzenia ich użyteczności w praktyce.

Pozwalają one na zorientowanie się w rozkładzie strumienia na poszczególne wiązki, w wartościach rzeczywistych indukcji w jarzmie i ich zależności od indukcji fikcyjnych. Wyżej podana metoda daje praktyczny sposób obliczania prądu magnesującego przy rzeczywście istniejącym nierównomiernym rozkładzie strumienia. Pośrednio daje ona możliwość wyzyskania żelaza czynnego maszyny przez racjonalny dobór wymiarów jarzma.

Przy projektowaniu maszyn z kołowym obwodem zewnętrznych blach stojana mamy wskazówkę, podawaną w podręcznikach, że indukcja w jarzmie (pierścieniowego kształtu) stojana nie powinna przekraczać 15 000 Gs, gdyż mogłoby to mieć zły wpływ na charakterystyki maszyny.

Aby zyskać podobną wskazówkę dotyczącą wartości  $B_{j\text{filkc}}$  przy projektowaniu maszyn ze śrubowym układem wiązek kwadratowych blach, wykonajmy porównawcze obliczenie prądu magnesującego dla jednej maszyny w dwóch alternatywach, różniących się tylko kształtem jarzma. Jako obiekt do tego, weźmiemy nasz model i założymy, że  $B_{j\text{filkc}} = 21\,000$  Gs, co odpowiada strumieniowi  $\Phi = 1,5 \cdot 10^5$  Mx.

Przepływ odpowiadający temu strumieniowi znajdujemy z rys. 6 (krzywa 8). Wartość jego  $\Theta = 255$  A.

$$\text{Średni strumień wiązki: } \Phi'_{sr} = \frac{\Phi}{IN} = \frac{1,5 \cdot 10^5}{6} =$$

$$= 0,25 \cdot 10^5 \text{ Mx.}$$

Dla tej wartości  $\Phi'$  znajdujemy z krzywych 2 i 3 wartości:

$$V_{z+p} + V_{j2} = 145 + 10 = 155 \text{ A,}$$

wobec czego na jarzmo przypada:

$$V_{j1} = \Theta - (V_{z+p} + V_{j2}) = 255 - 155 = 100 \text{ A.}$$

Można obliczyć, jaka indukcja  $B_{j0}$  musiałaby być w pierścieniowym jarzmie maszyny, aby prąd magnesujący był taki sam, tj. aby  $V_{j1} = 100$  A.

Kolejne próbne obliczenia wskazują, że — aby warunek ten był spełniony — indukcja w pierścieniowym jarzmie musi wynosić  $B_{j0} = 14\,400$  Gs.

Ten przykład wskazuje na jeden z powodów oszczędności materiału, związany z magnetycznym wyzyskaniem rogów blach. W praktyce oszczędność ta wynosi kilkanaście procentów materiału blachy magnetycznej, jeżeli uwzględnić to, że okrągłych blach nie można wycinać stycznie do boków kwadratów, lecz ze względów technologicznych trzeba brać wymiary kwadratów o kilka milimetrów większe od średnicy wycinanego koła.

#### LITERATURA

- [1] Konorski B. Podstawy elektrotechniki, t. I, rozdz. 78 (Warszawa, 1950)
- [2] Kozłowski H. S. Porównanie konstrukcji silników trójfazowych (Politechnika, 1946, z. 2 i Przegląd Elektrotechniczny, 1947, z. 1/2, str. 46)
- [3] Krug K. A. Osnovy elektrotechniki, t. I, rozdz. 75 (Gosenergoizdat, 1946)
- [4] Aparow B. P. Maszyny pierścieniowo toka, t. I, rozdz. 9
- [5] Arnold E., La Cour J. L. Wechselstromtechnik, t. III, rozdz. X. (Springer, 1923)
- [6] Richter R. Elektrische Maschinen, t. II, str. 480 oraz t. IV, rozdz. Ec (Springer, 1936)
- [7] Liwshitz M. Die elektrischen Maschinen, t. I, rozdz. 5, § 59, oraz tom III, rozdz. VIII, 5, str. 207 (Teubner, 1931).
- [8] Vidmar M. Der kupferarme Transformator, str. 59 (Springer, 1935)
- [9] Kucera J. Repartition des flux magnétiques dans les stators et rotors (R. G. É., 1930, str. 645)

T. EJSMOND

## Zabezpieczenia przekątnikowe sieci najwyższych napięć

Tręść. Wymagania stawiane nowoczesnym zabezpieczeniom przekątnikowym. Drogi rozwoju techniki zabezpieczeniowej. Wady zabezpieczeń odległościowych. Najprostsze zabezpieczenia sieci najwyższych napięć. Zabezpieczenia porównawczo-kierunkowe i porównawczo-fazowe, ich wady i zalety. Zabezpieczenia linii krótkich. Zabezpieczenie szyn zbiorczych. Zabezpieczenie wielkich transformatorów, wady zabezpieczenia różnicowego. Projektowanie zabezpieczeń przekątnikowych.

Релейная защита сетей очень высоких напряжений. Требования предъявляемые в современной релейной защите. Пути развития техники защитных устройств. Недостатки дистанционной защиты. Простейшие способы защиты сетей очень высоких напряжений. Способы защиты по методу сравнения направления и сравнения фаз; их достоинства и преимущества. Защита коротких линий. Защита шин. Защита больших трансформаторов, недостатки дифференциальной защиты. Проектирование релейной защиты.

Relay protection in very high tension systems. Conditions with which modern relay protection has to comply. Course of development of protective technique. Imperfections of distance protective relay. Simplest means of protecting very high tension systems. Balance protective system — its merits and faults. Short line protection. Bus-bar protection. Protection of large transformers, faults of biased differential protective system. Relay protection design.

1. Rozwój sieci najwyższych napięć. Ciągły wzrost mocy w elektrowniach, coraz większa koncentracja elektrowni w obszarach występowania sił wódców energetycznych, coraz większe wyzyskanie zasobów energii wodnej, rozszerzanie zasięgu układów elektroenergetycznych i konieczność ich powiązania celem wyzwolenia rezerw — spowodowały konieczność budowy linii przesyłowych o coraz wyższych napięciach. Niedawno jeszcze napięcie 110 kV było najwyższym napięciem przesyłowym, obecnie powiązania układów wykonywane są na napięciu rzędu 220 kV, a już są w budowie linie o napięciu rzędu 400 kV. Niektóre odcinki tych linii są już czynne np. w Szwecji, w Związku zaś Radzieckim wielkie budowane elektrownie wodne będą połączone z ośrodkami spożycia liniami o tym właśnie napięciu. Zresztą i u nas pod koniec planu 6-letniego sieci 110-kilowoltowe będą sieciami okręgowymi; niektóre linie już dziś tę rolę spełniają. W Związku Radzieckim i w Stanach Zjednoczonych istnieją linie 110-kilowoltowe o charakterze rozdzielczym.

Wraz ze wzrostem napięcia wzrastają i moce przesyłane. Wystarczy wspomnieć o mocach, które będą przesyłane z wielkich wołańskich elektrowni wodnych; w Szwecji przesył z elektrowni wodnych w kręgu polarnym sięga setek megawatów; w Stanach Zjednoczonych Ameryki przesyła się moce rzędu 300 MW na odległości rzędu 500 km.

2. Wymagania stawiane zabezpieczeniom przekątnikowym sieci najwyższych napięć. Przesył energii na najwyższych napięciach stawia przed techniką przekątnikową specjalne zadania, które siłą rzeczy prowadzić muszą do specjalnych nowych rozwiązań układów zabezpieczających.

W § 4 radzieckich „Wytycznych dla zabezpieczeń przekątnikowych“ czy tamy: „Zabezpieczenie przekątnikowe winno odpowiadać podstawowym wymaganiom: 1) pewności, 2) szybkości działania, 3) wybiórczości, 4) czułości“.

3. Szybkość działania. Poza Szwecją i Niemcami we wszystkich krajach sieci najwyższych napięć pracują z uziemionym punktem zerowym. Praktyka eksploatacyjna wykazała, że 80–90% wszystkich zakłóceń sieciowych — to jednofazowe zwarcie z ziemią. Co do tego są zgodni niemal wszyscy ruchowcy sieciowi na świecie. Do b. rzadkich wyjątków należy np. oświadczenie W. A. Morgana podczas dyskusji nad referatem Parksa i Brownlee'ego pod tyt. „Zabezpieczenia i samoczynne ponowne włączanie długich silnie obciążonych linii przesyłowych“ (Transactions A. I. E. E., 1950).

Dla sieci z uziemionym punktem zerowym jednofazowe zwarcie z ziemią jest zaburzeniem, które musi spowodować wyłączenie linii. Ponieważ zaś ogromna większość tych zwarć w sieciach najwyższych napięć ma charakter przemijający, szybkie ponowne włączanie szczególnie jednofazowe pozwala na utrzymanie ciągłości ruchu nawet przy tego rodzaju zakłóceniach. Szybkie ponowne włączanie wymaga, oczywiście, i szybkiego wyłączenia. Z drugiej zaś strony szybkie wyłączenie zakłóceń pozwala na utrzymanie stateczności dynamicznej przesyłu. I tu okazało się, że czas wyłączenia, wynoszący w dotychczasowych zabezpieczeniach odległościowych średnio 0,2 do 0,3 s, a w najlepszym wypadku 0,1 s, jest zbyt długi, szczególnie gdy wybudowano wyłączniki o czasie własnym wyłączenia około 5 okresów. Należało więc zejść z czasem wyłączenia niżej i przy obecnej technice przesyłania energii czas ten

wynosi najwyżej 0,05 s. Podkreślić należy, że nie tylko zabezpieczenie musi dać w tak krótkim czasie impuls wyłączający, ale jeszcze ten impuls przy liniach zasilanych dwustronnie musi być dany jednocześnie na obu końcach zabezpieczonego odcinka.

Skrócenie czasu własnego zabezpieczenia osiągnięto z jednej strony przez zmniejszenie liczby przekaźników potrzebnych w urządzeniu zabezpieczającym i liczby koniecznych przełączeń dla prawidłowego działania zabezpieczenia oraz przez budowę nowych typów przekaźników o bardzo małej bezwładności (np. przekaźnik o pętli indukcyjnej Westinghouse'a lub przekaźnik DZ Metropolitan — Vickersa), z drugiej zaś strony przez zastosowanie przekaźników pozbawionych praktycznie bezwładności, a więc lamp elektronowych.

4. **Wybiorczość.** Sprawa wybiorczości jest zupełnie jasna i nie wymaga komentarzy. Jest to podstawowa cecha nowoczesnego zabezpieczenia przekaźnikowego i jest zupełnie zrozumiałe, że przy wielkich mocach przesyłanych liniami najwyższych napięć wybiorczość musi być zapewniona w 100%, gdyż przerwa w dostawie energii, spowodowana nieprawidłowym, niewybiórczym wyłączeniem, może mieć katastrofalne następstwa. W związku z tym zabezpieczenie odcinkowe, reagujące tylko na zakłócenie wewnętrzne chronionego odcinka, ma wyraźną przewagę nad zabezpieczeniem odległościowym i innymi o charakterystyce czas/odległość.

Należy również pamiętać, że dla szeregu zabezpieczeń, a przede wszystkim tych, które mierzą opór pozorny lub bierny odcinka sieci pomiędzy zabezpieczeniem a miejscem zwarcia, kołysania są równoznaczne ze zwarcie, w innych zaś zabezpieczeniach nadmierne prądy występujące przy kołysaniach mogą spowodować wyłączenie.

Wynika stąd jeszcze jeden warunek: zabezpieczenia powinny być niewrażliwe na kołysania. W niektórych jednak wypadkach, gdy kołysanie staje się nadmierne, zabezpieczenie powinno zadziałać i spowodować zerwanie połączenia pomiędzy sieciami czy elektrowniami, a to w celu zapobieżenia wypadnięciu ich z synchronizmu, co równałoby się wyłączeniu wielkich jednostek prądotwórczych, a tym samym pozbawiliby energii elektrycznej wielkie tereny zasilane. Ponieważ zaś przy przerywaniu współpracy między układami jeden z nich będzie miał deficyt mocy, należy tam zainstalować przekaźniki odciążające, reagujące bądź na spadek napięcia, bądź na spadek częstotliwości, bądź na zmianę kierunku przepływu energii, bądź wreszcie na dowolną, w danym wypadku potrzebną, kombinację tych kryteriów.

5. **Czułość.** Warunek dostatecznej czułości zabezpieczenia jest często bardzo trudny do zachowania. Wynika to stąd, że często prądy zwarciove są tego samego rzędu, co prądy obciążeniowe. Jedynym wyjściem z tej trudności było zastosowanie filtrów składowych symetrycznych prądu i napięcia, gdyż, jak wiadomo, przy normalnym ruchu występuje tylko składowa dodatnia, przy zwarcia niesymetrycznych składowa ujemna, przy zwarcia z ziemią składowa zerowa. Tylko więc dla najrzadszego wypadku zwarcia trójfazowego zabezpieczenie na sładowych symetrycznych będzie posiadało zmniejszoną czułość. Pamiętać należy jednak, że zwarcie trójfazowe jest najczęściej zwarcie wtórnym, powstającym ze zwarcia jedno- lub dwufazowego, i prawie zawsze jest połączone ze zwarcie z ziemią. Widać stąd, że zmniejszenie czułości jest bardzo małe.

6. **Pewność działania.** Pewność działania wymaga przede wszystkim zabezpieczenia rezerwowego, które działać będzie w wypadku, kiedy zawiedzie zabezpieczenie podstawowe lub kiedy zabezpieczenie podstawowe (główne) jest wyłączone do kontroli okresowej lub do remontu.

Problem zabezpieczenia rezerwowego jest problemem odrębnym i nie możemy go tu obszernie omawiać. Zainteresowani przeczytają z ciekawością między innymi trzy artykuły na temat zabezpieczenia linii krótkich, średnich i długich w „Electrical Engineering” (1950 III, IV, V), gdzie zagadnienie rezerw jest szeroko omawiane. Nadmienimy tylko, że w rezerwach nie należy posuwać się aż do kompletnego podwojenia zabezpieczenia, przekładników, a nawet wyłącznika (jak np. w Bonneville Power Administration).

Nie wystarczy jednak mieć pełnowartościowe zabezpieczenie rezerwowe. Należy starać się o to, by zabezpieczenie główne było możliwie niezawodne w działaniu. I tu stajemy przed najcięższym problemem. Zabezpieczenie, które musi spełnić podane wyżej warunki, będzie siłą rzeczy skomplikowane, będzie posiadało wielką liczbę przekaźników, lamp elektronowych itp., a im więcej elementów ma urządzenia zabezpieczające, tym więcej miejsc czułych, mogących być źródłem uszkodzenia samego zabezpieczenia. Niżej podamy w jaki sposób częściowo przynajmniej omięnięto te trudności lub pokonano je.

7. **Zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe.** Przytoczmy fragment wyżej wymienionych przepisów radzieckich (dla linii na 110 i 220 kV). § 101 tych przepisów głosi: „Dla linii promieniowych należy stosować zabezpieczenie nadmiarowo-prądowe, połączone z zabezpieczeniem nadmiarowo-prądowym bezzwłocznym we wszystkich wypadkach, gdy odpowiada ono wymaganiom szybkości działania”.

Jest rzeczą oczywistą, że zabezpieczenia nadmiarowo-prądowe bezzwłoczne i zwłoczne niezależne są zabezpieczeniami bardzo prostymi, a jednocześnie mogą być niezwykle szybkie, a więc bardzo pewne. Na liniach promieniowych, zasilanych jednostronnie, w połączeniu z szybkim samoczynnym ponownym włączeniem, są w bardzo wielu wypadkach dostatecznie pewnym, szybkim i czułym zabezpieczeniem, a nawet przy paru odcinkach w szereg zabezpieczeniem wybiorczym. Ta zasada zabezpieczenia linii promieniowych, szeroko stosowana w Związku Radzieckim, jest obecnie wprowadzona w życie u nas, a znalazła zastosowanie również w innych krajach, przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych Ameryki i we Francji.

8. **Zabezpieczenie kierunkowe składowej zerowej mocy.** Należy tu jeszcze wspomnieć o jednym prostym sposobie zabezpieczenia, stosowanym we Francji. Jak już nadmieniono wyżej, ogromna większość zwarć to zwarcia z ziemią. Wobec tego zastosowano jako ochronę główną zabezpieczenie ziemnozwarciowe zależne (przekaźnik RWV1 Compagnie des Compteurs), połączone z przekaźnikiem nadmiarowo-prądowym z obciążoną charakterystyką. Tymi urządzeniami zabezpieczono we Francji 30% linii na 150 i 220 kV, a statystyka za rok 1947 podaje 78,0% działań prawidłowych, 13,0% nieprawidłowych, 9,0% niezadziałań. Dla roku 1948 mamy na 145 zabezpieczeń zainstalowanych 872 działania, w tym 800 (91,5%) prawidłowych, 72 (8,5%) nieprawidłowych; niezadziałań było 39 (4,45%).

Wyniki te należy uznać za bardzo dobre, jeśli weźmie się pod uwagę niezwykle prostotę zabezpieczeń i ich tania. Dla zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego typu radzieckiego ta sama statystyka podaje dla roku 1948: 275 zabezpieczeń, 386 działań, z tego 317 (82%) prawidłowych, 69 (18%) nieprawidłowych; niezadziałań było 21 (5,45%).

Należy przy tym podkreślić, że energetycy francuscy nie dysponują znakomitym radzieckim przekaźnikiem nadmiarowo-prądowym bezzwłocznym typu ЭТ-520, czemu należy przypisać gorsze wyniki niż przy stosowaniu zabezpieczenia ziemnozwarciowego zależnego.

9. **Zabezpieczenia odległościowe.** Spośród zabezpieczeń złożonych na pierwszym miejscu należy wymienić przekaźniki odległościowe. Przekaźnik odległościowy (pozorno-oporowy, bierno-oporowy lub o charakterystyce kombinowanej) stanowił już bardzo wysoki stopień techniki przekaźnikowej.

Początkowo spełniał on swoje zadania nawet w sieciach 110-kilowoltowych, ale z czasem wystąpiły jego zasadnicze wady: zbyt długi czas działania, niemożność stosowania dla krótkich odcinków, trudność przy stosowaniu ponownego samoczynnego włączania, wrażliwość na kołysanie, skomplikowane urządzenie przełączające.

Tu zaznaczają się dwa zasadnicze kierunki rozwoju:

a) zachodnio-europejski (jednoprzekaźnikowy) i b) radziecki (wieloprzekaźnikowy).

Przedstawicielem pierwszego kierunku jest przede wszystkim firma Brown Boveri & Co (Szwajcaria). System przez nią stosowany, oparty na działaniu jednego elementu pomiarowego, przełączanego na różne napięcia w zależności od rodzaju zwarć, ma swego przedstawiciela w prze-

każnika L3 i L4\*). Przekaznik ten typu bierno-oporowego, bardzo pomysłowy, zawiera kilkanaście elementów przełączających, jest szybki (0,1"), natomiast w praktyce okazał się zawodny, wymagający bardzo troskliwej i fachowej konserwacji, bardzo wrażliwy na strefę martwą. Doświadczenia nasze potwierdziły praktykę radziecką.

Przedstawicielem drugiego kierunku jest przede wszystkim Związek Radziecki. Tam najwcześniej zrozumiano, że należy kompletnie oddzielić zabezpieczenie ziemnozwarciowe od zabezpieczenia od zwarć międzyfazowych oraz unikać licznych przełączeń przez zastosowanie tylu elementów pomiarowych, ile jest faz, a czasem nawet tylu, ile jest stopni czasowych. Radziecka technika zerwała również z przesądem wielokrotnego rezerwowania w stopniowaniu, ograniczając się do 3 stopni (L3 posiada ich 5). Praktyka wykazała, że przodujący inżynierowie radzieccy mieli rację i w ślad za nimi poszły i inne kraje. Należy wspomnieć, że w Związku Radzieckim w czasie wojny stosowano układy jednoprzekaźnikowe dla celów oszczędnościowych, jednak po wojnie powrócono do układów wieloprzekaźnikowych na liniach najwyższych napięć, zachowując układy jednoprzekaźnikowe dla linii niższych napięć.

Analogiczne do rozwiązań radzieckich są rozwiązania francuskie (RXAP2 i RXAP3, Compagnie des Compteurs) oraz amerykańskie (HX i HZ, Westinghouse, oraz GUX i GCY, General Electric Co).

Pomimo tych ulepszeń przekaznik odległościowy nie dawał rozwiązań dla jednego problemu: ponowne samoczynne szybkie włączanie. Brown Boveri po szeregu prób (L3wc, L3wd) zastosował łącznie wielkiej częstotliwości dla osiągnięcia jednoczesnego włączania na obu końcach linii i po niebardzo udanych rozwiązaniach dla Szwecji (L3wa i L3wl) skonstruował ochronę współbieżną L3xS pozwalającą na szybkie ponowne włączanie jedno- lub trójfazowe. Zasada tego zabezpieczenia znana jest czytelnikom Przeglądu\*\*). Konstruktor twierdzi, że uzyskuje czasy działania rzędu 0,08 s, a nawet 0,06 s.

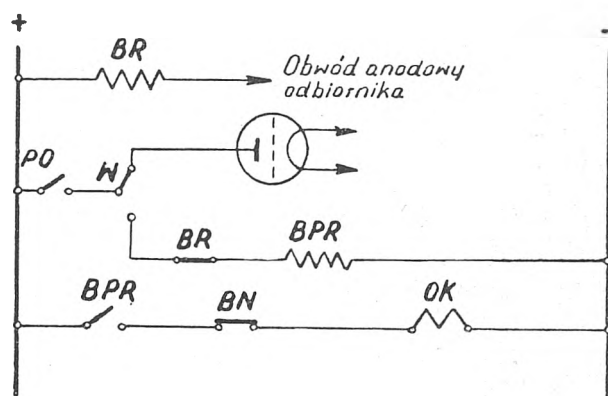
Szwajcarzy byli najbardziej konserwatywni i uparcie trwali przy zabezpieczeniach odległościowych z ewentualną przystawką w. cz. Ale względy konkurencyjne zmusiły ich do szukania nowych rozwiązań i ostatni ich produkt, przekaznik LG3, ma czas działania 1 okres. Jest to zabezpieczenie odległościowe jednostopniowe o trzech członach kierunkowo-pomiarowych, obejmujących wszelkie zwarcia międzyfazowe (bez zwarć z ziemią) na 90% chronionego odcinka. Zabezpieczenia są sprzężone przez wielką częstotliwość, tworząc zespół typu współbieżnego.

Rezerwowanie odbywa się przy pomocy zabezpieczenia L3wm, będącego odmianą wyżej omawianego zabezpieczenia L3. Poważną wadą tego systemu jest nieujmowanie zwarć z ziemią, które, jak mówiliśmy wyżej, stanowi ogromny procent wszystkich zakłóceń.

10. Zabezpieczenia porównawcze. W całym innym kierunku poszedł Związek Radziecki. Pozostawiając zabezpieczenie odległościowe dla dotychczasowych celów, zbudowano tam całkiem nowe zabezpieczenia, oparte na nowych zasadach. Tak powstały dwa nowe typy zabezpieczeń: a) zabezpieczenie porównawczo-kierunkowe mocowe, b) zabezpieczenie porównawczo-fazowe prądowe.

11. Zabezpieczenie porównawczo-kierunkowe mocowe. Pomysł zabezpieczenia porównawczo-kierunkowego nie był nowy i powstał już w roku 1923. W roku 1930 zbudowano pierwsze takie zabezpieczenie z łącem wielkiej częstotliwości w laboratorium im. Smurowa w Leningradzie. Zasada jest widoczna z rys. 1. W wypadku zwarcia na zewnątrz chronionego odcinka człon pobudzający zamyka styk PO, zamykając tym samym obwód anodowy lampy, co powoduje nadanie impulsu w. cz. Impuls ten otrzymują odbiorniki na obu końcach chronionego odcinka, wobec czego zadziała przekaznik BR, włączony w obwód anodowy odbiorników, otworzy się styk BR, wskutek czego będzie przerwany obwód cewki przekazywającej pomocniczej BPR i zabezpieczenie zostaje zablokowane na obu końcach linii. Należy pamiętać, że położenie styku W, przedstawione na rysunku, odpowiada przepływowi energii do szyn.

Na drugim końcu odcinka przy tym samym zwarcie zewnętrznym przekaznik kierunkowy wychyli się w przeciwną stronę (kierunek przepływu energii od szyn) i gdyby nie impuls blokujący z pierwszego końca, przekaznik



Rys. 1. Układ zasadniczy obwodów prądu stałego zabezpieczenia porównawczo-kierunkowego

PO — styk przekazywającego pobudzającego  
W — styk przekazywającego kierunkowego  
BR — cewka (i styk) przekazywającego obwód wyzwalający  
BPR — cewka (i styk) przekazywającego wyzwalającego  
OK — cewka wyzwalająca wyłącznika  
BN — klucz, który przerywa obwód wyzwalający podczas kontroli zabezpieczenia

BPR zamknąłby styk BPR, włączając prąd na przekaznik OK i powodując otwarcie wyłącznika.

Przy zwarcu wewnętrznym zamknie się również styk FO, ale przekaznik kierunkowy przerzuci styk W, wobec czego impuls blokujący nie będzie wysłany, przekaznik BPR zamknie styki BPR i nastąpi wyłączenie na obu końcach.

Opisany przebieg dotyczył dwustronnego zasilania; przy jednostronnym zasilaniu otworzy się wyłącznik tylko na jednym, zasilającym, końcu. Opisane zabezpieczenie posiadało czas działania 0,2 sek.

W 1941 roku Charkowska fabryka maszyn elektrycznych wypuściła przekaznik KRZ-161. Czas działania wynosił już tylko 3 okresy. Wreszcie trzeci typ mniej więcej z tego samego okresu to zabezpieczenie Sporna i Mollera o czasie działania około 2,5 okresów.

Wszystkie te zabezpieczenia, jak i zabezpieczenie analogiczne GMB (General Electric Co) oraz HZ (Westinghouse) posiadały szereg wad, a mianowicie:

- 1) niedziałanie ochrony przy zwarciach dwufazowych na linii zasilanej jednostronnie, a pracującej normalnie w dwustronnym zasilaniu;
- 2) niedziałanie ochrony, jeśli prąd zwarciový jest tego samego rzędu co prąd obciążeniowy;
- 3) w razie istnienia blokowania zabezpieczenia przy przepaleniu bezpieczników w obwodach napięciowych powolne przepalenie bezpieczników (czas rzędu kilku okresów) może spowodować nieprawidłowe działanie zabezpieczenia;
- 4) istnienie członów pobudzających w każdej fazie, podwójne układy kierunkowe i pobudzające, szereg urządzeń blokujących (od kołysań, od przepalenia bezpieczników itp.) — wszystko to komplikuje i tak już bardzo złożone zabezpieczenie, czyni je mało pewnym, drogim, trudnym i kosztownym w montażu i eksploatacji.

Trzeba więc było szukać innych dróg. Znalaziono je w składowych symetrycznych i przekazywaczach bez bezwładności.

Wymagania stawiane nowoczesnemu zabezpieczeniu porównawczo-kierunkowemu mocowemu można ująć w następujące punkty:

- 1) prawidłowe określenie kierunku przepływu mocy musi być zapewnione dla wszystkich rodzajów zakłóceń niezależnie od układu zasilania sieci;
- 2) działanie zabezpieczenia winno być zapewnione niezależnie od stosunku wielkości prądu zwarciovýego do prądu obciążeniowego;

\*) Por. R. Kurdziel i L. Biały. Ochrona sieci okręgowych (PE, 1947, z. 3/4, str. 74).

\*\*) Por. T. Ejsmond, Gospodarka zabezpieczeniowa w energetyce (PE, 1949, z. 10/11/12, str. 393).

3) w odcinku nieuszkodzonym uruchomienie aparatury w. cz. winno wyprzedzać uruchomienie części przekaźnikowej zabezpieczenia dla uniknięcia nieprawidłowego działania zabezpieczenia;

4) czas działania zabezpieczenia powinien wynosić od 1 do 3 okresów;

5) musi być wykluczone nieprawidłowe działanie zabezpieczenia w następujących okolicznościach:

- a) przy kołysaniach i asynchronicznej pracy generatorów, spowodowanych naruszeniem stateczności dynamicznej,
- b) przy zwarciach pochodzących z kołysań,
- c) przy zmianie kierunku przepływu energii w przypadku zwarcia i w przypadku kaskadowego wyłączenia zwarcia w sieci,
- d) przy zmianie rodzaju zwarcia,
- e) przy przepaleniu bezpieczników, w obwodach napięciowych oraz przy przerwach w obwodach napięciowych i prądowych,
- f) przy działaniu odgromników wydmuchowych,
- g) przy włączaniu linii nieuszkodzonej na zasilanie jednostronne,
- h) przy próbach aparatury w. cz.;

6) musi być zapewnione działanie zabezpieczenia:

- a) przy zwarciu powstałym podczas kołysań,
- b) przy jednostronnym włączeniu uszkodzonej linii;

7) natychmiastowa gotowość zabezpieczenia do ponownego działania;

8) każde zakłócenie wewnętrzne zabezpieczenia musi być sygnalizowane.

Zabezpieczenia przeznaczone do wyłączania jednofazowego muszą odpowiadać jeszcze innym wymaganiom.

Zabezpieczenie, czyniące zadość wymienionym wyżej żądaniom, będzie rzeczywiście zabezpieczeniem najwyższej jakości i wyniki otrzymane w pełni usprawiedliwiają zarówno koszt wysoki, jak i złożoność urządzenia.

Szereg pięknych rozwiązań, odpowiadających powyższym wymaganiom, figuruje w dorobku inżynierów radzieckich. Opisanie tych bardzo złożonych zabezpieczeń przekroczyłoby znacznie ramy niniejszego referatu \*).

Inne kraje również poszły w kierunku, wytyczonym przez technikę radziecką.

We Francji zbudowano zabezpieczenie bardzo podobne do radzieckiego. Zawiera ono 3 człony pobudzające typu podporozno-oporowego, jeden człon pobudzający na składowej zerowej prądu, człon kierunkowy włączony na składową odwrotną i zerową prądu i napięcia (przy czym przy zwarciach trójfazowych, wykrytych przez człony podporozno-oporowe, człon kierunkowy jest zasilany składowymi prostymi) oraz urządzenie ryglujące przy kołysaniach. Statystyka za rok 1947 podaje 62,5% działań prawidłowych, 23,7% niezadziałań, 13,8% działań nieprawidłowych, za rok zaś 1948 przy 19 urządzeniach czynnych: 362 działania, z czego 326 (90,2%) prawidłowych, 36 (9,8%) nieprawidłowych, 10 (2,8%) niezadziałań.

Zabezpieczenie porównawczo-kierunkowe firmy Metropolitan Vickers jest podobne do francuskiego, ale nie oparte na składowych symetrycznych. Wskutek tego jest bardziej złożone, posiada cztero-systemowy człon kierunkowy i jest mniej czułe. Statystyki angielskie podają powyżej 99% prawidłowych działań, lecz dane te należy traktować z rezerwą.

Amerykańskie rozwiązania konstrukcyjne różnią się znacznie od wyżej podanych. Zastosowano w nich człon kierunkowy zabezpieczenia odległościowego wspomnianego wyżej, by otrzymać zabezpieczenie porównawczo-kierunkowe. Zabezpieczenie tego rodzaju ma tę wielką zaletę, że jest samo dla siebie rezerwą, nie odpowiada jednak obecnie przyjętym wymaganiom, by zabezpieczenie rezerwowe było niezależne od podstawowego. Równoległe więc do wspomnianych wyżej zabezpieczeń HZ i GMB mamy połączenie zabezpieczeń odległościowych z zabezpieczeniami porównawczo-kierunkowymi, z których najbardziej charakterystyczne jest zabezpieczenie General Electric Co oparte na przekaźniku porozno-przewodnościowym MHO (GCY). Rola części porównawczo-kierunkowej jest tu nieco inna,

gdyż zadanie jej polega na skróceniu czasu strefy II zabezpieczenia odległościowego dla zwarć na odcinku chronionym \*).

12. Zabezpieczenie porównawczo-fazowe prądowe. Zabezpieczenie porównawczo-fazowe prądowe również datuje się nie od dziś. Zasada została postawiona już w roku 1927. Jeśli przyjmujemy kierunek przepływu prądu od szyn za dodatni, to przy zwarciach zewnątrz chronionego odcinka kierunek na drugim końcu będzie odwrotny, natomiast przy zwarciach wewnątrz chronionego odcinka — jednakowy na obu końcach. Pierwsze wykonanie na linii 220-kilowoltowej w Związku Radzieckim przypada na rok 1929. Zabezpieczenie to pracowało na składowej zerowej prądu i dlatego, pomimo swej złożoności i wysokiej ceny, nie odpowiadało nowoczesnym wymaganiom.

W 1933 r. zbudowano zabezpieczenie na filtrze  $I_2 + kI_0$ . W owym okresie nastąpił rozwój zabezpieczeń porównawczo-kierunkowych mocowych i dopiero po roku 1940, gdy wady tych zabezpieczeń zaczęły się ujawniać (konieczność blokowania przy kołysaniach, przy przepaleniu się bezpieczników w obwodach napięciowych, konieczność skomplikowanych członów kierunkowych, członów pobudzających w każdej fazie), ponownie zainteresowano się zabezpieczeniami porównawczo-fazowymi prądowymi. W roku 1941 fabryka charkowska wypuściła zabezpieczenie KRZ-151, a pomiędzy rokiem 1945 i 1949 zjawily się dalsze zabezpieczenia najwyższej jakości.

Rys. 2 przedstawia przebieg częstotliwości impulsów na obu końcach linii i wyniki otrzymane w zabezpieczeniu. Porównanie impulsów otrzymanych z obu końców linii odbywa się bądź na siatkach lampy dwusiatkowej, bądź na specjalnym mostku, z którego impulsy złożone kierowane są na siatkę lampy zwykłej.

W nowoczesnym zabezpieczeniu stosuje się filtr typu  $kI_1 + kI_2 + kI_0$ , przy czym współczynniki  $k$  muszą być odpowiednio dobrane. Na ogół zabezpieczenia te odznaczają się mniejszą czułością dla zwarć trójfazowych niesymetrycznych, zwarcia tego typu należą jednak do rzadkości \*\*).

Zabezpieczenia tego typu są produkowane w wielu krajach. We Francji Hewittic i Electromécanique (zabezpieczenie Touly, CIGRE, 1948) oraz bardzo ciekawe zabezpieczenie P. Chevalliera produkcji Alsthoma. Zabezpieczenie to odznacza się tym, że w przeciwieństwie do innych nie potrzebuje do jednofazowego samoczynnego powrotnego włączania wybiornika faz, zasilanego z przekładników napięciowych. Fala nośna obu nadajników jest modulowana trzema częstotliwościami akustycznymi, po jednej dla każdej fazy, te zaś częstotliwości akustyczne są modulowane częstotliwością roboczą każdej fazy. Odbiorniki przy pomocy specjalnych filtrów rozdzielają częstotliwości akustyczne i przeprowadzają porównanie impulsów osobno dla każdej fazy, dzięki czemu uzyskuje się włączenia wybiornice fazowe. Wadą systemu jest zajęcie 2 kanałów w. cz. na odcinek wyłącznie do celów zabezpieczenia, gdy inne systemy wyprowadzają z trzech prądów czynnych jeden kombinowany prąd za pośrednictwem filtru składowych symetrycznych. Ponadto zabezpieczenie Alsthoma pracuje stale, natomiast w pozostałych typach zabezpieczenie zajmuje kanał w. cz. na chwilę tylko podczas zwarcia, gdyż specjalny człon pobudzający, pracujący również najczęściej na składowych symetrycznych, działa jako detektor zakłóceń.

W Anglii produkują zabezpieczenia „Contraphase“ (Metropolitan Vickers) i „Telephase“ (Reyrolles), w Stanach Zjednoczonych HKB (Westinghouse), a także odpowiednie zabezpieczenie General Electric Co.

Bardzo jest trudno przeprowadzić porównanie pomiędzy zabezpieczeniami porównawczo-kierunkowymi mocowymi a porównawczo-fazowymi prądowymi, gdyż są to typy najnowsze i brak jeszcze dostatecznego doświadczenia w tej dziedzinie, w dodatku podlegają one ciągłym ulepszeniom. W referacie Hardera i Martera (USA) na MKWSE 1950 r. podano następujące zalety:

\* Szczegółowy opis tego zabezpieczenia znajduje się w licznych artykułach van Warringtona w Transactions A. I. E. E. (1945—1948) oraz w wymienionych wyżej książkach Atabekowa i Fiedosjewa.

\*\* Szczegółowe opisy znaleźć można w podanej wyżej literaturze. Schematy filtrów ob. T. E j s m o n d. Gospodarka zabezpieczeniowa w energetyce (PE, 1949, z. 10/11/12, str. 393) oraz W. Ł. F a b r i k a n t. Filtry symetrycznych składają się z...

\* Por. Atabekow i Fiedosjew. Sowriemiennaja relejnaja zaszcita oraz Atabekow. Relejnaja zaszcita wysokowoltnych sieć.

- 1) zabezpieczenia porównawczo-fazowe:
  - a) mogą być dodane do wszelkiego zabezpieczenia innego typu i stanowią niezależne bardzo szybkie zabezpieczenie,
  - b) nie wymagają przekładników napięciowych (poza wybiornikiem faz),
  - c) wyłączają przy wszystkich utratach synchronizmu,
  - d) nie wyłączają na skutek prądów ziemnozwarciowych, indukowanych z linii równoległej;
- 2) zabezpieczenia porównawczo-kierunkowe:
  - a) dają się zastosować na liniach z odgałęzieniami,
  - b) lepiej odróżniają prądy obciążeniowe od prądów zakłóceń,
  - c) zapewniają wyłączenie przy prądach zakłóceń rzędu 50% prądu obciążeniowego,
  - d) są elastyczniejsze przy zmianie konfiguracji sieci.

Neleżałoby jeszcze dodać, że zabezpieczenia porównawczo-fazowe są znacznie prostsze i tańsze, natomiast muszą na

dalekopis, pomiar zdalny), choć np. Metropolitan Vickers ma w tym kierunku poważne zastrzeżenia, a w systemie Chevalliera jest to niemożliwe.

Zastosowanie lamp elektronowych do zabezpieczeń wprowadza dodatkowy element niepewności w ich pracy, ale z jednej strony obecny stan techniki produkcyjnej tych lamp zapewnia ich pierwszorzędną pracę i trwałość, z drugiej zaś strony robione są obecnie próby zastąpienia lamp w części czysto przekąźnikowej (nie w. cz.) „transistorami”. Są to elementy krystalowe w próżni, które w pewnych warunkach mogą spełniać analogiczne czynności, co lampy, nie podlegają natomiast starzeniu.

13. Zabezpieczenie linii krótkich. Jak wygląda zabezpieczenie linii krótkich, na których łączność posługuje się kablami telefonicznymi? Już dawno stwierdzono, że zabezpieczenia odległościowe nie nadają się do tych celów, gdyż ich dolna granica pomiaru leży powyżej oporu pozornego czy biernego linii. To samo dotyczy linii kablowych. Krótkie odcinki były od dawna domeną zabezpieczeń różnicowych najrozmaitszych typów, a najlepszymi stosownie do opinii literatury fachowej są typ „Transley” Metropolitan Vickersa i HCB Westinghouse'a. Oba typy są szeroko produkowane i stosowane w Związku Radzieckim. Zapewniają one dostateczną czułość, pełną wybiórczość, szybkość działania i pewność, jakiej wymagają nowoczesne linie najwyższych napięć. Nadają się one również do szybkiego ponownego włączania. Dla linii dwutorowych najlepiej nadaje się zabezpieczenie różnicowe poprzeczne, rezerwowane zabezpieczeniem odległościowym włączonym na sumę prądów obu linii. Zabezpieczenie to powinno posiadać pierwszy stopień blokowany przy pracy obu linii równoległych. Wszystkie zabezpieczenia różnicowe, jako zabezpieczenia odcinkowe, nie reagujące na zwarcia zewnętrzne, muszą być rezerwowane. W szczególnym wypadku linii dwutorowej zabezpieczenie różnicowe poprzeczne nie działa przy wyłączeniu jednej linii.

Dla krótkich odcinków linii można również stosować zabezpieczenie porównawczo-kierunkowe mocowe, przy czym łącze jest wykonane przy pomocy kabli pilotowych (np. L3S spec. BBC).

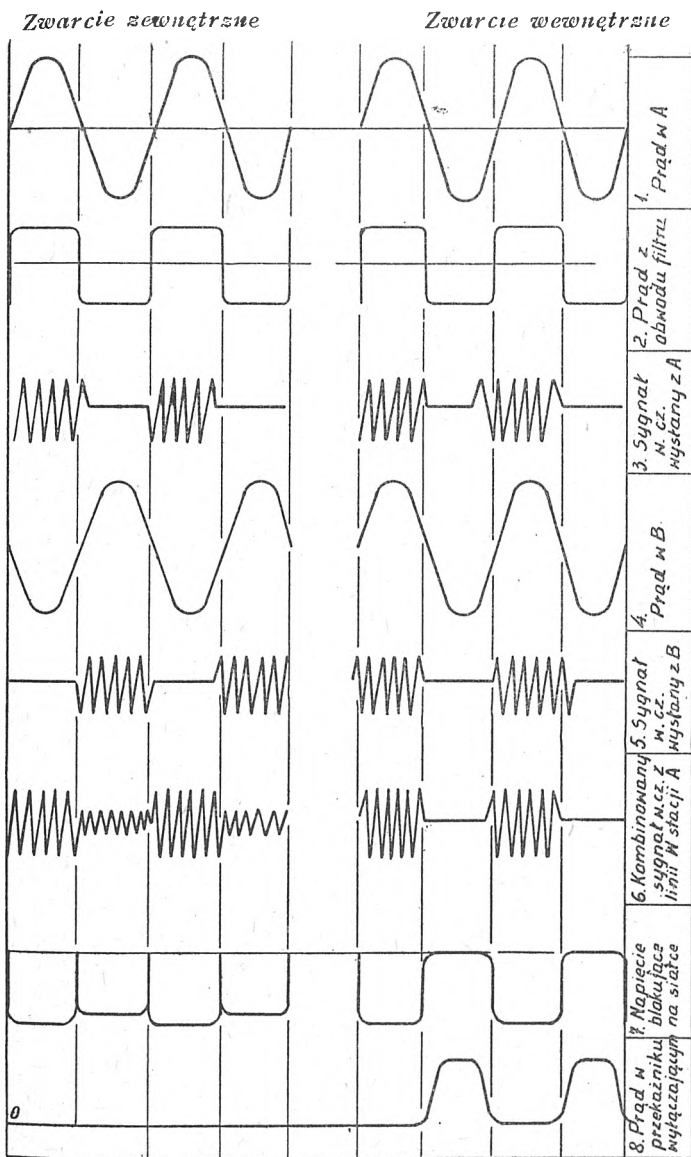
Ciekawe zabezpieczenie linii krótkich stanowi system Casson-Last firmy Metropolitan Vickers. Działa ono na zasadzie porównania faz prądów na obu końcach chronionego odcinka, ale porównanie odbywa się przy pomocy przekąźników elektromagnetycznych typu wibracyjnego. Na każdym końcu odcinka znajdują się dwa takie przekąźniki o stykach połączonych w szereg. Jeden z nich jest zasilany z miejscowych przekładników prądowych, drugi — z drugiego końca linii. W wypadku normalnej pracy linii lub zwarcia zewnętrznego zwory są przyciągane naprzemian, styki nie zamykają się równocześnie i nie otrzymujemy impulsu na wyłączenie. W wypadkach zwarcia wewnętrznego zwory wibrują synchronicznie, styki zamykają się jednocześnie i dają impuls na wyłączenie.

14. Zabezpieczenie szyn zbiorczych. Aby uzupełnić obraz nowoczesnego zabezpieczenia sieci najwyższych napięć, należy powiedzieć jeszcze parę słów o zabezpieczeniu szyn i transformatorów.

Zabezpieczenie szyn było zawsze jednym z wielkich zagadnień techniki zabezpieczeniowej. Próbowano przystosować tu wszystkie systemy, występujące w zabezpieczeniach innych obiektów układu elektroenergetycznego. Ostatecznie utrzymał się tylko system różnicowy.

Poważną trudność stanowi sprawa blokowania przy zwarciach zewnętrznych. Jest rzeczą oczywistą, że przekładnik najbliższy zwarciu nasyci się najpierw i wskutek tego jego prądy wtórne nie będą proporcjonalne do prądów pierwotnych, co spowoduje poważne prądy wyrównawcze, mogące wywołać zadziałanie zabezpieczenia i wyłączenie. Jest niezwykle trudno zbudować przekąźnik różnicowy, posiadający więcej niż 3 cewki przytrzymujące. Ratował sytuację fakt, że w wielkich rozdzielniach najwyższych napięć szyny są na ogół dzielone ze względu na moce zwarciowe.

Pięknym rozwiązaniem było zastosowanie przekładników prądowych bezrdzeniowych do zabezpieczenia szyn. Wówczas przekładnie były zachowane, a przekładniki połączone w szereg i ich napięcie było doprowadzone przez prostownik do przekąźnika napięciowego ewentualnie za pośrednictwem wzmacniacza. System ten jest stosowany



Rys. 2. Modułacja i demodulacja fali nośnej w zabezpieczeniu porównawczo-fazowym prądowym

ogół być nastawione wyżej, wskutek czego są mniej czułe. Ostatnie słowo nie zostało jeszcze powiedziane w tej dziedzinie i na ogół wszyscy wielcy producenci wytwarzają oba typy i usilnie je ulepszają.

Cechą charakterystyczną wszystkich wyżej opisanych zabezpieczeń jest użycie powiązania stacji na obu końcach chronionego odcinka przy pomocy w. cz. Na ogół łącze w. cz. daje się wykorzystać i do innych celów (telefon,

w Związku Radzieckim i w Stanach Zjednoczonych Ameryki.

Wreszcie najnowszy system (1947) stosuje transduktory i przekładniki prądowe normalnej konstrukcji oraz prostowniki stykowe. Według opinii specjalistów radzieckich transduktory, prostowniki suche i przekaźniki główne prądu stałego wprowadzą wiele nowych elementów do techniki przekaźnikowej.

15. Zabezpieczenie transformatorów. Wg § 184 przepisów radzieckich dla transformatorów o mocy powyżej 15 MVA należy stosować następujące zabezpieczenia: a) zabezpieczenie różnicowe, b) zabezpieczenie gazowe (Bucholz), c) zabezpieczenie od zwarć zewnętrznych (nadmiarowo-prądowe z pobudzeniem niedmiarowo-napięciowym), d) zabezpieczenie termometryczne sygnalizujące, e) zabezpieczenie od przeciążeń ruchowych, również sygnalizujące.

Najwięcej trudności sprawia zabezpieczenie różnicowe z następujących powodów:

a) może działać nieprawidłowo przy zwarciach zewnętrznych wskutek szybkiego nasycenia przekładników prądowych od strony zwarcia;

b) może działać nieprawidłowo wskutek wpływu składowej prądu stałego w udarowym prądzie zwarcia, która powoduje nasycenie rdzeni przekładnika od strony zwarcia;

c) może działać nieprawidłowo wskutek udarowego prądu magnesującego w chwili włączenia.

Jak widać z powyższego do 5 zabezpieczeń, podanych w przepisach, należy jeszcze dodać 3 urządzenia, zapobiegające tym nieprawidłowym działaniom. Rozwiązania są niezwykle pomysłowe: specjalne dodatkowe szybkozasysające się przekładniki pomocnicze\*), blokowanie zabezpieczenia różnicowego w chwili włączania transformatora, filtry składowych harmonicznych, całe serie dodatkowych przekaźników zasilanych prostownikami itp. W rezultacie zabezpieczenie transformatora stało się niezwykle skomplikowane, a przy transformatorach trzy- i czterouzwojeniowych często niewykonalne w pełnym układzie. Wszelkie uszkodzenie zabezpieczenia powodowało konieczność wielogodzinnych żmudnych poszukiwań, podczas których transformator bądź był wyłączony, bądź pracował bez pełnego zabezpieczenia, co było bardzo ryzykowne ze względu na wielki koszt tych jednostek i trudność utrzymania dla nich dostatecznej rezerwy.

Na MKWSE 1950 r. referat Dietscha, Henrieta i Larue z *Electricité de France* przedstawił niezwykle pomysłowy i prosty sposób zabezpieczenia transformatorów wielkiej mocy i najwyższych napięć.

Najtrudniejszą częścią zabezpieczenia transformatora jest zabezpieczenie różnicowe, które będąc już skomplikowanym

(szczególnie dla transformatorów wielouzwojeniowych) wymaga jeszcze szeregu dodatkowych urządzeń, wymienionych wyżej.

W *Electricité de France* od jesieni 1947 roku nie stosuje się zabezpieczenia różnicowego na wielkich jednostkach. Od wszystkich uszkodzeń wewnętrznych, z wyjątkiem zwarć z ziemią, chroni przekaźnik gazowy. Od zwarć z ziemią, szczególnie w przepustach, zabezpiecza przekaźnik nadmiarowo-prądowy ziemnozwarciowy, włączony w obwód uzziemienia kadzi, za pośrednictwem przekładnika prądowego. Oczywiście, kadź musi być izolowana od ziemi (np. przy pomocy drewnianych specjalnie nasączonych podkładów pod szynami) i we wszystkich kablach, dochodzących do transformatora, izoluje się części zewnętrzne od kadzi. Również w rurze, łączącej kadź z konserwatozem, wstawia się odcinek rury z materiału izolacyjnego.

Izolacja musi być tego stopnia, żeby prąd ziemnozwarciowy (w wypadku zwarcia wewnętrznego), płynący przez przewód uzimający, nie był mniejszy niż 70% całkowitego prądu ziemnozwarciowego. Szereg pomiarów stwierdził zupełną niewrażliwość tego zabezpieczenia na zewnętrzne zwarcia z ziemią, a dwuletnia praktyka wykazała, że chroni ono transformator od zwarć i uszkodzeń wewnętrznych w sposób najzupełniej wystarczający.

16. Projektowanie zabezpieczeń przekaźnikowych. Według przyjętej u nas dotychczas praktyki stawia się na mało ważnych liniach przekaźniki nadmiarowe, na ważnych — odległościowe.

Nastawienie nadmiarówek wykonywa się na ogół „na oko”; dla przekaźników odległościowych dobiera się opory pozorne poszczególnych stopni według oporów pozornych odcinków, a czas tak, by wszystko „grało”. Najgorzej jest z nastawieniem pobudzenia.

Praktyka ta jest najzupełniej błędna. Prowadzi ona do niewłaściwych zabezpieczeń, do błędnych — często katastrofalnych — wyłączeń, do niewłaściwego wyzyskania i tak szczerpiej posiadanej aparatury.

Radziecy inżynierowie mówią: „liczyć, liczyć, liczyć!” I mają po stokroć rację. Bez obliczenia największych i najmniejszych prądów ruchowych, największych i najmniejszych prądów zwarciovych, bez operowania wykresem R/X i wniesienia na ten wykres zarówno kołowych charakterystyk przekaźników, jak i miejsc geometrycznych punktów zwarcia i krzywych kołysania, nie ma prawidłowego projektowania zabezpieczeń. Niechaj znakomita literatura radziecka, a przede wszystkim cytowana wyżej książka Atabekowa będą wszystkim przekaźnikowcom polskim drogowskazem w ich przyszłej pracy.

MGR INŻ. JÓZEF ŻYDANOWICZ

## Obliczanie elektryczne linii wysokiego napięcia przy pomocy nomogramów drabinkowych

Treść. W artykule zostały przedstawione nomogramy przeznaczone do szybkiego wyznaczania strat i spadków napięcia oraz strat mocy w liniach otwartych wysokiego napięcia. Nomogramy te mogą znaleźć zastosowanie zarówno przy projektowaniu nowych odcinków, jak przy wyznaczaniu przelotności istniejących odcinków sieci wysokiego napięcia.

Расчет электрических линий высокого напряжения при помощи номограмм. В статье даны номограммы, служащие для быстрого определения потерь и падений напряжения, а также потерь мощности в открытых линиях высокого напряжения. Номограммы могут найти применение как при проектировании новых отрезков, так и при определении пропускной способности существующих отрезков сетей высокого напряжения.

Electric computation of high tension lines by means of nomographs. The article contains nomographs intended for the rapid determination of voltage loss and drop and power loss in high tension conductor lines. These nomographs can be used both in planning new sectors and in defining the carrying capacity of existing high tension grid sectors.

### 1. Wstęp.

Obliczanie elektryczne linii wysokiego napięcia jest czynnością stosunkowo żmudną. Wzory na straty napięcia i mocy są co prawda proste, jednak korzystanie z nich musi być poprzedzone pewnymi obliczeniami przygotowaw-

czymi, a mianowicie obliczeniem oporności czynnej, oporności indukcyjnej oraz — w przypadku uwzględniania pojemności linii — obliczeniem mocy ładowania linii. Obliczenie tej mocy wymaga uprzedniego odszukania w tablicach wartości promienia przewodu oraz obliczenia pojemności roboczej linii, jest więc żmudne.

Przy obliczaniu znacznej liczby odcinków linii wysokiego napięcia, jak to bywa np. przy projektowaniu sieci najwyższych względnie średnich napięć, odczuwa się potrzebę ułatwienia obliczeń choćby kosztem zmniejszenia

\*) Jest to system najlepszy. Ob. M. I. Cariew. Primenienie rele s bystronasyszczajuszczimsia transformatorom w differencjalnych zaszcitach (Elektr. Stancji, 1948, nr 8 i 1949, nr 1) oraz O. A. Gilizer i W. Z. Nikitskij. Rele dla differencjalnoj zaszcity transformatorow s bystronasyszczajuszczimsia transformatorom i tormozeniem (Elektr. Stancji, 1951, nr 4).

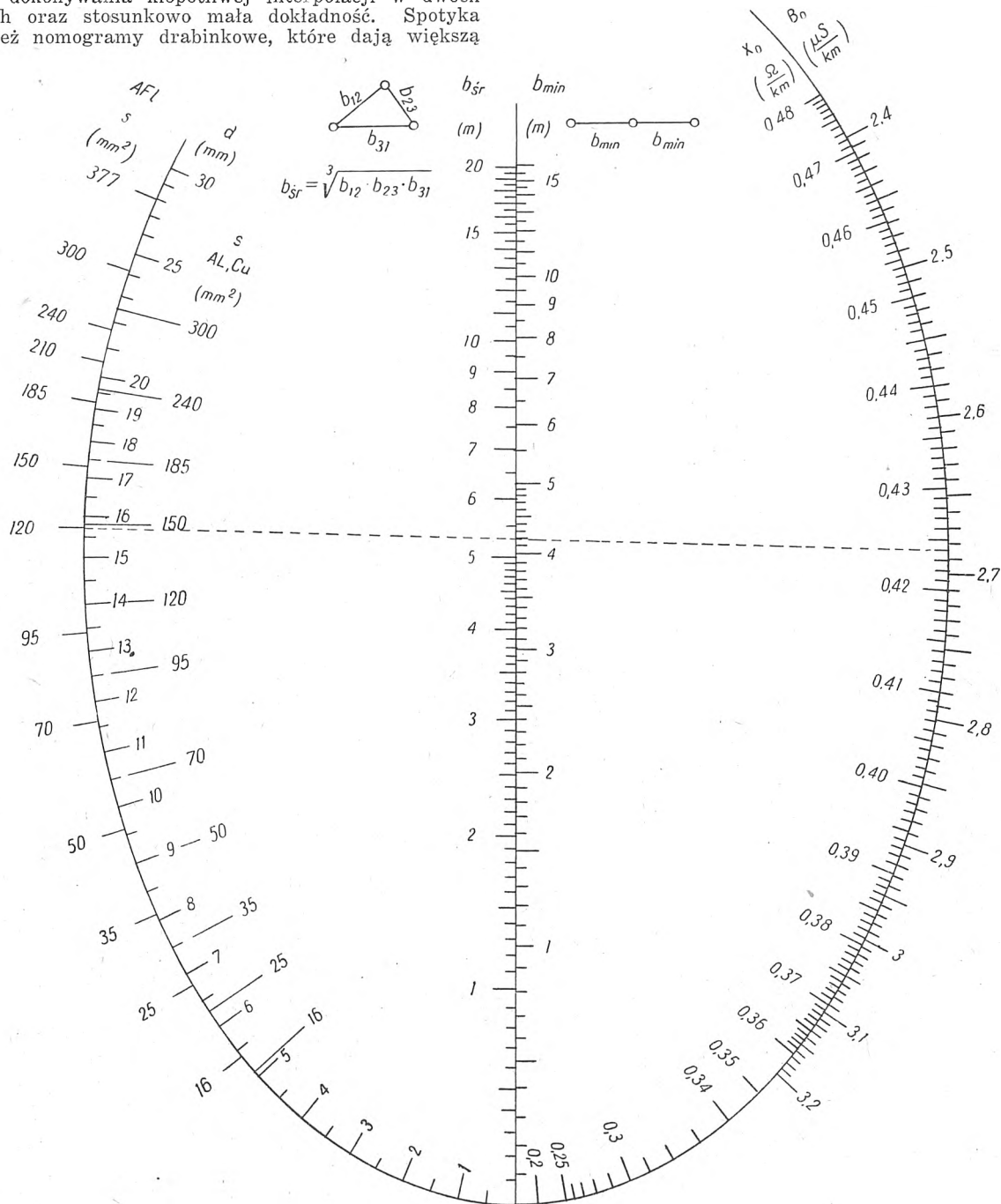


ich dokładności. Cenną pomoc przy tego rodzaju obliczeniach stanowią nomogramy.

Znane są nomogramy siatkowe, oparte na kartezjańskim układzie współrzędnych, które umożliwiają wyznaczanie spadków napięć i strat mocy czynnej dla założonych parametrów linii. Wadą tych nomogramów jest konieczność dokonywania kłopotliwej interpolacji w dwóch wymiarach oraz stosunkowo mała dokładność. Spotyka się również nomogramy drabinkowe, które dają większą

## 2. Opis nomogramów.

Nomogram I przedstawiony na rys. 1 służy do wyznaczania oporności indukcyjnej oraz przewodności pojemnościowej 1 km jednotorowej linii napowietrznej wysokiego napięcia o znanym materiale i przekroju prze-



Rys. 1. Nomogram I do wyznaczania oporności indukcyjnej oraz przewodności pojemnościowej 1 km jednotorowej linii napowietrznej wysokiego napięcia

dokładność, niż nomogramy siatkowe, jednak zastępują one tylko część pracy obliczeniowej; reszta pozostaje dla suwaka rachunkowego. Wadą tych nomogramów jest to, że w przypadku znacznej liczby obliczeń należy ciągle przechodzić od obliczania nomogramowego do obliczania suwakowego, co jest dość uciążliwe.

W niniejszym artykule przedstawione są nomogramy, które pozwalają na wyznaczanie w liniach wysokiego napięcia strat i spadków napięcia oraz strat mocy w bardzo szybkim czasie, przy niewielkim wysiłku umysłowym oraz przy całkowitym niemal wyeliminowaniu suwaka rachunkowego, którego stosowanie wymaga napiętej uwagi, żeby nie popełnić błędu.

wodów oraz znanym rozstawieniu przewodów na słupie. Nomogram ten jest wykonany dla wzorów następujących:

$$(1) \quad X_0 = 0,1444 \lg \frac{2564 b_{sr}}{d}$$

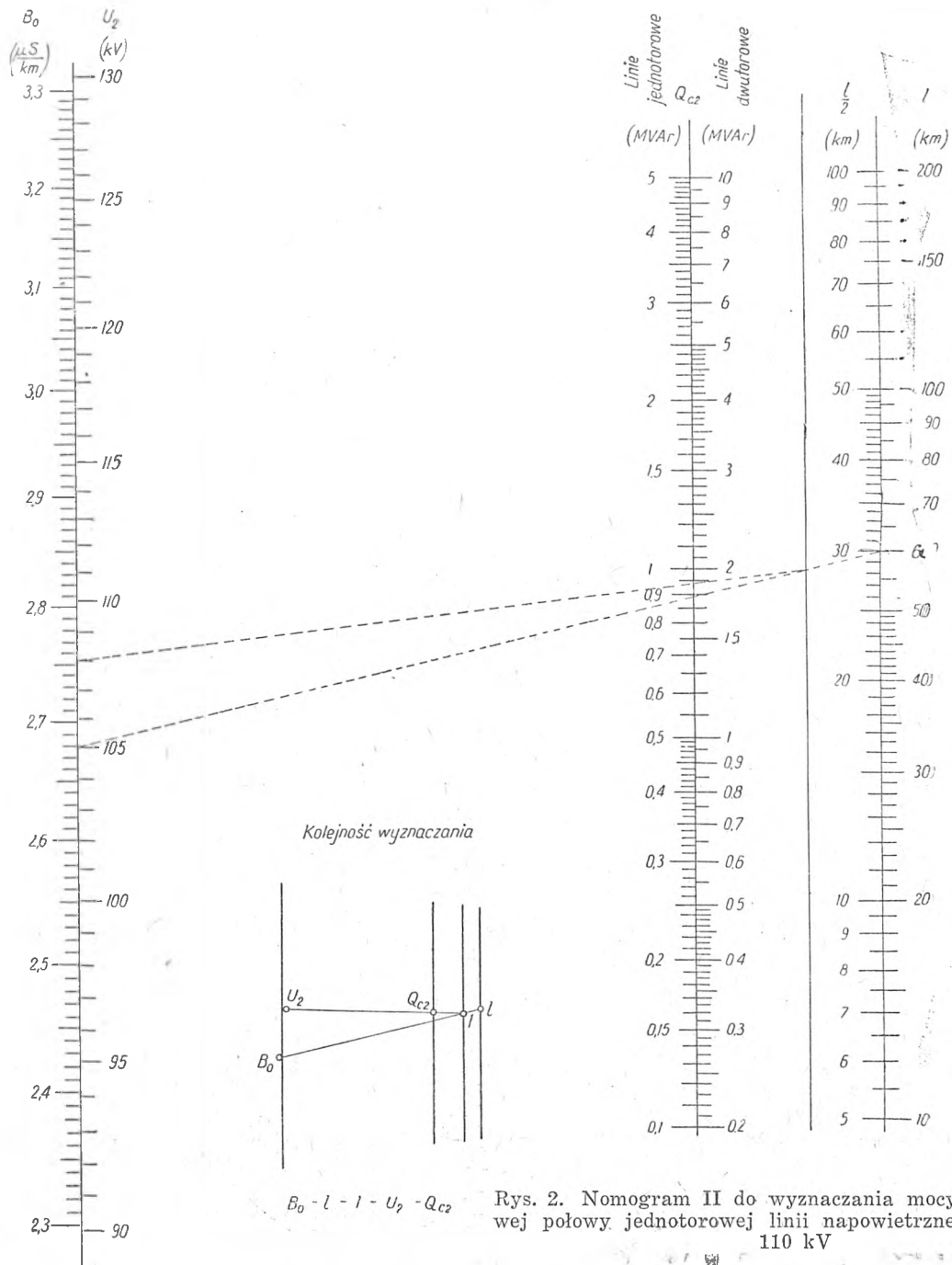
$$(2) \quad B_0 = \frac{7,6 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{500 b_{sr}}{d}}$$

gdzie oznaczają:

- $X_0$  — oporność indukcyjną linii ( $\Omega/\text{km}$ ),
- $B_0$  — przewodność pojemnościową linii ( $\text{S}/\text{km}$ ),
- $b_{sr}$  — średni odstęp między przewodami (m),
- $d$  — średnicę zewnętrzną przewodu (mm).

Na drabince dla średnic  $d$  przewodów podano odpowiadające tym średnicom wartości przekrojów przewodów, wykonanych z jednego materiału (Al, Cu), oraz przewodów stało-aluminiowych (AFL)\*). Na drabince środkowej, przeznaczonej dla średniego odstepu  $b_{sr}$  między prze-

Nomogram I został wykonany specjalnie dla linii napowietrznych wysokiego napięcia, jednak może służyć również i dla linii niskiego napięcia. Nomogram nie nadaje się dla linii o przewodach żelaznych, dla których oporność indukcyjna powinna być wyznaczana z tablic.



Rys. 2. Nomogram II do wyznaczania mocy pojemnościowej połowy jednorodnej linii napowietrznej na napięciu 110 kV

wodami, podano dodatkową skalę dla najmniejszego odstepu przewodów  $b_{min}$  w układzie płaskim.

Należy zwrócić uwagę, że wartości  $X_0$ , jakkolwiek są odczytywane z nomogramu z dużą dokładnością do 3 znaków, w przypadku przewodów stało-aluminiowych nie odpowiadają w zupełności dokładnym wartościom  $X_0$  wskutek tego, że wzór (1) nie uwzględnia zjawiska nasłórkowości w rdzeniu stalowym. Dokładne wartości na  $X_0$  należy brać z tablic. Do obliczeń związanych z projektowaniem sieci zazwyczaj można poprzestać na wyznaczaniu z nomogramu I wartości  $X_0$  oraz  $B_0$  z dokładnością do dwóch znaków.

\*) Podany na tej drabince przekrój  $240 \text{ mm}^2$  dla przewodów aluminiowych lub miedzianych dotyczy linki 37-drutowej o średnicy zewnętrznej 19,6 mm. W przypadku linki 61-drutowej o tym samym przekroju  $240 \text{ mm}^2$  należy skorzystać z punktu na lewej drabince, odpowiadającego średnicy zewnętrznej 20,3 mm.

Nomogram II na rys. 2 stanowi uzupełnienie nomogramu poprzedniego i służy do wyznaczania mocy ładowania połowy linii jednorodnej na napięciu 110 kV dla danej przewodności pojemnościowej 1 kilometra linii, danej długości linii oraz danego napięcia na końcu linii. Nomogram wykonano dla wzoru:

$$(3) \quad Q_{c2} = \frac{B_0 l U_2^2}{2},$$

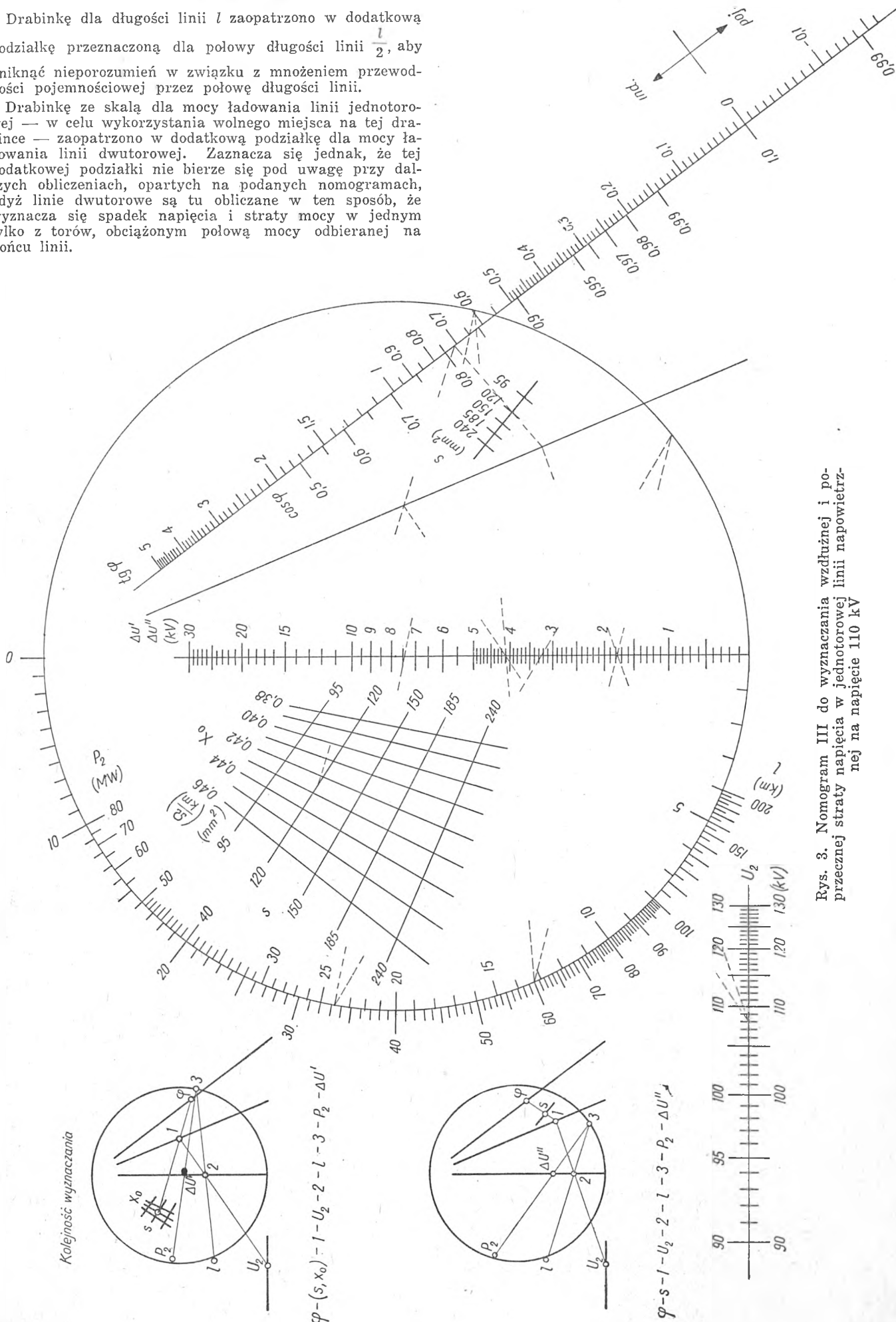
gdzie oznaczają:

- $Q_{c2}$  — moc ładowania połowy linii (MVar),
- $l$  — długość linii (km),
- $B_0$  — przewodność pojemnościową 1 km linii (S/km),
- $U_2$  — napięcie międzyprzewodowe na końcu linii (kV).

Nomogram ten zastępuje co prawda zwykle podwójne mnożenie, jednak jest podany dla uniknięcia używania suwaka przy obliczeniach.

Drabinkę dla długości linii  $l$  zaopatrzone w dodatkową podziałkę przeznaczoną dla połowy długości linii  $\frac{l}{2}$ , aby uniknąć nieporozumień w związku z mnożeniem przewodności pojemnościowej przez połowę długości linii.

Drabinkę ze skalą dla mocy ładowania linii jednotorowej — w celu wykorzystania wolnego miejsca na tej drabince — zaopatrzone w dodatkową podziałkę dla mocy ładowania linii dwutorowej. Zaznacza się jednak, że tej dodatkowej podziałki nie bierze się pod uwagę przy dalszych obliczeniach, opartych na podanych nomogramach, gdyż linie dwutorowe są tu obliczane w ten sposób, że wyznacza się spadek napięcia i straty mocy w jednym tylko z torów, obciążonym połową mocy odbieranej na końcu linii.



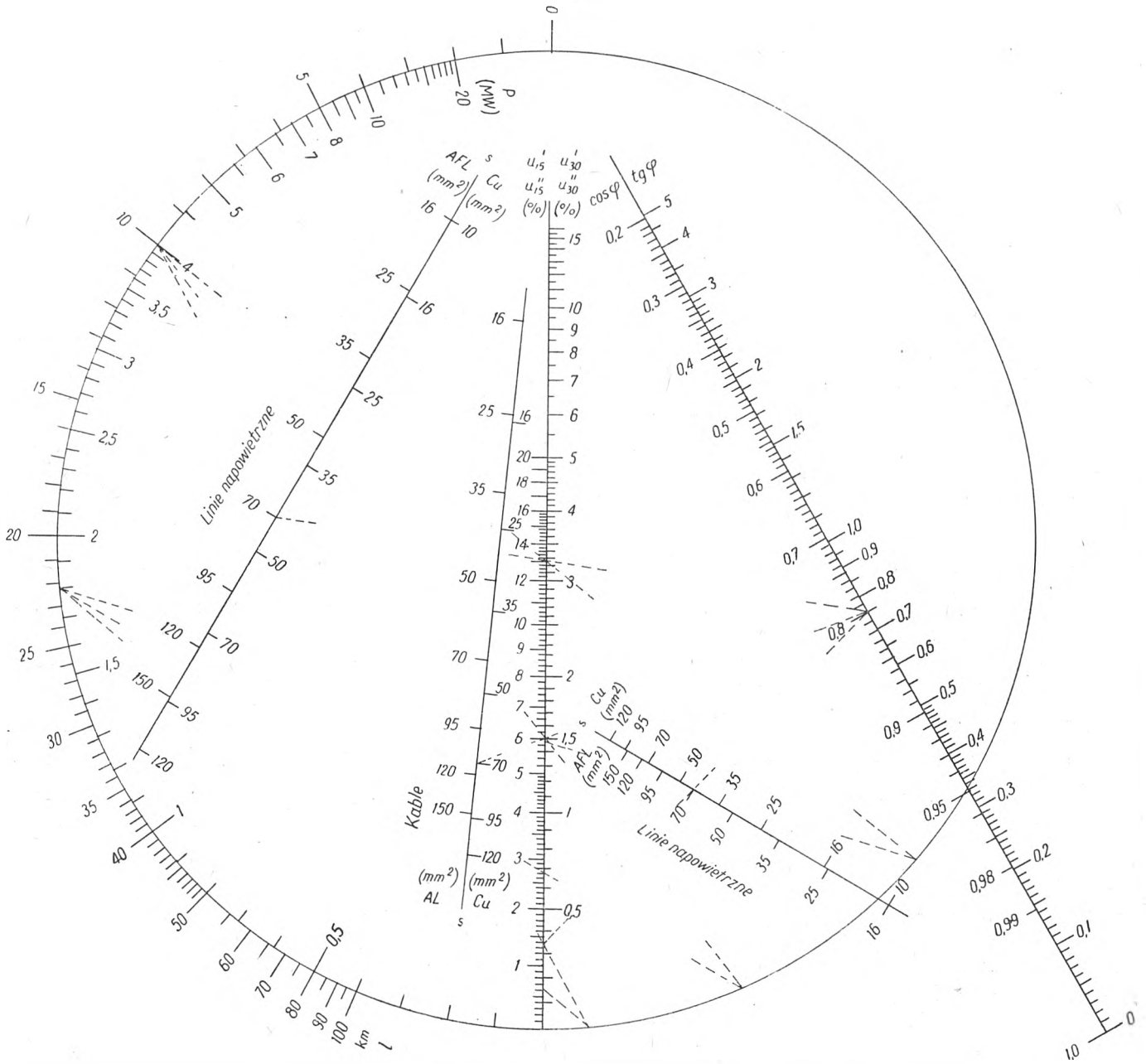
Rys. 3. Nomogram III do wyznaczenia wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia w jednotorowej linii napowietrznej na napięcie 110 kV

Jeżeli jest znane napięcie  $U_1$  na początku linii, to nomogram II może być wykorzystany do wyznaczenia mocy ładowania  $Q_{ci}$  na początku linii przez zastąpienie w nim napięcia  $U_2$  na końcu linii napięciem  $U_1$  na początku linii.

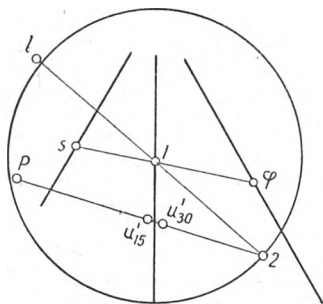
Przez dodanie do mocy ładowania na końcu linii mocy ładowania na początku linii otrzymamy całkowitą moc

ładowania linii równą poprzecznej stracie mocy biernej pojemnościowej w linii.

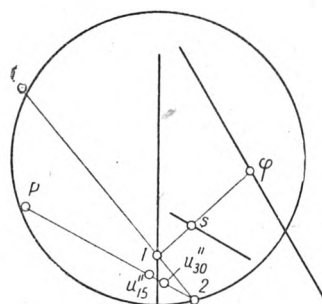
Przez dodanie do mocy biernej  $Q_2$ , odbieranej z końca linii, poprzecznej oraz wzdłużnej straty mocy biernej (ob. wzór 10) otrzyma się moc bierną  $Q_1$ , wprowadzaną do linii na jej początku.



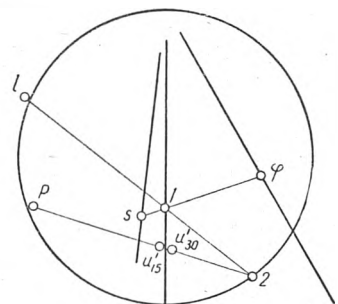
Kolejność wyznaczania



Linie napowietrzne  
 $\varphi - s - 1 - L - 2 - P - u'$



Linie napowietrzne  
 $\varphi - s - 1 - L - 2 - P - u''$



Kable  
 $\varphi - s - 1 - L - 2 - P - u''$

Rys. 4. Nomogram IV do wyznaczania wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia w jednotorowej linii napowietrznej na napięciu 30 kV

Nomogram III (rys. 3) służy do wyznaczania wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia w jednorodnej linii napowietrznej na napięciu 110 kV o przewodach stało-aluminiowych.

Nomogram ten wykonano dla następujących wzorów:

$$(4) \quad \Delta U' = \left( \frac{1000}{\gamma s} + X_0 \operatorname{tg} \varphi \right) \frac{l P_2}{U_2}$$

$$(5) \quad \Delta U'' = \left( X_0 - \frac{1000 \operatorname{tg} \varphi}{\gamma \cdot s} \right) \frac{l P_2}{U_2}$$

gdzie oznaczają:

- $\Delta U'$  — wzdłużną stratę napięcia międzyprzewodowego (kV),
- $\Delta U''$  — poprzeczną stratę napięcia międzyprzewodowego (kV),
- $\gamma$  — przewodność właściwą przewodów AFL, którą przyjęto równą 33 m/Ω·mm<sup>2</sup>,
- $s$  — przekrój znamionowy przewodów (mm<sup>2</sup>),
- $X_0$  — oporność indukcyjną linii (Ω/km),
- $\operatorname{tg} \varphi$  — stosunek mocy biernej indukcyjnej na końcu linii (z wyliczeniem mocy ładowania na końcu linii) do mocy czynnej odbieranej na końcu linii,
- $l$  — długość linii (km),
- $P_2$  — moc czynną odbieraną na końcu linii (MW),
- $U_2$  — napięcie międzyprzewodowe na końcu linii (kV).

W celu wyznaczenia wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia w linii należy postępować w następujący sposób:

- a) wyznaczyć z nomogramu I oporność indukcyjną oraz przewodność pojemnościową 1 km linii;
- b) przy pomocy nomogramu II wyznaczyć moc ładowania na końcu linii;
- c) moc ładowania na końcu linii odjąć od mocy indukcyjnej odbieranej na końcu linii i otrzymaną wartość mocy biernej podzielić (przy pomocy suwaka) przez moc czynną odbieraną na końcu linii w celu otrzymania  $\operatorname{tg} \varphi$ ;
- d) mając  $\operatorname{tg} \varphi$  oraz poprzednio wyznaczoną oporność indukcyjną  $X_0$  na 1 km linii dla danego przekroju przewodów, danej długości linii  $l$  oraz danej mocy czynnej  $P_2$  odbieranej na końcu linii z nomogramu III bezpośrednio wyznaczyć wzdłużną oraz poprzeczną stratę napięcia. Sposób posilkowania się tym nomogramem jest podany na rysunku.

Należy bezwzględnie przestrzegać podanej kolejności postępowania przy korzystaniu z nomogramu III, gdyż w przypadku przestawienia tej kolejności otrzymałoby się błędne wyniki.

Nomogram III jest przeznaczony dla linii na napięcie 110 kV. Pomimo to zaopatrzone go w dodatkową skalę napięciową, która pozwala na wyznaczanie strat napięcia w przypadku, gdy napięcie na końcu linii różni się od 110 kV.

Nomogram ten może znaleźć zastosowanie również dla linii o innych napięciach znamionowych. W celu wyznaczenia strat napięcia przy innych napięciach należy otrzymane z nomogramu wartości strat napięcia pomnożyć przez stosunek napięcia wyjściowego (np. 110 kV) do napięcia danej linii. W przypadku np. linii 60-kilowoltowej poleca się obliczyć straty napięcia przy napięciu 120 kV (korzystając ze skali na  $U_2$ ) oraz otrzymane liczby pomnożyć przez 2.

Nomogram IV podany na rys. 4 służy do wyznaczania wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia w liniach napowietrznych na napięciu 30 kV oraz do wyznaczania wzdłużnej straty napięcia w liniach kablowych na napięciu 30 kV. Przy konstrukcji tego nomogramu zrezygnowano z wykonania skali dla poprzecznej straty napięcia w kablach wobec małego zastosowania tej wielkości i żeby nie zaciemniać rysunku. Należy nadmienić, że w kablach mogą występować znaczne ujemne poprzeczne straty napięcia w przypadku obciążenia indukcyjnego, ale nomogram IV nie nadaje się do ich wyznaczania.

Nomogram IV wykonano dla wzorów:

$$(6) \quad u'_{30} = \frac{1}{9} \left( \frac{1000}{\gamma s} + X_0 \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} \right) l P_2$$

$$(7) \quad u''_{30} = \frac{1}{9} \left( X_0 - \frac{1000}{\gamma s} \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi} - 1} \right) l P_2$$

gdzie oznaczają:

- $u'_{30}$  — wzdłużną stratę napięcia w linii 30-kilowoltowej (‰/‰),
- $u''_{30}$  — poprzeczną stratę napięcia w linii 30-kilowoltowej (‰/‰),
- $\cos \varphi$  — współczynnik mocy odbieranej na końcu linii.

Pozostałe wielkości we wzorach (6) i (7) posiadają poprzednio podane oznaczenia.

Przy budowaniu tego nomogramu przyjęto przeciętne wartości oporności indukcyjnej dla linii napowietrznych  $X_0 = 0,4 \Omega/\text{km}$ , a dla kabli  $X_0 = 0,11 \Omega/\text{km}$  oraz przewodności właściwe:

- dla linii napowietrznych o przewodach stało-aluminiowych 33 m/Ω·mm<sup>2</sup>,
- dla linii napowietrznych o przewodach miedzianych 53 m/Ω·mm<sup>2</sup>,
- dla linii kablowych:
  - o przewodach aluminiowych 34,5 m/Ω·mm<sup>2</sup>,
  - „ „ miedzianych 56 m/Ω·mm<sup>2</sup>.

Jako napięcie na końcu linii przyjęto 30 kV.

Nomogram został wykonany w zasadzie dla linii na napięciu 30 kV, jednak może służyć również i dla linii o innym napięciu średnim pod warunkiem, że otrzymane z niego wartości strat napięcia będą pomnożone przez kwadrat stosunku napięcia 30 kV do napięcia obliczanej linii. W szczególności w przypadku linii o napięciu 15 kV należy wartości strat napięcia otrzymane z nomogramu na skali dla  $u'_{30}$  i  $u''_{30}$  mnożyć przez 4.

Na drabince dla  $u'_{30}$  i  $u''_{30}$  umieszczono dodatkową skalę, która podaje bezpośrednio wartości wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia ( $u'_{15}$ ,  $u''_{15}$ ) w przypadku linii 15-kilowoltowej. W celu zwiększenia dokładności przy obliczaniu strat napięcia w linii 15-kilowoltowej można w razie potrzeby postąpić inaczej, np. wziąć pod uwagę poczwórną wartość mocy  $P_2$  odbieranej na końcu linii i skorzystać ze skali na  $u'_{30}$  i  $u''_{30}$ .

Jak przy nomogramie III należy i tu ściśle przestrzegać kolejności postępowania przy wyznaczaniu strat napięcia.

Nomogram V podany na rys. 5 służy do wyznaczania procentowego spadku napięcia w linii lub w transformatorze dla danych procentowych strat napięcia — wzdłużnej i poprzecznej. Nomogram ten zbudowano dla wzoru:

$$(8) \quad (100 + u)^2 = (100 + u')^2 + u''^2,$$

gdzie oznaczają:

- $u$  — procentowy spadek napięcia w linii,
- $u'$  — procentową wzdłużną stratę napięcia w linii,
- $u''$  — procentową poprzeczną stratę napięcia w linii (rys. 7).

W większości przypadków przyjmuje się, że spadek napięcia jest równy wzdłużnej stracie napięcia i wtedy wyznaczanie poprzecznej straty napięcia jest zbędne. W niektórych tylko przypadkach, a mianowicie w przypadku linii stosunkowo długiej o przewadze oporności indukcyjnej nad czynną, obciążonej znaczną mocą czynną przy współczynniku mocy bliskim jedności, oraz w przypadku stosunkowo długiej linii o przewadze oporności czynnej nad indukcyjną, obciążonej znaczną mocą indukcyjną, wartości spadku napięcia i wzdłużnej straty napięcia mogą się różnić w stopniu zasługującym na uwzględnienie.

W przypadku korzystania z nomogramu III należy obliczone z niego wartości wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia podzielić przez napięcie  $U_0$ , panujące na końcu linii w celu przejścia do wartości procentowych, dla których został zbudowany nomogram V.

Nomogram VI (rys. 6) służy do wyznaczania wzdłużnej straty mocy czynnej i biernej w linii na napięciu 110 kV. Nomogram ten wykonano dla wzorów:

$$(9) \quad \Delta P = \frac{P_2^2 + Q^2}{U_2^2} \cdot \frac{1000 l}{\gamma s}$$

$$(10) \quad \Delta Q = \frac{P_2^2 + Q^2}{U_2^2} \cdot X_0 l,$$

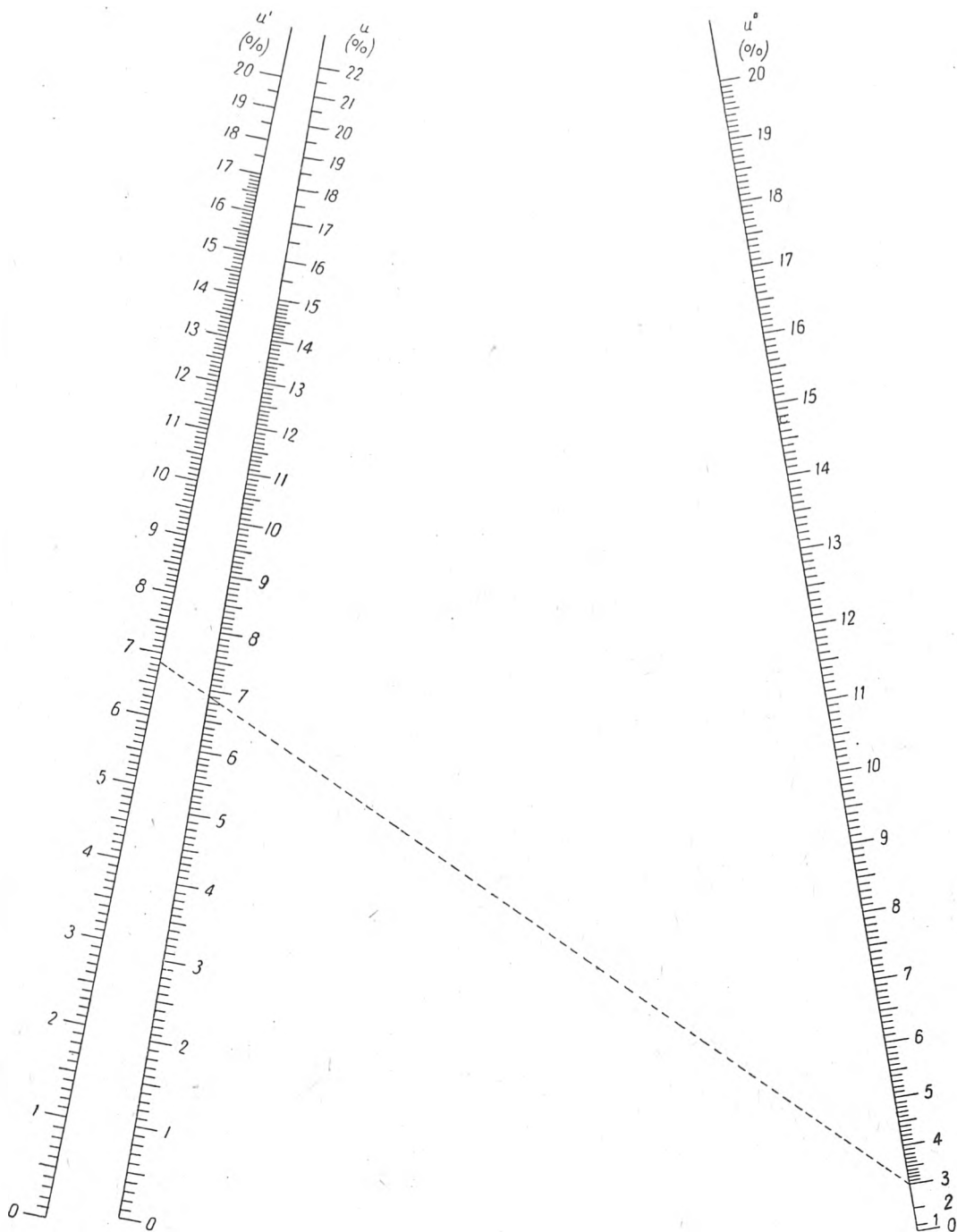
gdzie oznaczają:

- $\Delta P$  — wzdłużną stratę mocy czynnej w linii (MW),
- $\Delta Q$  — wzdłużną stratę mocy biernej w linii (MVar),
- $Q$  — moc bierną na końcu linii z uwzględnieniem mocy ładowania na końcu, czyli równą  $Q_2 - Q_{c2}$  (MVar).

Pozostałe wielkości mają takie samo znaczenie, jak w poprzednich wzorach.

Nomogram VI zbudowano zasadniczo dla linii o napięciu 110 kV, gdyż dla linii o niższych napięciach rzadziej spotyka się obliczanie strat mocy. Nomogram VI może

$s = 120 \text{ mm}^2$ , układ przewodów płaski o odstępach najmniejszym  $b_{\min} = 4,2 \text{ m}$ , długość  $l = 60 \text{ km}$ . Wyznaczyć straty i spadek napięcia oraz wzdłużną stratę mocy czynnej i biernej w linii w założeniu obciążenia linii na końcu mocą czynną  $P_2 = 24 \text{ MW}$  oraz mocą bierną indukcyjną



Rys. 5. Nomogram V do wyznaczania procentowego spadku napięcia w linii lub w transformatorze dla danej procentowej wzdłużnej oraz poprzecznej straty napięcia

jednak być wyzyskany do wyznaczania wzdłużnych strat mocy czynnej i biernej przy innych napięciach w ten sposób, że wyznacza się te straty przy pewnym napięciu wyjściowym i mnoży się je przez kwadrat stosunku napięcia wyjściowego do napięcia danej linii. W przypadku linii 60-kilowoltowej można wyznaczyć straty mocy dla napięcia 120 kV i otrzymane liczby pomnożyć przez 4.

Przy korzystaniu z nomogramu VI należy ściśle przestrzegać podanej kolejności postępowania, podobnie jak przy nomogramach III i IV.

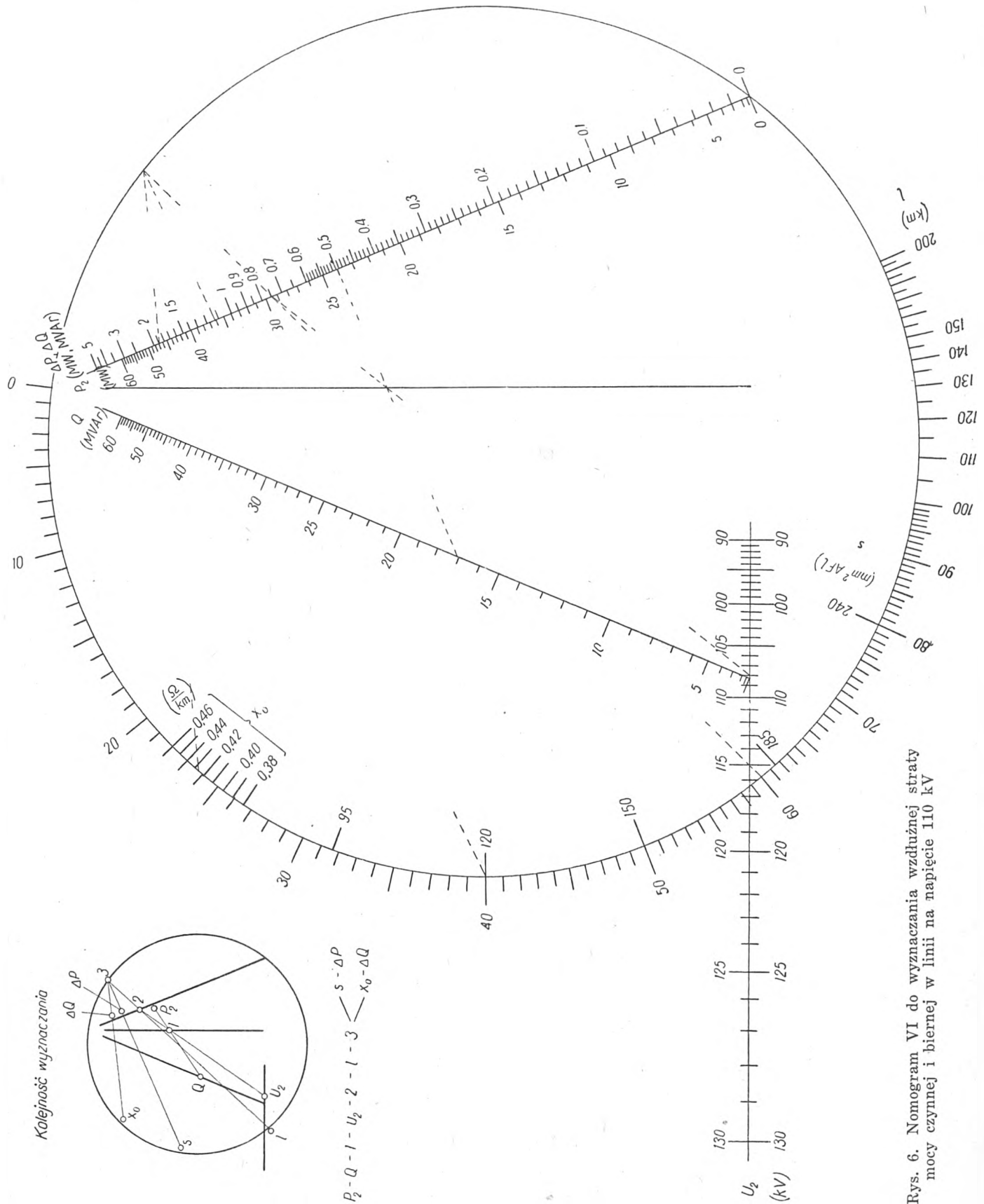
### 3. Przykłady korzystania z nomogramów.

Przykład 1. Linia jednotorowa na 110 kV posiada następujące dane: przewody stało-aluminiowe o przekroju

$Q_2 = 18 \text{ MVar}$ , jeżeli napięcie na końcu linii wynosi  $U_2 = 108 \text{ kV}$ .

Z nomogramu I wyznaczamy  $X_0 = 0,424 \text{ } \Omega/\text{km}$  oraz  $B_0 = 2,68 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$ , a z nomogramu II moc ładowania na końcu linii  $Q_{c2} = 0,94 \text{ MVar}$ . Stąd obliczamy moc bierną  $Q = Q_2 - Q_{c2} = 18 - 0,94 = 17,06 \text{ MVar}$  oraz  $\text{tg } \varphi = \frac{17,06}{24} = 0,71$ .

Z nomogramu III dla danych  $\text{tg } \varphi = 0,71$ ;  $X_0 = 0,424 \text{ } \Omega/\text{km}$ ;  $s = 120 \text{ mm}^2$ ;  $U_2 = 108 \text{ kV}$ ;  $l = 60 \text{ km}$  oraz  $P_2 = 24 \text{ MW}$  odczytujemy bezpośrednią wzdłużną stratę napięcia  $\Delta U' = 7,4 \text{ kV}$  oraz poprzeczną stratę napięcia  $\Delta U'' = 3,25 \text{ kV}$ . Są to liczby przybliżone, gdyż nomo-



Rys. 6. Nomogram VI do wyznaczania wzdłużnej straty mocy czynnej i biernej w linii na napięcie 110 kV

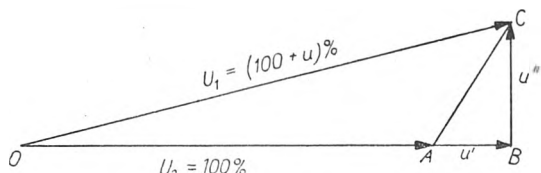
gram daje trochę mniejszą dokładność niż suwak rachunkowy o długości 25 cm. Dokładniejsze wartości wynoszą  $\Delta U' = 7,39$  kV oraz  $\Delta U'' = 3,27$  kV.

Po podzieleniu tych liczb przez napięcie na końcu linii 108 kV otrzymamy procentowe straty napięcia  $u' = 6,85\%$  oraz  $u'' = 3,01\%$ , na podstawie których z nomogramu V odczytujemy procentowy spadek napięcia  $u = 6,9\%$ , czyli  $108,0,069 = 7,45$  kV.

Dla danych wartości  $P_2 = 24$  MW;  $Q = 17,06$  MVar;  $U_2 = 108$  kV;  $s = 120$  mm<sup>2</sup> oraz  $X_0 = 0,424$  Ω/km odczytujemy bezpośrednio z nomogramu VI wzdłużną stratę mocy czynnej  $\Delta P = 1,125$  MW oraz wzdłużną stratę mocy biernej  $\Delta Q = 1,89$  MVar.

Przykład ten uwidocznił na nomogramach przy pomocy odcinków linii kreskowanych.

Przykład 2. Linia dwutorowa 110-kilowoltowa posiada następujące dane: przewody stalo-aluminiowe o przekroju  $s = 185 \text{ mm}^2$ , średni odstęp między przewodami  $b_{sr} = 5,5 \text{ m}$ , długość  $l = 80 \text{ km}$ . Wyznaczyć straty i spadek napięcia oraz wzdłużną stratę mocy czynnej



Rys. 7

i biernej w linii w założeniu, że linia jest obciążona na końcu mocą czynną  $2 P_2 = 65 \text{ MW}$  przy współczynniku mocy  $\cos \varphi = 1$ , a napięcie na końcu linii wynosi  $110 \text{ kV}$ .

Z nomogramu I wyznaczamy dla jednego toru linii  $X_0 = 0,414 \text{ } \Omega/\text{km}$  oraz  $B_0 = 2,75 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$ , a z nomogramu II moc ładowania połowy jednego toru linii  $Q_{c2} = 1,33 \text{ MVar}$ . Stąd obliczamy moc bierną  $Q = Q_2 - Q_{c2} = 0 - 1,33 = -1,33 \text{ MVar}$  oraz  $\text{tg } \varphi = \frac{-1,33}{32,5} = -0,041$ . Z nomogramu III dla danych  $\text{tg } \varphi = -0,041$ ;  $X_0 = 0,414 \text{ } \Omega/\text{km}$ ;

$s = 185 \text{ mm}^2$ ;  $U_2 = 110 \text{ kV}$ ;  $l = 80 \text{ km}$  oraz  $P_2 = \frac{65}{2} = 32,5 \text{ MW}$  odczytujemy bezpośrednio wzdłużną stratę napięcia  $\Delta U' = 3,45 \text{ kV}$  oraz poprzeczną stratę napięcia  $\Delta U'' = 9,9 \text{ kV}$ . Liczbom tym odpowiadają wartości procentowe  $u' = 3,14\%$  oraz  $u'' = 9\%$ , na których podstawie odczytujemy z nomogramu V bezpośrednio procentowy spadek napięcia  $u = 3,55\%$ , co odpowiada wartości  $3,91 \text{ kV}$ . Spadek napięcia w jednym z torów jest równy, oczywiście, spadkowi napięcia w linii dwutorowej. Jak widać z powyższego, w przypadku  $\cos \varphi$  bliskiego jedności należy w obliczeniach uwzględniać rozbieżność pomiędzy wzdłużną stratą napięcia a spadkiem napięcia.

Dla danych wartości  $P_2 = 32,5 \text{ MW}$ ;  $|Q| = 1,33 \text{ MVar}$ ;  $U_2 = 110 \text{ kV}$ ;  $l = 80 \text{ km}$ ;  $s = 185 \text{ mm}^2$  oraz  $X_0 = 0,414 \text{ } \Omega/\text{km}$  odczytujemy bezpośrednio z nomogramu VI wzdłużną stratę mocy czynnej  $\Delta P = 1,14 \text{ MW}$  oraz wzdłużną stratę mocy biernej  $\Delta Q = 2,8 \text{ MVar}$ . Straty te dotyczą jednego toru. Straty w całej linii będą dwa razy większe i wyniosą  $2 \Delta P = 2,28 \text{ MW}$  oraz  $2 \Delta Q = 5,6 \text{ MVar}$ .

Przykład 3. Linia napowietrzna jednotorowa 30-kilowoltowa ma przewody stalo-aluminiowe o przekroju  $s = 70 \text{ mm}^2$  i długość  $l = 10 \text{ km}$ . Obliczyć straty i spadek napięcia w linii obciążonej na końcu mocą czynną  $P_2 = 1,8 \text{ MW}$  przy współczynniku mocy  $\cos \varphi = 0,8$  w założeniu, że napięcie na końcu linii wynosi  $30 \text{ kV}$ .

Z nomogramu IV dla danych  $\cos \varphi = 0,8$ ;  $s = 70 \text{ mm}^2$  AFL;  $l = 10 \text{ km}$  oraz  $P_2 = 1,8 \text{ MW}$  odczytujemy bezpośrednio procentowe straty napięcia, a mianowicie wzdłużną  $u' = 1,47\%$  oraz poprzeczną  $u'' = 0,15\%$ . Z nomogramu V widać, że wobec niewielkiej wartości poprzecznej straty napięcia różnica między wzdłużną stratą napięcia a spadkiem napięcia jest tak znikoma, że można przyjąć bez zastrzeżeń  $u = u' = 1,47\%$ .

W przypadku, gdyby linia ta pracowała przy napięciu  $15 \text{ kV}$ , straty napięcia, jak widać z dodatkowej skali  $u_{15}$  nomogramu IV, wyniosłyby  $u' = 5,9\%$  oraz  $u'' = 0,6\%$ . Na spadek napięcia, jak widać z nomogramu V, można również przyjąć wartość równą wzdłużnej stracie napięcia, a więc  $u \cong u' = 1,47\%$ .

Przykład 4. Linia kablowa na  $30 \text{ kV}$  posiada przewody miedziane o przekroju  $70 \text{ mm}^2$  oraz długość  $10 \text{ km}$ . Obliczyć wzdłużną stratę napięcia w linii w założeniu obciążenia na końcu mocą czynną  $P_2 = 1,8 \text{ MW}$  przy współczynniku mocy  $\cos \varphi = 0,8$  i przy napięciu na końcu linii równym  $30 \text{ kV}$ .

Z nomogramu IV dla powyższych danych odczytujemy bezpośrednio wzdłużną procentową stratę napięcia  $u' = 0,68\%$ . Wartość ta z dużym przybliżeniem jest równa spadkowi napięcia w linii.

Przykłady 3 i 4 zostały uwidocznione na nomogramie IV przy pomocy odcinków linii kreskowanych.

#### 4. Budowa nomogramów.

Nomogram I wykonano dla wzorów (1) i (2). W celu wyznaczenia  $X_0$  oraz  $B_0$  można zastosować dwa rodzaje nomogramów, a mianowicie nomogram od dodawania funkcji lub nomogram do mnożenia funkcji, oparty na wzorach:

$$(1) \quad d \cdot (0,00039 \cdot 10^{6,92 X_0}) = b_{sr}$$

$$(2) \quad d \cdot (0,002 \cdot 10^{\frac{7,6}{B_0} \cdot 10^{-4}}) = b_{sr}$$

W pierwszym przypadku należałoby wzory (1) i (2) przedstawić w postaci różnicy logarytmów, co pozwoliłoby na zastosowanie trzech drabinek równoległych, a mianowicie drabinek ze skalą logarytmiczną dla średnicy przewodu i dla odstępu między przewodami oraz drabinki, zaopatrzonej w skalę równomierną na  $X_0$  oraz w skalę hiperboliczną na  $B_0$ .

W drugim przypadku można byłoby zastosować bądź konstrukcję opartą na trzech nieprzecinających się w jednym punkcie drabinkach, zaopatrzonych w skalę rzutowe dla  $b_{sr}$  i  $d$  oraz w skalę rzutową dla funkcji wykładniczej  $10^{X_0}$ , bądź konstrukcję opartą na krzywej stożkowej przeciętej sieczną. Do wykonania nomogramu zastosowano tę ostatnią konstrukcję, gdyż daje ona pełny zakres zmiennych od 0 do nieskończoności oraz jednocześnie nadaje się do rozszyczenia na stosunkowo długim odcinku drabinki interesującego nas zakresu zmienności  $X_0$ , obejmującego wartości w granicach  $0,36-0,48 \text{ } \Omega/\text{km}$ , oraz  $B_0 = 2,4-3,2 \text{ } \mu\text{S}/\text{km}$ , które to wartości spotykamy w liniach napowietrznych.

Według prawideł nomografii drabinkę ze skalą dla zmiennej poszukiwanej powinno się umieszczać pomiędzy pozostałymi drabinkami, a więc w danym przypadku drabinki dla  $X_0$  oraz  $B_0$  powinny się znajdować pomiędzy drabinkami dla  $b_{sr}$  oraz  $d$ . W danym przypadku jednak odstąpiono od tej zasady i skalę na  $X_0$  i  $B_0$  umieszczono na zewnątrz w celu uzyskania większej dokładności nomogramu. Jest to usprawiedliwione tym, że pełny zakres na  $X_0$  i  $B_0$ , odpowiadający dowolnym wartościom  $b_{sr}$  oraz  $d$ , nie bywa w praktyce wykorzystywany, gdyż większym odstępem przewodów linii napowietrznych z reguły odpowiada większe średnice przewodów. Dzięki umieszczeniu skal na  $X_0$  oraz  $B_0$  na zewnątrz osiąga się poza tym to, że wszystkie skale posiadają ten sam kierunek wzrostu zmiennych i że przy korzystaniu z nomogramu linijkę będzie się ustawiało najczęściej w położeniu mało odbiegającym od poziomego, co ułatwi korzystanie z nomogramu oraz powiększy jego dokładność.

Jako stożkową zastosowano elipsę, która co prawda jest trudniejsza w konstrukcji niż koło, lepiej jednak odpowiada formatom papieru, a więc daje możliwość uzyskania większej dokładności. Elipsę zbudowano przez wyznaczenie punktów, które zostały jednocześnie wykorzystane do wykonania podziałek na  $d$ ,  $X_0$  oraz  $B_0$ , umieszczonych na jej łuku.

Nomogram I opracowano w zasadzie dla linii napowietrznych wysokiego napięcia; może on jednak służyć również i dla linii napowietrznych niskiego napięcia, przy czym daje mniejszą dokładność wobec zbieżności skali na  $X_0$  dla wartości  $X_0$  poniżej  $0,36 \text{ } \Omega/\text{km}$ .

Nomogram II zbudowany dla wzoru (3) posiada trzy drabinki równoległe o skalach logarytmicznych oraz jedną prostą pomocniczą. Skalę na  $B_0$  oraz na  $U_2$  umieszczono w celu zwiększenia przejrzystości na wspólnej drabince. Położenie drabinek wewnętrznych oraz moduły ich skal zostały narzucone przyjętymi zakresami zmienności wielkości  $b$ ,  $l$  i  $U_2$ .

Nomogram III opracowany dla wzorów (4) oraz (5) jest przeznaczony dla linii 110-kilowoltowych. W przypadku obliczania linii na  $110 \text{ kV}$  wygodniej jest wyznaczać bezwzględne wartości strat napięcia zamiast procentowych, gdyż przez geometryczne dodanie tych wartości do napięcia na końcu linii otrzymujemy bezpośrednio wartość napięcia na początku linii. W celu uniknięcia zbyt dużej liczby linii pomocniczych, spowodowanej znaczną liczbą zmiennych niezależnych, wchodzących w skład wzorów (4) i (5), zastosowano konstrukcję, w której dwie zmienne występują nie na niezależnych drabinkach, lecz w postaci siatki funkcyjnej. Jako zmienne dla siatki wybrano przekrój  $s$ , który jako znormalizowany nie wymaga stosowania interpolacji, oraz oporność indukcyjną  $X_0$  o nie-



wielkim zakresie zmienności. Oznaczmy wyrażenia w nawiasach wzorów (4) i (5) przez  $u'_0$  oraz  $u''_0$ . Przedstawiają one wartości wzdłużnej i poprzecznej straty napięcia w przypadku, gdy  $lP_2 = 1$ . Otrzymamy wtedy

związki:

$$(13) \quad u'_0 = \frac{1000}{\gamma s} + X_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

$$(14) \quad u''_0 = X_0 - \frac{1000 \operatorname{tg} \varphi}{\gamma s}.$$

W celu zbudowania nomogramu należy zależności (13) i (14) przedstawić w postaci wyznacznikowej.

Wprowadźmy oznaczenia

$$(15) \quad \operatorname{tg} \varphi = \lambda,$$

$$(16) \quad u'_0 = \mu',$$

$$(17) \quad u''_0 = \mu''.$$

Podstawiamy wzory (15) oraz (16) do związku (13) i zestawiamy wzory (13), (15) i (16) w następujący sposób:

$$(18) \quad \begin{cases} \lambda + 0 \cdot \mu' - \operatorname{tg} \varphi = 0, \\ 0 \cdot \lambda - \mu' - u'_0 = 0, \\ X_0 \cdot \lambda - \mu' + \frac{1000}{\gamma s} = 0. \end{cases}$$

Otrzymany układ trzech równań z 2 niewiadomymi ( $\lambda, \mu'$ ) będzie spełniony pod warunkiem, że wyznacznik utworzony ze współczynników przy niewiadomych i z wyrazów wolnych będzie równy zeru. Otrzymamy więc:

$$(19) \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & -\operatorname{tg} \varphi \\ 0 & 1 & -u'_0 \\ X_0 & -1 & \frac{1000}{\gamma s} \end{vmatrix} = 0$$

Wyznacznik ten stanowiący tożsamość z zależnością (13) po przekształceniach można napisać w postaci:

$$(20) \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & \operatorname{tg} \varphi \\ 1 & 1 & u'_0 \\ 1 & \frac{1}{1-X_0} & \frac{1000}{\gamma s(1-X_0)} \end{vmatrix} = 0$$

Druga i trzecia kolumna tego wyznacznika przedstawiają współrzędne prostokątne ( $x, y$ ) poszukiwanego nomogramu, składającego się:

a) z drabinki dla  $\operatorname{tg} \varphi$ , wyrażonej w postaci parametrycznej  $x = 0, y = \operatorname{tg} \varphi$ ;

b) z drabinki dla  $u'_0$ , wyrażonej w postaci parametrycznej  $x = 1, y = u'_0$ ;

c) z siatki funkcyjnej, zawierającej dwie rodziny krzywych, a mianowicie krzywe  $s = \text{const.}$  oraz  $X_0 = \text{const.}$  Równania tych rodzin krzywych mają postać następującą:

$$(21) \quad x = \frac{1}{1-X_0},$$

$$(22) \quad y = \frac{1000}{\gamma s} x.$$

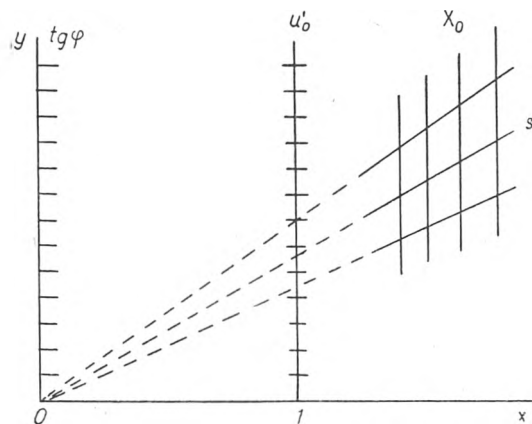
Rys. 8 przedstawia nomogram odpowiadający wyznacznikowi (20), a więc i związkowi (13). Linie  $X_0 = \text{const.}$  są równoległe do osi rzędnych, natomiast linie dla  $s = \text{const.}$  stanowią pęk prostych, wychodzących ze środka układu współrzędnych.

Nomogram ten przekształcamy przez rzutowanie projekcyjne w taki sposób, aby na  $\operatorname{tg} \varphi$  oraz na  $u'_0$  otrzymać skalę rzutowe, dzięki czemu uzyska się pełny zakres tych zmiennych od 0 do nieskończoności (rys. 9). Dzięki otrzymaniu na  $u'_0$  skali rzutowej uzyskuje się poza tym łatwą możliwość wykonywania z tą wielkością dalszych działań, a mianowicie podzielenia przez  $U_2$  oraz pomnożenia przez  $l$  i przez  $P_2$  przy zastosowaniu konstrukcji opartej na krzywej stożkowej przeciętej sieczną.

W podobny sposób otrzymamy konstrukcję pozwalającą na wyznaczenie poprzecznej straty napięcia. Po podstawieniu wzorów (15) oraz (17) do związku (14) i odpowiednio zestawiając wzory (14), (15) i (17) otrzymamy:

$$(23) \quad \begin{cases} \lambda + 0 \cdot \mu'' - \operatorname{tg} \varphi = 0 \\ 0 \cdot \lambda + \mu'' - u''_0 = 0 \\ \frac{1000}{\gamma s} \cdot \lambda + \mu'' - X_0 = 0 \end{cases}$$

Jest to układ trzech równań z dwiema niewiadomymi ( $\lambda, \mu''$ ), który będzie spełniony pod warunkiem, że wy-



Rys. 8

znacznik utworzony ze współczynników przy niewiadomych i z wyrazów wolnych będzie równy zeru. Otrzymamy więc:

$$(24) \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & -\operatorname{tg} \varphi \\ 0 & 1 & -u''_0 \\ \frac{1000}{\gamma s} & 1 & -X_0 \end{vmatrix} = 0$$

Po przekształceniach wyznacznik ten przybierze postać następującą:

$$(25) \quad \begin{vmatrix} 1 & 0 & \operatorname{tg} \varphi \\ 1 & 1 & u''_0 \\ 1 & \frac{1}{1-X_0} & \frac{1000}{\gamma s(1-X_0)} \end{vmatrix} = 0$$

Jest to postać określająca we współrzędnych prostokątnych ( $x, y$ ) budowę poszukiwanego nomogramu, służącego do wyznaczania poprzecznej straty napięcia. Nomogram ten będzie się składał:

a) z drabinki dla  $\operatorname{tg} \varphi$ , wyrażonej w postaci parametrycznej  $x = 0, y = \operatorname{tg} \varphi$ ;

b) z drabinki dla  $u''_0$ , wyrażonej w postaci parametrycznej  $x = 1, y = u''_0$ ;

c) z siatki funkcyjnej, zawierającej dwie rodziny krzywych, a mianowicie krzywe  $s = \text{const.}$  oraz krzywe  $X_0 = \text{const.}$

Równania tych rodzin krzywych wyglądają jak następuje:

$$(26) \quad x = \frac{1}{1 + \frac{1000}{\gamma s}},$$

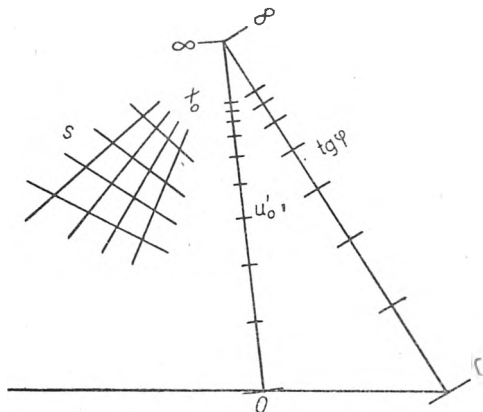
$$(27) \quad y = X_0 x.$$

Rys. 10 przedstawia wygląd nomogramu, odpowiadającego wyznacznikowi (25), a więc i związkowi (14). Linie  $s = \text{const.}$  są równoległe do osi rzędnych, natomiast linie  $X_0 = \text{const.}$  stanowią pęk prostych wychodzących ze środka układu współrzędnych.

Nomogram ten podobnie jak poprzednio przekształcamy przez rzutowanie projekcyjne w taki sposób, aby otrzymać skalę rzutowe na  $\operatorname{tg} \varphi$  oraz na  $u''_0$  o pełnym zakresie zmienności od 0 do nieskończoności (rys. 11).

Jak wynika z porównania rys. 9 i 11, istnieje możliwość połączenia obydwu nomogramów w jedną całość przy zastosowaniu wspólnej skali na  $u'_0$  oraz na  $u''_0$ , co zostało zrealizowane w nomogramie III. Wspólną skalę na  $u'_0$  oraz na  $u''_0$  umieszczono w taki sposób, aby w możliwie dużym

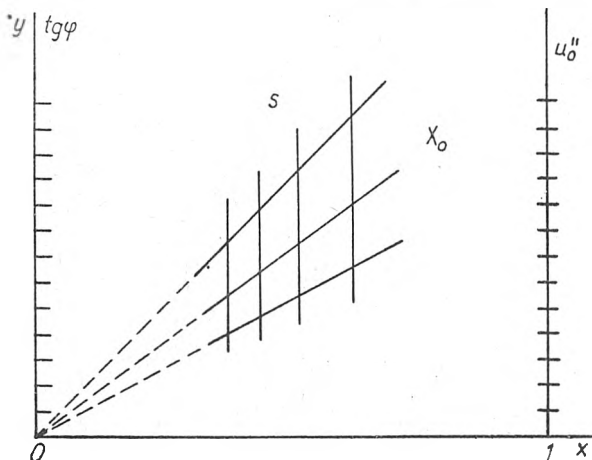
stopniu rozszerzyć oka siatki ( $s, X_0$ ) wykorzystywanej przy wyznaczaniu wzdłużnej straty napięcia. W związku z tym nastąpiło zagęszczenie siatki ( $s, X_0$ ), wykorzystywanej do wyznaczania poprzecznej straty napięcia. W celu



Rys. 9

zapewnienia jak największej przejrzystości nomogramu oraz ze względu na drugorzędne znaczenie poprzecznej straty napięcia przy obliczaniu spadku napięcia zrezygnowano z tej drugiej siatki i zastąpiono ją drabinką na  $s$ , sporządzoną dla przeciętnej wartości  $X_0 = 0,42 \Omega/\text{km}$ .

W celu uzyskania bezwzględnych wartości straty napię-



Rys. 10

cia czynnej i biernej należy otrzymane z nomogramu wartości na  $u'_0$  oraz na  $u''_0$  pomnożyć przez wyrażenie  $\frac{l P_2}{U_2}$ ,

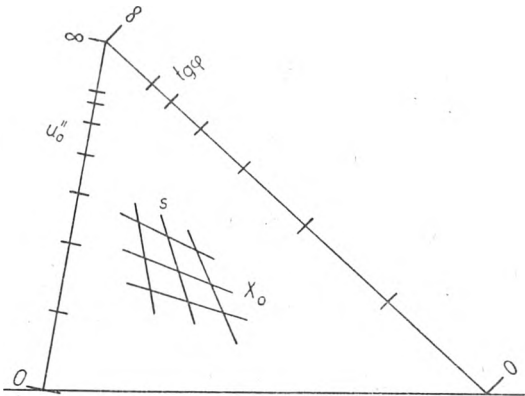
do czego najlepiej nadaje się konstrukcja oparta na krzywej stożkowej przeciętej sieczną.

Z uwagi na mały zakres zmienności napięcia  $U_2$  skalę napięciową umieszczono jednak nie na stożkowej, lecz na linii prostej, wyzyskując konstrukcję opartą na trzech prostych nieprzecinających się w jednym punkcie (rys. 12).

Jako krzywą stożkową w celu dokonania mnożenia przez  $l$  i  $P_2$  zastosowano koło, które daje się łatwo i dokładnie wykreślić. Skale na kole wykonano w znany sposób przez rzut stereograficzny skali równomiernej oraz skali hiperbolicznej na okrąg koła. Podwójne mnożenie osiągnięto przez umieszczenie obydwu skal  $l$  i  $P_2$  na wspólnym lewym półkolu, przy czym drugie prawie półkole wyzyskano jako linię pomocniczą. Kolejność działań obrano w taki sposób, aby na końcu przypadła mnożenie przez  $P_2$ . Dzięki temu nomogram pozwala na szybkie wyznaczenie w razie potrzeby zależności wzdłużnej (względnie poprzecznej) straty napięcia od mocy czynnej odbieranej na końcu linii przy stałym współczynniku mocy ( $\cos \varphi = \text{const.}$ ).

Nomogram IV zbudowany dla wzoru (6) przeznaczony jest w zasadzie dla linii o napięciu 30 kV. Opracowano go podobnie jak poprzedni nomogram III, jednak z pewnymi uproszczeniami, mającymi na celu zmniejszenie liczby zmiennych niezależnych. Przyjęto mianowicie na oporność

indukcyjną  $X_0$  wartości stałe, wynoszące dla linii napowietrznych  $0,4 \Omega/\text{km}$ , a dla linii kablowych  $0,11 \Omega/\text{km}$ . Poza tym zrezygnowano z osobnej skali napięciowej, przyjmując napięcie na końcu linii jako równe 30 kV. W nomogramie

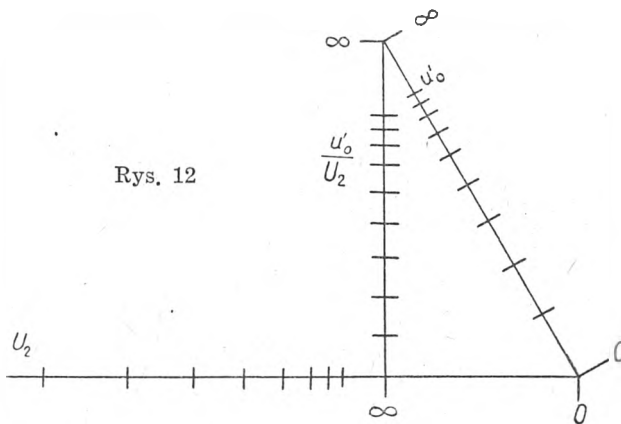


Rys. 11

podano dodatkową drabinkę dla wyznaczania wzdłużnej straty napięcia w kablach 30-kilowoltowych, natomiast zaniechano drabinki dla wyznaczania poprzecznej straty napięcia w kablach.

W celu wykonania nomogramu V dla wzoru (8) wyzyskano konstrukcję opartą na trzech prostych, przecinających się w jednym punkcie; daje ona możliwość zastosowania skal rzutowych dla funkcji potęgowych zmiennych  $u'$ ,  $u''$  oraz  $u$ . Dzięki temu uzyskuje się zmniejszenie rozbieżności skal dla zmiennych  $u'$ ,  $u''$  oraz  $u$ , które najwyraźniej daje się zauważyć w stosunku do skali na  $u''$ .

Nomogram VI zbudowano dla wzorów (9) i (10). W celu skojarzenia w jednym nomogramie dodawania oraz mnożenia funkcji zastosowano konstrukcję opartą na skalach rzutowych. Dodawanie funkcji  $P_2^2$  oraz  $Q^2$  przeprowadzono przy pomocy trzech drabinek przecinających się w jednym punkcie. Dzięki zastosowaniu skali rzutowej dla kwadratu zmiennej  $P_2$  oraz  $Q$  uzyskano skalę na  $P_2$  i  $Q$  zbliżone do równomiernej dla stosunkowo dużego zakresu tych zmiennych od ok. 5 do ok. 35 MW (MVar). Dzielenie przez  $U^2$



Rys. 12

przeprowadzono przez zastosowanie konstrukcji, opartej na trzech prostych nieprzecinających się w jednym punkcie.

W celu zmniejszenia liczby drabinek jako linię pomocniczą dla ilorazu  $\frac{P_2^2 + Q^2}{U^2}$  wyzyskano drabinkę na  $P_2$ .

Jako stożkową do wykonywania podwójnego mnożenia przez  $l$  i  $\frac{1}{s}$  względnie przez  $l$  i  $X_0$  zastosowano koło

z sieczną nie przechodzącą przez jego środek, aby zapobiec przecięciu się tego koła z drabinką dla  $Q_2$ , co mogłoby w znacznym stopniu zmniejszyć przejrzystość nomogramu. Kolejność działań wybrano w taki sposób, aby na samym końcu następowało dzielenie przez  $s$  względnie mnożenie przez  $X_0$ , dzięki czemu uzyskuje się możliwość jednoczesnego wyznaczania wzdłużnej straty mocy czynnej oraz biernej

w linii. Wynik odczytuje się na wspólnej drabince ze skalą dla  $P_2$ .

Wszystkie nomogramy zaprojektowano w taki sposób, aby zapewnić jak największą przejrzystość i wygodę przy korzystaniu z nich. Nomogramy III, IV i VI są złożone z wielu drabinek i dlatego korzystanie z nich wymaga użycia linijki lub ekierki oraz przecika zakończonego ostrzem (np. ostrza cyrkla lub twardego zaostzonego ołówka). Przy korzystaniu z tych nomogramów należy w prawej ręce trzymać ostrze, a w lewej linijkę. W celu

uniknięcia zasłaniania drabinek ze skalami przez prawą rękę linie pomocnicze zostały umieszczone po prawej stronie drabinek przeznaczonych do nastawiania wartości oraz do odczytywania wyników. Dzięki temu zwiększono dokładność oraz szybkość pracy przy posługiwaniu się nomogramami.

## LITERATURA

Konorski B. Nomografia, 1937.  
Pientkowskij M. W. Nomografia, Moskwa 1949.

MGR ARTUR METAL  
Główny Urząd Miar

## Z historii jednostek elektrycznych

Treść. Omówione są ujemne strony zastąpienia dotychczasowych jednostek tzw. międzynarodowych jednostkami bezwzględnymi i kłopoty, związane z doбором czwartej jednostki.

К истории электрических единиц. Представлены отрицательные стороны замены принятых до сих пор так называемых международных единиц абсолютными единицами и затруднения, связанные с выбором четвертой единицы.

Historical notes on electrical units. The article deals with the disadvantages of replacing the so-called international units hitherto in use by absolute units, as well as with the trouble in selecting the fourth unit.

Dyskusja na temat jednostek międzynarodowych i bezwzględnych dobiega do końca. Nie ulega wątpliwości, że i u nas ustawowe wprowadzenie jednostek bezwzględnych — zamiast dotychczas oficjalnie przyjętych jednostek międzynarodowych — jest tylko kwestią czasu. Jeśli na łamach naszych czasopism technicznych omawiana jest jeszcze sprawa jednostek [1], to przede wszystkim z punktu widzenia innego problemu, a mianowicie wyboru jednostki elektrycznej, która weszłaby jako czwarta jednostka do układu MKS Giorgiego, rozszerzając go tym samym na wszystkie wielkości elektryczne i mechaniczne. Historia jednostek elektrycznych zawiera ciekawe fragmenty, kiedy to problem przejścia z jednostek międzynarodowych na jednostki bezwzględne łączył się z problemem wyboru czwartej jednostki, a wśród licznych propozycji rozwiązania znajduje się jedna o tyle godna uwagi, że mogła stanowić zadawalające rozwiązanie obu problemów.

Kiedy w roku 1881 Pierwszy Międzynarodowy Kongres Elektryków w Paryżu przyjął jako układ jednostek elektrycznych bezwzględny układ cgs, nie zdawano sobie jeszcze sprawy z trudności, które wynikną z powodu małej dokładności ówczesnych pomiarów i braku doświadczenia w budowie wzorców. Okres 12 lat, dzielący kongres paryski od następnego kongresu w Chicago w roku 1893, wykazał, że postępy na polu budowy wzorców oporu i napięcia są większe niż w dziedzinie dokładnych pomiarów elektrycznych. Kongres w Chicago odstąpił więc od przyjętej poprzednio zasady definiowania jednostek na podstawie określonych praw fizyki i przyjął jednostki umowne, reprezentowane przez materialne wzorce, których wartości miały być jednak możliwie zbliżone do wartości wcześniej przyjętych jednostek bezwzględnych.

Po dłuższych pracach przygotowawczych odbyła się w roku 1908 w Londynie Międzynarodowa Konferencja Elektryczna. Konferencja ta przyjęła jako jednostki podstawowe om i amper, ustaliła wartości innych jednostek elektrycznych w układzie cgs i usankcjonowała równocześnie użycie jednostek międzynarodowych, przyjętych na kongresie w Chicago, do pomiarów elektrycznych i do celów ustawodawczych. Z uchwał tej konferencji przytoczymy najistotniejsze [2]:

„Podstawowe jednostki elektryczne winny być, jak dotychczas, definiowane w elektromagnetycznym układzie cgs“.

„Wyżej wymienione jednostki będą do celów pomiarowych i ustawodawczych reprezentowane z dostateczną dokładnością przez międzynarodowy wolt, om i amper“.

Konferencja stanęła więc na stanowisku, że poziom techniki odtwarzania jednostek międzynarodowych jest dostatecznie wysoki, by można było posługiwać się nimi w praktyce. Stwierdziła ona równocześnie, że dokładność pomiaru jednostek bezwzględnych nie jest tak wielka, by można było oprzeć się na tych jednostkach.

Taki stan rzeczy trwał do roku 1928. W tym roku na Międzynarodowej Konferencji w Paryżu postawiono po raz pierwszy w sposób konkretny sprawę powrotu do jednostek bezwzględnych [3]. W dyskusji na ten temat wysunięto za zarzuceniem jednostek międzynarodowych następujące argumenty:

1) Założenie, że jednostki międzynarodowe mogą być odtwarzane z dowolną dokładnością nie sprawdziło się; aczkolwiek dokładność ta była zupełnie wystarczająca, osiągalne jej granice wyraźnie się zarysowały.

2) Postęp techniki pomiarowej sprawił, że dokładność pomiarów bezwzględnych była już tego samego rzędu, co dokładność odtwarzania jednostek międzynarodowych, bez żadnego uwidocznienia granic jej rozwoju.

3) Wat mechaniczny różni się od wata elektrycznego, opartego na jednostkach międzynarodowych, o  $\sim 0,03\%$ .

4) Różnice wartości jednostek międzynarodowych i bezwzględnych są tak duże, że w pomiarach najwyższej dokładności nie można nie liczyć się z nimi np. przy wyrażaniu wartości indukcji własnej w henrach lub centymetrach.

Przeciw przejściu na jednostki bezwzględne wystąpił w sposób zdecydowany jedynie przedstawiciel Physikalisch-Technische Reichsanstalt, który zwrócił uwagę uczestników konferencji na następujące okoliczności:

1) Żaden z instytutów naukowych, zajmujących się jednostkami elektrycznymi, nie posiada jeszcze dostatecznego doświadczenia, które rzeczywiście stwierdzałoby wyższość jednostek bezwzględnych nad międzynarodowymi.

2) Przy przejściu praktycznym, to znaczy przy zamianie wszystkich wzorców międzynarodowych na bezwzględne, należy liczyć się w okresie przejściowym z poważnymi trudnościami. Trudności te byłyby nie mniejsze od trudności, które powstały przy przejściu z tzw. oma legalnego na om międzynarodowy.

3) Uznając doniosłość skoordynowania jednostek elektrycznych i mechanicznych należałoby przejście na jednostki bezwzględne przeprowadzić tak, by nie zmieniła wartości oma reprezentowanego przez setki tysięcy oporników, mostków, kompensatorów itp. na całym świecie.

Zastrzeżenia przedstawiciela PTR były z gospodarczego punktu widzenia bardzo ważne. Radykalne bowiem przejście na jednostki bezwzględne, połączone z zastąpieniem istniejących urządzeń pomiarowych cechowanych w jednostkach międzynarodowych na urządzenia cechowane w jednostkach bezwzględnych, byłoby równoznaczne z utratą poważnych kapitałów zainwestowanych w istniejące laboratoria i poczynieniem równie drogich, jeśli nie droższych inwestycji. W takim rozwiązaniu sprawy mogły być zainteresowane tylko fabryki produkujące aparaturę pomiarową.

Istniała możliwość szerszego niż dotychczas oparcia się na pomiarach bezwzględnych z zachowaniem jednak w praktyce jednostek międzynarodowych. Oznaczałoby to,

że tylko w nielicznych pomiarach najwyższej dokładności, wiążących ze sobą wielkości elektryczne i mechaniczne, oraz w niektórych pomiarach elektrycznych najwyższej dokładności zachodziłaby potrzeba wprowadzenia poprawek. Poprawki te nie uczyniłyby tych i tak dość skomplikowanych pomiarów o wiele trudniejszymi. Z metrologicznego punktu widzenia rozwiązanie takie byłoby do przyjęcia, bo przez ustalenie wartości współczynników, wiążących jednostki bezwzględne z międzynarodowymi, te ostatnie straciłyby swój dotychczasowy umowny charakter i stałyby się jednostkami włączonymi do układu bezwzględnego.

Mimo zastrzeżeń przedstawiciela PTR konferencja postanowiła zwrócić się do Międzynarodowego Biura Miar i Wag z propozycją wprowadzenia jednostek bezwzględnych. Przejście to miało nastąpić nie wcześniej, niż zostaną ustalone z wystarczającą dokładnością współczynniki wiążące ze sobą jednostki międzynarodowe i bezwzględne \*).

Opinia przedstawiciela PTR nie była odosobniona. Świadczą o tym niektóre wystąpienia na Międzynarodowej Konferencji Elektrycznej w roku 1934. I tak prof. Kennelly oświadczył [5], że poważna liczba fizyków i elektryków nastawiona jest negatywnie do zmiany jednostek i że zachodzi obawa nacisku ze strony towarzystw naukowych, by zmianie tej przeszkodzić. Zdaniem prof. Kennelly należy temu energicznie przeciwdziałać przez spieszenie prac i stanowcze oświadczenie, że jednostki bezwzględne będą wprowadzone. Konferencja ta ustaliła wprawdzie datę przejścia na jednostki bezwzględne na 1 stycznia 1940 r., równocześnie jednak pod naciskiem opinii kół naukowych uchwaliła, że nie zajdzie w żadnym wypadku potrzeba poprawy lub zmiany wzorców elektrycznych. W olbrzymiej bowiem większości pomiarów elektrycznych możemy nie dbać o różnice między jednostkami międzynarodowymi i bezwzględnymi, w wypadkach zaś specjalnych należy posługiwać się współczynnikami, których wartości miały być podane z dokładnością do piątego znaku. Należy podkreślić znaczenie tej deklaracji. Gdyby w dalszym ciągu kierowano się zasadą w niej zawartą, miernictwo elektryczne nie napotykałoby trudności, które do dziś jeszcze istnieją.

W roku 1939 Komitet Doradczy Międzynarodowego Komitetu Miar i Wag omówił wyniki prac nad jednostkami elektrycznymi i przyznał, że na razie nie można jeszcze ustalić wartości współczynników z taką dokładnością, jakiej się spodziewano. Nie mniej jednak utrzymano termin przejścia na jednostki bezwzględne z dniem 1 stycznia 1940 r.

Wojna przerwała dalsze prace i dopiero w roku 1946 zebrał się w Paryżu Międzynarodowy Komitet Miar i Wag i wyznaczył datę 1 stycznia 1948 r. jako ostateczny termin przejścia na jednostki bezwzględne.

Wbrew jednak deklaracji z roku 1934, cytowanej wyżej, angielscy i amerykańscy fabrykanci aparatury pomiarowej rozpoczęli w czasie wojny produkcję oporników, mostków, kompensatorów itp. przyrządów wzorcowanych w omach bezwzględnych. Będąc wskutek zniszczeń wojennych w Europie praktycznie bez konkurencji, zmusili oni wszystkich do zakupywania aparatury „bezwzględnej“ i wycofania aparatury „międzynarodowej“. W ten sposób problem interesujący drobną tylko garstkę pomiarowców-metrologów, problem — zdawać by się mogło — od praktycznego życia dość odległy, znalazł niespodziewany skutek gospodarczy: stał się źródłem dobrych interesów dla tych fabrykantów. Obawy opozycji na konferencjach i zjazdach naukowych od 1928 r. okazały się zupełnie uzasadnionymi.

Ale fakty powyższe zaważyły równocześnie i na drugim aktualnym problemie metrologii, a mianowicie na problemie czwartej jednostki. Uniemożliwiły one jego rozwiązanie szczególnie dogodnie i proste. Jako czwarta jed-

\*) Na marginesie przytoczymy jeszcze opinię prof. Krukowskiego o niektórych kulisach uchwał paryskich [4]: „Chęć zarzucenia jednostek międzynarodowych wynika w niektórych państwach (USA) może również z chęci uporządkowania swoich ustaw o jednostkach elektrycznych, wadliwych ze względu na dostosowanie ich do niefortunnych uchwał kongresu w Chicago...“ „Przejście na jednostki bezwzględne umożliwi zmianę ustaw bez potrzeby stwierdzenia, że obecnie obowiązująca ustawa zredagowana jest wadliwie“.

nostka mógł być bowiem dobrany międzynarodowy om, co pozwoliłoby zachować całą dotychczas stosowaną aparaturę pomiarową bez żadnych zmian ani poprawek. Zmieniłyby się nieznacznie, bo o  $\sim 10^{-4}$  wartości ampera i wolta. Zmiany te nie miałyby praktycznego znaczenia, gdyż na przyrządach wskazówkowych byłyby one nieuchwytnie, a przy pomiarach kompensacyjnych wystarczyłaby zmiana nastawienia wartości napięcia ogniwa normalnego, by wykonać pomiar poprawny. Tego rodzaju poprawka napięcia ogniwa normalnego była już raz wprowadzona w roku 1911 i nie wywołała żadnych trudności.

Twórca i teoretyk układu czterech jednostek Giorgi [5] oraz inni uczeni, jak np. Campbell, proponowali wprowadzenie międzynarodowego oma jako czwartej jednostki, wychodząc z założenia, że ułatwi to znakomicie wprowadzenie tego układu. Propozycje te spotkały się jednak ze sprzeciwem na terenie Międzynarodowej Konferencji Elektrycznej. Oponenci uważali, że przyjęcie tej propozycji byłoby sprzeczne z uchwałą przejścia na jednostki bezwzględne i wprowadzałoby jednostki umowne. Trudno uznać słuszność tego rozumowania. Inne jednostki, jak np. metr, nie są w większym stopniu „bezwzględne“ czy „naturalne“ niż międzynarodowy om, a historia metra jest pod tym względem szczególnie pouczająca: był on początkowo definiowany jako jednostka „naturalna“, opierająca się na wymiarach kuli ziemskiej. Skoro udoskonalone metody pomiarowe wykazały znaczne rozbieżności pomiędzy wartością rzeczywistą a tą, która wynikała z definicji, zrezygnowano z „bezwzględności“ metra i uznano prototyp jego w Sèvres za jednostkę umowną, co nie przeszkodziło bynajmniej wprowadzeniu go do układu egs. Obecnie, aczkolwiek jeszcze nie oficjalnie, określa się długość metra w długościach fali świetlnej, staje się on więc znowu jednostką „bezwzględną“. Nikomu by jednak nie przyszło dziś na myśl, żeby w związku z tym zaproponować zmianę jego wartości na taką, jaka wynika z definicji z roku 1791.

Na podstawie powyższych założeń niemiecki uczoney Steinwehr podtrzymał propozycję Giorgiego i podał metodę określenia jednostek elektrycznych, wychodząc z postulatu równości wata mechanicznego i elektrycznego:

$$1 \text{ A} = \sqrt{\frac{1 \text{ J}_{\text{mech}}}{1 \Omega \cdot 1 \text{ s}}}, \quad 1 \text{ V} = \sqrt{\frac{1 \text{ J}_{\text{mech}} \cdot 1 \Omega}{1 \text{ s}}}$$

Steinwehr zaproponował użycie opracowanego dawniej przez niego kalorymetru różnicowego do porównania wartości energii mechanicznej i elektrycznej, co wyłączałoby błąd pomiaru temperatury [6]. W laboratorium Deutsches Amt für Mass und Gewicht (DAMG) buduje się obecnie taki kalorymetr różnicowy i są podstawy do twierdzenia, że nowa metoda będzie odznaczać się dokładnością nie mniejszą niż inne używane przy pomiarach bezwzględnych. Steinwehr wymienia następujące zalety takiego rozwiązania zagadnienia:

- 1) wartość oma pozostaje niezmienną;
- 2) jednostka energii mechanicznej równa jest jednostce energii elektrycznej;
- 3) powstaje jednolity układ jednostek elektrycznych, bo nieaktualnym staje się zarówno układ „elektrostatyczny“ oparty na  $\epsilon_0$ , jak i układ „elektromagnetyczny“ oparty na  $\mu_0$ .

Okazało się, że w sprawie wyboru czwartej jednostki o jednomyślność było trudniej niż w sprawie przejścia na jednostki bezwzględne. Międzynarodowa Konferencja w Paryżu w roku 1948 zaproponowała jako czwartą jednostkę amper, ale ZSRR zastrzegł sobie wolną rękę w wyborze i jako czwartą jednostkę wybrał magn, tj.  $\frac{10^7}{4\pi}$  przewodności magnetycznej próżni. W Polsce wybór czwartej jednostki jest przedmiotem obrad Komisji Jednostek zorganizowanej przez Główny Urząd Miar.

Trudno powiedzieć, jak rozwinięłyby się sprawa jednostek, gdyby druga wojna światowa nie była wybuchła. Nie można uważać za wykluczone, że względu praktyczne — nie tak znów sprzeczne z wymaganiami teoretycznymi — wzięłyby górę i propozycje Giorgiego i Steinwehra byłyby przyjęte. W dzisiejszym stanie rzeczy powrót do

oma międzynarodowego wydaje się rzeczą beznadziejną, niezależnie od tego, jakie perspektywy taki powrót otwierały przed nami.

## LITERATURA

- [1] Konorski B. Stan obecny zagadnienia jednostek elektromagnetycznych (PE, 1946, str. 88). — Konorski B. Wybór czwartej jednostki podstawowej (PE, 1950, str. 5)  
[2] International Conference on Electrical Units and Standards, London, 1908

- [3] Comité consultatif d'électricité de la Commission Internationale des Poids et Mesures. Procès-verbaux des séances, Paris, 1928  
[4] Krukowski W. Podstawowe jednostki i ich wzorce (Przeгляд Elektrotechniczny, 1933)  
[5] Mal'kov S. F. Praktičeskieje električeskieje jedinicy, Moskwa, 1947  
[6] Prof. Steinwehr. Über den Ersatz der internationalen durch die absoluten elektrischen Einheiten, Archiv für Elektrotechnik, 1948  
[7] Jednostki elektryczne bezwzględne (PE, 1949, str. 62)

## Zagadnienia wspólne dla telekomunikacji i energetyki (MKWSE, 1950)

Opracował mgr inż. HENRYK KÜHN

## WSTĘP

Prace XIII sesji Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRE) w zakresie objętym tytułem dotyczyły czterech problemów:

- a) wpływu czynności łączeniowych w linii wysokiego napięcia na działanie urządzeń teletransmisyjnych wielkiej częstotliwości (ref. 337),  
b) wpływu sady i niektórych przypadków urządzeń linii w. n. na teletransmisję w cz. (ref. 310, 323, 316),  
c) radiokomunikacji stosowanej dla potrzeb elektroenergetyki (ref. 319),  
d) zakłóceń w liniach telekomunikacyjnych i w radiokomunikacji, wywołanych przez linie elektroenergetyczne (ref. 343, 346).

Ponadto omówiono prace Międzynarodowego Komitetu Studiów „Teletransmisji wielkiej częstotliwości“ (ref. 308), które objęły: a) bibliografię z dziedziny telekomunikacji wielkiej częstotliwości stosowanej w elektroenergetyce, b) metody pomiarowe urządzeń i sprzętu telekomunikacyjnego w cz., c) ulepszenia konstrukcyjne dławików zaporowych w cz., d) zestawienia statystyczne z eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych w cz., oraz przedstawiono program prac tego Komitetu.

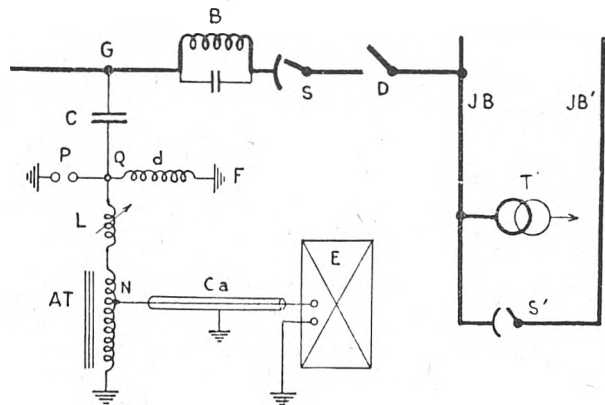
A. CHEVALLIER, M. HOLLEVILLE I F. BARRAULT (Francja). Zakłócenia w urządzeniach telekomunikacyjnych wielkiej częstotliwości pracujących na liniach wysokiego napięcia, wywołane działaniem odłączników i wyłączników [1]

W liniach wysokiego napięcia powstają różnego rodzaju prądy zakłóceńowe, oddziaływujące w mniejszym lub większym stopniu na urządzenia odbiorcze wielk. cz. pracujące na tych liniach. Silne zakłócenia telekomunikacji wy-

pieczeń linii wysokiego napięcia i dla sterowania zdalnego ich skutki mogą być poważne. Zakłócenia te wywołują na wejściu do odbiornika stosunkowo silne fale napięcia, które mogą spowodować niewłaściwą pracę czułych przekaźników, a co za tym idzie — nieprawidłowe włączenia lub wyłączenia linii.

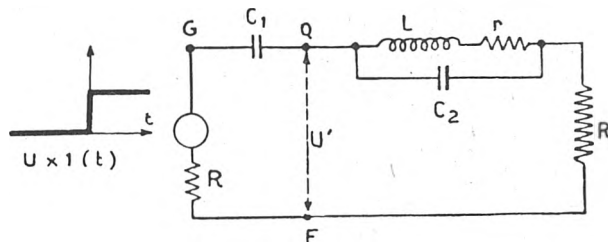
Badania oscylograficzne wykazały, że kształt fal zakłóceńowych zależy od liczby wyładowań w postaci łuku, występujących pomiędzy elektrodami łączników w momencie ich działania. Wyładowania te posiadają swoją częstotliwość podstawową 300 c/s, odpowiadającą obu największym wartościom napięcia prądu trójfazowego. Ponieważ fale te są tłumione bardzo szybko w porównaniu z okresem przerwy między wyładowaniami w przypadku odłączników i wyłączników, przeto można ograniczyć rozważania do rozpatrywania pojedynczej fali zaburzeniowej, występującej w układzie sprzęgającym urządzenie wielkiej częstotliwości z linią wysokiego napięcia.

Układ poddany badaniom przedstawia rys. 1. Najbardziej istotnym elementem tego układu z punktu widzenia fal zaburzeniowych jest odgromnik  $P$  umieszczony pomię-



Rys. 1. Schemat połączenia urządzenia w cz. (E) z linią wysokiego napięcia

stępują w chwili działania wyłączników lub odłączników. Jeżeli dla telefonii i telemetrii w cz. zakłócenia takie nie mają istotnego znaczenia, to — przeciwnie — dla zabez-



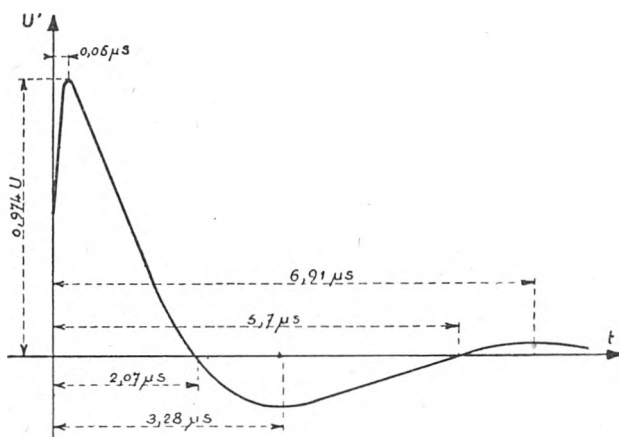
Rys. 2. Uproszczony schemat układu sprzęgającego

dzy punktami  $Q$  i  $F$  (ziemia). Odgromnik ten nie działa przy napięciu w cz. nadawanym w normalnych warunkach na linię, lecz ma za zadanie ograniczyć napięcie fali zaburzeniowej na wejściu do odbiornika w cz. do najmniejszej możliwej wartości. Warto natomiast zdać sobie sprawę z tego, że w chwili działania aparatury łączeniowej fala napięcia może osiągnąć wartość równą takiej, jaka występuje przy ponownym zapłonie łuku pomiędzy elektrodami wyłącznika przy wyłączaniu linii nieobciążonej. Dla linii o napięciu 220 kV największe napięcie jest wówczas rzędu 400 kV.

Obliczenia teoretyczne przeprowadzone dla uproszczonego układu sprzęgającego bez odgromnika  $P$  (rys. 2), w którym  $C_1 = 0,0012 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 13 \text{ pF}$ ,  $L = 1 \text{ mH}$ ,  $r = 12 \Omega$ ,  $R = 400 \Omega$ , wykazują, że pomiędzy punktami  $Q$  i  $F$  kształt fali napięcia  $U'$  w funkcji czasu ma przebieg podany na rys. 3, gdy do układu tego pomiędzy punkty  $G$  i  $F$  doprowadzić falę napięcia  $U$  o przebiegu prostokątnym (wykres po lewej stronie rys. 2). W momencie  $t = 0$  napięcie  $U' = \frac{1}{2} U$  i posiada nieskończenie wielką stromość czoła.

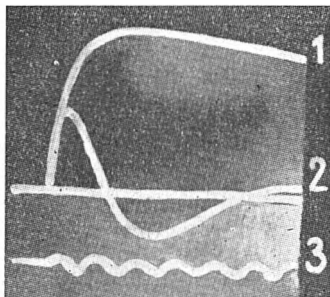
Po przebiegach podanych na rysunku fala  $U'$  ulega szybkiemu stłumieniu przy drganiach o częstotliwości 140 kc/s. W praktyce fala napięcia  $U$ , doprowadzona pomiędzy

punkty  $G$  i  $F$ , nie posiada przebiegu ściśle prostokątnego, lecz dość bliski przebiegowi określonej funkcją  $U(1 - e^{-\beta t})$ ; dzieje się to wskutek wpływu różnych istniejących zwykle pojemności względem ziemi, łagodzących



Rys. 3. Teoretyczny przebieg napięcia  $U'$  w funkcji czasu w przypadku prostokątnego przebiegu napięcia  $U$ , doprowadzonego do obwodu sprzęgającego

czoło fali. Rzeczywiste przebiegi obu fal przedstawione są na oscylogramie podanym na rys. 4, zdjętym w danym razie z układu zbliżonego do rys. 1. Oscylogram ten zdjęto z układu bez działania odgromnika  $Q$ , przeprowadzając próby przy napięciu odpowiednio zmniejszonym. Dalsze próby przeprowadzono przy wyższych napięciach, a mianowicie 52 kV i 160 kV, wprowadzając jednocześnie do układu odgromnik  $P$ . Przy obu tych napięciach najwyższa zarejestrowana wartość napięcia  $U'$  wynosiła 5 kV, natomiast napięcie  $U''$ , występujące pomiędzy punktami  $N$  i  $F$ , tj. napięcie na zaciskach, do których przyłącza się odbiornik



Rys. 4. Zdjęcie oscylograficzne przebiegu napięcia  $U'$  (krzywa 2) oraz napięcia doprowadzonego  $U$  (krzywa 1). Krzywa sinusoidalna 3 jest skalą czasu, której okres  $T = 3 \mu\text{sek}$ .

w. cz. (E na rys. 1), było cokolwiek wyższe od 1 kV. Odgromnik  $P$  spełniał zatem swoją rolę. Drgania powstałe w czasie tych przebiegów zostały stłumione w czasie ok. 1  $\mu\text{sek}$ . Przyczynę tego szybkiego zaniku drgań można wytłumaczyć działaniem pojemności własnych cewki  $L$  oraz uzwojeń autotransformatora  $AT$ , które wspólnie z oporem obwodu tworzą układ o bardzo małych stałych czasu.

Przebieg napięcia  $U'$  pomiędzy punktami  $Q$  i  $F$  można przedstawić za pomocą podwójnej funkcji wykładniczej

$$U' = U_0(e^{-\alpha t} - e^{-\varphi t}), \text{ gdzie } \alpha = 5 \cdot 10^6, \varphi = 5,4 \cdot 10^6, \\ U_0 = 185 \text{ kV}.$$

Po upływie czasu  $t = 0,2 \mu\text{sek}$  (zgodnie z oscylogramem) napięcie  $U'$ , obliczone według tego wzoru, osiąga amplitudę 5 kV.

W celu zanalizowania przebiegu napięcia  $U''$  pomiędzy punktami  $N$  i  $F$  rozpatrzono część układu zawartą pomiędzy punktami  $Q - F$  i  $N - F$  (rys. 5) z uwzględnieniem pojemności własnych cewek. Źródło prądu wytwarza napięcie  $U'$  według podanego wyżej wzoru oraz posiada

opór wewnętrzny  $r = 100 \Omega$ . Analiza przeprowadzona za pomocą przekształcenia Laplace'a dała następujący przebieg napięcia  $U''$  w funkcji czasu  $t$ :

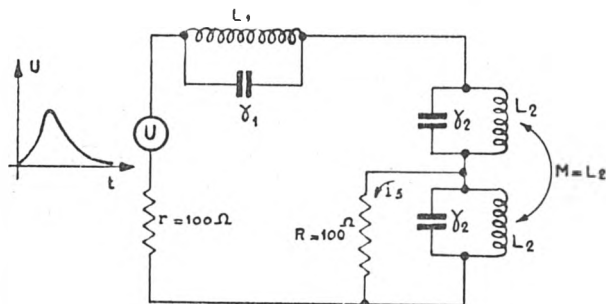
$t$ ( $\mu\text{sek}$ )	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,25
$U''$ (V)	400	640	1040	1300	1320	1200	1030	470	190.

Próby przeprowadzone przy różnych rodzajach odgromników dały bardzo zbliżone wyniki.

Oprócz określonego wyżej aperiodycznego przebiegu napięcia  $U''$  mogą również powstać inne przebiegi oscylacyjne wskutek drgań w obwodach przyłączonych do linii wysokiego napięcia. Przebiegi te mają znacznie mniejszą amplitudę i nie powodują działania odgromników. W odbiornikach w. cz. działanie tych drgań zwykle usuwa się za pomocą filtrów w. cz. Jednakże drgania te mogą przeniknąć do części małej częstotliwości odbiorników telekomunikacyjnych i spowodować niewłaściwe działanie dotychczasowych przekładników.

A. de QUERVAIN et R. GÜTTINGER (Szwajcaria). Pomiary tłumienia prądów w. cz. na linii wysokiego napięcia [2]

Celem opisanych badań było określenie wpływu oblodzenia przewodów linii wysokiego napięcia na tłumienie prądów



Rys. 5. Zastępczy schemat części układu sprzęgającego z uwzględnieniem pojemności własnych cewek

dów w. cz. w zakresie częstotliwości 50 do 130 kc/s. Badania przeprowadzono na linii 10 kV, zasilającej kolejkę linową pomiędzy Schwägälp (1400 m) i Säntis (2500 m) w Alpach szwajcarskich. Ponieważ linia ta narażona była na prostopady do niej kierunek wiatrów, przeto w miesiącach zimowych występowało wyjątkowo silne oblodzenie przewodów. Stosunkowo niewielka długość linii pozwalała na wygodną i dokładną obserwację powłoki lodowej na przewodach bądź z obu końców linii, bądź też bezpośrednio z wagonu kolejki linowej. Badania trwały od jesieni 1942 r. do wiosny 1949 r. Podane wyniki badań obejmują pracę przeszło 1000 dni.

Do pomiarów użyto generatora w. cz. o mocy 5 W przestrajanego w granicach częstotliwości 50 kc/s do 130 kc/s; przestrajania dokonywano co 20 minut. W czasie badań rejestrowano napięcie i prąd w. cz. nadawany na linię, dzięki czemu uwzględniono w obliczeniach wahania mocy nadawanej i oporności pozornej linii. Na stacji odbiorczej (Säntis) prąd nośny w. cz. był prostowany i doprowadzony za pomocą kabla o długości 100 m do urządzeń rejestrujących. Oprócz tego rejestrowano również naciąg przewodów dla określenia ciężaru powłoki lodowej. Całe urządzenie działało samoczynnie.

W okresie od 19. XII. 1945 r. do 20. I. 1946 r., w którym uzyskano dość dokładne wyniki, zaobserwowano następujące rodzaje sadzi:

- sadź zlodowaciałą, spoistą i przezroczystą ( $g = 0,7 - 0,8$ ), powstała w temp. ok.  $0^\circ\text{C}$ ,
- sadź twardą spoistą i ziarnistą ( $g = 0,4 - 0,7$ ),
- sadź miękką, gąbczastą ( $g = 0,2$ ), powstała raczej przy niższych temperaturach.

W praktyce często spotyka się „sadź mieszaną“ o rdzeniu twardym lub nawet lodowym, o grubości 4—6 cm, otoczonym zewnętrzną powłoką sadzi miękkiej.

Na podstawie poczynionych obserwacji stwierdzono, co następuje.

A) W początkowym okresie formowania się powłoki lodowej występuje szczególnie silny wzrost tłumienia bez

względnie na rodzaj tworzącej się sadzi. Następnie tłumienie wzrasta w przybliżeniu proporcjonalnie do przyrostu grubości powłoki.

B) Sadz lodowa i sadz twarda powoduje większe tłumienie, niż sadz miękka.

C) Lekki opad śnieżny, szczególnie przy wilgotnym śniegu, wywołuje takie same tłumienie, jakie powstaje przy formowaniu się pierwszych warstw powłoki lodowej.

D) Największy wzrost tłumienia zachodzi przy wilgotnym śniegu lub przy tworzeniu się sadzi miękkiej, nasyconej wodą, wskutek gwałtownych zmian temperatury.

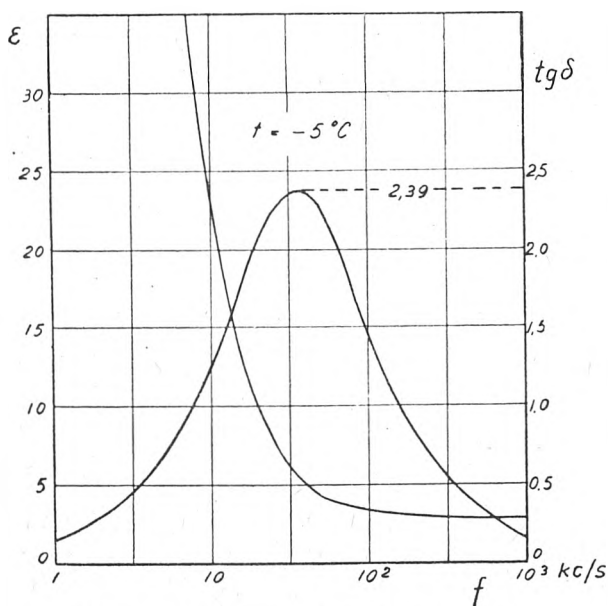
W niesprzyjających okolicznościach bezwzględna wartość współczynnika tłumienia linii bywa do 50 razy większa od normalnej, tj. przy suchej pogodzie.

Uzyskane wyniki pod postacią podanych krzywych prowadzą do hipotezy, że straty dielektryczne (lód, lód-powietrze) powstają w głębszych warstwach powłoki lodowej, gdzie natężenie pola elektrycznego jest większe.

Jako konkluzję autorzy podają, że tłumienie linii napowietrznej w zakresie 50—130 kc/s jest w silnym stopniu zależne od stanu powierzchni przewodów. Powstawanie cienkich warstw lodu zwiększa tłumienie 5- do 10-krotnie w stosunku do tłumienia przy suchej linii. Współczynnik tłumienia linii oblodzonej jest tym większy, im większy jest ciężar właściwy powłoki lodowej.

M. A. MIKKELSEN (Norwegia). Tłumienie prądów w cz. linii wysokiego napięcia szczególnie podczas tworzenia się sadzi na przewodach [3]

Jak wykazuje praktyka, największe tłumienie dodatkowe zachodzi przy oblodzeniu przewodów albo pokryciu ich sadzią. Ponieważ przewodność sadzi i lodu jest bardzo mała, przeto dodatkowe tłumienie nie może być spowodowane



Rys. 6. Dielektryczne właściwości lodu

wzrostem przepływności linii ani wzrostem oporności pod wpływem naskórkowości. Pozostaje zatem wytłumaczenie związane ze sprawą strat dielektrycznych w sadzi i lodzie.

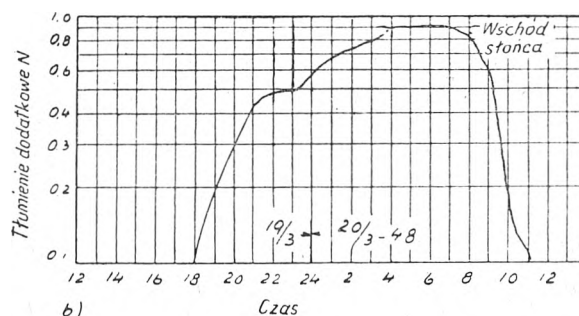
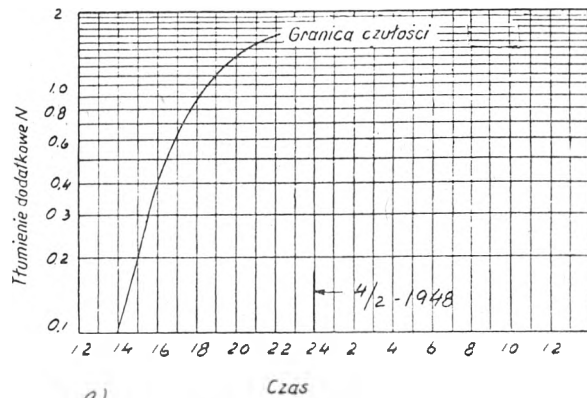
Przy rozważaniach teoretycznych wpływu oblodzenia na tłumienie rozróżniono 3 główne rodzaje powłoki lodowej:

a) sadz tworząca się w czystym powietrzu, gdy wilgoć skrapla się na przedmiocie zimnym (mały ciężar właściwy sadzi),

b) „pancerz lodowy“ — powstający, gdy przechłodzone krople deszczu zamarzają na przedmiocie posiadającym dostatecznie niską temperaturę (ciężar właściwy oblodzenia wynosi ok. 0,9),

c) sadz — tworząca się podczas mgły i w chmurach, gdy przechłodzone cząsteczki pary zamarzają na przedmiocie posiadającym dostatecznie niską temperaturę (ciężar właściwy takiej sadzi wynosi ok. 0,6).

Jednoczesne wystąpienie „pancerza lodowego“ pokrytego sadzią najsilniej wpływa na tłumienie. Ponieważ własności dielektryczne takiego rodzaju mieszanej powłoki nie zostały jeszcze dostatecznie zbadane, autor przyjmuje, że powłoka taka zachowuje się jak czysty lód. Założenie to nie wprowadza, zdaniem autora, dużego błędu (co stwierdzono na podstawie pomiarów przy liniach długich) w porównaniu



Rys. 7. Zarejestrowany przebieg tłumienia dodatkowego linii w czasie powstawania i zanikania sadzi

a — Przebieg wyjątkowo szybki  
b — Przebieg okresowy

z innymi czynnikami, nie dającymi się bliżej określić, jak zmienna grubość powłoki lodowej, brak tej powłoki na niektórych przesłach i powstające wówczas odbicia fal.

Obliczenia teoretyczne wpływu powłoki lodowej autor rozwinął na podstawie równań Debye'a i Onsagera dla gazów i roztworów rozcieńczonych. Z uzyskanych charakterystyk (rys. 6) wynika, że kąt stratności lodu zależy od częstotliwości i osiąga wyraźne maksimum (2,39) dla częstotliwości ok. 35 kc/s. Wobec powyższego w stosowanym zwykle zakresie 50 do 150 kc/s niższe częstotliwości, o ile chodzi o wpływ oblodzenia, wypadają mniej korzystnie.

Dalsze obliczenia autor przeprowadza przy zastosowaniu szeregu układów zastępujących warunki naturalne i uzupełnia pomiarami tłumienia linii wysokiego napięcia 60 kV o długości 81 km pomiędzy Kamfoss i Lillehammer we wschodniej Norwegii. Badania przeprowadzone przez autora miały na celu określenie tłumienia linii dla różnych systemów sprzężenia oraz przy różnych warunkach atmosferycznych.

Pierwsza seria pomiarów składała się z pomiarów w normalnych warunkach atmosferycznych na linii przy włączonym napięciu, a druga — została przeprowadzona zimą 1946/1947 r. i 1947/1948 r. na linii pod napięciem. Prawie połowa długości linii była specjalnie narażona na szron i sadz w okresie od listopada do lutego. Stwierdzono dodatkowe obciążenie przewodów sadzią, dochodzące do wielkości 5,6 kg/m. Na trasie linii badanej znajdowały się 3 stałe punkty obserwacyjne.

Linia badana posiadała następujące dane w normalnych warunkach atmosferycznych: średnia wartość pojemności linii  $C = 0,00877 \mu\text{F/km}$  na fazę, średnia wartość indukcyjności linii  $L = 1,26 \text{ mH/km}$  na fazę. Zatem opór charakterystyczny wynosił  $Z = 380 \Omega$  na fazę. Oporność przewodów dla prądu stałego wynosiła  $r = 0,357 \Omega/\text{km}$ , a dla 100 kc/s  $R = 3,35 \Omega/\text{km}$  na fazę.

Pierwsza seria pomiarów. Pomiary tłumienia wykonano za pomocą generatora w cz. o mocy 2 W przy różnych sprężeniach z linią, oraz woltomierza lampowego aperiodycznego.

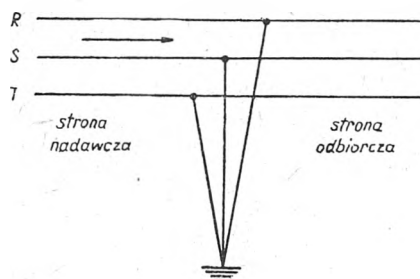
Druga seria pomiarów polegała na rejestrowaniu zmian tłumienia linii pod wpływem oblodzenia przewodów. Do badań użyto zespołu urządzeń telemetrycznych w cz. sprężonych z linią w układzie jednofazowym, pracujących na częstotliwości 105 kc/s przy mocy nadajnika 0,6 W. Mierzono również średnicę powłoki lodowej, temperaturę powietrza oraz określano orientacyjnie długość oblodzonego odcinka linii. Nie uwzględniano konsystencji powłoki lodowej. Z poczynionych obserwacji wynika, że wyraźny wzrost tłumienia zachodzi jedynie podczas tworzenia się powłoki lodowej lub szronu. Deszcz nie ma wpływu. Powstawanie powłoki lodowej zachodzi zwykle przy temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Otrzymane rezultaty zgodne są praktycznie z obliczeniami, podanymi przez autora. Obliczenia te, dla większej ścisłości, powinny opierać się na charakterystycznych danych dla różnych rodzajów powłoki lodowej. Autor nie stwierdził w praktyce, czy podany przez niego sposób obliczeń słuszny jest dla różnych częstotliwości.

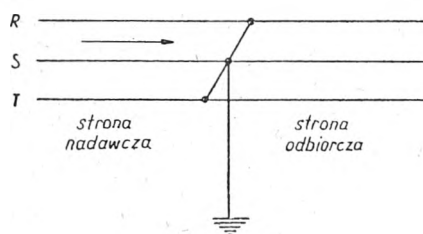
Rys. 7 przedstawia jeden z zarejestrowanych przebiegów zmian tłumienia linii w czasie powstawania i zanikania sadzi. Zjawisko takie powstawało kilkakrotnie w ciągu kolejnych dni. Na podstawie podobnych przykładów autor jest zdania, że rejestrowanie przebiegów tłumienia linii wysokiego napięcia, narażonych na oblodzenie, może dać cenne usługi przy eksploatacji tych linii jako znak ostrzegawczy tworzenia się sadzi. W czasie prowadzenia badań kilkakrotnie wystąpiły uszkodzenia linii wskutek sadzi. Były one jednak szybko zlokalizowane dzięki ostrzeżeniu otrzymanemu przy badaniach tłumienia.

Z porównania dwu ostatnich referatów wynika, że rezultaty osiągnięte przez autorów tych referatów nie we wszystkich punktach są zgodne.

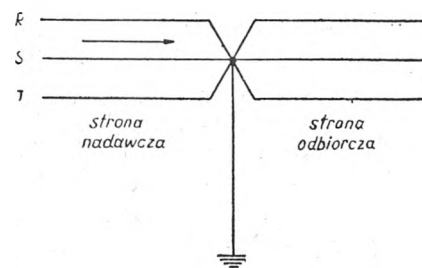
Pierwszy z nich podaje, że dla tej samej grubości i rodzaju powłoki lodowej współczynnik tłumienia dla częstotliwości 130 kc/s jest ok. 1,5 razy większy od współ-



Rys. 8. Uziemienie linii trójfazowej za pomocą trzech oddzielnych przewodów uziemiających, spełniających jednocześnie rolę połączeń zwierających



Rys. 9. Uziemienie linii trójfazowej za pomocą jednego przewodu uziemiającego i przewodu zwierającego



Rys. 10. Uziemienie linii trójfazowej przez złączenie trzech przewodów w jednym punkcie i połączenie tego punktu z uziemieniem

czynnika tłumienia dla częstotliwości 50 kc/s, natomiast według drugiego referatu tłumienie dodatkowe, spowodowane powłoką lodową, maleje wraz ze wzrostem częstotliwości. Metoda obliczania największego tłumienia dodatkowego, spowodowanego powłoką lodową, prowadzi wg drugiego referatu do znacznie mniejszych wartości od podanych w pierwszym referacie przy założeniu tych samych częstotliwości i grubości powłoki lodowej.

Podczas dyskusji nad powyższymi referatami wysunięto następujące przypuszczalne powody niezgodności wyników: 1) różne średnice i rodzaje przewodów roboczych w badanych liniach, 2) różny stan izolacji linii podczas badań, 3) różne rodzaje powłoki lodowej i 4) niejednakowy stan zanieczyszczenia izolatorów oraz starzenie się porcelany.

H. KÜHN (Polska). Wpływ uszkodzeń linii wysokiego napięcia na telekomunikację w cz. [4]

Najczęściej spotykany rodzaj uszkodzenia linii wysokiego napięcia, tj. uziemienie obustronne jednego przewodu,

został omówiony w referacie nr 309 tegoż autora na poprzedniej sesji MKWS w 1948 r. \*). Dalszy ciąg tego zagadnienia, tj. oddziaływanie obustronnego uziemienia wszystkich trzech przewodów linii trójfazowej wysokiego napięcia, jest tematem niniejszego referatu.

Pod względem telekomunikacyjnym obustronne uziemienie wszystkich trzech przewodów jest najgroźniejsze. W tym przypadku droga przepływu energii w cz. musi przebiegać bezpośrednio przez miejsce uziemienia linii, wobec czego sposób uziemienia przewodów oraz długość połączeń uziemiających i zwierających przewody ma decydujący wpływ na tłumienie linii. W celu zbadania tego wpływu oraz ustalenia najwłaściwszego sposobu uziemienia przewodów linii dla celów badawczych przeprowadzono pomiary porównawcze przy trzech różnych sposobach uziemienia przewodów.

Pierwszy sposób uziemienia (rys. 8) polegał na połączeniu poszczególnych przewodów ze sobą, oraz z uziemieniem, za pomocą oddzielnych drutów, z których każdy posiadał długość 18 m. Spełniały one rolę połączeń zwierających i zarazem uziemiających.

Drugi sposób uziemienia (rys. 9) wykonano przez zwarcie przewodów ze sobą najkrótszą drogą za pomocą drutu o długości 8 m (połączenie zwierające) oraz przez połączenie ich z uziemieniem (połączenie uziemiające) za pomocą jednego drutu o długości 18 m.

Sposób trzeci, podany na rys. 10, polegał na złączeniu ze sobą wszystkich przewodów w jednym punkcie (długość połączenia zwierającego równa zeru), a następnie połączeniu tego punktu z uziemieniem (połączenie uziemiające) za pomocą drutu o długości 18 m.

Podczas badań sposobów uziemienia, wymienionych wyżej, stwierdzono, że najmniejsze tłumienie posiadała linia przy połączeniu według sposobu pierwszego. Zwarcie według sposobu drugiego zwiększyło tłumienie linii bardzo wydatnie. W przypadku połączenia według sposobu trzeciego, gdy obydwa odcinki linii były sprężone ze sobą tylko na drodze elektromagnetycznej, tłumienie linii jeszcze bardziej wzrosło, tak że praktycznie linia taka nie nadawała

się już do celów teletransmisji. Z powyższego wynika, że decydującą rolę, o ile chodzi o wpływ zwarcia linii na tłumienie, posiada długość połączeń zwierających, natomiast sprężenie elektromagnetyczne obu odcinków linii nie ma stosunkowo dużego znaczenia. Im dłuższe połączenia zwierających jest większe, tym większe jest napięcie w cz. na końcach tych połączeń, a więc tym większa moc w cz. przechodzi przez miejsce zwarcia przewodów linii.

Dla dokładniejszego zbadania wpływu długości połączeń zwierających na wielkość napięcia po stronie odbiorczej linii przeprowadzono dalsze badania na linii wysokiego napięcia. Linia badana była połączona z urządzeniami nadawczo-odbiorczymi w systemie sprężenia międzyfazowego, przy czym przewodami roboczymi były przewody R i T. W odległości ok. 15 km od końca odbiorczego linii wykonano zwarcie wszystkich przewodów najpierw według sposobu pierwszego, a następnie — drugiego. W obu przypadkach mierzono napięcie w cz. pomiędzy przewodami roboczymi R i T za pomocą wybiornego woltomierza sy-

\*) Ob. PE, 1949, z. 10/11/12, str. 383.



metrycznego, posuwając się wzdłuż linii w obie strony od miejsca zwarcia.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w miejscu zwarcia wszystkich trzech przewodów linii, wykonanego według sposobów opisanych wyżej, główną przyczyną występowania



Rys. 11. Rozptył prądów w cz. w linii trójfazowej w miejscu zwarcia, w systemie sprzężenia jednofazowego

nia napięcia w odbiorczym odcinku linii zwartej jest napięcie fali stojącej w połączeniu zwierającym, działającym jako źródło siły elektromotorycznej w tym odcinku linii.

Na podstawie wykonanych prób i rozważań wstępnych wybrano najbardziej właściwy sposób badania wpływu uszkodzeń linii wysokiego napięcia na teletransmisję, a mianowicie sposób drugi (rys. 9), sposób pierwszy bowiem wprowadza mniejsze tłumienie, a sposób trzeci występuje bardzo rzadko w praktyce.

a) System sprzężenia jednofazowego. W systemie sprzężenia jednofazowego, przy uziemieniu wszystkich przewodów według wyżej ustalonego sposobu, połączenie uziemiające odgrywa rolę tylko w pobliżu końców linii, podobnie jak przy obustronnym uziemieniu jednego przewodu roboczego (referat autora z r. 1948), gdy opór obwodu „jednobiegunowego“, utworzonego przez przewody i ziemię, jest dostatecznie mały. Przy większych odległościach od końców linii, gdy oporność drogi przez zie-

łumienie zwartej linii trójfazowej zależy jeszcze od wzajemnego położenia przewodu roboczego względem dwóch pozostałych przewodów. Jeżeli przewód roboczy znajduje się pomiędzy tymi przewodami (rys. 11 a), wówczas przy zwarciu wszystkich przewodów ze sobą tłumienie linii jest większe niż w przypadku, gdy przewód roboczy znajduje się na boku (rys. 11 b). Jeżeli prąd zwarcia w przewodzie roboczym równy jest  $J_z$ , a opór pozorny połączenia zwierającego pomiędzy dwoma sąsiednimi przewodami jest jednakowy i wynosi  $Z_z$  wówczas napięcie  $U_z$ , działające w odbiorczym odcinku linii, wynosi w pierwszym przypadku (rys. 11a)

$$U_z = \frac{J_z}{2} Z_z,$$

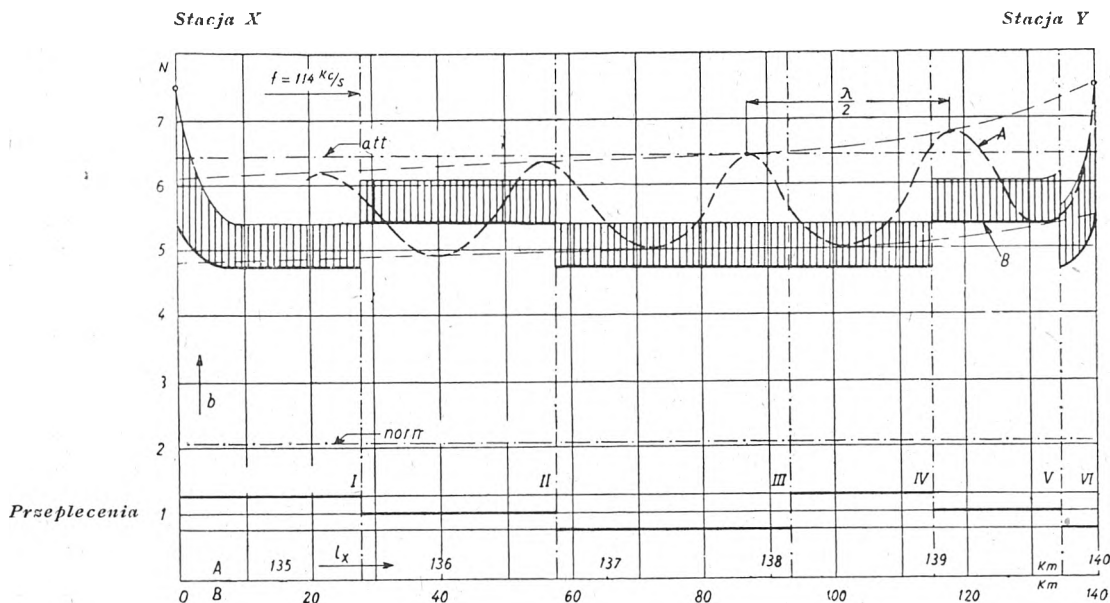
gdyż potencjały przewodów bocznych są jednakowe. Natomiast w przypadku, gdy przewód roboczy znajduje się na boku (rys. 11 b), wówczas napięcie  $U_z$  równe jest

$$U_z = J_z Z_z.$$

Wynika z tego, że napięcie  $U_z$  jest wtedy dwukrotnie większe, tzn. że tłumienie linii jest mniejsze o wartość 0,69 N.

Ażby ilościowo zbadać wpływ obustronnego uziemienia trzech przewodów linii wysokiego napięcia na teletransmisję, przeprowadzono szczegółowe pomiary na odcinku linii wysokiego napięcia 150 kV pomiędzy dwiema stacjami transformatorowymi X i Y. Linia ta jest linią trójfazową jednotorową o długości ok. 140 km. Posiada ona 6 przepleceń. Miejsca przepleceń znajdują się w nierównych odległościach od siebie ze względu na niejednorodną budowę linii (różna konstrukcja słupów).

Podczas pomiarów linia nie pracowała i była uziemiona na obu końcach za pomocą uziemiaczy. W przewodzie roboczym na obu końcach linii włączone były dławiki zapo-



Rys. 12. Przebieg tłumienia linii trójfazowej wysokiego napięcia 150 kV w zależności od miejsca obustronnego uziemienia wszystkich przewodów, wg sposobu podanego na rys. 9, w systemie sprzężenia jednofazowego

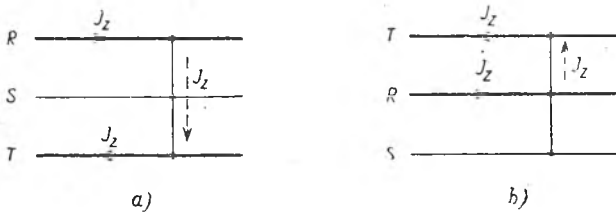
alt — tłumienie graniczne  
norm — tłumienie normalne

mię jest duża, połączenia uziemiające nie wpływają zupełnie. Połączenia zwierające natomiast oddziałują na całej długości linii. Spowodowane jest to tym, że prąd powrotny w systemie sprzężenia jednofazowego nie przechodzi prawie przez ziemię, lecz głównie przez pozostałe dwa przewody, nie połączone bezpośrednio z urządzeniami w cz. W symetrycznej linii trójfazowej, w dostatecznej odległości od końca linii, wielkości prądów powrotnych w obu tych przewodach są jednakowe i równe są połowie prądu płynącego w przewodzie roboczym. W ten sposób trzy przewody linii wysokiego napięcia tworzą główną drogę rozchodzenia się energii wielkiej częstotliwości i dlatego zwarcie ich bardzo silnie wpływa na tłumienie linii.

rowe w cz. Urządzenie nadawcze na stacji X sprzężone było z linią wysokiego napięcia za pomocą kondensatora sprężającego o pojemności 7500  $\mu\text{F}$ . Badania wykonano przy częstotliwości 114 kc/s.

Na rys. 12 przedstawiony jest wynik badań pod postacią charakterystyki tłumienia skutecznego  $b$  linii wysokiego napięcia (rzędne wykresu) przy obustronnym uziemieniu wszystkich przewodów w danym punkcie linii w zależności od odległości  $l_x$  tego punktu od końca nadawczego (odcięte wykresu). Tłumienie linii określano na podstawie pomiaru napięcia odbieranego na stacji Y za pomocą woltomierza wyborczego w cz., nastrojonego na częstotliwość prądu pomiarowego.

Dla dokładniejszego przedstawienia przebiegu tłumienia linii badanej w powyższy sposób podano go od strony stacji odbiorczej Y w rozciągniętej skali długości (krzywa A na wykresie na rys. 12). Jak widać z tej krzywej tłumienie linii ulegało zmianom falowym, w zależności od tego, w którym miejscu uziemiono linię. Zmiany te powstawały na skutek niedopasowania oporności wewnętrznej źródła prądu w. cz. do oporu falowego linii. Krzywa B na rys. 12



Rys. 13. Rozpływ prądów w. cz. w linii trójfazowej w miejscu zwarcia, w systemie sprzężenia międzyfazowego

przedstawia przebieg tłumienia dla odcinka pomiędzy stacjami X i Y. Ze względu na zwięźlenie skali długości zmiany falowe krzywej tłumienia przedstawione są tu w postaci pola zakreskowanego, obejmującego zakres zmian tłumienia. Jak wynika z wykresu zmiany te w środkowej części linii odbywały się w zakresie ok. 0,7 N.

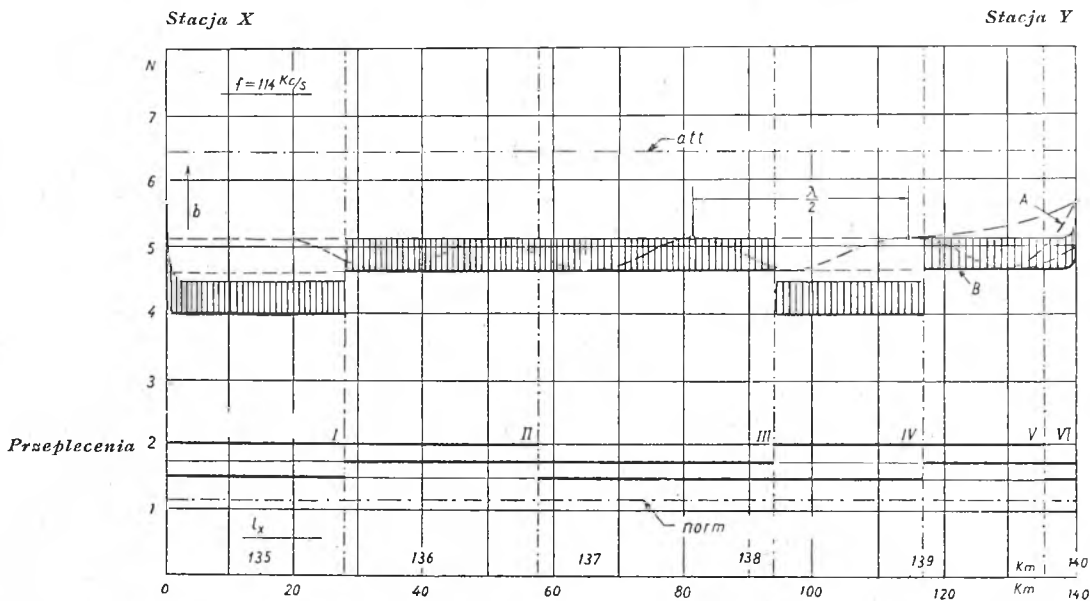
Silniejsze falowanie krzywej tłumienia, widoczne na rys. 12 w pobliżu końców linii, wywołane jest wskutek dodat-

miejsce uziemienia było oddalone od końców linii co najmniej o ok. 8 km (wykres B), oraz gdy przewód roboczy w miejscu zwarcia znajdował się w bocznym położeniu.

b) System sprzężenia międzyfazowego. Tłumienie zwartej linii trójfazowej w systemie sprzężenia międzyfazowego zależy również od wzajemnego położenia międzyfazowego przewodów. Gdy przewody robocze, do których są przyłączone urządzenia w. cz., znajdują się po bokach (rys. 13 a), tłumienie jest mniejsze niż wtedy, gdy przewody te znajdują się obok siebie (rys. 13 b). Spowodowane jest to tym, że w tym ostatnim przypadku długość połączenia zwierającego przewody robocze jest mniejsza.

Badania wpływu obustronnego uziemienia wszystkich przewodów linii wysokiego napięcia na teletransmisję przeprowadzono na wyżej przytoczonej linii pomiędzy stacjami X i Y. Warunki pomiarów były takie, jak poprzednio, z tą jedną różnicą, że urządzenia nadawczo-odbiorcze w. cz. sprzężone były z dwoma przewodami linii wysokiego napięcia za pomocą dwóch kondensatorów sprzęgających o pojemności 7500  $\mu\text{F}$  każdy. W obydwu przewodach roboczych znajdowały się dławiki zaporowe na końcach linii. Przy badaniach stosowano nadajnik na stacji X, którego opór wewnętrzny był równy  $Z_g = 1250 \Omega$ . Opór falowy linii w układzie międzyfazowym dla częstotliwości 114 kc/s wynosi  $Z_0 = 780 \Omega$ .

Wyniki przeprowadzonych pomiarów podane są na rys. 14 w podobny sposób, jak dla układu jednofazowego. Jak widać z krzywej A, podanej w rozciągniętej skali długości, tłumienie linii ulegało wahaniom falowym, wskutek niedopasowania nadajnika do linii.



Rys. 14. Przebieg tłumienia linii trójfazowej wysokiego napięcia 150 kV w zależności od miejsca obustronnego uziemienia wszystkich przewodów, wg sposobu podanego na rys. 9, w systemie sprzężenia międzyfazowego

att — tłumienie graniczne  
norm — tłumienie normalne

kowego oddziaływania połączeń uziemających. Natomiast gwałtowne skoki krzywej tłumienia w środkowej części wykresu spowodowane są przepleceniami przewodów. Zgodnie z teorią skoki tłumienia w miejscach przepleceń, w których przewód roboczy przechodzi ze środkowego położenia do bocznego, wynoszą ok. 0,7 N. Najmniejsze tłumienie oczywiście zachodzi w przypadku, gdy przewód roboczy zajmuje boczne położenie.

Z wykresu przedstawionego na rys. 12 wynika, że najwyższa wartość tłumienia linii w przypadku uziemienia wszystkich przewodów występuje wtedy, gdy miejsce uziemienia znajduje się na samym końcu linii. Tłumienie to wynosi ok. 7,3 N. Ponieważ urządzenia nadawczo-odbiorcze w. cz. zainstalowane na stacjach X i Y posiadają zasięg ok. 6,5 N (dopuszczalne tłumienie linii), zatem przy uziemieniu wszystkich przewodów na końcu linii połączenie telekomunikacyjne przestało działać. Najmniejsze tłumienie linii wynosiło ok. 4,6 N i występowało wtedy, gdy

Z krzywej B na rys. 14 wynika, że falowanie krzywej tłumienia (pole zakreskowane) odbywało się w zakresie ok. 0,5 N. Oznacza to, że opór wewnętrzny nadajnika był ok. 1,6 razy większy od oporu falowego linii, co jest zgodne z rzeczywistością.

Gdyby nadajnik był ściśle dopasowany do linii, wówczas krzywa tłumienia przedstawiałaby się tylko jako dolna obwiednia (rys. 15 b) falowego przebiegu, podanego na rys. 14 i powtórzonego na rys. 15 a. Gdyby nadajnik posiadał mniejszy opór od oporu falowego linii ( $Z_g < Z_0$ ), wówczas krzywa tłumienia linii zwartej przebiegałaby falowo, ale poniżej krzywej odpowiadającej dopasowaniu (rys. 15 c). Ponieważ w tym ostatnim przypadku tłumienie linii jest mniejsze, zatem ze względu na zwarcie wszystkich przewodów linii nadajnik urządzenia w. cz. powinien posiadać opór wewnętrzny mniejszy od oporu falowego linii. W praktyce jest to trudne do spełnienia ze względu na filtry w. cz., wobec czego należy dostoso-

wać się do warunku dopasowania oporu wewnętrznego nadajnika do oporu falowego linii:  $Z_g = Z_0$ .

Na krzywej *B* (rys. 14), podobnie jak w poprzednim przypadku, zachodzą gwałtowne skoki tłumienia. Zjawisko to występuje w tych miejscach przeplecenia przewodów, w których zmienia się odległość między przewodami roboczymi (rys. 13 a i 13 b).

Przy badaniach wpływu uziemienia wszystkich przewodów największe tłumienie zachodziło wtedy, gdy miejsce zwarcia przewodów znajdowało się na samym końcu linii. Tłumienie to wtedy wynosiło ok. 5,9 N (rys. 14). Wzrost tłumienia przy zwarciu przewodów na samym końcu linii, podobnie jak w układzie jednofazowym, spowodowany jest tym, że sprzężenie elektromagnetyczne obu odcinków linii nie występuje wtedy prawie zupełnie, a napięcie odbierane jest równe napięciu fali stojącej w przewodzie zwierającym.

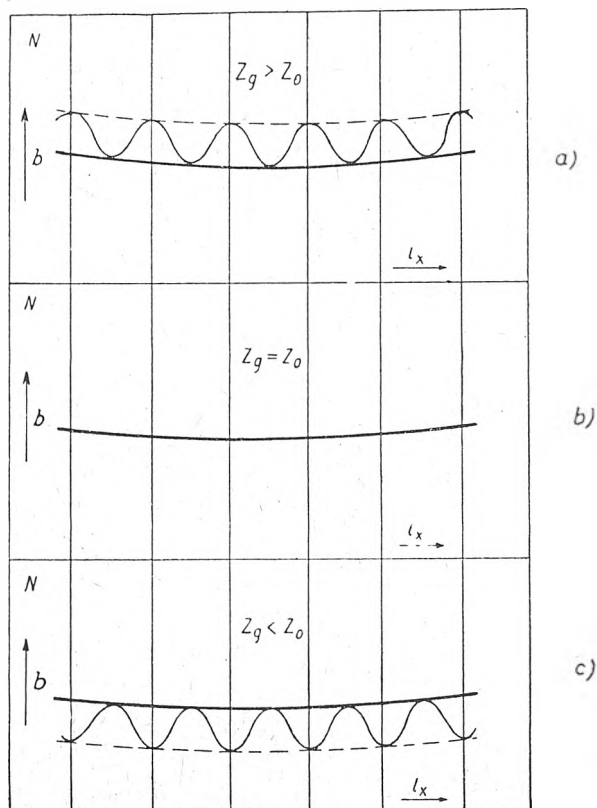
Najmniejsze tłumienie linii zwartej zachodzi wtedy, gdy miejsce zwarcia znajduje się co najmniej w odległości ok.

a nawet niemożliwą, w wypadku, gdy uziemienie wszystkich przewodów wystąpi w jakimkolwiek miejscu w czasie deszczu, oblodzenia przewodów itp.

3) W przypadku, gdy w systemie sprzężenia jednofazowego linia uziemiona w środku, na skutek uszkodzenia, będzie na końcach otwarta, tłumienie jej powinno być zgodnie z pracami Goldsteina i Mikkelsena większe o 0,36 N od wartości podanych w referacie, odnoszącym się do linii uziemionej na obu końcach.

4) Wydaje się celowe zbadanie na dwutorowych liniach wysokiego napięcia wpływu obecności drugiego toru na tłumienie linii w czasie zwarcia z ziemią toru używanego do transmisji w. cz.

5) Z referatu wynika, że system sprzężenia jednofazowego jest znacznie mniej pewny w działaniu od systemu międzyfazowego, gdyż w najniekorzystniejszym przypadku i w najważniejszym momencie (np. przy zwarciu z ziemią wszystkich przewodów w czasie sadzi) całkowicie zawodzi. Z tego względu, choć jest on tańszy od systemu międzyfazowego, nie powinien być zalecany.



Rys. 15. Przebieg tłumienia linii wysokiego napięcia w zależności od miejsca obustronnego uziemienia wszystkich przewodów, w systemie sprzężenia międzyfazowego, przy różnych oporach wewnętrznych nadajnika  $Z_g$

1 km od końca linii oraz gdy przewody robocze znajdują się na bokach. Wynosi ono wtedy ok. 4 N.

Urządzenia telekomunikacyjne w międzyfazowym systemie sprzężenia z linią wysokiego napięcia działały zupełnie pewnie przy zwarciu wszystkich przewodów w dowolnym punkcie badanej linii.

W czasie dyskusji nad referatem wysunięto następujące wnioski i przypuszczenia:

1) Uziemienie przewodów linii wysokiego napięcia według pierwszego sposobu (rys. 8) w czasie wykonywania prac na linii, założone w miejscu wykonywania tych prac, mogłoby z powodzeniem zastąpić dotychczas stosowany, znacznie droższy, sposób uziemiania przewodów za pomocą dławików w. cz. Telekomunikacja po przewodach wysokiego napięcia powinna działać wówczas dostatecznie pewnie, jeżeli zastosuje się odpowiednio duże częstotliwości oraz większą czułość urządzeń odbiorczych.

2) Telekomunikacja w. cz. w systemie sprzężenia jednofazowego z przewodem środkowym może stać się niepewną,

E. E. MARTIN (W. Brytania). Radiokomunikacja stosowana w energetyce [5]

Zastosowanie radiokomunikacji dla potrzeb energetyki może być dwójakiego rodzaju: a) radiokomunikacja pomiędzy stacjami energetycznymi jako połączenie rezerwowe w razie uszkodzenia łączności normalnej, b) radiokomunikacja z grupami i pomiędzy grupami personelu technicznego pracującym w terenie.

Ten ostatni rodzaj łączności jest bardzo pożądanym, szczególnie w przypadkach, gdy np. grupa techniczna pracuje na linii dwutorowej i gdy jeden tor tej linii jest pod napięciem. Jeżeli np. zdarzy się, że w czasie wykonywania prac tor czynny wypadnie z ruchu, wówczas może powstać przypuszczenie, iż zaszedł wypadek przy pracy. W takim przypadku ponowne włączenie nie może nastąpić, dopóki nie zostanie nawiązane porozumienie z daną grupą techniczną, co przy braku szybkiej łączności spowoduje niepotrzebną zwłokę w dostawie energii. Podobna niepotrzebna zwłoka zachodzi również zawsze po zakończonej naprawie linii — od chwili, gdy grupa techniczna skończyła swe prace, do chwili, gdy zameldowała o zakończeniu pracy. Duża strata czasu może powstać również przy badaniach izolatorów na linii pod napięciem przy pomocy aparatów w. cz. Jeżeli w czasie badań napięcie na linii badanej zostanie wyłączone na pewien czas (np. z powodu burzy lub nieoczekiwanego obciążenia), to pomiary izolatorów kontynuowane w stanie beznapięciowym będą fałszywe i praca pójdzie na marne.

Może również zająć przypadek niespodziewanej konieczności szybkiego włączenia napięcia na linię w tym czasie, gdy na linii tej pracują robotnicy. Dzięki łączności radiowej grupy pracujące w terenie mogą bezpośrednio podawać swoje obserwacje, żądać dostarczenia potrzebnych narzędzi itp.

Bardzo duże usługi może również oddać radiokomunikacja o niewielkim zasięgu przy budowie linii, np. przy naciąganiu przewodów nad torem kolejowym, drogą lub rzeką, gdy nieodzowne jest porozumiewanie kierownicy ciągnika, naciągającego przewód z ludźmi znajdującymi się na słupach, lub gdy za pomocą głośników można sprawnie kierować pracą personelu rozrzuconego na znaczniejszej przestrzeni itp.

Radiokomunikacja dla użytku energetyki korzysta zwykle z bardzo wielkich częstotliwości rzędu 30 do 300 Mc/s. Dzięki ich kierunkowemu promieniowaniu zredukowane są możliwości wzajemnych interferencji.

Ze względu na zastosowanie bardzo wielkich częstotliwości wymiary i moc aparatów nadawczo-odbiorczych są niewielkie, a mimo to uzyskuje się zadawalające wyniki na znacznych odległościach. Obsługa jest bardzo prosta i nie różni się od obsługi zwykłego aparatu telefonicznego.

Typowa sieć radiokomunikacyjna dla energetyki polega na rozmieszczeniu pewnej liczby aparatów nadawczo-odbiorczych w określonych stacjach energetycznych. W analogiczne urządzenia wyposażone są samochody grup terenowych.

Pierwsze próby rozpoczęte były przez Central Electricity Board w Anglii w r. 1938 na odległość 105 km. Ze wzglę-

du na dużą pagórkowatość terenu, zastosowano częstotliwość 2,13 Mc/s przy mocy nadawanej 25 W. Okazało się jednak, że ze względu na interferencje z innymi stacjami komunikacja była możliwa tylko przy pomocy alfabetu Morse'a na prądzie nośnym ciągłym.

Po wojnie zarzucono ten zakres częstotliwości i wprowadzono przez British Electricity Authority urządzenia pracujące w zakresie 70 do 90 Mc/s. Pewne próby poczyniono w paśmie 150 Mc/s przy pomocy nadawczej 8 W, jednak okazało się, że te częstotliwości nie nadają się do komunikacji ruchomej. Mogą one być jednak wykorzystywane do komunikacji wielokanałowej, do sterowania i pomiarów zdalnych itp. Wykonano również modelowe urządzenia stałe na częstotliwość 9000 Mc/s dla celów telefonii, pracujące przy mocy nadawanej 50 mW i przy zastosowaniu parabolicznego reflektora wiązkowego. Przypuszczalny zasięg tego urządzenia wyniesie ok. 16 km i znajdzie ono również zastosowanie do wybiórczego zabezpieczenia linii wysokiego napięcia telemetrii itp. Należy bardzo silnie podkreślić konieczność wyłącznego stosowania tylko przez energetykę pewnych ustalonych częstotliwości ze względu na bezpieczeństwo pracy i ludzi.

Dla potrzeb energetyki wprowadzono dwa sposoby pracy tych urządzeń: „simplex“ z jedną częstotliwością nośną i „duplex“. Zaletą „simplexu“ jest prostota w budowie urządzeń i konieczność streszczania przekazywanych wiadomości, podawania ich w formie ściśle sprecyzowanej, co ma duże znaczenie w służbie eksploatacji energetycznej. Możliwe są też rozmowy zbiorowe, tzw. „towarzyskie“ pomiędzy kilkoma stacjami.

Przy systemie „duplex“ przesyła się wiadomości tak, jak w układzie cztero-drutowym, tzn. nadajniki i odbiorniki pracują jednocześnie na dwóch różnych częstotliwościach i za pomocą dwóch oddzielnych anten. Można tu zatem mówić i słuchać jednocześnie tak, jak na linii telefonicznej.

Praktyka wykazała, że dla energetyki wystarcza przeważnie system „simplex“ z jedną częstotliwością, znacznie tańszy od systemu „duplex“. Zastosowanie na stacji nieruchomej urządzenia do samoczynnego przełączania „nadawanie—odbiór“, sterowanego głosem, upraszcza obsługę.

Stosuje się zarówno urządzenia z modulacją amplitudy, jak też z modulacją częstotliwości. Przeprowadzono szereg badań terenowych przy obu systemach modulacji, polegających na pomiarach stosunku napięcia sygnału do napięcia szumu. Stwierdzono, że w ośrodkach silnych zakłóceń stosunek ten jest lepszy dla systemu z modulacją częstotliwości o 10—12 db. Dla średniej zrozumiałości wystarczy, jeśli stosunek ten będzie wynosił 20—12 db. W systemie z modulacją amplitudy wynosi on ok. 18 db przy odległości 8 km od stacji nadawczej na terenie miejskim. Lepsze rezultaty można uzyskać przez stosowanie w zakresie 70—90 Mc/s większych mocy nadawanych (50—100 W). Dla praktyki przeciętnej istnieje dążność do stosowania raczej urządzeń z modulacją amplitudy ze względu na to, że nie wymagają one kosztownych i skomplikowanych odbiorników.

Do roku 1949 B. E. A. rozporządzał ogółem 112 stacjami ruchomymi i 32 nieruchomymi, pracującymi w 17 grupach na terenie różnych obszarów Anglii. Moc nadawana stacji nieruchomych wynosiła zwykle 10, 12 lub 50 W. Stacje ruchome zasilane były z baterii akumulatorowych samochodowych 6 lub 12 V. Oprócz wyżej wymienionych urządzeń zastosowano również zespoły radiowe nadawczo-odbiorcze noszone w ręku oraz urządzenia półprzewodnikowe.

Na ogół przy użyciu urządzeń omawianego typu uzyskuje się zasięg ok. 25 km, a w okolicach silnie zabudowanych (np. Londyn) ok. 11—16 km. Przy wysoko umieszczonej antenie stacji nieruchomej można uzyskać zasięg nawet 80 km. W środkowej Anglii (teren pagórkowaty) obszar zasięgu jednego urządzenia wynosi średnio 1110 km<sup>2</sup> i waha się w zależności od terenu w granicach od 350 km<sup>2</sup> do 2300 km<sup>2</sup>.

PRÉVOST i ANDRÉ (Francja). Wpływ przewodności gruntu na napięcia indukowane przez linie energetyczne w obwodach telekomunikacyjnych; wyniki doświadczeń [6]

Szybki rozwój sieci wysokiego napięcia (we Francji w okresie 1950—1953 r. mają być wybudowane linie na

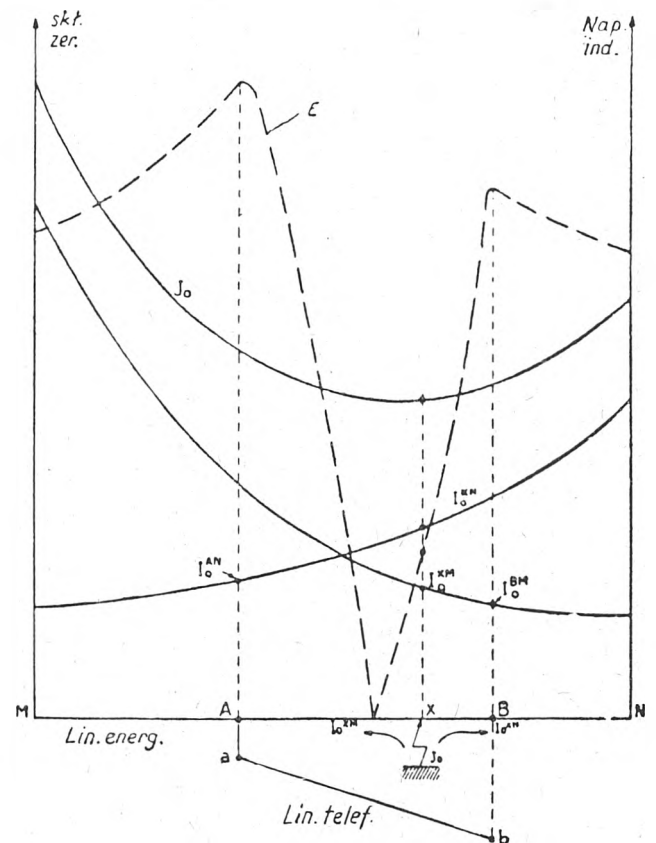
225 kV o długości 2600 km, na 150 kV — 1000 km i na 90 kV — 250 km) zmusza do uwzględnienia przy wytyczeniu trasy linii również i sprawy zakłóceń w obwodach telekomunikacyjnych. Według zaleceń C. C. I. F. (1938 r.) w przypadku zwarcia linii wysokiego napięcia z ziemią napięcie indukowane w obwodzie telekomunikacyjnym nie powinno przekroczyć wielkości 430 V. We Francji w telekomunikacyjnych liniach kablowych dopuszcza się obecnie znacznie większą wielkość tego napięcia, a mianowicie rzędu 700 V, co podyktowane jest wytrzymałością dielektryczną kabli znormalizowanych.

Napięcie indukowane w linii zakłócającej określa wzór:

$$E = \omega I k M L \quad (V),$$

gdzie  $I$  — prąd w przewodzie wysokiego napięcia (A),  
 $k$  — współczynnik ( $< 1$ ) uwzględniający oddziaływanie ekranujące różnorodnego pochodzenia,  
 $M L$  — współczynnik indukcyjności wzajemnej (w H) pomiędzy obwodem zakłócającym, utworzonym przez linię wysokiego napięcia, a obwodem zakłócanym, utworzonym przez linię telekomunikacyjną — przy drodze powrotnej przez ziemię.

Przy wyznaczaniu prądu  $I$  w przewodzie wysokiego napięcia należy według zaleceń C. C. I. F. wziąć pod uwagę jego największą możliwą wartość. W przypadku, gdy linia energetyczna i telekomunikacyjna biegną równolegle,



Rys. 16. Wykres składowych zerowych prądów zwarcia i napięć indukowanych w linii telefonicznej w zależności od miejsca zwarcia linii energetycznej

skł. zer. — wartość bezwzględna składowych zerowych prądów zwarcia  $I_0$ ,  $I_0^{XM}$ ,  $I_0^{XN}$  (krzywe ciągłe)

Nap. ind. — wartość bezwzględna napięć indukowanych  $E$  (krzywa przerywana)

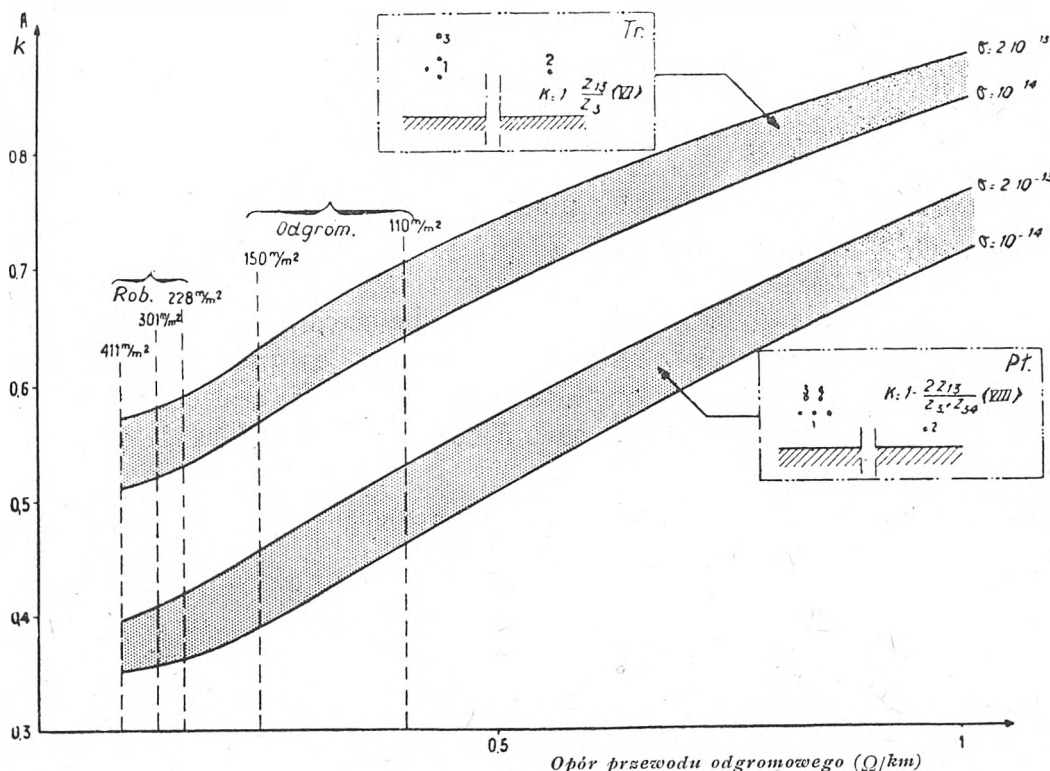
prąd ten jest nie większy niż 3-krotna wielkość składowej zerowej  $I_0$  prądu zwarcia w warunkach największej asymetrii. Prąd zwarcia w poszczególnych liniach można wyznaczyć przez scharakteryzowanie sieci według systemu składowych symetrycznych zerowych, dodatnich i ujemnych przy pomocy układu złożonego z ogniw oporności pozornych, przedstawiających wszelkie maszyny elektryczne wirujące i niewirujące. Rozwiązanie tego układu może być dokonane analitycznie lub też — znacznie prościej — za

pomocą analizatora sieciowego. Wychodząc z oporności pozornych danej linii i sprowadzonych do danego przypadku oporności pozornych całej sieci, można wykreślić zespół krzywych (rys. 16) przedstawiających w zależności od miejsca uziemienia  $x$ , składową zerową  $I_0$  oraz jej podział na prąd  $I_{0i}^{XM}$  — po stronie punktu  $M$  i na prąd  $I_{0i}^{XN}$  — od strony punktu  $N$ . Napięcie  $E_x^X$  indukowane w linii telekomunikacyjnej  $a-b$  (rys. 16) przy zwarciu z ziemią linii energetycznej  $M-N$  w punkcie  $x$  określone będzie wówczas wzorem:

$$E^X = 3\omega \left[ I_{0i}^{XM} \sum_A^X k ML - I_{0i}^{XN} \sum_X^B k ML \right].$$

Funkcja ta posiada dwa maksyma, odpowiadające zwarciom na końcach odcinka równoległego przebiegu obu linii. Prądy  $I_{0i}^{AN}$  i  $I_{0i}^{BM}$  należy wyznaczyć dla przypadku najbardziej niekorzystnego. W wielu liniach francuskich prądy osiągnęły wielkość 3000 do 5000 A.

Współczynniki — indukcyjności wzajemnej  $ML$  oraz  $k$  — zależą w dużym stopniu od przewodności gruntu.



Rys. 17. Wartość współczynnika redukcji  $k$  w zależności od oporności przewodu odgromowego linii wysokiego napięcia

$Tr.$  — trójkątne rozstawienie przewodów  
 $Pl.$  — płaskie rozstawienie przewodów  
 $Odgrom.$  — przewody odgromowe stalowo-aluminiowe  
 $Rob.$  — przewody normalne, używane jako przewody robocze linii wysokiego napięcia

1 — linia zakłócająca  
 2 — linia zakłócana  
 3, 4 — przewody odgromowe  
 $Z_i$  — opór charakterystyczny własny obwodu  $i$   
 $Z_{ij}$  — opór sprzężenia wzajemnego pomiędzy obwodami  $i$  oraz  $j$

Prąd płynący w ziemi pod wpływem pola elektrycznego jest proporcjonalny do natężenia tego pola. Współczynnikiem proporcjonalności  $\sigma$  będzie wartość przewodności gruntu. Przewodność gruntu zmienia się w szerokich granicach i zależy w dużej mierze od opadów. Wskutek tego obliczenie oporności pozornych obwodów, w których ziemia występuje jako przewód powrotny, staje się rzeczą praktycznie niemożliwą.

Trudne i niewygodne w praktycznym zastosowaniu wzory do określenia teoretycznej wartości  $ML$  zostały ujęte w postaci szeregu nomogramów, dołączonych do załącznika C. C. I. F. Nomogramy te przedstawiają zależność współczynnika liniowego indukcyjności wzajemnej  $M$  od odległości  $d$  pomiędzy przewodem zakłócającym i zakłócanym dla różnych wartości przewodności gruntu  $\sigma$ . Metoda obliczeń polega na sprowadzeniu odcinków zbliżenia linii do elementarnych trapezów powstałych przez rzu-

townie odcinków linii zakłócającej na kierunek linii zakłócającej. W trapezach tych podstawy są prostokątne do linii zakłócającej, a bokami są części obwodu, które można traktować jako linie proste. W przypadku równoległości w figurach elementarnych (wprowadzając oznaczenia za pomocą indeksu  $i$  otrzymujemy: odległość  $d_i$  — jest średnią geometryczną podstaw trapezu, długość  $l_i$  — jest wysokością trapezu) współczynnik  $ML$  dla danej przewodności  $\sigma$  będzie miał postać:

$$ML = \sum (M_i l_i).$$

Sposób obliczenia jest prosty, ale wyniki w dużym stopniu zależą od przewodności  $\sigma$ .

Zmienność przewodności  $\sigma$  wpływa również w złagodzonej formie na współczynnik  $k$ , za pomocą którego uwzględnione są czynniki redukujące napięcie indukowane. Efekt redukcyjny, wyrażony współczynnikiem  $k$ , może być wytłumaczony fizycznie w ten sposób, że wszystkie przewodniki uziemione na swych końcach i umieszczone w polu przewodu zakłócającego spełniają rolę ekranów i za pośrednictwem indukowanych w nich prądów wpływają redukująco na wielkość pola zakłócającego\*).

W celu praktycznego zbadania omawianego zagadnienia przeprowadzono w terenie następujące pomiary:

a) oporności uziemień, która jest odwrotnie proporcjonalna do przewodności gruntu,  
 b) własności obwodu ziemno-powrotnego, pozwalających na określenie średniej przewodności gruntu na całej długości linii,  
 c) napięć indukowanych w linii zakłócającej przy danym prądzie w przewodach zakłócających. Bezpośrednie pomiary tych napięć dają w wyniku odpowiednie wielkości  $ML$  oraz  $\sigma$ .

Badania przeprowadzono na kilku liniach o napięciach roboczych 90, 150 i 225 kV. Na podstawie tych badań stwierdzono znaczne zmiany przewodności  $\sigma$  w czasie pomiarów. Wyniki osiągnięte przy pomiarach  $a$ ,  $b$  i  $c$  nie zupełnie były zgodne.

\* Referat podaje wzory do obliczania współczynnika  $k$ .

W końcowej części referatu podano rozważania na temat środków zapobiegawczych przeciwko zakłóceniom w obwodach telekomunikacyjnych. Stosowanie środków zapobiegawczych już po wybudowaniu linii nie jest tak skuteczne, jak w przypadku z góry przewidzianego postępowania przy budowie linii.

Najprostszym środkiem zapobiegawczym jest odpowiednie oddalenie od siebie obu linii. Ponadto stosuje się następujące zabiegi: 1) wykonanie linii teletechnicznych jako kabli podziemnych, 2) zawieszenie przewodu ekranującego na słupach linii teletechnicznych, 3) zawieszenie przewodu odgromowego nad przewodami wysokiego napięcia.

W przypadku zastosowania kabli podziemnych efekt przeciwzakłóceniu jest tym większy, im większa jest grubość powłoki metalowej kabla. W kablach znormalizowanych grubość ta jest proporcjonalna do liczby przewodów, zatem efekt redukcyjny jest większy w kablach o większej pojemności. Pomiar współczynnika redukcyjnego  $k$  jest dość trudny i może być przeprowadzony dostatecznie dokładnie tylko wtedy, gdy linia kablowa telefoniczna przebiega tą samą trasą, co linia wysokiego napięcia. Współczynnik  $k$  zależy od przewodności  $\sigma$  oraz od warunków atmosferycznych.

Orientacyjnie można podać następujące wartości:

powłoka cienka	$\sigma = 10^{-14}$	$k = 0,4$
"	$\sigma = 10^{-13}$	$k = 0,45$
" o przekroju ok. 200 mm	$\sigma = 4 \cdot 10^{-13}$	$k = 0,27$

Drugi sposób zapobiegawczy polega na umieszczeniu przewodu ekranującego na słupach linii telefonicznej na powietrznej, uziemionego na obydwu końcach odcinka zbliżenia. Ponieważ w praktyce oporności uziemień przewodów ekranujących wynoszą kilka omów i są znacznie większe od oporności samych przewodów, przeto ich wpływ ochronny jest niewielki. Stwierdzono doświadczalnie, że zawieszenie przewodu ekranującego miedzianego o przekroju 40 mm<sup>2</sup> na długości 10 km odcinka zbliżenia, przy oporności uziemień na końcach 2  $\Omega$  dało wartość współczynnika  $k$  ok. 0,7. Inne próby wykonano w sąsiedztwie linii o napięciach 150 kV i 225 kV przez zawieszenie przewodu ekranującego o przekroju 80 mm<sup>2</sup> na długości 2 km; wartość współczynnika  $k$  wypadła 0,95. Ze względu na kosztowną budowę przewodów ekranujących i ich niewielki skutek nie stosuje się tego rodzaju zabezpieczenia w przypadkach krótkiego odcinka zbliżenia.

W celu zwiększenia sprzężenia pomiędzy przewodami ekranującymi i linią telekomunikacyjną stosuje się, np. w Ameryce, transformatory o trzech uzwojeniach.

Przewód odgromowy stalowy, umieszczony nad przewodami wysokiego napięcia, również posiada niewielki wpływ zapobiegawczy; zmniejsza współczynnik  $k$  o ok. 5%. Natomiast zastosowanie przewodu odgromowego stalowoalumiowego, podobnego do przewodów roboczych, wpływa znacznie korzystniej. Przebieg obliczonego teoretycznie współczynnika  $k$  w zależności od oporności 1 km przewodu odgromowego i przewodności gruntu podaje rys. 17. Badania doświadczalne potwierdzają z dostateczną dokładnością podaną zależność.

Jeżeli przewód odgromowy jest przyłączony do uziemionego punktu zerowego transformatora mocy, wówczas do wyżej opisanego wpływu dodaje się jeszcze wpływ prądu zwarcia z ziemią w punkcie wspólnym dla obu obwodów. Stwierdzono, że ten drugi wpływ ogranicza się do stosunkowo niewielkiej liczby przeseł linii wysokiego napięcia.

We wnioskach końcowych autorzy omawiają stosowaną obecnie metodę obliczania wpływu linii energetycznych, polegającą na wyznaczeniu największej możliwej wartości napięcia indukowanego w linii telekomunikacyjnej. W obliczeniach tych przyjmuje się największy możliwy prąd w linii energetycznej, najmniej korzystne położenie punktu zwarcia w linii energetycznej z ziemią oraz najgorszą przewodność gruntu w rozpatrywanym terenie. Napięcie indukowane w tych warunkach nie powinno przekroczyć dopuszczalnej wartości ustalonej w przepisach. Splot powyższych niesprzyjających okoliczności zachodzi w praktyce niezmiernie rzadko. Ponadto, ze względu na budowę coraz bardziej pewnych linii wysokiego napięcia oraz

ulepszonych urządzeń zabezpieczających linie telekomunikacyjne, autorzy wysuwają zastrzeżenie co do tego, czy w dalszym ciągu należy stosować się do ostatnio ustalonych przepisów, czy też je zmodyfikować. Istnieje bowiem szereg linii telekomunikacyjnych, które są narażone na napięcie indukowane powyżej 1000 V, w których jednak nigdy nie był uszkodzony żaden przyrząd. Ścisłe przestrzeganie obecnie obowiązujących przepisów jest bardzo kosztowne i pociągnęłoby za sobą np. we francuskiej sieci wysokiego napięcia, wymienionej na początku referatu, dodatkowe koszty w wysokości 500 milionów fr., tj. tyle, ile kosztuje budowa 125 km linii na 225 kV.

C. W. MARSHALL (W. Brytania). Wyniki badań zakłóceń w telekomunikacji (referat zgłoszony przez Międzynarodowy Komitet badawczy zakłóceń w telekomunikacji [7])

Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii oraz materiały zebrane przez członków Międzynarodowego Komitetu badawczego zakłóceń w telekomunikacji wskazują, że sieci wysokiego napięcia wywierają stosunkowo niewielki wpływ zakłócający na telekomunikację przewodową i radiokomunikację. Referat podaje statystykę zebranych zakłóceń na terenie W. Brytanii za okres 1949 r., obejmującą: 1) wypadki zwarcia przewodów wysokiego napięcia z obwodami telekomunikacyjnymi, 2) zakłócenia w liniach telekomunikacyjnych, powstałe wskutek napięć indukowanych przez linie energetyczne, 3) zakłócenia w radiokomunikacji oraz 4) zakłócenia w telewizji.

W pierwszej kategorii zakłóceń zanotowano jeden niezwykły wypadek, gdy drzewo spadło na przewody linii przesyłowej o napięciu 132 kV; przewody tej linii zetknęły się z przewodami linii rozsyłowej, a te ostatnie z przewodami telefonicznymi, co doprowadziło do zaburzeń i uszkodzeń sprzętu teletechnicznego. Inne nieliczne zresztą wypadki zwarcia (w liczbie 8) pomiędzy przewodami wysokiego napięcia i przewodami telefonicznymi zdarzały się tylko wtedy, gdy obie linie były zawieszane na wspólnych słupach. Ogółem stwierdzono zatem 9 wypadków zwarcia.

W drugiej kategorii zakłóceń zarejestrowano następujące wypadki indukowanych napięć zakłócających:

- 1) jeden wypadek w linii telefonicznej wskutek niezrównoważonych prądów w przewodzie zerowym linii na 7 kV (napowietrznej i kablowej);
- 2) kilka wypadków w obwodach sygnalizacji kolejowej wskutek czasowej przerwy w jednej fazie sąsiedniej linii energetycznej;
- 3) 4 wypadki w obwodach telefonicznych i sygnalizacyjnych kolejowych wskutek zwarcia z ziemią przewodów wysokiego napięcia.

Ogółem zanotowano 8 wypadków zakłóceń wskutek indukcji. Nie stwierdzono wypadków uderzeń akustycznych w słuchawkach telefonicznych. Ponadto zarejestrowano pewne zakłócenia (nie interesujące bezpośrednio Komitetu) w obwodach telefonicznych i sterowania zdalnego w. cz., wywołane wskutek harmonicznych, wytwarzanych przez prostowniki dużej mocy.

Do trzeciej kategorii zaliczono 3 wypadki zakłóceń w radiokomunikacji. Głównym powodem tych zakłóceń były wyładowania powierzchniowe na izolatorach wysokiego napięcia, uszkodzenia izolatorów lub złe styki w wyłącznikach, złączach liniowych itp. Pewne zakłócenia wywołane były przez transformatory małej mocy, umieszczone na słupach, przeważnie wskutek złego uziemienia rdzeni transformatorów. Zdarzył się również wypadek, gdy kabel wysokiego napięcia o złej izolacji był przez kilka tygodni źródłem zakłóceń, dopóki nie nastąpiło całkowite jego przebicie.

W czwartej kategorii zanotowano 28 wypadków zakłóceń w telewizji. Na ogół źródła zakłóceń były podobne jak w radiokomunikacji. Charakterystyczny był fakt, że w czasie rocznej obserwacji możliwy był, przy niewielkiej liczbie zakłóceń, odbiór telewizyjny na terenie podstacji napowietrznej o napięciu 132 kV w odległości ok. 50 km od stacji nadawczej.

Łącznie zanotowano w statystyce 98 wypadków zakłóceń na obszarze o powierzchni 171 500 km<sup>2</sup>, zamieszkałym przez 46,8 milionów mieszkańców; ogólna długość linii

o napięciu roboczym 132 kV wynosiła na tym obszarze ok. 5950 km, a o napięciu 60 kV i niższym — 115 000 km; całkowita moc zakładów energetycznych pracujących w tej sieci była równa 11 567 MW.

We wnioskach końcowych autor stwierdza potrzebę złączenia przepisów dotyczących środków zapobiegawczych przeciwko zetknięciu się przewodów wysokiego napięcia z przewodami telefonicznymi. Przepisy te bowiem były ustalone, nim stwierdzono doświadczalnie stopień pewności budowy linii wysokiego napięcia. Podobnie, zdaniem autora, należałoby złagodzić zalecenia C. C. I. F., dotyczące dopuszczalnych napięć wzdłużnych, indukowanych w przewodach telefonicznych, przy zwarciach z ziemią linii wysokiego napięcia.

#### SPIS REFERATÓW

[1] Chevallier A., Holleville M., Barrault F. Perturbations produites par les ondes parasites engendrées par

- les manoeuvres d'ouverture et de fermeture des sectionneurs et des interrupteurs des lignes à très haute tension sur les circuits d'entrée des liaisons à haute fréquence (ref. 337)
- [2] de Quervain A., Güttinger R. Mesures d'affaiblissement de fréquences porteuses sur la ligne à haute tension Schwägalp-Santis (ref. 310)
- [3] Mikkelsen M. A. Affaiblissement de la transmission par courants porteurs sur ligne d'énergie, spécialement pendant la formation de verglas et de givre sur les conducteurs (ref. 323).
- [4] Kühn H. Influence des défauts des lignes d'énergie sur les télécommunications H. F. (ref. 316)
- [5] Martin E. E. Radio-communications pour les réseaux d'énergie (ref. 319)
- [6] Prévost et André. Influence de la conductibilité du sol sur les tensions induites par les lignes d'énergie dans les circuits de télécommunications, résultats expérimentaux (ref. 343)
- [7] Marshall C. W. Rapport du Comité International d'Études No 11 sur les interférences téléphoniques et radiophoniques (ref. 346)
- [8] Poma M. Rapport sur les travaux du Comité International d'Étude des „Télétransmissions à haute fréquence“ (ref. 308)

INŻ. KORDECKI ANDRZEJ

## Zagadnienie łożysk ślizgowych w budowie wielkich maszyn elektrycznych

(Zastosowanie stopów łożyskowych o niskiej zawartości cyny)

Treść. Poruszono zagadnienie konstrukcji łożysk ślizgowych w wielkich maszynach elektrycznych pod kątem możliwości zredukowania do minimum ilości stopu łożyskowego przy jednoczesnym zredukowaniu do minimum ilości cyny w tym stopie.

О подшипниках скольжения. Затронут вопрос конструкции подшипников скольжения в крупных электрических машинах с точки зрения возможности сведения к минимуму количества подшипникового сплава при одновременном сведении к минимуму количества олова в этом сплаве.

The problem of parallel bearings. The problem of parallel bearing design for large electric machines, with a view to reducing to a minimum the quantity of bearing alloy and at the same time reducing to a minimum the tin content in alloys.

Problemy techniczne, wynikające z szeroko zakreślonego planu 6-letniego w dziedzinie budowy wielkich maszyn elektrycznych, należy w większości wypadków ocenić jako nowe, różnorodne, trudne, a przy tym bardzo poważne. Jednym z takich nowych problemów dotychczas nieistniejących w dziedzinie maszyn elektrycznych jest problem łożysk ślizgowych wielkich maszyn. Wykonywane dotąd maszyny małe i średnie, i to raczej wolnoobrotowe, posiadały z reguły łożyska o małych prędkościach obrotowych czopów i ich małych naciskach na panwie. Te niskie parametry nie wymagały szczególnie wzmoczonej baczności ani przy konstruowaniu łożyska, ani przy jego wykonaniu, ani wreszcie w eksploatacji maszyny. Dotychczasowa rutyna wykonania zupełnie wystarczała.

Sprawa nabrała jednak od razu ostrej formy z chwilą wejścia do programu produkcji wielkich maszyn, a więc dużych silników oraz turbogeneratorów średnich i wielkich mocy. Wielkość parametrów łożysk tych maszyn nakazuje traktować zagadnienie uważnie i starannie. Nie tu jednak spoczywa cała ciężar ważności. Trudności techniczne dotyczące całości łożysk ślizgowych wielkich maszyn elektrycznych wystąpiły w całej jaskrawości dopiero z chwilą zjawienia się konieczności jak najoszczędniejszej gospodarki cyną, będącą materiałem całkowicie importowanym.

Rozpatrując wszechstronnie zagadnienie łożysk wydaje się rzeczą słuszną zacząć od rzeczy gospodarczo najważniejszej, a więc od możliwości ograniczenia ilości cyny w łożyskach. Ograniczenie to można przeprowadzić — po pierwsze — dając możliwie najmniejszą, ale wystarczającą ilość stopu łożyskowego, po drugie — stosując stopy łożyskowe o możliwie małej procentowej zawartości cyny. Oba podane sposoby były za granicą z powodzeniem stosowane szczególnie w okresie ostatniej wojny światowej. Zastosowanie małej ilości stopu łożyskowego jest możliwe: a) przy racjonalnych wymiarach czopa, b) przy racjonalnych grubościach warstwy wylania, c) przy racjonalnej konstrukcji panwi.

Racjonalne wymiary czopa wynikają z obliczeń, natomiast grubości wylania należy przyjąć z doświadczeń. Stosowane grubości wylania według danych z praktyki niemieckiej [1] są zestawione w tabl. I. Wartości podane w tej tabelcy są w porównaniu z wartościami stosowanymi w obecnej naszej praktyce, np. dla średnic czopów do 250 mm, prawie dwukrotnie mniejsze. Również są one mniejsze od wartości podawanych w ostatnio wydanych podręcz-

nikach części maszyn. Zastosowanie tych niewielkich grubości jest możliwe tylko przy umiejętnym i starannym wykonaniu wylania, o czym będzie mowa niżej. Szczególnie ważne jest przygotowanie panwi do wylania (ocynowanie). Grubość wylania można jeszcze zmniejszyć, a z grubością rowków szczepnych można zejść nawet do zera, jeżeli ma się bezwarunkową gwarancję wykonania ocynowania i wylania bez zarzutu.

Od strony konstrukcyjnej możliwe jest zaoszczędzenie stopu łożyskowego w ten sposób, że w panwi nieobciążonej wylewa się tylko brzegi panwi, pozostawiając środek niewylany (rys. 1). Z konkretnych liczbowych porównań okazało się, że dotychczasowe panwie łożyskowe dla odpowiednich wielkości czopów posiadały od 2 do 4 razy więcej stopu łożyskowego niż konstruowane na podstawie podanych wskazówek.

Omówiony sposób zaoszczędzenia cyny przez zmniejszenie ilości stopu łożyskowego nie budzi na ogół zastrzeżeń, natomiast oszczędzanie cyny przez wprowadzenie stopów o niskiej i najniższej zawartości cyny spotyka się z wielu wątpliwościami, zastrzeżeniami, a nawet zdecydowanym

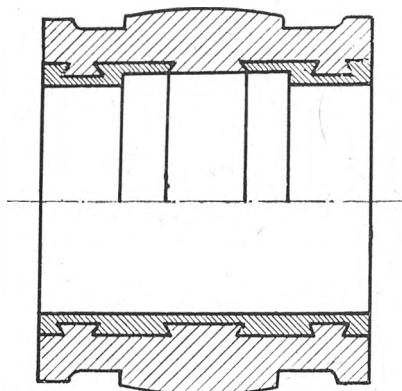
Tablica I

Średnica łożyska D (mm)	Grubość wylania bez rowków szczepnych a (mm)	Grubość rowków szczepnych b (mm)
Do 150	3	3
150-250	4	4
250-400	5	5
400-500	6	6
ponad 500	7	7

sprzeciwem, szczególnie ze strony warsztatowców. Warto rozpatrzeć powody takiego stanu rzeczy i przeanalizować krytycznie tak bardzo dla naszego przemysłu aktualne zagadnienie stosowalności stopów łożyskowych o niskiej zawartości cyny.

Pracę łożyska można zgrubsza podzielić na dwa okresy: 1) w obszarze obrotów od zera do takiej liczby, przy której czop zaczyna się unosić na klinie oliwnym; jest to obszar

pólsuchego smarowania (przebieg tarcia w tym obszarze jest bardzo skomplikowany), oraz 2) zaczynający się od chwili, kiedy czop osiągnął swe obroty znamionowe; jest to obszar smarowania płynnego. Nie będziemy tu rozpa-



Rys. 1

trywać przypadków, w których nie występuje pływanie czopa, jak np. w maszynach ciężkich, wolnobieżnych lub rewersyjnych.

Obszar smarowania płynnego w wypadku poprawnej konstrukcji łożyska nie jest zbyt wrażliwy na pewne nawet dosyć znaczne uchybienia w wykonaniu wylania, zachowania szczeliny, zastosowania niezupełnie odpowiedniego smaru; łożysko w obszarze smarowania płynnego wykazuje znaczną elastyczność w eksploatacji, a materiał stopu łożyskowego nie jest istotny dla pracy łożyska.

Natomiast w obszarze smarowania pólsuchego wszystkie niedociągnięcia konstrukcyjne, wykonawcze i eksploatacyjne posiadają wielki wpływ na pracę łożyska. W obszarze tym decydującą rolę odgrywa współczynnik tarcia między czopem a panwią, rosnący gwałtownie ze spadkiem obrotów. Ponieważ doświadczenie wykazało, że rodzaj smaru nie ma wpływu na tarcie pólsuche, więc odpada możliwość złagodzenia tarcia na tej drodze. Również doświadczenie wykazało, że materiałem najlepiej znośnym warunki pracy przy tarcu pólsuchym jest stop łożyskowy o 80-procentowej zawartości cyny<sup>\*</sup>). Stopy o większej i mniejszej zawartości cyny wykazują gorsze własności, przy czym pogorszenie własności nabiera charakteru ustalonego tak, że stopy 60-, 40-, wzgl. 10-procentowe posiadają niewiele się różniące własności, a nawet 40-procentowy stop gorzej miał się zachowywać od 10-procentowego.

Ten ustabilizowany przebieg własności był powodem, że z niemieckich norm został wykreślony stop 40-procentowy i normy DIN 1703 U, a następnie DIN 1728 z roku 1944 przewidują tylko dwa stopy, a mianowicie o zawartości 80% cyny (dla łożysk specjalnie odpowiedzialnych) i stop o zawartości 10% cyny. Podobnie norma sowiecka OST/NKTP 2721, zastąpiona normą GOST 1320-41, podaje stop o zawartości 83% cyny, a następnie dopiero stop zawierający 16% cyny. Ze względów oszczędnościowych stosowanie stopów 80-procentowych, poza szczególnymi wypadkami, winno być wykluczone, pokonania więc niebezpieczeństwa w obszarze tarcia pólsuchego należy szukać na innej drodze.

Obecny stan wiedzy technicznej i umiejętności wykonawczych dostarcza dostatecznych możliwości, zapewniających bezpieczny przebieg pracy łożyska w obszarze tarcia pólsuchego. Możliwości te można podzielić na konstrukcyjne, wykonawcze i eksploatacyjne. Wysiłki konstrukcyjne zmierzają do uzyskania jak najwęższego obszaru smarowania pólsuchego przez osiągnięcie jak najniższych obrotów, przy których czop wału jeszcze by pływał. Maszyna, która posiada niskie obroty sływu czopa, posiada odpowiednią odporność podczas ciężkich rozruchów względnie podczas wybiegu bez obciążenia, ponieważ praca tarcia w obszarze tarcia pólsuchego trwa krótko. Niskie obroty sływu czopa uwarunkowane są całym szeregiem parametrów, na które konstruktor posiada wpływ, jak wielkość szczeliny, wiel-

kość nacisku, wielkość prędkości obwodowej, lepkość smaru oraz gładkość powierzchni czopa i panwi. Luz w łożysku stanowi szczególną troskę konstruktora, albowiem nie wystarczy określić jej teoretycznej wielkości, lecz trzeba uwzględnić również wpływ tolerancji wykonania wymiaru, tolerancji kształtu, pośredni wpływ chropowatości, nierównoległości osi czopa i panwi, wynikających z tolerancji wymiarów wchodzących w skład konstrukcyjnego łańcucha wymiarów (wymiarów jednego łożyska, płyty fundamentowej drugiego łożyska), z niedokładności montażowych, wreszcie z odkształceń wału, łożysk i płyt. Konstruktor przez zastosowanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych, eliminujących lub kompensujących szkodliwe wpływy, może uzyskać potrzebną i wystarczającą wielkość, kształt i dokładność luzu.

Racjonalne rozwiązanie łożyska i łożyskowania przez konstruktora jest warunkiem koniecznym dla dobrego działania łożyskowania. Natomiast warunkiem wystarczającym jest należyte wykonanie i eksploatacja.

Należyte wykonanie łożyska, a szczególnie wylanie panwi i obróbka powierzchni ślizgowych, nie powinno nastroczać warsztatowi trudności. A jednak uważa się często, że „wylanie” i obróbka mechaniczna — zwłaszcza przy stopach małowynowych — jest związana z pewnymi nawet znacznymi trudnościami, które nie zawsze dadzą się całkowicie pokonać. Takie mniemanie jest o tyle uzasadnione, że łożyska stosunkowo często zawodzą wskutek niedocenywania ważności pozornie drobnych szczegółów, np. podczas cynowania, wylewania, chłodzenia, obrabiania powierzchni ślizgowych do żądanych gładkości itp.

Stosowane obecnie nieznaczne grubości warstwy wylania i rowków szczepnych wymagają dokładnego złączenia wylania z panwią. Połączenie czysto mechaniczne przy pomocy samych rowków szczepnych nie jest wystarczające. Wylanie musi być przyspawane (przylutowane) do panwi. Ponieważ panwie w dużych maszynach elektrycznych z reguły są wykonywane z żeliwa, które źle się wiąże z „wylaniem”, powierzchnie panwi pod wylanie należy szczególnie starannie przygotować przez odpowiednie pocynowanie bezwzględnie stopem z 80% cyny i 20% ołowiu [2], chociaż praktyka sowiecka stosuje 30% Sn i 70% Pb [7].

Przed ocynowaniem powierzchnia panwi musi być dokładnie odtłuszczona (jeżeli do chłodzenia podczas obróbki był użyty olej). W wypadku utlenienia lub tym bardziej zardzewienia należy nalot usunąć, trawiąc go np. rozcieńczonym kwasem siarkowym, a następnie dokładnie spłukać czystą wodą. Panwie mniej więcej do 300 mm średnicy wylania cynuje się przez zanurzenie w roztopionej cynie, panwie o większych średnicach — przez natrysk lub pocieranie stopem cynowym w prętach. Powierzchnie panwi, które nie mają być ocynowane, należy przy cynowaniu przez zanurzenie i natrysk powlec substancją ochronną np. roztworem wodnym kredy szlamowanej i kleju stolarskiego, natomiast powierzchnie, które mają być pocynowane, należy powlec np. roztworem chlorku cynku. Panwie do cynowania muszą być zagrzone równomiernie w piecach: mniejsze i lżejsze do temperatury 280—300°C, większe i cięższe do temperatury 240—280°C. Nie wolno przekraczać temperatury 300°C ze względu na powstającą zgorzelinę.

Sam proces wylewania panwi odbywa się w specjalnych formach, w których dokładnie środkuje się panew i pustę rdzeń stalowy oszlifowany, a nawet chromowany. Rdzeń winien posiadać nieznacznie mniejszą średnicę, tak aby dodatek na obróbkę (jednostronny) nie przekraczał 0,75 mm, 1 mm i 2 mm dla średnic panwi odpowiednio do 100 mm, do 200 mm i powyżej 200 mm. Podczas wylewania panew winna posiadać taką temperaturę, jak przy jej cynowaniu, stop łożyskowy natomiast powinien mieć temperaturę zależną od jego rodzaju i wskazań producenta (np. dla stopu 10% Sn około 420 do 450°C) i nie może być przegrzany ponad 480°C. Temperatura formy i rdzenia powinna wynosić około 150 do 200°C. Powyższe temperatury muszą być mierzone i dotrzymane.

Panwie należy wylewać szybko, najlepiej po całym obwodzie rdzenia przy wylewaniu spływającym (z góry), lub całym przekrojem wylania przy wylewaniu wstępującym (z dołu). Bezpośrednio po wylaniu należy panew i całą formę intensywnie, ale równomiernie chłodzić np. silnym strumieniem powietrza. Szybkie ochłodzenie wylania za-

<sup>\*</sup>) Zanieczyszczenie ołowiem nie może przekraczać 0,35% (1,7), ponieważ powoduje to obniżenie własności stopu do wartości stopów niskoprocenowych.



pobiega likwacji i powstawaniu dużych kryształów, co przy małych grubościach wylania i bardzo małych dodatkach na obróbkę zapewnia jednakową strukturę materiału powierzchni ślizgowej. Takie właśnie wylanie znosi najlepiej wzrosty nacisków. Ostudzonych wylanych panwi nie należy poddawać dalszym zabiegom termicznym, ponieważ własności mechaniczne, zwłaszcza dla ołowianych stopów łożyskowych, pogarszają się ze wzrostem temperatury. Wylana panew winna w dalszej obróbce mechanicznej uzyskać powierzchnię ślizgową o określonej przez konstruktora średnicy i gładkości. Obie te wielkości muszą być ściśle dotrzymane i w żadnym wypadku nie mogą być pozostawione do subiektywnego uznania wykonawcy. Szczególnie ważną sprawą jest gładkość powierzchni.

Gładkość powierzchni została w ostatnich czasach w krajach wysoko uprzemysłowionych, jak ZSRR, USA i Wielka Brytania, ujęta liczbowo przez wprowadzenie ogólnopństwowych norm gładkości opartych na maksymalnych, średnich lub skutecznych (średnich kwadratowych) wielkościach chropowatości. Równocześnie z normami zostały skonstruowane przyrządy, umożliwiające liczbowe stwierdzenie gładkości. Norma przewiduje dla odpowiedniej klasy gładkości określony znak gładkości.

Z opublikowanych dotychczas polskich prac, dotyczących znormalizowania gładkości, istnieją jedynie normy maszynowe (PN/M) oraz projekt normy gładkości prof. Biernawskiego [6]. Norma maszynowa podaje trzy znaki gładkości (pomijając znaki zgrubne), których znaczenie jest czysto formalne, ponieważ nie mając odpowiedniej liczbowej wartości spełniają nadal rolę jedynie znaków obróbki. Projekt prof. Biernawskiego wprowadza 6 klas gładkości,

Tablica II

Rodzaj obróbki	Klasa gładkości skutecznej			
	10	9	8	7
	0,2 μ	0,4 μ	0,8 μ	1,6 μ
Toczenie i wytacz. diamentem	x	x	x	x
Szlifowanie	zgrubne			x
	dokładne		x	x
	bardzo dokładne	x	x	
Toczenie i wytaczanie bardzo dokładne				x
Krażkowanie (wałkowanie)		x	x	x
Docieranie (lapping) zgrubne	x			
Polerowanie dokładne	x	x		
Obciąganie (honing) wstępne	x			

oznaczonych kolejno przez trzy trójkąty „puste“ i trzy zaczerpnięte i opartych na wielkościach liczbowych. Nie wdając się w rozpatrywanie słuszności przyjętego systemu przez prof. Biernawskiego (największa wielkość chropowatości oraz 6 klas gładkości), trzeba stwierdzić, że zostało zapoczątkowane pewne konkretne i realne rozwiązanie, jakkolwiek sprawa jest nadal otwarta i oczekuje ostatecznego załatwienia.

Obecnie konstruktor w Polsce jest pozbawiony możliwości jednoznacznego określenia gładkości powierzchni, a wykonawca i kontrola — obiektywnego stwierdzenia jej stanu faktycznego, jeżeli fabryka nie ma swych wewnętrznych norm. Konstruktor w dalszym ciągu określa gładkość powierzchni przez przepisanie odpowiedniego rodzaju obróbki, a kontrola w najlepszym wypadku — przez porównanie z wzorcem.

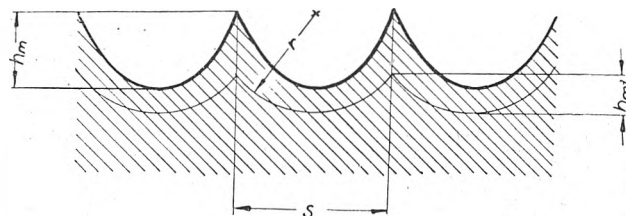
Panuje mniemanie, że powierzchnie panwi i czopa powinny ze względu na wymaganą małą ścieralność posiadać możliwie najwyższą gładkość zarówno przy tarcniu płynnym, jak i półsuchym, gdzie specjalnie zależy na dobrej adhezji smaru.

Z drugiej strony doświadczenia amerykańskie z fabryk samochodowych, przeprowadzone przez Ch. A. Chayne'a (fabryka Buick), wykazały [5], że najmniejsza ścieralność

panwi i czopa występuje przy gładkości mającej nierówność skuteczną  $h_{sk} = 1-2\mu$ , co odpowiada siódmej klasie gładkości wg norm radzieckich GOST 2739-45, przy istniejących 14 klasach. Chayne tłumaczy to zjawisko obecnością mikroskopijnych wgłębień i rowków na powierzchni czopa i panwi, które rozpraszają smar, a w wypadku przerwania warstwy smaru są zbiorniczkami powodującymi jej szybkie zcałenie. Faktem jest, że powyższe doświadczenia spowodowały obniżenie stosowanych do tej pory gładkości w fabryce Buick. Spowodowało to nie tylko potanie obróbki, lecz również przedłużyło czas eksploatacji.

Dotychczasowa praktyka w budowie łożysk przodujących wytwórni maszyn elektrycznych wykazuje, że gładkości powierzchni panwi i czopów wyrażone przy pomocy gładkości skutecznej wynoszą  $h_{sk} = 2-0,2\mu$ , tj. wg norm radzieckich mieszczą się w klasach od 7 do 10-iej, przy czym wysokie klasy gładkości stosowane są w przypadkach szczególnych. W świetle wyników doświadczeń Chayne'a gładkości te można uważać za racjonalne.

Ze względu na brak polskich norm gładkości warto podać (opierając się na normach radzieckich) rodzaje obróbki jako namiastkę oznaczeń gładkości (tabl. II). Z przytoczonych rodzajów obróbki panwi w łożyskach dużych maszyn elektrycznych zupełnie wyjątkowo stosuje się obciąganie, stosunkowo częściej docieranie, normalnie jednak ze względu na gładkość stosuje się toczenie wykańczające twardymi nożami (np. widia Gr) o minimalnym posuwie rzędu 0,03 mm, małej grubości skrawania rzędu 0,05 mm oraz dużych prędkościach obwodowych rzędu 120 m/s. Dla wygładzenia uprzednio dokładnie obrobionej



Rys. 2

powierzchni ślizgowej i dla jej zgęszczenia stosuje się również krążkowanie na zimno bardzo twardym krążkiem o polerowanej bieżni \*).

W sprawie gładkiego toczenia warto wspomnieć, że maksymalne teoretyczne wysokości wgłębień w kierunku posuwu są określone wzorem  $h_{mt} = s^2/8 \cdot r$ , gdzie  $s$  — wielkość posuwu noża,  $r$  — promień zaokrąglenia ostrza noża. Natomiast rzeczywiste maksymalne wysokości wgłębień  $h_m$  są z reguły nawet kilkakrotnie większe ze względu na niejednakowe unoszenie się materiału po przejściu noża. Materiał unosi się mniej na dnie, a więcej na grzbiecie wgłębienia po nożu (rys. 2). Według prof. P. E. Dzaczenki największa teoretyczna wielkość wgłębienia może się równać rzeczywistej  $h_{mt} = h_m$ , gdy  $s = 2 \cdot r$ , ponieważ materiał może się unosić wtedy jednakowo, a zatem  $h_m = h_{mt} = 0,18 s$ . Zakładając, że dla profilu skrawanego materiału w kierunku posuwu (skrawanie nożem zaokrąglonym) między gładkością maksymalną i skuteczną obowiązuje zależność  $h_m = 3,3 h_{sk}$ , można obliczyć dla danej klasy gładkości potrzebny posuw:

$$3,3 h_{sk} = 0,18 s, \text{ czyli } s \cong 18 h_{sk}.$$

Przykład 1. Dla 8-iej klasy gładkości wg norm radzieckich  $h_{sk} = 0,8 \mu$ :

$$s = 18 h_{sk} = 14,4 \mu = 0,0144 \text{ mm},$$

$$r = s/1,42 = 0,0144/1,42 \cong 0,01 \text{ mm}.$$

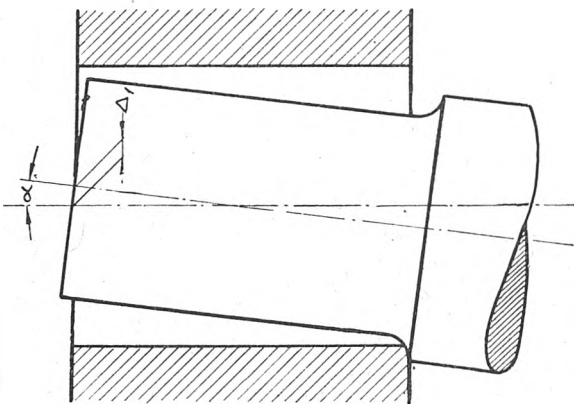
Przykład 2. Dla 7-mej klasy gładkości ( $h_{sk} = 1,6 \mu$ ):  $s = 0,029 \text{ mm}$ ,  $r = 0,02 \text{ mm}$ .

Chcąc zatem uzyskać żadaną gładkość powierzchni wyłączenie przy pomocy skrawania, należy zastosować, jak widać z przykładów, posuw rzędu 0,01—0,03 mm i noże o promieniach zaokrąglenia wierzchołka 0,005—0,02 mm.

\* Szczególnie przy stopach z niklem, np. dla polskich Z80 i Z180 lub radzieckich BN, przy czym krążkowanie musi być wykonane ostrożnie.

Przytoczone przykłady nie uwzględniają chropowatości w kierunku ruchu roboczego. W praktyce liczyć się trzeba z większymi promieniami zaokrąglenia wierzchołka noża, dochodzącymi do dziesiątych części milimetra, co jednak powoduje pewne unoszenie materiału. W tym przypadku grubość warstwy skrawanej utrzymuje się w granicach około 2 razy mniejszych od promienia ( $g = r/2$ ). Zastosowanie noży diamentowych zapewnia największą gładkość toczenia, przy czym posuwy wynoszą około 0,01 mm.

Nadmienić wypada, że powszechnie stosowane skrobanie i doskrobywanie powierzchni ślizgowych ze stopów łożyskowych o małej zawartości cyny należy z reguły wy-



Rys. 3

kluczyć [1]. Przy obecnych możliwościach dokładnej obróbki można jedynie dopuścić do wykonania — za pomocą doskrobywania skrobakiem — wejścia dla smaru od rowka rozprowadzającego do powierzchni ślizgowej oraz do usunięcia tych nielicznych części powierzchni ślizgowych, które wskutek odkształcenia się ułożyskowania oraz drobnych niedociągnięć montażowych przejęły zbyt duże obciążenie podczas próby. Z całym naciskiem należy podkreślić, że skrobaka wolno użyć tylko jako narzędzia dla drobnej korekty i to przez pracownika doświadczonego i odpowiedzialnego, a w żadnym wypadku jako narzędzia pod-

montaż może mieć decydujący wpływ na pracę łożyska, zwłaszcza gdy panwie są osadzone w kadłubie łożyska na powierzchni cylindrycznej, a nie kulistej. Powierzchnia cylindryczna nawet bardzo krótka jest bardzo nieznacznie podatna i może kompensować tylko niewielkie nierównomierności.

Dla przykładu zostały rozpatrzone spotykane wielkości przesunięć i przekrzywień osi czopów i panwi od teoretycznej osi obu panwi. Przemieszczenia te wynikają z odkształceń, tolerancji wymiarów obrabianych poszczególnych części oraz niedokładności montażowych. Dla silnika średniej mocy, który posiada odstęp między łożyskami  $L = 2500$  przy długości czopa  $l = 220$  mm, średnicy czopa  $D = 160$  mm, promieniowym średnim luzie około 0,1 mm, przekrzywienie czopa z powodu ugięcia wału  $\text{tg } \alpha = 0,00019$ . Zakładając, że oś czopa w połowie jego długości przecina oś panwi (rys. 3), odchylenie osi czopa  $\Delta_1$  na jego końcach względem osi panwi wynosi

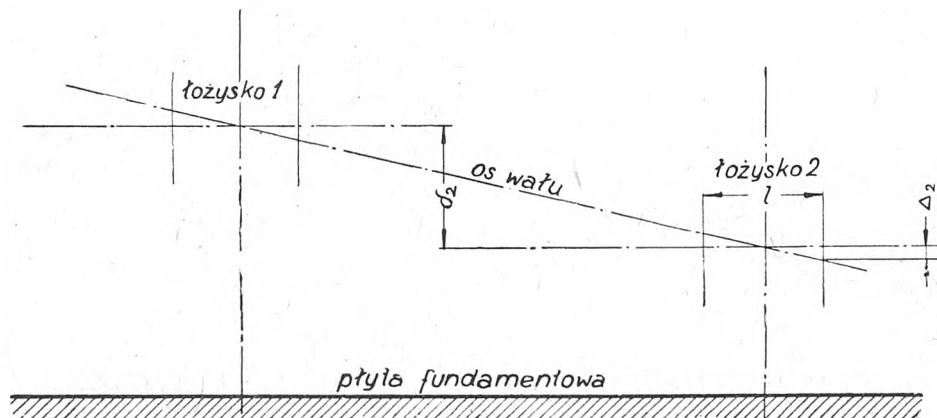
$$\Delta_1 = \text{tg } \alpha \times \frac{1}{2} \times 220 = 0,00019 \cdot 110 \cong 0,2 \text{ mm.}$$

Wielkość najmniejszego równoległego przesunięcia osi panwi obu łożysk  $\delta_2$  (rys. 4) przy założeniu, że łożysko wykonane w 9/8 klasie pasowań i zmontowano z płytą bez podkładek kompensujących, równa się tolerancji obliczonej z łańcucha konstrukcyjnego — panew i kadłub pierwszego łożyska, płyta fundamentowa, kadłub i panew drugiego łożyska — przy czym przyjęto, że płaszczyzny płyty fundamentowej pod obydwoma łożyskami są wykonane w jednej płaszczyźnie. W przytoczonym przypadku  $\delta_2 = 0,207$ .

Uwzględniając nierealność ostatniego założenia, można przyjąć, że przesunięcie osi obu łożysk może osiągnąć łatwo  $\delta_2 = 0,8$ . Stąd odchylenie czopa na jego końcach względem osi panwi wynosi

$$\Delta_2 = \delta_2 \cdot \frac{l}{2L} = 0,8 \cdot \frac{220}{2} \cdot \frac{1}{2500} = 0,035.$$

Jeżeli do tych odchyżeń dodać odchylenia wynikłe z odkształceń całego układu, pomijając nadal odchylenia wynikłe z niedociągnięć montażowych, to widać, że łatwo mogą one osiągnąć wartość 0,1 i więcej, co już jest równe wielkości promieniowej szczeliny omawianego silnika lub przekracza ją. Stąd jasno wynika, że przy dużych maszynach musi się w konstrukcji przewidzieć odpowiednią kompensację, a więc dla zmniejszenia  $\Delta_2$  trzeba przez odpowiednie podkładki kompensacyjne pod kadłuby łożysk



Rys. 4

stawowego. W miejscach doskrobanych powierzchnię wygładza się odpowiednimi gładzikami.

Trzeba sobie wyraźnie zdać sprawę, że całkowite skrobanie powierzchni ślizgowej lub choćby jej znacznej części z reguły powoduje pokaźne zmniejszenie ciśnienia klina oliwnego, spowodowane obecnością dodatkowych rowków, co niejednokrotnie jest jednym z głównych powodów uszkodzenia. W wypadkach wyjątkowych, gdy musi się skrobać całą panewkę, można to zrobić posługując się przy doskrobywaniu czopem zastępczym (nie pracującego wału) o średnicy równej średnicy powierzchni ślizgowej panewki. Gdyby po próbie okazało się, że należałoby doskrobać większą część panewki dla uzyskania normalnego nacisku i szczeliny, to przede wszystkim należy sprawdzić montaż (zakładając konstrukcyjną poprawność łożyska). Wadliwy

zmniejszyć  $\delta_2$ , co jest również konieczne dla zachowania równomierności szczeliny magnetycznej, szczególnie przy silnikach asynchronicznych. Wielkość  $\Delta_1$  można zmniejszyć przez kompensowanie oparte na nastawialności panwi (najlepiej czasie kuliste lub gorzej krótkie powierzchnie cylindryczne). Wpływ ogólnych odkształceń eliminuje konstruktor przez odpowiednią sztywność poszczególnych części.

Ażby nie komplikować i nie rozwlekać zbytnio rozważań, pominięto wpływ wynikłych z obróbki nierównoległości płaszczyzny i osi poszczególnych złożonych ze sobą części na zachowanie szczeliny w łożysku. Wpływ ten jest jednak znaczny i przy montażu trzeba się z nim poważnie liczyć. Pominięto również wpływ typowo montażowych błędów lub choćby tylko niedociągnięć, jak przechylenie lub prze-

krzywień, których w żadnym wypadku nie da się całkowicie uniknąć.

Z przytoczonych przykładów liczbowych i uwag ogólnych widać, że dla uzyskania gwarancji niezawodnej pracy montaż łożyskowania musi być wykonany wyjątkowo starannie i pieczołowicie. Końcowy montaż łożyskowania jest ściśle związany z okresem próbnym pracy powierzchni ślizgowych, podczas którego powstałe z końcowej obróbki nierówności wylania zostają rozciśnięte. To rozciśnięcie następuje podczas rozruchów i wybiegów maszyny przez metaliczny styk powierzchni ślizgowych (tarcie półsuche). Ażeby złagodzić przebieg próbnej pracy powierzchni, dodaje się do oleju 1—5% emulsji grafitu koloidalnego. Grafit wypełniając wgłębienia w powierzchniach ślizgowych zwiększa do pewnego stopnia ich gładkość, przede wszystkim jednak zwiększa adhezję smaru do metalu. Powoduje to obniżenie obrotów spływu wału, co jest równoznaczne ze zmniejszeniem tarcia półsuchego i obniżeniem współczynnika tarcia w tym obszarze.

Jakkolwiek grafit nie poprawia własności smarowych oleju, to jednak, zwłaszcza w przypadku przerwania warstwy smaru, łagodzi tarcie i dlatego warto, ażeby był stosowany również w eksploatacji. W rachubę wchodzi tylko grafit koloidalny, nie zaś grafit naturalny.

Racjonalna praca dobrze skonstruowanego i wykonanego łożyskowania zależy od odpowiedniego smarowania. Wadliwie smarowane łożysko wylane najlepszym stopem łożyskowym po stosunkowo krótkim czasie ulegnie wytopieniu, gdy łożysko wylane stopem z 10% lub nawet 5% Sn przy dobrym smarowaniu będzie pracować bez zarzutu. W eksploatacji należy używać smaru o takich własnościach, jakie zostały określone przez konstruktora i sprawdzone próbą końcową u wytwórcy. Użytkownik przez zmianę gatunku smaru, np. przez zmniejszenie lepkości i kropliwości, może doprowadzić do tego, że w łożysku nie będzie pływania czopa i łożysko w przeciągu krótkiego czasu wytopi się. Użytkownik musi zważać na to, aby smar był okresowo badany (lepkość, kwasowość, zanieczyszczenie itp.) i odnawiany.

Na ogół obserwuje się małą dbałość użytkownika o gatunek i stan smaru, nawet jeśli chodzi o maszyny duże; własności smaru bywają oceniane na oko (kolor, przejrzystość, gęstość). Jasne jest, że w wielkich maszynach specjalnie dla łożysk, wylanych stopami o niskiej zawartości cyny, musi być użyty smar właściwy, a smarowanie wykonywane być musi w myśl odpowiednich instrukcji ogólnych lub podanych przez wytwórcę maszyny.

Dla uwypuklenia zagadnienia podajemy z niemieckich przepisów i danych zestawienia liczbowe poszczególnych przypadków zastosowania metali łożyskowych dla maszyn elektrycznych. Również podajemy rodzaje polskich, radzieckich i niemieckich stopów łożyskowych.

Według VDI [2] stosuje się stop WM 10 (10% Sn) dla łożysk:

a) poprzecznych, poziomych i pionowych, gdy parametry łożyska mieszczą się w granicach:

- 1)  $t$  do 8,  $n$  do 1500,  $v$  do 10,  $p$  do 12,  $p_1$  do 4,
- 2)  $t$  do 8,  $n$  od 1500 do 3000,  $v$  do 14,  $p$  do 5,  $p_1$  do 4,
- 3)  $t$  do 8,  $n$  do 1500,  $v$  do 10,  $p$  do 7,  $p_1$  do 1;

b) dla poziomych łożysk podłużnych, gdy parametry wynoszą:

$$n \text{ do } 600, v \text{ do } 4, p_1 \text{ do } 20,$$

przy czym  $t$  oznacza czas wybiegu od metalicznego zetknięcia się czopa z panwią (minuty),  
 $n$  — prędkość obrotową (obr./min.),  
 $v$  — prędkość obwodową (m/s),  
 $p$  — średni nacisk promieniowy ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ),  
 $p_1$  — średni nacisk osiowy ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

Przy przekroczeniu jednej z podanych granic w wymienionych przypadkach stosuje się dla wszystkich łożysk poziomych stop łożyskowy WM 80 (80% Sn).

Granice powyższe wg Bluma [1] są szersze i opanowanie ciśnien  $p = 15 \text{ kg}/\text{cm}^2$  oraz prędkości obwodowych  $v = 30\text{—}55 \text{ m/s}$  nie przedstawia trudności przy chłodzeniu naturalnym, a prędkości większych przy chłodzeniu sztucznym.

Niemieckie stopy łożyskowe WM 10, WM 80 (DIN 1703 wzgl. DIN 1703 U), które normą DIN 1728 z roku 1944 przemianowano na Lg Pb Sn 10 (WM 10) i Lg Sn 80 (WM 80), posiadają odpowiedniki w polskich GUS Nr 030306 Sn 10 (Sn 10%, Sb 15%, Cu 1,5%, Pb 73,5%) i GUS Nr 030307 Sn 83 (Sn 83%, Sb 11,1%, Cu 5,9%).

Poza tym DIN 1728 przewiduje stopy zastępcze kadmowe Lg Pb Sn 6 Cd (średnio Sn 6%, Sb 15%, Cu 1%, Cd 0,8%, As 0,8%, Ni 0,5%, Pb reszta %) oraz Lg Pb Sn 9 Cd (średnio Sn 9%, Sb 13,5%, Cu 1%, Cd 0,5%, As 0,8%, grafit 0,1%, Pb reszta %) w miejsce Lg Pb 80, które nie dają się spawać z żeliwem, lecz dają ze stałą i staliwem; stosuje się je, gdy stop Lg Pb Sn 10 nie wystarcza.

Polskim stopem zastępczym zamiast Sn 80 jest (GUS Nr 030308) stop Z<sub>1</sub> 80 (średnio Sn 10%, Sb 16%, Ni 1%, Cu 0,8%, Pb reszta %) oraz Z 80 (Sn 14%, Cu 0,9%, Sb 15,5—16%, Ni 1,4—1,5%, Fe 0,5%, As 0,8—0,1%). Jak widać, stopy Z<sub>1</sub> 80 i Lg Pb Sn 9 Cd, jeśli chodzi o zawartość cyny, są stopami 10-procentowymi.

Dla porównania warto wspomnieć, że wg radzieckich norm stopów łożyskowych zastosowanie odpowiedniego stopu jest uzależnione od mocy i rodzaju maszyny elektrycznej, np. stop B83 (Sn 83%, Sb 11%, Cu 6%) dla silników powyżej 750 kW i generatorów powyżej 500 kW, stop BN (Sn 10%, Sb 14%, Cu 1,7%, As 0,7%, Cd 1,7%, Ni 1%, Pb reszta %) dla silników 250 do 750 kW, generatorów do 500 kW, stop B 16 (Sn 16%, Sb 16%, Cu 1,75%, Pb reszta %) dla silników 250 do 750 kW, generatorów do 500 kW, stop B 6 (Sn 5,5%, Sb 15%, Cu 2,75%, As 0,8%, Cd 2%, Pb reszta %) dla silników do 250 kW.

W wyniku powyższych rozważań można powiedzieć, że zastosowanie stopów łożyskowych o niskiej zawartości cyny dla łożysk wielkich maszyn elektrycznych, ogólnie biorąc, pod względem technicznym nie budzi obaw, jeżeli są spełnione warunki racjonalnej konstrukcji oraz prawidłowego wykonania i użytkowania, natomiast ze względów gospodarczych jest bezwzględnie koniecznością.

#### LITERATURA

- [1] Blum P. Gleitlager im Elektromaschinenbau, ETZ, 1938, str. 1011—1013
- [2] Erkens A. VDI. Konstruktive Lagerfragen, 1936
- [3] Borowicz W. Łożyska maszyn wirujących, 1938
- [4] Aleksiejew A. E. Konstrukcja elektrycznych maszyn, 1949
- [5] Kaszirin A. I. O kaczestwie powierzchni detalej maszin, 1947 (wstęp do radzieckiego wydania książki Szlesingera)
- [6] Biernawski W. Normalizacja gładkości powierzchni obrabianych skrawaniem, Przegl. Techn., 1948, str. 282
- [7] Smiriagin A. P. i Szpagin A. L. Ołowianistyje bronzy, babity, propoi i ich zamieniteli, 1949

## PRZEGLĄD CZASOPISM

### O NIECELOWOŚCI STOSOWANIA SIECI ZAMKNIĘTYCH

Mokricki F. D. O niecelowości stosowania promieniowania cząsteczek zamkniętych sieci. Elektryczestwo, 1950, nr 12, str. 60—63.

Próby zastosowania w miastach ZSRR zamkniętych sieci elektrycznych nie dały zadowalających wyników. Toteż obecnie wszystkie miejskie sieci, z wyjątkiem paru dzielnic w Leningradzie, są zwykłymi sieciami promieniowymi. Poszukiwania właściwej drogi do zapewnienia ciągłości dostawy energii elektrycznej odbiorcom, zasilanym z sieci

niskiego napięcia, skierowały w ostatnich latach uwagę kół fachowych znów na sprawę sieci zamkniętych. Podkreśla się (B. L. Ajzenberg) prostotę aparatury w takich sieciach, gdzie głównym elementem są bezpieczniki topikowe. Ogłoszone materiały omawiają jednak prawie wyłącznie zalety sieci zamkniętych, pomijając ich wady, te zaś poważnie podważają celowość stosowania sieci zamkniętych.

Dla oceny przewagi sieci zamkniętych nad promieniowymi z punktu widzenia ciągłości dostawy należy zagadnienie rozpatrywać przy wzięciu pod uwagę tej kategorii odbiorców, których zasilanie nie może mieć przerw (np.

węży łączności, sale operacyjne, radiostacje, gmachy publiczne, gdzie gromadzi się znaczna ilość ludzi itp.). Niewątpliwie uszkodzenia pojedynczych linii zasilających punkty redukcyjne oraz uszkodzenia pojedynczych punktów

padku. Zupelnego zatem rozwiązania zagadnienia ciągłości dostawy szukać należy na innej drodze.

Jako wskaźnik ciągłości dostawy może służyć stosunek ilości energii, która nie mogła być dostarczona odbiorcom wskutek uszkodzeń, do całkowitej ilości energii zapotrzebowanej przez tych odbiorców.

Przykładowe obliczenie wykonane dla 100 km sieci kablowej wykazało, że zastąpienie sieci promieniowej siecią zamkniętą zmniejsza ten stosunek o 0,0008% przy statystycznej liczbie 3 uszkodzeń rocznie na liniach o napięciu 6–10 kV i 4 uszkodzeń rocznie w stacjach redukcyjnych. Tej niewielkiej korzyści należy przeciwstawić znaczne ryzyko możliwości rozszerzenia się zaburzeń i powstawania wtórnych uszkodzeń w sieci niskiego napięcia typu zamkniętego.

Na rys. 2 pokazano różne schematy zasilania stacji redukcyjnych dla układu zamkniętych sieci niskiego napięcia. Krytyczna ocena tych schematów doprowadza do następujących wniosków:

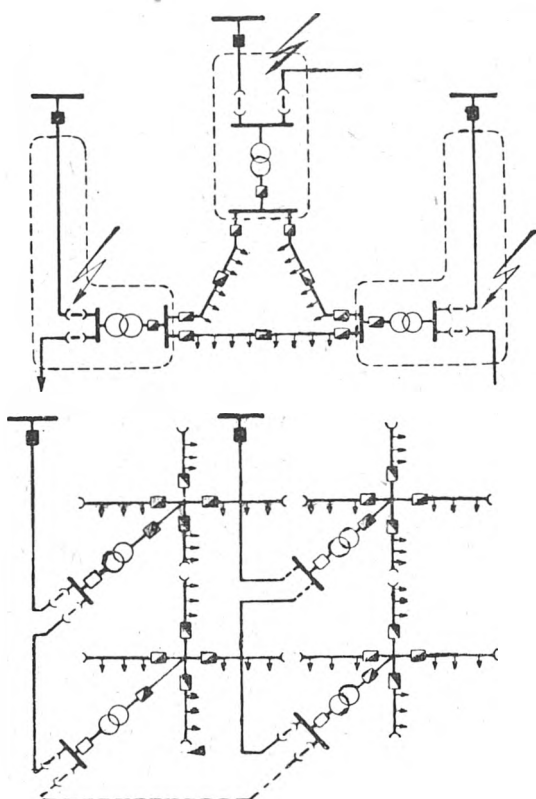
1) Zastosowanie schematu 2 a wymaga budowy znacznej liczby celek, duży zaś zasięg każdej stacji zasilającej zwiększa koszt kabli zasilających wysokiego napięcia.

2) Zastosowanie schematu 2 b powiększa prąd zwarcia o 60 do 80%, ponieważ linie zasilające muszą w tym schemacie pracować zawsze równolegle; wreszcie schemat ten nie gwarantuje odbiorcom zachowania odpowiedniego stopnia ciągłości dostawy energii (np. przy uszkodzeniu szyn zbiorczych lub przy ich remoncie).

3) Zastosowanie schematu 2 c wymaga zwiększonej przeciążalności sieci, a mimo to w przypadku uszkodzenia czy też wyłączenia do remontu jednej z sekcji szyn zbiorczych połowa odbiorców zostanie pozbawiona dopływu energii.

Zasilanie sieci niskiego napięcia przy pomocy linii wysokiego napięcia, prowadzonych z różnych stacji, również nie może być zalecane, gdyż w przypadku całkowitego odłączenia sieci ponowne jej zasilanie napotyka duże trudności.

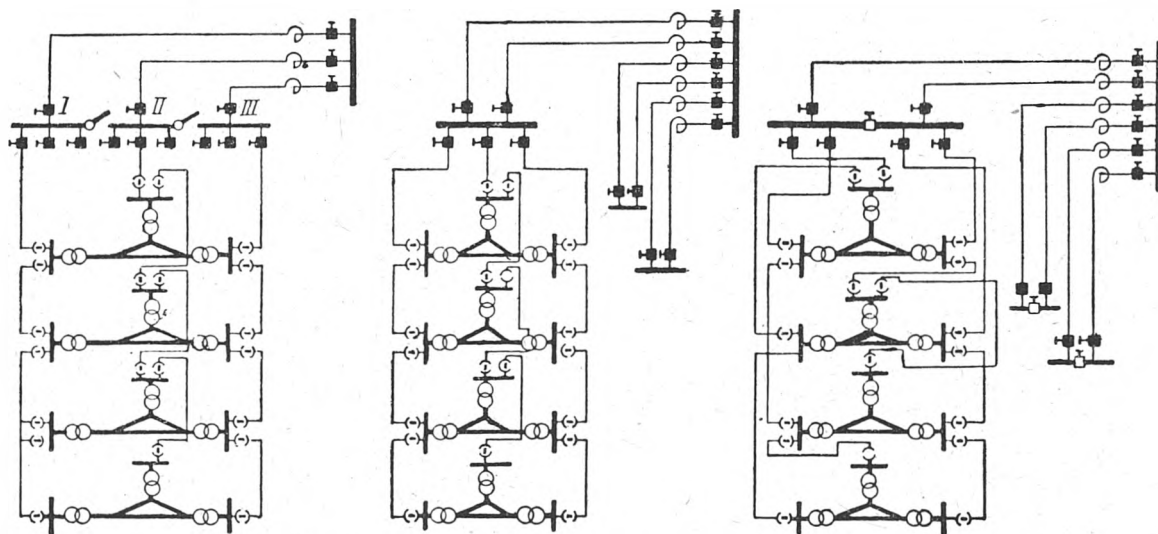
Na niekorzyść sieci zamkniętych przemawia również potrzeba zwiększenia mocy transformatorów redukcyjnych, gdyż jeżeli sieć taka ma spełnić swoje zadanie, to transformatory w normalnych warunkach pracy sieci powinny być obciążone nie więcej niż do 65%, aby w przypadku uszkodzeń i obciążenia transformatorów nie objętych uszkodzeniem do 100% te ostatnie mogły zapewnić odpowiednie warunki pracy całej sieci. Rozpatrując zagadnienie od strony eksploatacyjnej, można stwierdzić, że sieci zamknięte dają wprawdzie większe możliwości utrzymania stałych co do wielkości napięć, wymagają jednak zwiększonej kontroli w związku z bardziej skomplikowanym schematem.



Rys. 1. Schematy sieci

a — sieć zamknięta; niejednoczesne uszkodzenia, powstałe w obszarach objętych linią przerywaną, nie powodują przerw w dostawie energii  
b — sieć promieniowa

redukcyjnych w przypadku sieci niskiego napięcia typu zamkniętego (rys. 1 a) nie spowodują przerw w zasilaniu odbiorów przyłączonych do tej sieci, co nastąpiłoby w przypadku sieci promieniowej (rys. 1 b). Jednak wszelkie uszkodzenia głównego przewodu zasilającego niskiego napięcia i odgałęzień tego przewodu, za których pośrednictwem odbywa się zasilanie odbiorów, pozbawia ich dopływu energii zarówno w jednym, jak i w drugim przy-



Rys. 2. Schematy sieci zamkniętych

a — szyny rozdzielone na trzy sekcje  
b — linie zasilające pracują równolegle  
c — przy wyłączeniu linii zasilającej wysokiego napięcia samoczynnie zamyka się wyłącznik sekcyjny w szynach

Niekorzystną gospodarczą cechą sieci zamkniętych w porównaniu z promieniowymi są zwiększone o 20 do 30% koszty inwestycyjne.

Na zwiększenie tych kosztów wpływają następujące czynniki:

- 1) potrzeba zwiększenia przeciążalności sieci wysokiego napięcia o 30 do 40%;
- 2) potrzeba zwiększenia mocy transformatorów redukcyjnych o 20 do 30%;
- 3) potrzeba zwiększenia przekrojów w sieci niskiego napięcia o około 30%;
- 4) potrzeba ułożenia kabli sygnalizacyjnych ze stacji redukcyjnych do punktu rozrządczego, gdyż odłączenie jakiejś stacji może być niezauważone aż do momentu kontroli obchodowej.

Nie mniej ważną sprawą, obok zwiększonych kosztów, w przypadku zastosowania sieci zamkniętych jest zwiększone

zuzycie metali kolorowych i w ostatecznym wyniku zwiększona ilość aparatury.

Wobec powyższego ani strona techniczna, ani ekonomiczna nie usprawiedliwia stosowania sieci zamkniętych.

Zapewnienia nieprzerwanej dostawy energii należy poszukiwać, zdaniem autora, nie na drodze budowy takich sieci, które układem połączeń poprawiają pewność dostawy energii, lecz na drodze budowy tak dobrych urządzeń i takiego podniesienia zabiegów profilaktycznych, aby uszkodzenia w ogóle się nie zdarzały. Do takiego postawienia sprawy upoważnia już osiągnięty poziom techniczny.

Rozwój sieci miejskich niskiego napięcia powinien iść zatem w kierunku budowy sieci promieniowych, jako najprostszyc i najekonomiczniejszych. Rezerwowe linie zasilające wysokiego napięcia powinny włączać się w razie zaburzenia automatycznie, natomiast rezerwowe linie sieci rozsyłowej wysokiego napięcia i sieci niskiego napięcia — drogą przełączeń ręcznych.

E. S.

## Kursy przygotowawcze do egzaminu na stopień inżyniera

(Od Wydziału studiów inżynierskich NOT)

W grudniu 1949 r. rozpoczęły swą działalność Państwowe Komisje weryfikacyjno-egzaminacyjne przy wyższych uczelniach technicznych, aby na mocy ustawy o stopniu inżyniera nadawać tytuł inżyniera tym pracownikom technicznym, którzy — dzięki swym umiejętnościom fachowym i nabytemu doświadczeniu w ciągu swej nieraz długoletniej pracy w przemyśle — stoją w rzeczywistości na poziomie inżynierskim i którzy w przedwojennej Polsce nie mieli możliwości ukończenia wyższych studiów technicznych, a tym samym uzyskania awansu społecznego.

Jak wykazały obserwacje członków komisji weryfikacyjno-egzaminacyjnej, większość kandydatów ubiegających się o tytuł inżyniera, pomimo dobrego opanowania zagadnień technicznych od strony praktyki, posiada znaczne braki w swych wiadomościach z zakresu przedmiotów teoretycznych i podstawowych, jak matematyka, fizyka, mechanika, chemia, wytrzymałość materiałów itd. Z szeregu przyczyn, powodujących wstrzymywanie się techników-praktyków od ubiegania się, drogą zdawania egzaminu, o uzyskanie stopnia inżyniera, te właśnie braki i niedociągnięcia w wiadomościach z zakresu podstawowych przedmiotów teoretycznych były przyczyną główną. Taki stan rzeczy skłonił Naczelną Organizację Techniczną oraz zrzeszone w niej stowarzyszenia techniczne do podjęcia już w końcu 1949 r., w myśl wytycznych V Plenum KC PZPR, szeroko zakrojonej akcji doszkalania drogą uruchomienia 6-miesięcznych „Kursów przygotowawczych do egzaminu na stopień inżyniera“ dla osób uprawnionych w myśl „Ustawy o stopniu inżyniera“ do ubiegania się o tytuł inżyniera na podstawie egzaminu przed właściwymi Komisjami weryfikacyjno-egzaminacyjnymi. Celem i zadaniem tak pomyślanych kursów jest zarówno ułatwienie kandydatom pomyślnego złożenia egzaminu, jak i podniesienie poziomu wiadomości z dziedziny techniki i rozszerzenia zakresu wiadomości ogólnych i teoretycznych.

Ogólna koncepcja Kursów. Zasadniczą formą nauczania, przyjętą przez NOT dla doszkalenia kandydatów ubiegających się o stopień inżyniera, są kursy korespondencyjne, jako dające możliwość przygotowania do egzaminu osób rozproszonych w terenie przy pomocy odpowiednio opracowanych skryptów. W niektórych przypadkach — w środowiskach o wystarczającej liczbie słuchaczy i jeżeli w danej specjalności nie został przewidziany kurs korespondencyjny — przewidziane są również kursy słuchowe względnie kombinowane „słuchowo-korespondencyjne“.

Wychodząc z założenia, że przyjęci na kurs kandydaci posiadają już wystarczające kwalifikacje techniczne nabyte dzięki dłuższej praktyce z zakresu obranego zawodu, programy studiów Kursów przygotowawczych obejmują przede wszystkim przedmioty podstawowe i teoretyczne (jak matematyka, mechanika, fizyka, chemia, wytrzymałość materiałów, elektrotechnika itd.) oraz przedmioty o charakterze ekonomiczno-społecznym („Zagadnienia Polskiej Współczesnej“). Jednakże programy kursów uwzględ-

niają również przedmioty specjalne dla danej gałęzi techniki lub przemysłu. Oprócz dostarczania książek i skryptów przewidziane zostały w ramach trwania kursu rozmaite formy pomocy w nauce dla uczestników kursu, jak: a) wykłady bezpośrednie, b) przerabianie zadań i ćwiczenia praktyczne w pracowniach i laboratoriach, c) korzystanie z poradni koleżeńskich w ośrodkach konsultacji, organizowanych przez Oddziały NOT w większych miastach wzgl. ośrodkach fabrycznych.

Czas trwania Kursu przygotowawczego wynosi od 6 do 9 miesięcy, choć przy korespondencyjnej metodzie szkolenia okres studiów może ulec pewnemu przedłużeniu dla kursantów opóźniających się w studiach.

Za udział w kursie uczestnicy nie wnoszą żadnych opłat ani nie opłacają wpisowego, a jedynie pokrywają w całości (ratalnie) bezpośrednie koszty opracowania, druku i dostarczenia skryptów oraz opłacają do 60 zł miesięcznie w razie korzystania z wykładów bezpośrednich.

Całość akcji organizowania i prowadzenia kursów jest finansowana przez NOT drogą przyznawania odpowiednich subwencji z pozycji budżetu, przeznaczonych na akcję szkolenia kadr technicznych.

Ze względów organizacyjnych i finansowych liczba uczestników poszczególnego kursu nie powinna przekraczać w zasadzie 600—700 osób. Zgodnie z zasadniczym założeniem na kursy przyjmowani są jedynie ci kandydaci, którzy odpowiadają warunkom przewidzianym w art. 7 „Ustawy“.

Przyjmowanie kandydatów na kursy kwalifikują specjalne komisje czynne przy stowarzyszeniach technicznych NOT; komisje te nie tylko muszą brać pod uwagę stronę formalną wymagań „Ustawy“, lecz również podchodzić w stosunku do kandydatów z punktu widzenia społecznego mając na względzie, że z dobrodziejstw „Ustawy“ powinny korzystać przede wszystkim jednostki, które w okresie przedwrześniowym nie mogły uzyskać stopnia inżyniera bądź ze względu na warunki materialne, bądź ze względów społeczno-politycznych.

Zgłaszanie do NOT wniosków na uruchomienie danego kursu, jak również opracowanie preliminarzy budżetowych, administrowanie i prowadzenie kursu, należy do uprawnień i obowiązków zarządów głównych stowarzyszeń NOT. Stowarzyszenia ponoszą odpowiedzialność za właściwy kierunek studiów i sprawność prowadzenia kursów na podstawie zatwierdzonych przez NOT programów i budżetów oraz za gospodarkę finansową i sprawozdawczość kursów.

Całość akcji prowadzona jest przez NOT w ścisłym porozumieniu i za zgodą Ministerstwa Szkół Wyższych i Nauki. Opiniowanie programów, zakresu studiów, wartości skryptów należy do obowiązków Komisji Głównej NOT do spraw stopnia inżyniera — Podkomisji Kursów Preparowanych.

Należy wyraźnie zaznaczyć, że uczestnictwo w kursie nie daje uczestnikom żadnych specjalnych przywilejów i prerogatyw przy przystępowaniu do egzaminu przed Kom-

siami weryfikacyjno-egzaminacyjnymi: ci uczestnicy, którzy odrobili wszystkie przepisane programem kursu ćwiczenia, repetycje i kolokwia, otrzymują jedynie świadectwo przesłuchania kursu.

Dotychczasowe osiągnięcia NOT oraz zamierzenia na okres do końca 1951 r. Do szerzej zorganizowanej akcji uruchamiania kursów NOT przystąpiła dopiero z początkiem II kwartału ubiegłego roku. W ciągu roku 1950 na 7 kursach studiowało około 1570 kandydatów. W pierwszym półroczu 1951 r. ogólna liczba uczestników prowadzonych przez stowarzyszenia NOT 7 kursów wynosiła już 2052 osób, przy czym wobec masowego zgłaszania się kandydatów z terenu całego kraju łączna liczba uczestników, zakładając, że wszystkie zaplanowane na rok bieżący kursy zostaną uruchomione, wzrośnie do blisko 4300 osób.

Liczba osób, które po ukończeniu kursów uzyskały tytuł inżyniera na podstawie pomyślnego złożenia egzaminów przed komisjami weryfikacyjno-egzaminacyjnymi, była w r. 1950 jeszcze nieznaczna (18 osób), a to z uwagi, że większość kursów zakończyła się dopiero pod koniec II-go półrocza 1950 r. Liczba absolwentów kursów przygotowawczych, którzy w I-szej połowie r. b. zgłosili się do egzaminu przed komisjami weryfikacyjno-egzaminacyjnymi, wyniosła na razie z górą 200 osób, przy czym większość absolwentów kursów już zakończonych przystąpi do egzaminu pod koniec r. b., a absolwenci kursów zaplanowanych na II półrocze zgłoszą się do egzaminu w r. 1952.

Zakładając ostrożnie, że z tych czy innych istotnych powodów ok. 40% ogólnej liczby uczestników kursów zrezygnuje z przystąpienia do ostatecznego egzaminu na stopień inżyniera, można konkretnie założyć, że kadry inżynierskie Polski Ludowej dzięki akcji kursów przygotowawczych powiększą się w okresie lat 1950—1952 o 3300 nowych inżynierów.

Akcja kursów NOT w r. 1950/51. W r. 1950-51 uruchomiono 7 kursów przygotowawczych do egzaminu na stopień inżyniera przez następujące stowarzyszenia:

- 1) SIMP
- 2) Związek Mierniczych RP
- 3) SITPrzem. Chemicznego (Sekcja Ceramików)
- 4) SITPrzem. Węglowego
- 5) SITPrzem. Włókienniczego
- 6) SITPRol.-Spoż.
- 7) Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

Ogólna liczba uczestników kursów wynosiła 2052 osoby. Z powyższej liczby 7 kursów cztery zostały już całkowicie zakończone, reszta zakończy się na jesieni roku bieżącego. Na drugie półrocze 1951 r. Naczelna Organizacja Techniczna w porozumieniu ze stowarzyszeniami zaplanowała uruchomienie szeregu innych kursów przygotowawczych, przewidzianych dla 2250 uczestników. Uruchomienie tych kursów uzależnione jest od otrzymania przez NOT dodatkowych kredytów ze Skarbu Państwa.

*Duma z osiągnięć dokonanych wspólnym wysiłkiem, duma każdego robotnika i nauczyciela, lekarza i inżyniera z własnych osiągnięć w pracy jest pięknym uczuciem, które winniśmy kultywować. Ambicja coraz większych osiągnięć jest piękną szlachetną ambicją.*

B. BIERUT

## Komisja Główna NOT do spraw stopnia inżyniera

(Od Wydziału studiów inżynierskich NOT)

Realizacja ustawy o stopniu inżyniera stawia przed NOT konieczność rozwiązywania całego szeregu zasadniczych zagadnień, wpływających z ustawy.

W celu skoordynowania poczynań na tym odcinku została z dniem 9 maja 1951 r. powołana przez władze NOT Komisja Główna NOT do spraw stopnia inżyniera jako organ NOT planujący, koordynujący i opiniujący ważniejsze kwestie związane z realizacją ustawy.

Do składu Komisji weszli przedstawiciele stowarzyszeń NOT.

Wobec społecznego charakteru spraw związanych z ustawą Komisja NOT utrzymuje stałą współpracę z Centralną Radą Związków Zawodowych i Departamentem Studiów Technicznych Ministerstwa Szkół Wyższych i Nauki; delegaci tych instytucji biorą stały udział w obradach Komisji, co zapewnia stały, jednolity i zgodny kierunek poczynań w sprawach wykonania Ustawy.

W myśl regulaminu działalności Komisji rozciąga się na następujące zagadnienia:

- a) sprawy dotyczące szkolenia kadr inżynierskich (Korespondencyjne kursy przygotowawcze do egzaminu na stopień inżyniera przed Komisjami weryfikacyjno-egzaminacyjnymi),
- b) sprawy związane z Komisjami weryfikacyjno-egzaminacyjnymi,
- c) załatwianie odwołań od decyzji komisji stowarzyszeń NOT, kwalifikujących kandydatów do stopnia inżyniera,
- d) opiniowanie wniosków dot. uznania niektórych uczelni lub wydziałów za równorzędne z wymienionymi w art. 6 „Ustawy“.

Komisja Główna wyłoniła 2 podkomisje:

- a) Podkomisję kursów przygotowawczych oraz
- b) Podkomisję odwoławczą.

Do zadań Podkomisji kursów przygotowawczych do egzaminu na stopień inżyniera należy opiniowanie programów tych kursów, koordynowanie akcji wydawniczej skryptów oraz stała współpraca z Wydziałem Studiów Inżynierskich NOT w zakresie ustalania metod doszkalania kadr inżynierskich przy pomocy kursów.

Zadaniem Podkomisji odwoławczej, powołanej 7 czerwca r. b., jest rozpatrywanie odwołań kandydatów do stopnia inżyniera od decyzji, wydawanych przez komisje kwalifikacyjne stowarzyszeń NOT w sprawie potwierdzania praktyk zawodowych tych kandydatów.

Komisje kwalifikacyjne stowarzyszeń w przypadkach wydawania negatywnych opinii powinny podawać motywy odmowy potwierdzenia praktyki zawodowej kandydata, a następnie zaznaczyć, że zgodnie z niniejszym okólnikiem kandydatowi przysługuje prawo odwołania się od tej decyzji do Podkomisji odwoławczej Komisji Głównej NOT do spraw stopnia inżyniera.

Przy powtórnym opiniowaniu praktyki kandydata Komisja kwalifikacyjna winna ją rozpatrywać wyłącznie pod kątem zaleceń i wytycznych Podkomisji odwoławczej.

Podkomisja odwoławcza albo potwierdza opinię Komisji kwalifikacyjnej danego stowarzyszenia, albo też ją uchyla, przesyłając Komisji kwalifikacyjnej sprawę do ponownego rozpatrzenia, z jednoczesnym podaniem swych wytycznych i uwag na podstawie ustawy o stopniu inżyniera.

Powtórna decyzja Komisji kwalifikacyjnej stowarzyszenia jest ostateczna.

Podkomisja odwoławcza może zaprosić przedstawiciela Komisji kwalifikacyjnej danego stowarzyszenia do wzięcia udziału z głosem doradczym w zebraniu, na którym rozpatrywane są odwołania kandydatów do stopnia inżyniera.

# SŁOWNICTWO ELEKTRYCZNE

opracowane i przyjęte przez  
CENTRALNĄ KOMISJĘ SŁOWNICTWA ELEKTRYCZNEGO\*)

## Dział X. TECHNIKA ŚWIETLNA\*\*)

### 1. POJĘCIA PODSTAWOWE

#### a. Promieniowanie. Światło.

promieniowanie  
źródło promieniowania;  
promiennik  
widmowy rozkład energii  
długość fali (promieniowa-  
nia monochromatycznego)  
widmo równoenergetyczne  
promieniowanie widzialne;  
światło  
źródło światła  
promieniowanie podczerwo-  
ne  
promieniowanie nadfioletko-  
we  
promieniowanie niewidzialne  
promieniowanie monochro-  
matyczne  
luminescencja  
fosforoscencja  
fluorescencja  
luminofor  
widmo ciągłe  
czułość względna oka  
krzywa czułości względnej  
oka  
normalne oko fotometrycz-  
ne  
adaptacja  
przystosowanie do jasnego  
przystosowanie do ciemnego  
akomodacja  
aberracja sferyczna  
aberracja chromatyczna  
ośnienie  
kąt widzenia

#### b. Wielkości podstawowe i jednostki

strumień świetlny  
strumień caoprzestrzenny  
strumień półprzestrzenny  
górny  
strumień półprzestrzenny  
dolny  
światłość (natężenie świa-  
tła)  
średnia światłość caoprze-  
strzenna  
średnia światłość pozioma  
bryła fotometryczna  
biegunowa krzywa światło-  
ści  
jaskrawość  
jasność; natężenie oświe-  
tlenia  
jasność średnia  
jasność pozioma  
jasność pionowa  
równomierność oświetlenia  
nierównomierność oświetle-  
nia  
promienność  
ilość światła  
naświetlenie  
fotometryczny równoważnik  
promieniowania  
mechaniczny równoważnik  
światła  
cienistość  
sprawność źródła światła  
wiązka światła  
odbicie

odbicie kierunkowe  
odbicie rozproszone  
odbicie selektywne  
odbicie nieselektywne  
całkowite wewnętrzne od-  
bicie  
przepuszczanie  
przepuszczanie kierunkowe  
przepuszczanie rozproszone  
pochłanianie  
załamanie  
rozproszenie  
współczynnik odbicia  
współczynnik przepuszcza-  
nia  
współczynnik pochłaniania  
współczynnik załamania  
kontrast  
lumen  
lumenogodzina  
świeca  
kandela  
świeca nowa  
świeca międzynarodowa  
świeca hefnerowska  
luks  
stopo-świeca  
stilb  
apostilb  
fot  
angstrom  
luksosekunda  
steradian

#### c. Miernictwo oświetleniowe

fotometria  
fotometria subiektywna

fotometria obiektywna  
fotometr  
fotometr na jednakową ja-  
skrawość  
fotometr kontrastowy; fo-  
tometr na przeciwstawną  
jaskrawość  
fotometr migający  
ława fotometryczna  
lumenomierz; fotometr  
przestrzenny  
kula Ulbrichta  
wzorzec pierwotny światła  
wzorzec roboczy światła  
lampa wzorcowa  
lampa porównawcza  
ekran  
komórka fotoelektryczna  
ogniwo fotoelektryczne  
ogniwo różnicowe  
filtr obojętny  
ciało szare  
ciało barwne  
filtr barwny  
odległość fotometrowania  
luksomierz  
siatka Czikołewa  
kolorymetria  
kolorymetr  
barwa  
światło białe  
trójkąt barw  
barwoczułość  
temperatura barwy  
nasylenie (barwy)  
długość fali dominującej  
fotometr spektralny

### 2. WYTWARZANIE ŚWIATŁA

#### a. Źródła światła

ciało czarne  
źródło promieniowania za-  
rowe  
żarówka  
zestaw świetlny  
żarnik  
włókno żarowe  
włókno żarowe (węglowe)  
drut żarowy (metalowy)  
skrzętka  
dwuskrzętka  
bańka (żarówki)  
elektroda (żarówki)  
trzonek  
trzonek gwintowy (ediso-  
nowski)  
trzonek bagnetowy  
żarówka próżniowa  
żarówka gazowana  
żarówka przezroczysta  
żarówka wewnątrz mato-  
wana  
żarówka mleczna  
żarówka światła dziennego

żarówka projekcyjna  
żarówka reflektorowa  
żarówka samochodowa  
lampa świetląca  
lampa jarzeniowa  
lampa wyładowcza  
lampa sodowa  
lampa rtęciowa  
lampa słoneczna  
lampa fluoryzująca; świe-  
tlówka  
lampa neonowa  
rura neonowa  
zapłon  
napiecie zapłonu  
zapłonnik; starter  
transformator rozproszenio-  
wy  
łuk świetlny  
lampa łukowa  
węgiel czysty  
węgiel nasycony  
węgiel płomienny  
opór uspokajający; statecz-  
nik oporowy

#### b. Materiały techniki świetlnej

szkło przezroczyste  
szkło matowe  
szkło satynowane  
szkło trawione  
szkło mleczne pełne  
szkło mleczne wielowarstwo-  
we  
szkło opalowe  
szkło ornamentowe  
szkło rozprasające  
szkło rowkowane  
szkło srebrzone  
emalia  
pergaminy  
lakier aluminiowy  
srebro polerowane  
aluminium eloksydowane  
wolfram  
molibden

#### c. Oprawy oświetleniowe

oprawa  
oprawa wewnętrzna

oprawa zewnętrzna  
oprawa otwarta  
oprawa zamknięta  
oprawa wodoszczelna  
oprawa pyłoszczelna  
oprawa przeciwwybuchowa  
oprawa zwieszakowa  
oprawa sufitowa  
oprawa ścienna  
świecznik  
lampa biurkowa  
wysięgnik  
wysięgnik nożycowy  
wysięgnik przegubowy  
projektor  
odbłyśnik; reflektor  
naświetlacz  
kadłub  
oprawka  
klosz  
soczewka  
siatka ochronna

\*) Redaktor Słownika: K. Drewnowski.

\*\*) Redaktor działu XV: T. Oleszyński. — Współpracownicy: T. Arlitewicz, L. Berson, T. Czaplicki, K. Drewnowski, B. Jabłoński, S. Jasiński, A. Kiliński, M. Mazur, B. Micheliś, Z. Skoczyński. — Opiniodawcy: W. Felhorski, H. Marciniak.

## 3. TECHNIKA OŚWIETLENIOWA

a. Systemy oświetlenia  
 technika świetlna  
 technika oświetleniowa  
 oświetlenie ogólne  
 oświetlenie miejscowe  
 oświetlenie bezpośrednie  
 oświetlenie przeważnie bezpośrednie  
 oświetlenie rozproszone (mieszane)  
 oświetlenie pośrednie  
 oświetlenie przeważnie pośrednie  
 oświetlenie reflektorowe  
 sprawność oświetlenia

zasięg  
 współczynnik oświetlenia  
 dziennego  
 projekt oświetlenia  
 izoluxa

b. Różne zastosowania  
 oświetlenie uliczne  
 oświetlenie architektoniczne  
 reflektor samochodowy  
 światło mijania  
 światło drogowe  
 oświetlenie pociągów  
 reflektor parowozowy

oświetlenie lotniskowe  
 światło stałe  
 światło przerywane  
 światło wyblyskowe  
 reflektor do lądowania (lotniskowy)  
 światło podejściowe  
 światło lądowania  
 światło kontaktowe  
 światło przeszkodowe  
 światło graniczne  
 światło spadochronikowe  
 wskaźnik kierunku wiatru  
 latarnia  
 latarnia kursowa

latarnia szlakowa  
 latarnia obrotowa  
 latarnia portowa  
 latarnia pozycyjna  
 reflektor pułapowy  
 oświetlenie lotnicze pokładowe  
 reflektor do lądowania (pokładowy)  
 lampa pozycyjna  
 światło kotwiczne  
 reflektor przeciwlotniczy

## Wydawnictwa nadesłane

**CENTRALNY ZARZĄD ENERGETYKI. SŁUPY ELEKTROENERGETYCZNE DREWNIANE.** Instrukcja nasycania słupów metodami osmotyczno-dyfuzyjnymi. Projekt instrukcji opracował inż. R. Kawczyński. Instrukcja została przedyskutowana przez Komisję Gospodarki Drewnem B-4. Skład Komisji: inżynierowie A. Bibiło, L. Chamara, I. Gościcki (przewodniczący komisji), L. Górski, R. Kawczyński, St. Kraiński, Z. Sałaciński, L. Wołosewicz. 1950, Warszawa. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 23, rys. 10, cena zł 65. Spis rzeczy: Przedmowa. Wstęp. Zabezpieczanie słupów przed gniciem.

**CENTRALNY ZARZĄD ENERGETYKI. SŁUPY ELEKTROENERGETYCZNE DREWNIANE. Instrukcja odbioru.** Projekt instrukcji opracował inż. I. Gościcki. Instrukcja została przedyskutowana przez Komisję Gospodarki Drewnem B-4. Skład Komisji: inżynierowie A. Bibiło, L. Chamara, St. Głiński, L. Górski, I. Gościcki, (przewodniczący), R. Kawczyński, R. Kraiński, Z. Sałaciński, L. Wołosewicz. 1950, Warszawa. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 21, cena zł 65. Spis rzeczy: Wstęp. Wymagania techniczne. Składowanie, odbiór i znakowanie słupów surowych. Transport słupów. Nasycanie słupów metodą oszczędnościową Rüpinga. Składowanie słupów w nasycalni i ich załadowywanie. Wykaz załączników.

**CENTRALNY ZARZĄD ENERGETYKI. LABORATORIA OLEJOWE. Wytyczne organizacyjne. (E1-101/1949).** Projekt instrukcji opracowała inż. Teodozja Pilarzowa. Skład Podkomisji: techn. Mieczysław Gunia, inż. Henryk Gruszkowski, inż. Paweł Kulikowski, inż. Teodozja Pilarzowa. 1950, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 26, cena zł 135. Spis rzeczy: Wstęp. Zadania laboratoriów olejowych. Wyposażenie laboratoriów. Obsada personalna laboratoriów olejowych. Pomieszczenia laboratoriów olejowych. Metody badawcze. Zlecenia dla laboratoriów olejowych. Notowanie wyników wykonanych badań. Załączniki.

**CENTRALNY ZARZĄD ENERGETYKI. INSTRUKCJA EKSPLOATACJI SILNIKÓW ELEKTRYCZNYCH. (E-001/1949).** Projekt instrukcji opracował inż. B. Tittenbrun. Instrukcja została przedyskutowana przez Podkomisję generatorów, silników i transformatorów Komisji XXIX SEP. Skład Podkomisji: inżynierowie St. Andrzejewski, Gryf-Chamski (przewodniczący), Z. Hasterman, W. Kozieradzki, T. Monkiewicz, M. Nacholiński, J. Napiórkowski, J. Schmidt, A. Szuszkiewicz, B. Tittenbrun, St. Woyde. 1950, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 43, cena zł 80. Spis rzeczy: Przedmowa. Postanowienia ogólne. Odbiór nowoinstalowanego silnika. Przygotowania do uruchomienia silnika. Uruchomienie silnika. Obsługa silnika w czasie ruchu. Zatrzymanie silnika. Utrzymanie silnika w czasie postoju. Przekazywanie silnika do naprawy. Odbiór silnika po naprawie. Uszkodzenia i niedomagania silników. Dodatki.

**CENTRALA HANDLOWA PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO. Biuro Sprzedaży Maszyn Elektrycznych. MASZYNY SYNCHRONICZNE. Katalog M-7. Dział 103.** 1950, format A4, 31 str., cena zł 250. Spis rzeczy: Część opisowa. Uwagi ogólne. Dane mechaniczne. Dane elektryczne. Wykonania specjalne. Wzbudnice. Wyposażenie uzupełniające. Dane zamówieniowe. Część tablicowa. Dane techniczne. Wykonania specjalne. Wzbudnice. Regulatory. Wyposażenie uzupełniające. Rysunki wymiarowe.

**SILNIKI PRZECIWWYBUCHOWE. Katalog M-16, Dział 1046.** 1950. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 28. Spis rzeczy: Zakres katalogu. Uwagi ogólne i definicje. — Przepisy dotyczące maszyn w wykonaniu przeciwwybuchowym. Budowa wzmocniona. Osłona szczelna. Osłona pyłoszczelna. Osłona przewietrzana. — Zastosowanie silników właściwej konstrukcji przy danych warunkach. Stosowanie silników w kopalniach węgla. Stosowanie silników w niebezpiecznych pod względem wybuchu pomieszczeniach przemysłu chemicznego i pokrewnych. — Opis silników przeciwwybuchowych. Uwagi ogólne. Silniki z wirnikiem zwartym budowy wzmocnionej typu SZJWa. Silniki z wirnikiem zwartym w osłonie szczelnej typu SZJSa. Silniki do wrębówek typu SW. Silniki przeciwwybuchowe z wirnikiem z pierścieniami ślizgowymi. — Próby odbiorcze. — Dane do zamówienia. — Dane techniczne. Budowa wzmocniona, typ SZJWa. Budowa szczelna, typ SZJSa. Silniki wrębówkowe. Wyposażenie dodatkowe. — Rysunki wymiarowe. Budowa wzmocniona, typ SZJWa. Budowa szczelna, typ SZJSa. Silniki wrębówkowe.

**DOMANUS JÓZEF mgr inż., TECHNIKA RENTGENOWSKA.** Wyd. II, 1950, Warszawa, Trzaska, Evert i Michalski. Format A5, str. 188, rys. 56. — Spis rzeczy: Fizyka rentgenowska. Podstawy elektrotechniki. Lampy rentgenowskie i prostownicze. Układy elektryczne. Części elektryczne aparatów. Części mechaniczne aparatów. Aparaty głowice. Aparaty kołpakowe. Wzorcowanie aparatów. Instalowanie i konserwacja aparatów. — Z przedmowy do wydania II: Materiał zawarty w niniejszej książce służył jako treść do wykładów na kursach dla techników i laborantów rentgenowskich.

**GRZEJNIKI DO UŻYTKU DOMOWEGO. Katalog V-5, Katalog działów 251-256.** 1949. Centrala Handlowa Przemysłu Elektrotechnicznego, Przedsiębiorstwo Państwowe Wyodrębnione. Format A4, str. 12. Spis rzeczy: Żelazka domowe. Żelazka krawieckie. Żelazka podrózne. Kuchenki otwarte bez regulacji. Kuchenki otwarte z regulacją. Grzałki nurkowe. Kuchenki kryte jednopłytkowe z regulacją. Kuchenki kryte dwupłytkowe z regulacją. Imbryki porcelanowe. Imbryki mosiężne i aluminiowe. Imbryki ozdobne. Maszynki do kawy. Sznuiry przyłączkowe, grzejnikowe. Piecyki odblyskowe. Elementy grzejne do pieców „Słońce”. Poduszki elektryczne. Sterylizatory — wyjałowiacze. Lampy do naświetleń elektrycznych.



**NOWACKI P. J.**, prof. dr inż., **KORDECKI A.**, mgr inż., **STANKIEWICZ L.**, mgr inż. **ATLAS KONSTRUKCJI MASZYN ELEKTRYCZNYCH. Tom II. SILNIKI ASYNCHRONICZNE.** 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A3, Tablice 40. — Z przedmowy wydawcy: Niniejszy „Atlas konstrukcji maszyn elektrycznych” zawiera: 40 plansz rysunków konstrukcyjnych silników asynchronicznych. Atlas ma na celu dostarczenie początkującemu konstruktorowi przykładów typowych rozwiązań. Praca przeznaczona jest dla studentów Politechniki i wyższych szkół inżynierskich oraz dla oddziałów konstrukcyjnych fabryk. — Z przedmowy autorów: Zaprojektowano, że atlas będzie wydany w szeregu tomów obejmujących typowe konstrukcje maszyn asynchronicznych, synchronicznych, prądu stałego itd. oraz część ogólną zawierającą rozwiązania konstrukcyjne elementów wspólnych powtarzających się w poszczególnych typach maszyn. Ponieważ najszerszym stosowanym silnikiem elektrycznym jest silnik asynchroniczny, postanowiono jako pierwszy z kolei tom wydać atlas konstrukcji maszyn asynchronicznych. Zebrane w tym tomie przykłady przedstawiają konstrukcje w wykonaniu odlewanym i spawanym. Ze względu na ograniczoną objętość atlasu zaniechano podania wykonania tłoczonych z blach i z tłoczny syntetycznych.

**STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH. TABLICE ZWISÓW I NAPRĘŻEŃ PRZEWODÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH LINII NAWIETRZNYCH. Część II. Linki aluminiowe.** 1950, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 64. Tablice opracowała Podkomisja 1. przy XI Komisji Linii Napowietrznych SEP. W pracach Podkomisji brali udział: Z. Domański (przewodniczący), I. Gościcki, E. Jabłonka, K. Kopecki, M. Mackiewicz, Z. Osiniński, J. Piasecki (referent), J. Sajka, M. Świtalski. — Treść i zastosowanie tablic: W tablicach są podane: a) wartości zwisów w centymetrach i b) przybliżone wartości naprężeń w  $\text{kg/mm}^2$  linek aluminiowych, odpowiadających wymaganiom PN/E-103 z 1948 r. („Elektroenergetyczne przewody gołe aluminiowe i stalo-aluminiowe”) o przekrojach 16 do 120  $\text{mm}^2$ , przy zastosowanych napięciach 5, 6, 7 i 8  $\text{kg/mm}^2$ , przy różnych rozpiętościach przęsła oraz przy różnych temperaturach. Tablice zwisów są przeznaczone do montażu przewodów oraz do projektowania i kontroli linii napowietrznych, zgodnie z wymaganiami PN/E-101 z 1948 r. („Elektroenergetyczne linie napowietrzne”). Tablice naprężeń są przeznaczone do obliczeń wytrzymałościowych tych elementów linii, które są narażone na działanie sił naciągu (słupów, osprzętu itp.). Tablice mają zastosowanie do przęsła poziomych oraz do tych przęsła pochylonych, w których wpływ różnicy poziomów punktów zawieszenia na wartości naprężeń w różnych przekrojach przewodu może być pominięty.

**HOMOLA LADISLAV**, prof. inż., **MASZYN ELEKTRYCZNE PRĄDU ZMIENNEGO. Tom I — Maszyny synchroniczne.** Przetłumaczył inż. Wojciech Stanisławski. 1950, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 191, rys. 175, cena zł 13,50. — Spis rzeczy: Wstęp. — Maszyny synchroniczne. I. Prądnice trójfazowe. Opis i działanie prądnicy trójfazowej. Wielkość indukowanej sem. Równania mocy — stała Essona. Pojęcie oraz obliczenie obwodu magnetycznego maszyny (dla 1 pary biegunów). Charakterystyczne stany pracy prądnicy synchronicznej. Obliczenie cewki magnesującej. Wzbudnica i obwód wzbudzenia. Zagadnienie pospiesznej regulacji napięcia. Obliczenie strat i sprawności maszyny synchronicznej (przykłady). Przykłady obliczeń prądnic synchronicznych. Konstrukcja oraz zastosowanie prądnicy synchronicznych. — II. Synchroniczne silniki trójfazowe. — III. Przesuwniki fazowe (prądnice mocy biernej). — IV. Synchroniczne prądnice jednofazowe. — V. Przetwornice jednotwornikowe (jednostopniowe). — VI. Synchroniczne przetwornice częstotliwości. — Skróty i oznaczenia.

**ŚWIĘCICKI TEOFIL**, inż. **CYNK I JEGO ZASTOSOWANIE.** 1950, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 32, rys. 6, cena 80 zł. — Spis rzeczy: I. Rudy cynkowe. II. Wytwarzanie cynku i jego charakterystyka. III. Przetwarzanie cynku. IV. Powłoki cynkowe. — Z przedmowy: Zadaniem broszurki jest zaznajomienie czytelników z praktycznym zastosowaniem cynku. Podano też kilka uwag dotyczących wykonywania w warsztatach przedmiotów żelaznych przeznaczonych do cynkowania. Książka przeznaczona jest dla techników i majstrów.

**KLASYFIKACJA DZIESIĘTNA. Część 669. Metalurgia.** 1951, Warszawa, Główny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej. Format A5, str. 115. — Spis rzeczy: Główne działy metalurgii. Objasnienia wstępne. Tabela symboli pierwiastków. Bezpośrednie podziały znaków głównych. Poddziały analityczne. Tablice główne. Indeks przedmiotowy.

**WINOGRADOW I. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI DLA USTAWIACZY TŁOCZNIKÓW.** Tłumaczył z rosyjskiego mgr inż. Roman Baranowicz. 1951, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 60, rys. 56. — Spis rzeczy: Wyposażenie warsztatu tłoczniczego. Tłoczniki i ustawianie ich na prasach. Tłoczenie wyrobów. Tolerancje i pasowania. Organizacja pracy i podstawowe obowiązki ustawiacza. — Przedmowa wydawcy: Książka zawiera opisy i zasady działania pras i tłoczników do obróbki na zimno, stosowanych w zakładach przemysłu elektrotechnicznego oraz dane o pasowaniach i tolerancjach. Poza tym omawia zasady organizacji pracy w oddziałach tłoczących i wskazówki dla ustawiaczy tłoczników. Książka jest przeznaczona dla ustawiaczy tłoczników.



## KOMUNIKATY S. E. P.

Kandydatury na członków SEP. W myśl § 12 statutu SEP ogłasza się następującą listę kandydatów na członków zwyczajnych Stowarzyszenia:

### ODDZIAŁ GDAŃSKI

de Cordé Jerzy, Gdańsk-Sianki, Jodłowa 18  
Gajewski Florian, Gdynia, Benlowskiego 14/2  
Gumiński Jerzy, Gdańsk-Wrzeszcz, Sekret. Polit. Gdańskiej  
Jaroszczak Julian, Kościerzyna, Nowe Osiedle 4  
Mathea Antoni, Kartuzy, 3-go Maja 4  
Skrzypczyk Antoni, Sztum, Konopnickiej 4  
Włodarczyk Stefan, Gdańsk-Wrzeszcz, Jaśkowa Dolina 5/2

### ODDZIAŁ JELENIÓGÓRSKI

Adamczyk Eugeniusz, Wałbrzych, Fredry 12  
Amanowicz Paweł, (T), Legnica, Piastowska 72  
Antoniak Stanisław, Wałbrzych, Fredry 12  
Banaszek Kazimierz, Wałbrzych, Niepodległości 30/6  
Barczewski Leon, Piechowice, Zymierskiego 201/3  
Berczański Kazimierz, (T), Legnica, Engelsa 22  
Berczowski Stefan, Wałbrzych, Aptekarska 4  
Biernacki Karol, Lubań, Dymitrowa 2a  
Biliński Eugeniusz, Wałbrzych, Paderewskiego 16  
Błaszczak Lucjan, Wałbrzych, Chłopskiego 1  
Borowicz Teofil, Wałbrzych, Al. Akacji 3

Borowicz Czesław, Księginki, Daszyńskiego 61  
Borsuk Ryszard, Wałbrzych, Żołnierska 1  
Bratkowski Roman, Wałbrzych, Uzdrowskowska 12  
Broda Edward, Wałbrzych, Zymierskiego 1  
Bronka Czesław, Jelenia-Góra, 1-go Maja 43 E  
Brzeziński Kazimierz, (T), Biały Kamień, Piaskowa 8  
Buchole Jan, Głogów, Stalina 12  
Budny Henryk, Kowary, Rokossowskiego 37  
Burak Stanisław, Lubawka, Jagiellońska 4  
Cheda Władysław, Trzcianko 14, gm. Janowice Wielkie  
Chmiel Józef, Wałbrzych, Niepodległości 162  
Chmielewski Jan, Głogów, Stalina 20  
Czapski Rudolf, (T), Wałbrzych, Niepodległości 152  
Czekaj Władysław, Jedlina Zdrój, Piastowska 57  
Czuczvara Błażej, Wałbrzych, Zamojskiego 19  
Czop Józef, (T), Wałbrzych, Zamojskiego 19  
Czuber Józef, Wałbrzych, Zamojskiego 5  
Dawidko Kazimierz, Wałbrzych, Świdnicka 65  
Denega Jan, (T), Legnica, Wrocławska 95  
Dębski Zdzisław, Miłków, Brzezie Karkonoskie 10  
Dindorf Alfred, (T), Legnica, Engelsa 22  
Dobosz Władysław, Wałbrzych, Gdańska 5  
Dolkowski Władysław, Wałbrzych, Ogińskiego 13  
Domański Stanisław, (T), Gryfów Śląski, Lwowska 4  
Dorotko-Darowski Marian, Leśna, Szkolna 339  
Dudek Wiktor, Sobiecin, Emilii Piłater 1  
Dućka Władysław, (T), Wałbrzych, Batorego 43  
Dziedzic Władysław, Wałbrzych, 1-go Maja 5  
Echaust Władysław, Turosszów koło Bogatyni  
Ejdrzygiewicz Witold, Legnica, 22 Lipca 3  
Elert Bronisław, Mirsk, Kpt. Betleja 25  
Faterek Bohdan, Kowary, pow. Jelenia-Góra  
Falkowski Henryk, (T), Wałbrzych, Świdnicka 51  
Faltus Władysław, (T), Wałbrzych, Limanowskiego 10

Flaszyński Józef, Węgliniec, Elektrownia Kaławska  
 Fortuniak Zenon, Pęcznica A-12  
 Gabryelowicz Andrzej, Wieroszów, Stalina 5  
 Gadaczek Adam, Sobiecin, Górna 2  
 Gajek Józef, Wałbrzych, Kombatantów 4  
 Gajszek Franciszek, (T), Legnica, Engelsa 22  
 Gąsiorek Mieczysław, Sobiecin, Zachodnia 14  
 Gaweł Antoni, Wałbrzych, Batorego 23  
 Głuszynski Tadeusz, Wałbrzych-Wolin, Wyspiańskiego 2  
 Graszczko Wiesław, Legnica, Długa 75  
 Hakiel Zdzisław, (T), Legnica, Złotogórska 49  
 Harański Jerzy, Wałbrzych-Zdrój, Dubois 3  
 Hoch Waldemar, (T), Jelenia-Góra, Panińska 36  
 Hodor Franciszek, Janowice Wielkie, Zamkowa 15  
 Husakowski Nestor, Kamienna-Góra, Chrobrego 5  
 Idczak Roman, Kamienna-Góra, Daszyńskiego 9  
 Jagiellovicz Mieczysław, Cieplice, Mireckiego 5  
 Jaroszewicz Antoni, Legnica, Obr. Stalingradu 12  
 Jurewicz Oskar, Wałbrzych, Zakopiańska 11  
 Kidawa Zdzisław, Kamienna Góra, Głowackiego 3  
 Klesyk Bronisław, (T), Wałbrzych, Batorego 43  
 Kłoryga Wacław, Biały Kamień, Traugutta 57  
 Kochanik Ignacy, Ludwikowo Kłodzkie, Główna 2  
 Kocziej Romuald, Wałbrzych, Namysłowskiego 4  
 Kolanda Zygmunt, Wałbrzych, Stalina 42a  
 Konieczny Aleksy, Kowary, Poczta 10  
 Kowalczyk Stanisław, Sobiecin, Skalista 6  
 Kozaczewski Edward, Jelenia-Góra, Stalina 105  
 Koza Jan, Wałbrzych, Krzywoustego 43b  
 Koziara Stanisław, (T), Cieplice, Grunwaldzka 9  
 Kraguljac Rajmund, Biały Kamień, Traugutta 138  
 Kraus Jan, Wałbrzych, Psie Pole 14  
 Krasowski Jerzy, Legnica, Strzelecka 45  
 Krościński Aleksander, Szczawno Zdrój, Kopernika 1  
 Książkiewicz Edward, (T), Wałbrzych, Batorego 45  
 Kuczera Stanisław, Wałbrzych, Psie Pole 23  
 Kurowski Stanisław, Wałbrzych, Słowackiego 8  
 Kuzyński Leon, Wałbrzych, Słowackiego 26  
 Lechert Rudolf, Wałbrzych, Proletariacka 1  
 Lehrfeld Leon, Wałbrzych, Skarżyńskiego 2  
 Lesiewicz Eugeniusz, Wałbrzych, Rolnicza 3b  
 Lichosik Stanisław, (T), Legnica, Engelsa 8  
 Lipiński Mikołaj, Wałbrzych, Wyspiańskiego 10  
 Łabaj Michał, (T), Legnica, Drukarska 6  
 Ławrynowicz Joachim, Lubań, A. Sawickiej 21  
 Magdziński Jerzy, Wałbrzych, Dr. Oczki 18  
 Makula Jerzy, Turoszów, pow. Zgorzelec  
 Margules Pinkus, Piechowice, Leśna 12  
 Markiewicz Feliks, Wałbrzych, Daszyńskiego 7  
 Mesarz Kazimierz, Wałbrzych, Gnieźnieńska 14  
 Michałewski Bohdan, Głuszyca, Grunwaldzka 93  
 Mioda Tadeusz, Wałbrzych, Daszyńskiego 21  
 Modelski Edward, Wałbrzych, Jasna 34  
 Matolepszy Alojzy, Sobiecin, Sienkiewicza 4  
 Moszyński Jerzy, Sobiecin, Żeromskiego 6  
 Nalepa Władysław, Wałbrzych, Przebieg 3  
 Neukirch Józef, Biały Kamień, Pionierów 7  
 Nowak Józef, Biały Kamień, Pionierów 14  
 Nowak Kazimierz, Wałbrzych, Gnieźnieńska 3  
 Owczarski Zdzisław, (T), Legnica, R. U. T. T.  
 Padlo Witold, (T), Legnica, Curie Skłodowskiej 5  
 Pałda Tadeusz, Legnica, Powstańców Śląskich 7  
 Pal Mieczysław, Wałbrzych, Uzdrowska 6  
 Pawlec Józef, Wałbrzych, Młynarska 18  
 Pawłowicz Aleksander, Sobiecin, 1-go Maja 12  
 Pawłowicz Leonard, Jedlina-Zdrój, Północna 8  
 Plekarski Bolesław, Sobiecin, Krakowska 5  
 Pleńkowski Mirosław, Cienlice Zdrój, Francuska 12  
 Płoczek Bolesław, Lubań-Ksiegiński, Leśna 6  
 Poloczański Bolesław, Jelenia Góra, Sienkiewicza 8  
 Pomykała Bronisław, Wałbrzych, Reymonta 19  
 Pronobis Kazimierz, Sobiecin, Kraszewskiego 1  
 Przepiórka Kazimierz, Jelenia-Góra, Stalina 50  
 Rachwał Władysław, Biały Kamień, Bukowa 1  
 Rafałowicz Mieczysław, Wałbrzych, Mickiewicza 3  
 Rakszawa Edmund, Wałbrzych, Niepodległości 178  
 Rayzacki Józef, Piechowice, Zymierskiego 58a  
 Rejentowicz Piotr, Sobiecin, Pl. Żołnierza Polskiego 1  
 Riger Fryderyk, gm. Węgliniec, Elektrownia Kaławska  
 Roćko Józef, (T), Wałbrzych, Moniuszki 2  
 Roźniewicz Bogdan, Wałbrzych, Syrokomli 5  
 Rozwał Tadeusz, Jelenia-Góra, Al. Wojska Polskiego 85  
 Róg Jerzy, Wałbrzych, Weteranów 12  
 Rydgiel Zygfryd, (T), Piaskowa Góra, Hutnicza 4  
 Rzewuska-Suchocka Barbara, Wałbrzych, Mączna 6  
 Samczuk Józef, Wałbrzych, Lubelska 6  
 Sauter Jerzy, (T), Szczawno-Zdrój, Kościuszki 6  
 Sienczak Bolesław, (T), Legnica, 1-go Maja 37  
 Sienkiewicz Konstanty, Legnica, Kamienna 18  
 Sinda Władysław, Wałbrzych, Rynekowa 8  
 Skowroński Aleksander, Wałbrzych, Hutnicza 4  
 Skrobacz Jan Tadeusz, Dziecmiorowice, Sienkiewicza 88  
 Śliżowski Zygmunt, Ściegny 211, gm. Karpacz  
 Śliwiński Kazimierz, Wałbrzych, Bolesława Prusa 3  
 Słowik Zbigniew, Wałbrzych, Psie Pole 34  
 Sokółowski Leon, Cieplice, Dworcowa 23  
 Solecki Piotr, Legnica, 1-go Maja 10  
 Stasiewicz Kazimierz, Jelenia-Góra, Sienkiewicza 8  
 Stępień Gerard, Legnica, Emilii Plater 7  
 Stępiński Henryk, Gorzyńiec, Leśna 12  
 Stonisz Marian, (T), Kowary, Krzaczyna 37  
 Sulczyński Alfons, (T), Wałbrzych, Gdańska 6  
 Szaker Zbigniew, (T), Jelenia-Góra, Dyr. Okręg. E. W. P.  
 Szałkowski Andrzej, Pleńsk, Żółkiewskiego 6  
 Szczukowski Czesław, Wałbrzych, Zamovskiego 2  
 Szynkera Zdzisław, Wałbrzych, Niepodległości 45  
 Szewor Maksymilian Sedziślaw, Bud. Stacji P. K. P.  
 Szewczyk Kazimierz, Lubań-Ksiegiński, Leśna 6  
 Szlaps Otton, Wałbrzych, Żeromskiego 73  
 Szurek Bolesław, Legnica, Jaworzyńska 40

Tabaczyński Zygmunt, Cieplice, Daniłowskiego 15  
 Tarsa Emil, Zgorzelec, Domańskiego 4  
 Tataara Jan, Lubawka, Kamienogórska 32  
 Teicher Leon, Biały Kamień, Traugutta 143  
 Tobiński Kazimierz, Jelenia-Góra, Bogustawskiego 3  
 Tojl Benedykt, Wałbrzych, Paderewskiego 27  
 Treter Stanisław, Wałbrzych, Gen. Świerczewskiego 88  
 Uściński Urban, Jelenia-Góra, Drzymały 17  
 Wawrzykiewicz Roman, Wałbrzych, Świerczewskiego 35/2  
 Wicher Stanisław, Jelenia-Góra, Bogustawskiego 3  
 Widuch Bogumił, Turoszów, Spółdzielca 29  
 Wiczorkowski Marian, Wałbrzych, Fredry 11  
 Wilk Stanisław, Jelenia-Góra, Ziemowita 2  
 Winkler Roman, (T), Kamienna-Góra, Daszyńskiego 15  
 Witek Jerzy, Jelenia-Góra, Waryńskiego 10  
 Witenberg Zdzisław, Legnica, Dworcowa 1  
 Witwicki Paweł, Jelenia-Góra, Klonowicza 12  
 Wolasiewicz Bolesław, (T), Legnica, Malczewskiego 4  
 Wołski Maciej, Pęcznica, Kamienna 38  
 Wołosewicz Czesław, (T), Legnica, Malczewskiego 6  
 Wykus Lesław, Wałbrzych, Krynicka 5/6  
 Wyrwas Tadeusz, Jelenia-Góra, 1-go Maja 33  
 Zanto Stanisław, (T), Legnica, Drukarska 6  
 Zapielski Kazimierz, (T), Wałbrzych, Wyspiańskiego 13  
 Zappo Longin, (T), Kamienna-Góra, Fabryczna 2  
 Zarzycki Antoni, Sobiecin, Rynek 6  
 Zieliński Wacław, Górcze, Warszawska 9  
 Zwierzycy Jan, Wałbrzych, Królewska 22a  
 Zwirski Ignacy, Wałbrzych, Szpitalna 9  
 Zubrzycki Henryk, (T), Legnica, Chojnowska 40  
 Zarski Władysław, Węgliniec Stary 91

## ODDZIAŁ ŁÓDZKI

Gmachowski Jan, Moszczenica, k. Piotrkowa

## ODDZIAŁ SZCZECIŃSKI

Balcewicz Kazimierz, Słupsk, Św. Stanisława 67, m. 5  
 Barszcz Wacław, Szczecin, Św. Łucji 2  
 Bławat Paweł, Szczecin, Al. W. Polskiego 42, m. 11  
 Bocianowski Zbigniew, Szczecin, Św. Łucji 2  
 Dzendżera Tadeusz, Szczecin-Goleźdźno, Górska 5, m. 2  
 Frydryszewski Edmund, Szczecin, Rostworowskiego 32/8  
 Gałgański Henryk, Szczecin-Gumieniec, Dworska 32  
 Januszewski Franciszek, Szczecin, Rostworowskiego 32/8  
 Jarmak Jan, Szczecin, Langiewicza 14/1  
 Jaszul Franciszek, Szczecin-Zdroje, Eskadrowa 2  
 Kalinowski Henryk, Szczecin-Dabie, Warmińska 23, m. 3  
 Krawczyk Stanisław, Szczecin-Pogodno, Wróblewskiego 4/7  
 Krukowiecki Bogumił, Szczecin-Glinki, Nehringa 36/1  
 Kuźniak Józef, Szczecin, Bolesława Krzywoustego 65, m. 4  
 Lach Jan, Szczecin-Warszewo, Kresowa 26, m. 6  
 Legiecki Mieczysław, Szczecin, Poczta 35, m. 22  
 Matłowski Jerzy, Szczecin, Konopnickiej 27a  
 Oktaba Stefan, Szczecin-Niebuszewo, Heleny 11, m. 6  
 Pietras Tadeusz, Chojna, Owocowa 19  
 Pilich Józef, Szczecin, Jana Kazimierza 126, m. 3  
 Przyjemski Cezary, Szczecin, Strzelecka 8, m. 5  
 Przyłuski Stanisław, Szczecin, Korfańskiego 5/2  
 Puchala Reinhold, Szczecin, Łokietka 13, m. 8  
 Siara Stanisław, Szczecin, Reduta Ordona 86/2  
 Smolski Bronisław, Szczecin, Samossierey 45  
 Sobczak Stanisław, Szczecin-Zelechowo, Jana z Czarnolasu 9  
 Szewczyk Jan, Szczecin, Jagiello 16, m. 3  
 Szumowski Aleksander, Szczecin, Ku Słońcu 49  
 Stanisławski Wojciech, Szczecin-Zdroje, Wczasów 11  
 Urban Stefan, Szczecin, Św. Łucji 2  
 Wierba Ernest, Szczecin-Glinki, Nehringa  
 Wroński Jerzy, Szczecin-Pogodno, Jana Styki 5, m. 6  
 Zacharski Zygmunt, Szczecin, PRE  
 Zawierowski Bohdan, Szczecin, Poczta 14, m. 11

## ODDZIAŁ WARSZAWSKI

Abramczyk Marian, Warszawa, Sienna 72, m. 8  
 Afek Mirosław, Nowy Dwór Maz., Zakroczyńska 7  
 Amanowicz Jerzy, Żyrardów, Chopina 2/10  
 Anders Zygmunt, Warszawa, Sienna 45, m. 24  
 Andruszkiewicz Feliks, Warszawa, 11 Listopada 42, m. 8  
 Antczak Jerzy, Warszawa, Berezynska 27a  
 Antoniewicz Jerzy, p-ta Wesola, os. Szkopówka  
 Auerbach Jerzy, Warszawa, Towiańskiego 7, m. 2  
 Bagieński Jerzy, Piaseczno, Świętojańska 4  
 Baranowski Zdzisław, Piaseczno, Miedziana 1b, m. 14  
 Barański Czesław, Miłosna, Sejmowa 6  
 Bartoszewicz Franciszek, Wołomin, Miła 19, m. 8  
 Bażański Antoni, Warszawa, Narbutta 22, m. 8  
 Berinson Henryk, Warszawa, Karolkowa 32  
 Berent Jan, Błonie, Kopernika 16  
 Biegniewicz Zdzisław, Warszawa, Skolimowska 6, m. 24  
 Bielawski Zbigniew, Wawer, Błękitna 67, m. 1  
 Bielecki Jan, Warszawa, Modlińska 43  
 Biernacki Stefan, Warszawa, Bracka 18, m. 75  
 Biernacki Zdzisław, Warszawa, Środkowa 11, m. 45  
 Biedowski Eugeniusz, Radość, Świerczewskiego 10  
 Bochman Jan, Warszawa, Zajęcza 8, m. 24  
 Boczkowski Piotr, p-ta Żabki, Szpital Drewnica  
 Bogucki Alfons, Warszawa, Biruty 6, m. 10  
 Bohdanowicz Andrzej, Warszawa, Mała 9, m. 16  
 Bohuszewicz Piotr, Cechówka, Świętochowskiego 2  
 Bojko Tadeusz, Warszawa, Brzeska 13, m. 171  
 Boniński Aleksander, Wawer Nowy, Urocz. 18  
 Borowski Teofil, Miedzeszyn, Świerczewskiego 72  
 Brdulak Jerzy, Ulrychów, Szczecińskiego 7, m. 2  
 Broniecki Tadeusz, Warszawa, Bolecha 6, m. 1  
 Bursztyński Tadeusz, Grodzisk Maz., Dreszera 11  
 Chelmoński Józef, Warszawa, Puławska 44, m. 4  
 Chmiel Feliks, Warszawa, Zaliwskiego 20, m. 6  
 Chmiel Stanisław, Warszawa, Berneńska 2, m. 5  
 Ciembroniewicz Józef, Krasieńskiego 29, m. 39  
 Ciok Zbigniew, Warszawa, Ramowa 12, m. 1

- Cymbaliński Henryk Filip, Warszawa, Zymierskiego 89, m. 10  
 Cynke Stefan, Wołomin, Kobyłkowska 19, m. 2  
 Czaganian Hajj, Warszawa, Śniadeckich 6, m. 14  
 Czargahanna Hanna, Nowy Miedzeszyn, Orzechowskiego 11  
 Czerwiński Waldemar, Warszawa, Targowa 19, m. 33  
 Czupkowski Julian, Warszawa, Solec 5, m. 1  
 Dalek Eugeniusz, Pruszków, Sadowa 22  
 Danowski Witold, Rembertów k. W-wy, Piękna 60  
 Dąbkowski Bogusław, Warszawa, Mińska 18, m. 27  
 Dąbrowski Andrzej, Warszawa, Akademicka 3, m. 70  
 Dąbrowski Antoni, Warszawa, Łukiska 9, m. 2  
 Dębowski Stefan, Jelonki, Mochnackiego 10  
 Dmochowski Jerzy, Warszawa, Jerolimskie 83, m. 17  
 Dobrski Jerzy, Warszawa, Terespolska 3, m. 5  
 Dobrzański Leonard, Warszawa, Krasińskiego 16, m. 82  
 Dobrzyński Edward, Warszawa, Al. 3-go Maja 5, m. 23  
 Doczkał Jerzy, Piastów, Parcele 27  
 Domański Ryszard, Warszawa, Służewska 7, m. 23b  
 Domostawski Zdzisław, Warszawa, Narbutta 23, m. 10  
 Drabik Kazimierz, Urle, Piłsudskiego 24  
 Dрамиński Wacław, Warszawa, Nowowiejska 28, m. 29  
 Dubowiecki Hieronim, Warszawa, Kolonia Pracown. Radiostacji  
 Duczmałowski Zygmunt, Warszawa, Grochowska 229, m. 3  
 Dulski Zdzisław, Brwinów, Sienkiewicza 24  
 Duszkiewicz Ryszard, Warszawa, Niepodległości 245, m. 91  
 Figlarek Ludwik, Legionowo, Pomorska 4  
 Fiok Stanisław, Warszawa, Kamienna 14, m. 13  
 Flont Eugeniusz, Warszawa, Targowa 15, m. 42  
 Fryc Władysław, Międzyzlesie, Główna 2, m. 6  
 Fryszler Eugeniusz, Warszawa, Gibalskiego 2a, m. 10  
 Gadomski Józef, Warszawa, Modlińska 45  
 Gajdamadz Władysław, Miedzeszyn, Środkowa 4  
 Gajewski Janusz, Warszawa, Targowa 70, m. 72  
 Gajewski Jerzy, Warszawa, Targowa 70, m. 72  
 Gajowniczek Jerzy, Warszawa, Młynarska 23/19  
 Galik Edmund, Żerań, Tarchomińska 21, m. 4  
 Gąsiorek Zygmunt, Warszawa, Ratuszowa 11  
 Gąsowski Henryk, Warszawa, Opoczyńska 1, m. 13  
 Geow Zygmunt, Warszawa, Dobra 8/10, m. 6  
 Gierak Czesław, Warszawa, Kołowa 41, m. 9  
 Godlewski Kazimierz, Sulejówek, Legionów 2  
 Gollis Leopold, Wawer, Sportowa 35  
 Goniszewski Zbigniew, Warszawa, Modlińska 43  
 Grabowski Stanisław, Warszawa, Smulikowskiego 2, m. 8  
 Grzegorzka Bernard, Warszawa, Brzeska 13, m. 62  
 Grzybowski Marian, Warszawa, Miedziana 4, m. 31a  
 Gusiew Władysław, Warszawa, Smolna 11  
 Hahn Stanisław, Warszawa, Niemcewicza 9, m. 126  
 Hahn Stefan, Warszawa, Mickiewicza 27, m. 155  
 Henc Bolesław, Warszawa, Niepodległości 88, m. 1  
 Henke Michał, Chodaków, Parkowa 4, m. 5  
 Henner Maksymilian, Warszawa, Niepodległości 233, m. 86  
 Herburt Tomasz, Milanówek, Leśna 9  
 Horkiewicz Jerzy, Warszawa, Czerwonego Krzyża 21  
 Iskra Adam Feliks, Włochy, Moniuszki 37, m. 4  
 Jabłoński Marian, Chodaków k. Sochaczewa  
 Jamiołkowski Janusz, Warszawa, Kawczyńska 15, m. 53  
 Janczak Bolesław, Nowy Dwór Maz., Nowotaczna 33  
 Janiszewski Edward, Warszawa, Waszyngtona 67, m. 15  
 Jarkowski Sylwester Henryk, Miedzeszyn Nowy, 3-go Maja 12/2  
 Jaroński Ryszard, Warszawa, Boremłowska 25, m. 5  
 Jaroszewski Edmund, Warszawa, Miączyńska 5, m. 6  
 Jarzab Jan, Warszawa, Stołeczna 16/141  
 Jędrzejczak Jerzy, gn. Wiązowna, Radiostacja  
 Jurkiewicz Leonard, Warszawa, Łomżyńska 31, m. 14  
 Jurkowski Jerzy, Warszawa, Złota 59a, m. 50  
 Juszcak Bolesław, Warszawa, Złota 48, m. 30  
 Juszkiewicz Antoni, Warszawa, Al. 3-go Maja 14, m. 1  
 Kaprzycki Józef Eugeniusz, Żyrardów, Mielczarskiego 11  
 Kalita Henryk, Warszawa, Dominikańska 2  
 Kazubski Marian Piotr, Warszawa, Narbutta 20, m. 21  
 Kleinschmidt Tadeusz, Warszawa, Hoża 60, m. 6  
 Kłodziński Edward, Nowa Jeziorna, Królewska 16  
 Kobielski Bolesław, Żerań, Świerkowa 7, m. 2  
 Kobus Jan, Zielonka, Sienkiewicza 12  
 Kocon Tadeusz, Warszawa, Topiel 21, m. 22  
 Koczara Henryk, Międzyzlesie, 11 Listopada 39  
 Konopiński Tadeusz, Żabki, Pierackiego 6  
 Koński Mieczysław, Zabłotka, Stowackiego 16  
 Kopeć Jan, Warszawa, Obozowa 64, m. 49  
 Kopp Jan, Ursus, Marsa 1  
 Kostuń Józef, Warszawa, Modlińska 45  
 Kowal Janusz, Warszawa, Modlińska 28, m. 3  
 Kowalski Tadeusz, Warszawa, Paryska 14, m. 1  
 Kozarski Władysław, Warszawa, Puławska 154, m. 17  
 Kozłowski Czesław, Warszawa, Lwowska 3, m. 8  
 Krakowiak Józef, Warszawa, Filtrowa 77, m. 72  
 Kubiatowski Jerzy, Mochnackiego 21, m. 23  
 Kujawski Bolesław, Wołomin, Lipińska 37  
 Kuligowski Karol, Warszawa, Akademicka 5  
 Kurowski Waldemar, Warszawa, Kordeckiego 53, m. 10  
 Kozłowski Wacław, Anin, Świerczewskiego 44, m. 6  
 Koblerecki Jan, Warszawa, Próchnika 8/131  
 Kostrzewa Tadeusz, Warszawa, Wilcza 71, m. 23  
 Kulpa Henryk, Warszawa, Brzeska 17a, m. 9  
 Kurpiewski Jerzy Wiktor, Warszawa, Połstarościch 5  
 Kuźniarski Aleksander, Warszawa, Folwarczna 5, m. 25  
 Kwiatkowski Aleksander, Warszawa, Targowa 44, m. 26  
 Kwiatkowski Antoni, Warszawa, Targowa 62, m. 32  
 Kwiecieński Zygmunt, Warszawa, Paryska 39, m. 6  
 Leśniak Stefan, Wawer, Skrzyneckiego 50, m. 6  
 Leśniewski Tadeusz, Piaseczno, Warszawa 22, m. 3  
 Lewandowski Jan, Warszawa, Attykowa 38, m. 1  
 Łapiński Zbigniew, Warszawa, Akademicka 56  
 Łukjanow Konstanty, Miedzeszyn, Świerczewskiego 56  
 Maciaszek Janusz, Milanówek, Kościuszki 33, m. 40  
 Magdziarz Leszek, Warszawa, Niepodległości 132, m. 21  
 Majkowski Jerzy, Warszawa, Modrzewiowa 7, m. 15  
 Makomaski Zygmunt, Warszawa, Wileńska 15, m. 32  
 Marcinkowski Janusz, Rembertów, Daszyńskiego 46  
 Mazur Jan, Warszawa, Puławska 16  
 Michalczewska Michalina, Warszawa, Polna 50, m. 43  
 Michnowski Stanisław, Warszawa, Drezdeńska 5  
 Miklin Kazimierz, Sochaczew, 1-go Maja 24, m. 9  
 Mirkowski Stefan, Warszawa, Święciańska 24/4  
 Miselhorn Dariusz, Warszawa, Stalowa 4  
 Misiński Sławomir, Warszawa, Tarczyńska 1  
 Mosak Zygmunt, Pruszków, Diuga 18, m. 3  
 Mościcki Tadeusz, Warszawa, Wilcza 29, m. 22  
 Napierała Stefan, Warszawa, Fałata 4, m. 8  
 Nazarewski Jerzy, Warszawa, Kopeńska 34, m. 31  
 Nemeć Jerzy Józef, Warszawa, Asnyka 4, m. 7  
 Nowicki Eugeniusz, Warszawa, Zaliwskiego 11, m. 9  
 Nurek Ignacy, Anin, Parkowa 10, m. 1  
 Nurek Stanisław, Anin, Parkowa 10, m. 1  
 Oleksiński Aleksander, Józefów, Słoneczna 12  
 Ostafin Eugeniusz, Józefów, Słoneczna 12  
 Ostaszewski Stanisław, Warszawa, Grodzka 39, m. 23  
 Osytek Stanisław, Warszawa, Pańska 81, m. 11  
 Pal Ryszard, Warszawa, Ratuszowa 7/9, m. 86  
 Pałczyński Tadeusz, Warszawa, Domejki 24, m. 2  
 Panasiewicz Roman Adam, Warszawa, Wiejska 19, m. 10a  
 Pawłowski Włodzimierz, Skolimów, Słomczyńska 8, m. 9  
 Penkala Jerzy, Warszawa, Szustra 21, m. 1  
 Pęsik Tadeusz, Warszawa, Mszczonowska 5, m. 2  
 Piłatowicz Antoni, Warszawa, Grzybowska 5, m. 22  
 Popowicz Alfred Roman, Warszawa, Grochowska 271, m. 3  
 Pręgowski Jerzy, Warszawa, Walecznych 11, m. 3  
 Puchniewski Mieczysław, Warszawa, Białoskórnicza 5, m. 1  
 Ramuk Bolesław, Warszawa, Wolska 40, m. 32  
 Rościszewski Stanisław, Podkowa Leśna, Ptasia 26  
 Royer Zdzisław, Warszawa, Wiktorska 108, m. 86  
 Rudziński Jerzy, Warszawa, Bytomska 6, m. 2  
 Rybiński Adam, Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30  
 Rydzewski Czesław, Warszawa, Domejki 7, m. 9  
 Sajb Zygmunt, Warszawa, Kuniecka 3, m. 1  
 Sałek Henryk, Warszawa, Twarda 19, m. 4  
 Sarnowski Czesław, Warszawa, Remiszewska 27, m. 4  
 Sidorowicz Tadeusz, Gawroniec, p-ta Jeziorna  
 Sierakowski Tadeusz, Warszawa, Nowogrodzka 22  
 Sikorski Henryk, Warszawa, Filomatów 18, m. 2  
 Simonowicz Włodzimierz, Warszawa, Hoża 50, m. 63  
 Skalecki Ryszard, Warszawa, Raszyńska 56, m. 9  
 Skossa Jacek, Wołomin, Warszawa 21, m. 17  
 Skrzyppkowski Marian, Warszawa, Żurawia 24, m. 27  
 Smolana Zbigniew, Warszawa, Dwernickiego 11, m. 6  
 Sobieraj Kazimierz, Warszawa, Uniwersytecka 5, p. 216  
 Sobieraj Ryszard, Warszawa-Okecie, Bandurskiego 6, m. 12  
 Sobótka Marceli, Okuniew, Warszawa 16  
 Sokolnicki Eugeniusz, Warszawa, Chmielna 66  
 Stańczuk Roman, Wawer, Al. Płowicka 55, m. 1  
 Sulis Zenon, Warszawa, Grochowska 140, m. 8  
 Szafran Paweł, Warszawa, Mochnackiego 4, m. 40  
 Szczotkiewicz Tadeusz, Warszawa, Stołeczna 16, m. 130  
 Szczołkowski Henryk, Międzyzlesie, Kościuszki 10, m. 5  
 Szczyliński Maciej, Warszawa, Piękna 11, m. 13  
 Szmidi Henryk, Piastów, Pomorska 3, m. 1  
 Sztajerwald Jan, Zielonka, Łukasieńskiego 11  
 Sztajk Ryszard, Warszawa, Filtrowa 83, m. 2  
 Szulborski Edward, Warszawa, Sienna 21, m. 24  
 Szumański Andrzej, Warszawa, Niepodległości 54  
 Szwed Edward, Radość, Pieszka 23  
 Szwed Stanisław, Radość, Konopnickiej 4  
 Szymiec Roman, Warszawa, Modlińska 45  
 Świdorski Jerzy, Warszawa, Chłopińskiego 14  
 Świerczyński Maciej, Otwock, Kościuszki 3  
 Tarnawski Jan, Warszawa, Al. 3-go Maja 2, m. 168  
 Tarnowski Benedykt, Warszawa, Siedlecka 34, m. 56  
 Teodorczyk Kazimierz, Warszawa, Grochowska 105, m. 18  
 Trzcński Władysław, Otwock, Al. Szwalezerów 25  
 Turczyn Aleksander, Warszawa, Fr. Salezego 4, m. 9  
 Wasilewski Antoni, Warszawa, Wawelska 15  
 Wdowiak Janusz, Warszawa, Sekocińska 11, m. 12  
 Wichert Ryszard, Włochy, Promienista 17, m. 4  
 Wichliński Andrzej, Warszawa, Żelazna 22, m. 35  
 Wiśniowski Kazimierz, Włochy, Hotel Robotniczy  
 Woźda Tadeusz, Warszawa, Paniańska 5, m. 7  
 Wojtkowska Krystyna, Warszawa, Ludna 4, m. 12  
 Wojtkowicz Janusz, Warszawa, Szustra 118/124, m. 138  
 Wojtowicz Medard, Warszawa, Olimpijska 7, m. 2  
 Wydzga Stanisław, Warszawa, Piłicka 46, m. 1  
 Wyszogrodzki Ludwik, Warszawa, Żabkowska 7, m. 48  
 Zagórski Marian, Warszawa, Al. 3-go Maja 2, m. 172  
 Zaremba Jerzy, Warszawa, Em. Plater 9/11, m. 7  
 Zbrzeźny Jan, Warszawa, Zymierskiego 73, m. 2  
 Zieliński Jerzy, Podkowa Leśna, Lissa 10  
 Zieliński Marian, Warszawa, Czapełińska 38, m. 2  
 Zurawski Józef Maciej, Warszawa, Targowa 59, m. 18

## ODDZIAŁ ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

- Cichoński Kazimierz, Jaworzno II, Osiedle awaryjne bl. 3  
 Gagas Michał, Częstochowa, 1-go Maja 1  
 Kłis Józef, Bielsko, (T), Dąbrowskiego 12, m. 6  
 Kosiorek Stanisław, (T), Gliwice, Stalina 7, m. 2  
 Lis Eugeniusz, Katowice, Gen. Świerczewskiego 31c, m. 8  
 Łukaszewski Jan, Jaworzno II, Osiedle awaryjne bl. 3  
 Mańkowski Edmund, Mikołów, Krótka 48  
 Pająk Józef, Katowice, Ks. Bisk. Lisieckiego 3c  
 Sojka Alojzy, Orzesze, Szkolna 6  
 Wolnik Jan, Panewnik, Szojdy 1  
 Zmarzlik Antoni, Mysłowice, Towarowa 7  
 Zymia Franciszek, Brzezińska, Kościuszki 72E

# BIULETYN GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok V — nr 29

Warszawa, Al. Niepodległości 222

Wrzesień 1951 r.

Zakład Trakcji Elektrycznej

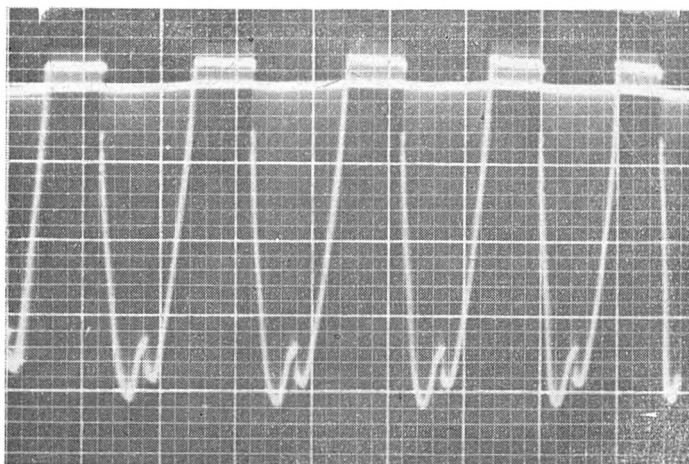
## METODA POMIARU SPADKU NAPIĘCIA W PROSTOWNIKACH RTĘCIOWYCH

Sprawność energetyczną zaworu rtęciowego możemy obliczyć na podstawie znanej wartości spadku napięcia. Pomiar spadku napięcia posiada takie samo znaczenie dla prostowników rtęciowych, jak pomiar strat w żelazie lub miedzi dla maszyn elektrycznych.

Spadek napięcia jest sumą trzech składowych: spadku napięcia katodowego, anodowego i spadku napięcia w łuku. Zależnie od konstrukcji, wielkości i warunków pracy zaworu rtęciowego spadek może wahać się w granicach od 12 do 30 V.

Obserwując na oscylografie przebieg chwilowych wartości napięcia pomiędzy anodą i katodą dla zaworu rtęciowego, widzimy, że w części okresu, w której anoda przewodzi prąd, potencjał anody jest w przybliżeniu stały i wyższy od potencjału katody o spadek napięcia (rys. 1).

Z chwilą, kiedy anoda przestaje przewodzić prąd, potencjał jej zmienia się w przybliżeniu wg sinusoidy napięcia fazowego transformatora. Mówimy, że w czasie działania zaworowego prostownika pojawia się między anodą



Rys. 1. Oscylogram chwilowych wartości napięcia pomiędzy anodą i katodą dla prostownika rtęciowego pracującego w układzie sześciofazowym z dławikiem wyrównawczym  
Górna część krzywej odpowiada spadkowi napięcia, dolna fali powrotnej napięcia

i katodą fala powrotnego napięcia. Krzywa napięcia powrotnego może posiadać zresztą różny kształt zależnie od układu połączeń transformatora zasilającego zawór.

Rys. 1 dotyczy przypadku, kiedy zastosowany jest transformator sześciofazowy z dławikiem wyrównawczym.

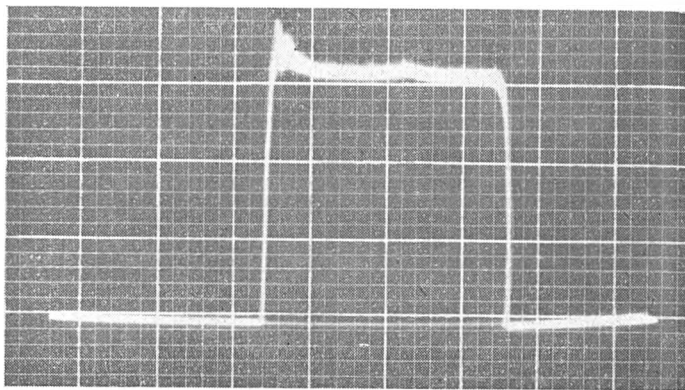
Najważniejszą częścią krzywej napięcia pomiędzy anodą i katodą, odpowiadającą spadkowi napięcia w łuku, nie jest zupełnie ściśle odcinkiem linii prostej, jak widać z rys. 1, lecz odkształconą krzywą, jak podano na rys. 2.

Widzimy, że w chwili początkowej do zapalenia anody potrzebne jest powiększenie napięcia. Kształt krzywej spadku napięcia zależy od stopnia jonizacji wewnątrz zbiornika próżniowego, temperatury części konstrukcyjnych, obciążenia transformatora i może być różny dla poszczególnych anod w jednym prostowniku.

Sprawność prostownika jest obliczana na podstawie średniej wartości spadku napięcia dla wszystkich anod.

Przepisy na prostowniki rtęciowe\*) wydane za granicą przewidują na ogół następujące metody pomiaru i obliczania średniej wartości spadku napięcia.

1. Metoda kalorymetryczna. Metoda ta opiera się na pomiarze ilości ciepła odprowadzonego przez wodę, chłodzącą prostownik. Spadek napięcia oblicza się



Rys. 2. Oscylogram chwilowych wartości spadku napięcia pomiędzy katodą i anodą dla zaworu rtęciowego przy niewielkim obciążeniu (1/3 obciążenia znamionowego), uzyskany metodą opisaną w tekście

na podstawie strat ciepłych w założeniu, że 10% całkowitych strat wydziela się przez ścianki zbiornika zaworu do otaczającego powietrza.

2. Metoda watomierzowa bezpośrednia. Straty wywołane spadkiem napięcia w łuku mierzy się przy pomocy watomierzy, których cewki prądowe są włączone w przewody anodowe, a cewki napięciowe pomiędzy anodą i katodą. Średni spadek napięcia obliczamy dzieląc straconą moc przez średnią wartość prądu anodowego.

3. Metoda watomierzowa pośrednia. Przy pomocy watomierzy, których cewki prądowe włącza się w przewody anodowe, a cewki napięciowe pomiędzy anodą i punkt zerowy transformatora, mierzy się moc pobraną przez zawór. Jednocześnie przy pomocy woltomierza i amperomierza typu magnetoelektrycznego mierzy się moc po stronie prądu stałego. Różnica pomiędzy mocą pobraną i oddaną określa straty wewnątrz samego zaworu i może służyć jak w p. 2 do obliczania spadku napięcia.

4. Metoda oscylograficzna. Zdejmuje się jednocześnie oscylogramy chwilowych wartości prądu anodowego i napięcia pomiędzy anodą i katodą. Iloczyn chwilowych wartości tych dwóch wielkości daje moc chwilową traconą w łuku. Droga planimetryczna obliczamy średnią w czasie wartość mocy traconej w łuku i, jak wyżej, spadek napięcia.

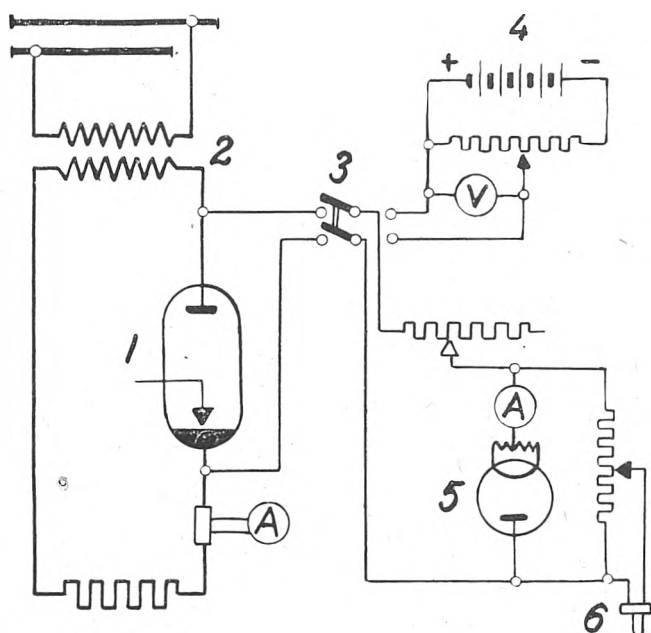
Po bliższym rozpatrzeniu wyszczególnionych metod widzimy, że pomiary te są bardzo kłopotliwe.

Metoda kalorymetryczna może być zastosowana jedynie do prostowników chłodzonych wodą. Pomiar ten jest zresztą bardzo niedokładny.

W metodzie watomierzowej i oscylograficznej największą trudność sprawia przede wszystkim to, że w czasie zaworowego działania prostownika pomiędzy anodą i katodą pojawia się napięcie kilkadziesiąt, a czasem nawet kilkaset razy większe od samego spadku napięcia w łuku. Zakres cewki napięciowej watomierza dobrany być musi do

\*) W Polsce przepisy na prostowniki rtęciowe nie zostały jeszcze opracowane w ramach prac PKN. Przemysł nasz korzysta na razie z tymczasowych przepisów na zespoły prostownikowe z zaworami rtęciowymi, opracowanych w 1949 r. przez Zakład Trakcji Elektrycznej na zlecenie CZPE.

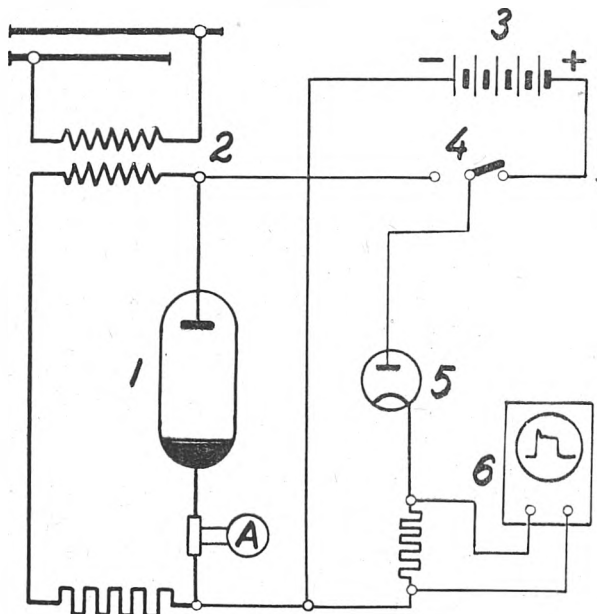
wartości tego napięcia, w wyniku czego otrzymuje się bardzo małe odchylenie wskazówki przyrządu. Podobnie na ekranie oscylografu fala powrotnego napięcia nie pozwala dokładnie odczytać wartości spadku napięcia.



Rys. 3. Układ do pomiaru metodą oscylograficzną spadku napięcia dla zaworu rzęciowego przy zastosowaniu prostownika pomocniczego \*)

- 1 — zawór badany
- 2 — transformator prostownikowy
- 3 — przełącznik
- 4 — bateria do skalowania obrazu
- 5 — prostownik pomocniczy
- 6 — pętla oscylografu

Dla wyeliminowania tych niedogodności pomiary wykonywane są przy zmniejszonym napięciu transformatora za-



Rys. 4. Pomiar spadku napięcia metodą opracowaną w Zakładzie Trakcji Elektrycznej

- 1 — zawór badany
- 2 — transformator prostownikowy
- 3 — bateria do skalowania obrazu
- 4 — przełącznik
- 5 — dioda z żarzoną katodą
- 6 — oscylograf katodowy

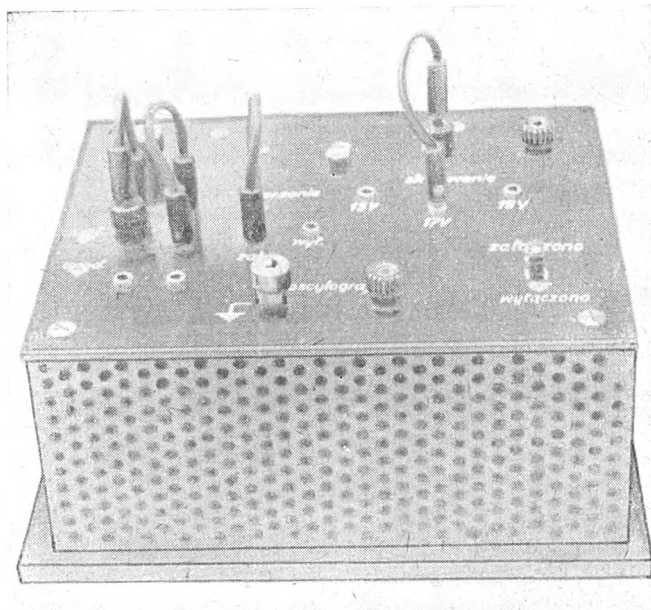
silającego, co znowu może spowodować zmianę kształtu krzywej prądu anodowego i błędy innego charakteru.

\*) Szlapanow. Ignitronnyje wypryamiteli, str. 50.

Dla zwiększenia dokładności pomiaru włącza się niekiedy prostownik pomocniczy (rys. 3), który zmniejsza falę powrotnego napięcia.

Zarówno zmniejszenie napięcia zasilającego, jak i włączenie pomocniczego prostownika, w praktyce jest trudne do realizacji. Rozwiązania te zresztą nie są idealne, ponieważ warunki pomiaru odbiegają od warunków normalnej pracy zaworu.

Na uwagę zasługuje metoda pomiarowa opracowana w Głównym Instytucie Elektrotechniki według układu podanego na rys. 4. Wpływ fali powrotnego napięcia został tutaj wyeliminowany przez wprowadzenie diody z żarzoną katodą do samego układu pomiarowego oscylografu. Dzięki temu otrzymujemy napięcie na płytce oscylografu tylko wtedy, gdy badana anoda przewodzi prąd. Nie potrzebujemy dławić samej fali powrotnej tak, jak tego wymaga układ na rys. 3, i na ekranie oscylografu otrzymujemy tylko sam spadek napięcia.



Rys. 5. Przyrząd do pomiaru spadku napięcia

Wymiary 22 cm × 18 cm × 10 cm. Przyrząd wyposażony jest w lampę dwuelektrodową i urządzenie do skalowania prądem stałym lub zmiennym krzywej spadku napięcia na ekranie oscylografu

Ulepszenie to posiada w praktyce istotne znaczenie. Pozwala bowiem bez większych przygotowań mierzyć dosyć dokładnie spadek napięcia przy dowolnych warunkach pracy zaworu.

Metodą tą można mierzyć nawet spadek napięcia w czasie pracy kolejowych prostowników na napięciu 3000 V.

Na tej zasadzie wykonany został przenośny przyrząd o niewielkich wymiarach wagi ok. 2 kg. Wyposażony jest on jednocześnie w źródło prądu do skalowania znanym napięciem obrazu na ekranie oscylografu (rys. 5).

Metoda będzie umieszczona w obecnie opracowanych przez PKN przepisach na prostowniki rzęciowe. Podane na rys. 2 zdjęcie oscylograficzne wykonano właśnie przy pomocy opisanej metody.

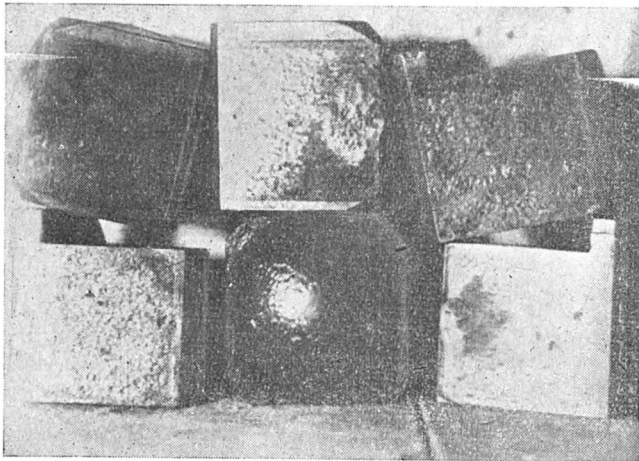
J. G.

Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych

## BADANIE PRĄDÓW ŁOŻYSKOWYCH W ZESPOŁACH PRĄDNIOWO-TURBINOWYCH

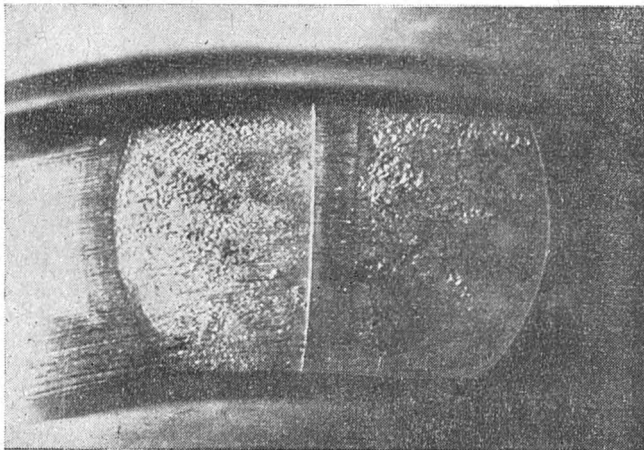
Jedno ze zjednoczeń energetycznych zwróciło się do Zakładu Maszyn i Napędów Elektrycznych z prośbą o zbadanie 3 zespołów prądnicowo-turbinowych, co do których powstało podejrzenie, że występuje w nich zjawisko prądów łożyskowych. Objawy zaobserwowane w każdym z zespołów (w dalszym ciągu nazywane one będą A, B i C) były zupełnie różne. W zespole prądnicowo-turbinowym

A najsilniej występowało niszczące działanie prądów łożyskowych: podczas kilku kolejnych remontów zauważono liczne wżery, głównie na tarczy i segmentach łożyska oporowego, na sprzęgle oraz na czopach łożyskowych wału (rys. 1 i 2). W zespole B zaobserwowano również wżery



Rys. 1. Wżery na segmentach łożyska oporowego

na czopach łożyskowych wału, poza tym jednak występowało silne namagnesowanie wału. W zespole C nie zauważono żadnych wżerów, natomiast przy zetknięciu jednego końca kawałka drutu z płytą fundamentową występowało silne iskrzenie między wałem a zbliżonym do niego dru-



Rys. 2. Wżery na tarczy łożyska oporowego

gim końcem drutu. Wobec niszczącego działania zaobserwowanych zjawisk Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych postanowił przeprowadzić badania, których celem miało być ustalenie przyczyn powstawania prądów łożysko-

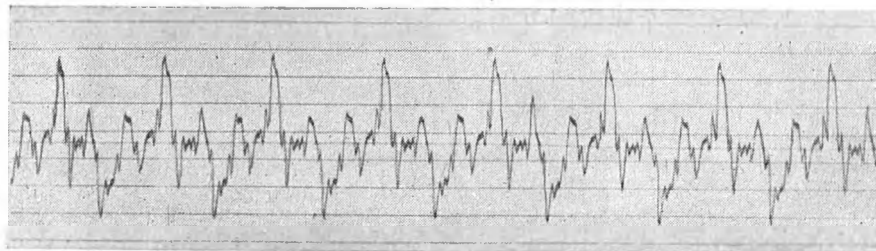
prądnicy indukowana zmiennym strumieniem magnetycznym skojarzonym z wałem. Siła elektromotoryczna powstająca w wale, zależnie od wywołującej ją przyczyny, może być stała, zmienna o częstotliwości sieci lub zmienna o częstotliwości stanowiącej wielokrotność częstotliwości sieci. Prąd wywołany różnicą potencjałów na końcach wału płynie w obwodzie utworzonym przez łożyska i płytę fundamentową. Część prądu może dostawać się przez sprzęgło do turbiny i wracać przez płytę fundamentową z powrotem do prądnicy.

Przed rozpoczęciem badania zespołów należało upewnić się, czy rzeczywiście przyczyną powstawania prądów płynących w maszynach jest siła elektromotoryczna w nich wzniecana. W tym celu zespoły zostały zatrzymane i sprawdzono miliwoltomierzem, czy między którymkolwiek częściami zespołów nie występuje napięcie. Próby dały wynik negatywny: nigdzie istnienia żadnych napięć nie stwierdzono. Dopiero po uruchomieniu maszyn i włączeniu wzbudzenia pojawiło się napięcie między końcami wału. Z kolei przystąpiono do pomiaru wartości napięć indukowanych między wałem a płytą fundamentową zespołów, przy czym pomiaru dokonano miliwoltomierzem magneto-elektrycznym oraz woltomierzem lampowym. Odchylenie przyrządu magneto-elektrycznego dla wszystkich zespołów było bardzo niewielkie, nie przekraczające kilku miliwoltów, co dowodzi, że w sile elektromotorycznej wzniecanej w wale nie występowała praktycznie biorąc składowa stała. Wartość składowej zmiennej natomiast była dosyć duża i wynosiła dla prądnicy A ok. 1,5 V, dla prądnicy B ok. 5 V, dla prądnicy zaś C aż 15 V. Wartość napięcia zależna była od prądu wzbudzenia i rosła przy jego zwiększaniu.

Dla bliższego zbadania przebiegu napięć indukowanych w wale wykonano zdjęcia oscylograficzne dla wszystkich maszyn. Zdjęcia te wykazały, że zjawisko prądów łożyskowych ma charakter bardzo skomplikowany. Obok siły elektromotorycznej o częstotliwości sieci występują tu również wyższe harmoniczne. Dla przykładu na rys. 3 pokazano oscylogram napięcia pomiędzy dwoma końcami wału prądnicy C.

Pomiar napięcia pomiędzy wałem a płytą fundamentową nie nastęrcza większych trudności, natomiast pomiar prądu łożyskowego jest bardzo trudny. Ażeby zdać sobie sprawę z występujących tu trudności, należy sobie uzmy słowić, że prąd ten płynie w obwodzie o bardzo małej oporności, którego nie można w żadnym miejscu przerwać dla wykonania pomiaru prądu. Co do składowej zmiennej powstał pomysł zmierzenia jej za pomocą specjalnego przekładnika prądowego o konstrukcji podobnej do konstrukcji tzw. kleszczy Dietza. Taki specjalny przekładnik z rdzeniem otwieranym i zakładanym na wał maszyny został wykonany w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych. Pomiarów jednak nie można było wykonać, gdyż bezpieczne założenie przekładnika na wał i zdjęcie go wymagało dwukrotnego zatrzymania maszyny, co ze względów eksploatacyjnych było niemożliwe. Wykonany natomiast tymże przekładnikiem pomiar prądu płynącego przez rury do olejowego smarowania łożysk zespołu C wykazał, że przez rury te płynie prąd dochodzący do 50 A.

Bliższa analiza wyników pomiarów i omówienie sposo-



Rys. 3. Oscylogram napięcia między końcami wału prądnicy

wych oraz zastosowanie środków, zapobiegających dalszemu uszkodzeniu części zespołów.

Przyczyną powstawania prądów łożyskowych jest najczęściej różnica potencjałów między dwoma końcami wału

bów, które należy stosować dla uniknięcia szkodliwych skutków działania prądów łożyskowych, będzie przedmiotem oddzielnej pracy, która będzie wydana w ramach prac naukowo-badawczych GIEL.

T. ŚL.

# STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

SKŁAD ZARZĄDÓW ODDZIAŁÓW I SEKCJI W KADENCJI 1951/2 R.

L.p.	Oddział	Prezes	Wiceprezes	Sekretarz	Skarbnik	Ref. odczytowy	Inne funkcje
1	Białostocki	Rode S.	Starega W. Kołataj B.	Wołasewicz L. Zast. Geronim A.	Więcko A. Zast. Wardoni M. Woroniecki K.		Czł. Jakubowski Br.
2	Bydgoski	Büttner Zdz.	Irzyk J. Dombrowski K.	Sibilla M.		Markowicz Sz. Zast. Szymczak J.	
3	Dzierżoniowski.	Nieplowicz St.	Haupt K.	Krakowiak J.	Wieczorek E.	Engelking J.	
4	Gdański	Hykiel St.	Komarski M.	Korszun H.	Krawczyk W. Zast. Szczerbiński M.	Magnuski A. Zast. Chartanowicz J. Majkowski R.	
5	Jeleniogórski Koło Wałbrzyskie Koło Legnickie	Grodzicki M. Jarmułowicz M. Kijewski L.	Stelmaszyk E. Żepielski K. Denega J.	Byrzek L. Dołkowski Wł. Sieradzan J.	Mirski J. Szebor M. Lichoć J.		Czł. Seliger A., Wieczorek J. Czł. Dudek W., Flak St.
6	Kielecki	Bielak A.	Guzik M.	Jakóbkiewicz Cz. Zast. Gośniewski	Giel E. Zast. Niewiarowski J.	Guzik M.	
7	Krakowski	Asler R.	Barzyński J.	Rodański St.	Ciołczyk E.	Orski J.	Czł. Pasierbiewicz „ Cholewa P. „ Chwała K. „ Piróg Cz.
8	Lubelski	Krzywicki R.	Kacejko L.	Rogowski J. Zast. Szałański Z.	Supryn St.	Suprynowicz T.	Czł. Pielak H. „ Skwarek C.
9	Łódzki	Rafalson J.	Marchwicki St.	Łukasiak R.	Grodzki T.	Dąbrowski K.	Ref. racjon. Alchimowicz A. Czł. Olszewski Br. „ Korzeniowski
10	Mazowiecki	Jakubiak D.	Roskowski B.	Borkowski K.	Szpura J.	Hacki Wł.	Czł. Rześny W.
11	Mazurski	Siemiątkowski F.	Piwakowski B.	Borowski A.	Grabowski J.	Żbikowski M.	Czł. Jabłoński W.
12	Opolski	Kryłów A.	Siemianów J.	Pospiszyl E.	Grazda Zdz.	Dzięcielski B.	Czł. Włodarczyk M. „ Pleifer Cz.
13	Poznański	Kołowrotkiewicz J.	Rosiński St. Skrukwa J.	Zast. Żyłka B. Zakrzewski G. Zast. Prymka A.	P. o. Anisimowicz W. Baczyński O. Zast. Miedziński E.	Ciernioch Fr. Zast. Napierała Wł.	Czł. Zborowski J. „ Wiszniewski M. „ Cychniewski K.
14	Radomski	Jacobi Cz.	Sarnowski Z.	Mazur L.	Szumielewicz L.	Kraterski St.	Czł. Jelonkiewicz J. „ Skrzyniarz S.
15	Szczeciński	Włodarski J.	Fabierkiewicz Z.	Rokicki J.	Latosiński T.	Neymark St.	Czł. Oświęcimski C.
16	Warszawski	Luberadzka T.	Chmielnicki Sz. Ustynowicz R.	Torbus W.	Dumała W.	Iwanowski Z. (dokończony)	Czł. Sokalski K. „ Jachimowicz A. „ Metera A.
17	Wrocławski	Rejngold Z.	Tarłowski Zb. Orliński B.	Joniewicz H.	Nowak H.	Maison A.	Ref. szk. Raszewski J. „ racj. Lermer J.
18	Zagł. Węglowego	Krygiel T.	Siwiński J.	Bień Z.	Sacharuk T.	Gamza Al.	Ref. racjon. i współz. Pypec H. „ wycieczk. Skopec Zb. „ szkol. Rayzer S.
I.	SEKCJE Sekcja Telekomunikacyjna	Raszba W.	Rafałowicz Z. Kielan St.	Ref. og. Zarembiński M. Rotter	Ref. organ. Liwski Z. Husarski L.	Ref. odcz. szkol. Rajewski M. Miczkowski A.	Ref. wydawn. Kuć J. Trembiński Wł. A.
II.	Sekcja Kine-techniczna	Stanek H.	Czł. Basiński S. „ Koskowski E.				

## ZASADY PRENUMEROWANIA CZASOPISM TECHNICZNYCH NOT

Z dniem 1 maja 1951 r., zgodnie z ustawą z 20. 12. 1949 r. (Dziennik Ustaw R. P. Nr 63 poz. 497) oraz rozporządzeniem Prezesa Rady Ministrów i Przewodniczącego Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego o prenumeracie i kolportażu czasopism i wydawnictw, kolportaż wszystkich czasopism technicznych został przejęty przez PPK „RUCH“.

1. Wpłata prenumeraty winna następować z góry, co najmniej na pół miesiąca przed rozpoczęciem okresu (kwartału, półrocza, roku).

2. PPK „RUCH“ otworzył dla każdego czasopisma nowe konto, na które winna być wpłacana prenumerata przez wszystkich prenumeratorów od drugiego półrocza 1951 r.

3. Wysokość prenumeraty, zarówno normalnej jak i ulgowej, pozostała bez zmiany. Bez zmiany pozostały również uprawnienia do korzystania z prenumeraty ulgowej.

4. Uprawnienia do prenumeraty ulgowej są następujące:

4.1. Z prenumeraty ulgowej korzystają indywidualnie wszyscy członkowie stowarzyszeń NOT posiadający aktualną legitymację.

4.2. Z prenumeraty ulgowej korzystają zbiorowo — przy abonowaniu co najmniej 5 egzemplarzy: a) członkowie Zw. Zawodowych przez oddział lub koło związku, radę zakładową, b) studenci wyższych uczelni przez zze-

szenia studenckie, c) uczniowie szkół zawodowych przez dyrekcję szkoły, d) członkowie klubów racjonalizatorskich przez zarząd klubu.

4.3. Przy opłacaniu prenumeraty ulgowej indywidualnej należy przedstawiać legitymację Stowarzyszenia NOT, względnie przy wpłatach na PKO podawać Stowarzyszenie, którego jest się członkiem.

4.4. Przy zamawianiu prenumeraty ulgowej zbiorowej w Oddziale PPK „Ruch“ należy przedstawiać zaświadczenie jednej z instytucji wymienionych w p. 4.2., przy dalszych wpłatach należy podawać nr i datę zaświadczenia upoważniającego do ulgowej prenumeraty. Przy wpłatach ulgowej prenumeraty na PKO należy podawać na blankiecie instytucję wystawiającą zaświadczenie, nr i datę zaświadczenia. Przy zamawianiu prenumeraty ulgowej po raz pierwszy zaświadczenie winno być przesłane do Oddziału PPK „RUCH“.

## NOWE KONTA CZASOPISM TECHNICZNYCH NOTu

Architektura	I—19870/110	PPK „Ruch“, Centralna Ekspedycja, Warszawa, ul. Srebrna 12
Energetyka	I—20164/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Gazeta Cukrownicza	I—19871/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Gaz, Woda i Technika Sanitarna	I—19872/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Gospodarka Wodna	I—19873/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Horyzonty Techniki	I—19874/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Inżynieria i Budownictwo	I—19875/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Materiały Budowlane	I—19876/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Mechanik	I—19877/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Papiernik	VII—10616/110	PPK „Ruch“, Oddział Wojewódzki, Łódź, ul. Roosevelta 17
Poligrafika	I—19878/110	PPK „Ruch“, Centralna Ekspedycja, Warszawa, ul. Srebrna 12
Przegląd Budowlany	I—19879/110	„ „ „ „ „ „ „ „
<b>Przegląd Elektrotechniczny</b>	<b>I—20165/110</b>	„ „ „ „ „ „ „ „
Przegląd Geodezyjny	I—19880/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przegląd Mechaniczny	I—19881/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przegląd Papierniczy	VII—10615/110	PPK „Ruch“, Oddział Wojewódzki, Łódź, ul. Roosevelta 17
Przegląd Skórzany	VII—10614/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przegląd Spawalnictwa	I—19882/110	PPK „Ruch“, Centralna Ekspedycja, Warszawa, ul. Srebrna 12
Przegląd Techniczny	I—19883/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przegląd Telekomunikacyjny	I—19884/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przemysł Chemiczny	I—19885/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przemysł Drzewny	I—19886/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przemysł Rolny i Spożywczy	I—19887/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Przemysł Włókienniczy	VII—10617/110	PPK „Ruch“, Oddział Wojewódzki, Łódź, ul. Roosevelta 17
Szkło i Ceramika	I—19889/110	PPK „Ruch“, Centralna Ekspedycja, Warszawa, ul. Srebrna 12
Technika Lotnicza	I—19890/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Technika Morza i Wybrzeża	XI—55407/431	PPK „Ruch“, Oddz. Wojewódzki, Gdańsk, ul. Marynarki Polskiej 1.
Technika Motoryzacyjna	I—19891/110	PPK „Ruch“, Centralna Ekspedycja, Warszawa, ul. Srebrna 12
Wiadomości Elektrotechniczne	I—19892/110	„ „ „ „ „ „ „ „
Wiadomości Telekomunikacyjne	I—19893/110	„ „ „ „ „ „ „ „

Począwszy od września rb. urzędy pocztowe oraz listonosze wiejscy i miejscy przyjmować będą wpłaty na prenumeratę w terminie do dnia 15-go każdego miesiąca na miesiąc następny i okresy dalsze. Wpłaty na prenumeratę po 15-ym każdego miesiąca nie będą zapewniały dostawy pisma na następny miesiąc.

Prenumeratę ulgową wpłacać należy wyłącznie za pomocą blankietów PKO na właściwe konto.