

W. 127111

63

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN  
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,  
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXX

ZESZYT 11

21.XI.1954

Jeśli minione 10-lecie oceniać miarą tych wielkich przeobrażeń społecznych, których twórcami były masy ludowe to nie ma ono równego sobie w ciągu stu dziesięcioleci, jakie składają się na historię naszego państwa i narodu.

Jest to 10-lecie zwycięstwa pierwszej w naszej historii władzy ludowej. Naród nasz ma uzasadnione prawo szczycić się tym zwycięstwem i uznać je za źródło swej najgłębszej dumy narodowej. Zwycięstwo władzy ludowej zapoczątkowało okres przekształcania się narodu polskiego w naród socjalistyczny, który — przejmując przebogata, postępową spuściznę minionych pokoleń — wzbogaca ją nowym dorobkiem ku chwale Polski.

Najdonioślejszym wynikiem rewolucyjnych przeobrażeń społecznych minionego 10-lecia jest to, że naród polski włączył się do czołowego oddziału postępu ogólnoludzkiego, włączył się do rodziny przodujących narodów, torujących ludzkości drogę do nowej epoki jej dziejów. Treścią walki w tej epoce jest całkowite wyzwolenie człowieka, wyparcie raz na zawsze ze stosunków między ludźmi wyzysku, przemocy, gwałtu, oparcie natomiast tych stosunków na powszechnym szacunku wzajemnym, na uczuciach braterstwa międzynarodowego, którego wspinały wzór dają światu narody radzieckie.

B. BIERUT



## SPIS RZECZY

- Jaszczuk B. Potrzeba i obowiązek oszczędzania energii elektrycznej we wszystkich gałęziach gospodarki narodowej.
- Apel Krajowej Konferencji w sprawie wzmoczenia oszczędności energii elektrycznej w zakładach przemysłowych.
- Elektrycy w Polskiej Akademii Nauk.
- Odznaczenia państwowe dla członków SEP.
- Jakubowski J. L. Przepięcia i ochrona przepięciowa.
- Mejro C. Wytyczne projektowania sieci miejskich niskiego napięcia.
- Kahl T. Wskazówki projektowania miejskich sieci średnich napięć.
- Gawecki Z. Układy zasilania miejskich sieci zamkniętych kratowych niskiego napięcia.
- Michalak W. Uziemienie punktu zerowego w miejskich sieciach kablowych.
- Smoluchowski W. Wytyczne rozwoju przemysłu silnikowy elektrycznych na ile potrzeb ich użytkowników.
- Krajowa konferencja w sprawie maszyn i napędów elektrycznych (sprawozdanie z obrad 19—20 marca 1954 r.).
- Przegląd Czasopism:  
Elektrownia na ciśnienie ponadkrytyczne.
- Przegląd Dokumentacyjny Elektrotechniki.

## СОДЕРЖАНИЕ

- Ящук Б. Необходимость и долг экономить электрическую энергию во всех отраслях народного хозяйства.
- Воззвание Конференции по вопросу усиления экономии электрической энергии в промышленных предприятиях.
- Электрики в Польской Академии Наук.
- Награждение знаками отличия членов Общества Польских Электриков.
- Якубовский Я. Л. Перенапряжения и защита от перенапряжений.
- Мейро Ч. Руководящие указания по проектированию городских сетей низкого напряжения.
- Каль Т. Указания по проектированию городских сетей среднего напряжения.
- Гавецкий З. Схемы питания городских замкнутых сетей низкого напряжения решетчатого типа.
- Михаляк В. Заземление нуля в городских кабельных сетях.
- Смолюховский В. Пути развития промышленного производства электродвигателей в связи с нуждами потребителей.
- Конференция по вопросам электрических машин и приводов (отчет).
- Обзор журналов:  
Электрическая станция сверхкритического давления.
- Библиографический Обзор Электротехники.

## CONTENTS

- Jaszczuk B. The necessity and obligation of saving electric power in all branches of national economy.
- Appeal by the Conference dealing with problems of increased electric power economy in industrial enterprises.
- Electrical Engineers — members of the Polish Academy of Science.
- State awards to members of the Ass. of Pol. El. Eng.
- Jakubowski J. L. Overvoltage and surge protection.
- Mejro C. Outlines for designing L. T. city distributing networks.
- Kahl T. Recommendations for designing medium voltage city networks.
- Gawecki Z. Feeding systems for L. T. closed grid networks in towns.
- Michalak W. Neutral point earthing in urban cable networks.
- Smoluchowski W. Outlines, from the user's point of view, for the development of the electric, motor industry.
- Conference in matters dealing with electric machines and drives (Report on the meeting held on the 19-th and 20-th March, 1954).
- Review of periodicals:  
Electric power plant for ultra-critical steam pressure.
- Electrotechnical Bibliography Review.

# PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

## Nowości wydawnicze

- BŁAŻEWSKI S.: **Pomiary twardości metali**. Wyd. 2 popraw. i uzup. S. 195, zł 17.— (opraw.)
- Kalendarz chemiczny**. Część 1 ogólna. Praca zbiorowa. S. 1823, zł 150.— (opraw.)
- KONARZEWSKI T.: **Bhp w rzemiośle elektromechanicznym**. Biblioteka Ochrony Pracy S. 71, zł 4.—
- MODLIŃSKI E.: **Ochrona pracy w gospodarce socjalistycznej**. Biblioteczka Wykładowcy BHP. S. 47, zł 2.—
- POMIRSKI H., SZPIGLER Z.: **Kablowe linie telekomunikacyjne**. S. 440, zł 35.— (opraw.)
- STEFANOWSKI H.: **Telegrafia**. S. 226, zł 10.— (opraw.)

- STRUSZYŃSKI M.: **Analiza ilościowa i techniczna**. Tom 2. Wyd. 3 popraw. i uzup. S. 376, zł 32.— (opraw.) Tom 3. Wyd. 2 popraw. i uzup. S. 623, zł 50.— (opraw.)
- SZUREK W., STEFANOWSKI T.: **Konfekcjonowanie obuwia gumowego**. S. 52, zł 3.—
- WESOŁOWSKI K.: **Metaloznawstwo**. Tom 1. Badanie metali. S. 376, zł 37.— (opraw.)
- WOLFF B.: **Syntetyczne środki piorące**. S. 230, zł 17.—
- ZIĘBORAKOWA M.: **Ochrony osobiste**. Biblioteczka Wykładowcy BHP. S. 64, zł 2,50

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki i u kolporterów zakładowych





# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,  
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

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

Rok XXX

Warszawa, 21 listopada 1954 r.

Zeszyt 11

MGR INŻ. BOLESŁAW JASZCZUK  
Minister Energetyki

## Potrzeba i obowiązek oszczędzania energii elektrycznej we wszystkich gałęziach gospodarki narodowej<sup>1)</sup>

Zagadnienie obniżenia kosztów własnych produkcji, jako niezbędny warunek i podstawowy postulat socjalistycznej gospodarki planowej, było jednym z głównych tematów obrad i dyskusji IX Plenum KC PZPR, a następnie znalazło swój wyraz w uchwałach II Zjazdu PZPR. Jednym z kroków w kierunku realizacji wskazań i uchwał III Zjazdu była ogólnokrajowa konferencja poświęcona sprawie oszczędności paliw w Warszawie w lipcu r. b.

Sekretariat Komitetu Centralnego naszej Partii we wrześniu b. r. powziął specjalną uchwałę w sprawie oszczędności węgla w gospodarce narodowej. W uchwale tej m. inn. czytamy: „Walka z marnotrawstwem węgla, o oszczędną gospodarkę węglem, naszym wielkim narodowym bogactwem, jest nakazem partyjnym, jest ogólnonarodowym zadaniem. Walka o oszczędność węgla jest podstawowym elementem całej naszej walki o oszczędność materiałów i paliw, o obniżkę kosztów własnych w przemyśle i transporcie. Trzeba ogłosić ogólnonarodową mobilizację do walki z marnotrawstwem węgla, o jak najoszczędniejsze rozchodowanie węgla, koksu, gazu, pary i energii elektrycznej”.

Wśród kierunków zaleconych w uchwale mamy również szczególnie podkreśloną sprawę oszczędności energii elektrycznej: „Rozwinięcie szerokiej walki we wszystkich zakładach przemysłowych i u wszystkich odbiorców przeciw marnotrawstwu energii elektrycznej, zwracając szczególną uwagę na eliminację jałowego biegu maszyn i nadmiernego oświetlenia”.

Narada dzisiejsza ma stanowić dalsze pogłębienie rozpoczętej akcji, obejmując swą tematyką sprawę oszczędności energii elektrycznej, która w warunkach polskich jest w 95% uszlachetnioną formą energii zawartej w węglu. Jednakże zaoszczędzone ilości energii elektrycznej to nie tylko zmniejszenie rozchodu węgla, to nie tylko obniżenie kosztów własnych produkcji określone cyfrowo taryfową wartością zaoszczędzonej energii, lecz przede wszystkim możliwość zwiększenia produkcji przemysłowej przez bardziej właściwe i racjonalne wykorzystanie tej samej ilości energii elektrycznej oddawanej do dyspozycji gospodarce narodowej. Ponadto należy pamiętać, że każde zaoszczędzone 5000 kWh rocznie pozwala zmniejszyć inwestycje mocy w elektrowniach o 1 kW, co daje ok. 3000 zł oszczędności. Jeśli uwzględnić jeszcze rozbudowę urządzeń sieciowych i urządzeń u odbiorców, to przybliżeniu można przyjąć, że obniżenie zużycia o 5000 kWh rocznie daje gospodarce narodowej oszczędność w środkach inwestycyjnych o wartości rzędu 7000 zł. Przykład: jeżeli przeciwna huta obniżyła by na stałe swoje roczne zużycie energii o 1% tzn. o ~ 600.000 kWh, to byłoby to równoznaczne ze zmniejszeniem nakładów inwestycyjnych w urządzeniach energetycznych o sumę rzędu 1 miliona zł.

W obliczu istniejącej, a bynajmniej nie łatwej sytuacji energetycznej, wyrażającej się poważnymi trudnościami w pełnym pokryciu krajowego zapotrzebowania energii i mocy elektrycznej na cele konsumpcyjne i produkcyjne, sprawa oszczędzania energii elektrycznej nabiera specjalnej wagi. Wprawdzie na okres szczytu jesienno-zimowego zostały wy-

dane dwa zarządzenia z dnia 3.8.1954 r. w sprawie zakazu używania grzejników oraz w sprawie ograniczenia poboru mocy elektrycznej w godzinach obciążenia szczytowego w okresie jesienno-zimowym 1954/55 r., jednak zarządzenia te, zmuszające drobnych odbiorców do ograniczeń w poborze mocy i energii szczytowej, nie rozwiązują sprawy racjonalnego i oszczędnego użytkowania energii. Mają one jedynie charakter doraźny w trudnym okresie szczytu. Natomiast racjonalne i oszczędne użytkowanie energii wymaga stałej, codziennej troski o każdą zużytą kilowatogodzinę. Każda bowiem zaoszczędzona kilowatogodzina, każdy kilowat zmniejszonego obciążenia, to wzrost potencjału naszego przemysłu i poprawa warunków bytowych ludności.

Powstaje pytanie, czy wszystko zrobiono na odcinku oszczędności energii elektrycznej, czy wszystkie rezerwy zostały wykorzystane? Jasne, że nie, że istnieją jeszcze poważne niewykorzystane rezerwy oszczędności węgla i energii elektrycznej. Oszczędności tych należy szukać we wszystkich trzech zasadniczych fazach procesu zaopatrywania w energię elektryczną odbiorców; fazami tymi są: wytwarzanie, przesyłanie i użytkowanie energii.

W stosunku do wytwarzania prowadzona od szeregu lat walka o poprawę wskaźników koncentruje się na dwóch odcinkach, a mianowicie w dziedzinie poprawy wskaźnika jednostkowego zużycia węgla oraz w dziedzinie zmniejszenia zużycia energii elektrycznej na potrzeby własne. Osiągnięcia ostatnich lat w tym zakresie wyrażają się następującymi cyframi średniego zużycia jednostkowego węgla umownego w skali krajowej (elektrownie zawodowe):

| 1948 r. | 1950 r. | 1952 r. | 1954 r. |          |
|---------|---------|---------|---------|----------|
| 0,803   | 0,787   | 0,709   | 0,629   | (kg/kWh) |

Są one wynikiem coraz częstszego stosowania wysokich parametrów w nowych elektrowniach, jak również systematycznej walki załóg starych elektrowni o poprawę poziomu eksploatacji i stanu technicznego urządzeń.

Znacznie mniej pomyślnie kształtuje się wskaźnik zużycia energii elektrycznej na potrzeby własne: dynamika średniego przebiegu tego wskaźnika w skali krajowej jest następująca (w procentach produkcji):

| 1948 r. | 1950 r. | 1952 r. | 1954 r. |     |
|---------|---------|---------|---------|-----|
| 6,74    | 6,37    | 6,47    | 7,38    | (%) |

Wzrost zużycia na potrzeby własne jest usprawiedliwiony przejściem na wysokie parametry i zwiększeniem stopnia mechanizacji procesu technologicznego w elektrowniach. Jednakże, jak to wskazuje doświadczenie radzieckie, drogą systematycznej walki o oszczędne zużycie energii w istniejących zakładach można skompensować wpływ przejścia na wyższe parametry. Również i w naszych starych elektrowniach istnieją bardzo poważne możliwości zaoszczędzenia energii zużywanej na potrzeby własne.

Drugą fazą procesu zaopatrywania odbiorców w energię elektryczną jest przesyłanie jej z miejsca wytwarzania do miejsca użytkowania. Związane z przesyłem straty mocy i energii stanowią dalsze źródło możliwości oszczędnościowych. Także i na tym odcinku energetyka zawodowa prowadzi ostrą walkę, dzięki czemu w przestrzeni ostatnich lat

<sup>1)</sup> Przemówienie, wygłoszone na Krajowej konferencji oszczędności energii elektrycznej (Warszawa 11.X.54), zorganizowanej przez SEP w uzgodnieniu z Ministerstwem Energetyki.



uzyskano następujące wyniki w zmniejszeniu strat sieciowych w kraju (w procentach ilości energii wprowadzonej do sieci):

| 1948 r. | 1950 r. | 1952 r. | 1954 r. | (%) |
|---------|---------|---------|---------|-----|
| 15,44   | 13,41   | 13,75   | 12,42   |     |

Obniżyliśmy zatem straty sieciowe o przeszło 3%, co po przeliczeniu daje oszczędność w energii elektrycznej rzędu 330 milionów kWh rocznie, albo około 290 000 ton węgla.

Wprawdzie stan techniczny sieci oraz dyspozycje ruchowe pozostają w gestii energetyki, jednakże gospodarka energetyczna odbiorców, a w szczególności rozkład dobowy obciążeń oraz wartości współczynnika mocy, przy którym odbiorca pobiera energię, mają poważny wpływ na kształtowanie się strat sieciowych. Słuszne zatem będzie stwierdzenie, że już w tej fazie rozpoczyna się współodpowiedzialność odbiorcy za wyniki walki o oszczędność energii.

Ostatnim wreszcie etapem w zaopatrywaniu odbiorcy jest użytkowanie dostarczonej mu energii elektrycznej. Nie ulega wątpliwości, że sposób użytkowania zarówno co do ilości, jak i co do jakości poboru stanowi jedno z podstawowych źródeł możliwości oszczędnościowych i wywiera zasadniczy wpływ na kształtowanie się procesów wytwarzania i przesyłania. Mówiąc o jakości odbioru należy mieć na uwadze także parametry poboru, jak czas użytkowania, dobowy rozkład obciążenia, zagadnienie limitu mocy i energii oraz wartość współczynnika mocy. O czynnikach tych będzie mowa dalej.

Aby w pełni zdać sobie sprawę z zadań, które stoją przed energetyką zawodową i przemysłową w dziedzinie użytkowania energii, warto scharakteryzować i poddać ogólnej ocenie przebieg i rozwój sytuacji energetycznej kraju, wywołanej przebudową struktury gospodarczej Polski z kraju rolniczego na kraj przemysłowo-rolniczy, związaną z tym gwałtowną rozbudową przemysłu wszelkich gałęzi oraz poważną skalę elektryfikacji rolnictwa.

Istotę i wielkość zmian w dziedzinie gospodarki energetycznej, wywołanych szybkim tempem uprzemysłowienia kraju, jako wyraz realizacji narodowych planów gospodarczych, charakteryzują następujące liczby względne, dotyczące ogólnej produkcji energii elektrycznej (1938 = 100):

| 1948 r. | 1950 r. | 1952 r. | 1954 r. | 1955 r. |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 193     | 248     | 302     | 390     | 446     |

W roku 1955 będziemy zatem produkować 4,5 razy więcej energii niż przed wojną, na głowę zaś ludności przeszło 6-krotnie więcej.

Udział zużycia energii elektrycznej przez przemysł stanowi około 70% zużycia ogólnokrajowego. W tych warunkach wywiera ono zasadniczy wpływ na kształtowanie się obciążenia w układach energetycznych i na pracę wszystkich urządzeń wytwożycznych i przesyłowych energetyki zawodowej oraz współpracujących z nią elektrowni przemysłowych. Zużycie to, rzecz jasna, powinno i może stanowić główne źródło oszczędności energii elektrycznej. W pełnym zrozumieniu tych możliwości Sejm Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej powołał do życia Państwowy nadzór energetyczny, którego głównym zadaniem jest kontrola wypełniania przez odbiorców obowiązku racjonalnego i oszczędnego zużycia energii elektrycznej.

Państwowy nadzór energetyczny wykonywany jest przez Państwową Inspekcję Energetyczną i jej organa terenowe (ZZE), a zakresie swym obejmuje: a) sprawę właściwego projektowania, budowy i eksploatacji urządzeń, b) sprawy normowania jednostkowego zużycia energii, c) sprawy ograniczania zużycia mocy i energii, d) sprawy realizacji planów postępu technicznego w zakresie gospodarki energetycznej w zakładach przemysłowych.

Jest rzeczą jasną, że osiągnięcie pozytywnych wyników w zakresie zrationalizowania gospodarki elektroenergetycznej w zakładach przemysłowych wymaga jak najściślejszej współpracy energetyków przemysłowych z organami P. I. E., a przede wszystkim aktywnego udziału i inicjatywy energetyków przemysłu w walce o oszczędność energii elektrycznej.

Uchwała Sekretariatu KC PZPR głosi: „Należy zmobilizować inżynierów i techników, naukowców i konstruktorów, racjonalizatorów i wynalazców, robotników — nowatorów do aktywnego udziału w porządkowaniu naszej gospodarki paliwami”.

Jakie są drogi walki ze spotykany obecnie często marnotrawstwem energii elektrycznej i na jakich odcinkach pracy należy szukać źródeł oszczędności?

Ogólnie biorąc należałoby zacząć od właściwego projektowania i wykonywania elektroenergetycznych urządzeń odbiorczych. Niewłaściwy dobór wielkości tych urządzeń oraz spo-

tykana niejednokrotnie niewłaściwa kolejność procesów technologicznych są przyczyną nadmiernego zużycia energii elektrycznej, a tym samym jej marnotrawstwa. Okoliczność, że w ramach odpowiedniej akcji ujawniono w ciągu niespełna 2 lat około 200 MVA nadmiernej mocy transformatorowej, może stanowić przykład tego, jak wielkie możliwości istnieją w tym zakresie nie tylko z punktu widzenia materiałowego, lecz również pod względem poprawy warunków eksploatacji. Nie należy bowiem zapominać, że odłączenie od sieci tej mocy pozornej oznacza zmniejszenie poboru mocy czynnej na pokrycie strat biegu jałowego rzędu 2,90 MW, a więc roczną oszczędność energii rzędu 25.000 MWh; ponadto oznacza to zmniejszenie przepływu energii biernej w wysokości około 140 000 MVarh i zmniejszenie związanych z tym strat przesyłowych w sieci rzędu 10.000–14.000 kWh. W świetle tych stwierdzeń jakże niewłaściwa jest gospodarka zakładu „Pia-skownia Szczakowa” (resort górnictwa), w której eksploatowany jest transformator o mocy 1600 kVA obciążony mocą zaledwie 100 kW; w wyniku tego średni współczynnik mocy tego zakładu wynosi zaledwie 0,3. Stan taki jest wynikiem niewłaściwego rozwiązania projektowego, które nie przewidywało, że w czasie rozruchu zakładu oraz w czasie przestoju urządzeń produkcyjnych w ciągu wielu godzin doby powinny one być zasilane z mniejszej jednostki transformatorowej.

Dalszym błędem, popełnionym często przy projektowaniu i odbijającym ujemnie w sposób decydujący na późniejszej eksploatacji, jest przyjmowanie przesadnych współczynników zapotrzebowania mocy, co prowadzi w konsekwencji do pracy urządzeń energetycznych przy niedostatecznym stopniu ich obciążenia, do nadmiernego zużycia energii i niskiego współczynnika mocy.

Rezultatem stosowania niewłaściwych założeń przy projektowaniu są takie przykłady, jak Warszawska Fabryka Motocykli, w której po rozbudowie współczynnik zapotrzebowania obniżył się z 0,41 do 0,24.

Z podanych przykładów wynika konieczność ściślej współpracy projektanta elektryka z technologiem w zakresie ustalenia właściwego trybu pracy i wynikającej stąd wielkości elektroenergetycznych urządzeń odbiorczych.

Dalszym źródłem bardzo poważnych możliwości oszczędnościowych jest prowadzenie racjonalnej eksploatacji energetycznych urządzeń odbiorczych, istniejących w zakładach.

Podniesienie poziomu eksploatacji, doprowadzenie urządzeń do możliwie doskonałego stanu technicznego stanowią niezbędny warunek dla zapewnienia ciągłej ich pracy, dla zmniejszenia przestojów produkcyjnych wywołanych zakłóceniami ruchu, a tym samym dla obniżenia strat energii elektrycznej.

Zebrane z terenu materiały stanowiące wyniki przeprowadzonych inspekcji stwierdzają, że obok nielicznych zakładów przemysłowych, w których eksploatacja urządzeń energetycznych prowadzona jest prawidłowo, w olbrzymiej większości zakładów urządzenia te są eksploatowane nieracjonalnie, niejednokrotnie zaś wręcz karygodnie, wbrew obowiązującym zasadom techniki i ekonomii. Należy również stwierdzić i podkreślić, że dobre wyniki pracy personelu energetycznego zależą nie tylko od poparcia i działalności na tym odcinku czynników nadrzędnych tzn. centralnych zarządów przemysłu i ministerstw, lecz przede wszystkim od inicjatywy i aktywnej postawy energetyka przemysłowego oraz od właściwego ustosunkowania się do tych zagadnień kierownictwa zakładu.

Realizując swoje zadanie na tym odcinku Państwowa Inspekcja Energetyczna wydała w połowie 1953 r. oparte na wzorach radzieckich przepisy eksploatacji technicznej urządzeń elektrycznych w zakładach przemysłowych. Przepisy te stanowią, oczywiście, tylko wytyczne i ogólne ramy. Na ich podstawie powinny być opracowywane dla poszczególnych urządzeń i zespołów, czy też dla poszczególnych stanowisk pracy szczegółowe instrukcje robocze, dostosowane do miejscowych warunków i potrzeb. Znajomość oraz ścisłe przestrzeganie przepisów i instrukcji lokalnych stanowi podstawowy obowiązek wszystkich pracowników służby energetycznej zakładu.

Akcja egzaminowania personelu energetycznego ze znajomości przepisów, rozpoczęta w bieżącym roku, objęła swym zasięgiem tylko nieznaczny procent zakładów przemysłowych i musi być, oczywiście, prowadzona nadal z jeszcze większym nasileniem. Na tym odcinku, jak również w zakresie opracowania roboczych instrukcji lokalnych stoją przed energetykami przemysłowymi wielkie zadania do wykonania.

Dla ilustracji należy przytoczyć kilka charakterystycznych przykładów niewłaściwej eksploatacji urządzeń energetycznych.



nych w zakładach przemysłowych; złe skutki takiej eksploatacji nie dają na siebie czekać.

a) W zakładach Wytwórczych Lamp Elektrycznych im. Róży Luksemburg w Warszawie, w lutym b. r. nastąpiło uszkodzenie transformatora na 500 kVA, 15/0,4 kV. Przyczyną wypadku było niezainstalowanie, mimo zaleceń inspekcji, przekątnika Bucholtza oraz zaniedbania ze strony zakładu w sprawach okresowego badania oleju w transformatorze. Wypadek powyższy jest klasycznym przykładem skutków nieprzestrzegania przepisów eksploatacyjnych.

b) Na kopalni Jowisz (r. 1953) na skutek wadliwej obsługi zaszedł wypadek wywołany zwarciem na odłączniku w rozdzielni kompresorowej 2-kilowoltowej.

c) W Bydgoskiej Fabryce Narzędzi spotyka się takie usterki i niedopatrzności, jak wyciek masy z głowic kablowych, brak uziemień, uszkodzone przyrządy pomiarowe, brak instrukcji eksploatacyjnych dla zasadniczych urządzeń. Personel eksploatacyjny nie jest przeegzaminowany ze znajomości obowiązujących przepisów. Urządzeń nie poddaje się okresowym próbom i badaniom.

Niezależnie od skutków natury ekonomicznej nieprzestrzegania przepisów eksploatacyjnych prowadzi niejednokrotnie do strat najbardziej bolesnych dla naszej gospodarki narodowej — do utraty człowieka.

e) W Zakładach Wytwórczych Urządzeń Elektronowych na Żeraniu nastąpiło śmiertelne porażenie pracownika, który dotknął się znajdujących się pod napięciem 10 kV prądu stałego części urządzeń. Przyczyną wypadku było to, że w zakładzie nie przestrzega się przepisów eksploatacyjnych.

Mówiąc o prawidłowej eksploatacji urządzeń nie można pominąć sprawy właściwego wykonywania remontów wyposażenia energetycznego a przede wszystkim silników i transformatorów. Chodzi nie tylko o to, żeby remont gwarantował bezakłócenia pracę urządzenia, lecz powinien on również zapewnić utrzymanie parametrów techniczno-ekonomicznych na poprzednim poziomie. Doświadczenia praktyki wskazują na to, że około 50% remontowanych silników bądź na skutek użycia niewłaściwych materiałów, bądź na skutek niewłaściwej obróbki wykazuje znaczny wzrost poboru mocy biernej i poważne pogorszenie sprawności.

Dalszym źródłem oszczędności w zużyciu energii elektrycznej i to źródłem, do którego u nas badając jeszcze nie sięgnięto, to unowocześnienie procesów technologicznych, a więc w efekcie poprawa techniczno-ekonomicznych wskaźników produkcji. Szczególnego znaczenia nabiera ta sprawa przede wszystkim w przemysłach energochłonnych, a więc w hutnictwie, w przemyśle maszynowym i w przemyśle chemicznym. Opracowanie nowych, ulepszonych i bardziej ekonomicznych procesów technologicznych, jak również opracowanie instrukcji technologicznych z uwzględnieniem poprawy wskaźników zużycia energii elektrycznej, stanowić będzie na wielu zakładach źródło bardzo poważnych osiągnięć na tym odcinku.

Ze tak być może, tego dowodzą przykłady zaczerpnięte z energetyki radzieckiej. Ścisła współpraca energetyków z technologami dała w Związku Radzieckim w ciągu jednego roku oszczędność rzędu 1,3 miliarda kWh. 33% tej ilości przypada na hutnictwo, dalsze 30% na zakłady przemysłu maszynowego, 11% na przemysł chemiczny. Stosowane środki polegały między innymi przede wszystkim na wprowadzeniu automatyzacji procesów, na unowocześnieniu technologii obróbki (szybkościowe skrawanie, nowe metody spawania), na stosowaniu metod potokowych, na zmniejszeniu strat sprężonego powietrza i wody, na racjonalizowaniu pracy urządzeń, na ścisłym przestrzeganiu najkorzystniejszych warunków i temperatur w piecach elektrycznych.

Zagadnieniami tymi powinny się zająć przede wszystkim instytuty naukowe przy czynnym udziale personelu inżyniersko-technicznego i racjonalizatorów zakładów przemysłowych.

Podstawowym wskaźnikiem w zakresie gospodarki energetycznej w przemyśle jest wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej, będący ostatecznym wyrazem elektrycznej sprawności procesów produkcyjnych. Zmniejszanie się tego wskaźnika stanowi widomy obraz skuteczności podejmowanych środków i poprawy całokształtu gospodarki energetycznej zakładu. Zagadnienie to sprowadza się w pierwszej kolejności do ustalenia właściwych norm zużycia energii elektrycznej na jednostkę produkcji względnie na poszczególne operacje, co przy znajomości planu produkcji może być podstawą do określenia dla danego zakładu globalnego limitu energii elektrycznej.

Zagadnienie powyższe zostało postawione przed przemysłami zarządzeniem Nr 237 Przewodniczącego PKPG z dnia

17.6.1951 r., metodyka zaś ustalania norm wytycznymi PNE z dnia 8.6.1954 r. Ponieważ dotychczas sprawa ta nie została przez przemysł właściwie uchwycona i rozwiązana, a poza tym traktowana jest raczej formalnie, należy zatrzymać się nad nią nieco dłużej.

W nielicznych zakładach przemysłowych, w których normy zużycia zostały wprowadzone, wielkość ich oparto na danych statystycznych wyników lat ubiegłych. Pomijając okoliczność, że tak określone wielkości opierały się nieraz na dorywczych pomiarach i nie mających pełnego uzasadnienia kluczach podziału zużycia globalnego, należy z całym naciskiem stwierdzić, że normy o charakterze statystycznym, sankcjonując wszelkie dotychczasowe błędy i usterki w procesach produkcyjnych, nie zawierają w sobie elementu mobilizującego do poprawy gospodarki, a tym samym i do zmniejszenia zużycia energii elektrycznej. Prawidłowo ustalona norma powinna być oparta na podstawach naukowo-technicznych, wynikających ze ścisłej analizy procesów technologicznych. Takie ustalenie norm wymaga głębokich studiów na zakładzie i często konieczna staje się ścisła współpraca na tym odcinku z instytutami naukowo-badawczymi oraz ich pomoc.

Jednostkowego zużycia energii elektrycznej nie należy traktować jako wielkości niezmienniej w ciągu dłuższego okresu czasu. Obowiązkiem zakładu jest stałe dążenie do obniżenia normy przez realizację techniczno-organizacyjnych planów usprawnień. Dlatego też normy co pewien czas powinny podlegać rewizji.

Szczególnie ważnym momentem przy normowaniu zużycia energii elektrycznej jest sprawa właściwego doboru jednostki, dla której ustala się normę zużycia. Powinna nią być naturalna jednostka gotowego do użytku produktu (tona, m<sup>2</sup>, itp.), oddająca najpełniej energochłonność procesu produkcyjnego. Takie więc wielkości odniesienia, jak 1.000 zł wartości produkcji itp., nie są jednostkami właściwymi, gdyż w niedostatecznym stopniu ujmują energetyczną stronę procesów i wielkości produkcji.

W strukturze norm jednostkowego zużycia rozróżniamy, jak wiadomo, trzy podstawowe grupy norm, a mianowicie normy technologiczne, normy oddziałowe i normy zakładowe. Zasadniczą normą jest norma technologiczna, określająca zużycie energii elektrycznej niezbędne do bezpośredniego wykonania procesu technologicznego lub operacji produkcyjnej, np. elektroliza, elektryczne hartowanie, spawanie, walcowanie itp. Norma technologiczna obejmuje zatem użyteczne zużycie energii elektrycznej związane z określonym procesem fizyczno-chemicznym oraz rozchód na pokrycie różnego rodzaju strat zależnych od charakteru i rodzaju urządzeń, biorących udział w procesie technologicznym. Oczywiście, normy technologiczne powinny być ustalone przede wszystkim dla najbardziej energochłonnych procesów technologicznych i operacji, jak np. wytop w wielkich piecach, elektroliza, transport w górnictwie, odwadnianie, sprężanie powietrza itp. Oddziałową normą objęte jest całkowite zużycie energii w danym oddziale produkcyjnym zarówno na procesy podstawowe jak też i na potrzeby pomocnicze. W podobny sposób można również określić normę ogólną zakładową.

Jest rzeczą oczywistą, że ustalenie i kontrola norm jednostkowych powinny być oparte na wskazaniach liczników kontrolnych energii elektrycznej. Dość powszechnie stosowane w naszym przemyśle ustalanie wielkości zużycia i wynikających stąd norm dla poszczególnych procesów i operacji produkcyjnych na podstawie kluczy rozliczeniowych nie daje prawidłowego obrazu kształtowania się zużycia i powinno być w jak najszybszym czasie zastąpione stałymi pomiarami kontrolnymi.

Jeszcze jedno ważne zagadnienie: ustalenie prawidłowych norm zużycia wymaga znajomości nie tylko bilansu energii elektrycznej, lecz również pełnego bilansu energetycznego, obejmującego poza energią elektryczną również pozostałe formy energii (para, sprężone powietrze, gaz). Warunek ten nabiera tym większego znaczenia, im większy jest zakres stosowania przy produkcji innych — poza elektryczną — form energii. Należy tu zaliczyć przede wszystkim huty, kopalnie i zakłady przemysłu chemicznego.

Na podstawie wspomnianego już poprzednio zarządzenia Przewodniczącego PKPG Nr 237 dla produkcji niektórych asortymentów ustalono ogólnokrajowe normy jednostkowego zużycia energii. Po zatwierdzeniu ich przez PKPG stały się one podstawą do określenia w skali krajowej zapotrzebowania energii w danej gałęzi produkcji. Nie należy jednak zapominać, że norma ogólnokrajowa, jako wypadkowa z norm technologicznych stosowanych w poszczególnych zakładach, jest



pojęciem ogólnym, odzwierciedlającym generalnie stan technicznego wyposażenia i pracy danej gałęzi przemysłu. Jej kształtowanie się daje zatem obraz postępu technicznego realizowanego przez przemysł.

Oceniając z tego punktu kształtowanie się norm ogólnokrajowych na przestrzeni ostatnich trzech lat należy stwierdzić, że w wielu podstawowych gałęziach gospodarki narodowej zagadnienie oszczędności zużycia energii nie znalazło dostatecznego zrozumienia. Ilustracją do powyższego stwierdzenia są następujące liczby dotyczące norm wyjściowych (rok 1951) oraz jednostkowe zużycie w skali krajowej w latach od 1951 do 1954 w podanych niżej przemysłach:

| Zużycie jednostkowe (kWh/t) |              |       |       |       |                 |
|-----------------------------|--------------|-------|-------|-------|-----------------|
|                             | Norma wyjśc. | 1951  | 1952  | 1953  | 1954            |
| węgiel                      | 23,15        | 23,25 | 23,20 | 24,00 | 25,00 (I półr.) |
| amoniak                     | 1650         | 1650  | 1855  | 2180  | 2130 (I kwart.) |
| karbid                      | 3434         | 3434  | 3650  | 3705  | 3425 (I kwart.) |

W Związku Radzieckim średnio zużycie energii elektrycznej na tonę wydobycia węgla kształtuje się około 20 kWh; jednostkowe zużycie na produkcję karbidu wynosi poniżej 3.000 kWh/t, na wydobyciu węgla i produkcji karbidu w 1954 r. byłaby u nas oszczędność rzędu 350 tys. ton.

Przechodząc do oceny i przykładów szczegółowych można stwierdzić, że zagadnienie to nie wygląda lepiej na wielu poszczególnych zakładach przemysłowych. W poważnej większości zakładów normowanie bądź nie jest w ogóle postawione jako problem do rozwiązania, bądź traktowane jest fałszywie i czysto formalnie. Oto przykłady:

1) W kopalni węgla kamiennego „Michał” w Michałkowicach plan zużycia jednostkowego w roku 1953 przewidywał: w I kwartale — 19,25, w II kwartale — 19,16, w III kwartale 18,94, w IV kwartale — 18,74 kWh/t, natomiast wykonanie w poszczególnych kwartałach wynosiło odpowiednio: 18,46, 19,83, 22,48, 23,61 kWh/t.

2) Zakłady Cynkowe w Szopienicach wykazują następujące zużycie jednostkowe:

|                  | kWh/t |              | kWh/t |
|------------------|-------|--------------|-------|
| październik 1953 | — 16  | styczeń 1954 | — 47  |
| listopad „       | — 32  | luty „       | — 47  |
| grudzień „       | — 36  | marzec „     | — 48  |

3) Zakłady Azotowe im. P. Findera w Chorzowie wykazują następujące cyfry zużycia jednostkowego przy produkcji:

| 1953     | saletrzaku | saletry amonowej |
|----------|------------|------------------|
| styczeń  | 27,7 kWh/t | 38,9 kWh/t       |
| luty     | 38,3 „     | 46,1 „           |
| marzec   | 32,1 „     | 40,2 „           |
| kwiecień | 28,2 „     | 42,7 „           |
| maj      | 34,7 „     | 52,4 „           |
| czerwiec | 46,5 „     | 65,2 „           |

Liczyby te tłumaczone są przez zakłady zmianami w technologii produkcji w miesiącach o wyższej temperaturze zewnętrznej i koniecznością stosowania sztucznego chłodzenia. Przyczyną to jednak nie usprawiedliwiają tak silnych wahań, a przytoczone liczby — wobec braku ze strony przemysłu konkretnych i przekonujących wyjaśnień, — muszą być traktowane jako przykład wadliwej i nieoszczędnej gospodarki energią elektryczną. W wyniku należy stwierdzić:

a) Zbyt duża ilość zakładów nie jest jeszcze objęta akcją normowania. Realizacja zarządzenia Przewodniczącego PKPG postępuje bardzo powoli naprzód. Resort energetyki często wyczuwa niechęć i opory ze strony przemysłu co do nadania akcji normowania szerokiego zakresu. Jaskrawym przykładem takiego ustosunkowania się jest fakt, że w szeregu zakładów podległych resortowi przemysłu lekkiego i wytypowanych do ustalenia norm w bieżącym roku, mimo okazanej im pomocy przez Zakłady Zbytu Energii w postaci gotowości wypożyczenia niezbędnej aparatury pomiarowej, akcja ustalenia norm została powstrzymana i nie doprowadzona do końca.

b) W zakładach, w których normy zostały wprowadzone, sprawa ta została częstokroć potraktowana czysto formalnie z ograniczeniem się ze strony zakładu do opracowania sprawozdań, ze strony zaś odnośnych CZP do zatwierdzenia planowanych norm bez analizy i bez podbudowania tego zagadnienia odpowiednim planem postępu technicznego.

c) W wielu przypadkach została obrana droga najłatwiejsza i idąca po linii najmniejszego oporu; odnosi się np. wskaźnik jednostkowego zużycia nie do naturalnej jednostki produkcji, lecz do 1.000 zł wartości niezmienniej; wyliczenie prze-

prowadza się jak już wspominałem nie za pomocą właściwych pomiarów, lecz przy pomocy umownych kluczy. Znaczną część zużycia podaje się jako nienormowaną usuwając ją w ten sposób spod kontroli i fałszując w wyniku tego obraz kształtowania się zużycia normowanego.

Postawa centralnych zarządów kryje w sobie poważne niebezpieczeństwo zniekształcenia sensu i istoty normowania, a to dlatego, że na skutek zawyżenia norm tracą one charakter mobilizujący załogę do walki o oszczędność. Np. w Warszawskich Zakładach Gazownictwa przy ul. Kasprzaka 25 przyjęto na rok 1954 normę z roku 1953 w wysokości 13,5 kWh/1000 m<sup>3</sup> gazu, podczas gdy rzeczywiste zużycie energii na przestrzeni I półrocza kształtowało się w granicach 8,37 do 6,05 kWh/1000 m<sup>3</sup>.

Są także przykłady właściwego podejścia do sprawy normowania. Tak np. Zakłady Przemysłu Wełnianego im. Władysława Reymonta w Łodzi na przestrzeni lat 1952/53 obniżyły jednostkowe zużycie energii elektrycznej:

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| dla pralni wełny     | z 181,8 na 171,4 kWh/t |
| dla czesalni wełny   | z 614,4 na 607,0 „     |
| dla przędzalni wełny | z 52,1 na 31,9 „       |

W Zakładach Przemysłu Gumowego „Stomil” w Poznaniu jednostkowe zużycie energii w pierwszym półroczu 1954 kształtowało się jak następuje:

| miesiąc | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| kWh/kg  | 0,975 | 0,910 | 0,829 | 0,807 | 0,791 | 0,787 |

Liczyby te świadczą niewątpliwie o trwałym i poważnym wysiłku zakładu w kierunku poprawy wskaźnika jednostkowego zużycia. Doświadczenie uczy, że tam gdzie przestrzegane są przepisy eksploatacji, gdzie energetyka zajmuje się sprawą normowania, a kierownictwo zakładu okazuje mu pomoc, zakład może wygospodarować poważne ilości zaoszczędzonej energii elektrycznej.

Na najbliższą przyszłość stoją przed przemysłem następujące podstawowe zadania w zakresie normowania:

- objęcie normowaniem jak największej ilości procesów, operacji i asortymentów;
- stała kontrola i rewizja norm w sensie ich obniżania;
- postawienie sprawy normowania w ten sposób, aby stała się ona żywą w każdym zakładzie i na każdym stanowisku pracy.

Zarządzeniem Ministra Energetyki Nr 174 z dnia 24.7.54 r. wprowadzone zostało limitowanie energii w ministerstwach: górnictwa, hutnictwa, przemysłu chemicznego, przemysłu maszynowego, przemysłu materiałów budowlanych, przemysłu lekkiego, przemysłu drzewnego i papierniczego oraz przemysłu rolnego i spożywczego. Zarządzenie to przewiduje przydział globalnych limitów energii dla wymienionych resortów z podziałem na okręgi energetyczne, przy czym limity te ustalone są przez Państwową Inspekcję Energetyczną na podstawie planowanej produkcji i norm jednostkowego zużycia. Poważnym utrudnieniem w wyznaczeniu prawidłowych limitów jest znaczny udział w zużyciu energii nienormowanej; dlatego też zarysowuje się konieczność objęcia normowaniem dalszych asortymentów produkcji.

Wspomniane zarządzenie wprowadza zasady rozdzielania globalnego limitu energii przez poszczególne resorty na podległe im zakłady z uwzględnieniem limitu dobowego energii dla dni roboczych i dla dni wolnych od pracy. To ostatnie ma na celu zapewnienie równomiernego poboru energii elektrycznej na przestrzeni całego miesiąca.

W jaki sposób należy dążyć do obniżenia norm jednostkowego zużycia a tym samym realizować zasady oszczędzania energii elektrycznej?

Pierwszym krokiem w tym kierunku powinno być jak najpełniejsze wykorzystanie elektroenergetycznych urządzeń odbiorczych, a zwłaszcza silników i transformatorów, których zużycie na bieg jałowy tym silniej ciąży na bilansie energii, im mniej wykorzystane są te urządzenia. Wiadomo bowiem, że przy pracy silnika obciążonego w 25% jednostkowe zużycie energii elektrycznej wzrasta o 50%, a przy pracy z 50-procentowymi okresami biegu jałowego zużycie jednostkowe wzrasta przeszło 2-krotnie. Codzienna praktyka dostarcza niezliczonych przykładów uchybień i błędów, które popełniane są na tym odcinku. Oto kilka z nich.

W Walcowni Metali w Warszawie, ul. Żelazna 51, do napędu nowej wyciarki zastosowano silnik o mocy ok. 185 kW, gdy wystarczy w zupełności silnik o mocy 75 kW. W tymże zakładzie tolerowane jest od dłuższego czasu, mimo monitów ze strony ZZS, wysoce niewłaściwa gospodarka transformato-



rami, wyrażająca się tym, że nie zlikwidowano dotychczas 2-ch zupełnie zbędnych stacji transformatorowych o łącznej mocy przeszło 700 kVA.

W Stoczni Gdańskiej na początku roku 1953 prowadzono gospodarkę energetyczną w sposób wysoce niewłaściwy; jakkolwiek istniały ku temu możliwości, nie regulowano mocy załączonych transformatorów odpowiednio do obciążenia. Niepotrzebne utrzymywanie wszystkich transformatorów pod napięciem powodowało dodatkowy pobór energii rzędu 50 000 kWh miesięcznie. Spawarki wielostanowiskowe pracowały częstokroć zaledwie na kilku stanowiskach. Nie dbano zupełnie o właściwy dobór mocy silników, w wyniku czego większość z nich pracowała przy niedostatecznym stopniu obciążenia. Podjęte przez zakład na skutek inspekcji środki dla uporządkowania gospodarki energetycznej już po upływie 1 roku dały bardzo poważne wyniki, wyrażające się obniżeniem jednostkowego zużycia energii elektrycznej z 815 na 550 kWh na tonę produkcji.

Jak można mówić o oszczędnej i prawidłowej gospodarce energetycznej w Fabryce Celulozy i Papieru Szczecin—Skolwin, jeśli kierownictwo dopuszcza, że dwa silniki o mocy po 52 kW zasilane są z transformatora o mocy 6300 kVA? W czym wyraża się troska kierownictwa zakładu o obniżenie kosztów, jeśli zakład w wyniku takiej gospodarki uiszczał miesięczne dopłaty za niski współczynnik mocy rzędu 40.000 zł, a obecnie po podniesieniu dopłat — rzędu 65—70.000 zł?

Poprzestając na tych przykładach pragnąłbym zwrócić uwagę kolegów energetyków z przemysłu na powszechnie występujące zjawisko nierytmiczności w wykonywaniu planów produkcyjnych i związane z tym dekadowe wahania w poborze energii, a tym samym wahania w stopniu wykorzystania urządzeń energetycznych.

Jeśli we wspomnianych już poprzednio Zakładach Przemysłu Wełnianego „Polska Wełna” nierytmiczność dekadowa w poborze energii dochodzi do 35%, to na pewno można twierdzić, że w dekadzie o najmniejszym poborze energii silniki pracują przy obciążeniu rzędu zaledwie 50% normalnego.

Na opisane wyżej zjawisko energetyk zakładowy ma tylko ograniczony wpływ, nie mniej jednak nie zwalnia go to od obowiązku ciągłej troski i ścisłej współpracy z technologami i szefami produkcji w zakresie ustalenia najbardziej korzystnych reżimów pracy, zapewniających najpełniejsze wykorzystanie urządzeń elektroenergetycznych. Na tym odcinku, jak również na odcinku umowocześnienia i automatyzacji ruchu stoją przed energetykami zakładowymi prawie nieograniczone możliwości.

Pomorska Fabryka Taśm i Pasów (MPL) w wyniku przejścia przy krosnach z napędu grupowego na napęd indywidualny przy jednoczesnym zastosowaniu automatycznego wyłączania silnika w razie zatrzymania krosna, uzyskała podwójny efekt: zmniejszenie jednostkowego zużycia oraz poprawę współczynnika mocy. Zakłady Przemysłu Tłuszczowego w Gdyni realizują z powodzeniem akcję likwidacji napędu grupowego oraz wymianę niedociążonych silników tam, gdzie spodziewane efekty oszczędnościowe uzasadniają te posunięcia.

W Warszawskich Zakładach Przemysłu Odzieżowego tolerowany jest wysoce niewłaściwy stan zasilania odbiorników dla napięcia 220 i 380 V, w wyniku czego transformator zasilający odbiorniki na 220 V obciążony jest w wysokości 40%, transformator zaś zasilający odbiorniki na 380 V pracuje tylko pod obciążeniem 22% znamionowego.

Ogólnie biorąc współczynnik zapotrzebowania mocy w zakładach jest jeszcze bardzo mały, jakkolwiek widać pewien postęp w tym kierunku. Jako dodatnie przykłady można przytoczyć Ozorkowskie Zakłady Przemysłu Drzewnego, w których dzięki właściwemu ustawieniu reżimu pracy współczynnik zapotrzebowania wzrósł od wartości 0,4 w roku 1953 do 0,67 w 1954 r. Tarchomińskie Zakłady Farmaceutyczne wykazują wzrost tego współczynnika z 0,54 na 0,61.

Tym pozytywnym przykładom należy przeciwstawić ujemne, jak np. Warszawska Fabryka Druku i WYROBÓW z Druku, która dopuściła do obniżenia współczynnika zapotrzebowania z 0,47 w lutym 1952 r. do 0,31 w grudniu 1953 r.

Źródłem poważnych efektów oszczędnościowych może być również staranna konserwacja wszelkiego rodzaju napędów i urządzeń energetycznych. Dotyczy to przede wszystkim zakładów przemysłu włókienniczego i metalowego, gdzie, jak wiadomo, technologia produkcji wymaga dużej ilości stosunkowo małych silników. Walka na tym odcinku powinna być prowadzona na podstawie możliwe szeroko stosowanych pomiarów kontrolnych wszelkiego rodzaju; mam tu na myśli

zarówno pomiary elektryczne, jak też i pomiary innych wielkości decydujących o sprawności urządzeń energetycznych, a więc np. pomiary wielkości strat mechanicznych metodą samohamowania itd. Wyniki pomiarów będą zawsze stanowiły podstawę do podjęcia środków w kierunku zmian istniejącego stanu na lepszy.

Zastosowanie odpowiedniego i ekonomiczniejszego nośnika energii może w wielu wypadkach przyczynić się do usprawnienia gospodarki energetycznej. W szeregu przypadków energia elektryczna stosowana jest np. do suszenia lub ogrzewania, jakkolwiek bez uszczerbku dla technologii produkcji można przy tych procesach stosować gaz, parę lub paliwo stałe.

W wielu kołach panuje mylny pogląd, że zastąpienie innych postaci energii energią elektryczną oznacza postęp techniczny. Na jednym z radzieckich zakładów budowy maszyn zastąpienie energii elektrycznej bezpośrednią energią cieplną w 74 urządzeniach do suszenia rdzeni i form odlewniczych spowodowało zmniejszenie zużycia energii elektrycznej o ok. 0,5 miliona kWh miesięcznie. Toteż specjalnie wnikliwej i sumiennej oceny wymagają wszelkie projekty, idące w kierunku zastąpienia energii w postaci gazu lub pary dla celów ogrzewniczych urządzeniami elektrycznymi.

Nie mniej bacznej uwagi i szerokiego rozpowszechnienia wymagają środki zmierzające do oszczędzania sprężonego powietrza i wody. Zakres stosowania sprężonego powietrza jest duży, a na jego produkcję zużywane są ogromne ilości energii elektrycznej. I tak np. w hutnictwie zużycie energii elektrycznej w urządzeniach kompresorowych i pompowych stanowi przeszło 10% zużycia całkowitego, w niektórych zakładach budowy maszyn ok. 1/3 zużycia ogólnego. Jeżeli się uwzględni, że straty powietrza w licznych przypadkach wynoszą 20 — 30%, a w sieciach kopalnianych dochodzą nawet do 40%, to staje się jasne, jak ogromne ilości energii są traczone i jak duże możliwości oszczędzania tkwią na tym odcinku.

Korzystając z przykładów energetyki radzieckiej można podać, że w samym tylko okręgu moskiewskim w ciągu jednego kwartału zaoszczędzono przeszło 10 milionów kWh w wyniku podjętej akcji zmniejszenia strat sprężonego powietrza i wody. Wspomniana już poprzednio poprawa wskaźników jednostkowego zużycia na Stoczni Gdańskiej była między innymi również wynikiem uszczelnienia sieci sprężonego powietrza, co pozwoliło przy tym samym zapotrzebowaniu wyłączyć jeden kompresor.

Szczególnie na odcinku gospodarki sprężonym powietrzem istnieje bardzo wiele środków i możliwości dotychczas u nas niewykorzystanych. Jako przykłady podaję następujące doświadczenia z praktyki radzieckiej.

W jednym z zakładów uzyskano bardzo poważne oszczędności powietrza używanego do oczyszczania odlewów piaskiem. Stwierdzono mianowicie, że dysze zrobione z żeliwa — na skutek zużycia się — już po upływie 2—3 godzin tracą swój optymalny kąt wylotu strumienia powietrznego, co pociąga za sobą zmniejszenie szybkości powietrza, przedłużenie okresu czyszczenia, a tym samym zwiększenie rozchodu powietrza. Zastąpienie dyszy żeliwnej dyszą z twardego stopu przedłużyło okres jej optymalnej pracy z 2 godzin do 30 dni i w efekcie dało bardzo poważne oszczędności energii elektrycznej.

Niejednokrotnie używa się sprężonego powietrza do suszenia półfabrykatów lub usuwania z zamkniętych pomieszczeń gazów tworzących się przy spawaniu. Stosowanie w takich przypadkach ciągów wentylacyjnych obniża znacznie zużycie energii elektrycznej.

Także w zakresie usprawnienia gospodarki wodnej jest u nas wiele do zrobienia. Ścisłe przestrzeganie parametrów wody chłodzącej, używanej w oddziałach wielkich pieców, pieców martenowskich, walcowniach, oddziałach technologicznych przemysłu chemicznego, daje w efekcie miliony kilowatogodzin zaoszczędzonych w wyniku zmniejszenia zbędnego rozchodu wody.

Poważne źródła oszczędności tkwią we właściwej gospodarce piecami elektrotermicznymi. Wysiłki powinny iść w następujących kierunkach: a) pełne wykorzystanie mocy i wydajności pieca; b) zmniejszenia strat ciepłych przez poprawę izolacji; c) wykorzystanie ciepła nagrzewanych elementów; d) automatyzacja regulacji temperatury pieca. Ze środki te mogą prowadzić do pozytywnych wyników, tego przykładem są doświadczenia na jednym z zakładów moskiewskich, gdzie uzyskano tymi środkami wzrost wydajności pieca z 89 na 146 kg/h przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia jednostkowego z 0,32 na 0,24 kWh/kg.



Wielkie znaczenie dla gospodarki narodowej przedstawia również wykorzystanie tzw. wtórnych źródeł energii. Możliwości w tym zakresie są ogromne i jak dotąd w niedostatecznym stopniu wykorzystywane. Przed energetykami i technologami otwiera się tu wdzięczne pole działania. Jako klasyczny przykład marnotrawstwa energii podaje gospodarkę gazem wielkopiecowym w naszym hutnictwie. Produkcja gazu wielkopiecowego w pięciu dużych hutach wynosi  $1,058 \times 10^3 \text{ Nm}^3/\text{h}$  (normalnych metrów sześciennych), przy czym wykorzystanych jest zaledwie 59,4%; pozostała ilość gazu jest bezpowrotnie tracona. W skali rocznej odpowiada to równowartości około 630 000 ton węgla; jeżeli uwzględnić nieuniknione straty w wysokości 7%, to okaże się, że wypuszczamy w powietrze około 520 000 ton węgla rocznie. Jak już wspominałem, przykład dotyczy zaledwie pięciu hut; efektywne straty gospodarki narodowej na tym tylko odcinku są znacznie większe.

Podstawowym zadaniem w tej dziedzinie jest sprawa podniesienia sprawności energetycznej przemysłu przez najpełniejsze i racjonalne wykorzystanie wszelkich źródeł energii odpadkowej. Należy stwierdzić, że na obecnym etapie rozwoju naszej techniki wykorzystanie takich źródeł, jak para odlotowa, uchodzące gazy i spaliny, gorąca woda, ciepło zawarte w żużlu, w rozżarzonej koksie itp., jest zdecydowanie niedostateczne. Przyczyn tego stanu należy się dopatrywać przede wszystkim w tym, że resorty przemysłowe i centralne zarządy przemysłu nie poświęcają tym sprawom należytej uwagi. Dalszą przyczyną to brak odpowiedniego wyposażenia technicznego; wreszcie brak na tym odcinku badań i prac naukowych ze strony instytutów.

Właściwe wykorzystanie wtórnych zasobów energetycznych poruszono zostało przeze mnie na dzisiejszym zebraniu, poświęconym oszczędności energii elektrycznej dlatego, że niejednokrotnie w imię postępu technicznego używa się dziś energii elektrycznej tam, gdzie z powodzeniem mogłaby być zastąpiona energią odpadkową. Z tego punktu widzenia sprawa ta rzutuje wyraźnie na zagadnienie oszczędności energii elektrycznej.

Z zagadnieniami oszczędności energii elektrycznej wiąże się bezpośrednio sprawa wysokości współczynnika mocy, przy którym pobierana jest przez odbiorcę energia elektryczna. Nie mówiąc już o znanych powszechnie energetykom korzyściach uzyskiwanych przez odbiorcę na skutek poprawy współczynnika mocy, jak wyzwolenie ukrytych rezerw mocy w kablach i transformatorach, zmniejszenie strat w sieci wewnętrzzakładowej, poprawa warunków napięciowych, należałoby zwrócić szczególną uwagę na znaczenie, które ta sprawa ma dla gospodarki energetycznej w skali ogólnokrajowej.

Konieczność wytwarzania nadmiernej ilości energii biernej obniża poważnie zdolność wytwórczą i przesyłową urządzeń energetycznych, a ponadto przesyłanie energii biernej powoduje powstawanie dodatkowych strat w sieciach. Jest ono również przyczyną obniżenia napięcia na liniach przesyłowych i stwarza poważne trudności w utrzymaniu równowagi współpracy między systemami energetycznymi. Niski współczynnik mocy w sieciach był niejednokrotnie przyczyną poważnych zakłóceń ruchowych w skali krajowej. Nic więc dziwnego, że do sprawy poprawy współczynnika mocy w zakładach przemysłowych energetyka przywiązuje specjalną wagę. Znalazło to swój wyraz w podjęciu w bieżącym roku akcji polegającej na przymusowej poprawie wartości współczynnika mocy w wytypowanych zakładach różnych resortów.

Środkiem zmierzającym także do poprawy istniejącego stanu jest wprowadzenie w życie z dniem 1 września br. nowej, zaostrożonej skali dopłat i opustów za osiągniętą wartość współczynnika mocy. Przypominam wreszcie, że według obowiązujących przepisów o dostawie i użytkowaniu energii elektrycznej, regulujących całokształt stosunków między dostawcą i odbiorcą energii elektrycznej, zakłady zbytu energii mają prawo odciążenia od sieci odbiorców, u których wartość współczynnika mocy jest niższa niż 0,4.

Należy przypomnieć, że przemysł krajowy rozpoczął produkcję kondensatorów statycznych, których dostawa praktycznie biorąc jest możliwa bez ograniczeń. Oto kilka przykładów z odcinka walki o poprawę współczynnika mocy: Walcownia Metali Czechowie poprawiła współczynnik mocy z 0,7 na 0,9; Południowe Zakłady Obuwia w Chelmku z 0,65 na 0,9; Krakowska Wytwórnia Papierosów z 0,62 na 0,88; Drukarnia im. Rewolucji Październikowej w Warszawie z 0,64 w czerwcu 1953 r. na 0,96 w czerwcu 1954 r.; Zakłady Chemiczne Wizów z 0,74 na 0,81; Fabryka Urządzeń Mechanicznych Wrocław z 0,72 na 0,95; Szczecińskie Zakłady Piwowarskie z 0,63 na 0,90.

Poprawę uzyskano przez wymianę silników, przez właściwe ustawienie reżimów technologicznych zapewniających lepsze wykorzystanie urządzeń, przez prawidłowe wyzyskanie zdolności kompensacyjnych silników synchronicznych, a przede wszystkim przez zainstalowanie kondensatorów statycznych.

Tym pozytywnym przykładem należy przeciwstawić następujące przykłady niewłaściwej gospodarki na tym odcinku: wspomniana już poprzednio „Piaskownia Szczakowa” wykazuje współczynnik mocy 0,3; odkrywka „Brzozowice” 0,51; Huta Będzin 0,57; Kopalnia Bobrek 0,6 (nieuruchomiony kompensator); Kopalnia Przyjaźń Narodów 0,55; Bolesławskie Zakłady Materiałów Ogniotrwałych 0,6; Świdnickie Zakłady Materiałów Ogniotrwałych 0,56; Fabryka Firanek i Koronek im. H. Sawickiej w Łodzi 0,32; Łódzkie Zakłady Piekarskie, Piekarnia Nr 3 0,40; Zjednoczenie Instalacji Sanitarnych w Warszawie 0,40; Zakłady Remontowo-Montażowe Mat. Budowl. Wrocław 0,41 do 0,47.

Należy wnikać głębiej w gospodarkę energetyczną takich zakładów, które cechuje szczególna niedbałość. Objawia się ona w tym, że sprowadzone do poprawy współczynnika mocy kondensatory statyczne leżą od szeregu miesięcy w magazynach. Do zakładów takich należy wspomniana już poprzednio kopalnia węgla „Przyjaźń Narodów” w Żarach, która zgarniała u siebie kondensatory o mocy 340 kVAr. Podobnie Zakłady Jedwabnicze w Kamiennej Górze zakupiły bezużytecznie kondensatory o mocy 460 kVAr. W Hucie Będzin, gdzie pracuje sześć pieców indukcyjnych bez kompensacji ( $\cos \varphi = 0,57$ ) stwierdzono, że od 1952 r. zakład posiada baterię kondensatorów z importu o mocy 180 kVAr, 6 kV, która dopiero na żądanie inspekcji została w lipcu br. zainstalowana, jednakże jeszcze w sierpniu nie była przyłączona; a huta ta zapłaciła w r. 1953 za niski współczynnik mocy ok. 505.000 zł.

Z różnorodności problemów poruszonych dotychczas wynika, że sprawa racjonalnej gospodarki energetycznej w zakładzie, a więc i zagadnienie oszczędności energii elektrycznej jest sprawą całej załogi zakładu od kierownictwa aż do pojedynczego miejsca pracy. Akcja oszczędnościowa, jeśli ma dać zamierzone skutki, nie może mieć charakteru kampanijnego, lecz musi być prowadzona w sposób ciągły i musi być ujęta w odpowiednią ramy organizacyjne. Konieczną jest również rzeczą nadanie tej akcji charakteru społecznego oraz włączyć się do niej czynniki związkowych i partyjnych.

Uchwała Sekretariatu KC PZPR stwierdza: „Niezbędnym warunkiem radykalnego polepszenia w dziedzinie gospodarki węglem jest wysoka aktywność i przodownictwo w tej walce członków partii i organizacji partyjnych. Trzeba, aby wszyscy pracujący zdawali sobie w pełni sprawę jak wielkie znaczenie posiada węgiel w naszej ogólnonarodowej walce o szybszą poprawę bytu ludu pracującego, aby każdy pracujący wiedział, jak może się przyczynić do likwidacji marnotrawstwa, do oszczędności węgla, koksu, gazu i energii elektrycznej. Zakładowe organizacje partyjne powinny szeroko korzystać z prawa kontroli gospodarczej działalności administracji, ujawniając marnotrawstwo paliw i energii, mobilizując załogi do walki z marnotrawstwem, do uporządkowania gospodarki węglem, do wykorzystania rezerw oszczędności węgla”.

Aby wykonać te wskazania KC PZPR, administracja zakładów powinna stworzyć warunki do walki z marnotrawstwem węgla i energii elektrycznej przede wszystkim przez opracowanie planów usprawnień technicznych oraz zmobilizowanie środków niezbędnych dla ich realizacji. W tych warunkach załoga każdego oddziału produkcyjnego będzie miała pełną świadomość, co i w jakim terminie należy wykonać, aby osiągnąć zaplanowany efekt oszczędnościowy. Wtedy mogą powstać warunki dla szerokiego rozwoju ruchu współzawodnictwa pracy i podejmowania przez załogi zobowiązań o szybkiej realizacji przedsięwzięcia w zakładach dających gospodarce narodowej nowe tony węgla i tysiące kilowatogodzin. Jak wynika z niezależnie od siebie sprawozdań dwóch zakładów zbytu energii (Bydgoszcz i Warszawa), w ten prawidłowy sposób zostało zrozumiane zagadnienie przez głównego energetyka Centralnego Zarządu Przemysłu Tuszczyńskiego, który stworzył warunki do rozwinięcia się międzyzakładowego długofalowego współzawodnictwa w zakresie poprawiania gospodarki energetycznej i oszczędności energii elektrycznej. Niech ten przykład będzie wzorem dla głównych energetyków innych CZP.

Specjalną uwagę należy zwrócić i położyć nacisk na ożywienie działalności racjonalizatorów w zakresie pomysłów, zmierzających do oszczędzania węgla i energii elektrycznej.



Na tym odcinku inicjatywa nie została dotychczas rozwinięta ani też należyce pobudzona.

Akcja nie nabędzie właściwego rozmachu bez szerokiej popularyzacji doświadczeń i osiągnięć produkcyjnych zakładów w zakresie stosowania nowych metod produkcyjnych. Wydaje się rzeczą konieczną, jeśli akcja oszczędnościowa ma być odpowiednio inicjowana, kierowana i koordynowana, aby na zakładach, zwłaszcza większych, powołani zostali specjalnie pełnomocnicy odpowiedzialni za całokształt akcji. Również wskazane jest, aby w poszczególnych CZP, a także w resortach wyznaczeni zostali pracownicy, których obowiązkiem byłaby opieka nad akcją i pomoc na tym odcinku podległym jednostkom.

Z uwagi na ogólnopaństwowy charakter i znaczenie zagadnienia oszczędności energii elektrycznej w realizacji narodowych planów gospodarczych do akcji tej powinny się włączyć organizacje branżowe NOT przy ścisłym współdziałaniu ze Stowarzyszeniem Elektryków Polskich. Udział ten powinien się

wyrazić w zorganizowaniu odpowiedniej akcji odczytowej i w udziale w naradach produkcyjnych załóg zakładowych. Energetyka zawodowa pogłębi dotychczasową pomoc i nawiąże ścisłą współpracę z energetyką przemysłową zarówno w ustawieniu jak i rozwiązywaniu problemów oszczędnej i racjonalnej gospodarki elektroenergetycznej.

Muszę jeszcze raz podkreślić, że nie uzyska się właściwych wyników w walce z marnotrawstwem energii elektrycznej bez czynnej postawy kierownictwa i energetyków zakładów przemysłowych. Jakkolwiek koszty energii elektrycznej stanowią niekiedy znikomy procent całkowitych kosztów produkcji, to jednak w naszych warunkach energia elektryczna będzie zawsze czynnikiem decydującym w poważnym stopniu o wykonaniu narodowych planów gospodarczych oraz o poprawie warunków bytowych świata pracy. I dlatego właśnie zagadnienie oszczędzania energii elektrycznej wysuwa się obecnie na pierwszy plan i powinno się stać codzienną i obowiązkową troską każdego świadomego pracownika.

## Apel Krajowej Konferencji w sprawie wzmocnienia oszczędności energii elektrycznej w zakładach przemysłowych

Towarzysze, robotnicy, technicy, inżynierowie, pracownicy służb energetycznych, energetycy, technolodzy i kierownicy produkcji zakładów przemysłowych!

Postawione przez II Zjazd Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej przed całym narodem wytyczne w kierunku szybkiego podniesienia stopy życiowej mas pracujących naszego kraju — między innymi przez podniesienie realnych płac robotników i pracowników umysłowych oraz pracującego chłopstwa o 15—20% — wytyczyły podstawowe kierunki dla osiągnięcia tego celu we wszystkich gałęziach gospodarki narodowej.

II Zjazd wskazał, że dla osiągnięcia tych zadań konieczna jest pełna mobilizacja wszelkich środków wytwórczych oraz wykrycie i uruchomienie wszelkich istniejących rezerw przede wszystkim w zakładach przemysłowych.

Szybki rozwój wszystkich gałęzi naszej gospodarki narodowej, oraz wzrost stopy życiowej mas pracujących naszego narodu spowodował, że po 10 latach władzy ludowej w Polsce zużycie energii elektrycznej na jednego mieszkańca jest przeszło 6 razy większe niż przed wojną.

Dalszy rozwój przemysłu, rolnictwa i wzrost stopy życiowej powoduje nieustanny wzrost zapotrzebowania energii elektrycznej. Mimo szeregu wielkich inwestycji energetycznych i stałego podnoszenia zdolności produkcyjnej — przez modernizację starych urządzeń energetycznych — zapotrzebowanie energii elektrycznej jest większe od zdolności wytwórczych energetyki. Utrzymanie ciągłej i nieprzerwanej dostawy energii elektrycznej wymaga w tych warunkach wprowadzenia i przestrzegania bezwzględnej zasady oszczędności w dziedzinie użytkowania energii elektrycznej.

Dotychczasowa praktyka wykazała, że w szeregu zakładów przemysłowych istnieją poważne możliwości oszczędzania energii elektrycznej i że na to źródło poważnych oszczędności wiele przemysłów nie zwracało dotychczas dostatecznej uwagi. W rezultacie prowadziło to do poważnego marnotrawstwa energii elektrycznej, a tym samym i węgla, podstawowego surowca niezbędnego do wytwarzania energii elektrycznej.

Dla uzyskania w najkrótszym czasie poważnych oszczędności w gospodarce energetycznej zakładów przemysłowych należy wzmocnić wysiłki nad uporządkowaniem gospodarki energetycznej tych zakładów.

Krajowa Konferencja aktywu energetycznego z zakładów przemysłowych wzywa załogi produkcyjne oraz personel inżyniersko-techniczny i kierownictwo zakładów przemysłowych, a w szczególności energetyków, technolodów produkcji i kierownictwo działów produkcyjnych, do pełnej mobilizacji środków dla uzyskania jak najbardziej racjonalnej i oszczędnej gospodarki energetycznej.

Głównie należy zwrócić uwagę na wykonanie następujących zadań:

1) w bieżącym roku i w roku następnym przejrzeć stan techniczny urządzeń elektrycznych i usunąć wszelkie błędy i usterki powodujące upływ energii i nadmierne jej straty;

2) stosować na szeroką skalę wymianę niedociążonych odbiorników i właściwe zasady pracy przez likwidację biegu jałowego silników i transformatorów, niewłaściwego doboru silników do napędu maszyn, nadmiernego oświetlenia itp.;

3) włączyć do akcji oszczędzania energii elektrycznej technolodów i kierowników produkcji; zagadnienie oszczędzania energii elektrycznej powinno stać się dla kierownictwa i całych załóg zakładów przemysłowych równie ważne jak sprawa wykonania planów produkcyjnych;

4) w ciągu 1955 r. w przemysłach objętych normowaniem zużycia energii elektrycznej powinny być wprowadzone normy w takim zakresie, aby co najmniej 75% całkowitego zużycia energii elektrycznej było nimi objęte; w ustalaniu prawidłowych norm powinny zakładom przemysłowym przyjść z pomocą instytuty naukowo-badawcze, poszczególnych gałęzi przemysłu;

5) w 1955 r. wszystkie większe agregaty energochłonne oraz oddziały produkcyjne, dla których zostaną ustalone normy oddziałowe, powinny być wyposażone w aparaturę pomiarowo-kontrolną energii elektrycznej;

6) do końca 1955 r. zakłady przemysłowe powinny poprawić współczynnik mocy środkami naturalnymi względnie sztucznymi do wartości minimum 0,75, a te zakłady, które już taki współczynnik osiągają powinny poprawić go co najmniej o 0,05;

7) projektanci urządzeń elektroenergetycznych powinni opierać projektowanie na wnikliwej analizie procesów technologicznych dla zapewnienia oszczędnej gospodarki energetycznej;

8) w procesach grzejnych konieczne jest wprowadzenie ścisłej dyscypliny w przestrzeganiu temperatur uzasadnionych technologicznie oraz zwrócenie bacznej uwagi na izolację cieplną urządzeń; należy również przeanalizować możliwości zastąpienia energii elektrycznej energią cieplną przez wykorzystanie ciepła odpadkowego;

9) zapewnić od strony kierownictwa zakładów pełną pomoc energetykom zakładów przemysłowych w ich odpowiedzialnej pracy;

10) opracować na podstawie istniejących przepisów eksploatacji technicznej urządzeń elektrycznych w zakładach przemysłowych instrukcje szczegółowe dla poszczególnych stanowisk pracy;

11) prowadzić systematyczne szkolenie kadr technicznych w zakresie praktycznych umiejętności kierowania gospodarką elektroenergetyczną oraz prawidłowej eksploatacji urządzeń elektrycznych w zakładach przemysłowych drogą kursów i szkolenia wewnątrzzakładowego.

Konferencja zwraca szczególną uwagę na konieczność rozwinięcia szerokiej akcji współzawodnictwa między zakładami o tytuł najlepszego zakładu w oszczędzaniu energii elektrycznej.

Do walki o wykonanie zadań postawionych przez Konferencję należy wciągnąć całe załogi i pobudzić twórczą myśl racjonalizatorów i wynalazców.

Wspólny wysiłek załóg zakładów przemysłowych i ich kadr inżyniersko-technicznych powinien dać miliony zaoszczędzonych kilowatogodzin oraz setki tysięcy ton węgla, a przez to przyczynić się do szybszej realizacji zadań nakreślonych przez II Zjazd Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej w dziedzinie obniżenia kosztów własnych i szybszego podniesienia stopy życiowej mas pracujących naszego kraju.

## Elektrycy w Polskiej Akademii Nauk\*)

Polska Akademia Nauk powołała na członka korespondenta PAN prof. dra Ignacego Maleckiego.

### Odnaczenia państwowe dla członków SEP

W uznaniu pracy Naczelnej Organizacji Technicznej dla gospodarki narodowej Rada Państwa nadała zasłużonym działaczom NOT i stowarzyszeń naukowo-technicznych wysokie odznaczenia państwowe. Wśród odznaczonych znajdują się następujący członkowie Stowarzyszenia Elektryków Polskich:

Czarnowski Jan Wacław — Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski,

Gajewski Dionizy i Taniewski Ludwik — Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski,

Malecki Ignacy — Złoty Krzyż Zasługi po raz drugi,

Żarnecki Tadeusz — Złoty Krzyż Zasługi,

Fischer Wacław, Rogowski Jacek i Treutler Juliusz — Srebrny Krzyż Zasługi.

**VII Walny Zjazd Delegatów SEP odbędzie się w Warszawie 14 grudnia 1954 r.**

## Przebiegi i ochrona przebiegowa (MKWSE, 1954)

PROF. DR. J. L. JAKUBOWSKI

Postępy w dziedzinie ochrony przebiegowej, referowane na Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci w 1954 r., dotyczą przede wszystkim rozwoju teoretycznego ujęcia zjawisk, zachodzących w obwodach elektrycznych. Tak więc zostały ustalone warunki, którym winny odpowiadać odgromniki, aby chronić od przebiegów przy wyłączaniu długich nieobciążonych linii i transformatorów. Na tle lepszego poznania mechanizmu zjawisk w drugim z wymienionych przypadków powstała koncepcja stosowania kondensatorów do zmniejszania przebiegów.

Opracowano dalej metody obliczania przebiegów, przenoszonych przez transformatory do generatorów, jak również metody wyznaczania wielkości oporników nieliniowych do ochrony uzwojeń regulacyjnych transformatorów. Ujęto wreszcie w jednolity system warunki ochrony podstacji przy pomocy podejść.

Badania doświadczalne — bez szerszej podbudowy teoretycznej — wnoszą dużo nowego materiału w sprawie fal w liniach (tłumienie ulotowe) i w stacjach. W dziedzinie badania wytrzymałości udarowej izolacji interesujący jest postulat, domagający się dokonywania udarowych prób typu izolacji napowietrznej na mokro.

Warto zanotować nową metodę pomiarową, pozwalającą określić opór uziemienia słupa bez odłączania przewodu odgromowego.

Z zagadnień, które wywołały szczególnie ożywioną dyskusję, należy wymienić ochronę przebiegową linii najwyższych napięć. Jak się okazuje, Ameryka i Szwecja stosują w tych liniach z reguły odgromniki, a Anglia i Francja — iskierniki ochronne.

Interesująca jest również wiadomość, że w Niemczech zachodnich przechodzi się w liniach 220-kilowoltowych z kompensacji na bezpośrednie uziemienie punktu zerowego, zastawiając linie napięć niższych skompensowane.

### 1. Odgromniki.

Sprawozdanie z prac Komitetu Przebieg MKWSE, opracowane przez K. Bergera [2], stanowi, jak zwykle, krytyczne podsumowanie stanu nauki i techniki w dziedzinie najbardziej aktualnych zagadnień przebiegowych. Oparte jest ono na ankiecie, dotyczącej odgromników, na którą dały odpowiedź Anglia, Francja, Italia, Szwecja i Stany Zjednoczone.

Podstawowym wynikiem ankiety jest stwierdzenie, iż w Szwecji i Stanach Zjednoczonych odgromniki są stosowane w sieciach wszystkich napięć, z najwyższymi włącznie, natomiast w Anglii i Francji w sieciach najwyższych napięć odgromniki są zastąpione przez iskierniki ochronne. Odstępów elektrod tych iskierników są następujące: Anglia — 66 cm przy 132 kV, Francja — 55 do 66 cm przy 150 kV i 75 do 90 cm przy 220 kV.

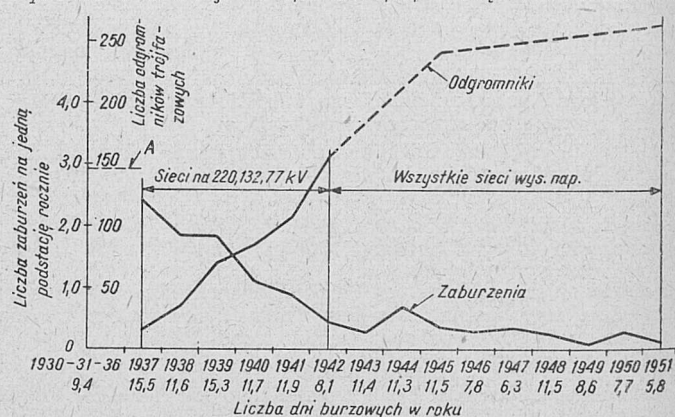
Przyczyny dania pierwszeństwa iskiernikom ochronnym są następujące:

a) We Francji niski poziom izocerauniczny (15 do 30), daleko posunięty rozwój sprężen w sieci, co powoduje zmniejszenie amplitudy fal wędrownych w punktach węzłowych, wreszcie szerokie stosowanie samoczynnego ponownego załączania (fazowego).

b) W Anglii zadymienie i wilgotność atmosfery, utrudniające uzyskanie stałości napięcia zapłonu odgromników (eksplozje wskutek zabrudzenia porcelany obudowy i spowodowanej tym zmiany pola w iskierniku); stosowanie iskierników odgromnikowych sterowanych lub porcelany z glazurą półprzewodzącą byłoby w warunkach angielskich bardziej kosztowne niż uszkodzenia, których by się uniknęło.

Dalsze wyniki ankiety dotyczą analizy uszkodzeń urządzeń elektrycznych pochodzenia piorunowego. W podstacjach bardzo wysokich napięć uszkodzeniom podlegają głównie transformatory energetyczne i miernicze oraz wyłączniki. W podstacjach średnich napięć ujemnie daje się odczuć głównie topienie się bezpieczników.

Liczba zakłóceń na rok i podstację dla sieci ponad 60 kV wynosiła w Szwecji od 0,02 do 0,03, a więc 1 zakłócenie na



Rys. 1. Liczba zaburzeń piorunowych na rozdzielnię lub podstację na rok w Szwecji (sprowadzona do 10 dni burzowych w roku)

A — średnia liczba zaburzeń w okresie od 1930/31 do 1936 r.

30—50 lat. Odnośny współczynnik dla „gridu” angielskiego (132 kV) za okres 4 lat wynosi 0,01. Ponieważ liczba dni burzowych w Szwecji i Anglii jest bardzo zbliżona, można z tego wyciągnąć wniosek, że w sieciach bardzo wysokich napięć zarówno odgromniki, jak i iskierniki, dają odpowiednią ochronę lub że jakoś ochrony jest wyrównana przez jakość izolacji. Ponadto w Anglii stopień sprężen, powodujących zmniejszanie się amplitudy fal wędrownych, jest większy niż w Szwecji.

O skuteczności ochrony odgromnikowej w Szwecji świadczy rys. 1.

W sprawie uszkodzeń odgromników należy stwierdzić, że liczba ich istotnie zmalała od czasu, gdy zaczęto dbać o szczelność tych przyrządów. Według danych szwedzkich roczna liczba zakłóceń przy odgromnikach nowej konstrukcji wynosi 4 % wobec 16,5 % przy dawnej konstrukcji. Podobne dane można znaleźć w literaturze amerykańskiej. We Włoszech odpowiednie liczby wahają się od 4 do 37 %.

Interesująca jest tabl. I, z której wynika, że dla napięć bardzo wysokich przebiegi wewnętrzne są bardziej niebezpieczne

\*) Por. PE, 1952, z. 5/6, str. 185.



dla odgromników niż piorunowe. Przepięcia wewnętrzne, o których tu mowa, to głównie przepięcia przy przerywanych zwarcia z ziemią oraz — w drugiej kolejności — przepięcia łączeniowe. Przy wysokich napięciach średnich i niższych (poniżej 60 kV) prawie wszystkie zakłócenia odgromnikowe są spowodowane przez pioruny.

Stosowanie prostych i tanich iskierników ochronnych zamiast odgromników wzbudza, oczywiście, powszechne zainteresowanie. Częstość ich działania w sieciach francuskich i angielskich nie jest duża. Według statystyk francuskich w 30 stacjach, zaopatrzonych w iskierniki, było średnio 47 przeskoków na rok. W ciągu 2 lat zaszło w tych stacjach tylko jedno zaburzenie z transformatorem, spowodowane zresztą brakiem iskiernika na izolatorze punktu zerowego. W Anglii w sieci 132-kilowoltowej w ciągu 4 lat było 15 przeskoku na iskiernikach. W tym samym okresie czasu było 207 automatycznych wyłączeń, głównie na skutek przeskoku na liniach. Gdyby stosować zamiast iskierników odgromniki, liczba wyłączeń zmniejszyłaby się w najlepszym razie o 70%.

Większa liczba przeskoku w iskiernikach ochronnych we Francji niż w Anglii tłumaczy się stosunkowo małymi długościami przerw w iskiernikach; przerwy tak są dobrane, że

Tablica I. Zakłócenia odgromnikowe w Szwecji w latach 1941—1945

| Napięcie znamionowe (kV) | Przyczyny zakłóceń |                                                          |                               |                             |
|--------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                          | Uderzenie pioruna  | Wzrost napięcia na skutek przypadkowego zwarcia z ziemią | Przyczyna nieznaną lub wtórna | Łącznie wszystkie przyczyny |
| 220                      | —                  | 2                                                        | —                             | 2                           |
| 132                      | —                  | 1                                                        | —                             | 1                           |
| 77                       | 1                  | 1                                                        | 2                             | 4                           |
| 55                       | 4                  | 3                                                        | 1                             | 8                           |
| 44                       | —                  | —                                                        | 1                             | 1                           |
| 33                       | 2                  | —                                                        | —                             | 2                           |
| 22                       | 20                 | 1                                                        | 8                             | 29                          |
| 11                       | —                  | —                                                        | 6                             | 6                           |
| 6                        | 5                  | —                                                        | 1                             | 6                           |
| 3                        | 22                 | —                                                        | 1                             | 23                          |
| Razem                    | 54 (66%)           | 8 (10%)                                                  | 20 (24%)                      | 82 (100%)                   |

ich napięcie zapłonu jest niższe, niż odpowiadających im odgromników.

Co do ekonomicznego uzasadnienia stosowania odgromników zdania są podzielone. Szwedzi i Amerykanie uważają stosowanie tych przyrządów za opłacalne, zwłaszcza biorąc pod uwagę ograniczenie dzięki nim liczby przerw w ruchu i unikanie kosztów naprawy wielkich uszkodzonych transformatorów.

Zwolennicy iskierników, przeciwnie, są zdania, że liczba zaburzeń transformatorowych przy odgromnikach czy przy iskiernikach jest jednakowa.

Tę sprzeczność Berger stara się wytłumaczyć w taki sposób, że widocznie transformatory są uszkodzane nie przez fale o dużej stromości, ale przez napięcie o stromości odpowiadającej 50-procentowemu napięciu przeskoku iskierników. W tych warunkach iskierniki stanowią dobre zabezpieczenie transformatorów. Oczywiście, tego tłumaczenia nie można uważać za regułę.

W przeciwieństwie do omówionej wyżej różnicy zdań wszyscy zgadzają się, że odgromniki w liniach na słupach drewnianych opłacają się. Stosowane są one w tych warunkach i we Francji.

Interesująca jest uwaga Bergera, że z dwóch możliwych usprawiedliwień ekonomicznych instalowania odgromników w praktyce jest wysuwana tylko poprawa pewności eksploatacji. Nigdzie nie zmniejszono izolacji linii na skutek zastosowania odgromników.

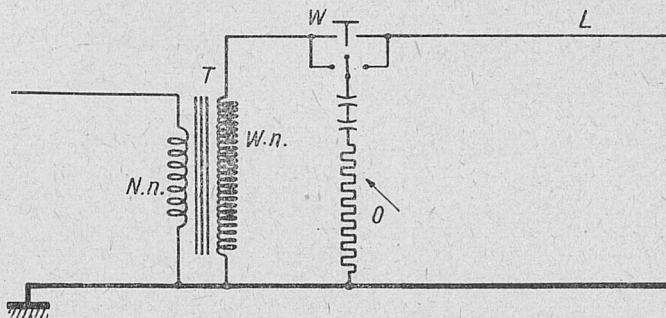
Jednym z głównych zadań, które stawia sobie Komitet Przepięć MKWSE na najbliższą przyszłość, polega na zbadaniu rozproszenia napięć przeskoku iskierników i izolacji powietrznej (dane ważne dla koordynacji izolacji). Dla ustalenia metodyki badań zostaną najpierw przeprowadzone pomiary w różnych krajach w odniesieniu do iskierników. Po uzyskaniu zgodnych wyników pomiary będą rozszerzone na odgromniki i izolatory.

## 2. Przepięcia łączeniowe.

Sprawozdanie Komitetu Przepięć [1] zajmuje się również działaniem odgromników przy przepięciach łączeniowych.

Odgromniki są obecnie przystosowane wyłącznie do ochrony od udarów pochodzenia atmosferycznego. Odgromniki takie mogą być uszkodzone termicznie przy zadziaaniu w czasie przepięć przerywanego zwarcia z ziemią (sieci z punktem zerowym izolowanym), jak również przy stałym zwarciu z ziemią, jeśli iskiernik ma elektrody uszkodzone przez korozję.

Drugie źródło uszkodzeń to zadziaanie przy odłączaniu długich linii i transformatorów nieobciążonych. Przy odłączaniu długich linii obciążenie odgromnika — w razie zadziaania — wzrasta w zasadzie z napięciem roboczym linii, gdyż energia skupiona w linii wynosi  $\frac{1}{2} CU^2$ , natomiast objętość



Rys. 2. Schemat uproszczonego układu, w którym badano przepięcia przy wyłączaniu linii nieobciążonej [3]

T — transformator  
W — wyłącznik  
L — linia nieobciążona  
O — odgromnik

odgromnika, w której akumuluje się ciepło, jest proporcjonalna do  $U$ . W liniach bardzo wysokich napięć odgromniki, wymiarowane z punktu widzenia przepięć piorunowych, mogą być przeciążone termicznie przy wyłączaniu długich linii i eksplodować. Najprościej jest unikać tutaj konstrukcji wyłączników, dających duże przepięcia.

W przypadku wyłączania transformatorów w stanie jałowym, wchodząca w grę energia magnetyczna nie jest na ogół groźna dla odgromników z wyjątkiem odgromników po stronie dolnego napięcia transformatorów. Dla ochrony transformatorów o bardzo dużej mocy, gdzie zabezpieczenie szczególnie musi być niezawodne, proponowane jest stosowanie odgromników również na fazach (ochrona trójkąt — gwiazda).

J. Neuve-Eglise [3] podaje wyniki badań przeprowadzonych w sieciach francuskich na 150 i 220 kV, a dotyczących działania odgromników przy przepięciach wewnętrznych, które powstają przy przerywaniu prądów biernych. Przy przepięciach takich występują w odgromnikach prądy rzędu setek amperów, trwające setki, a nawet tysiące mikrosekund.

Neuve-Eglise uważa, że odgromnik, wytrzymały np. udar 10 kA, 20  $\mu$ s może zawieść przy udarze 200 A, 1000  $\mu$ s, chociaż w obu przypadkach przepływa przezeń ten sam ładunek, a nawet w drugim przypadku energia jest mniejsza, gdyż napięcie obniżone przy 200 A jest niższe niż przy 10 kA. Autor tłumaczy to zjawisko niejednorodnym rozdziałem prądu w masie opornika, wobec braku zapłonu w niektórych mikroskopijnych iskiernikach w półprzewodniku. Prowadzi to do lokalnego przegrzania i przebicia płytki. Sprzyjające warunki dla tego zjawiska mają występować, gdy wartość prądu odpowiada miejscowi zagęszczeniu charakterystyki napięciowo-prądowej.

Pomiary w sieciach francuskich dokonywano według układów podanych na rys. 2 i 3. Według rys. 2 badano przy pomocy oscylografu katodowego przepięcia i prąd w odgromniku przy wyłączaniu linii nieobciążonej. Odgromnik był alternatywnie umieszczony po stronie transformatora lub linii. Dane transformatora: 150 kV, 30 MVA, gwiazda, punkt zerowy uziemiony, indukcyjność rozproszenia  $L = 0,3$  H. Linia: 160 km,  $C = 1,6$   $\mu$ F. Odgromnik o napięciu znamionowym 120 kV. Wyłącznik małoolejowy.

Na rys. 3 badano górne i dolne napięcie transformatora oraz prąd w odgromniku, włączonym po jednej lub drugiej stronie transformatora. Dane transformatora 3-uzwojeniowego: 220/ $\sqrt{3}$  — 60 — 10/ $\sqrt{3}$  kV, 25 MVA; w trzecim uzwojeniu obciążenie indukcyjne (dla zwiększenia prądu wyłączanego, co daje większe przepięcia niż prąd jałowy). Moc bierna dostarczana przez sieć górnego napięcia: 9 MVA. Odgromnik o napięciu znamionowym 200 kV, a po stronie dolnego napięcia 6 kV. Pojemność i indukcyjność sprowadzone do strony

górnego napięcia 24  $\mu$ s i 51,1 H. Oporność charakterystyczna obwodu drgań  $\sqrt{L/C}$  po stronie górnego napięcia 13000  $\Omega$ , po stronie dolnego napięcia 33  $\Omega$ .

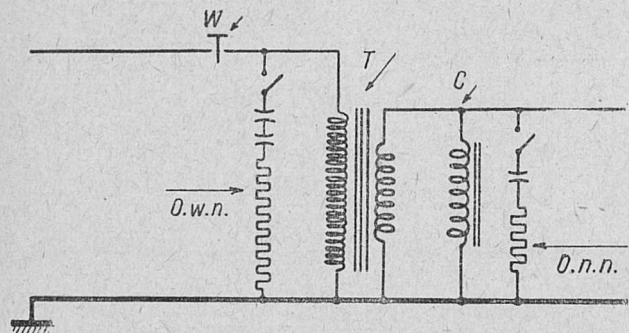
Przy interpretowaniu wyniku tych badań, autor posługuje się warunkiem przybliżonym, wyprowadzonym dla układu zastępczego z rys. 4.

W czasie drgań własnych LC, mamy

$$i_L = i_C = C \frac{du}{dt}.$$

Natychmiast po zapłonie w odgromniku wartość  $i_L$  pozostaje ta sama, natomiast prąd ten zamyka się przez C i R:

$$i_L = i_C + i_R = C \frac{du}{dt} + \frac{u}{R} = C \left( \frac{du}{dt} \right)_z,$$



Rys. 3. Schemat uproszczony układu, w którym badano przebiegi przy wyłączaniu prądu indukcyjnego [3]  
T — transformator  
O. n. n. — odgromnik nisk. nap.  
C — cewka  
O. w. n. — odgromnik wys. nap.  
W — wyłącznik

przy czym wskaźnik „z” oznacza wartość bezpośrednio przed zapłonem. Jeśli odgromnik ma nie dopuścić do dalszego podwyższenia napięcia, musi być  $\frac{du}{dt} \leq 0$ . Stąd

$$\frac{u}{R} - C \left( \frac{du}{dt} \right)_z \leq 0 \text{ czyli } R \leq \frac{1}{C} \frac{u}{\left( \frac{du}{dt} \right)_z}.$$

Jeżeli założyć  $u = U \sin \omega t$ , przy czym  $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ , otrzymuje się warunek na niepodwyższenie napięcia pod postacią:

$$R \leq \sqrt{\frac{L}{C}} (\operatorname{tg} \omega t)_z.$$

Obliczenie  $(\operatorname{tg} \omega t)_z$  nie przedstawia trudności, jeśli zważyć, że  $(\sin \omega t)_z$  określa stosunek poziomu ochrony do wartości napięcia, która zjawiałaby się bez odgromnika.

Przy pomocy powyższego warunku można wytłumaczyć działanie odgromnika w przypadkach badanych doświadczalnie. Z analizy wynika, że przy wyłączaniu długich linii korzystne jest stosowanie odgromników po stronie transformatora ( $\sqrt{L/C} = 4500 \Omega$ ). Dla odgromnika po stronie linii ( $\sqrt{L/C} = 430 \Omega$ ), gdy przebiegi są dużo wyższe od poziomu ochrony, obecne odgromniki nie zapewniałyby obniżenia napięcia.

Niezależnie od powyższego dla sieci 225-kilowoltowej i obecnych odgromników francuskich, które wytrzymują długości przepływu ładunku ok. 1 kulomba, granicę długości linii można określić na 400 km. Powyżej tej długości odgromnik może nie wytrzymać termicznie.

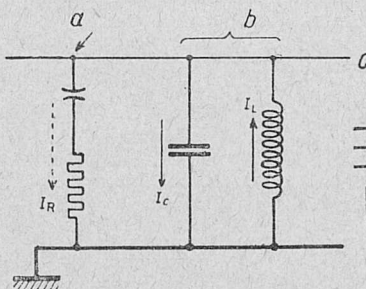
Przy wyłączeniu obciążenia indukcyjnego odgromnik po stronie górnego napięcia nie napotyka trudności ani natury termicznej, ani w zakresie ograniczania przebiegów. Wystarczą tutaj zwykłe odgromniki produkcji obecnej. Zamiast nich mogą być użyte dużo tańsze odgromniki po stronie dolnego napięcia.

W łonie Komitetu Przebieg powstały dwie koncepcje badania odgromników na wytrzymałość termiczną przy zadziaływaniu pod wpływem przebiegów wewnętrznych: 1) próba długim udarem, np. 1 ms, bez doprowadzenia napięcia roboczego,

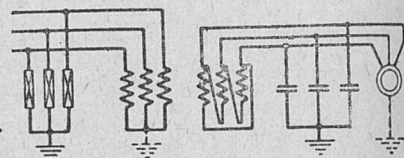
2) próba w obwodzie indukcyjnym nagle przerywanym (imitacja warunków w sieci, trudna do reprodukcji).

J. Neuve-Eglise proponuje dla odgromników po stronie dolnego napięcia transformatorów, które mają ograniczać przebiegi przy odłączaniu prądów indukcyjnych, próbę prądem 500 A, 2000  $\mu$ s, zastosowanym pięciokrotnie w odstępach minutowych.

Drugi referat poświęcony przebiegom łączeniowym [4], dotyczy obliczania przebiegów przy wyłączaniu transformatorów nieobciążonych. Jak wiadomo, tylko niewielka liczba transformatorów powoduje takie przebiegi, przy czym, jak dotychczas, trudno powiedzieć od czego to zależy. Autorzy przeprowadzają wnikliwą analizę wartości energii magnetycznej w chwili wyłączania (różne układy) oraz definicji pojemności obwodu drgającego. Jako wielkość charakterystyczną transformatora



Rys. 4. Schemat równoważny w przypadku wyłączania prądów biernych [3]  
a — odgromnik  
b — obwód sieciowy LC  
c — linia w. n.



Rys. 5. Schemat układu, w którym badano przenoszenie się przebiegów przez transformator do generatora [5]

można uważać największe możliwe przebiegi  $U_m$  (przebiegi graniczne), to jest przebiegi występujące w przypadku zamiany całej energii magnetycznej w elektrostatyczną według zależności

$$\frac{1}{2} C U_m^2 = \eta \Delta W_m + W_e,$$

gdzie  $U_m$  — wartość szczytowa przebiegu,  
C — pojemność równoważna, zależna od typu obwodu oraz transformatora,  
 $\Delta W_m$  — zmiana energii magnetycznej przy wyłączaniu,  
 $W_e$  — energia elektrostatyczna uzwojenia przed wyłączeniem,  
 $\eta$  — sprawność magnetyczna (rzędu 0,7).

W praktyce zależność powyższa może znaleźć zastosowanie tylko przy obliczaniu przebiegów, nie przekraczających 3–4-krotnego napięcia znamionowego. Wynika to stąd, że przy przebiegach granicznych wyższych zachodzą zapłony powrotne w wyłączniku, które oddają część energii do sieci. Zapłony te ograniczają przebiegi. W ten sposób np. przy wartości granicznej równej 15- czy 10-krotnej wartości napięcia znamionowego, dzięki wyłącznikowi mogą występować przebiegi np. tylko 5-krotnej wartości. Napięcia graniczne można zmierzyć dopiero wtedy, gdy nie wywołują zapłonów powrotnych.

Autorzy podają przybliżone metody obliczania przebiegów granicznych w przypadku, gdy zmniejsza się je w sposób sztuczny, to znaczy włącza w szereg z transformatorem opornik, albo równolegle pojemność. Dzięki opornikowi tłumią się drgania, dzięki pojemności ogranicza ich amplitudę. Doświadczenia autorów z pojemnościami dały wyniki zadowalające. Np. dla transformatora na 10,5/115 kV, 35 MVA, przy wyłączaniu po stronie 10 kV stosunek przebiegów do napięcia znamionowego wynosił:

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| bez pojemności — pomiar                      | 2,5,  |
| bez pojemności — obliczona wartość graniczna | 7,5,  |
| z pojemnością — pomiar                       | 1,65, |
| z pojemnością — obliczona wartość graniczna  | 1,84. |

Dla szerszego zastosowania tego środka brak jeszcze, wg wzmiankowanych autorów, doświadczeń eksploatacyjnych. Zaletami tego rozwiązania są: brak części ruchomych (w przeciwieństwie do oporników wyłącznikowych), skuteczność w stosunku do strony zarówno górnego, jak i dolnego napięcia.



cia transformatora oraz częściowa kompensacja mocy biernej transformatora przy pracy normalnej.

Dość obszerne badania laboratoryjne, mające na celu określenie przyczyn rozproszenia wartości przepięć, wykonane dla tego samego transformatora, wykazały słaby tylko wpływ na przepięcia gęstości strumienia magnetycznego, oporności pozornej sieci i szybkości ruchu styków wyłącznika.

### 3. Ochrona generatorów i transformatorów.

W trakcie opracowywania koordynacji izolacji sieci szwedzkiej 380-kilowoltowej powstała konieczność teoretycznego ujęcia zagadnienia przenoszenia przepięć przez transformatory do generatorów. Metody odnośnych obliczeń podaje referat R. Lundholma, N. Hyllén-Cavalliusa i B. Grundmarka [5] dla układu (z rys. 5). Autorzy ci uważają, że istotne zagrożenie stanowi przypadek, gdy z linii przychodzi fala udarowa pochodzenia piorunowego — w jednej fazie. Przepięcia łączeniowe mają dawać zagrożenia dużo słabsze. Przepięcia, przenoszone na drodze indukcyjnej przez transformator gwiazda/trójkąt, powstają tylko w przypadku fal asymetrycznych, przychodzących na zaciski transformatora z linii. Jako podstawę obliczeń przyjęto falę prostokątną nieskończenie długą na jednym przewodzie. Przepięcia przeniesione indukcyjnie występują na dwóch zaciskach generatora symetrycznie względem ziemi, przepięcie międzyfazowe jest więc podwójne w stosunku do napięcia względem ziemi. Z tego względu przy ochronie generatora odgromnikami należy je, według autorów, dawać międzyfazowo.

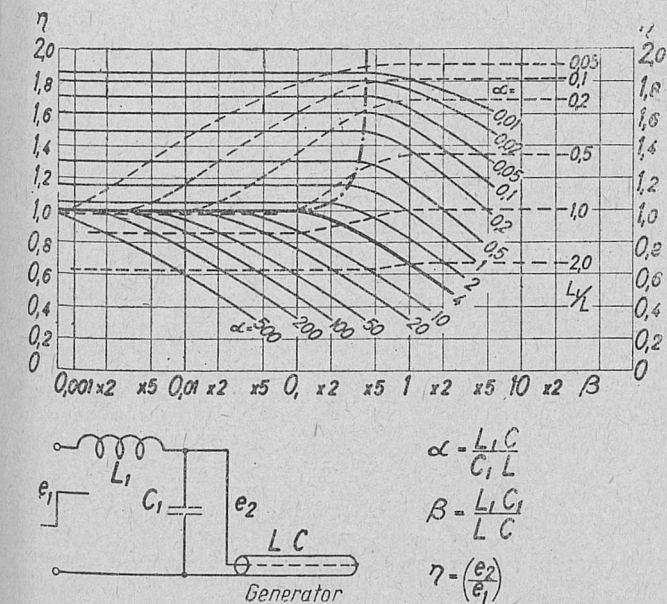
Przepięcia na generatorze autorzy obliczają posługując się schematem uproszczonym z rys. 6. Na schemacie tym generator jest zastąpiony przez linię sztuczną LC, zwartą na końcu. Do pojemności  $C_1$  są włączone również kondensatory ochronne — w razie ich stosowania.

Wykres na rys. 6 daje wartość napięcia na zaciskach generatora w stosunku do napięcia fali nadchodzącej ( $\eta = \frac{e_2}{e_1}$ ).

Parametrami są:

$$\alpha = \frac{L_1 C_1}{C_1 L} \text{ oraz } \beta = \frac{L_1 C_1}{L C}$$

Znaczenie fizyczne tych parametrów jest następujące:  $\alpha$  — to



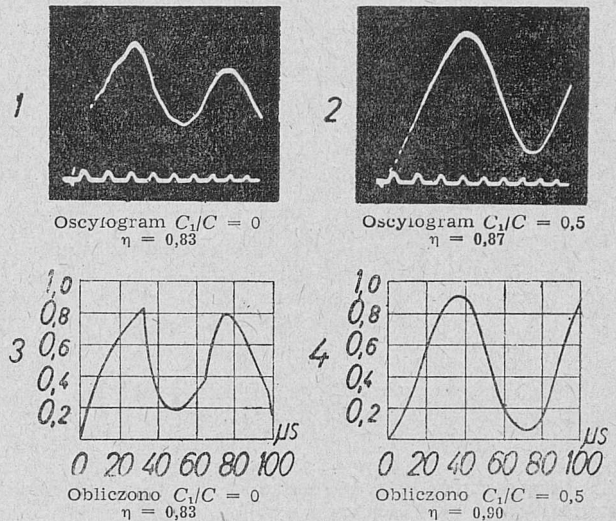
Rys. 6. Wykres  $\eta$ , tj. wartość napięcia na zaciskach generatora w stosunku do napięcia fali nadchodzącej [5]

kwadrat stosunku oporności charakterystycznych obwodu drgającego  $\sqrt{L_1/C_1}$  i generatora  $\sqrt{L/C}$ ;  $\beta$  — to współczynnik proporcjonalny do kwadratu stosunku okresu drgań własnych  $\sqrt{L_1 C_1}$  i czasu przebiegu fali w generatorze  $\sqrt{LC}$ . Na rys. 6 liniami przerywanymi zaznaczono wartość  $\eta$  dla stałych  $L_1/L$ .

Jako ilustrację zgodności metod obliczeniowych z rzeczywistością, autorzy podają (rys. 7) obliczone i zmierzone przebiegi napięć na generatorze w elektrowni w Harspranget.

\* Generator może nie mieć punktu zerowego uziemionego, ale w stosunku do rozpatrywanych przepięć można to zawsze założyć.

Z analizy wartości  $\eta$  wynika, iż kondensatory ochronne rzędu dziesiątych mikrofarada po stronie generatora mogą być w pewnych przypadkach szkodliwe, podwyższając zbytnio  $C$ . Dla ochrony generatora od przepięć przenoszonych pojemnościowo (nie ujętych przez powyższe rozważania) wystarczy pojemność własna generatora. Dla ochrony transformatorów odłączonych od generatora wystarczy pojemność krótkich odcińków kabla lub też stosunkowo małych kondensatorów. Tak więc duże kondensatory nie są ani potrzebne ani pożyteczne.



Rys. 7. Porównanie przebiegu napięcia w elektrowni Harspranget — zmierzonego (oscyllogramy) i obliczonego (wykresy) [5]

Pewne szczegóły, dotyczące stosowania oporności nieliniowych i odgromników do ochrony uzwojeń regulacyjnych transformatorów podaje referat N. Hyllén-Cavalliusa i B. Solbergrena [6]. Głównym tematem referatu jest nowa przybliżona metoda obliczania przepięć w uzwojeniach regulacyjnych przy stosowaniu takiej ochrony. Metoda ta jest oparta — przez analogię — na wzorach dla transformatorów wielouzwojeniowych, ważnych przy napięciu o częstotliwości roboczej.

Autorzy proponują umieszczać oporniki nieliniowe w ten sposób, aby były bezpośrednio poddane akcji chłodzącej oleju w transformatorze. Straty stałe w tych opornikach są rzędu 4 W na blok (przy 700 V napięcia zmiennego). O skuteczności oporników nieliniowych świadczą pomiary, zestawione w tabl. II. Udar o kształcie 1/200  $\mu s$ , stosowany do transforma-

Tablica II

| Transformator (nr) | Poziom izolacji (kV) | Napięcie na części regulacyjnej |                          | Wartość szczytowa prądu w oporze |
|--------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|                    |                      | bez oporu (%)                   | z oporem nieliniowym (%) |                                  |
| 1                  | 275                  | 50                              | 29                       | 80                               |
| 2                  | 325                  | 115                             | 68                       | 50                               |
| 3                  | 775                  | 36                              | 24                       | 100                              |

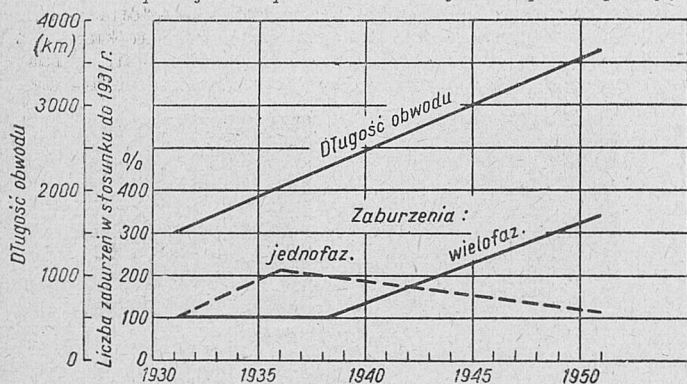
tora, miał wartość szczytową równą poziomowi izolacji. Całość uzwojenia regulacyjnego była w „końcu martwym”.

W przypadkach, gdy celowe byłoby wykorzystanie w większym stopniu oporu nieliniowego, należałoby stosować na części regulacyjnej zamiast tego oporu — odgromniki. Takie specjalne odgromniki, opracowane przez autorów, mają przewodność właściwą znacznie większą niż opory przeznaczone do bezpośredniego przyłączania do uzwojenia. Odgromniki opisywane mają mniejsze napięcie obniżone i większy prąd niż konstrukcje zwykłe.

### 4. Uziemienie punktu zerowego.

Zagadnieniu uziemienia punktu zerowego poświęcony jest tylko jeden referat, mianowicie H. Rosera [7]. W Niemczech zachodnich w r. 1951 postanowiono przejść w sieciach 220-kilowoltowych — o łącznej długości 4000 km — z kompen-

sacji na punkt zerowy uziemiony. Decyzja ta oparta jest na statystyce, z której wynika, że poczynając od łącznej długości 2000 km połączonych z sobą linii, to znacząco od osiągnięcia przez prąd resztkowy wartości 150 do 200 A, liczba zwarć wielofazowych jest zbyt duża. Ilustruje to rys. 8, podający

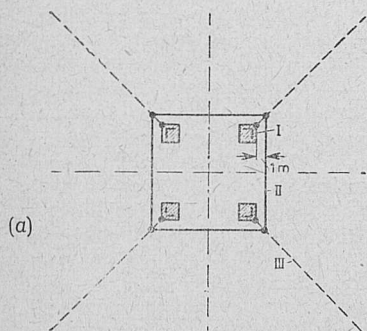


Rys. 8. Procentowa liczba zaburzeń jedno- i wielofazowych w sieciach zachodnio-niemieckich w stosunku do stanu z r. 1931 [7]

długość linii (skompensowanych) i liczbę zaburzeń jedno- i wielofazowych na jednostkę długości (w ‰).

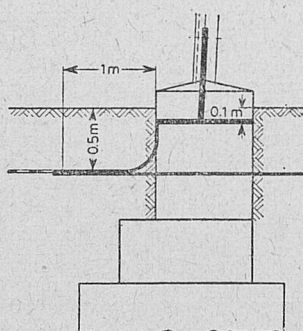
Zmiana systemu uziemiania punktu zerowego została zaplanowana na okres 1951-54 w 3 etapach. W międzyczasie części skompensowana i uziemiona sieci pracują równolegle przez wyłączniki szybkie (czas wyłączenia 0,06 s). W chwili zwarcia z ziemią powstaje, oczywiście, prąd zwarcia fazowego rzędu 5000-10000 A, po rozłączeniu — prąd doziemny resztkowy rzędu 100-200 A. Interesujące jest, że przepływ dużego prądu ułatwia zgaszenie prądu resztkowego (naruszenie równowagi łuku?). Przejawia się to w zmniejszeniu zaburzeń w części skompensowanej.

Z linią 220-kilowoltową współpracuje linia 300-kilowoltowa (Brauweiler-Rheinau, 255 km) uruchomiona w 1952 r. Li-



Rys. 9a. Uziom słupa 4-podstawowego [7]

I — wstęga otaczająca podstawę  
II — wstęga otaczająca całość fundamentu  
III — uziom promieniowy długości 25 cm na głębokości 0,6 m



Rys. 9b. Widok z boku uziomu jednej podstawy [7]

nia ta sprężona jest przy pomocy transformatorów 220/300 kV z siecią 220 kV i ma po stronie 300 kV punkt zerowy izolowany. Doświadczenia eksploatacyjne z tą linią są zadowalające.

W liniach 220-kilowoltowych nie uziemia się zer wszystkich transformatorów, gdyż dałoby to prąd zwarcia przekraczający 20 000 A (moc elektrowni zasilających 3000 MVA). Jako granicę prądu zwarcia wybrano 12 000 A.

Interesujące jest twierdzenie autorów, że opory uziomów zarówno w sieci skompensowanej, jak i w sieci z zerem uziemionym, nie powinny zasadniczo się różnić. Prądy doziemne w obu przypadkach są zbliżone (podwójne zwarcie przez ziemię, zwarcie fazowe), różna jest tylko częstość ich występowania. Uziomy istniejących podstacji zostały, oczywiście, skontrolowane. Ze względu na trudności oddzielenia sieci roboczej i ochronnej w podstacjach transformatorowych przyłączono wszystkie zaciski uziomowe do uziemienia punktów zerowych. Opory okazały się na ogół mniejsze od 0,2 Ω; w ten

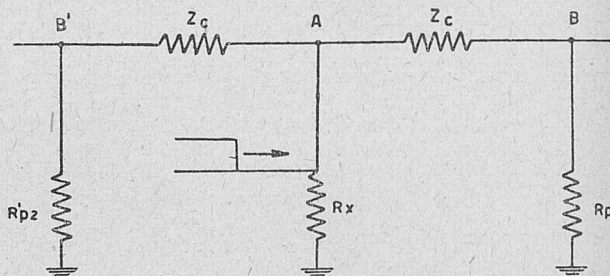
sposób unika się napięć niebezpiecznych dla obsługi. Natomiast punkty zerowe transformatorów rozdzielczych, zasilających sieci odbiorcze (domy mieszkalne), zostały starannie oddzielone od punktów zerowych podstacji wysokiego napięcia.

Słupy i konstrukcje stalowe podstacji połączono z uziemieniem podstacji, natomiast bariery, otaczające słupy, nie mają metalicznego kontaktu z tym uziemieniem.

Interesujące jest, że starannie skontrolowano połączenia, istniejące między uziemieniem podstacji i sąsiednimi zabudowaniami (kable, rury wodne, przewody zerowe itd.), z punktu widzenia podwyższenia się potencjału gruntu. W pewnych przypadkach konieczne było zastosowanie elektrod wyrównujących ten potencjał.

Pomiary oporów uziemień słupów (po odłączeniu przewodu odgromowego) wykazały wartości zwykle poniżej 5 Ω (wyjątkowo powyżej 10 Ω). Z przewodami odgromowymi wartości te były zwykle poniżej 1 Ω. Sposób wykonania uziomów słupów podają rys. 9a i 9b.

Wprowadzenie projektu nowych przepisów VDE (0111/52) przewiduje zmniejszenie poziomu izolacji przy uziemieniu punktu zerowego, możliwość ta nie została wykorzystana ze względu na obawę przeskoków przy mgłę. Widać to z następującego zestawienia poziomów izolacji dla udarów 1/50 μs w nie-



Rys. 10. Schemat ideowy pomiaru oporności uziemienia słupa R przy pomocy fali wędrownej [9]  
Z<sub>c</sub> — oporności falowe przewodu odgromowego

mieckich urządzeniach 220-kilowoltowych z punktem zerowym izolowanym (poziom normalny) i uziemionym (poziom zniżony):

|                              | poziom normalny | poziom zniżony |
|------------------------------|-----------------|----------------|
| normy VDE 0111               | 910             | 780            |
| stan obecny w liniach 220 kV | 1090 *)         | 955 **)        |
| normy USA                    | 1050            | 900            |

Warto zaznaczyć, że wzmiankowana linia 300-kilowoltowa też pracuje przy zniżonym poziomie izolacji, a wyniki eksploatacji są zadowalające.

Zamiana systemu uziemienia punktu zerowego wymagała przeliczenia oddziaływań na linie telekomunikacyjne. We wszystkich przypadkach, w których z obliczeń wynikło napięcie indukowane wyższe od 430 V, zainstalowano ochronniki iskiernikowe. Zagadnienie to nie stworzyło większych trudności.

Zwiększenie liczby zwarć fazowych wymaga zastosowania wyrzucania zwarć (szybkiego powrotnego włączania linii).

Tablica III. Liczba zaburzeń dwóch linii 220-kilowoltowych (Vielmoulin-Villevaude)

| Linia                    | Długość trasy (km) | Poziom izolacyjny | Rok  | Liczba zaburzeń na 100 km na rok |
|--------------------------|--------------------|-------------------|------|----------------------------------|
| Z przewodem odgromowym   | 261                | 22                | 1949 | 1,1                              |
|                          |                    |                   | 1950 | 1,1                              |
|                          |                    |                   | 1951 | 0,8                              |
|                          |                    |                   | 1952 | 0,4                              |
| Bez przewodu odgromowego | 245                | 18                | 1949 | 5,7                              |
|                          |                    |                   | 1950 | 6,1                              |
|                          |                    |                   | 1951 | 6,9                              |
|                          |                    |                   | 1952 | 9,8                              |

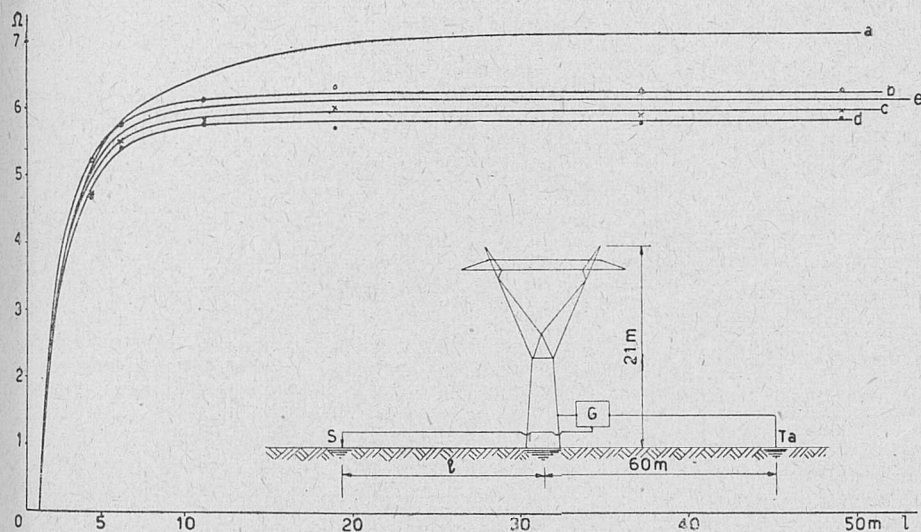
\*) 7 izolatorów pełnopniowych VK75.

\*\*) 6 izolatorów pełnopniowych VK75.

\*) Zwarcie zlikwidowane skutkiem kompensacji.



Wobec tego, że wiele zainstalowanych wyłączników nie nadawało się do tego celu (zbyt długie czasy działania), system ten zastosowano na razie tylko w najważniejszych częściach sieci. Początkowa próba jednofazowego wyrzucania zwarć o czasie 0,24 s nie powiodła się (prawdopodobnie zbyt duży wpływ pojemności faz zdrowych). W związku z tym zastosowano trójfazowe wyrzucanie zwarć o czasie 0,25 s. W przyszłości przewiduje się przejście na wyrzucanie jednofazowe. Czas 0,25 s nie stwarza trudności przy synchronizacji wobec tego, że linie są o podwójnych obwodach, a ponadto często synchronizm zapewniają linie 110-kilowoltowe.



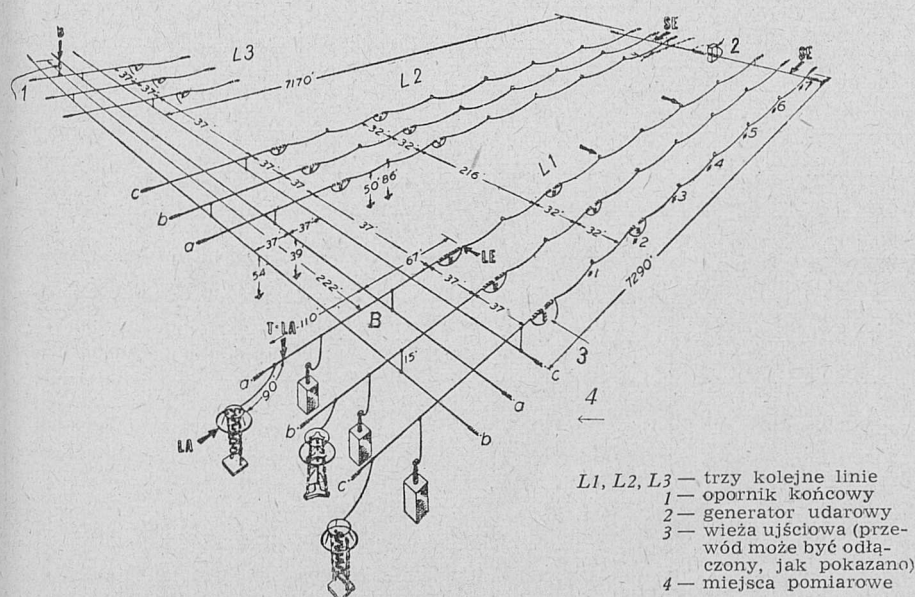
Rys. 11. Wyniki porównawcze pomiarów oporności uziemienia słupa w funkcji odległości sondy pomiarowej  $l$  [9]

a — przy 50 Hz, bez przewodu odgromowego d — przy uderzeniach, z 2 przewodami odgromowymi  
b — przy uderzeniach, bez przewodu odgromowego e — jak c, ale wynik poprawiony przez uwzględnienie oporności falowej przewodu odgromowego  $Z = 500 \Omega$   
c — przy uderzeniach, z 1 przewodem odgromowym

Moc wyłączalna wyłączników istniejących (ze sprężonym powietrzem lub małoolejowych) jest rzędu 2500 do 4000 MVA, nowe zostały znormalizowane na 8000 MVA.

Wprowadzenie bezpośredniego uziemienia punktu zerowego oczywiście upraszcza znacznie system ochrony zwarciowej.

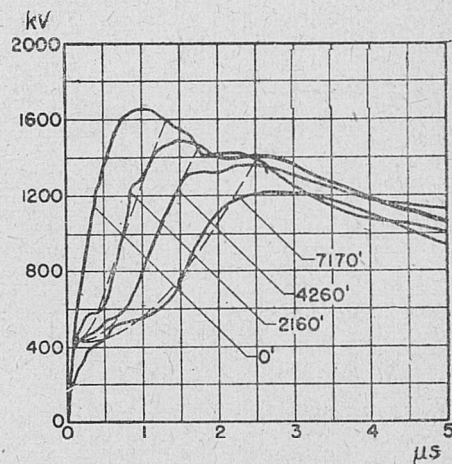
Ogólnie biorąc autor nie widzi większych trudności przy zmianie systemu uziemienia sieci 220 kV, natomiast podkreśla dwie korzyści, wynikające z tej zmiany. Sieci o napięciach 110 kV i 5 do 60 kV pozostaną, zgodnie z niemiecką tradycją, skompensowane. Autor uzasadnia to doskonałymi wynikami eksploatacyjnymi za lat przeszło 30.



Rys. 12. Szkic doświadczalny podstacji i linii 500 kV (Tidd Project), w której badano tłumienie ulotowe i rozkład przepięć (nad liniami i stacją znajdują się niewidoczne na szkicu 2 przewody odgromowe) [10]

## 5. Przewody odgromowe i uziomy słupów.

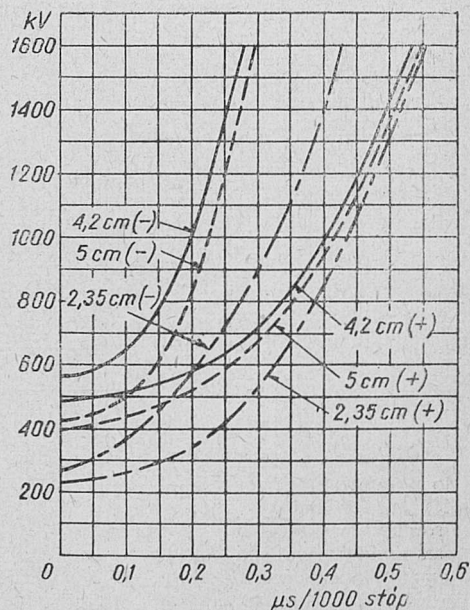
Sprawa przewodów odgromowych poruszona jest w referacie Komitetu Przepięć. Omówiona jest w nim praktyka francuska, według której linie mogą nie mieć przewodu odgromowego, jeśli stosuje się wyrzucanie zwarć (SPZ). Skuteczność przewodu odgromowego ilustruje tabl. III odnosząca się do dwóch linii 220 kV w zbliżonych warunkach. Linia bez przewodu odgromowego jest nawet silniej izolowana (18 ogniów w łańcuchu zamiast 15), a mimo to liczba zaburzeń jest w niej bez porównania większa.



Rys. 13. Porównanie czoł fali odkształconych przez ulot — zmierzonych (linie pełne) i obliczonych na podstawie rys. 14 (linie przerywane). Długość odcinka, który przebiegała fala w stopach (0, 2160', 4260', 7170') [10]

Bardzo interesujący referat prof. S. Szpora [8] pod tytułem „Uzupełnienia teorii przewodu odgromowego na podejściu linii napowietrznej” będzie niewątpliwie opublikowany w całości w języku polskim, toteż ograniczymy się na tym miejscu do streszczenia, podanego przez autora.

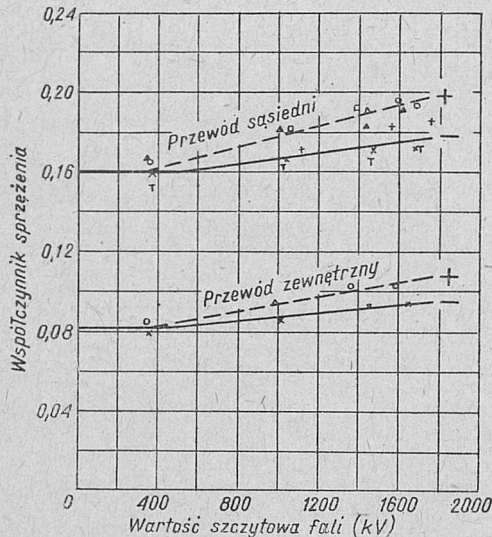
Referat zajmuje się przebiegami fal udarowych, wywołanych uderzeniem pioruna w linię napowietrzną, zaopatrzoną na podejściach w przewód odgromowy. Na podstawie praw ogólnych, dotyczących układów wieloprzewodowych, rozpatrzono tylko najważniejsze przypadki. Wnioski potwierdzają, iż należy unikać przeskoków odwrotnych, uwidaczniają sku-



Rys. 14. Opóźnienie na skutek ulotu chwilowych wartości napięć fali ujemnej i dodatniej dla trzech średnic przewodów (2,35 cm, 4,2 cm i 5 cm) [10]

teczność przewodu odgromowego dla ochrony stacji przy bezpośrednim uderzeniu pioruna w podejście, potwierdzają prawidłowość połączenia przewodu odgromowego z systemem uziemienia stacji i wykazują, że duży współczynnik sprzężenia nie jest niebezpieczny dla stacji.

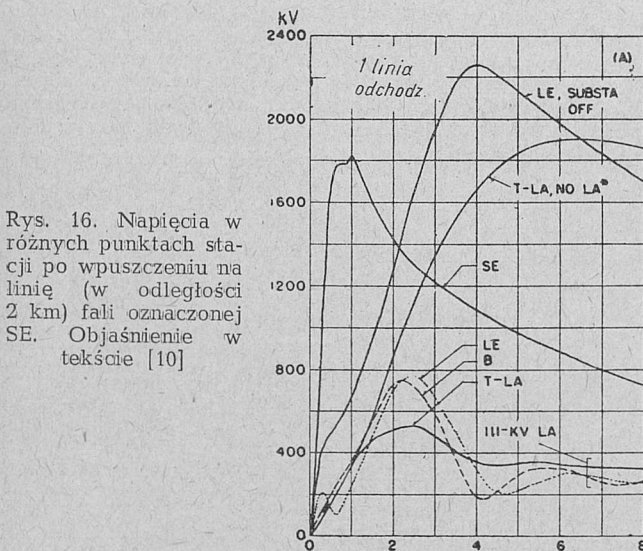
Skuteczność przewodu odgromowego zależy od wartości oporności uziemienia słupów. Stąd wynika waga metod pomiaru tej oporności. Ponieważ przewód odgromowy łączy uziomy sąsiednich słupów, więc żeby zmierzyć oddzielnie ich oporności (co jest ważne z punktu widzenia ochrony przepięciowej) należy odłączyć przewód od wierzchołka słupa. Napotyka to często duże trudności, a zawsze jest kłopotliwe. Nie rozwiązuje zagadnienia również zacisk rozłączny do oddziel-



Rys. 15. Współczynnik sprzężenia między przewodem z falą a przewodami pozostałymi w funkcji napięcia fali [10]

nego uziemienia słupa. Często oporność oddzielnego uziemienia jest tego samego rzędu, co oporność fundamentu słupa. Odłączając i mierząc opór samego uziemienia, popełniamy wtedy dużą nieścisłość.

A. Galeazzi, R. Marenesi i A. Paolucci [9], opracowali nową\*) metodę, pozwalającą na pomiar oporu uziemienia bez



Rys. 16. Napięcia w różnych punktach stacji po wpuszczeniu na linię (w odległości 2 km) fali oznaczonej SE. Objaśnienie w tekście [10]

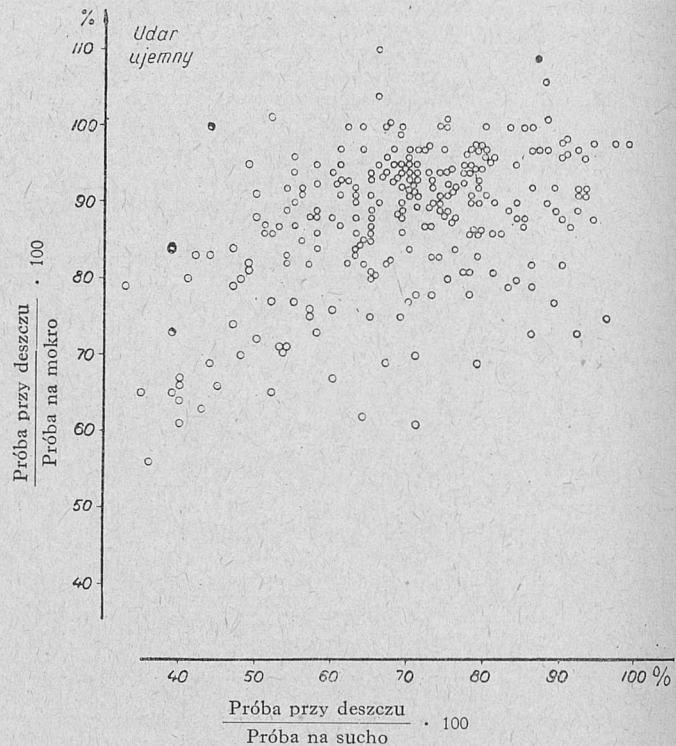
odłączania przewodu odgromowego. W metodzie stosuje się do pomiaru falę wędrowną, wpuszczoną u dołu słupa (rys. 10). Zanim fala idąca w górę po słupie i potem po przewodzie odgromowym odbije się od sąsiednich słupów i wróci do miejsca pomiaru, można oscylograficznie zmierzyć spadek napięcia na oporze uziemienia, a stąd określić opór.

Układ pomiarowy składa się z generatora i oscylografu z zapisem wielokrotnym. Stosowany uder miał amplitudę

\*) W dyskusji K. Berger wskazał, że podobna metoda była stosowana przez niego przed dwoma laty.

700 V i czoło 0,25  $\mu$ s. Przykład wyników stosowania podaje rys. 11.

Nowa metoda daje dobre wyniki przy uziomach skupionych, a nie nadaje się do uziomów, mających znaczną roz-

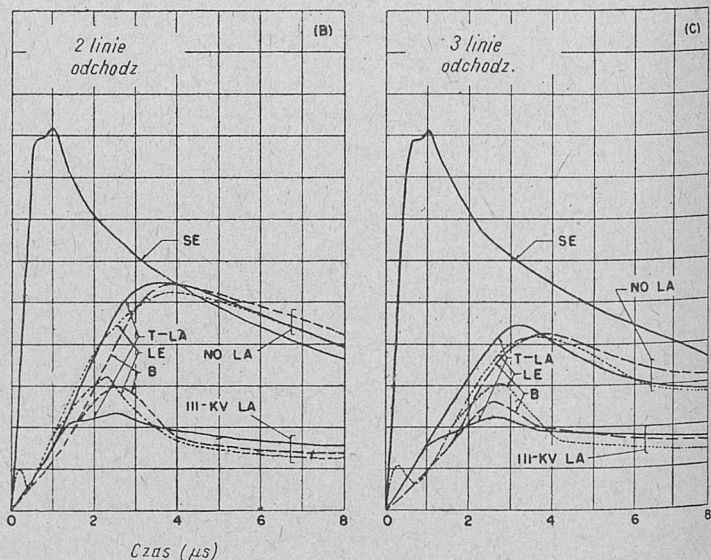


Rys. 17. Współzależność między stosunkiem napięć przeskoku na mokro i na sucho przy uderzeniach ujemnych i przy 50 Hz [11]

ciągłość przestrzenną (np. uziomy promieniowe). W uziomach tych też krążą fale wędrowne.

## 6. Badania uderowe.

Referat I. W. Grossa i G. F. Wagnera [10] przedstawia wyniki badań nad rozchodzeniem się fal w podstacjach; próby te



przeprowadza się od r. 1950 w próbnej podstacji linii 500-kilowoltowej (Tidd Project). Schemat układu, w którym wykonywano badania, podany jest na rys. 12. Do badań używano dwie linie o długości ok. 2 km, przy czym fale z generatora uderowego wpuszczono na ich końcu (SE). Napięcie mierzono w miejscach oznaczonych strzałkami, między innymi na końcu linii (LE), na szynach zbiorczych (B) i w środku między transformatorem i odgromnikiem (T-LA).

Pierwsza seria pomiarów dotyczy wpływu ulotu na kształt fali. Seria ta nie wnosi jakościowo nic nowego do podstawo-



wych badań uczonych radzieckich M. Fertika i A. C. Potużnego, ogłoszonych na MKWSE w r. 1937. Ilościowo natomiast stanowi ona znaczne rozszerzenie tych badań. Jako przykład wyników mogą służyć krzywe z rys. 13 dla przewodów stalowo-aluminiowych o średnicy 2" (ok. 5 cm), dla fal ujemnych. Na krzywych tych podano w stopach odległości miejsca pomiarowego od generatora ( $1000' = 305 \text{ m}$ ). Autorzy tak interpretują odkształcanie fal pod wpływem ulotu, że przypisują każdej określonej wartości napięcia, powyżej napięcia ulotu, określoną zmniejszoną szybkość. Np. wartość chwilowa 1000 kV wysłana z generatora dochodzi do punktu odległego o 2160' z opóźnieniem 0,5  $\mu\text{s}$  (na rys. 13 punkty krzywych 0' i 2160', odpowiadające 1200 kV, są odległe o 0,5  $\mu\text{s}$ ). Wartość opóźnienia w czasie przebiegu 1000' (305 m) wynosi więc  $0,5 : 2,16 = 0,22 \mu\text{s}/1000 \text{ stóp}$ . Zmniejszenie szybkości jest różne nie tylko dla różnych napięć, ale i dla różnych średnic przewodów (rys. 14).

Na rys. 13 linią przerywaną podano przebiegi obliczone przy założeniu opóźnień z krzywych z rys. 14. Jak widać, zgodność jest dobra z wyjątkiem miejsc u wierzchołka fal\*).

Wbrew oczekiwaniom śnieg, deszcz i mgła nie mają praktycznie wcale wpływu na zjawisko tłumienia i odkształcania fal przez ulot. Krzywe otrzymane w tych warunkach są prawie identyczne z krzywymi przy pięknej pogodzie.

Z innych nowych wyników warto zaznaczyć się z rys. 15, który podaje współczynnik sprzężenia między przewodem z falą a przewodami pozostałymi. Współczynnik ten — to stosunek wartości szczytowej napięcia na przewodzie będącym w polu innego przewodu, po którym idzie fala, do wartości szczytowej tej fali. Rys. 15 odnosi się do pomiarów w miejscu wpuszczenia fali na przewód. Charakterystyczne jest, że współczynnik mało wzrasta na skutek ulotu, nawet przy napięciu przekraczającym 4-krotnie napięcie ulotu. Jest to wiadomość ważna dla obliczenia napięcia przeskoku odwrotnego, a przeciwna dotychczasowym poglądom.

Najciekawsza część sprawozdania dotyczy napięć, powstających w różnych miejscach stacji, gdy fala nadchodzi z linii (po jednym przewodzie). Jako przykład wyników tych badań może służyć rys. 16. Jest to przypadek typowy dla warunków, istniejących na linii 148-kilowoltowej na słupach drewnianych. Na rysunku krzywa SE oznacza falę wpuszczoną na końcu linii (w odległości ok. 2 km). Gdyby stacja była odłączona od linii, powstałoby na końcu linii napięcie, oznaczone LE, stan wyłączania.

W przypadku włączenia stacji, ale bez odgromników, napięcie między transformatorem a miejscem włączenia odgromników miałoby przebieg  $T - LA$ , bez odgr. Krzywe zmierzone przy działaniu odgromnika 111 kV są oznaczone 111 kV La. Krzywa LE odnosi się do końca linii, krzywa B do szyn (bus), krzywa  $T - LA$  do środka przewodu między transformatorem a odgromnikami. Jak widać z rys. 16 różnice napięć występujące w samej stacji są znaczne. Wywołane są one indukcyjnością przewodów (ew. odbijaniem się fal).

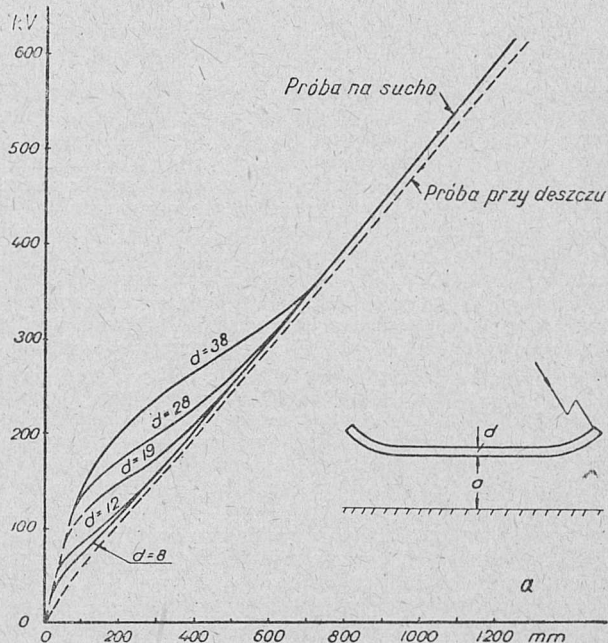
Gdy ze stacji odchodzi nie 1 linia, lecz 2 lub 3, co realizuje się przy pomiarach przy pomocy oporników o oporności równej falowej, napięcia na stacji w przypadku bez odgromników bardzo maleją (rys. 16 B i 16 C). Autorzy wyciągają stąd wniosek, że w stacji zasilanej jedną linią odgromniki są niezbędne. Odgromniki te powinny być umieszczone bezpośrednio w pobliżu obiektów chronionych. Gdy stacja jest zasilana przez kilka linii, można stosować tylko jeden komplet odgromników dla ochrony stacji jako całości. Jeśli jest pewne, że dostateczna liczba linii będzie stale włączona, można w ogóle obejść się bez odgromników.

Z wniosków, które nie są szczegółowiej omówione, bardzo interesujące jest stwierdzenie, że fala indukowana w przewodzie, będącym w polu innego przewodu, w którym biegnie fala, jest związana również z prądem. Jest to przeciwne poglądom dotychczasowym i nie znajduje na razie uzasadnienia teoretycznego.

Zagadnieniu prób udarowych izolacji poświęcony jest referat M. Böckmana [11]. Próby te są (poza Szwecją) przeprowadzane na sucho również dla izolacji napowietrznej (w przeciwieństwie do próby typu przy 50 Hz). Motywuje się to rzekomo małym wpływem deszczu na udarowe napięcie przeskoku, a więc brakiem potrzeby komplikowania pomiarów. Böckman zwraca uwagę, że stanowisko takie nie jest słuszne.

Może ono nawet doprowadzić do tego, że zawiedzie koordynacja izolacji, przewidująca zwykle między poziomem ochrony a poziomem izolacji odstęp rzędu 10–15%. Okazuje się bowiem, że dla mniej więcej trzeciej części praktycznych układów izolacyjnych napowietrznych udarowe napięcie przeskoku jest mniejsze na mokro niż na sucho o 10% lub więcej.

Jak wykazują zestawienia na rys. 17, nie ma współzależności między stosunkiem napięć przeskoku na mokro i na sucho



Rys. 18. Udarowe napięcie przeskoku 0-procentowe (wytrzymywane) przy udarach  $1/50 \mu\text{s}$  między prętem o zakrzywionych krawędziach a ziemią; biegunowość dodatnia [11]

przy 50 Hz i przy udarach. Przy udarach są nawet możliwe przy deszczu większe napięcia przeskoku niż na sucho.

Jako ilustrację swej tezy Böckman podaje szereg wykresów, których przykład podaje rys. 18 (zagięty pręt — płyta). Z rys. 18 widać, że pewne zabiegi konstrukcyjne (duży wymiar d), skuteczne dla podniesienia wytrzymałości udarowej na sucho, zawodzą przy deszczu. Böckman podaje również, że można zwiększyć wytrzymałość udarową na sucho izolatora transformatorowego, dając górne elektrody gładkie i duże. Ma to jednak również mały wpływ przy deszczu.

Wszystkie te względy, poparte 10-letnią praktyką, wskazują, jak się zdaje, że słuszne jest wykonywanie udarowych próby typu izolatorów napowietrznych przy sztucznym deszczu.

#### SPIS REFERATÓW

- [1] Forrest J. S. Rapport spécial du groupe 33. Foudre et surtensions.
- [2] Berger K. Rapport sur les travaux du comité d'études No 8 (surtensions et foudre). (Ref. 306).
- [3] Neuve-Eglise J. Le comportement des parafoudres à résistance variable aux surtensions de coupure des charges réactives. (Ref. 326).
- [4] Roth A. W., Strickler H. R. Étude de la réduction des surtensions résultant du déclenchement de transformateurs marchant à vide. (Ref. 129).
- [5] Lundholm R., Hyltén-Cavallius N., Grundmark B., Protection contre les surtensions transférées dans les stations génératrices. (Ref. 309).
- [6] Hyltén-Cavallius N., Sollergren B. Problème des surtensions dans les enroulements de transformateurs munis de prises de réglage de tension. (Ref. 110).
- [7] Roser H. Adoption sur le réseau à 220 kV de la R. W. E. du neutre relié directement à la terre. (Ref. 302).
- [8] Szpor St. Contribution aux problèmes du conducteur de terre dans la zone d'entrée d'une ligne aérienne. (Ref. 314).
- [9] Geleazzi A., Marenesi R., Paolucci A. Ohmmètre de terre en ondes de choc pour la détermination des résistances de terre dans les lignes de transmission avec fil de garde. (Ref. 329).
- [10] Gross I. W., Wagner C. F. Essais par ondes à front raide à haute tension, effectués sur des lignes de transport d'énergie et des sous-stations. (Ref. 334).
- [11] Böckman M. L'influence de la pluie sur les essais de choc. (Ref. 405).

\* Por. metody podane przez M. W. Kostienkę: Atmosferyczne pierienapięzenia i grozozaszczita wysokowoltnych ustanowok, Moskwa, 1949).

MGR. INŻ. CZ. MEJRO

Politechn. Warsz.  
Zakł. Sieci Elektr.

# Wytyczne projektowania sieci miejskich niskiego napięcia

711.4/5:621.316.1.027.2

**Treść.** Omówienie aktualnych poglądów na sposoby planowania obciążeń oraz na metody projektowania miejskich sieci niskiego napięcia. Porównanie trzech typowych układów sieciowych: promieniowego, rozciętego i zamkniętego.

**Руководящие указания по проектированию городских сетей низкого напряжения.** Обсуждаются нынешние взгляды на способы планирования нагрузок и на методы проектирования городских сетей низкого напряжения. Сравнение трех типичных сетевых схем — радиальной, разрезанной и замкнутой.

**Outlines for designing L. T. city distributing networks.** The author deals with topical views on the methods of planning load, and of designing L. T. distributing networks. Comparison between three typical network systems — radial, dissected and closed.

Każda sieć elektryczna, a sieć miejska w szczególności, musi być rozwiązana i projektowana jako jedna całość. Związki i zależności pomiędzy takimi elementami, jak sieć niskiego napięcia, punkty transformatorowe, sieć rozdzielcza i zasilająca oraz punkty rozdzielcze średnich napięć, wreszcie główne punkty zasilające, są tak silne, że nie można żadnego z nich rozpatrywać w oderwaniu od innych. Nowoczesną tendencją przy budowie sieci jest współpraca sieci o różnych napięciach, współpraca wyrażająca się przede wszystkim we wzajemnym wyzyskaniu rezerw; wzajemne rezerwy sieciowe pozwalają z jednej strony na wyzwoleń rezerw w transformatorach, z drugiej zaś strony zwiększają pewność zasilania odbiorców.

W łańcuchu wzajemnych zależności sieć niskiego napięcia stanowi ogniwo krańcowe, stosunkowo słabiej zależne od innych części układu elektroenergetycznego, natomiast stykające się bezpośrednio z odbiorcą energii. Rozmieszczenie i rodzaj odbiorców oraz przewidywane urbanistyczne rozwiązania miasta, a w szczególności jego siatki ulicznej, będą mieć zasadnicze znaczenie dla wyboru układu sieci niskiego napięcia i jej podstawowych parametrów, jak np. mocy transformatorów, przekroju kabli itd.

Wspomniane względy każą nam przy projektowaniu sieci miejskiej rozpoczynać pracę od sieci niskiego napięcia, przy ścisłym oparciu się na założeniach urbanistycznych.

## 2. Wymagania stawiane sieci.

Sieci miejskiej stawia się następujące wymagania: a) pewność dostawy energii, b) należyta jakość energii dostarczanej odbiorcom, c) elastyczność rozbudowy, d) prostotę układu i łatwość eksploatacji, e) niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.

a) Do sieci miejskiej niskiego napięcia przyłączeni są odbiorcy różnych kategorii; między innymi znajdzie się tam zawsze pewna liczba odbiorców wymagających niezawodności zasilania, jak np. szpitale, sale widowiskowe itp., dla których przerwa w dostawie energii elektrycznej może być połączona z niebezpieczeństwem życia ludzkiego. Gdyby nawet w pewnej dzielnicy nie było tego rodzaju odbiorców, to jednak w nowoczesnym dużym mieście nie można dopuścić, aby uszkodzenie w sieci mogło powodować dłuższą przerwę w dostawie energii elektrycznej dla większej grupy mieszkańców.

W mniejszych miastach można, oczywiście, stosować układy sieci gwarantujące niższy stopień pewności ruchu.

b) Jakość dostarczonej energii charakteryzuje się stałością częstotliwości i napięcia. Sieć otrzymuje z elektrowni do przeprowadzenia energię o pewnej określonej częstotliwości i nie może mieć wpływu na jej poziom; natomiast właściwe warunki napięciowe u odbiorców w silnym stopniu zależą od sposobu wykonania sieci. Przyjmuje się na ogół, że odchylenia napięcia u odbiorców sieci miejskiej niskiego napięcia — przy obciążeniu czysto oświetleniowym lub mieszanym, siłowo-oświetleniowym — nie powinny przekraczać  $\pm 5\%$ . Większe odchylenia napięcia odbijają się niekorzystnie na pracy odbiorników oświetleniowych i to zarówno na ich wydajności, jak i trwałości.

Odchylenia napięcia powstają wskutek zmian obciążenia, a wielkość ich amplitudy zależy od wielkości spadków napięcia w sieci. W miastach stosunkowo największe spadki występują w sieci niskiego napięcia; na ogół oblicza się sieci niskiego napięcia na spadek przy pracy normalnej 3 do 5%; sieci oświetlenia ulicznego, nie obciążone spadkiem napięcia w przyłączach i instalacji, obliczamy na większe spadki napięcia (5—7%). Przy pracy w warunkach zakłóceńowych, wynikłych z uszkodzenia pewnych elementów sieci, wartości dopuszczalnych spadków napięcia mogą być większe.

c) Sieć miejska nie powstaje od razu, lecz jest stopniowo rozbudowywana w miarę rozwoju miasta. Należy stosować takie rozwiązania, które pozwalałyby łatwo i tanio rozbudowy-

wać sieć, bez potrzeby przebudowywania już pracujących jej części. Dotyczy to w szczególności sieci kablowych, gdzie wszelkie przeróbki na ulicach są z różnych względów niewygodne i kosztowne.

Elastyczność rozbudowy osiąga się w zasadzie przez zwiększenie liczby punktów transformatorowych bez zmiany tras i przekrojów linii niskiego napięcia. Przez elastyczność sieci rozumieć będziemy również jej zdolność przyjęcia nowych — nieprzewidywanych — obciążeń oraz łatwość przeczucia obciążeń z jednej części sieci do drugiej w przypadkach uszkodzeń lub remontów.

d) Układ sieci niskiego napięcia powinien być prosty i przejrzysty. Spełnienie tego warunku ma bezpośredni wpływ na czas trwania ewentualnych przerw zakłóceńowych. Ze względów eksploatacyjnych jest również nieodzowne, aby sieć była wykonana z elementów znormalizowanych o niewielkiej różnorodności. W szczególności należy dążyć do stosowania jak najmniejszej liczby przekrojów przewodów oraz niewielu typów transformatorów; spełnienie tych warunków ułatwia eksploatację i zmniejsza asortyment magazynów.

e) Przy spełnieniu wszystkich zasadniczych wymagań technicznych sieć musi być wykonana ekonomicznie. Porównanie gospodarcze kilku wariantów wykonania sieci nie może ograniczać się do porównania tylko kosztów inwestycyjnych lub tylko kosztów eksploatacyjnych (a więc przede wszystkim strat); koszty te muszą być zsumowane, przy czym dla określenia rocznych odpisów od inwestycji należy dla sieci przyjmować 18—22%.

Ze względu na konieczność oszczędnego zużywania materiału przewodowego należy porównanie ciężaru przewodów dokonywać dla kilku wariantów sieci.

## 3. Założenia projektowe.

### A. Okres projektowania

Zasadą powinno być koncepcyjne projektowanie sieci na tyle lat naprzód, na ile ocenia się jej pracę; stąd wniosek, że sieci kablowe należy projektować na znacznie dłuższy okres czasu niż sieci napowietrzne.

Normalnie kabel ziemny ułożony pod ulicą o trwałe nawierzchni pozostaje tam przez lat 30—50; wartość kabla wyciągniętego z ziemi jest stosunkowo niewielka, a więc nie zaleca się przekładania czy wymiany kabli, ani zmian w ich trasach.

Z drugiej strony planowanie na czas dłuższy niż lat 25—30 mija się z celem, gdyż trudno przewidzieć dla tak długiego czasu zarówno rozwój miasta, jak i rozwój techniki sieciowej. Na podobny okres (25—30 lat) wykonywane są również długofalowe plany urbanistyczne, stanowiące podstawę do projektowania sieci.

Sieć napowietrzną projektuje się zwykle na znacznie krótszy okres czasu (rzędu 10 lat), należy bowiem liczyć się z możliwością jej przebudowy na sieć kablową, a także z większą możliwością dokonywania zmian i przeróbek sieci tego typu.

Wspomniane wyżej okresy planowania dotyczą jedynie projektów koncepcyjnych sieci niskiego napięcia; projekty wstępne i techniczne powinny być wykonywane dla ostatecznej ustalonej zabudowy.

### B. Planowanie poboru energii

Przewidywane zapotrzebowanie mocy i energii powinno być określone możliwie wielotorowo, tj. różnymi metodami i przy krytycznym porównywaniu wyników.

W zasadzie projektowanie powinno być oparte na statystyce z sieci istniejących w podobnych miastach, oraz na planach zagospodarowania przestrzennego wykonanych przez urbanistów. Trudności polegają tu jednak na niemożności obiektywnego ustalenia stopnia „podobieństwa” miast między sobą. Dane pochodzące z krajów o innej strukturze politycznej i gospodarczej trzeba przyjmować z wielkimi zastrzeżeniami



i poddawać je skrupulatnej analizie. To samo dotyczy danych pochodzących z literatury. Plany urbanistyczne nie zawsze zawierają wszystkie dane potrzebne projektantowi sieci.

Trzeba mieć koniecznie i stale przed oczami ogromne zmiany w sposobie budowania miast i w trybie życia ich mieszkańców, które obecnie u nas zachodzą, oraz wpływ tych zjawisk na spożycie energii elektrycznej.

Stosowany dawniej sposób szacowania spożycia według przewidywanej mocy zainstalowanej odbiorników prowadzi zwykle do poważnych błędów i to nie tylko z powodu trudności ustalenia tej mocy zainstalowanej, ale przede wszystkim z powodu łatwości omyłek przy ustalaniu współczynników jednoczesności w pracy odbiorników.

Dużo prostszym i pewniejszym sposobem jest szacowanie przewidywanego spożycia energii elektrycznej przez drobnych odbiorców (w kilowatogodzinach na mieszkańca i rok), a następnie ustalenie mocy szczytowej drogą zakładania prawdopodobnych czasów jej użytkowania.

Jeżeli ponadto weźmiemy pod uwagę, że nowoczesna urbanistyka operuje zwykle określonymi wielkościami planowanej gęstości zaludnienia w postaci średniówek: liczba mieszkańców na 1 ha powierzchni miasta, kubatura zabudowy na 1 mieszkańca itp., to stosunkowo łatwo można obliczyć spożycie mocy i energii na 1 m<sup>3</sup> zabudowy lub na 1 km<sup>2</sup> powierzchni. Liczby te pozwalają z jednej strony na dokonanie wyboru typu i układu sieci, z drugiej zaś strony — przy znanym rozplanowaniu miasta — na rozmieszczenie obciążeń i wstępne zaprojektowanie sieci.

Stosowane obecnie w Polsce wytyczne do projektowania sieci miejskich dzielą miasta na 6 kategorii: do 5000 mieszkańców; 5000—15 000; 15 000—50 000; 50 000—100 000; 100 000—250 000 i powyżej 250 000 mieszkańców. Roczne spożycie energii na jednego mieszkańca będzie w wielkich miastach większe niż w małych — głównie ze względu na większą liczbę i bogatsze wyposażenie zakładów i budynków użyteczności publicznej (tramwaje, teatry, kina, urzędy itp.). Spożycie energii elektrycznej w gospodarstwach domowych będzie się różnić stosunkowo mniej, jednak liczyć się należy z wyższą stopą życiową mieszkańców miast większych, co uwiadcza się w szerszym zastosowaniu takiego sprzętu elektrycznego, jak grzejniki, odkurzacze itp., a co za tym idzie w większym zapotrzebowaniu energii elektrycznej.

Klasyfikacja miast nie może być stosowana w sposób mechaniczny; należy każdorazowo rozpatrzyć charakter miasta, stopień uprzemysłowienia, warunki komunikacyjne itp. Np. niewielkie miasto czy osiedle, położone w pobliżu miasta większego, połączone z nim dobrą siecią komunikacyjną, może być zaliczone do wyższej kategorii niż miasto o większej liczbie mieszkańców, lecz położone w słabo uprzemysłowionej dzielnicy kraju.

Odbiorców miejskich — poza wielkim przemysłem zasilanym z własnej sieci średniego napięcia — można podzielić na pięć grup: I) gospodarstwa domowe, II) drobny przemysł i rzemiosło, III) budynki użyteczności publicznej (szpitale, szkoły, urzędy, teatry itp.), IV) oświetlenie zewnętrzne, V) trakcja miejska, wodociągi i kanalizacja.

Jako wytyczne do projektowania sieci można przyjąć orientacyjne liczby zapotrzebowania energii elektrycznej, podane w tabl. I. Liczby te dotyczą okresu pełnej rozbudowy miasta (rok 1975) przy założeniu, że ogrzewanie pomieszczeń oraz gotowanie posiłków nie będą obciążać sieci elektrycznej (zostaną objęte ciepłownictwem i gazyfikacją).

Do obliczania kabli ulicznych niskiego napięcia potrzebne są zwykle tylko obciążenia trzech pierwszych grup. Oświetlenie zewnętrzne — w obecnie budowanych w Polsce sieciach — przyłączane jest do osobnych kabli, zasilanych bezpośrednio z punktów transformatorowych. W sieciach oświe-

leniowych starego typu — bez możliwości centralnego wygaszania światła, jak również w sieciach, gdzie stosuje się indywidualne samoczynne wyłączniki w lampach ulicznych, ze sterowaniem centralnym np. przy pomocy impulsów częstotliwości fonicznej, odbiorcy czwartej grupy stanowiąc będą również obciążenie sieci niskiego napięcia.

Odbiorcy trakcji miejskiej, wodociągów i kanalizacji są najczęściej zasilani z sieci średniego napięcia.

Drobny przemysł i rzemiosło lokują się zwykle w tych samych budynkach, co gospodarstwa domowe; do dalszych obliczeń łączy się te dwie grupy odbiorców w jedną całość.

Wielkości spożycia mocy i energii, obliczone przy pomocy norm urbanistycznych, doprowadzają do następujących średnich wielkości poboru mocy w 1975 r. na przyłączy domowym niskiego napięcia na jednostkę kubatury budynku:

|                                                   |                            |
|---------------------------------------------------|----------------------------|
| gospodarstwa domowe, łącznie z drobnym przemysłem | 1,2—1,9 W/m <sup>3</sup> , |
| budynki użyteczności publicznej                   | 1,7—2,2 W/m <sup>3</sup> . |

### C. Wybór napięcia

Wszystkie nowe sieci w Polsce buduje się jako czteroprzewodowe o napięciu 380/220 V z uziemionym punktem zerowym. Napięcie to wprowadza się również w nowych dzielnicach miast, posiadających sieć o innym niskim napięciu.

Budowa odcinków sieci o innym — niższym — napięciu zdarza się jeszcze w bardzo ograniczonym zakresie przy pojedynczych domach lub niewielkich grupach budynków na terenach już zabudowanych i zasilanych ze starych punktów transformatorowych. Również jednak i w tych wypadkach należy przewidywać raczej nowe punkty transformatorowe o dolnym napięciu 380/220 V, które w przyszłości staną się załącznikiem nowej sieci o tym napięciu i ułatwią przebudowę starej sieci.

Przebudowa starej sieci niskiego napięcia na 380/220 V stanowi w miastach osobny poważny problem. Koszt tej przebudowy oraz połączone z tym koszty przeróbki instalacji domowych i niektórych odbiorników należy zaliczać do dużych inwestycji. Prace te jednak muszą być w naszych miastach prowadzone, gdyż pozostawienie niższych napięć nie może być tolerowane ze względu na zbyt duże straty energii, trudności z unifikacją sprzętu sieciowego, mały zasięg sieci niskiego napięcia i — co za tym idzie — dużą liczbę punktów transformatorowych.

Przy przebudowie starych trójprzewodowych sieci na 380/220 V należy dokładać starań w kierunku jak najdalszego wyzyskania starych kabli, np. przez wyzyskanie płaszcza i pancerza jako przewodu zerowego.

### D. Typ sieci

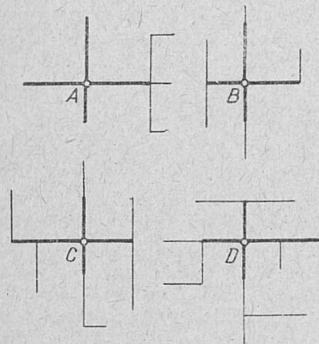
a) Sieć kablowa czy napowietrzna. Istnieje — zwłaszcza wśród architektów — tendencja kablowania wszystkich sieci miejskich. Tendencja ta powinna być zwalczana ze względów gospodarczych. W szczególności niedopuszczalne jest kablowanie sieci w nowych osiedlach zabudowanych dopiero częściowo, nie mających jeszcze wykonanych i całkowicie uzbrojonych ulic; w tego rodzaju warunkach należy budować początkowo sieć napowietrzną o charakterze mniej lub więcej prowizorycznym, na kable zaś przechodzić dopiero w końcowym etapie zabudowy osiedla.

Dla miast o liczbie mieszkańców 50 000 i mniejszych należy projektować sieć całkowicie napowietrzną; dla miast większych projektować kable w dzielnicach dyspozycyjnych, śródmiejskich, jeżeli ulice są tam już wykonane, pozostawiając sieć napowietrzną na słabiej zabudowanych peryferiach miasta. Względy estetyczne muszą ustąpić w tym przypadku względom gospodarczym i konieczności oszczędzania materiałów, używanych do produkcji kabla.

Tablica I. Roczne zużycie energii elektrycznej w kWh/mieszk.

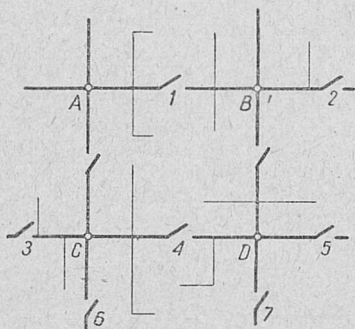
| Grupa odbiorców                          | Liczba mieszkańców miasta |                |                 |                  |                   |                 |
|------------------------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------|-----------------|
|                                          | 5000                      | 5 000 — 15 000 | 15 000 — 50 000 | 50 000 — 100 000 | 100 000 — 250 000 | powyżej 250 000 |
| Gospodarstwa domowe                      | 102                       | 108            | 120             | 136              | 150               | 164             |
| Budynki użyteczności publicznej          | 23                        | 25             | 29              | 35               | 42                | 48              |
| Drobny przemysł i rzemiosło              | 40                        | 41             | 42              | 43               | 45                | 50              |
| Oświetlenie zewnętrzne                   | 15                        | 17             | 20              | 28               | 34                | 40              |
| Trakcja miejska, wodociągi i kanalizacja | 20                        | 21             | 22              | 55               | 70                | 95              |
| Razem                                    | 200                       | 212            | 233             | 297              | 341               | 397             |

Zresztą obecnie prowadzi się prace w kierunku poprawienia strony estetycznej sieci napowietrznych przez wprowadzanie prefabrykowanych słupów strunobetonowych (zarówno przelotowych, jak i narożnych oraz krańcowych), wytrzymujących obciążenia, spowodowane przewodami sieci rozdzielczej niskiego napięcia oraz sieci oświetlenia zewnętrznego; słupy te służyłyby jednocześnie do umieszczenia opraw oświetlenia ulicznego. Wyeliminowanie z ulic słupów drewnianych, a w szczególności nieestetycznych słupów rozkracznych, A-owych i z podporami, niewątpliwie wpłynie na piękno naszych nowych miast. Innym sposobem poprawienia estetyki



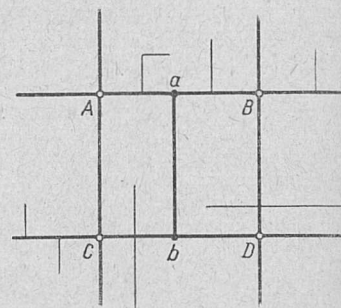
Rys. 1. Układ „promieniowy” miejskiej sieci niskiego napięcia

A, B, C, D — punkty transformatorowe



Rys. 2. Układ „rozcięty” miejskiej sieci niskiego napięcia

A, B, C, D — punkty transformatorowe  
1, 2, 3... — miejsca rozcięcia sieci



Rys. 3. Układ „zamknięty” miejskiej sieci niskiego napięcia

A, B, C, D — punkty transformatorowe  
a, b — węzły sieci zamkniętej

byłoby stosowanie sieci na wysięgnikach ściennych. Przeszkodą dla takiego rozwiązania są znaczna ilość i duże wymiary otworów okiennych w nowych domach. Na ścianach domów nie ma na ogół miejsca na przepisowe umieszczenie wysięgników z przewodami.

Przy wyborze pomiędzy siecią napowietrzną a kablową należy zdawać sobie sprawę, że w sieci kablowej, aczkolwiek uszkodzenia są znacznie rzadsze, przerwy w dostawie energii mogą trwać znacznie dłużej. W niesprzyjających warunkach odszukanie i naprawa uszkodzonego kabla może trwać kilkanaście i więcej godzin. Usunięcie uszkodzenia w sieci napowietrznej trwa zawsze znacznie krócej i nie wymaga rujnowania nawierzchni ulic.

b) Wybór tras linii niskiego napięcia. Następnym zagadnieniem, które należy rozwiązać już przy opracowywaniu założeń, jest wytyczanie tras sieci niskiego napięcia.

Przy zwartej zabudowie miejskiej, występującej najczęściej w starych miastach, jedynym terenem, przez który mogły przechodzić kable lub linie napowietrzne, były ulice. Przy nowoczesnej zabudowie osiedlowej mamy do dyspozycji również tereny zielone, znajdujące się po przeciwnej od ulicy stronie domów. Tereny te w obecnych warunkach stanowią również własność publiczną i są łatwo dostępne.

Za układaniem sieci niskiego napięcia w sposób „terenowy”, to jest nie wzdłuż ulic, przemawia również rozpowszechniony obecnie w budownictwie zwyczaj projektowania klatek schodowych z wejściem nie z ulicy, lecz z przeciwnej strony domu, i — co za tym idzie — łatwość umieszczenia po tej stronie przyłączy domowych. Do zalet sieci „terenowej” można zaliczyć łatwość odkopywania uszkodzonych kabli bez potrzeby zrywania bruków itp.

System terenowego układania sieci ma jednak szereg wad: a) w przypadku sieci napowietrznej nie można użyć słupów do oświetlenia ulic, b) w przypadku niekompletnej zabudowy osiedla istnieje niebezpieczeństwo uszkodzenia sieci przy dalszych robotach budowlanych, c) otrzymuje się bardzo nieregularny układ sieci o bardzo zmiennej długości boków, co stanowi poważną przeszkodę przy budowie sieci w układzie zamkniętym.

Z powyższych względów należałoby dopuścić stosowanie sieci „terenowej” jedynie w mniejszych miastach o zabudowie luźnej, dla których nie projektuje się ani w bliższej, ani w dalszej przyszłości sieci zamkniętej.

Jako typowe rozwiązanie uznać więc należy sieć uliczną i to zarówno w miastach wielkich (ze względu na możliwość przejścia na sieć zamkniętą), jak i w miastach małych (sieć napowietrzna z oświetleniem ulicznym).

## E. Układy połączeń sieci

Pośród licznych układów połączeń, które mogą znaleźć zastosowanie w sieciach miejskich niskiego napięcia, wyodrębniamy trzy najbardziej typowe układy — „promieniowy”, „rozcięty” i „zamknięty”.

W układzie promieniowym (rys. 1) każdy punkt transformatorowy zasilą jednostronnie pewną liczbę linii niskiego napięcia. Żadne połączenia z innymi punktami transformatorowymi przez sieć niskiego napięcia nie mogą być dokonywane.

W układzie rozciętym (rys. 2) sieć pracuje normalnie jako promieniowa, jednak główne linie niskiego napięcia mogą

w razie potrzeby być zasilane z sąsiednich punktów transformatorowych przy pomocy wyłączników sekcyjnych.

W układzie zamkniętym linie niskiego napięcia stanowią stałe połączoną sieć węzłową, obejmującą swym obszarem pewną liczbę transformatorów przyłączonych zwykle do węzłów. Na rys. 3 podany jest przykład sieci zamkniętej — krętowej.

Wymienione trzy układy typowe odpowiadają etapom rozwoju sieci miejskich. Sieć zamknięta, dająca największą pewność zasilania odbiorców, stanowi najwyższy poziom techniki. Sieć ta jest jednak gospodarczo uzasadniona tylko w miastach wielkich — o gęstości odbiorów powyżej 3 do 4 MVA/km<sup>2</sup> i o liczbie punktów transformatorowych powyżej 15 do 20 na jeden rejon sieci zamkniętej.

Porównania układów dokonamy pod kątem widzenia pewności ruchu, strat energii, spadków napięcia, elastyczności, prostoty układu oraz kosztów.

### a) Sieć promieniowa

**Pewność ruchu:** Uszkodzenie linii niskiego napięcia powoduje przerwę w zasilaniu całej grupy odbiorców; przerwa ta przy sieci kablowej może trwać dość długo. Żeby zwiększyć pewność zasilania w sieci promieniowej, należałoby do specjalnie ważnych odbiorców prowadzić rezerwowe linie — możliwie z różnych punktów transformatorowych. Linie te nie byłyby wykorzystane przy pracy normalnej.

Uszkodzenie transformatora powoduje przerwę w zasilaniu całego obszaru znajdującego się w jego zasięgu na czas potrzebny do naprawy lub do wymiany (w najlepszym razie kilka godzin). Celem wyeliminowania tego rodzaju zakłóceń można by budować stacje dwutransformatorowe. Prowadzi to jednak do nadmiernych mocy zainstalowanych w sieci oraz zwiększa wymiary punktów transformatorowych, co w sieci miejskiej jest zawsze dużym utrudnieniem.

**Spadki napięcia, straty mocy oraz elastyczność rozbudowy.** W miarę wzrostu obciążeń w sieci promieniowej zwiększają się spadki napięcia i straty mocy. Dostosowanie sieci do wzrastających obciążeń wymaga z jednej strony wymiany przewodów na grubsze lub układania linii dodatkowych, z drugiej strony — zmiany transformatorów. Zmiana transformatorów — w granicach, na jakie pozwalają wymiary pomieszczeń stacji — nie jest operacją skomplikowaną, natomiast przebudowa sieci — zwłaszcza w warunkach miejskich — jest trudna i kłopotliwa. Skutkiem tych trudności większość starych sieci miejskich promieniowych wykazuje nadmierne spadki napięcia.

Przejście z układu promieniowego na układ zamknięty — zwłaszcza w sieciach, gdzie zastosowano stopniowanie przekrojów przewodów — równa się nieomal budowie nowej sieci.



**Prostota układu.** Niewątpliwą zaletą sieci promieniowej jest większe bezpieczeństwo pracy obsługi w związku z usunięciem możliwości drugostronnego zasilania linii.

#### b) Sieć rozcięta

**Pewność ruchu.** Uszkodzenie w magistrali niskiego napięcia może być stosunkowo szybko zlikwidowane przez odłączenie uszkodzonego odcinka i zasilanie odbiorców z sąsiedniego punktu transformatorowego.

Uszkodzenie transformatora powodować będzie przerwę w zasilaniu przez czas potrzebny na otwarcie wyłączników w uszkodzonym punkcie transformatorowym oraz zamknięcia wyłączników w punktach rozcięcia. W tych warunkach transformatory powinny być niedociążone (zachować pewną rezerwę mocy) dla przyjęcia części mocy transformatora uszkodzonego.

Punkty transformatorowe wyposaża się z reguły tylko w jeden transformator.

**Spadki napięcia, straty mocy i elastyczność rozbudowy.** Pod względem spadków napięcia i strat mocy sieć rozcięta nie różni się od sieci promieniowej. Większa elastyczność rozbudowy osiągnięta jest dzięki możliwości łatwego przejścia do układu zamkniętego. Można również w pierwszym okresie rozwoju sieci zrezygnować z niektórych transformatorów zasilających, a obszary, dla których były one przewidywane, włączyć do obszarów sąsiednich punktów transformatorowych.

**Prostota układu.** Układ rozcięcia wymaga ze strony obsługi większej uwagi niż układ promieniowy; dotyczy to w szczególności pracy przy przetłaczaniach wywołanych zakłóceniami.

**Koszty.** Większe nieco niż w sieci promieniowej koszty linii niskiego napięcia są zwykle skompensowane oszczędnościami w mocy zainstalowanej transformatorów.

#### c) Sieć zamknięta

**Pewność ruchu.** Przy dobrze działających zabezpieczeniach sieć zamknięta stanowi układ o bardzo wysokiej pewności ruchu. Uszkodzenie jednego lub nawet kilku transformatorów lub kabla rozdzielczego średniego napięcia nie powoduje żadnych zaburzeń w zasilaniu, a moc zakłócenia rozkłada się na znaczną liczbę jednostek.

**Spadki napięcia, straty mocy.** Dzięki korzystniejszemu rozpływowi prądów spadki napięcia i straty energii w sieci zamkniętej będą mniejsze niż w układzie promieniowym.

**Elastyczność rozbudowy.** Zdolność przyjmowania nowych obciążeń — zarówno trwałych jak i chwilowych — stanowi największą zaletę układu zamkniętego. W razie potrzeby można również — drogą zwiększenia liczby punktów transformatorowych oraz mocy transformatorów — dostosować się nawet do znacznych obciążeń bez konieczności przebudowywania sieci niskiego napięcia.

**Prostota układu.** Prawidłowo zaprojektowana sieć zamknięta musi mieć prosty, łatwy do ogarnięcia układ. Jednostajny przekrój przewodów również sprzyja normalizacji całego sprzętu sieciowego. Niezależnie od tego obsługa sieci zamkniętej musi być lepiej wykwalifikowana.

**Koszty.** Koszty sieci zamkniętej dla obszarów o dużej gęstości obciążeń mogą być niższe od kosztów sieci promieniowej.

Trzy omówione wyżej układy stosuje się najczęściej w następujących przypadkach:

a) układ promieniowy — w małych miastach i miasteczkach nie wymagających zbyt wielkiej pewności ruchu oraz w ogromnej większości sieci napowietrznych niskiego napięcia;

b) układ rozcięty — w sieciach kablowych miast większych o średniej powierzchniowej gęstości oraz w tych dzielnicach miast wielkich, gdzie nie jest wymagana najwyższa pewność zasilania;

c) układ zamknięty — w wielkich miastach (powyżej 250 000 mieszkańców) przy dużych gęstościach obciążeń.

#### 4. Obliczanie sieci.

Obliczanie miejskiej sieci niskiego napięcia sprowadza się w zasadzie do określenia przekrojów przewodów i wyboru mocy transformatorów; te dwie niewiadome są ze sobą w ścisłym związku i to zarówno przy obliczaniu sieci promieniowych, jak i zamkniętych.

Normalna moc transformatora — przy znanej gęstości powierzchniowej odbiorów oraz przy znanym stopniu wymaga-

nej dla danego typu sieci rezerwy mocy — wynika z liczby punktów transformatorowych na danym obszarze, a tym samym z zasięgu zasilanej z nich sieci niskiego napięcia. Zagadnienie wyboru liczby punktów zasilających (transformatorowych) jest zagadnieniem gospodarczym: celem obliczenia jest znalezienie rozwiązania, w którym suma rocznych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych będzie najmniejsza. Obliczenie może się sprowadzać do rozwiązania jednego z licznych wzorów matematycznych, wyprowadzonych dla idealnych układów sieciowych w postaci regularnych figur geometrycznych, z uwzględnieniem poprawek otrzymanych na drodze empirycznej.

Dokonane w ten sposób obliczenie może mieć jednak charakter tylko orientacyjny, gdyż w pewnych okolicznościach może dać rezultaty z błędami sięgającymi 50%. Praktyka wykazała, że nawet koncepcyjne projekty sieci niskiego napięcia należy wykonywać w kilku wariantach, uwzględniających lokalne warunki zabudowy miasta i rozmieszczenia odbiorów. O wyborze wariantu może decydować szczegółowa analiza porównawcza techniczna i gospodarcza.

Obliczanie przewodów będzie różne dla różnych typów układów sieciowych.

a) **Sieć promieniowa.** O przekroju przewodów napowietrznych decydować będzie zwykle spadek napięcia; w wyjątkowych przypadkach — przy bardzo małych gęstościach obciążeń — mechaniczne wymagania co do minimalnych przekrojów.

W sieciach kablowych o małym zasięgu mogą decydować warunki grzania się kabli przy obciążeniu normalnym; przy większym zasięgu — dozwolony spadek napięcia.

Ze względu na powszechnie stosowaną ochronę przeciwzwarciową bezpiecznikami topikowymi — kabli na nagrzewanie prądami zwarcia nie oblicza się.

W sieci promieniowej stosuje się często stopniowanie przekrojów dla oszczędności materiału przewodowego.

b) **Sieć rozcięta.** O przekroju przewodów najczęściej decyduje wartość dopuszczalnego prądu występującego przy zakłóceniach pracy, tj. wówczas, kiedy cały kabel pomiędzy dwoma punktami transformatorowymi jest zasilany jednostronnie (kable A-B, B-D, D-C i C-A na rys. 2). Przy bardziej rozległych sieciach o małych odbiorach mogą o przekroju decydować warunki napięciowe.

c) **Sieć zamknięta.** O przekroju przewodów w kablowej sieci zamkniętej niskiego napięcia decyduje na ogół nagrzewanie się kabli przy zakłóceniach w pracy, tj. w przypadku uszkodzenia kabla niskiego napięcia, transformatora lub też kabla wysokiego napięcia (co jest równoznaczne z uszkodzeniem kilku transformatorów jednocześnie).

Stosunkowo rzadko o przekrojach miejskich sieci zamkniętych niskiego napięcia decyduje dopuszczalny spadek napięcia przy pracy normalnej; może to zdarzyć się jedynie w sieciach o mniejszych gęstościach obciążeń.

Obliczanie sieci zamkniętej drogą matematyczną jest bardzo kłopotliwe, a czasem wręcz niemożliwe do wykonania. Obliczenie musi jednocześnie obejmować sieć niskiego napięcia, transformatory oraz sieć średniego napięcia. Jako klasyczny przykład wzajemnych zależności pomiędzy poszczególnymi częściami sieci, może służyć konieczność obliczenia prądów wyrównawczych, mogących płynąć przez sieć niskiego napięcia w przypadku różnic napięcia na szynach elektrorowni lub punktów zasilających 110-kilowoltowych.

Jedynie analizator sieciowy (model sieci) pozwala na szybkie i wystarczająco dokładne przeobrażenie znacznej liczby potrzebnych przykładów pracy sieci w najrozmaitszych układach połączeń i przy różnych obciążeniach.

#### 5. Zakończenie.

Podane wyżej pobieżne omówienie zagadnień związanych z sieciami miejskimi niskiego napięcia miało za zadanie jedynie przedstawienie najogólniejszych poglądów w tej dziedzinie. W żadnym przypadku nie można traktować zawartych w tym artykule stwierdzeń, jako wiążących we wszelkich warunkach i dla każdego miasta.

Miejska sieć niskiego napięcia jest tak silnie związana z lokalnymi warunkami i wymaganiami nieelektrycznymi, że wielokrotnie trzeba będzie odstępować od szablonu, szukając najkorzystniejszego rozwiązania na drodze „obliczeń i zdrowego rozsądku”.

\*) Część zagadnień tu poruszonych znajduje uzupełnienie w dalszych artykułach na temat sieci miejskich.

MGR INŻ. TADEUSZ KAHL  
Politechn. Warsz. Zakł. Sieci Elektr.

# Wskazówki projektowania miejskich sieci średnich napięć

711.4|5:621.316.1.027.26

**Treść.** Na tle zagadnień, związanych z układami sieci średnich napięć oraz z wyborem napięcia i mocami zwarcia, podano wskazówki projektowania sieci miejskich, ułatwiające i upraszczające projektowanie.

**Указания по проектированию городских сетей среднего напряжения.** На фоне вопросов, связанных со схемами сетей среднего напряжения, а также с выбором напряжения и с мощностью коротких замыканий, даются указания по вопросам проектирования городских сетей, облегчающие и упрощающие это проектирование.

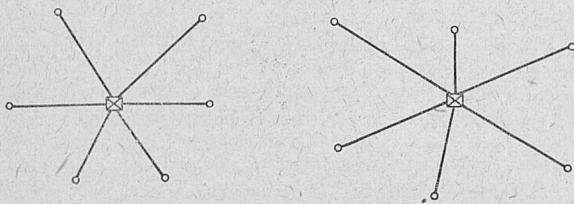
**Recommendations for designing medium voltage city networks.** Recommendations, based on problems concerning the systems of medium voltage distributing networks, voltage selection and short-circuit capacity for the designing of city distributing networks. The recommendations are intended to facilitate and simplify designing.

## 1. Wstęp.

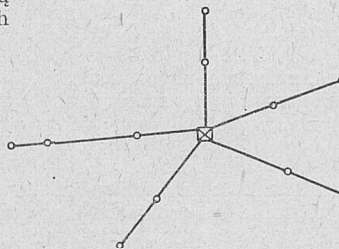
Projektując sieć średniego napięcia w mieście należy brać pod uwagę całość zagadnień technicznych związanych z zasilaniem, szczególnie cechy każdego miasta oraz warunki gospodarcze. Zagadnień, które muszą być rozważane, jest tak duża ilość i są one tak różnorodne, że nie można ustalić szczególnych wytycznych projektowania sieci, wytycznych stałych i niezmiennych dla wszystkich miast. Z tego powodu dla każdego miasta muszą być wykonane projekty, uwzględniające wszystkie wchodzące w grę czynniki. Niemniej istnieją tematy dające się ująć w pewne zasady ułatwiające wybór rozwiązania.

## 2. Układy rozdzielczej sieci kablowej średniego napięcia.

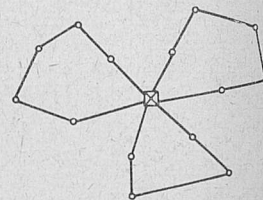
a) Schematycznie najprostsza jest sieć promieniowa a (rys. 1), składająca się z szeregu kabli, które wychodzą z punktów rozdzielczych lub transformatorowo-rozdzielczych



Rys. 1. Sieć promieniowa

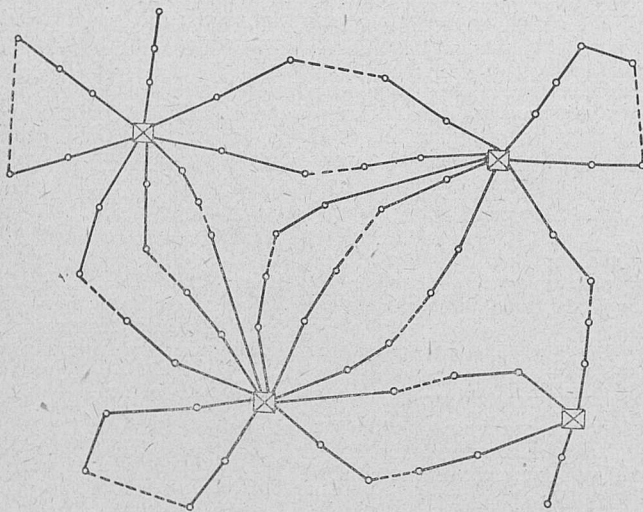


Rys. 2. Sieć promieniowa szeregową



Rys. 3. Sieć pętlowa

i zasilają punkty transformatorowe. Do każdego kabla jest przyłączony jeden punkt transformatorowy. Dzięki temu zabezpieczenia transformatorów mogą być scentralizowane



Rys. 4. Sieć dwustronna

⊗ — punkt rozdzielczy lub transformatorowo-rozdzielczy  
○ — punkt transformatorowy

w punkcie rozdzielczym, co znakomicie ułatwia manipulacje sieciowe. W punkcie transformatorowym jest tylko odłącznik wejściowy, transformator i tablica niskiego napięcia.

Sieć promieniowa jest tania. Przekroje kabli rozdzielczych są niewielkie, ponieważ mogą być obliczane tylko na nagrzewanie prądem znamionowym transformatora.

Warunki zwarcia są dla kabli praktycznie bez znaczenia, jeżeli transformatory są zabezpieczone w punktach rozdzielczych bezpiecznikami wielkiej mocy, a takie zabezpieczenie transformatorów sieci miejskiej jest niewątpliwie najwłaściwsze.

Pewność ruchu samej sieci rozdzielczej średniego napięcia jest niewielka. Jednak pewność ta wzrasta poważnie, jeżeli zastosować na niskim napięciu sieć kratową, przy czym — w przypadku pracy sieci kratowej jako otwartej — czas trwania przerw wynosi ok. 1 godziny, to znaczy tyle, ile potrzeba na wykonanie niezbędnych przełączeń w sieci niskiego napięcia. Przerwa obejmuje rejon jednej stacji transformatorowej. W przypadku pracy sieci kratowej jako zamkniętej przerwy mogą być ograniczone do poszczególnych przyłączy.

Wielką wadą sieci promieniowej jest jej nieelastyczność. Główną przyczyną małej elastyczności sieci promieniowej jest to, że zasilanie każdego punktu transformatorowego może się odbywać tylko z jednego punktu rozdzielczego. Jest to szczególnie niedogodne w czasie rozbudowy lub przebudowy sieci. Rozwój miasta odbywa się zazwyczaj równocześnie w wielu

dzielnicach, należy przeto budować kilka punktów rozdzielczych, które nie będą w pełni wykorzystane do czasu zagospodarowania całego terenu obsługiwanego przez dany punkt rozdzielczy.

Brak elastyczności uniemożliwia również przerzucanie obciążeń z jednego punktu na drugi, wskutek czego wyposażenie punktów musi być bogate, żeby uszkodzenie lub wyłączenie do remontu szyn zbiorczych nie powodowało przerw.

Wady sieci promieniowej są tak poważne, że stosowanie jej ogranicza się do przypadków wyjątkowych.

b) Sieć promieniowa szeregową (rys. 2) jest podstawową siecią dla wielu rozwiązań. Składa się z linii promieniowych otwartych zasilanych z punktu rozdzielczego. Otwarte linie rozdzielcze zasilają punkty transformatorowe włączone w szereg. Liczba transformatorów na jednym kablu może być różna, lecz nie powinna przekraczać 2—3, w przeciwnym bowiem razie promień sieci jest zbyt długi i niewygodny w eksploatacji.

W przypadku otwartej sieci n. n. transformatory zabezpiecza się w punktach transformatorowych, a kabel sieci rozdzielczej średniego napięcia w punkcie rozdzielczym. Jeżeli sieć n. n. pracuje jako zamknięta, wtedy wystarcza wspólne zabezpieczenie kabla i transformatorów w punkcie rozdzielczym. W obu przypadkach na kablach stosujemy wyłączniki samoczynne.

Niekiedy istnieje konieczność zainstalowania dławików na kablach w punkcie rozdzielczym w celu ograniczenia mocy zwarcia i umożliwienia stosowania mniejszych przekrojów kabli rozdzielczych.

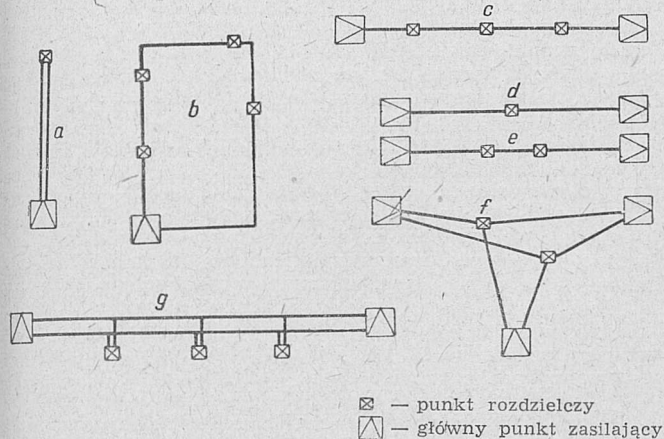
Koszt urządzeń rozdzielczych jest przy tym rozwiązaniu większy niż przy sieci promieniowej. W każdym z przelotowych punktów transformatorowych będą przynajmniej 3 pola średniego napięcia wyposażone w odłączniki, odłączniki mocy i bezpieczniki wielkiej mocy. Liczba pól odpływowych w punktach rozdzielczych jest wprawdzie dwa do trzech razy mniejsza niż w układzie promieniowym, lecz pola te są wyposażone w wyłączniki samoczynne, a niekiedy i w dławiki, co znacznie zwiększa kubaturę i koszt rozdzielni.

Pewność ruchu nie jest większa niż w sieci promieniowej. Natomiast rejon sieci zasilanej z jednego punktu rozdzielczego może objąć większy teren.



c) Sieć pętlowa (rys. 3) powstaje z sieci promieniowej szeregowej, jeżeli końce linii otwartych połączymy ze sobą. Taka sieć ma tę zaletę, że pewność ruchu transformatorów przyłączonych do pętli jest większa niż w sieci promieniowej szeregowej. Pętle mogą pracować jako zamknięte lub rozcięte przez wprowadzenie podziałów. Kable oblicza się na pełną moc transformatorów przyłączonych do pętli, dzięki czemu można eliminować uszkodzone odcinki.

W punktach transformatorowych musi istnieć możliwość rozcinania pętli. Instaluje się tam odłączniki, albo też na jednym



Rys. 5. Układy miejskiej sieci zasilającej średniego napięcia odcisku kablowym odłącznik zwykły, na drugim odłącznik mocy lub wyłącznik. Elastyczność sieci jest niewielka, ponieważ punkt rozdzielczy ma jeden ustalony rejon, którego zmiana w ruchu nie jest możliwa.

d) Jeżeli sieć jest zasilana z kilku punktów rozdzielczych (rys. 4), to linie należące do różnych punktów zbliżają się do siebie. Wtedy można niewielkim kosztem połączyć linie otwarte ze sobą tworząc linie dwustronne zasilane, które składają się na tzw. sieć dwustronną. Na rys. 4 połączenia powyższe oznaczono liniami przerywanymi. Powstająca w ten sposób sieć odznacza się poważnymi zaletami i nadaje się do stosowania w większości sieci miejskich.

Najważniejszą zaletą sieci dwustronnej jest jej wielka elastyczność. Ponieważ kable rozdzielcze są obliczone na pełną moc transformatorów przyłączonych do linii dwustronnej, istnieje możliwość wprowadzania podziałów sieci w dowolnym punkcie, co umożliwia rozłożenie obciążeń na punkty rozdzielcze w sposób uzasadniony ich możliwościami przepustowymi. Uneruchomienie punktu rozdzielczego na pewien czas, lub nawet jego brak, nie wpływa na dostawę energii dla odbiorców. Ułatwia to remonty sieci, umożliwia prawidłową rozbudowę bez potrzeby przedwczesnej budowy kosztownych punktów rozdzielczych oraz umożliwia wymianę rezerw między punktami zasilającymi.

W praktyce sieć dwustronna powstaje samorzutnie w miarę rozbudowy. Zazwyczaj budowę rozpoczyna się od jednego punktu rozdzielczego. Drugi i następne buduje się dopiero wtedy, kiedy moc pierwszego punktu staje się niewystarczająca. W międzyczasie sieć rozdzielcza rozbudowuje się na większym terenie niż zasięg jednego punktu, co jest możliwe bez potęgowania jego mocy, ponieważ obciążenia powierzchniowe w początkowym okresie są niewielkie.

Sieć może pracować z siecią n. n. zamkniętą lub otwartą. Sieć rozdzielcza śr. n. może pracować jako rozcięta lub zamknięta. Przy sieci dwustronnej zamkniętej mamy swobodny rozptył mocy uwarunkowany rozkładem obciążeń i spadkami napięć. Regulowanie rozptyłu jest kłopotliwe. Zabezpieczenia sieci są skomplikowane i drogie. Wreszcie moce zwarć rosną bardzo znacznie. Wszystko to powoduje, że stosowanie sieci zamkniętej nie jest zalecane. Z reguły rozcina się sieć przez wprowadzenie podziałów i sieć pracuje jako otwarta.

Powyższy przegląd stosowanych najczęściej układów umożliwia wyciągnięcie wniosków ogólniejszych. Można powiedzieć, że dla miast najdogodniejszym rozwiązaniem jest stosowanie sieci rozdzielczej dwustronnej rozciętej (rys. 4). Z kalkulacji kosztów sieci na pełną rozbudowę wynika, że sieć promieniowa (rys. 1) wypadła nieco taniej (ok. 10%). Jednak przewaga techniczna sieci dwustronnej jest tak duża, że niewielka różnica kosztów nie może decydować przy wyborze rozwiązania.

Zresztą różnica kosztów zmniejszyłaby się, gdyby uwzględnić czas budowy punktów rozdzielczych w obu wariantach. Jak bowiem wspomniano wyżej, dla sieci promieniowej trzeba od razu budować większą liczbę punktów rozdzielczych niż dla sieci dwustronnej. Zatem wydatki poniesione w pierwszym okresie mogą być duże, co wpłynie na zmniejszenie różnicy między wariantami.

### 3. Układy kablowej sieci zasilającej.

Układy sieci zasilającej nie różnią się od układów sieci rozdzielczej. Stosuje się zasilanie promieniowe, pętlowe lub dwustronne. Jednak z racji znacznie większych mocy przesyłowych wymagana pewność ruchu jest większa. Wypadnięcie z ruchu punktu rozdzielczego na dłuższy okres czasu jest niedopuszczalne. Krótkie przerwy mogą się zdarzać, lecz ich czas trwania powinien być ograniczony do sekund, a co najwyżej minut. Wynika stąd konieczność zasilania dwu- lub wieloliniowego.

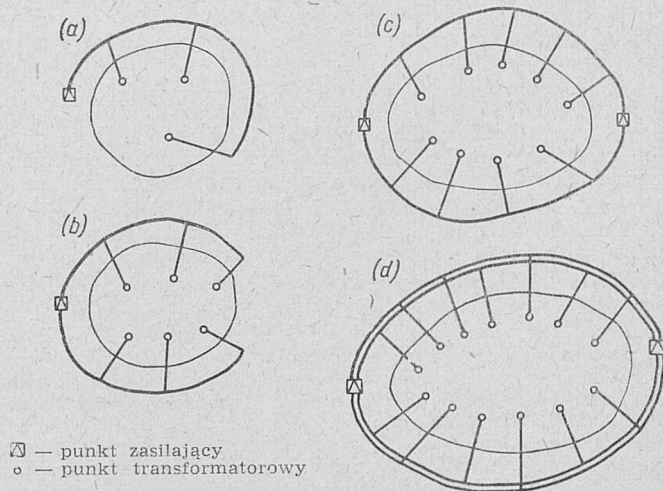
Moce zwarć odgrywają w sieci zasilającej nie mniejszą rolę niż w rozdzielczej; zamykanie tej sieci jest więc niezalecane.

Miejska sieć zasilająca pobiera energię z tzw. głównych punktów zasilających, które otrzymują energię z sieci państwowej lub okręgowej, albo z elektrowni. Stosowane układy przedstawiono na rys. 5.

Układ a jest zasilaniem promieniowym dwuliniowym z jednego GPZ. Rezerwa w przekroju kabli wynosi 100%. Linie pracują równolegle, jeżeli pozwalają na to warunki zwarciowe, lub — częściej — na wydzielone sekcje punktu rozdzielczego. Układ stosuje się do zasilania punktów rozdzielczych położonych blisko GPZ.

Układ b pętlowy i c dwustronny mogą być stosowane, jeżeli moce zwarć pozwolą na zamknięcie pętli lub linii dwustronnej. Kable obliczone są na sumę obciążeń przyłączonych punktów rozdzielczych.

Układ d dwustronny z przyłączonym jednym punktem rozdzielczym opłaca się przy 15 kV; przy 30 kV jedynie w przy-



Rys. 6. Sieć dla mniejszych miast

padku przesyłania bardzo dużych mocy. Linie mogą pracować jako zamknięte lub rozcięte.

Podobnie układ e może pracować jako rozcięty z samoczynnym przełączaniem lub jako zamknięty.

Układ f nadaje się do pracy otwartej na wydzielone sekcje w punktach rozdzielczych lub zamkniętej, jeżeli moce zwarć nie są zbyt duże. Odnacza się oszczędnością w kablach, gdyż rezerwa wynosi tylko 50%.

Układ g bogato wyposażony w kable odznacza się wielką elastycznością.

Wymienione układy są podstawowymi. Można z nich tworzyć sieci zasilające składające się z kilku układów podstawowych. Przy tym nie ma potrzeby ani konieczności trzymać się jednego układu podstawowego, lecz można stosować w jednej sieci różne układy. Można również wprowadzać modyfikacje wybiegające poza układy podstawowe. Takie rozwiązanie komplikuje sieć zasilającą, jednak może być uzasadnione względami gospodarczymi lub technicznymi. Zresztą pewną niejednolitość sieci zasilającej można dopuścić biorąc pod uwagę to, że personel obsługujący sieć zasilającą jest na wyższym poziomie technicznym niż personel obsługujący sieć rozdziel-

czą śr. n. lub sieć n. n. Zatem można odstąpić od koniecznej w sieciach rozdzielczych śr. n. i sieciach n. n. prostoty i jednolitości układu.

#### 4. Układy sieci napowietrznych.

W zasadzie układy sieci napowietrznych nie różnią się od układów kablowych. Pewne różnice wynikają z konieczności dostosowania układów do szczególnych cech linii napowietrznych, a przede wszystkim do trudności prowadzenia linii napowietrznych przez miasto.

W miastach dużych stosowanie linii napowietrznych średniego napięcia napotyka poważne trudności głównie ze względu na brak miejsca na ulicach. Dotyczy to przede wszystkim starych miast. W miastach nowych ulice są szersze i można znaleźć na nich miejsce na linie średniego napięcia; można również przewidzieć w planie urbanistycznym specjalne trasy dla linii. Niemniej przechodzenie liniami napowietrznymi przez miasto jest uciążliwe i z tego powodu powinno się tego w miarę możliwości unikać, zmieniając układ zasilania tak, żeby odcinki linii prowadzone przez miasto były jak najkrótsze.

Układy nadające się dla miast mniejszych — od 5 do 50 tys. mieszkańców — przedstawiono na rys. 6. Do punktu zasilającego przyłączony jest tor linii napowietrznej średniego napięcia biegnący poza miastem (rys. 6a). Od toru odgałęziają się odcinki linii napowietrznych w kierunku punktów transformatorowych wybudowanych jako końcowe. Na rys. 6b mamy dwa tory zasilające, na rys. 6c dwa tory zasilające i dwa punkty zasilające, wreszcie na rys. 6d dwie linie dwutorowe i dwa punkty zasilające.

W przypadku trudności wprowadzenia linii napowietrznych na tereny zabudowane można skablować w całości lub częściowo odgałęzienia od linii zasilającej, doprowadzające energię do punktów transformatorowych.

#### 5. Napięcia.

Nowe sieci niskiego napięcia buduje się obecnie wyłączając na 380/220 V. Stare w miarę możliwości przebudowywa się na to samo napięcie. Dlatego w rozważaniach bierzemy pod uwagę jedynie sieci niskiego napięcia 380/220 V.

Jako napięcia sieci rozdzielczych stosuje się w kraju 6 kV względnie 15 kV.

Zaletami 15 kV w porównaniu z 6 kV są: a) mniejsze zużycie metali kolorowych w kablach, b) większe możliwości przesyłowe, c) małe spadki napięcia, d) w przypadku sieci zasilającej, zbudowanej również na 15 kV, brak pośredniej transformacji, a więc znacznie mniejsze straty, e) możliwość zasilania rejonu wiejskiego z sieci miejskiej, f) dla miast większych znaczne uproszczenie układu.

Wadą 15 kV są większe punkty transformatorowe.

Koszty nowych sieci 6- i 15-kilowoltowych wypadają w granicach błędów kalkulacyjnych równe.

Zestawienie zalet i wad 15 kV wskazuje na przewagę 15 kV nad 6 kV. Ta przewaga może z łatwością zaniknąć, jeżeli projektujemy sieć dla miasta już mającego sieć 6-kilowoltową lub własną elektrownię z prądnicami na 6 kV. Wtedy gospodarczo korzystniejsze byłaby 6 kV.

Wyboru napięcia sieci rozdzielczej nie można dokonać w oderwaniu od sieci zasilającej. Nie ulega wątpliwości przewaga sieci rozdzielczej 15-kilowoltowej nad 6-kilowoltową w przypadku napięcia sieci zasilającej 15 kV. Czy jednak jest uzasadnione stosowanie 15 kV w sieci zasilającej?

Sprawa wyboru napięcia sieci zasilającej łączy się ze sposobem zasilania miast z sieci 110-kilowoltowej. Zazwyczaj w miastach polskich spotyka się jedno z następujących rozwiązań: albo główny punkt zasilający 110-kilowoltowy znajduje się w granicach miasta i wtedy można transformować energię ze 110 kV od razu na 15 kV, albo też główny punkt zasilający 110-kilowoltowy jest oddalony od miasta, a energia jest doprowadzona siecią 30-kilowoltową.

W pierwszym przypadku nie widać uzasadnienia stosowania napięcia 30 kV dla sieci zasilającej. Linie zasilające mają w miastach — nawet największych — długości kilku kilometrów, w wyjątkowych przypadkach w największych miastach mogą one osiągnąć długość do 10 km. Na takie odległości można z łatwością przesyłać znaczne moce przy 15 kV. Odpada całkowicie koszt transformacji z 30 kV na 6 kV lub 15 kV.

W drugim przypadku sposób właściwego zaprojektowania układu zasilającego zależy od wielkości miasta. W miastach średnich i dużych moce pobierane są tego rzędu, że zawsze jest uzasadniona budowa stacji 110-kilowoltowych specjalnie przeznaczonych dla miasta. Przesyłanie potrzebnych mocy siecią 30-kilowoltową nie jest uzasadnione ani technicznie, ani

gospodarczo; technicznie — ponieważ mając 110 kV w mieście zyskujemy na uproszczeniach układu i na pewności ruchu, gospodarczo — ponieważ koszt budowy głównego punktu zasilającego 110-kilowoltowego wraz z linią tegoż napięcia nie jest wyższy niż koszt kilku linii 30-kilowoltowych i powtórnej transformacji 30/15 kV lub 30/6 kV z pozostawieniem sieci 110 kV zdaleka od miasta. Koszty będą się kształtowały w ten sposób w okresie pełnej rozbudowy. W okresach przejściowych — szczególnie w początkowej fazie rozbudowy — koszt 110 kV mógłby okazać się wysoki, lecz tylko w tym przypadku, gdyby wybudowano główny punkt zasilający 110-kilowoltowy od razu z pełnym wyposażeniem. A to nie jest potrzebne. W pierwszym okresie można poprzestać na zasilaniu uproszczonym ze zmniejszoną liczbą wyłączników bez stałych transformatorów rezerwowych. Jako rezerwę dla miasta można wykorzystać istniejące sieci, ewentualnie wzmacniając sieć okręgową.

Dalszą korzyścią wynikającą z wyboru 15 kV dla sieci zasilającej i rozdzielczej jest umożliwienie zasilania sieci wiejskiej 15-kilowoltowej rejonu podmiejskiego bez dodatkowej transformacji 30/15 kV. Gospodarcze korzyści stąd wynikające dadzą się ująć rachunkowo w postaci zmniejszenia kosztów. Korzyści techniczne wystąpią w postaci uproszczenia układu. Sprawa ta ma szczególne znaczenie dla miast małych, które są zwykle silnie związane z większą siecią 15-kilowoltową.

Jeżeli w mieście istnieje już sieć 6-kilowoltowa, wtedy szybkie przejście na 15 kV jest związane z utratą inwestycji 6-kilowoltowych, co, oczywiście, przeważa szalę na korzyść 6 kV. Jednak ze względów gospodarczych jest niedopuszczalne szybkie eliminowanie z ruchu istniejących urządzeń 6-kilowoltowych, będących nieraz w zupełnie dobrym stanie; przeciwnie, obowiązkiem projektującego jest pełne wyzyskanie tych urządzeń. Jest to zresztą możliwe w wielu przypadkach. Można mianowicie starą sieć 6-kilowoltową pozostawić w pracy na okres kilkunastu lat, do czasu zużycia urządzeń, lecz nowe odbiory przyłączać do nowej sieci budowanej na 15 kV. Takie rozwiązanie da większe korzyści gospodarcze, jeżeli główne punkty zasilające muszą być budowane na nowo. Natomiast jeżeli istniejące punkty zasilania sieci 6-kilowoltowej mają duże rezerwy mocy, wprowadzenie 15 kV może okazać się gospodarczo nieuzasadnione. Odpowiedź co do wyboru napięcia można wtedy otrzymać tylko na podstawie dokładniejszej kalkulacji porównawczej.

Wreszcie w przypadku istnienia w mieście elektrowni z prądnicami na 6 kV gospodarczo korzystniejszy wypadają zazwyczaj wariant sieci 6-kilowoltowej, jeżeli promień zasilania nie przekracza 2–3 km.

Same względy gospodarcze nie zawsze są wystarczającym kryterium dla wyboru napięcia. Dużą rolę odgrywają również dążenia do ujednolicenia napięcia we wszystkich sieciach okręgu. Wiemy, że jako napięcie do elektryfikacji wsi przyjęto 15 kV. Również na to napięcie buduje się sieci w wielu miastach. Wskutek tego istnieje wiele okręgów, względnie znaczna ich część, gdzie 15 kV staje się jedynym napięciem. Jeżeli w takim okręgu znajduje się miasto mające 6 kV, trzeba dążyć do zmiany tego napięcia na 15 kV w imię zachowania jednolitości napięć i to nawet w przypadkach istnienia starej sieci 6-kilowoltowej lub własnej elektrowni.

Ostateczną decyzję co do wyboru średniego napięcia sieci miejskiej można powziąć jedynie po dokonaniu obliczeń gospodarczych. Jednak z góry dla większości przypadków można przewidywać przewagę 15 kV.

Wniosek powyższy może się wydawać na pierwszy rzut oka zbyt śmiały. Przeciwnicy 15 kV przytaczają często argument, że przy wzrastających mocach nie wolno obniżać napięcia 30 kV na 15 kV. Argument byłby słuszny, gdyby istotnie w proponowanym rozwiązaniu napięcie było obniżane. Tak jednak nie jest. Przeciwnie, mamy do czynienia ze znacznym podwyższeniem napięć, mianowicie z układu 6 i 30 kV przechodzimy na układ 15 i 110 kV. Napięcie rozdzielcze podnosimy 2,5-krotnie, napięcie przesyłowe 3,5-krotnie. Sieć 15-kilowoltowa staje się siecią rozdzielczo-przesyłową, sieć 110-kilowoltowa przestaje być państwową szyną zbiorczą i staje się siecią zasilającą okręgową i międzyokręgową.

Tendencja stosowania 110 kV zamiast 30 kV może się odbić niekorzystnie na ogólnych kosztach elektryfikacji, jeżeli sieć 110-kilowoltową będziemy traktować jako sieć o specjalnych i nadzwyczajnych wymaganiach. Takie podejście do sprawy jest niczym nieuzasadnione. Linie 110-kilowoltowe trzeba budować solidnie, jednak one nie muszą być budowane na słupach stalowych. Można i trzeba używać drewna, zwłaszcza do budowy odgałęzień. Należy upraszczać wyposażenie głównych punktów zasilających szczególnie w początkowym okre-



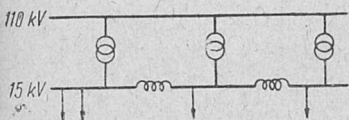
się rozbudowy, kiedy każdy kilogram stali ma większą wartość niż za kilkanaście lat tona. Wreszcie ogromne oszczędności można osiągnąć przez właściwe zaprojektowanie sieci i staranne opracowanie faz rozbudowy. W dobrej planowej gospodarce właściwe wykonanie projektów jest stosunkowo łatwe, ponieważ można się oprzeć na planie państwowym krótko- i długofalowym i uniknąć błędów związanych z bezplanowością i przypadkowością zjawisk gospodarczych okresu kapitalistycznego.

#### 6. Moce zwarciovowe.

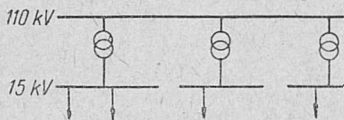
O wielkości mocy zwarcia decydują przede wszystkim moce transformatorów w głównych punktach zasilających 110-kilowoltowych.

Poziom mocy zwarcia w sieci krajowej 110-kilowoltowej zawiera się w granicach 500—2500 MVA. W głównych punktach zasilających 110-kilowoltowych instaluje się transformatory o zakresie mocy 10 do 31,5 MVA. Normalnie stacja będzie wyposażona w 2 lub 3 transformatory.

Jeżeli dopuścić równoległą pracę transformatorów, wtedy trzeba się liczyć z mocami zwarcia na szynach niższego napię-



Rys. 7



Rys. 8

cia rzędu 200—800 MVA. Tak wysokie poziomy zwarciovowe podnoszą koszty rozdzielni, kształtujące się prawie proporcjonalnie do mocy zwarcia. Dla sieci napowietrznych moce zwarcia mogą być niebezpieczne jedynie na krótkich odcinkach. Przy dłuższych liniach moce zwarcia w rozdzielniach położonych daleko od podstacji 110-kilowoltowej są już tak silnie tłumione indukcyjnością linii, że nie ma potrzeby stosowania ograniczeń.

W sieciach miejskich zagadnienie mocy zwarciovych nabiera zasadniczego znaczenia. Ponieważ długości linii średnich napięć są niewielkie, ograniczanie mocy zwarcia przez oporność tych linii jest na ogół nieznaczne. W tych warunkach należy linie sprawdzać na zwarciovą wytrzymałość termiczną i to zarówno kable ze względu na wytrzymałość izolacji, jak i linie napowietrzne z uwagi na niebezpieczeństwo odtwardzania przewodów. Z obliczeń zwarciovych mogą być wyznaczone dość duże przekroje linii.

Niezależnie od kosztów i zużycia materiałów istotnym zagadnieniem w sieciach miejskich jest niebezpieczeństwo wybuchu oleju w transformatorach. W szczególności trzeba zmniejszyć do minimum to niebezpieczeństwo w punktach transformatorowych, które w ogromnej większości są umieszczone w budynkach mieszkalnych i biurowych. Środkiem zmniejszającym niebezpieczeństwo jest ograniczenie mocy zwarcia, przy mniejszej bowiem mocy zwarcia wybuch będzie słabszy i mniej groźny w skutkach.

Istotnym zagadnieniem zwarciovym w sieciach miejskich jest porównanie poziomu mocy zwarciovowej na szynach średniego napięcia głównego punktu zasilającego z dopuszczalną obciążalnością zwarciovą kabli zasilających i rozdzielczych o przekrojach, odpowiadających wymaganej przepustowości tych kabli. Na przykład: dopuszczalna obciążalność zwarciovą kabla zasilającego 15-kilowoltowego przepustowości rzędu 6 MVA zawiera się w granicach 120 do 200 MVA w zależności od czasu trwania zwarcia; dopuszczalna obciążalność zwarciovą kabli rozdzielczych 15-kilowoltowych  $3 \times 25$  lub  $3 \times 35$  mm<sup>2</sup> Al oraz kabli rozdzielczych 6-kilowoltowych  $3 \times 50$  i  $3 \times 70$  mm<sup>2</sup> Al jest rzędu 50—70 MVA. Z porównania mocy zwarciovych z dopuszczalną obciążalnością kabli przy uwzględnieniu krótkich odcinków linii wynika, iż należy ograniczać moc zwarcia i to szczególnie w sieci średniego napięcia bez dodatkowej transformacji (tzn. w jednonapięciowej sieci 15-kilowoltowej).

Ograniczenie mocy zwarcia w sieci miejskiej uzyskuje się drogą dzielenia sieci i stosowania dławików przeciwzwarciovych.

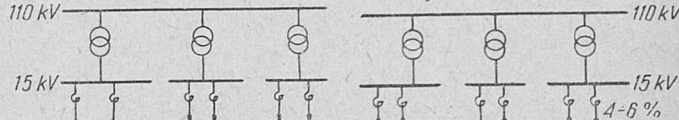
Pierwszy sposób jest korzystny gospodarczo, ponieważ nie wymaga stosowania dodatkowych urządzeń. Jednak utrudnia eksploatację, zmuszając do stałego prowadzenia ruchu w specjalny sposób. Trudności bywają bardzo wielkie, jeżeli dzielenie sieci nie było z góry przewidziane w projekcie, przy czym zdarza się, że nie można wprowadzić podziału bez zachwiania prawidłowej pracy układu sieciowego.

Drugi sposób podraża rozdzielnie i również w pewnych przypadkach zmusza do prowadzenia ruchu w sposób ściśle określony.

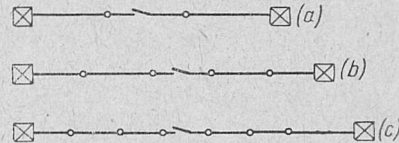
Najwygodniejsze rozwiązanie polega na włączeniu dławików międzysekcyjnych w szyny podzielone na tyle sekcji, ile jest transformatorów 110-kilowoltowych w głównym punkcie zasilającym (rys. 7). Stosuje się dławiki o dużych wartościach napięcia zwarcia rzędu 10—12%.

Sekcje szyn są podczas pracy połączone elektrycznie dławikami, dzięki czemu transformatory 110-kilowoltowe są obciążone bardziej równomiernie niż przy pracy na wydzielone sekcje. Ponadto utrzymuje się jednakowe napięcie na wszystkich sekcjach. Są to poważne zalety eksploatacyjne, ułatwiające wykorzystanie pełnej mocy transformatorów 110-kilowoltowych. Linie zasilające przyłączone do różnych sekcji nie mogą się łączyć ze sobą na szynach punktów rozdzielczych, ponieważ utworzyłyby się połączenia sekcji szyn równoległe do dławików.

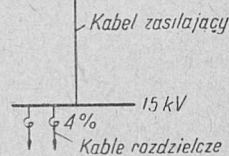
Pełne rozdzielanie szyn wg rys. 8 umożliwia zmniejszenie mocy zwarcia do poziomu, wynikającego z mocy transforma-



Rys. 9



Rys. 11



Rys. 10

torów 110-kilowoltowych. W przypadkach mniejszych transformatorów, nie przekraczających 16 MVA, sposób ten obniża moc do poziomu rzędu 150 MVA oraz umożliwia stosowanie wyłączników o mocy wyłączalnej 200 MVA i kabli zasilających 15-kilowoltowych o przekrojach  $3 \times 120$  mm<sup>2</sup> Al.

W razie zastosowania większych transformatorów należy oprócz dzielenia szyn na sekcje przewiedzieć również dławiki na kablach zasilających (rys. 9).

Przy dużych transformatorach sekcjonowanie szyn i dławiki mogą nie wystarczyć do zmniejszenia mocy zwarcia do poziomu niezbędnego dla kabli rozdzielczych. W tym przypadku trzeba stosować dodatkowe dławiki w punktach rozdzielczych (rys. 10).

Stosowanie dławików powoduje zwiększenie spadków napięć w sieci. W sieciach miejskich cos  $\varphi$  jest w szczycie bliski 1. Dzięki temu spadki napięć w dławikach nie osiągają wartości, które by w silniejszy sposób wpływały na poziom napięcia. Można bez obawy stosować w kablach zasilających dławiki na 4, a nawet 6%, a w kablach rozdzielczych na 4%.

W sieciach fabrycznych, względnie w kablach zasilających punkty rozdzielcze przemysłowe, spadki napięć w dławikach są już pozycją poważniejszą i trzeba je w miarę możliwości ograniczać. W tym celu należy dążyć do zaniechania instalowania dławików w kablach rozdzielczych i poprzestać na stosowaniu dławików tylko w kablach zasilających. Przekroje kabli rozdzielczych muszą być wtedy większe niż w sieci rozdzielczej miejskiej. Nie ma to zresztą większego znaczenia,

Tablica I

| Gęstość powierzchniowa obciążenie przyłącze $G$ (MW/km <sup>2</sup> ) | Moc transformatora $P_t$ (kVA) | Odległości między transformatorami $b$ (m) |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                                                                     | 200                            | 350                                        |
| 2                                                                     | 250                            | 340                                        |
| 3                                                                     | 315                            | 325                                        |
| 4                                                                     | 400                            | 290                                        |
| 5                                                                     | 400                            | 260                                        |
| 6                                                                     | 500                            | 240                                        |
| 7                                                                     | 500                            | 220                                        |
| 8                                                                     | 500                            | 210                                        |
| 10                                                                    | 500                            | 180                                        |

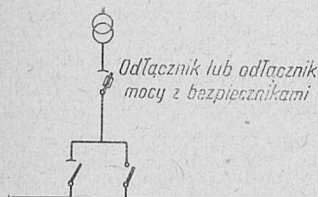
ponieważ i tak — ze względu na większe skupione moce w zakładach przemysłowych — kable rozdzielcze muszą mieć przekroje większe.

#### 7. Uwagi do projektowania miejskich sieci średnich napięć.

Projektując sieć miejską w sposób prawidłowy, rozpoczynamy pracę od sieci niskiego napięcia.

W tabl. I zestawiono moce transformatorów i średnie odległości między punktami transformatorowymi w zależności od gęstości powierzchniowej obciążeń. Są to podstawowe dane liczbowe do projektowania sieci rozdzielczej średniego napięcia. Mówią one, jak długie będą odcinki sieci rozdzielczej i wyznaczają odległości między punktami rozdzielczymi.

Liczba punktów transformatorowych, przyłączonych do jednej gałęzi sieci rozdzielczej, jest ograniczona względami gospodarczymi i eksploatacyjnymi. Zwiększenie liczby transformatorów obniża koszty, lecz utrudnia eksploatację. Koszty są najwyższe przy 2 punktach w torze (rys. 11a), przy 4 są niższe. Powiększanie liczby punktów transformatorowych w torze ponad 4 przy mocy transformatorów 400—500 kVA (rys. 11b) i ponad 6 przy mocy 200—



Rys. 12. Schemat punktu transformatorowego

tak, aby kable rozdzielcze były wyzyskane zarówno na nagrzewanie prądem zwarciovym, jak i na nagrzewanie prądem roboczym.

6 transformatorów w torze można jeszcze dopuszczać ze względu na wygodę eksploatacji. Jest to jednak granica, której nie należy przekraczać.

Projektując koncepcję sieci i wykonując projekt wstępny trzeba pamiętać, że opieramy się na przewidywanych danych. W praktyce sieciowej — w czasie wykonywania projektu technicznego i później w długich okresach rozbudowy i eksploatacji — zjawiają się nowe nieprzewidziane potrzeby, zmuszające do budowy dodatkowych punktów transformatorowych, które są przyłączane do najbliższych kabli rozdzielczych i powiększają liczbę transformatorów w torze. Jest to jeszcze jeden powód ograniczania w projektach koncepcyjnym i wstępnym liczby transformatorów przyłączanych do jednego toru. Zalecana liczba przyłączonych punktów transformatorowych wynosić więc będzie 4 do 6 w linii dwustronnej (rys. 11b, 11c) lub pętli, co po rozcięciu linii daje w rezultacie 2 do 3 punktów w gałęzi.

Jeżeli przyjmiemy, że średnia odległość między transformatorami waha się w zależności od powierzchniowych gęstości obciążeń w granicach od 200 do 500 m możemy określić odległość w linii prostej między punktami rozdzielczymi wynoszącą 1 do 3 km.

Najdogodniejszym układem miejskiej sieci rozdzielczej są linie dwustronne zasilane z różnych punktów rozdzielczych (rys. 4). Jedynie stacje brzegowe, położone na krańcach miasta, trudno będzie zasilic z dwóch kierunków i tam będziemy stosować zasilanie pętlowe.

Przekroje kabli rozdzielczych muszą być dobrane na nagrzewanie sumą prądów pobieranych przez transformatory w całym torze i sprawdzone na obciążalność zwarciovą. Spadki napięć są niewielkie i nie wpływają na ogół na przekroje kabli. Przy 15 kV przekroje wypadają  $3 \times 25 \text{ mm}^2$  Al lub  $3 \times 35 \text{ mm}^2$  Al, przy 6 kV  $3 \times 50 \text{ mm}^2$  Al lub  $3 \times 70 \text{ mm}^2$  Al.

Punkty transformatorowe muszą być tak wyposażone, aby możliwe było przecinanie torów w dowolnych miejscach i eliminowanie każdego odcinka kabla rozdzielczego. W tym celu niezbędne są odłączniki na kablach średniego napięcia w każdym punkcie transformatorowym. Aby umożliwić przecinanie torów pod obciążeniem, należy stosować na jednym kablu odłącznik mocy, na drugim może być zwykły odłącznik (rys. 12). Wyposażenie pola transformatorowego zależy od rodzaju sieci niskiego napięcia i mocy transformatora. Gdy sieć pracuje jako otwarta, stosuje się odłączniki i bezpieczniki dla transformatorów mniejszej mocy oraz odłączniki mocy z bezpiecznikami dla większych transformatorów. Przy sieci zamkniętej instaluje się na ogół odłączniki mocy bez bezpieczników. W wyjątkowych przypadkach można poprzestać na zwykłym odłączniku np. przy promieniowej sieci średniego napięcia.

Przeciętne odległości między punktami rozdzielczymi określiliśmy według wymagań sieci niskiego napięcia i sieci roz-

dzielczej średniego napięcia. Rozmieszczenie tych obiektów zależy od rodzaju zabudowy miasta i musi być opracowane na podstawie projektu urbanistycznego.

Przy wyborze miejsca na punkt rozdzielczy 15-kilowoltowy należy zwrócić uwagę na łatwość wyprowadzenia kabli z rozdzielni, ponieważ liczba ich wypadła dość duża i znalezienie odpowiedniej ilości miejsca na wąskich ulicach może być trudne. W pewnych przypadkach trudności można pokonać stosując przełazowe kanały kablowe. Jest to jednak drogie rozwiązanie i należy go unikać, wybierając miejsce na punkt rozdzielczy przy skrzyżowaniach szerokich ulic lub przy placach. Zresztą znalezienie miejsca na kanał kablowy również nie jest łatwe wobec dużej ilości urządzeń podziemnych pod ulicami. Punkty transformatorowo-rozdzielcze na 30/6 kV są większe niż punkty na 15 kV, a duża ilość oleju w transformatorach zmusza do odsuwania ich od domów mieszkalnych i biurowych, rozmieszczenie punktów transformatorowych jest więc trudniejsze.

Moce punktów rozdzielczych i transformatorowo-rozdzielczych są określone obciążeniem zasilanego terenu i układem sieci rozdzielczej.

Przekroje kabli zasilających przy 15 kV nie mogą być zbyt małe, ponieważ obszar zasilanego terenu narzuca dość duże obciążenia. Z drugiej strony stosowanie kabli o zbyt dużych przekrojach jest niezalecane, ponieważ w cienkich kablach można dopuścić większe gęstości prądu niż w grubszych, na skutek czego wyzyskanie aluminium będzie mniejsze. Poza tym układanie w mieście bardzo grubych kabli jest dość kłopotliwe.

Z obliczenia obciążalności i z praktyki sieciowej wynika, że kable o przekroju  $3 \times 95 \text{ mm}^2$  Al i  $3 \times 120 \text{ mm}^2$  Al są najlepsze jako zasilające. Jeżeli te przekroje okażą się zbyt małe, można stosować dwa kable równoległe o tym samym przekroju. Trzeba wtedy pamiętać o konieczności takiego wyboru tras, aby obydwa równoległe pracujące kable miały równe lub prawie równe długości.

Przepustowość kabla  $3 \times 120 \text{ mm}^2$  Al, 15 kV, wynosi — w zależności od sposobu ułożenia, charakteru krzywej obciążenia i współczynnika rezerwy — od 5,5 do 7 MVA. Przy zastosowaniu układu z rys. 5d i kabla  $3 \times 120 \text{ mm}^2$  Al moc punktu rozdzielczego wyniesie 5,5 do 7 MVA, przy zastosowaniu układu z rys. 5f moc punktu będzie 11 do 14 MVA. W przypadku zastosowania dwóch kabli równoległych moce podstacji wypadną odpowiednio 11 do 14 MVA względnie 22 do 28 MVA.

Kable zasilające 30-kilowoltowe mają przepustowość blisko 2 razy większą. Można więc do zasilania mniejszych punktów transformatorowo-rozdzielczych stosować cieńsze kable lub też łączyć podstacje w grupy według układów z rys. 5e lub 5g. Wybór zależy będzie od wyników porównania techniczno-gospodarczego. W każdym razie nie zaleca się stosować przekrojów mniejszych niż  $3 \times 70 \text{ mm}^2$ .

Ze względu na oszczędność kabli należy dążyć do stosowania linii napowietrznych. Sieć rozdzielcza może być budowana jako napowietrzna jedynie w małych miastach. W miastach średnich i dużych sieć rozdzielcza musi być kablowa. Projektant niewiele może tu zdziałać w kierunku zaoszczędzenia materiału.

Natomiast sieci zasilające mogą być nieraz projektowane jako napowietrzne nawet w dużych miastach, gdzie nie da się zastosować napowietrznej sieci rozdzielczej. Z pomocą projektantowi przyjdzie musi plan urbanistyczny, który powinien być dostosowany do potrzeb sieci i przewidywać trasy dla linii.

Zagadnienie wprowadzenia linii napowietrznych na teren miast nabiera szczególnego znaczenia w świetle uwag dotyczących projektowania sieci i ścisłego związania tych sieci ze sobą. Jak widzieliśmy, miejsca na punkty rozdzielcze nie mogą być wybierane dowolnie. Nie można przesuwac tych punktów na krańce miast tylko dlatego, żeby ułatwić doprowadzenie zasilających linii napowietrznych. Przeciwnie, trzeba pozostawiać punkty rozdzielcze tam, gdzie one być muszą ze względu na obciążenia, i pokonać trudności doprowadzenia linii zasilających współpracując z urbanistami i zapowiadając im dostatecznie wcześniej potrzebę budowy linii. Stara zasada ustawiania źródeł energii w bliskości środków obciążeń musi być zachowana.

Moce pobierane przez miasta w okresie ich pełnej rozbudowy osiągają bardzo poważne wielkości. Miasto powyżej 100 tys. ludności będzie pobierało nie mniej niż 30—40 MW. Skupienie tej mocy w jednej podstacji 110-kilowoltowej jest pożądane ze względów gospodarczych, nie należy jednak za-



niedbując rozważenia wariantu z dwiema stacjami 110-kilowoltowymi, daje to bowiem uproszczenie sieci i ułatwia eksploatację. Jedna z dwóch stacji 110-kilowoltowych powinna być pomyślana jako podstawowa i wyposażona w pełną rezerwę, druga może być znacznie uproszczona.

Przedstawione rozwiązania sieci opierały się na zasadzie wprowadzania punktów zasilających wszystkich rzędów w pobliżu środków obciążenia. Techniczne konsekwencje stosowania tej zasady wyrażają się w rozbiciu źródeł zasilania na taką ilość, jaka wynika z możliwości przesyłowych sieci zasilanej.

Sieć niskiego napięcia wyznacza miejsca i moce punktów transformatorowych, które z kolei wyznaczają sieć rozdzielczą, na podstawie zaś sieci rozdzielczej wybiera się miejsce i moc punktów rozdzielczych. W zależności od wielkości obciążeń rozważanej powierzchni terenu, mocy zwarcia i względów eksploatacyjnych mogą być stosowane różne rozwiązania. Wszystkie prowadzą jednak do podobnego układu sieci i podobnego systemu pracy.

Stosując zasadę zbliżania źródeł do środków obciążeń uzyskujemy najkorzystniejsze warunki gospodarcze.

MGR INŻ. Z. GAWECKI

Politechn. Warsz.  
Zakł. Sieci Elektr.

## Układy zasilania miejskich sieci zamkniętych kratowych niskiego napięcia

711.4/5:621.316.1.027.2

**Treść.** Zagadnienia pewności ruchu, elastyczności, mocy zwarcia, warunki napięciowe w sieciach miejskich średnich napięć współpracujących z siecią zamkniętą kratową niskiego napięcia. Trzy przykłady sieci 15-kilowoltowych i ich porównanie techniczno-gospodarcze. Jednoźródłowe i wieloźródłowe zasilanie zamkniętych sieci kratowych. Linie rozdzielcze 15-kilowoltowe nie promieniowe, lecz rozcięte — dwustronne. Linie zasilające 15-kilowoltowe promieniowe.

**Схемы питания городских замкнутых сетей низковольтного типа.** Вопросы надежности работы, эластичности, мощности короткого замыкания и напряжения в городских сетях среднего напряжения, работающих на замкнутую сеть низкого напряжения решетчатого типа. Три примера сетей напряжением 15 кв и сравнение их с технико-хозяйственной точки зрения. Питание замкнутых сетей решетчатого типа из одного или нескольких источников. Распределительные линии напряжением 15 кв не радиального типа, а разрезанные двусторонние. Питательные линии радиального типа для 15 кв.

**Feeding systems for L. T. closed grid networks in towns.** Problems of service reliability, flexibility, short-circuit power and voltage conditions in M. T. city distributing lines cooperating with L. T. closed grid networks. Three instances of 15 kV systems, and technical and economic comparison between them. Single service and multi-source supply of closed grid systems. Non-radial 15 kV distributing lines as two-sided, dissected lines. Radial 15 kV supply lines.

### 1. Wstęp.

W większych rozbudowujących się miastach polskich niejednokrotnie istnieją odpowiednie warunki do stopniowej przebudowy sieci niskiego napięcia z układu otwartego na zamknięty. Obecne inwestycje sieci elektrycznej tych miast powinny być przeprowadzone z uwzględnieniem możliwości przejścia w przyszłości na układ zamkniętej sieci niskiego napięcia. Dotyczy to nie tylko sieci niskiego napięcia, lecz również sieci średnich napięć, gdyż układy obu tych sieci są od siebie zależne.

W artykule niniejszym zestawiono w ogólnych zarysach warunki, które winny spełniać układy zasilania miejskich sieci zamkniętych kratowych, oraz zilustrowano je przykładami.

### 2. Pewność ruchu.

**A. Zakłócenia w sieci niskiego napięcia i w punktach transformatorowych.**

Sieć zamkniętą niskiego napięcia cechuje duża pewność dostawy energii do odbiorców, znacznie większa niż w przypadku sieci otwartej niskiego napięcia. Przy zakłóceniach w sieci niskiego napięcia, pracującej w układzie otwartym, następuje przerwa w dostawie energii do pewnej liczby odbiorców. Przerwa w ruchu spowodowanych tego rodzaju zakłóceniami można uniknąć bądź przez wprowadzenie samoczynnego włączania rezerwy w sieci niskiego napięcia, co przy dużej liczbie odbiorców sieci miejskiej jest praktycznie niewykonalne, bądź też przez zastosowanie sieci zamkniętej niskiego napięcia.

Podobnie w razie zakłócenia w punkcie transformatorowym miejskiej sieci otwartej niskiego napięcia następuje przerwa w ruchu przeciętnie u 1000 odbiorców energii przyłączonych do jednego transformatora. Chcąc uzyskać w sieciach zarówno otwartych, jak i zamkniętych, ten sam stopień wrażliwości na uszkodzenia transformatorów, należy w sieci otwartej zastosować rezerwową jednostkę transformatorową zdolną przejąć całkowite obciążenie punktu transformatorowego bez przerwy w ruchu. W sieci zamkniętej jest to zbędne, gdyż obciążenie uszkodzonego transformatora przejmują punkty sąsiednie za pośrednictwem kabli niskiego napięcia zamkniętej sieci i żaden odbiorca nie pozostanie bez energii.

**B. Zakłócenia w sieci rozdzielczej średniego napięcia.**

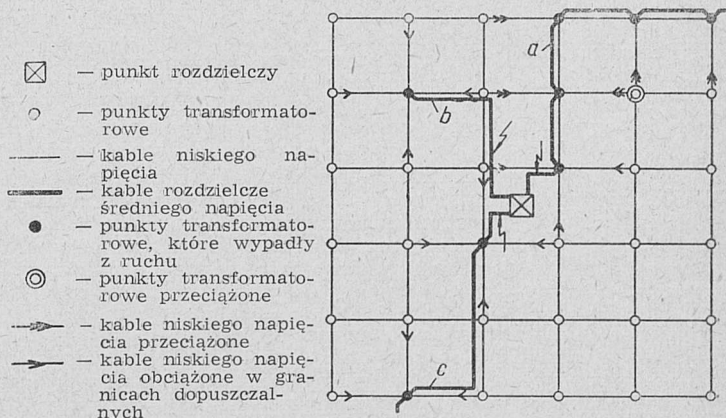
Powstaje pytanie, jakie warunki — ze względu na pewność ruchu — muszą być spełnione przy wyborze układu sieci rozdzielczej średniego napięcia w przypadkach sieci zamkniętej i otwartej, oraz jakie układy należy zastosować, aby zakłócenia w dowolnym kablu rozdzielczym średniego napięcia nie powodowały przerwy w ruchu u żadnego odbiorcy.

W przypadku sieci otwartej niskiego napięcia jest to możliwe przy zastosowaniu samoczynnego włączania rezerwowego

linii rozdzielczej średniego napięcia lub układu zamkniętego sieci rozdzielczej średniego napięcia z wybiórczym zabezpieczeniem każdego jej odcinka. Oczywiście, tego rodzaju rozwiązania miejskiej sieci rozdzielczej byłyby skomplikowane i drogie, szczególnie z uwagi na dużą liczbę punktów transformatorowych.

W przypadku sieci zamkniętej dużą pewność ruchu można uzyskać przez zastosowanie zupełnie prostych układów sieci rozdzielczej średniego napięcia, bez skomplikowanych zabezpieczeń i automatyki.

Dobór układu sieci rozdzielczej średniego napięcia zależy między innymi od wielkości rejonu, w którym sieć niskiego napięcia pracuje w układzie zamkniętym. Aby uniknąć nieporozumień, w artykule niniejszym przyjęto zasadę, że miejska sieć zamknięta kratowa niskiego napięcia jest podzielona na odrębne rejonu zamknięte, nie połączone ze sobą w ru-



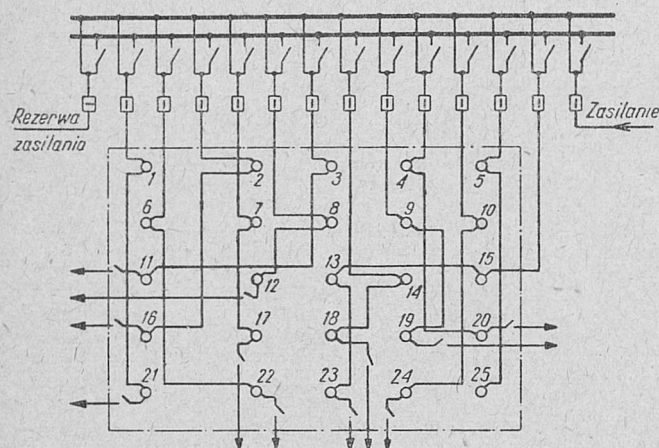
Rys. 1

chu normalnym. Wielkość tych rejonów, wyznaczoną rozplanowaniem miasta i gęstością obciążenia, można określić — z punktu widzenia zasilania — liczbą punktów transformatorowych. W jednym rejonie sieci zamkniętej znajduje się zazwyczaj 20—50 transformatorów o mocy jednostek po 250—630 kVA.

Sieć rozdzielcza średniego napięcia, która zasilą powyższe rejonu sieci zamkniętej, może pracować w układzie otwartym. Aby uzyskać przy tym wymaganą pewność ruchu, uszkodzenia w kablu rozdzielczym średniego napięcia i wyłączenie z ruchu punktów transformatorowych, przyłączonych do uszkodzonego kabla, nie powinny powodować rozszerzenia się zakłócenia i przerwy w dostawie energii do całego rejonu sieci zamkniętej. Np. gdy jeden kabel rozdzielczy ma zasiląć kilka punktów transformatorowych (rys. 1), to należy do niego przyłączyć transformatory tak rozmieszczone, aby po ich wypadnięciu

z ruchu pozostałe punkty transformatorowe i kable niskiego napięcia nie były szkodliwie przeciążone. Występuje tutaj ścisła zależność między układem sieci zamkniętej niskiego napięcia a układem sieci rozdzielczej średniego napięcia. Do jednego kabla rozdzielczego nie można przyłączyć zbyt dużej liczby sąsiadujących ze sobą punktów transformatorowych, położonych np. przy tej samej ulicy (rys. 1, kabel a). Wprawdzie kabel rozdzielczy będzie wówczas najkrótszy, lecz wypadnięcie z ruchu w okresie szczytu kilku punktów położonych obok siebie powodowałoby przeciążenie pobliskich trans-

Punkt rozdzielczy



Rys. 2. Układ jednoźródłowego zasilania sieci zamkniętej n.n.

- — — — — kable rozdzielcze średniego napięcia
- — punkty transformatorowe
- — wyłączniki
- - - - - granica rejonu sieci zamkniętej niskiego napięcia
- — połączenia z sąsiednimi punktami rozdzielczymi za pośrednictwem punktów transformatorowych sąsiednich rejonów
- — — — — punkty rozłączenia sieci

formatorów i kabli niskiego napięcia tym bardziej, że taki ruch zakłóceńowy trwać może przez dłuższy okres czasu. W rezultacie zwiększałaby się możliwość rozszerzenia zakłóceń. Można by temu zapobiec stosując duży zapas w przekrojach kabli niskiego napięcia i w mocach punktów transformatorowych (duże współczynniki rezerwy zakłóceńowej), ale rozwiązanie takie byłoby gospodarczo nieuzasadnione.

W przeciwieństwie do poprzedniego układu sieci można zastosować układ promieniowy przyłączając każdy punkt transformatorowy do osobnego kabla rozdzielczego (rys. 1, kabel b). Wówczas współczynniki rezerwy zakłóceńowej będą niskie; wystarczy niewielki zapas w przekrojach kabli niskiego napięcia i mocach transformatorów. Ponieważ sieć zamknięta zdolna jest przesłać obciążenie jednego punktu transformatorowego z punktów sąsiednich, więc przy układzie promieniowym sieci rozdzielczej spełniony jest warunek ciągłości ruchu przy zwarciu w kablu rozdzielczym średniego napięcia.

Rozwiązaniem pośrednim jest układ polegający na przyłączaniu do jednego kabla rozdzielczego niewielkiej liczby punktów transformatorowych, np. dwu transformatorów o mocy 630, 500, 400 kVA lub trzech o mocy 315, 250 kVA (rys. 1 kabel c). W razie zakłócenia w kablu rozdzielczym średniego napięcia wypadają z ruchu 2—3 punkty transformatorowe. Układ sieci rozdzielczej można w ten sposób zaprojektować, że obciążenie tych 2—3 punktów będą mogły przejąć sąsiednie elementy sieci zamkniętej bez szkodliwych przeciążeń i przez dłuższy okres czasu.

Przykłady takiego rozwiązania sieci rozdzielczej podane są na rys. 2, 3 i 10. Jest tu spełniony warunek pewności dostawy energii przy wypadnięciu z ruchu dowolnego kabla rozdzielczego; układ nadaje się więc do zasilania sieci zamkniętej niskiego napięcia. Współczynniki rezerwy zakłóceńowej w mocach transformatorów i przekrojach kabli niskiego napięcia wypadają stosunkowo niewielkie; nieco większe niż w układzie promieniowym, ale znacznie mniejsze niż w układzie z dużą liczbą punktów transformatorowych na jednym kablu. Wskutek tego koszty inwestycyjne sieci niskiego napięcia są odpowiednio mniejsze niż przy zasilaniu z jednego kabla dużej liczby punktów, a tylko nieco większe niż

w układzie promieniowym. W porównaniu z układem promieniowym ogólna długość kabli rozdzielczych będzie mniejsza; również liczba pól w punktach rozdzielczych średniego napięcia wypadła 2 do 3 razy mniejsza.

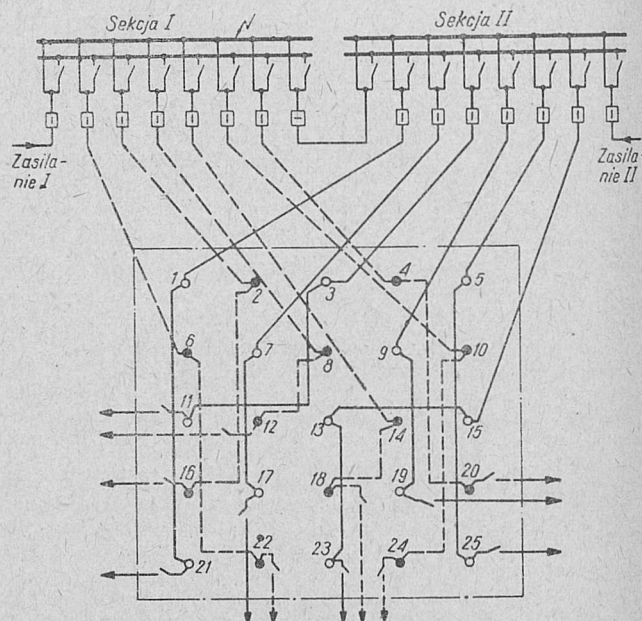
Z powyższego wynika co następuje: z uwagi na dużą pewność ruchu, którą powinna gwarantować sieć zamknięta niskiego napięcia, należy budować prostą i taną sieć rozdzielczą średniego napięcia, pracującą w układzie otwartym.

### C. Zakłócenia w punktach rozdzielczych

Następnym rodzajem zakłócenia w układzie zasilającym sieć niskiego napięcia jest zwarcie na szynach zbiorczych punktów rozdzielczych. Jest to zakłócenie zdarzające się w praktyce stosunkowo rzadko. Niemniej dobrze jest przewidzieć środki zaradcze z uwagi na to, że zwarcie na szynach powoduje wypadnięcie z ruchu całego punktu rozdzielczego (lub jednej jego sekcji) i może z kolei spowodować bardzo przykre konsekwencje w postaci np. wyłączenia całych rejonów sieci zamkniętej niskiego napięcia. Podobne warunki pracy układu występują przy wyłączeniu z ruchu punktu rozdzielczego lub sekcji. Wyłączenia te dokonywane są dla potrzeb konserwacyjnych i mogą się zdarzać znacznie częściej niż zwarcia na szynach zbiorczych.

Powstaje pytanie, czy istnieje taki układ sieci średniego napięcia, który i w tym krytycznym przypadku może zagwarantować pewność dostawy energii. Jeżeli rejon sieci zamk-

Punkt rozdzielczy



Rys. 3. Układ dwuźródłowego zasilania sieci zamkniętej n.n. (zwarcie na szynach zbiorczych sekcji I)

- — — — — kable rozdzielcze średniego napięcia sekcji I
- — — — — kable rozdzielcze średniego napięcia sekcji II
- — punkty transformatorowe sekcji I (wypadają z ruchu)
- — punkty transformatorowe sekcji II
- — wyłączniki
- - - - - granica rejonu sieci zamkniętej niskiego napięcia
- — połączenie z sąsiednimi punktami rozdzielczymi za pośrednictwem punktów transform. sąsiednich rejonów
- — — — — punkty rozłączenia sieci

niętej niskiego napięcia jest zasilany z jednej sekcji szyn punktu rozdzielczego, czyli przy tzw. zasilaniu jednoźródłowym (rys. 2), zwarcie na szynach powoduje, oczywiście, przerwę w dostawie energii dla całego rejonu. Chcąc ograniczyć czas trwania przerwy do czasu krótszego, niż tego wymaga naprawa uszkodzenia, pożądane jest wyposażyć rozdzielnię w podwójny układ szyn zbiorczych. Wówczas odbiorcy otrzymają napięcie po wykonaniu przełączeń kabli rozdzielczych na rezerwowy układ szyn i po włączeniu zasilania rozdzielni. Podwójny układ szyn ułatwi ponadto prace remontowe i konserwacyjne szyn zbiorczych. W układzie jednoźródłowym po wyłączeniu rejonu nie można przełączać kabli



rozdzielczych na zasilanie z sąsiednich punktów rozdzielczych (w układzie rozciętym sieci rozdzielczej). Nie można również włączyć kabli na rezerwowy układ szyn przy włączonym zasilaniu tych szyn. W tych przypadkach po załączeniu pierwszego kabla rozdzielczego całe obciążenie rejonu sieci zamkniętej obciążałoby ten kabel i przyłączone do niego transformatory. W konsekwencji nastąpiłoby tak znaczne przeciążenie transformatorów i kabli, że niewątpliwie spowodowałoby to dodatkowe zakłócenia.

Utrzymanie ruchu przy zwarcu na szynach punktu rozdzielczego jest możliwe tylko w tym przypadku, gdy rejon sieci zamkniętej zasilany jest z dwóch lub więcej niezależnych sekcji. Ten sposób zasilania sieci zamkniętej nazywamy dwu- lub wieloźródłowym. W razie wypadnięcia z ruchu transformatorów zasilanych z jednej sekcji pozostałe powinny przejąć pełne obciążenie rejonu przez czas trwania niezbędnych przełączeń. Przełączenia te, mające na celu włączenie wszystkich transformatorów na sieć, polegają na przerzucaniu kabli rozdzielczych na rezerwowy układ szyn zbiorczych lub na włączaniu zasilania z nieuszkodzonych sekcji punktów rozdzielczych. W przeciwieństwie do układu jednoźródłowego kable rozdzielcze można kolejno włączać na sieć, gdyż każde włączenie jednego kabla wraz z transformatorami powoduje stopniowe odciążenie pozostałych transformatorów, zasilanych z innych źródeł.

Poważny wpływ na przeciążenie transformatorów ma sposób rozmieszczenia punktów transformatorowych przyłączonych do jednej sekcji. Przykład takiego rozmieszczenia podaje rys. 3. Jest to zasilanie dwuźródłowe, przy czym co drugi punkt transformatorowy zasilany jest z tej samej sekcji. Im więcej jest punktów rozdzielczych i im więcej sekcji w punktach rozdzielczych, tym mniej transformatorów wypadnie z ruchu przy wyłączeniu jednej sekcji, a pozostałe są mniej przeciążone; niebezpieczeństwo przerwy w całym rejonie maleje ze wzrostem liczby sekcji. Jeżeli zakłócenie zdarzy się w okresie mniejszych obciążeń (lato, noc), to w układzie wieloźródłowym nie nastąpi przerwa w dostawie energii, ponieważ pozostałe w ruchu transformatory nie będą przeciążone. Natomiast w okresie szczytowego obciążenia należy liczyć się ze znacznymi przeciążeniami zarówno transformatorów, jak i kabli niskiego napięcia. Aczkolwiek przeciążenia kabli mogą wówczas osiągać, a nawet przekraczać 100% dopuszczalnego obciążenia roboczego, to jednak są one mniej groźne niż przeciążenia transformatorów, gdyż czas trwania przeciążenia, zależny od czasu wykonania przełączeń, jest stosunkowo krótki. Nie należy więc obawiać się szkodliwych następstw w postaci nadmiernego przegrzania izolacji kabla, zwłaszcza że tego rodzaju przeciążenia zdarzają się bardzo rzadko.

Poważniejsze są obawy co do przeciążenia transformatorów. W celu ich zmniejszenia należy sprawdzić i ewentualnie powiększyć rezerwy w mocy jednostek transformatorowych, co byłoby okolicznością niekorzystną ze względów gospodarczych. Ponadto sposób przyłączenia transformatorów do poszczególnych sekcji rozdzielni winien być bardzo starannie przeanalizowany, aby uniknąć nadmiernych przeciążeń transformatorów. Kwestia ta może nastęrczyć poważne trudności, albowiem w pewnych częściach „żywej” sieci trudno jest tak porządzić transformatory do poszczególnych sekcji, aby uniknąć nadmiernych przeciążeń. Wreszcie należy w eksploatacji dążyć do tego, aby omawiane przełączenia były wykonywane możliwie szybko. W tym celu również i przy zasilaniu wieloźródłowym korzystny jest podwójny układ szyn zbiorczych w punktach rozdzielczych.

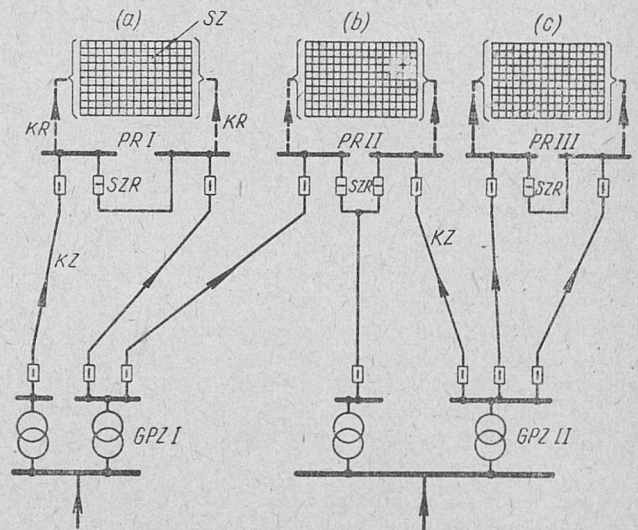
Innego rodzaju sposobem uniknięcia znacznych obciążeń po zwarcu na szynach rozdzielni jest zainstalowanie zabezpieczenia lub sygnalizacji przeciążeniowej na kablach zasilających punkty rozdzielcze. W razie wypadnięcia z ruchu jednej sekcji (np. sekcji I z rys. 3) w okresie małych obciążeń, kabel zasilający sekcję II nie będzie przeciążony i ruch jest utrzymany. Natomiast w czasie szczytu kabel ten będzie przeciążony i następuje wyłączenie sekcji, a z nią całego rejonu sieci zamkniętej. Sposób ten nie wyklucza jednak możliwości lokalnych przeciążeń transformatorów w sieci niskiego napięcia. Jeżeli nie uda się tak rozmieścić transformatorów, aby lokalne przeciążenia były wykluczone, można stosować zabezpieczenia przeciążeniowe kabli rozdzielczych, co w znacznym stopniu ochroni transformatory. Przy tym rozwiązaniu również może nastąpić wyłączenie całego rejonu sieci zamkniętej w okresie szczytowych obciążeń.

Z powyższego wynika następujący wniosek: utrzymanie ruchu przy zwarcu na szynach zbiorczych punktu rozdziel-

czego jest możliwe tylko przy zasilaniu dwu- lub wieloźródłowym; należy przy tym uwzględnić dodatkowe wymagania przy projektowaniu sieci średniego i niskiego napięcia, jak również w eksploatacji, co wpłynąć może na zwiększenie kosztu sieci.

#### D. Zakłócenia w sieci zasilającej średniego napięcia.

Zakłócenia w liniach łączących główne punkty zasilające z punktami rozdzielczymi (rys. 4) nie powinny być również przyczyną wyłączenia z ruchu rejonu sieci zamkniętej niskiego napięcia. Obciążenie uszkodzonej linii zasilającej powinno być przejęte przez inne linie zasilające, przyłączone do danego punktu rozdzielczego (rys. 4). Stąd wniosek, że sieć zasilająca jeden punkt rozdzielczy powinna składać się albo z dwu linii zasilających (rys. 4, a i 4, c) i wówczas jest 100% rezerwy w przepustowości linii, albo z trzech (rys. 4, b) lub więcej linii. Włączanie rezerwowej linii zasilającej powinno być dokonywane bez przerwy w dostawie energii. Można to uzyskać stosując np. samoczynne załączenie rezerwy (SZR, rys. 4) lub zamkniętą sieć zasilającą (np. pętlę zamkniętą) z wybiórczym zabezpieczeniem każdego odcinka sieci. Wyni-



Rys. 4

SZ — rejon sieci zamkniętej niskiego napięcia  
KR — kable rozdzielcze średniego napięcia  
KZ — kable zasilające średniego napięcia  
PR — punkty rozdzielcze  
GPZ — główne punkty zasilające  
SZR — samoczynne załączenie rezerwy

□ — wyłączniki załączone w ruchu normalnym

▣ — wyłączniki do samoczynnego załączenia rezerwy (SZR)

ka z tego, że w sieciach zamkniętych niskiego napięcia układ punktów rozdzielczych i sieci zasilających — w przeciwieństwie do układu sieci rozdzielczej — powinien odznaczać się dużą pewnością ruchu.

#### E. Zakłócenia w głównych punktach zasilających (GPZ).

Ostatnim rodzajem zakłócenia, mogącego spowodować przerwę w dostawie energii, jest zakłócenie w głównych punktach zasilających (rys. 4) lub w liniach czy elektrowniach zasilających te punkty. Wymaganie ciągłości ruchu można zdefiniować w sposób następujący: wypadnięcie z ruchu jednej sekcji średniego napięcia w GPZ spowodowane dowolną przyczyną, nie powinno powodować przerwy w dostawie energii.

Aby spełnić to wymaganie, każda linia zasilająca dany punkt rozdzielczy powinna być przyłączona do innej sekcji wspólnego GPZ (rys. 4, a) lub do różnych GPZ (rys. 4, b). Wtedy pewność ruchu sekcji średniego napięcia GPZ nie musi być duża, gdyż każda rozdzielnia sieciowa ma rezerwę zasilania z innej sekcji GPZ.

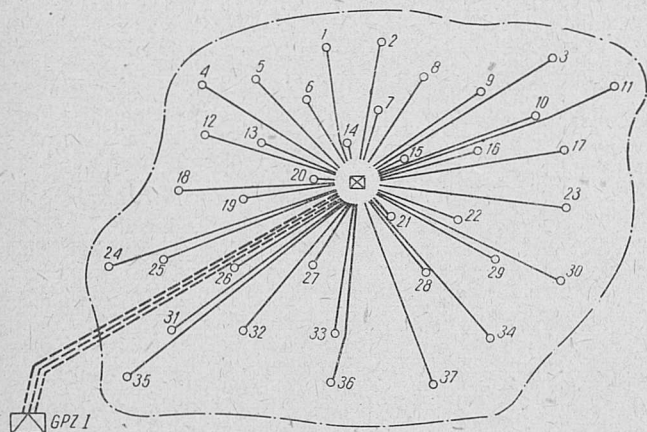
Natomiast w przypadku, kiedy rozdzielnia sieciowa zasilana jest tylko z jednej sekcji średniego napięcia GPZ (rys. 4, c) pewność ruchu GPZ musi być zagwarantowana w bardzo dużym stopniu. W tym celu główne punkty zasilające winny być zautomatyzowane i wyposażone w odpowiednie urządzenia rezerwowe.

### 3. Warunki zwarciove.

Projektując zasilanie sieci zamkniętej niskiego napięcia należy wprowadzać daleko posunięte ograniczenie mocy zwarcia.

Jednym z powodów ograniczenia mocy zwarciovej jest sprawa przekroju kabli sieci rozdzielczej średniego napięcia. Przy zastosowaniu układu promieniowego lub układu dwustronnego rozciągniętego z dwoma lub trzema punktami transformatorowymi przekrój kabli rozdzielczych — ze względu na dopuszczalne nagrzewanie prądem roboczym i na spadek napięcia — mógłby być niewielki. Małe przekroje kabli rozdzielczych można wprowadzać po odpowiednim ograniczeniu mocy zwarcia w sieci rozdzielczej średniego napięcia.

Moc zwarcia winna być również ograniczona z tego powodu, że przy zwarciach w sieci średniego napięcia lub w sie-



Rys. 5. Schematyczny plan zasilania jednego rejonu sieci zamkniętej (wariant I)

- — — kable rozdzielcze, 15 kV,  $3 \times 25 \text{ mm}^2 \text{ Al}$
- - - kable zasilające, 15 kV,  $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$
- ⊗ — punkt rozdzielczy (PR)
- ⊠ — główny punkt zasilający (GPZ), 110/15 kV
- — punkty transformatorowe
- - - - - granica rejonu sieci zamkniętej niskiego napięcia

ci najwyższych napięć prądy zwarciove dopływają nie tylko od strony najbliższego źródła, lecz również z innych źródeł za pośrednictwem zamkniętej sieci niskiego napięcia. Zjawisko to ma duże znaczenie przy zasilaniu poszczególnych rejonów sieci niskiego napięcia w sposób dwu- lub wieloźródłowy. Ten przepływ mocy zwarcia może powodować błędne zadziałania zabezpieczeń w sieci średniego i niskiego napięcia. Należy podkreślić, iż przy zasilaniu wieloźródłowym automaty sieciowe niskiego napięcia stosowane w sieci zamkniętej powinny być wyposażone nie tylko w elementy kierunkowe i zwłoczne, lecz również w element nadnapięciowy. Ten ostatni niezbędny jest dlatego, że przy ewentualnym zadziałaniu automatów na skutek przepływów mocy zwarcia powinno być umożliwione samoczynne załączanie transformatorów z chwilą ponownego pojawienia się napięcia na ich zasilaniu. Dobór wybiórczych zabezpieczeń jest możliwy tylko przy odpowiednim ograniczeniu wartości mocy zwarcia. Natomiast przy zasilaniu jednoźródłowym trudności zmniejszają się i można zastosować uproszczony typ automatu sieciowego bez elementu nadnapięciowego.

W sieciach miejskich o dużej gęstości spożycia energii odległości są niewielkie, wskutek czego tłumienie mocy zwarciovej przez oporności kabli średniego napięcia jest nieznaczne; należy więc zastosować sztuczne ograniczenie mocy zwarcia. Można to uzyskać przez sekcjonowanie układu zasilającego oraz przez zainstalowanie dławików zwarciowych lub bezpieczników średniego napięcia. W szczególności należy brać pod uwagę możliwości zmniejszenia mocy zwarcia przez zastosowanie:

- dławików na kablach rozdzielczych średniego napięcia,
- dławików na kablach zasilających średniego napięcia,
- podziału szyn zbiorczych średniego napięcia w GPZ na niezależne sekcje zasilane z osobnych transformatorów najwyższych napięć oraz podziału punktów rozdzielczych na niezależne sekcje,

d) dławików sekcyjnych w głównych punktach zasilających lub w punktach rozdzielczych, jeżeli podział na niezależne sekcje jest niewskazany,

e) bezpieczników na kablach rozdzielczych średniego napięcia,

f) dławików niskiego napięcia w stacjach transformatorowych.

### 4. Warunki napięciowe.

Dla sieci zamkniętej niskiego napięcia szczególne znaczenie ma zagadnienie różnicy poziomów napięcia i przesunięcia fazowego napięć w punktach zasilania. Przy różnicy napięć po pierwotnej stronie transformatorów pracujących na wspólnej sieci zamkniętej niskiego napięcia wystąpi zjawisko przepływu prądów wyrównawczych. Konsekwencją tego będzie przeciążenie części punktów transformatorowych oraz niedociążenie pozostałych.

Przy jednoźródłowym zasilaniu sieci zamkniętej zjawisko przepływu prądów wyrównawczych nie stanowi większego niebezpieczeństwa. Różnice napięć po pierwotnej stronie transformatorów mogą wystąpić wówczas tylko na skutek różnych strat napięć w sieci średniego napięcia. Miejskie kable rozdzielcze średniego napięcia nie są długie, spadki napięć w tych kablach nie przekraczają na ogół 1%, nie ma więc obaw powstania szkodliwych prądów wyrównawczych.

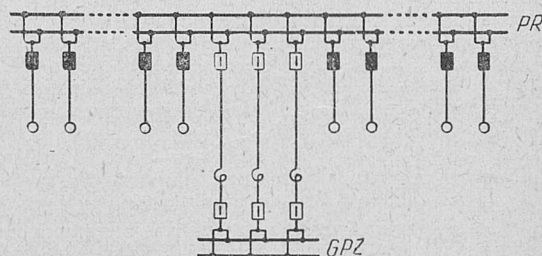
Inaczej przedstawia się sprawa przy dwuźródłowym lub wieloźródłowym zasilaniu. W tym przypadku istnieją możliwości znacznej różnicy napięć na skutek niejednakowych strat napięcia w obwodach przenoszących energię z różnych źródeł, jak również niejednakowych napięć w samych źródłach. Przy większej rozbieżności napięć moce wyrównawcze mogą osiągnąć tak duże wartości, że spowoduje to groźne przeciążenie jednego z układów zasilających przy niedociążeniu drugiego. W szczególności narażone są na przeciążenie punkty transformatorowe w sieci zamkniętej.

Szkodliwym następstwem różnicy faz i modułów napięcia można zapobiec przez dobieranie możliwie jednakowych długości i przekrojów linii, jednakowych oporności i obciążeń transformatorów obu układów, a ponadto przez regulowanie napięcia w głównych punktach zasilających lub w sieci najwyższych napięć. Obok regulacji podłużnej w pewnych przypadkach może się okazać konieczna poprzeczna regulacja napięcia. Trudności będą tym mniejsze, im bardziej są źródła ze sobą sprzęgnięte.

### 5. Przykłady zasilania sieci zamkniętej kratowej niskiego napięcia.

W celach porównawczych podane są niżej wyniki szczegółowej analizy trzech wybranych wariantów jednonapięciowej sieci średniego napięcia 15 kV, współpracującej z siecią zamkniętą kratową niskiego napięcia.

Wyniki dotyczą pewnego miasta, na którego obszarze znajdują się 372 punkty transformatorowe o mocy 250—500 kVA, podzielone na 13 rejonów sieci zamkniętej. Na rys. 5,



Rys. 6. Układ zasilania wariantu I

- ⏏ — wyłączniki
- ⏏ — odłącznik mocy z bezpiecznikami
- — punkty transformatorowe

8, 10 podano schemat zasilania jednego z rejonów sieci zamkniętej. We wszystkich trzech wariantach założono jednakową liczbę i moc głównych punktów zasilających na 110/15 kV oraz identyczne ich rozmieszczenie w terenie.

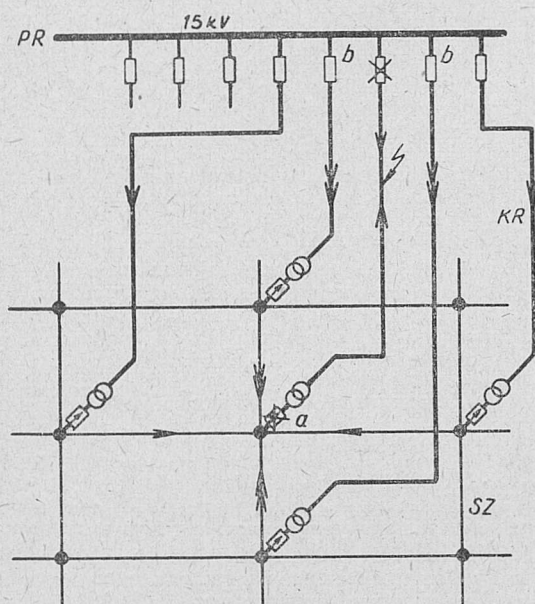
#### A. W a r i a n t I (rys. 5 i 6).

Sieć rozdzielcza 15-kilowoltowa w układzie promieniowym. Każdy rejon sieci zamkniętej jest zasilany z jednego punktu rozdzielczego. Zasilanie rejonów jest jednoźródłowe. Punkt rozdzielczy połączony jest z GPZ trzema kablami zasilającymi, pracującymi równolegle. Moc przepustowa punktu wyznaczona



na jest przepustowością 2 kabli zasilających. W razie wypadnięcia z ruchu jednego z kabli pozostałe pokryją pełne obciążenie punktu bez ich przeciążenia, a więc rezerwa w przekroju kabli wynosi 50%.

W GPZ zainstalowane są na kablach zasilających dławiki 6%, 250 A; przekrój kabli —  $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ . Rozdzielnia ma podwójny układ szyn zbiorczych na 15 kV. Kable rozdzielcze chronione są — wraz z przyłączonymi do nich transformatorami — bezpiecznikami 15-kilowoltowymi umieszczonymi na odłącznikach mocy; są one zainstalowane w punkcie rozdzielczym. Dzięki temu kable rozdzielczych nie trzeba dobierać na nagrzewanie prądem zwarcia; o przekroju ich decydują tylko nagrzewanie prądem roboczym oraz spadek napięcia. Ponieważ do każdego kabla przyłączony jest tylko jeden transformator o mocy do 500 kVA, obciążenie i spadki napięć są tak małe, że nadaje się najmniejszy stosowany przekrój kabli 15-kilowoltowych —  $3 \times 25 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ . W punktach transformatorowych wyposażenie po stronie 15 kV składa się tylko z odłącznika i głowicy kablowej. Po stronie niskiego napięcia za-



Rys. 7

- |                                                 |                                       |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
| SZ — sieć zamknięta niskiego napięcia (wycinek) | — bezpieczniki 15-kilowoltowe         |
| KR — kable rozdzielcze 15-kilowoltowe           | — automaty sieciowe niskiego napięcia |
| PR — punkt rozdzielczy 15-kilowoltowy           |                                       |

instalowany jest automat sieciowy uproszczony, bez elementu nadnapięciowego.

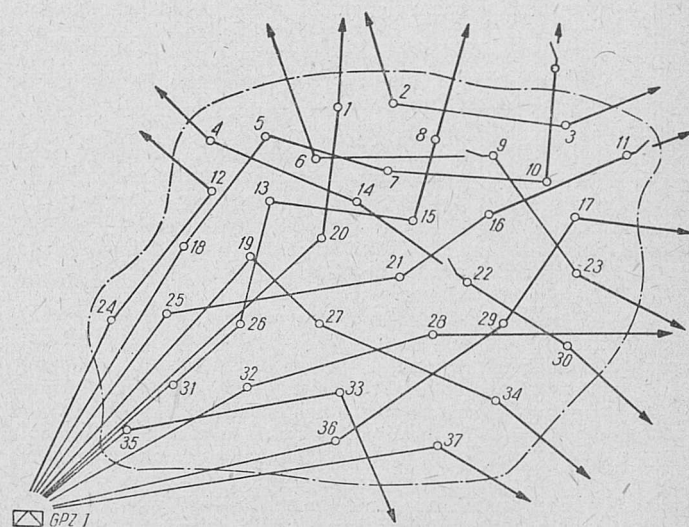
Pewność dostawy energii zagwarantowana jest przy wypadnięciu z ruchu zarówno kabla rozdzielczego, jak i kabla zasilającego.

Przy pracy równoległej trzech kabli zasilających moc zwarcia na szynach zbiorczych punktu rozdzielczego — pomimo zastosowania dławików 6-procentowych — może osiągnąć w rozpatrywanym przykładzie wartość do 160 MVA. Natomiast zmniejsza się w znacznym stopniu niebezpieczeństwo przepływu mocy zwarcia przez sieć niskiego napięcia, gdyż tylko przy zwarcu na kablu rozdzielczym może ona osiągnąć dość znaczne wartości (rys. 7). W tym przypadku powinno zadziałać zabezpieczenie kierunkowe automatu sieciowego niskiego napięcia w punkcie transformatorowym, zasilanym z uszkodzonego kabla (automat a z rys. 7), dzięki czemu zakłócenie zostanie zlokalizowane. Nie ma jednak całkowitej pewności, czy nie przepalił się bezpiecznik 15-kilowoltowy w jednym z sąsiednich punktów transformatorowych (np. bezpieczniki b z rys. 7). Jest to wada układu promieniowego sieci rozdzielczej. Można by tę wadę usunąć przez zastąpienie bezpieczników wyłącznikami. Prowadziłoby to jednak do zastosowania dużej liczby wyłączników, jak również do zwiększenia przekroju kabli rozdzielczych lub do zainstalowania dużej liczby dławików na tych kablach. Takie rozwiązania byłyby gospodarczo nieuzasadnione.

W wariancie I niebezpieczeństwo przepływu prądów wyrównawczych na skutek różnic napięciowych praktycznie nie istnieje, gdyż powstają one tylko z powodu niewielkiej różnicy strat napięcia w sieci rozdzielczej 15-kilowoltowej.

W układzie promieniowym liczba pól punktów rozdzielczych jest bardzo duża; w podanym przykładzie (rys. 5) jest 37 pól kabli rozdzielczych nie licząc pól rezerwowych. Przyłączenie nowego punktu transformatorowego wymaga ułożenia osobnego kabla z rozdzielni. W okresie przejściowym, kiedy nie wszystkie rozdzielnie są wybudowane, nie ma możliwości przyłączenia punktów transformatorowych położonych w dzielnicę pozbawioną rozdzielni bez zachwiania zasady układu sieci promieniowej. Nie ma również możliwości przerzucenia obciążenia danego punktu transformatorowego na inną linię rozdzielczą średniego napięcia, czy na inny punkt rozdzielczy.

Podobnie mało elastyczna jest sieć wariantu I w przypadku wzrostu obciążenia całego rejonu sieci zamkniętej. Gdy przepustowość kabli zasilających okaże się niewystarczająca, jedyną możliwością pokrycia nadwyżki obciążenia jest ułożenie dodatkowego kabla zasilającego. Ten sposób powiększenia przepustowości punktu rozdzielczego może być przyczyną niepożądanego wzrostu poziomu mocy zwarcia. W szczególności zwiększenie mocy zwarcia wystąpi w przypadku, kiedy roz-

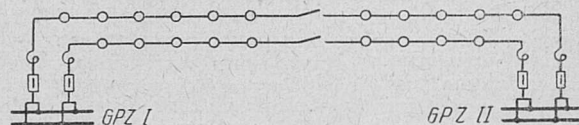


Dys. 8. Schematyczny plan zasilania jednego rejonu sieci zamkniętej (wariant II)

- |     |                                                                                        |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|
| —   | kable rozdzielcze, 15 kV, $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$                       |
| ○   | punkty transformatorowe, 15/0,4 kV, 250 ÷ 500 kVA                                      |
|     | główny punkt zasilający (GPZ), 110/15 kV                                               |
| →   | połączenia z innymi GPZ za pośrednictwem punktów transformatorowych sąsiednich rejonów |
| --- | granica rejonu sieci zamkniętej niskiego napięcia                                      |

dzielnia pozostanie jako jednosekcyjna ze względu na zasadę jednoźródłowego sposobu zasilania sieci zamkniętej niskiego napięcia.

Układ promieniowy jest ponadto niedogodny do zasilania indywidualnych większych obiektów nie włączonych do sieci zamkniętej niskiego napięcia. Tego rodzaju odbiorcy ener-



Rys. 9. Układ zasilania wariantu II

- |   |                           |
|---|---------------------------|
|   | — wyłączniki              |
| ○ | — punkty transformatorowe |
| — | — punkty rozcięcia sieci  |

gii występują często w dzielnicach wielkomiejskich; są to np. wielkie gmachy biurowe, obiekty przemysłowe, podstacje trakcyjne itp. Wymagania co do pewności ruchu omawianych obiektów są duże; z reguły konieczne jest dwustronne zasilanie z sieci średniego napięcia. Transformatory służące do zasilania tych obiektów nie zawsze mogą być chronione tylko bezpiecznikami, umieszczonymi na odłącznikach mocy. Najczęściej — ze względu na dużą moc szczytową, zabezpieczenia i ewentualną automatykę — konieczne jest zastosowanie

wyłączników. W pewnych przypadkach może okazać się niezbędne zainstalowanie dławików w rozdzielniach sieciowych ze względu na wytrzymałość zwarciową kabli rozdzielczych. Ponieważ pola odpyływowe punktów rozdzielczych wyposażone są tylko w odłączniki mocy z bezpiecznikami, a sieć rozdzielcza średniego napięcia jest promieniowa, zasilanie indywidualnych odbiorców energii jest utrudnione i połączone ze zwiększonymi kosztami inwestycyjnymi urządzeń rozdzielczych i sieci średniego napięcia.

Powyższe przykłady świadczą o najważniejszej wadzie układu promieniowego sieci rozdzielczej — bardzo małej elastyczności. Brak elastyczności cechuje również sieć zasilającą wariantu I pracującą w układzie zasilania jednoźródłowego. W układzie tym nie ma możliwości regulowania i zmiany obciążenia poszczególnych elementów sieci. Operacje takie są w warunkach ruchowych bardzo pożądane np. z uwagi na przeciążenie.

W układzie jednoźródłowym brak jest również elastycznego wyzyskania rezerw. Poszczególne główne punkty zasilające mają ściśle określony zasięg zasilania; sieć miejska podzielona jest na odrębne obszary stanowiące zamkniętą w sobie całość.

Ogólnie należy stwierdzić, że wariant I nadaje się do zasilania sieci zamkniętej niskiego napięcia, jest układem prostym, lecz mało elastycznym.

B. Wariant II (rys. 8, 9).

Jest to układ bez punktów rozdzielczych. Punkty transformatorowe zasilane są wprost z głównych punktów zasilających o napięciach 110/15 kV siecią pętlową — rozciętą lub dwustronną — rozciętą. Linie przyłączone są na ogół do dwu różnych GPZ, czasem do dwu sekcji 15-kilowoltowych jednego GPZ. Wariant II jest przykładem wieloźródłowego zasilania sieci zamkniętej niskiego napięcia.

W punktach transformatorowych zainstalowane są w polu transformatorowym wyłączniki 15-kilowoltowe, w polach kablowych odłączniki, z których jeden jest odłącznikiem mocy. Po stronie niskiego napięcia znajduje się automat sieciowy wyposażony w element zarówno kierunkowo-zwłoczny, jak i nadnapięciowy. W wybranym przykładzie zastosowano kable o przekroju  $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ . W GPZ zainstalowano na kablach dławiki na 4%, 250 A. Do jednego kabla przyłączono 8–12 punktów transformatorowych o mocy 250–500 kVA położonych na trasie kabla między dwoma GPZ w kilku różnych rejonach sieci zamkniętej niskiego napięcia. W ruchu normalnym pętla lub linia dwustronna jest rozcięta w połowie, a więc 4–6 transformatorów zasilają się jednostronnie.

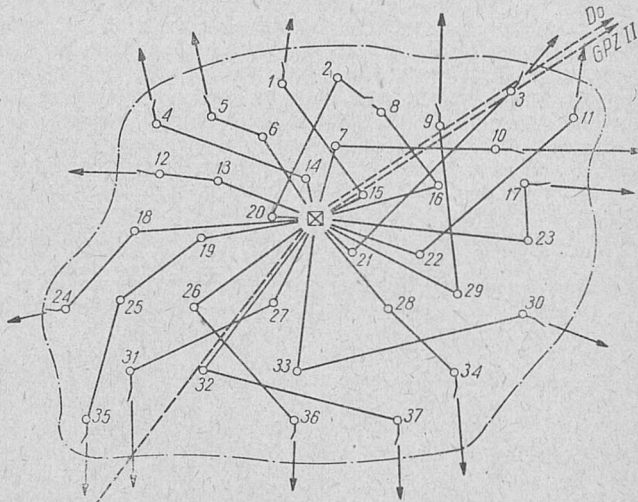
Kable są obliczone na jednostronne zasilanie wszystkich 8–12 punktów transformatorowych, przy czym decydujące jest nagrzewanie prądem roboczym. Wynika z tego, że rezerwa w przekroju kabli wynosi 100%. Kable układa się w ten sposób, że wypadnięcie z ruchu połowy linii, a więc 4–6 punktów transformatorowych, nie powoduje zaburzeń w pracy sieci niskiego napięcia.

Układ powyższy spełnia warunek pewności dostawy energii w przypadku zakłóceń w sieci 15-kilowoltowej. Rejony zamkniętej sieci, położone w pobliżu GPZ powinny być zasilane z możliwie największej liczby sekcji szyn 15-kilowoltowych tego GPZ tak, aby w razie wypadnięcia z ruchu jednej sekcji pozostałe sekcje mogły pokryć obciążenie bez zaburzeń w sieci niskiego napięcia. Jest to wykonalne pod warunkiem zastosowania co najmniej trzech sekcji w każdym GPZ oraz odpowiedniego doboru tras kabli. Z powyższego wynika, iż w wariantie II warunek pewności zasilania może być spełniony również przy zwarciach na szynach rozdzielni 15-kilowoltowej w GPZ.

Układ wariantu II w przeciwieństwie do wariantu I stanowi połączenie sieci całego miasta w jedną wspólną całość. Poszczególne rejony sieci zamkniętej niskiego napięcia będą zasilane z kilku źródeł. Np. rejon sieci z rys. 8 jest zasilany co najmniej z trzech sekcji GPZ I, a więc trójźródłowo. Rejony położone w środku miasta, jednakowo odległe od kilku GPZ, będą zasilane z jeszcze większej liczby sekcji 15-kilowoltowych; istnieje więc możliwość przetrwania obciążeń na poszczególne GPZ po wykonaniu przełączeń w sieci.

Należy podkreślić, iż praktycznie nie można stworzyć takiego układu sieci dwustronnej, w którym każdy rejon sieci zamkniętej niskiego napięcia byłby zasilany tylko z jednej sekcji GPZ, a granice rejonów stanowiłyby granice rozcięcia torów. Przy kilku niezależnych sekcjach GPZ jest to niewykonalne ze względów terenowych, tzn. z uwagi na ukształtowanie poszczególnych dzielnic, stanowiących naturalne rejony zamkniętej sieci.

W omawianym układzie istnieją trudności z przyłączeniem większego indywidualnego odbiorcy. Zastosowanie odgałęzień z wyłącznikami w punktach transformatorowych może napotkać lokalne trudności (np. brak celek) i nie zawsze rozwiązuje sprawę ze względu na ograniczoną przepustowość kabli zasilających punkty transformatorowe. Wówczas jako jedyne rozwiązanie pozostaje budowa osobnej rozdzielni 15-kilowoltowej z niezależnym zasilaniem z GPZ. Również w czasie rozwoju



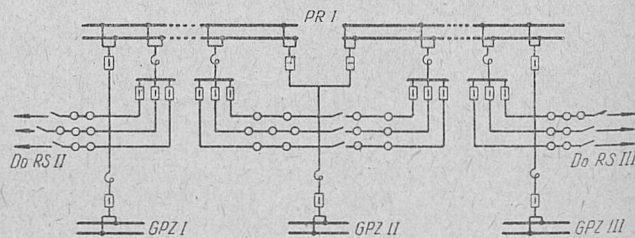
Rys. 10. Schematyczny plan zasilania jednego rejonu sieci zamkniętej (wariant III)

- kable rozdzielcze, 15 kV  $3 \times 35 \text{ mm}^2 \text{ Al}$
- kable zasilające, 15 kV  $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$
- o — punkty transformatorowe 15/0,4 kV, 250 ÷ 500 kVA
- ⊠ — punkt rozdzielczy 15-kilowoltowy
- ⊠ — główny punkt zasilający (GPZ) 110/15 kV
- granica rejonu sieci zamkniętej
- połączenie z sąsiednimi punktami rozdzielczymi za pośrednictwem punktów transformatorowych sąsiednich rejonów
- punkty rozcięcia sieci

ju sieci mogą być trudności z przyłączeniem nowego nieprzewidzianego punktu transformatorowego. Ponadto w pierwszych etapach rozbudowy kable o stosunkowo dużym przekroju mogą być niedostatecznie wyzyskane.

Jedną z najważniejszych wad omawianego układu jest duża liczba wyłączników oraz kabli 15-kilowoltowych o znacznym przekroju, wskutek czego sieć wymaga dużej ilości metali kolorowych.

Każdy miejski punkt transformatorowy jest przyłączony dwustronnie do kabla  $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ . Trasy tych kabli prze-



Rys. 11. Układ zasilania wariantu III

- ⊠ — wyłączniki
- ⊠ — wyłączniki rezerwowej linii zasilającej
- o — punkty transformatorowe
- punkty rozcięcia sieci

biegają przez całe miasto i są mało przejrzyste. Układ ma cechy sztuczności, czego przyczyną jest przede wszystkim brak punktów rozdzielczych.

Z uwagi na dużą liczbę transformatorów przyłączonych w różnych punktach miasta do jednego kabla odszukiwanie uszkodzenia w kablu jest utrudnione, co jest poważną wadą eksploatacji.

Ponadto niekorzystnie przedstawiają się warunki zwarciowe i napięciowe. Jak w każdym układzie zasilanym z kilku źródeł, następuje tu zjawisko przepływu mocy wyrównaw-



czych przez sieć zamkniętą niskiego napięcia. Skutkiem tego wymagania stawiane regulacji napięcia są wysokie. Ponadto występują tu przepływy mocy zwarcia przez sieć niskiego napięcia, uniemożliwiające zastosowanie w punktach transformatorowych bezpieczników 15-kilowoltowych, które mogłyby się przepalać. Wobec dużej liczby transformatorów przyłączonych do jednego kabla niezbędne jest indywidualne zabezpieczenie przeciwzwarceniowe każdego transformatora. Z tych względów w punktach transformatorowych zainstalowane są wyłączniki 15-kilowoltowe.

Ogólnie należy stwierdzić: wariant II nadaje się do zasilania sieci zamkniętej niskiego napięcia, lecz pociąga za sobą zużycie znacznych ilości metali kolorowych, jest bardzo mało przejrzysty i niedogodny w eksploatacji.

C. W a r i a n t III (rys. 10, 11).

Rejon sieci zamkniętej niskiego napięcia jest zasilany z jednego punktu rozdzielczego 15-kilowoltowego, którego szyny zbiorcze podzielone są na dwie sekcje.

Układ sieci rozdzielczej 15-kilowoltowej tworzą linie dwustronne rozcięte lub pętle rozcięte. Do jednej linii przyłącza się 4–6 punktów transformatorowych; w ruchu normalnym tor rozcięty jest w środku, a więc jednostronnie zasilane są 2 lub 3 transformatory.

Przy liniach dwustronnych końce torów wyprowadza się z dwu sąsiednich punktów rozdzielczych, zasilających dwa różne rejonu sieci zamkniętej, i wtedy do jednego toru przyłączone są transformatory obu rejonów. Linie dwustronne rozcięte są w ruchu normalnym na granicy rejonów sieci zamkniętej.

W przypadku pętli końce jej przyłącza się do dwu sekcji 15-kilowoltowych tej samej rozdzielni; wówczas wszystkie 4–6 transformatorów danej pętli pracują w tym samym rejonie sieci zamkniętej.

W punkcie rozdzielczym zainstalowano w konkretnym przykładzie dławiki na 4%, 160 A, przy czym do jednego dławika przyłączone są 3 kable. Dzięki temu można zastosować kable rozdzielcze o przekroju  $3 \times 35 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ . W polach kabli rozdzielczych zainstalowane są wyłączniki. Wyposażenie punktów transformatorowych po stronie 15 kV jest następujące: w polu transformatorowym — odłącznik mocy, w polach kablowych — jeden odłącznik i jeden odłącznik mocy. Automaty sieciowe niskiego napięcia, podobnie jak w wariantie II, mają pełne wyposażenie.

Punkt rozdzielczy zasilany jest w ruchu normalnym dwoma kablami zasilającymi; ponadto doprowadzony jest trzeci kabel — rezerwowo, włączany samoczynnie z chwilą wypadnięcia z ruchu jednego z kabli roboczych. Przepustowość punktu rozdzielczego wyznaczona jest przepustowością dwu kabli zasilających, a więc rezerwa w przekroju kabli zasilających wynosi 50%. Każda sekcja punktu rozdzielczego zasilana jest z osobnego kabla. Kable zasilające rozdzielnię przyłączone są do różnych GPZ lub do różnych sekcji 15-kilowoltowych w tym samym GPZ. Rozdzielnia wyposażona jest w podwójny układ szyn zbiorczych 15-kilowoltowych.

Ponieważ w ruchu normalnym dwa kable zasilające pracują na dwie niezależne sekcje rozdzielni, jest to układ zasilania dwuźródłowego z rezerwą z trzeciego źródła. W GPZ zainstalowane są na kablach zasilających dławiki na 4%, 250 A; przekrój kabli zasilających wynosi  $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ .

Punkty transformatorowe przyłączone do połowy toru rozdzielczego (2–3 transformatory) położone są w terenie w ten sposób, że ich jednoczesne wyłączenie nie powoduje zaburzeń w sieci zamkniętej, ani przerwy w dostawie energii.

Zastosowano również omówiony w rozdz. 2 sposób przyłączania kabli rozdzielczych do poszczególnych sekcji rozdzielni. Dzięki temu w okresie mniejszych obciążeń może być zapewniona dostawa energii przy zwarcu na szynach zbiorczych punktu rozdzielczego bez wykonywania przełączeń. Na kablach zasilających zastosowane jest zabezpieczenie przeciążeniowe, które powoduje wyłączenie rejonu w razie zwarcia na szynach w okresie szczytu.

Z powyższego wynika, że wariant III spełnia warunki pewności ruchu układu, zasilającego sieć zamkniętą niskiego napięcia.

Każdy rejon sieci zamkniętej zasilany jest z dwu źródeł. Może więc wystąpić zjawisko przepływu mocy zwarcia przez sieć zamkniętą niskiego napięcia. Wielkości tych przepływów mocy zwarcia charakteryzują następujące wyniki pomiarów na analizatorze sieciowym prądu stałego, wykonane dla układu sieci wielkiego miasta, opartej na zasadach wariantu III:

a) przy zwarciach na szynach zbiorczych 110-kilowoltowych głównych punktów zasilających największa moc zwarcia, która może przepłynąć przez jeden rejon sieci zamkniętej niskiego napięcia, osiąga wartość ok. 30 MVA, co stanowi prawie 3-krotną wartość sumarycznego obciążenia znamionowego transformatorów danego rejonu;

b) przy zwarciach na szynach zbiorczych 15-kilowoltowych punktu rozdzielczego największa moc zwarcia wynosi ok. 60 MVA, co stanowi blisko 6-krotną wartość sumarycznego obciążenia znamionowego transformatorów danego rejonu.

W wyniku powyższych pomiarów nasuwają się następujące wnioski:

a) moc zwarcia przepływająca przez sieć zamkniętą niskiego napięcia nie stanowi groźby ani dla transformatorów

T a b l i c a I. Porównanie gospodarcze trzech wariantów

| Warianty                        |                          | I    | II   | III  |
|---------------------------------|--------------------------|------|------|------|
| Koszty inwestycyjne (mln zł)    | Kable rozdzielcze, 15 kV | 20,0 | 48,6 | 14,7 |
|                                 | Kable zasilające, 15 kV  | 15,3 | —    | 19,1 |
|                                 | Urządzenia rozdzielcze   | 29,9 | 29,0 | 36,4 |
| Razem                           |                          | 65,2 | 77,6 | 70,2 |
| Roczne straty energii (GWh/rok) | Kable rozdzielcze, 15 kV | 0,43 | 1,29 | 0,32 |
|                                 | Kable zasilające, 15 kV  | 2,26 | —    | 4,25 |
|                                 | Razem                    | 2,69 | 1,29 | 4,57 |
| Koszty roczne (mln zł)          | Koszty stałe             | 14,3 | 17,1 | 15,5 |
|                                 | Koszty strat             | 0,4  | 0,2  | 0,7  |
|                                 | Ogółem                   | 14,7 | 17,3 | 16,2 |

na 15/0,4 kV, ani dla pozostałych elementów sieci średniego czy niskiego napięcia;

b) przepływy mocy zwarcia przez sieć niskiego napięcia wykluczają możliwość stosowania zwykłych bezpieczników 15-kilowoltowych w stacjach transformatorowych lub też bezpieczniki te należy dobierać na prąd znacznie większy od prądu znamionowego transformatorów; w sieci zamkniętej niskiego napięcia można stosować bezpieczniki, lecz o opóźnionym działaniu (tzw. „twarde”).

Wobec małej liczby transformatorów na kablu rozdzielczym w wariantie III zabezpieczenie transformatorów od zwarcia jest wspólne dla transformatorów jednego kabla i znajduje się w punkcie rozdzielczym. Punkty transformatorowe wyposażone są tylko w odłączniki mocy.

W wariantie III również istnieje możliwość przepływu prądów wyrównawczych przy nierównych napięciach w punktach zasilających. Prądy wyrównawcze mogą płynąć w następującym obwodzie (rys. 4, b): od szyn 15-kilowoltowych GPZ przez linię zasilającą jedną z sekcji punktu rozdzielczego, przez sieć rozdzielczą tej sekcji, sieć zamkniętą niskiego napięcia, sieć rozdzielczą i zasilającą drugiej sekcji punktu rozdzielczego do drugiej sekcji 15-kilowoltowej GPZ.

W celu wyznaczenia wartości tych prądów wyrównawczych w rozpatrywanej sieci wykonano na analizatorze sieciowym prądu stałego pomiar oporności zastępczych wspomnianych obwodów. Z kolei wykonano obliczenia i okazało się, iż przy różnicy modułów napięć na szynach 15-kilowoltowych GPZ, wynoszącej 2,5%, moce wyrównawcze przepływające przez poszczególne rejonu sieci zamkniętej zawierały się w granicach 370–1520 kVA. Moce szczytowe poszczególnych rejonów dochodzą do 13 MVA, a więc moce wyrównawcze dochodzą co najwyżej do 12% obciążeń szczytowych. Różnica napięć 2,5% nie przedstawia jeszcze poważniejszego niebezpieczeństwa, jednak jest bliska granicy, przy której przeciążenie jednego układu zasilania przy niedociężeniu drugiego osiągnie niedopuszczalne wartości. Należy to uwzględnić przy opracowaniu regulacji napięcia; w pewnych przypadkach może okazać się konieczna podłużna i poprzeczna regulacja napięcia na szynach 15-kilowoltowych w GPZ.

Wariant III ma ważną zaletę — dużą elastyczność. Zarówno obciążenia poszczególnych stacji transformatorowych, jak również kabli 15-kilowoltowych oraz głównych punktów zasilających na 110/15 kV, mogą być w szerokich granicach regulowane przez obsługę. W tym celu należy wykonać przełączenia, odciążając zagrożone elementy sieci.

Wariant III stwarza ponadto dogodne warunki rozbudowy sieci. Brak w pierwszych etapach niektórych punktów rozdzielczych, czy głównych punktów zasilających nie stanowi przeszkody w planowym rozwoju sieci. Znaczący to, iż zasilanie

dowolnego odbiorcy na terenie miasta można tak wykonać, że wszystkie elementy tego zasilania będą w pełni wyzyskane w przyszłości. Np. obiekt powstający na terenach, gdzie nie ma jeszcze punktu rozdzielczego, może być zasilany kablem rozdzielczym 15-kilowoltowym z rozdzielni w sąsiedniej dzielnicy. Kabel ten będzie wyzyskany w przyszłości, gdyż przewidziane są połączenia sąsiednich rejonów siecią rozdzielczą 15-kilowoltową. Podobnie jest w przypadku braku któregoś z głównych punktów zasilających, ponieważ są one również połączone ze sobą kablami zasilającymi 15-kilowoltowymi.

#### D. Porównanie gospodarcze wariantów I, II, III.

W tabl. I zestawiono — dla poszczególnych wariantów — wyniki przybliżonych obliczeń kosztów inwestycyjnych, rocznych strat energii i kosztów rocznych sieci 15-kilowoltowej dla rozpatrywanego obszaru wielkiego miasta (według cen z roku 1951).

Przy obliczaniu rocznych kosztów stałych przyjęto roczny odpis inwestycyjny w wysokości 22% kosztów inwestycyjnych. Koszt 1 kWh strat energii przyjęto 0,15 zł.

Koszt urządzeń rozdzielczych obejmuje koszt punktów rozdzielczych 15-kilowoltowych, koszt pól 15-kilowoltowych w głównych punktach zasilających oraz koszt różnicy wyposażenia punktów transformatorowych.

Z zestawienia wynika, iż wariant I jest najtańszy i ma stosunkowo małe straty energii. Dość duży koszt kabli rozdzielczych wynika z układu promieniowego (do każdego transformatora doprowadzony jest osobny kabel). Koszt urządzeń rozdzielczych przy tak dużej liczbie pól jest stosunkowo niski, gdyż wyposażenie rozdzielni jest bardzo proste. Straty energii w kablach zasilających są niższe od analogicznych strat w wariantach II, III, gdyż wszystkie kable są w ruchu normalnym pod obciążeniem, a ponadto długość tych kabli jest mniejsza niż w wariantach II, III.

Wariant II posiada najwyższe koszty. Uderza duży koszt kabli (duża ilość kabli  $3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ ). Choć nie ma punktów rozdzielczych, koszt urządzeń rozdzielczych jest niemały, gdyż występuje duża liczba pól 15-kilowoltowych w głównych punktach zasilających, a ponadto w każdym punkcie transformatorowym zainstalowany jest wyłącznik. Straty w kablach 15-kilowoltowych są w wariantach II, III najniższe, co jest oczywiste przy tak dużym ich przekroju.

Koszty inwestycyjne wariantu III są mniejsze niż wariantu II, lecz większe niż wariantu I. Straty w sieci 15-kilowoltowej

są w wariantach II, III największe; przyczyną tego jest pozostawienie bez obciążenia rezerwowego kabla zasilającego. Należy jednak podkreślić, że straty energii w miejskiej sieci 15-kilowoltowej są nieznaczne i udział kosztów strat w sumarycznych kosztach rocznych — niewielki (tabl. I).

W ogólnym bilansie strat w sieci decydujące znaczenie odgrywają straty energii w transformatorach i w sieci niskiego napięcia, a te są jednakowe we wszystkich trzech wariantach.

#### 6. Wnioski.

a) Sieć rozdzielczą 15-kilowoltową powinno się projektować w układzie dwustronnym (lub pętlowym) rozciętym. Układ taki jest dogodniejszy od układu promieniowego.

b) Przy wyborze układu sieci zasilającej 15-kilowoltowej należy dążyć do tego, aby rezerwa jawna lub ukryta w przekroju kabli wynosiła nie więcej niż 50% przekroju wszystkich kabli zasilających.

c) W celu podniesienia pewności dostawy energii należy wprowadzać automatyzację miejskiej sieci 15-kilowoltowej, przede wszystkim sieci zasilającej. Szczególne znaczenie ma w tym przypadku samoczynne włączanie rezerwy.

d) W sieci wielkiego miasta powinny być budowane punkty rozdzielcze 15-kilowoltowe. Układ sieci bez punktów rozdzielczych, oparty prawie wyłącznie na głównych punktach zasilających o napięciach 110/15 kV, jest kosztowny, nieprzejrzysty i w eksploatacji niedogodny. Punkty rozdzielcze współpracujące z siecią zamkniętą niskiego napięcia powinny być wyposażone w podwójny układ szyn zbiorczych.

e) Układ jednoźródłowego zasilania jest rozwiązaniem prostszym i tańszym od układów dwu- lub wieloźródłowych. Rezerwy w transformatorach sieci zamkniętej mogą być mniejsze, upraszcza się układ sieci rozdzielczej, wymagania co do zabezpieczeń i regulacji napięcia są mniejsze. Natomiast układ ten cechuje mała elastyczność oraz trudności z niezbędnym ograniczeniem mocy zwarcia w sieci średniego napięcia.

Układy dwu- lub wieloźródłowe odznaczają się dużą elastycznością i mniejszym poziomem mocy zwarcia. Stwarzają one jednak możliwości przepływów mocy przez sieć zamkniętą niskiego napięcia przy zwarcia i przy różnicach napięć w punktach zasilających. Ponadto — z uwagi na możliwości przeciążeń w razie wypadnięcia z ruchu jednego ze źródeł — należy szczególnie starannie rozplanować sieć rozdzielczą i ewentualnie zwiększyć rezerwy w transformatorach. W rezultacie rozwiązanie jest bardziej złożone i wymaga większych nakładów inwestycyjnych.

#### LITERATURA

- do trzech poprzednich artykułów (mgr inż. Cz. Mejro, mgr inż. T. Kahl, mgr inż. Z. Gawęcki)
- A j z e n b e r g B. L. Zamknuta elektryczeska sieć bez sieciowych awtomatów, 1948
- G ł a z u n o w A. A. i M i e l n i k o w N. A. Raszczot zamkniętych gorodskich elektryczeskich sieć, 1937
- S i e d o w P. G. Gorodskie zamknuťje elektrosiet, 1935
- M e n n y K. Die wirtschaftliche Bemessung städtischer Drehstrom-Niederspannungsnetze, 1935
- M a n g o l d W. Die wirtschaftliche Ausgestaltung städtischer Drehstromnetze, 1933
- S z t e i n h a u s E. O. Woprosy energosnabżenja w planirowkie gorodow, 1952
- Przesył i rozdział energii elektrycznej, t. IV, 1952
- M a n g o l d W. Die zunehmende Bedeutung des Kurzschlussproblems bei wachsenden Energiedichte, 1941
- A j z e n b e r g B. L. O racjonalom postrojenji gorodskich elektryczeskich sieć, Elektricestwo, 1951, nr 2
- A j z e n b e r g B. L. Wybor sposaba raszczota gorodskich elektryczeskich sieć, Elektricestwo, 1952, nr 12
- G ł a z u n o w A. A., B i e s s m i e r t n y j I. S. i W o r o n c o w F. F. Osnownyje położenja postrojenja schiem gorodskich elektryczeskich sieć, Elektricestwo, 1952, nr 12
- K a s a r i e w W. K. i S z c z e g ł o w A. P. Opyt wneńdżenja poľuzamknutyh i zamknutyh schiem w gorodskich elektrosietach, Elektricestwo, 1952, nr 8
- S o ł d a t k i n a L. A. K woprosu o schiemach gorodskoj elektrosieti niskowo napriażenja, Elektricestwo, 1953, nr 12
- Zamknięte rozdzielcze miejskie sieci kablowe niskiego napięcia, Przegl. Elektrot., 1937, nr 9
- B i e s s m i e r t n y j I. S. Metodika projektirowanja i raszczotnyje pokazateli komunalnych elektrosiet, Elektricestwo, 1951, nr 10
- C e j t l i n M. I. Wybor schiem i paramietrow gorodskich raspriedielitelnych sistem, Elektricestwo, 1950, nr 6
- N i k o g o s o w S. N. O principach postrojenja gorodskich kabielnych sieć sriedniewo napriażenja, Elektricestwo, 1952, nr 8
- B e a r d I., H a l d a n e T. G. N. The design of city distribution systems and the problem of standardization. Journ. IEE, 1927, vol. 65, nr 361
- B a r n e t t H. G. Secondary network planning, Electr. World, 1941, VIII, IX
- N i c h i l s o n C. T. Simulated network checks actual system, Electr. World, 1940, IX
- O l m s t e d L. M. Load division in networks, Electric. Journal, 1934, VI

MGR INŻ. WITOLD MICHALAK

Politechnika Warszawska  
Zakład Sieci Elektrycznych

## Uziemienie punktu zerowego w miejskich sieciach kablowych

711.4/5.621.3.052.333:621.316.1.027.026/3

Treść. Omawiane są główne czynniki, mające decydujące znaczenie przy wyborze sposobu uziemienia punktu zerowego w sieciach kablowych średnio-wysokich napięć.

Заземление нуля в городских кабельных сетях. Обсуждаются главные факторы, имеющие решающее значение при выборе способа заземления нуля в кабельных сетях среднего напряжения.

Neutral point earthing in urban cable networks. The article deals with the main factors of decisive influence in the selection of neutral point earthing methods for medium and high tension urban cable networks.

#### 1. Wstęp.

Zagadnienie uziemienia punktu zerowego w sieciach kablowych jest mniej dokładnie opracowane niż w sieciach napowietrznych. Przyczyną jest tu trudniejsza obserwacja sieci kablowych. Dane zebrane w eksploatacji sieci napowietrznych

dają się tylko częściowo wykorzystać dla sieci kablowych ze względu na inne warunki pracy oraz różne pod względem ilościowym zjawiska występujące przy zwarcia.

Wybór sposobu uziemienia punktu zerowego sieci musi być dokonany przede wszystkim na podstawie analizy wa-



runków napięciowych oraz prądowych przy zwarciach doziemnych, które zależą pod względem zarówno jakościowym, jak i ilościowym, od rodzaju oraz wartości oporności uziemiającej punkt zerowy.

Wartość oporności uziemiającej może być różna — praktycznie biorąc równa zero, jeżeli punkt zerowy będzie uziemiony bezpośrednio, w granicznym zaś przypadku równa nieskończoności, jeżeli punkt zerowy będzie izolowany. Oporność ta może być czynna lub indukcyjna.

Wartość i rodzaj oporności uziemienia ma zasadniczy wpływ na przepięcia oraz wartości prądów przy jednofazowym zwarciu doziemnym.

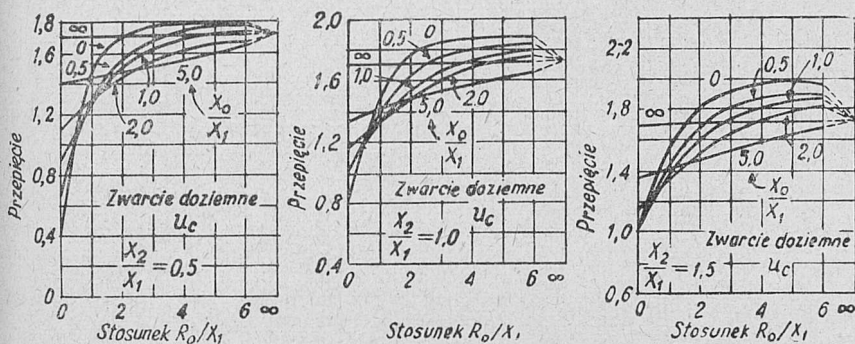
## 2. Przepięcia.

Przepięcia powstające przy wymienionych wyżej zwarciach mogą być dwójakiego rodzaju: ustalone i nieustalone. Przepięcia ustalone\*) (o częstotliwości roboczej) mogą osiągnąć dwukrotną wartość napięcia fazowego. Wartość przepięcia zależy od parametrów układu, głównie zaś od stosunków

$$\frac{X_0}{X_1} \text{ i } \frac{R_0}{X_1},$$

gdzie  $X_0$  i  $R_0$  — oporności dla składowej zerowej w obwodzie zwarcia,

$X_1$  — oporność dla składowej zgodnej w obwodzie zwarcia.



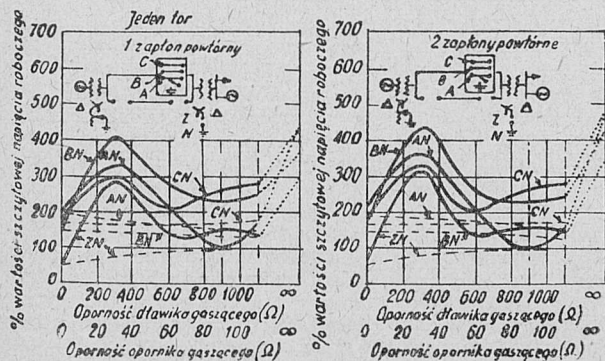
Rys. 1. Krzywe przepięć w miejscu zwarcia w zależności od oporności układu

Na rys. 1 przedstawiona jest zależność przepięć od wyżej wymienionych parametrów [2].

Dobór  $X_0$  i  $R_0$  (a więc dobór oporności uziemiającej) uwarunkowany jest dopuszczalnym poziomem przepięć ustalonych. U nas dobiera się oporności uziemiające w taki sposób, aby

$$\frac{X_0}{X_1} \leq 3 \text{ i } \frac{R_0}{X_1} \leq 1.$$

Spełnienie tych dwóch warunków stwarza układ o tzw. skutecznym uziemionym punkcie zerowym. Wartości przepięć ustalonych nie przekraczają wtedy 1,6 napięcia fazowego.



Rys. 2. Wpływ oporności uziemiającej na przepięcia nieustalone wywołane łukiem przerywanym

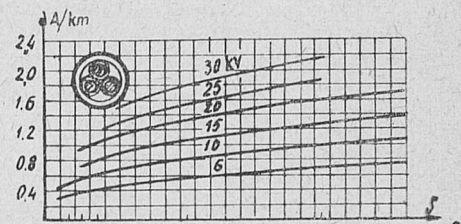
Krzywa ciągła — uziemienie przez dławik gaszący  
Krzywa przerywana — uziemienie przez opornik gaszący

Uzyskanie skuteczności uziemienia punktu zerowego jest zależne w poważnym stopniu od rodzaju transformatorów i połączenia ich uzwojeń. W układach dużych mocy, w których  $X_1$  jest małe, uzyskanie odpowiednio małej wartości  $X_0$

jest możliwe tylko wtedy, kiedy jedno z uzwojeń transformatora jest połączone w trójkąt. Zazwyczaj jednak transformatory dużej mocy bądź posiadają jedno z uzwojeń roboczych połączone w trójkąt, bądź są wyposażone w dodatkowe uzwojenie wyrównawcze (połączone w trójkąt). Moc takiego uzwojenia jest zazwyczaj rzędu 1/3 mocy znamionowej transformatora.

Skuteczne uziemienie punktu zerowego sieci pozwala na zastosowanie transformatorów o zmniejszonej odpowiednio wytrzymałości izolacji oraz na zastosowanie tańszych odgromników. Przy średnich napięciach, a więc w sieciach kablowych, oszczędność na izolacji transformatorów jest problematyczna i dlatego nie wykorzystuje się tej możliwości. Zatem znaczne ograniczenie przepięć ustalonych w sieciach kablowych nie jest specjalnie ważne.

Uziemienie punktu zerowego ma natomiast ważne znaczenie w zagadnieniu ograniczania znacznie groźniejszych przepięć nieustalonych (o częstotliwości znacznie większej od roboczej), powstających na skutek łuku przerywanego przy jednofazowych zwarciach doziemnych. Przepięcia nieustalone mogą teoretycznie biorąc osiągnąć blisko 7,5-krotną, a praktycznie blisko 4,5-krotną wartość napięcia fazowego. Wartość przepięcia zależy głównie od rodzaju i wartości oporności uziemiającej. Przeprowadzone za granicą badania takich przepięć na analizatorze na prostych układach sieciowych wyka-



Rys. 3. Prąd zwarcia doziemnego kabli trójfazowych z izolacją rdzeniową (żyły okrągłe)

zały, że wartość przepięcia w zależności od rodzaju i wartości oporności uziemiającej przedstawia się jak na rys. 2 [2].

Krzywe ciągle odpowiadają na wykresie uziemieniu przez dławik, krzywe przerywane uziemieniu przez opornik. Początek układu współrzędnych odpowiada warunkom, w których układ jest skutecznie uziemiony.

Przepięcia przy uziemieniu przez opornik są stosunkowo niewielkie, nie przekraczają 2-krotnej wartości napięcia fazowego. Natomiast przy uziemieniu przez dławik mogą być znacznie większe. Krzywe na rys. 2 wykazują, że największe przepięcia mogą wystąpić przy izolowanym punkcie zerowym oraz przy oporności odpowiadającej mniej więcej 1/3 oporności rezonansowej. Minimum wartości przepięć występuje dla dwóch charakterystycznych punktów: jednego odpowiadającego skutecznemu uziemieniu punktu zerowego i drugiego odpowiadającego uziemieniu przez dławik rezonansowy.

Powyższe wykresy mogą stanowić, oczywiście, tylko pewną ilustrację zagadnienia.

Przepięcia wywołane łukiem przerywanym mogą powstać tylko wtedy, kiedy łuk przy zwarcu doziemnym utrzyma się przez pewien okres czasu. Jeżeli punkt zerowy jest izolowany, to przy jednofazowym zwarcu doziemnym prąd zwarcia będzie zależał głównie od pojemności sieci (poza wartością napięcia). Jeżeli wartość prądu jest dostatecznie duża, to łuk w miejscu zwarcia może nie zgasnąć. Literatura [2] podaje, że graniczną wartością prądu pojemnościowego, przy której łuk gaśnie, jest 5 A. W sieciach kablowych pojemności są tak duże, że prąd zwarcia doziemnego zawsze przekracza wymienioną wartość.

Na rys. 3, 4 i 5 podane są wykresy wartości prądów zwarcia doziemnego w funkcji napięć znamionowych i przekrojów kabli. Zatem — praktycznie biorąc — izolowanie punktu zerowego w sieciach kablowych jest wykluczone.

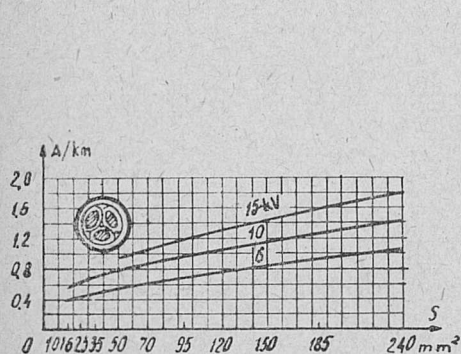
Przy bezpośrednim uziemieniu prąd zwarcia jednofazowego w miejscu zwarcia jest bardzo duży, nie może więc być mowy o samoczynnym zgaszeniu łuku. Z drugiej strony duża wartość prądu zmniejsza prawdopodobieństwo powstania łuku przerywanego, a więc i prawdopodobieństwo przepięć jest

\*) Nazwa potoczna — podskok napięcia na fazach zdrowych.

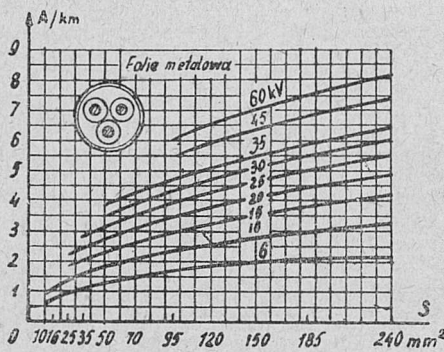
mniejsze. Niemniej możliwość powstawania przepięć istnieje, jeżeli układ nie jest uziemiony skutecznie.

Przy uziemieniu punktu zerowego przez oporność indukcyjną rezonansową idealnie dostrójoną prąd bierny w miejscu zwarcia jest równy zero, a zatem i łuk gaśnie przy pierwszym przejściu wartości chwilowej przez zero. Niebezpieczeństwo przepięć na skutek łuku przerywanego nie istnieje. Jednakże w praktyce nigdy nie da się skompensować idealnie prądu zwarcia z dwóch powodów: 1) w prądzie zwarcia istnieje składowa czynna wynikająca z oporności czynnych obwodów zwarcia, 2) dostrójenie idealne dławika jest praktycznie niemożliwe ze względu na to, że regulacja oporności odbywa się skokami, a poza tym dostrajanie dławika do każdej zmiany pojemności sieci jest nieopłacalne.

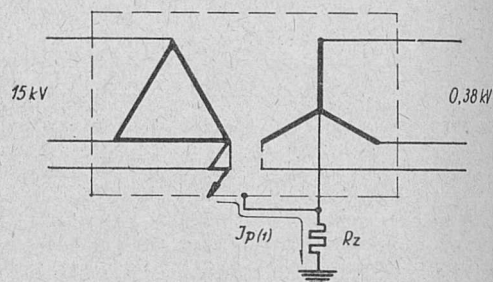
Z powyższego wynika, że zawsze istnieje prąd resztkowy, który może być dostateczny do podtrzymania łuku. Wartość prądu resztkowego przy kompensacji musi być jednak znacznie większa niż przy izolowanym punkcie zerowym, aby łuk w miejscu zwarcia mógł się utrzymać. Wynika to z tego, że prąd resztkowy jest przesunięty w fazie o mniejszy kąt niż przy izolowanym punkcie zerowym, oraz z korzystnego wpły-



Rys. 4. Prąd zwarcia doziemnego kabli trójfazowych z izolacją rdzeniową (żyły sektorowe)



Rys. 5. Prąd zwarcia doziemnego kabli o polu promieniowym (typu Hochstädtera i kabli jednożyłowych)



Rys. 6. Schemat obwodu zwarcia doziemnego w stacji transformatorowej na 15/0,4 kV

wu dławika, który opóźnia narastanie napięcia powrotnego na przerwie łukowej po zgaśnięciu łuku, wskutek czego zapłon wtórny jest utrudniony. Im większa jest wartość składowej czynnej prądu resztkowego, tym korzystniejsze są warunki ostatecznego zgaszenia łuku. Idealne dostrójenie dławika nie jest konieczne [3]. Przy napięciu 30 kV skuteczność gaszenia łuku jest dostateczna przy rozstrojeniu o 25%, przy wyższych napięciach rozstrojenie może być mniejsze (60 kV — 20%, 100 kV — 10%).

Powyższe określenie nie jest jednak jednoznaczne. Skuteczność gaszenia łuku zależy także od wartości bezwzględnej prądu resztkowego. Np. dla sieci 60-kilowoltowej podaje się, że wartość 50–60 A stanowi górną granicę dopuszczalnego prądu resztkowego, przy czym składowa czynna jest większa od biernej.

W sieciach kablowych prądy pojemnościowe zwarcia jednofazowego są stosunkowo duże. W dużych miastach mogą osiągać kilkaset i więcej amperów, a zatem prawdopodobieństwo znacznego prądu resztkowego jest duże zwłaszcza, że w takich sieciach powstaje często konieczność przełączeń, co pociąga za sobą dosyć duże zmiany pojemności. Np. odłączenie kabla na napięciu 15 kV o przekroju 120 mm<sup>2</sup> i długości 5 km powoduje zmianę prądu przy zwarciu jednofazowym o ~ 20 A. Tego rzędu, a nawet większe zmiany w dużych sieciach kablowych mogą się zdarzać bardzo często.

W sieciach kablowych mniejszych miast prądy nie przekraczają 100 A, a zmiany wartości prądów są rzadsze i mniejsze, sprawa ograniczenia prądu resztkowego jest więc tam łatwiejsza.

### 3. Prądy zwarciorowe i ich skutki.

Wybór sposobu uziemienia punktu zerowego musi być rozpatrzony z punktu widzenia wpływu wartości prądów zwarcia jednofazowego na urządzenia sieciowe oraz na bezpieczeństwo obsługi sieci.

W przeważającej większości układów sieciowych wartości prądów zwarcia jednofazowego są mniejsze od prądów zwarcia trójfazowego nawet przy uziemieniu bezpośrednim tak, że wytrzymałość urządzeń nie wymaga sprawdzania na zwarcia doziemne.

Wartości prądu początkowego przy zwarcu jednofazowym i trójfazowym wyznacza się odpowiednio według wzorów:

$$I_{p(1)} = \frac{1,1 \cdot \sqrt{3} U}{\sqrt{(X_1 + X_2 + X_0)^2 + (R_1 + R_1 + R_0)^2}}$$

$$I_{p(3)} = \frac{1,1 U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_1^2 + R_1^2}},$$

gdzie  $U$  — napięcie znamionowe sieci.

W większości układów sieciowych średnio wysokich napięć wartość oporności  $\sqrt{(X_1 + X_2 + X_0)^2 + (R_1 + R_1 + R_0)^2}$  jest przeszło dwukrotnie większa od wartości oporności  $\sqrt{X_1^2 + R_1^2}$  głównie ze względu na dużą wartość oporności  $X_0$  (wartość  $X_2$  równa się  $X_1$ ). W rozległych sieciach kablowych przenoszących moce rzędu kilkunastu i kilkudziesięciu megawatów, jak to bywa w sieciach dużych miast, zaczyna odgrywać rolę także oporność  $R_0$ , w której skład wchodzi oporność uziemienia.

W niektórych jednak przypadkach prąd zwarcia jednofazowego może być większy od prądu zwarcia trójfazowego.

Zabezpieczenia sieci przy bezpośrednim uziemieniu punktu zerowego są proste i skuteczne w eksploatacji, każde bowiem

zwarcie doziemne jest zwarcie fazy. Na ogół koszt zabezpieczeń jest mniejszy niż przy zastosowaniu kompensacji.

Bardzo ważnym zagadnieniem związanym z uziemieniem punktu zerowego jest ochrona ludzi przed porażeniami. Sprawa ta musi być specjalnie podkreślona dla sieci miejskich. Sieci takie stosuje się przede wszystkim w miastach o stosunkowo gęstej zabudowie, gdzie transformatory rozdzielcze bywają umieszczane w budynkach mieszkaniowych. Przy takim rozwiązaniu niemożliwe jest oddzielenie uziemienia ochronnego od uziemienia roboczego. Pociąga to za sobą poważne niebezpieczeństwo powstawania groźnych napięć dotyku, a poza tym niebezpieczeństwo wzrostu napięcia po stronie niskonapięciowej przy zwarcu ziemnym w stacji po stronie wysokonapięciowej. Wyjaśnia to rys. 6.

Na przykład w pewnej sieci miejskiej dużego miasta moc zwarcia trójfazowego w stacji na 15/0,4 kV wynosi 100 MVA. Obliczony prąd zwarcia doziemnego wynosiłby ok. 1500 A. Przy oporności uziemienia równej 1 Ω napięcie między punktem zerowym strony niskiego napięcia a ziemią osiągnie 1500 V. Ograniczenie prądu przepływającego przez oporność uziemienia jest możliwe tylko przez zastosowanie dławika uziemiającego. Opornik teoretycznie biorąc może ograniczyć prąd jedynie do wartości odpowiadającej izolowanemu punktowi zerowemu. Praktycznie biorąc wartość prądu będzie większa ze względu na ograniczenie wartości oporności, opornik bowiem o zbyt dużej oporności stworzyłby układ o izolowanym punkcie zerowym, co ze względu na przepięcia jest niedopuszczalne.

Ograniczenie wartości prądu za pomocą oporności biernej praktycznie biorąc jest możliwe tylko przez zastosowanie dławika rezonansowego, dławik bowiem o innej oporności stwarza niebezpieczeństwo przepięć.

Drugim sposobem przeciwdziałania przepięciom po stronie niskiego napięcia jest zmniejszenie oporności uziemienia. Wykonanie sztucznego uziemienia o dostatecznie małej oporności jest praktycznie niemożliwe. Natomiast istnieje możliwość wykorzystania jako uziemiaczy płaszczy kabli zarówno średniego, jak i niskiego napięcia oraz przewodów wodociągowych. Określenie oporności wykonanego w ten sposób uziemienia jest jednak bardzo trudne i zmusza do ostrożnego jej szacowania, co z kolei nie daje zadowalającego rozwiązania



zagadnienia. Poza tym sprawa ta nie jest jeszcze dostatecznie zbadana.

Trzecim sposobem ochrony przed porażeniem jest ograniczanie czasu trwania zwarcia. Napięcie powodujące porażenie musi być tym większe, im czas trwania zwarcia jest krótszy [4]. Oczywiście, wchodzą tu w grę czasy bardzo małe tak, że tylko zastosowanie bezpieczników mogłoby dać zadowalające rozwiązanie. Aby jednak bezpieczniki działały dostatecznie szybko, prąd zwarcia musi być odpowiednio duży. Można to uzyskać przez bezpośrednie uziemienie punktu zerowego. Jednak i w tym przypadku rozwiązanie będzie tylko częściowe, ponieważ przy zwarciu niepełnym (przez oporność) wartość prądu może być za mała, żeby bezpiecznik przepalił się dostatecznie szybko, a z drugiej strony zbyt duża, żeby napięcie dotyku i wzrost napięcia między punktem zerowym strony niskiego napięcia a ziemią były dopuszczalne.

Z powyższego wynika, że w sieciach kablowych dużych miast sprawa ograniczania prądów jednofazowego zwarcia doziemnego może mieć zasadnicze znaczenie.

Wartość prądów zwarcia jednofazowego musi być poza tym rozważona z punktu widzenia niezawodności zasilania. Przy dużych wartościach prądów każde zwarcie doziemne musi być natychmiast wyłączone. Zmniejsza to pewność zasilania. W sieciach kablowych dużych miast pewność zasilania jest jednym z najważniejszych wymagań, wskutek czego z reguły stosuje się zasilanie dwiema liniami lub automatyczne włączanie rezerwy. Decydują o tym zwarcia trójfazowe.

Zastosowanie dławików rezonansowych, które pozwoliłyby utrzymać w ruchu kabel uszkodzony przy zwarciu jednofazowym, nie daje w takich przypadkach żadnych korzyści zwłaszcza, że liczba zwarć jednofazowych w sieciach kablowych jest znacznie mniejsza niż w sieciach napowietrznych (ok. 30% wszystkich zwarć), a poza tym dłuższe utrzymywanie w pracy kabla uszkodzonego przy podwyższonym napięciu fazy (rys. 1) może doprowadzić do przekształcenia się zwarcia jednofazowego w dwufazowe lub trójfazowe.

W sieciach kablowych małych miast, w których często nie stosuje się rezerwowego zasilania, zastosowanie dławików rezonansowych może zwiększyć pewność zasilania.

#### 4. Wybór układu połączeń transformatorów.

Z zagadnieniem uziemienia punktu zerowego sieci wiąże się ściśle wybór układu połączeń transformatorów. Jeżeli uzwojenia transformatorów po stronie sieci rozpatrywanej będą

łącznie, to potrzebne są sztuczne punkty zerowe (transformatory uziemiające o układzie połączeń zygzak lub gwiazda-trójkąt przy uziemieniu bezpośrednim lub cewki Baucha, ewentualnie Reithoffera, przy zastosowaniu kompensacji). U nas istnieje tendencja stosowania trójfazowego uzwojenia na napięciu 15 kV, a więc sieci kablowe miejskie musiałyby mieć stwarzane sztucznie punkty zerowe.

Przy połączeniu gwiazdowym sztuczne punkty zerowe są niepotrzebne, co daje niższe koszty urządzeń uziemiających. Jednak sumaryczne koszty nie zawsze muszą być większe przy połączeniu uzwojeń transformatorów w trójkąt, ponieważ w wielu przypadkach wchodzi w grę zwiększony koszt transformatorów ze względu na konieczność wyposażenia ich w uzwojenia wyrównawcze (połączone w trójkąt).

Jeżeli sieć jest zasilana z transformatorów prądnicowych, które z reguły po stronie napięcia prądnic mają uzwojenia połączone w trójkąt, to połączenie w gwiazdę po stronie zasilania sieci rozpatrywanej jest rozwiązaniem najtańszym. Natomiast jeżeli sieć jest zasilana z transformatorów odbiorczych (np. 110/15 kV, 60/15 kV, 30/15 kV), które po stronie wyższego napięcia prawie bez wyjątku mają układ połączeń w gwiazdę, połączenie po stronie zasilania w gwiazdę wymaga dodatkowego uzwojenia wyrównawczego. Koszt takiego transformatora można wyznaczyć sprowadzając jego moc do równoważnej mocy transformatora dwuuzwojeniowego równej sumie mocy wszystkich uzwojeń [2].

Przy porównywaniu kosztów zależnych od sposobu uziemienia punktu zerowego należy zatem brać pod uwagę oprócz kosztu urządzeń uziemiających również koszty transformatorów. Pewien wpływ na sumę kosztów mogą mieć także zabezpieczenia przeciwzwarcia. Porównanie gospodarcze może decydować o sposobie uziemienia punktu zerowego tylko w przypadku wyraźnej różnicy kosztów poszczególnych wariantów rozwiązania.

#### LITERATURA

- [1] Sirotinski L. I. Technika wysokich napiężeń
- [2] Przesył i rozdział energii elektrycznej (Praca zbior.)
- [3] Jakubowski J. L. Technika wysokich napięć
- [4] Kuzniecowa A. N. Technika bezpieczeństwa w energetycznych instalacjach
- [5] Present-Day Practice in Grounding of Transm. System (Trans. AIEE, 1947)

MGR INŻ. W. SMOLUCHOWSKI

## Wytyczne rozwoju przemysłu silników elektrycznych na tle potrzeb użytkowników\*)

### 1. Główne cele konferencji.

Dziedzina maszyn elektrycznych, a tym bardziej zastosowania tych maszyn łącznie z odpowiednimi aparatami, czyli dziedzina napędów elektrycznych, zawierają w sobie tak szeroką problematykę, że starczyłaby ona na wiele konferencji. Praktyka dotychczas odbytych konferencji naukowo-technicznych dowodzi jednak, że tylko wtedy przynoszą one realną korzyść, kiedy zarówno jej cele są wyraźnie określone, jak i tematyka jest dokładnie wyodrębniona i dostatecznie wąska.

Już same referaty wydrukowane w Przeglądzie Elektrotechnicznym\*\*) są realnym przyczynkiem do postępu technicznego, porządkują pewne pojęcia, informują o osiągnięciach i konkretnie formułują pewne uzasadnione postulaty.

Potrzeba konferencji i odbycie jej właśnie obecnie wynika z dwu okoliczności.

1) Przemysł maszyn elektrycznych stoi w przededniu spreycyzowania Planu 5-letniego. Zadania tego przemysłu w okresie lat 1956—1960 będą niewątpliwie przedłużeniem i rozszerzeniem zadań na lata 1954—1955, wynikających ze wskazań PZPR i rządu, a nakreślonych w artykule kol. wiceministra Z. Kopczyńskiego. Zważywszy, że wyroby, produkowane przez przemysł maszyn elektrycznych, nie stanowią w swej większości dóbr bezpośrednio konsumpcyjnych, lecz dobra inwestycyjne, które dopiero na terenie innych gałęzi przemysłu będą służyć wspólnie z urządzeniami wytwórczymi do produkcji towarów bezpośrednio zaspokajających potrzeby ludności, można stwierdzić, że zadaniem przemysłu maszyn elektrycznych będzie ilościowe i asortymentowe zaspokojenie potrzeb prze-

mysłów, będących jego odbiorcami. Stąd wynika pierwszy główny cel konferencji: ustalenie potrzeb odbiorców w zakresie maszyn elektrycznych i układów napędowych.

2) Polski przemysł elektromaszynowy przeżywa obecnie zwrotny punkt w całym swym dotychczasowym rozwoju. Produkowaliśmy dotąd maszyny elektryczne na podstawie dokumentacji przedwojennej, opartej w większości na licencji jednej z firm zachodnio-europejskich. Oczywiście, wprowadzono u nas pewne ulepszenia, dokonano tzw. małej modernizacji, tworząc od przypadku do przypadku własnymi siłami typy specjalne, niekiedy bardzo udane, ale zasadnicza myśl konstrukcyjna w odniesieniu do głównej masy wytwarzanych maszyn była obca, technicznie przeważnie przestarzała. Obecnie przyszedł moment zastąpienia dotychczasowej dokumentacji nową, co w konsekwencji pociąga za sobą zmianę materiałów, zmianę technologii wytwarzania, zmianę elektrycznych właściwości maszyn i ich wymiarów. Po wprowadzeniu w zeszłym i bieżącym roku serii silników klatkowych, opartych na licencji radzieckiej, opracowuje się u nas — po raz pierwszy w takim zakresie — nową własną dokumentację dla całych serii maszyn, które niebawem wejdą do programu produkcji. Przejszcie to, stanowiące dla wielu starszych praktyków w przemyśle poniekąd rewolucję, odbywa się na szerokim froncie: w zakresie silników asynchronicznych (od 100 kW do największych mocy), w zakresie maszyn synchronicznych, a w nieco dalszej przyszłości w zakresie maszyn prądu stałego. Oczywiście, pociąga to za sobą dalsze skutki, na podstawowych seriach oparte są bowiem pochodne wykonania: różnego rodzaju silniki specjalne, jak np. dźwigowe, przeciwwybuchowe, morskie itp. O tych wielkich zmianach w których wyniku za kilka lat wszystkie dotych-

\*) Streszczenie koreferatu generalnego wygłoszonego na Krajowej konferencji w sprawie maszyn i napędów elektrycznych.

\*\*) Zesz. 2, 1954.



czasowe typu maszyn elektrycznych będą wycofane i zastąpione innymi, należy poinformować odbiorców i usłyszeć od nich słowa krytyki.

## 2. Problemy dyskusyjne.

Problematykę konferencji można podzielić na 5 części: 1) silniki trójfazowe asynchroniczne małe (o mocy do ok. 100 kW), 2) silniki trójfazowe asynchroniczne i synchroniczne duże (o mocy ponad 100 kW), 3) maszyny prądu stałego, 4) akcesoria do maszyn elektrycznych, 5) zagadnienia napędowe.

Ponadto w dyskusji powinny być poruszone zagadnienia dużej wagi dla wytwórców i odbiorców, a nie poruszone w zgłoszonych referatach, np. zagadnienie normalizacji, katalogów, informacji w pismach technicznych itp.

Silniki trójfazowe asynchroniczne o mocy do 100 kW przy 4 biegunach (o średnicy blach poniżej 500 mm)

Dwie podstawowe serie, obejmujące przy 4 biegunach zakres mocy od 0,6 kW do 100 kW, stanowią silniki SBJd (okapurturzone, ściślej mówiąc według dawnych PNE-23 — chronione) i SZJd (zamknięte z chłodzeniem żebrowym). Obie te serie, przewidziane do produkcji w dużej liczbie jednakowych egzemplarzy, buduje się na podstawie dokumentacji radzieckiej, opracowanej dla tzw. serii jednolitej ze szczególnym uwzględnieniem wymagań technologicznych, stawianych produkcji wielkoseryjnej.

W znacznej większości przypadków silniki klatkowe obu tych serii zupełnie wystarczą, aby jako wykonanie normalne zaspokoić wymagania odbiorcy. Bywają jednak przypadki, kiedy niecelowe i nieekonomiczne, a czasem technicznie niewykonalne byłoby naginanie warunków napędu do właściwości silnika typowego. W takich przypadkach słuszną jest — po dokonanej już typizacji — specjalizacja, opierająca się, oczywiście, na możliwie wielu wspólnych elementach z wykonaniem typowym. Taka specjalizacja przewidziana jest w Związku Radzieckim, gdzie obok serii jednolitej A i Ao istnieją także jej odmiany.

Odmiany dotyczące formy wykonania obejmują silniki kołnierzone bez łap, kołnierzone z łapami i silniki bez kadłuba do wbudowania w obudowę maszyny napędzanej. Katalogiem M-10 objęte były dotąd tylko silniki kołnierzone bez łap, których tylko 3 najmniejsze wielkości mogły pracować w położeniu poziomym (a wszystkie wielkości w położeniu pionowym). Odmiana z łapami i kołnierzem pozwala na ustawienie poziome wszystkich wielkości. Ponadto z katalogu radzieckiego, obejmującego modyfikacje, wynika, że silniki pierwszych trzech wielkości, a więc do mocy 7 kW przy 1450 obr./min, mogą być montowane łapami do ściany w pionowym położeniu wałka. Tym samym spełniony byłby dezyderat wysunięty przez przemysł obrabiarkowy. Silniki do wbudowania, złożone tylko z uzwojonego pakietu blach stojanowych, z wirnika z klatką (ale bez wału) i z wentylatora, stanowią również wykonanie przewidziane w „modyfikacjach” jako typ AW. Konieczność wprowadzenia do produkcji krajowej takich silników podkreśla w swym referacie prof. Lando. Ze strony przemysłu maszyn budowlanych wysunięto życzenie, aby do wciągarek budowlanych dostarczać silniki kołnierzone z kołnierzem od strony przeciwnej niż wolny czop wału. Życzenie to, jak również drugie dotyczące wyprowadzenia dwu wolnych czopów wału przy normalnych silnikach budowy zamkniętej, zapewne nie da się łatwo spełnić (z wyjątkiem silników dźwigowych).

Odmiany, dotyczące rodzaju silników i ich charakterystyk, obejmują silniki pierścieniowe, silniki z podwyższonym momentem rozruchowym, z powiększonym poślizgiem i z ulepszonymi współczynnikami energetycznymi. Z referatu CBKME wynika, że dolna granica mocy silników pierścieniowych dla pracy ciągłej wyniesie ponad 10 kW. Zgłaszane były, między innymi przez rolnictwo, żądania obniżenia tej granicy. Chodzi przy tym nie tylko o uniknięcie skutków dużego natężenia prądu przy bezpośrednim włączeniu silników klatkowych, ale także o możliwość płynnej regulacji prędkości, stosowanej np. przy drukarkach, o poborze mocy kilku kilowatów. Dlatego też radziecki szereg mocy silników pierścieniowych AK rozpoczyna się od mocy 2,8 kW przy 4 biegunach (od wielkości 5). Należałoby się zastanowić, czy wobec tego nie powinna być obniżona dolna granica mocy silników pierścieniowych, jakkolwiek sytuację ratować mogą w pewnym stopniu silniki dźwigowe, pierścieniowe, które według projektu CBKME mają mieć najniższą moc 1 kW przy pracy przerywanej 25% i przy odpowiednio obniżonej mocy mogłyby pracować w sposób ciągły.

Żądanie odpowiednio wielkiego momentu obrotowego w okresie rozruchu (dezyderat z przemysłu obrabiarkowego), w szczególności uniknięcia siodła niższego niż 50% momentu znamionowego, spełniają prawdopodobnie normalne silniki serii A i AO, jakkolwiek ich moment pociągowy (w pierwszej chwili rozruchu) jest stosunkowo niski. Danych dotyczących przebiegu momentu brak zarówno w polskiej, jak i radzieckiej literaturze katalogowej i słuszne jest życzenie, aby dane te były publikowane. Na pewno jednak dezyderat ten będzie spełniony z chwilą wprowadzenia do produkcji odmiany silników ze zwiększonym momentem rozruchowym, którego wartość początkowa wyniesie 180%, a szczytowa 220% momentu znamionowego.

Wprowadzenie omówionych wyżej odmian, tj. silników pierścieniowych i ze zwiększonym momentem, należy uważać za konieczne w bliskim czasie, natomiast mniej pilne wydają się odmiany ze zwiększonym poślizgiem i z ulepszonymi współczynnikami. Oczywiście, jest to sprawa do dyskusji, jednak pierwsza z tych odmian może być w pewnym stopniu zastąpiona serią dźwigową i serią silników o dużej liczbie włączeń (które z natury rzeczy będą zapewne miały duży poślizg). Druga odmiana — tzw. seria tekstylina — dotyczy silników pracujących bez przerwy przez całą dobę, gdzie poprawa sprawności o 1—2% i  $\cos \varphi$  o 0,01—0,02 daje już poważne oszczędności energii elektrycznej, okupione kosztem nabycia silnika o większym gabarycie. Są to silniki potrzebne tam, gdzie decydującym czynnikiem jest nie doraźna oszczędność materiału, lecz trwałość i jakość wyrobu.

W ramach zagadnienia prędkości obrotowej należy omówić silniki z przełączalną liczbą biegunów, silniki z dobudowaną przekładnią i — choć jest to przypadek krańcowy — silniki pracujące przy zerowej prędkości, tj. przy zahamowanym wirniku. Dotychczas produkowane silniki z przełączalną liczbą biegunów oparte były na konstrukcjach przedwojennych; obecnie zajdzie, oczywiście, potrzeba odpowiedniego wykonania silników serii jednolitej. Zachodzi jednak pytanie, czy w przypadkach, kiedy stopniowanie nie jest w stosunku 1:2, stosować wzorem modyfikacji radzieckich i dotychczasowej praktyki dwa niezależne uzwojenia, czy też przejść na inne specjalne układy jednego uzwojenia (np. Weinerta). Prawdopodobnie temat ten nadaje się do opracowania w Instytucie Elektrotechniki. Do przemysłu obrabiarkowego, który jest jednym z głównych odbiorców silników wielobiegowych, należeć będzie ściślejsze zadeklarowanie, które typy takich silników w pierwszej kolejności będą mu potrzebne.

Wśród silników z przełączalnymi biegunami wymienić jeszcze należy specjalne silniki do napędu wirówek do cukrzycy. Jeden taki silnik został zaprojektowany przez kolegów Głowackiego i Śliwińskiego z Instytutu Elektrotechniki. Prototyp jego jest w budowie i ma być wkrótce próbowany. Ma on uzwojenie przełączalne z 12 na 6 biegunów. Do wirówek wysoko-sprawnych potrzebny jest jednak także typ większy, przy czym pożądana jest mniejsza prędkość przy napełnianiu bębna cukrzycą. Dlatego przemysł cukrowniczy zgłasza jako czołowy dezyderat pod adresem przemysłu maszyn elektrycznych i Instytutu Elektrotechniki rozwiązanie problemu napędu wirówek i skonstruowanie odpowiedniego silnika do tego celu.

Podstawowa seria obejmuje silniki 2-, 4-, 6- i 8-biegunowe. Maszyn bardziej wolnobieżnych nie będzie się więc produkować. Jest to z produkcyjnego i energetycznego punktu widzenia słuszne, ale na odbiorcę spada troska o to, jak prędkości powyżej 700 obr./min redukować na mniejsze, jeżeli mechanizm napędzany jest wolnobieżny. Wydaje się, że na tym odcinku celowa byłaby ściślejsza współpraca z fabrykami przekładni zębatych tak, aby utworzyć pewne serie *m o t o r o d u k t o r ó w* w czyli urządzeń, zawierających we wspólnej obudowie silnik i przekładnię jedno lub dwustopniową względnie ślimakową. Do rozstrzygnięcia pozostawałaby kwestia, czy dostawcą motoreduktora byłby przemysł elektromaszynowy, czy też metalowy; wydaje się, że raczej pierwsza koncepcja byłaby słuszną i odbiorcy zamawialiby w fabryce maszyn elektrycznych silniki z wyprowadzonym czopem wału o małej prędkości obrotowej. Postulat taki, co prawda w stosunku do całkiem małych mocy potrzebnych do zdalnego sterowania zaworów mechanicznych, zgłosił również przemysł cukrowniczy.

Wreszcie potrzebne są silniki, które — będąc włączone na pełne napięcie — w ogóle nie wirują, a tylko wytwarzają potrzebny moment. O silniczki takie małej mocy występuje przemysł obrabiarkowy. W jednym z projektów, opracowywanych w Oddziale Projektowania Urządzeń Elektrycznych, mieliśmy



podobny problem do rozwiązania przy docisku pras filtracyjnych dla cukrowni.

Produkowane obecnie silniki przeciwybuchowe również będą musiały być zastąpione nowymi konstrukcjami, opartymi w zakresie budowy wzmocnionej na serii podstawowej, a w zakresie budowy ognioszczelnej — na konstrukcjach specjalnych. Silniki przeciwybuchowe wytwarzane były dotąd tylko do pracy w mieszance metanu z powietrzem; przyjmowano przy tym, że tym samym spełniają one warunki dla wszystkich gazów wybuchowych, należących do grupy zapłonowej A i klasy wybuchowości 1. Przy opracowywaniu nowych konstrukcji, co niewątpliwie nastąpi w okresie Planu 5-letniego, konieczne będzie rozważenie, czy można by osiągnąć w silnikach ognioszczelnych mniejsze prześwity szczeliny, aby spełnić warunki dla klasy 2, oraz we wszystkich silnikach przeciwybuchowych mniejsze przyrosty temperatur, aby uzyskać ich przydatność do gazów należących do grup zapłonowych B, C, a może i D, tym samym więc rozszerzyć możliwości zaspokojenia potrzeb przemysłu chemicznego.

Warunki, które uprzednio muszą być spełnione, są: a) ostateczne ustalenie od dawna przygotowanych norm na klasyfikację gazów i na przepisy konstrukcyjne urządzeń elektrycznych przeciwybuchowych w przemyśle chemicznym oraz b) utworzenie stacji próbnej o analogicznej roli, jaką dla potrzeb górnictwa spełnia kopalnia doświadczalna „Barbara”. Sprawa ta była już wielokrotnie poruszana z przedstawicielami chemii i powinna być szybko rozwiązana.

Z konstrukcji specjalnych przeciwybuchowych dla górnictwa należy podkreślić szereg bardzo cennych osiągnięć Zakładu M-2 przy produkcji silników (w kształcie prostopadłościanu) do maszyn dołowych, jak wrębiarki, kombajny, ładowarki itp. W referacie zgłoszonym przez górnictwo znajdujemy ponadto postulat, aby utworzyć specjalną serię silników budowy wzmocnionej do napędu przenośników. Ponieważ chodzi tu o silniki nie związane konstrukcyjnie z maszyną napędzaną, można przypuścić, że mogłyby to być silniki normalne nowej serii budowy wzmocnionej. Zaproponowany przez autora referatu dość gęsty szereg mocy musiałby jednak być rozrzedzony, co w odniesieniu do napędu przenośników zapewne nie sprawiłoby trudności.

W zakresie silników dźwigowych referat CBKME zapowiada wprowadzenie również nowych serii silników zarówno klatkowych, jak i pierścieniowych. Obejmują one moce od 1 do 125 kW przy  $P = 25\%$  i przy 6, 8 i 10 biegunach. Z referatu kol. Grunwalda wynika jednak, że potrzebne byłoby ponadto silniki dźwigowe pierścieniowe 4-biegowe, a górną granicę mocy należałoby powiększyć, aby móc wyposażać krajowymi maszynami wielkie obiekty transportowe. W referacie tym nie ma wzmianki o silnikach dźwigowych klatkowych z przełączalną liczbą biegunów; wiadomo jednak, że takie silniki są potrzebne do dźwigów osobowych w wysokich budynkach. Natomiast wspomina on, a odpowiednią wzmiankę znajdujemy także w artykule kol. wiceministra Kopczyńskiego, o silnikach cichobieżnych. Wydaje się, że ten rodzaj silników również powinien być zrealizowany w okresie najbliższych paru lat.

Na tle zagadnienia silników dźwigowych należy poruszyć problem dużej liczby włączeń. Zapowiedź CBKME, że zastosowanie izolacji klasy B do nowej serii silników dźwigowych pozwoli prawdopodobnie na zwiększenie liczby włączeń do ~ 150—200 na godzinę, zadowoli wymagania konstruktorów dźwigów (120 włączeń na godzinę), a być może także konstruktorów obrabiarek, gdyż do napędu tokarek nacinających gwinty przewiduje się 200 nawrotów na godzinę (chodzi tu o ruch rewersyjny, a nie tylko o włączania). Taka liczba włączeń nie rozwiąże jednak zagadnienia nowoczesnego napędu bębnowo pralniczych, wymagających zmiany kierunku obrotów co 6—10 sekund. Całkiem niewystarczająca będzie ona dla potrzeb hutnictwa, albowiem pomocnicze urządzenia walcowni wymagają silników, pozwalających na 600 a nawet 1000 łączeń na godzinę. Z żądań tych wynika, że konieczne będzie stworzenie kilku wielkości specjalnych silników klatkowych na ogół małej mocy o takiej konstrukcji, która pozwalałaby na uzyskanie bardzo dużej częstości włączeń. Silniki te musiałyby mieć bardzo mały moment zamachowy, co zresztą jest warunkiem dla całej serii silników dźwigowych. Wówczas czas każdego rozruchu będzie tak krótki, że ilość ciepła wytwarzana przez prąd rozruchowy nie będzie wielka.

Jako dalsze zadanie dla przemysłu elektromaszynowego należy wymienić rozszerzenie serii silników do napędu samotoków, o czym również jest mowa w referacie o po-

trzebach hutnictwa. Potrzebne są samotoki o większych niż dotąd momentach rozruchowych.

Podobnie jak w samotokach silnik stanowi nierozłączną część maszyny napędzanej w szlifierkach i polerkach, których kilka nowych typów będzie opracowanych, jak o tym informuje referat CBKME. Dalszymi urządzeniami, w których silnik jest zespolony z mechanizmem napędzanym, są elektropompy. Mamy tu pewne osiągnięcia w dziedzinie silników do pomp głębinowych dzięki fabryce w Piechowicach.

Poza omówionymi już silnikami specjalnymi należałoby jeszcze wspomnieć o silnikach trójfazowych w wykonaniu morskim, jako o prawdopodobnej konieczności dostosowania się przemysłu elektromaszynowego do ewolucji poglądów na system prądu, stosowanego na statkach. Konferencja Oddziału Gdańskiego SEP w zeszłym roku, a w szczególności referat kol. Woynarowskiego, doprowadziły do wniosku, że należałoby praktycznie wypróbować zalety przejścia na prąd zmienny, wyposażając odpowiednio jeden z nowobudowanych statków.

Na tle rozważań na temat małych silników trójfazowych należy jeszcze wspomnieć o małych silnikach jednofazowych i uniwersalnych. Oprócz zastosowania ich w rolnictwie i w gospodarstwie domowym (co będzie przedmiotem osobnej konferencji) oraz jako część składowa różnych narzędzi elektrycznych, będą one potrzebne do sterowania zdalnego wyłączników, rozruszników, regulatorów itp.

Omówiliśmy w ten sposób wszystkie rodzaje silników prądu zmiennego o mocy do 100 kW, o których jest mowa w referatach użytkowników. Nie poruszyliśmy przy tym silników ze stożkowym wirnikiem do elektrowciągów, silników do elektropomp do chłodziwa i do hamulców hydraulicznych ELDRO, silników tkackich (do jednostkowego napędu warsztatów tkackich) oraz do maszyn do szycia, silników o bardzo dużej prędkości obrotowej i wydłużonych kształtach do obrabiarek do drewna i wreszcie silników komutatorowych. Te ostatnie nie mają być u nas produkowane i problem ciągłej regulacji obrotów rozwiązujemy zwykle stosując układ Leonarda. Być może zapotrzebowanie byłoby też za małe, aby usprawiedliwić podjęcie produkcji silników komutatorowych.

Przechodząc od spraw asortymentu do spraw parametrów elektrycznych i właściwości silników w należy omówić najpierw sprawę napięcia znamionowego. Serie podstawowe budowane są w zasadzie tylko na napięcia 380 V i 500 V, przy czym silniki łączone mają być wprost na sieć, a zatem napięcia te odpowiadają połączeniu uzwojenia w gwiazdę. Wysuwane są żądania wprowadzenia ponadto napięcia 1000 V jako normalnego napięcia silników (przemysł chemiczny, rolnictwo dla ciągników elektrycznych do orki w polu). Należy zaznaczyć, że rzadziejący typ traktora elektrycznego zawiera również silnik na 1000 V. Zdaje się, że przejście na 1000 V w dziedzinie napięć przemysłowych tzw. „niskich” jest tendencją postępu technicznego. Niedobrze byłoby, gdyby norma na napięcia znamionowe, gdzie napięcia 1000 V nie przewidziano, utrudniła realizację tego postępu.

Drugim zagadnieniem ogólnym jest kwestia nomenklatury izolacji. Cukrownicy żądają izolacji tropikalnej, a w zamówieniach innych przemysłów, np. hutnictwa i chemii, mowa bywa o izolacji wzmocnionej, kwasoodpornej, przeciwwilgociowej itp. Do planu prac IEL zgłoszony został temat, dotyczący opracowania obiektywnych określeń rodzajów izolacji i programu ich prób, z drugiej zaś strony konieczne jest otrzymywanie odpowiednich lakierów. Na tym odcinku potrzebne jest uporządkowanie pojęć.

Silniki trójfazowe, asynchroniczne i synchroniczne o mocach ponad 100 kW

W tej części zagadnień są do omówienia następujące sprawy: a) sprawa sztywnego szeregu mocy, b) sprawa asortymentu, c) sprawa charakterystyk i danych technicznych.

a) Szereg mocy silników do pracy ciągłej o mocy do 100 kW jest ustalony w Związku Radzieckim normą GOST. Szereg ten o malejącym stopniowo współczynniku narastania był — przed uznaniem go za powszechnie obowiązujący — przedmiotem szczegółowych studiów radzieckich specjalistów pod względem technicznym i gospodarczym. Przez CBKME zgłoszony został szereg ten do zatwierdzenia jako polska norma państwowa, całkowicie zgodna z GOST. W tym stanie rzeczy wysuwane propozycje zwiększenia „ilości typowymiarów” o 30% nie wydają się możliwe do zrealizowania. Natomiast może podlegać dyskusji szereg mocy silników asynchronicznych i syn-



chronicznych o mocach powyżej 100 kW, zaproponowany jako szereg liczb normalnych (Renarda) serii II, tworzących więc

postęp geometryczny o wykładniku  $\sqrt[10]{10}$  (zgodnie z normą PN/O-121 z maja 1934). Jednakże argumenty przedstawione przez kol. Schmidta w jego referacie wydają się tak przekonujące, że można się spodziewać przyjęcia wniosku o uznaniu proponowanego szeregu za słuszny.

Z ustalenia szeregu mocy wynika konieczność pewnego przedstawienia pojęć: nie moc silnika będziemy dostosowywać do maszyny napędzanej, lecz na odwrót — maszyny trzeba tak skonstruować, aby jej zużycie mocy odpowiadało normie (oczywiście, tam, gdzie konstruktor maszyny ma pewien zakres swobody w przyjęciu rozwiązania technicznego). Silnik — jako bardziej uniwersalny od wielorakich maszyn przez niego napędzanych — otrzymuje pierwszeństwo w normalizacji co do mocy podobnie, jak już to otrzymał na podstawie praw fizycznych co do prędkości obrotowej. Na te tendencje zwraca uwagę kol. Schmidt, a konieczność tę podkreśla także kol. prof. Rybicki w zakresie maszyn rolniczych.

b) W zakresie asortymentu wydaje się konieczne uzupełnienie podstawowych serii silników asynchronicznych i synchronicznych omówionych w referacie CBKME silnikami szybkoobrotowymi dużej mocy. Należy zwrócić uwagę, iż według tego referatu największe silniki czterobiegunowe asynchroniczne miałyby moc 1000 kW, albowiem powyżej tej mocy planuje się już tylko opracowanie silników o 6—32 biegunach.

W zakresie silników 2-biegunowych klatkowych graniczna moc obecna wynosi zaledwie 500 kW i w referacie CBKME tych turbosilników o górze nie uwzględniono. Oczywiście, założenia konstrukcyjne tych silników szybkoobrotowych będą inne, może nie będą one wiązać się z serią podstawową, niemniej jednak wprowadzenie ich do produkcji należy uznać za konieczne. Z referatów kolegów zarówno hutników, jak i górników wynika wyraźna potrzeba produkowania silników klatkowych 4-biegunowych do 1500 kW do napędu pomp kopalnianych (przy czym pod ziemią nie stosuje się silników synchronicznych), a nawet do 2000 kW silników synchronicznych 4-biegunowych do napędu sprężarek i dmuchaw w hutnictwie. O silnikach dwubiegunowych autorzy tych referatów nie wspominają, wiadomo jednak, że są importowane do napędu sprężarek silniki 2-biegunowe o mocy 1110 kW oraz 2650 kW.

W przeciwnym kierunku idą żądania co do silników do napędu sprężarek tłokowych. W tym jednak zakresie życzenia kol. Gluzińskiego (24 bieguny) i kol. Lando (30 biegunów, czyli 200 obr/min) będą spełnione po zrealizowaniu zapowiedzianej przez CBKME nowej serii silników synchronicznych (do 40 biegunów), co prawda dopiero przy mocach ponad 400 kVA.

Dla hutnictwa przemysł nasz dostarczył już szereg silników walcowniczych asynchronicznych pierścieniowych o dużej przeciążalności, których konstrukcja oparta była na dotychczasowej serii podstawowej. Po jej zmianie najdzie potrzeba opracowania odmiany nowej serii, przydatnej do napędu walcarek nieregulowanych i nienawrotnych. Silniki te powinny mieć zgodnie z postulatami przemysłu hutniczego wzmocnioną budowę mechaniczną, dużą przeciążalność i zwiększoną szczelność.

W zakresie silników zamkniętych konstrukcje z chłodzeniem żebrowym sięgają mocy 310 kW przy 4 biegunach i 6 kV. Powyżej tej mocy stosuje się silniki zamknięte z wentylacją przelotową (tak np. w przemyśle chemicznym przy silnikach największej dotąd wykonanej mocy 3500 kW). Jednakże nie wszędzie można zastosować wentylację przelotową. W tej dziedzinie stoi przed biurami konstrukcyjnymi także zadanie rozszerzenia asortymentu i przejście na inne bardziej skuteczne systemy chłodzenia. Bez tego nie da się spełnić życzenia górnictwa, aby przemysł dostarczał silniki zamknięte, pionowe o mocy 320 kW i 550 kW, 4-biegunowe, 6-kilowoltowe, które byłyby wraz z pompami zawieszane na linach i opuszczane w głąb szybu do odwadniania kopalni.

Mówiąc o silnikach kołnierзовych pionowych, należy wspomnieć o konieczności opracowania tego rozwiązania dla większych mocy niż to obecnie stosuje się przy silnikach okapurturzonych. W szczególności wodociągi warszawskie zamierzają ustawić na Wiśle kilka silników pionowych klatkowych o mocy 1000 kW przy 1000 obr/min.

c) Oprócz kwestii, dotyczących asortymentu, przedmiotem uwagi powinny być także właściwości i charakterystyki silników. Na pierwszym miejscu należy tu wymienić sprawę przebiegu rozruchu silników klatkowych, które bardzo słusznie propagowane są jako przejaw modernizacji napędów. Jednak-

że stosowanie silników klatkowych o dużych mocach, np. do napędu pomp, łączy się z warunkiem osiągnięcia korzystnego stosunku prądu rozruchowego do znamionowego (ok. 3,5-krotnego). Powinno to być założeniem do projektów konstrukcyjnych.

W stosunku do silników pierścieniowych należałoby postawić jako postulat takie zaprojektowanie ich wirników, aby były osiągnięte małe prądy wirnikowe, a duże napięcia — z uwagi na tańszą aparaturę rozruchową.

### Maszy ny prądu stałego

Silniki prądu stałego rzadko są zasilane z lokalnej sieci prądu stałego; najczęściej pracują one w układzie Leonarda i dlatego rozważać je należy łącznie z prądnicami i wzbudnicami.

W zakresie małych i średnich mocy zapotrzebowanie silników prądu stałego zgłaszają przemysły — hutniczy, papierniczy i obrabiarkowy. Wspólnym warunkiem, wysuwany przez wszystkich referentów, jak i w referacie prof. Lando, jest uzyskanie możliwie małego momentu zamachowego  $GD^2$  tych silników. Konstrukcja silników obecnie produkowanych, nawet po małej modernizacji, nie spełnia tego warunku. Ponieważ projektowanie nowej serii maszyn prądu stałego jest dopiero w fazie początkowej, wypadnie poczekać jeszcze pewien dość długi okres czasu na silniki nowoczesne w tym zakresie.

Przemysł obrabiarkowy stosuje silniki prądu stałego do napędu obrabiarek, regulowanych przy stałej mocy. Dlatego potrzebna jest możliwie szeroka regulacja przez zmianę wzbudzenia. Stosunek 1:3 żądany przez kol. Mystkowskiego w imieniu przemysłu obrabiarkowego jest w myśl katalogu obecnie produkowanych maszyn osiągalny przy zastosowaniu uzwojenia bocznikowo-szeregowego, na które autor referatu godzi się.

Koledzy z hutnictwa opisują niezmiernie ciężkie warunki, stawiane silnikom prądu stałego przy napędzie mechanizmów pomocniczych i operacyjnych przy zgniataczach. Autorzy dochodzą jednak do wniosku, że uruchomienie produkcji takich specjalnych silników hutniczych u nas jeszcze nie wydaje się konieczne ze względu na ograniczone zapotrzebowanie.

Natomiast hutnictwo wysuwa propozycję podjęcia produkcji serii silników dwigowych prądu stałego, uważając, że i inne przemysły mają potrzeby w tym kierunku. Wykonanie w tym celu silników z uzwojeniem szeregowym nie sprawiłoby dużych trudności, ale, jak się zdaje, ich rzeczywiste zapotrzebowanie jest bardzo małe. Wspomina o tym również referat CBKME, wskazujący w ogóle na brak zapotrzebowania na silniki prądu stałego do pracy przerywanej i dorywczej oraz na silniki kołnierзовe.

W zakresie silników prądu stałego małej mocy należy wspomnieć o dokonanych już przystosowaniu licznych typów do wymagań morskich Polskiego Rejestru Statków.

W sprawie największych maszyn prądu stałego, trzeba wyjaśnić, że do napędów głównych maszyn wyciągowych w myśl ostatnich postanowień będą stosowane silniki pojedyncze o mocy 2400 kW przy ~ 50 obr/min (a nie — jak dawniej proponowano — po 2 silniki 1100-kilowatowe). Obecnie są już zamówienia z 2 kopalni na takie duże jednostki, łącznie z przetwornicą Leonarda. Prócz tego mamy z górnictwa zamówienia na kilka nie wiele mniejszych silników do maszyn wyciągowych, przy czym jedno z nich udzielone jest specjalnie po to, żeby przemysł elektromaszynowy mógł wykonać prototyp i wypróbować go na miejscu przed oddaniem szybu do eksploatacji. Na tym przykładzie widać głęboko pojętą współpracę użytkownika z wytwórcą, umożliwienie osiągnięcia znacznego postępu technicznego w tej dziedzinie i starania o zahamowanie przyszłego importu. Oczywiście, udzielenie takiego zamówienia musi być połączone ze zgodą na odpowiednio długi termin dostawy, a więc inwestycja musi być zaplanowana dostatecznie wcześniej. Niestety, inwestorzy z innych gałęzi przemysłu nie idą tą jedyną słuszną drogą. Zapytują oni o możliwość dostawy nie produkowanego dotąd u nas urządzenia w terminie, który dobrze wdrożona w daną produkcję wytwórnia zagraniczna z trudem może dotrzymać, a stwierdzając, że termin żądany nie może być gwarantowany i że zapytywanych obiektów dotąd się nie produkowało, lokują zamówienie za granicą. Stąd wzmianka w jednym z referatów, że po wojnie zainstalowano kilkanaście dużych silników prądu stałego produkcji zagranicznej.

W zakresie przetwornic Leonarda (z silnikami asynchronicznymi lub synchronicznymi) mamy obecnie rozwiązana sytuację aż do bardzo dużych mocy. Należałoby jednak doprowa-



dzić do ostatecznego porządku zagadnienie wzbudnic, które przy przetwornicach wolnobieżnych stanowią z reguły oddzielny zespół (inaczej podano w referacie). Także wzbudnice do silników synchronicznych nie są jeszcze ustalone.

### Akcesoria do silników

Pod tym tytułem omówimy nie poruszone niemal w referatach zagadnienia, które wiążą się z dostawą części mechanicznych, zamawianych wraz z silnikiem, oraz aparatury tzw. przysilnikowej. Do pierwszej grupy należą koła pasowe, sprzęgła, sanie naciągowe, śruby, płyty posadowe itp. Byłoby bardzo celowe, gdyby w tym całym asortymencie akcesorii wprowadzono powszechnie obowiązującą typizację. Druga grupa obejmuje rozruszniki olejowe i wodne do silników asynchronicznych, rozruszniki suche do silników prądu stałego, regulatory wzbudzenia. Wydaje się, że istnieje potrzeba uporządkowania tych spraw i utworzenia jednej wspólnej serii nowoczesnych rozruszników, dostosowanych do danych wirników nowych serii silników.

Dalszym ważnym postulatem jest stworzenie napędu zdalnego rozruszników olejowych i wodnych oraz regulatorów przy pomocy serwowotorków, bez czego zachodzą spore trudności przy projektowaniu nawet prostych układów automatycznych.

Do celów automatyki rozruchu należałoby szerzej wypróbować i ewentualnie podjąć produkcję rozruszników termistorowych, zaprojektowanych przez Zakład Trakcji Inst. Elektrycznej. Próby czynione przy napędzie schodów ruchomych na trasie W—Z dały wynik dodatni.

Do aparatury „przysilnikowej” zaliczyć następnie należy wyłączniki odśrodkowe. Upłynął szereg lat od czasu odwzorowania przez Zakład M-5 dwu typów takich wyłączników. Przemysł węglowy miał podjąć się produkcji części tych aparatów, ostateczny zaś montaż miał odbywać się w Zakładzie M5. Jednak, jak się zdaje, niczego z tych zamiarów nie zrealizowano, wyłączniki zaś odśrodkowe sprowadza się z zagranicy.

Na marginesie wymienionych spraw należy wspomnieć o urządzeniach do poprawy współczynnika mocy. W obwodzie stojana stosuje się w tym celu kondensatory statyczne, które produkuje jeden z zakładów teletechnicznych. W obwodzie wirnika używane są bezstatorowe przesuwniki fazowe. Jeden typ przesuwnika do silników napędzających ścieraki papiernicze został już w kraju wyprodukowany. Powstaje pytanie, w jakim zakresie typ ten będzie się nadawał do innych silników i czy nie należałoby stworzyć pewnej serii tych maszyn.

### Zagadnienia napędowe

W obwieszczeniu o Konferencji w sprawie maszyn i napędów<sup>\*)</sup> czytaliśmy: „Zagadnienie napędu elektrycznego jest zbyt obszerne, aby można je w całości zamknąć w ramach jednej narady. Dlatego program obecnej Konferencji został celowo ograniczony do tematu maszyn elektrycznych jako części składowej układu napędowego. Zagadnienie aparatury elektrycznej, wchodzącej w skład tego układu, potraktowane zostało ubocznie. Wymaga ono oddzielnych narad, z których dwie się już odbyły — Krajowa konferencja automatyki i miernictwa elektrycznego i Konferencja wyłącznikowa”.

Obie wymienione konferencje wniosły pewne przyczynki do zagadnienia nowoczesnych układów napędowych i nierozdzielnie z nim związane zagadnienia automatyki procesów przemysłowych. Zwłaszcza podstawowy referat prof. Pawła Nowackiego na pierwszej z nich oraz szereg wypowiedzi i pokaz czujników kol. Woynarowskiego na drugiej, jako uzupełnienie pokazu kilku styczników na posiedzeniu zespołu automatyki IEL, wniosły sporo istotnej treści do tej dziedziny, która u nas — w porównaniu z osiągnięciami krajów przodujących techniki — jest wciąż jeszcze bardzo zacofana. Wśród materiału referatowego obecnej konferencji znajdujemy kilka bardzo cennych artykułów, które w dalszym ciągu uzupełniają luki w tym zakresie. Należy tu wymienić — poza referatem ogólnym prof. J. Lando — referat prof. W. Pełczewskiego o zastosowaniu wzmacniaczy elektromaszynowych w układach napędowych, zawierający szereg podstawowych schematów, umożliwiających samoczynną regulację prędkości w zespołach Leonarda oraz regulację częstotliwości z prądnicą synchroniczną i asynchroniczną. Zwłaszcza te ostatnie układy mogą w pewnych warunkach poważne znaczenie jako sposób płynnego regulowania prędkości obrotowych silników klatko-

wych. Praktyczne zastosowanie układów automatyki przy napędzie górniczym maszyn wyciągowych zawiera referat kol. prof. Szklarskiego. Wreszcie bardzo ciekawy materiał, dotyczący samoczynnej regulacji maszyn papierniczych, zawiera referat kol. H. Szrajera. Interesująca jest jego krytyka regulacji elektronowej.

Jednak te wszystkie referaty bynajmniej nie wyczerpują tematu, a z drugiej strony konferencja o dużej liczbie uczestników z różnych dziedzin życia przemysłowego nie jest odpowiednim terenem do szczegółowego rozważania schematów i szczegółów układów napędowych. Dlatego jako wniosek proponuję zorganizowanie w przyszłości — niezależnie od prac teoretycznych Komisji Automatyki PAN oraz bardziej praktycznych prac Zespołu Automatyki w IELu — jednej lub kilku konferencji w celu omówienia konkretnych zagadnień, dotyczących automatycznych układów napędowych w pewnych ściśle określonych dziedzinach przemysłu. Natomiast na obecnej konferencji trzeba omówić maszynowe elementy tych układów, których produkcja jest do ich realizacji konieczna. Poza samymi silnikami i prądnicami, o których już mówiliśmy, należą tu następujące maszyny: amplitdyny, rototrole, prądniczki tachometryczne, różne maszyny dodawcze np. o stałych magnesach, silniki reluktancyjne, sel-syny itp.

Nieobeznanemu ze sprawą bliżej mogło się wydawać, że wystarczyłyby nam jeden rodzaj wzmacniaczy maszynowych produkcji krajowej, a więc amplitdyna, skoro od niej rozpoczęliśmy swe prace, wykonując prototyp o mocy 1,8 kW. Zdało się, że należy tylko dodać np. jeden typ mniejszy i ze dwa większe, aby zaspokoić nasze potrzeby, rototrolów zaś można by w ogóle nie produkować, zwłaszcza że wymagają one zupełnie specjalnej blachy magnetycznej o możliwie wąskiej pętli histerezy. Referat dra W. Pełczewskiego wyjaśnia, że oba te rodzaje wzmacniaczy nie wykluczają się wzajemnie, lecz że stosuje się jedną i drugą odmianę zależnie od rodzaju i warunków pracy układu. Politechnika Łódzka łącznie z IEL zamierzają przystąpić do wykonania próbnych rototrolu, choć z góry wiadomo, że niezupełnie odpowiedni materiał blachy da nieco gorszy współczynnik wzmocnienia. Po tych próbach można będzie oczekiwać, że nasz przemysł podejmie zadanie produkowania rototrolu niezależnie od produkcji kilku wielkości amplitdyn, które przy mocach ponad 10 kW można by łączyć w zespoły w myśl propozycji prof. L. Szklarskiego.

Prądnice tachometryczne są niezbędnym elementem wszystkich układów automatyki zamkniętej, w których chodzi o porównanie wartości rzeczywistej zadaną. Należałoby do tego celu przystosować mechanicznie (z uwagi na łatwość sprzężenia z wałem pędnym) i elektrycznie (obce wzbudzenie, szeroki zakres napięć) najmniej wielkości z serii maszyn prądu stałego. Samo porównanie wartości wielkości regulowanej z wielkością wzorcową odbywa się — w przypadku przyjęcia proponowanego układu napędu maszyn papierniczych — w silniczkach reluktancyjnych, których produkcję również należałoby przewidzieć. Mówiąc o elementach maszynowych wspomnieć należy o konieczności produkcji regulatorów pośpiesznych, temat ten należy już jednak do zakresu potrzeb aparatowych.

### 3. Zakończenie.

Wyliczając wszystkie nasze potrzeby i rozpatrując skomplikowane schematy układów napędowych należy postawić sobie pytanie: kto ma układy te projektować, kto ma poszczególne ich elementy, potrzebne nieraz w małej tylko liczbie, wykonywać, kto ma całość układu zestawić i wypróbować, a w końcu kompletny napęd dostarczyć użytkownikowi. Dochodzimy tu do zagadnienia, dysktutowanego już wielokrotnie w gronie kolegów z przemysłu elektrotechnicznego i z licznych dziedzin przemysłu przez elektryków obsługiwanych. Jak zagadnienie to jest palące, dowodzą uwagi o nim zawarte w referatach prof. J. Lando, prof. W. Pełczewskiego i inż. H. Szrajera, oraz w komunikacie Oddziału Projektowania Urządzeń Elektrycznych. Prof. J. Lando pisze: „brak centralnej organizacji projektowania napędów elektrycznych (na wzór radzieckiej centralnej organizacji „Elektropriwod”) powoduje niepełne wyzyskanie istniejących możliwości realizacji szeregu rozwiązań napędowych, opartych na już produkowanych w kraju elementach”. Prof. W. Pełczewski pisze: „wydaje się celowe stworzenie w kraju specjalnej placówki, która miałaby za zadanie opracowywanie projektów technicznych oraz wykonawczych, a także zajęłaby się dostawą maszyn i aparatury, dozorem nad montażem oraz wykonaniem takich układów napędowych”.

<sup>\*)</sup> Por. Prace Instytutu Elektrotechniki, 1954, zesz. 1.

<sup>\*\*)</sup> Por. Przegl. Elektryczny, 1954, z. 2, front okładki.



Należy poddać rozważeniu następujące sprawy:

1) Obecny stan techniki w Polsce w zakresie nowoczesnych urządzeń napędowych stoi niesłychanie nisko, jesteśmy daleko w tyle za innymi średnio uprzemysłowionymi krajami i z każdym dniem dystans ten się powiększa.

2) Wszystkie bardziej skomplikowane urządzenia są importowane nie tylko we fragmentach w kraju nie produkowanych, ale i w całości łącznie z częściami, których odpowiedniki są u nas wykonywane; wskutek tego wydaje się ogromne sumy pieniędzy za granicę, w kraju zaś otrzymuje się mieszaninę różnych systemów, typów i urządzeń.

3) Inwestorzy nie godzą się na zamawianie poszczególnych elementów w różnych źródłach zakupu i na zestawianie całości własnymi siłami. Sprawa tzw. kompletności dostaw ma szersze znaczenie i da się częściowo uregulować posunięciami administracyjnymi, jeśli chodzi o to, aby fabryka produkująca np. silniki elektryczne dostarczała także koła pasowe i rozruszniki do nich, choćby sama ich nie wytwarzała. Chodzi tu nie tylko o kompletność dostawy materiału, lecz również o zgranie dostawy z projektem rozwiązania zagadnienia technicznego według pewnej myśli koncepcyjnej i wzięcie odpowiedzialności za to rozwiązanie przez jedną organizację.

4) Liczba elektryków-napędowców jest bardzo mała w stosunku do potrzeb i na pewno nie starczy ich na obsadzenie szeregu działów napędowych w różnych branżowych biurach

projektowych, jeżeliby działy te miały realizować skomplikowane układy automatyki napędowej.

5) Wzór Związku Radzieckiego wskazuje na konieczność utworzenia centralnego biura projektowego i nadzoru montażowego w rodzaju Elektropriwodu, a ze wzoru Vyvojowego Zavodu w Czechosłowacji wynika dalsza konieczność połączenia z tym biurem ośrodka produkcyjnego w zakresie elementów specjalnych i brygad montażowych.

6) Istnieją w kraju zaczątki projektowania i wykonywania elementów automatyki napędowej w postaci pracowni przy katedrach politechnik i AGH, Zakładzie Maszyn i Napędów IEL, dziale prototypów przy Zakładzie A-8 oraz OPUE. Z artykułu wiceministra Z. Kopczyńskiego dowiadujemy się, że przy jednym z zakładów aparatury wysokich napięć ma powstać Oddział Urządzeń Automatyki Przemysłowej i Przekazników. Te placówki produkcyjne należałoby zespolic, a naukowe wciągając do współpracy i doradztwa.

Z powyższych przesłanek wynika wniosek: należy utworzyć przedsiębiorstwo realizacji napędów elektrycznych. Sprawa jest pilna, gdyż — jak mówi kol. Szrajner — niebezpieczeństwo leży w zwłoce. Od decyzji władz wyższych będzie zależało, jakie powiązania organizacyjne będą łączyć tę placówkę z poszczególnymi centralnymi zarządami przemysłu elektrotechnicznego, z Instytutem Elektrotechniki i z Centralnym Zarządem Montażu Urządzeń Elektrycznych.

## Krajowa konferencja w sprawie maszyn i napędów elektrycznych

Sprawozdanie z obrad w dniach 19 – 20 marca 1954 r. w Warszawie

### 1. Wstęp.

Krajowa konferencja w sprawie maszyn i napędów elektrycznych, zorganizowana wspólnie przez Instytut Elektrotechniki i Stowarzyszenie Elektryków Polskich, zainicjowała pierwsze w skali krajowej spotkanie pomiędzy naukowcami, konstruktorami, wytwórcami i użytkownikami dla przedyskutowania interesujących ich wspólnie zagadnień. Na obrady przybyło około 300 delegatów.

W konferencji wzięli udział podsekretarz stanu Ministerstwa Przemysłu Maszynowego mgr inż. Zdzisław Kopczyński oraz prof. Eugeniusz Jezierski jako przedstawiciel Polskiej Akademii Nauk.

Obrady zagałę prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich mgr inż. Kazimierz Kolbiński. Wskazał on zadania i cele postawione przed inteligencją techniczną przez II Zjazd Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej i wynikające stąd wytyczne dla dyskusji, która będzie się toczyła na konferencji.

Po zagajeniu obrad mgr inż. W. Smoluchowski (CBKME-OPUE) wygłosił koreferat do referatów zgłoszonych na konferencję\*).

W dyskusji, która toczyła się podczas dwudniowych obrad, głos zabierali następujący koledzy: Cz. Brodziak (Gl. Inst. Przem. Rolnego i Spożywczego), J. Chmielarz (C. B. Proj. Przem. Rolnego i Spożywczego), J. Cholewicki (CBKME), T. Ejsmond (Min. Energ.), St. Gliński (B. Proj. Przem. Chem. i Min. Przem. Chemicznego), Wł. Gluźniński (Min. Górnictwa), W. Grzybowski (Biprotut), P. Heresco (C. B. Proj. Budownictwa Wiejskiego), A. Hersztowski (CBKM), K. Herniczek (Stalinogrodzkie B. Proj. Siłowni Ciepłych), M. Jabłoński (Polit. Łódzka), J. Jaczewski (Polit. Gdańska), T. Jarmulowicz (Prozamet), H. Jastrzębowski (PKN), E. Jezierski (Kom. Elektrotechniki PAN i Polit. Łódzka), H. Jeziorek (Inst. Mech. i Elektryfikacji Rolnictwa), St. Kaniewski (Polit. Gdańska), J. Kardaszewicz (Biprotut), J. Kędziera (M-2), E. Kosonocki (Przeds. Montażu Urządzeń El. Przem. Węglowego), H. Korczyński (B. Proj. Przem. Wł. Sztucz.), St. Krakowiak (CZER), St. Kuropatwiński (C. B. K. Okrętowych nr 1), W. Michalski (B. Proj. Przem. Drzewnego i Papierniczego), E. Mokrosz (C. Z. P. Syntezy Chem.), K. Morsztyn (CBKME), A. Mystkowski (C. Z. P. Obrabiarek), Wł. Paszek (Polit. Śląska), M. Pięgowski (C. Z. Mechanizacji Min. Bud. Przem.), J. Schmidt (CBKME), J. Skowroński (Inst. Łączności), W. Smoluchowski (CBKME-OPUE), F. Sobieski (Zakłady Celulozowo-Papiernicze, Włocławek), M. Szcze-

panowski (Min. Energetyki), A. Szeliga (Zakłady Chem. „Oświęcim”), H. Szrajner (B. Proj. Przem. Drzewnego i Papiern.), S. Tomczyk (Min. P. G. R.), J. Wiczeorek (CBKME), J. Winkler (M-5), Zb. Woynarowski (A-8), L. Zienkowski (CZPME), T. Zarnecki (IEL, WSI, Warszawa).

W trakcie obrad mgr inż. Zb. Woynarowski zademonstrował zebranym czujnik termobimetaliczny, który może być stosowany przy zabezpieczeniach silników elektrycznych przed nadmiernym nagrzaniem. Czujnik wykonano w ramach prac racjonalizatorskich w Zakładzie A-8 — w wyniku działalności zespołu zabezpieczeń silników elektrycznych, działającego przy Zakładzie Maszyn i Napędów Elektr. IEL.

Zgłoszone podczas konferencji apele, memoriały i dezeraty po rozpatrzeniu ich przez Komisję Organizacyjną — skierowano w formie zbiorczego zestawienia do PKPG, MPM, PAN i innych zainteresowanych instytucji.

Obrady konferencji przypadły bezpośrednio po II Zjeździe PZPR i stały się próbą sprecyzowania zamierzeń przemysłu maszyn elektrycznych na okres najbliższych lat, umożliwiając omówienie tych zamierzeń przez zebranych przedstawicieli prawie wszystkich gałęzi naszej gospodarki i ośrodków naukowych.

Wypowiedzi uczestników konferencji potwierdziły celowość tego rodzaju spotkań i zalecały okresowe ich organizowanie, jak wynika z następującego wniosku, przyjętego jednomyślnie przez ogół zebranych:

„Obrady konferencji wykazały, że istnieje zbyt słabe powiązanie pomiędzy pracami przemysłu maszyn elektrycznych, biurami konstrukcyjnymi i instytucjami naukowymi z jednej strony oraz użytkownikami — z drugiej. Współpraca ta powinna być wzmocniona. Zebrani apelują do Komitetu Elektrotechniki PAN o właściwą koordynację prac naukowo-badawczych katedr i instytutów z pracami przemysłu”.

W poszukiwaniu właściwych dróg nawiązania bliższej współpracy zrucono podczas obrad szereg sugestii i propozycji, spośród których należałoby wymienić kilka najważniejszych poza wspomnianym wyżej dezerytem, dotyczącym organizowania częstszych tego rodzaju spotkań. Przedstawiciele przemysłu maszyn elektrycznych apelowali do użytkowników o dokładne precyzowanie ich potrzeb, a nade wszystko o możliwie wcześnie zgłaszanie ich do biur konstrukcyjnych, doświadczeni bowiem nieliczna grupa przemysłów zadowolająca współpracuje na tym odcinku z wytwórcami maszyn elektrycznych. Chcąc zapewnić konstruktywną współpracę pomiędzy prze-

\* Referaty zgłoszone na konferencję były zamieszczone w Przegl. Elektr., 1954, z. 2, str. 49–91. Koreferat mgr inż. W. Smoluchowskiego jest zamieszczony w niniejszym zeszycie (str. 483–488).



myślem maszyn elektrycznych a odbiorcami, uczestnicy konferencji stwierdzili celowość przekazywania zakładom wytwórczym oraz biurom konstrukcyjnym uwag i wszelkiego rodzaju spostrzeżeń, dotyczących eksploatowanych maszyn elektrycznych. Jest to szczególnie ważne w okresie bieżącym, kiedy odczuwa się czasowy brak odpowiednich laboratoriów, gdzie maszyny mogłyby być możliwie wszechstronnie badane.

Oprócz tego zebrani niejednokrotnie stwierdzali konieczność przekazywania do biur konstrukcyjnych i ośrodków naukowych — informacji o znajdujących się w kraju importowanych maszynach elektrycznych względnie układach napędowych. Możliwość zapoznania się projektujących maszyny elektryczne względnie opracowujących zagadnienia naukowe z tej dziedziny, jak również z dziedziny napędów elektrycznych, z nowymi rozwiązaniami zagranicznymi przyczyni się niewątpliwie do przyspieszenia wyraźnego postępu technicznego u nas.

Konieczność dokładnego analizowania warunków pracy maszyn elektrycznych w poszczególnych gałęziach przemysłu — i na tym tle odpowiednie precyzowanie zadań użytkowników — dało się odczuć wyraźnie w przypadku rozważania potrzeb tak ważnej dziedziny naszej narodowej gospodarki, jaką jest rolnictwo. Tutaj ostro zarysowuje się celowość możliwie jak najspieszniejszego, a jednocześnie dokładnego przeanalizowania wszystkich parametrów, których znajomość jest nieodzowna do właściwego i jednoznacznego ustalenia potrzeb tej rozległej gałęzi naszej gospodarki.

Powyższe stanowisko znalazło odbicie w następującym wniosku uchwalonym jednomyślnie przez uczestników konferencji:

„W związku z zadaniami postawionymi przez II Zjazd Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej w zakresie rozwoju rolnictwa konieczne jest podjęcie produkcji odpowiednich silników elektrycznych dla elektryfikacji wsi. W tym celu powinny być przez zainteresowane resorty sprecyzowane jak najszybciej konkretne potrzeby na tym odcinku”.

Wniosek ten przekazano do zainteresowanych ministerstw, centralnych zarządów oraz innych instytucji.

Podobnie przedstawiciel Centralnego Biura Konstrukcji Okrętowych stwierdził konieczność opracowania perspektywicznego planu prac zarówno teoretycznych, jak i konstrukcyjnych oraz produkcyjnych w dziedzinie zagadnień związanych z elektrotechniką morską.

Przytoczone wypowiedzi potwierdzają w całej rozciągłości celowość apelu, z którym uczestnicy konferencji zwrócili się do PAN o koordynację prac katedr, instytutów i pracami przemysłu. Świadczą one również o pełnej świadomości zebranych co do niezadowalającego obecnie stanu wzajemnej współpracy, jak i o chęci jej poprawy.

## 2. Zagadnienia ogólne.

Spośród zagadnień natury ogólnej, poruszonych w dyskusji, na podkreślenie zasługują — poza omówioną wyżej koniecznością bliższej współpracy pomiędzy wytwórcami a odbiorcami — także takie problemy, jak izolacja maszyn elektrycznych i związane z nią zagadnienie trwałości maszyn oraz sprawa przepisów i norm, dotyczących budowy, jak i odpowiedniego stosowania różnego rodzaju silników elektrycznych. Również utworzenie odpowiedniego ośrodka laboratoryjnego niezbędnego do sprawnego funkcjonowania przemysłu maszyn elektrycznych znalazło swój oddźwięk w tej części dyskusji.

Już we wstępnych wypowiedziach przedstawiciel CBKME wspominał o zagadnieniu izolacji maszyn elektrycznych, jako czynniku decydującym w dużym stopniu o długotrwałości silników i pewności ich pracy. Biorąc pod uwagę postulaty II Zjazdu PZPR w sprawie podniesienia jakości produkowanych wyrobów przemysłowych, należy uznać za konieczne zwrócenie większej niż dotychczas uwagi na problemy związane ze stosowaniem odpowiedniej izolacji w silnikach elektrycznych.

Podczas obrad konferencji padło szereg wypowiedzi, które podkreślały celowość podjęcia w większym niż dotychczas stopniu prac nad zagadnieniem powszechnego wprowadzenia nowych rodzajów izolacji, odpowiadających klasie B i wyższym. Jako przykład przytaczano Związek Radziecki, gdzie stosowanie izolacji klasy B i wyższych ma na celu nie tylko umożliwienie otrzymywania znacznych przyrostów temperatury w maszynach elektrycznych, lecz nade wszystko zapewnienie silnikom ich długiej trwałości.

Na tle tych wypowiedzi wysunięto ze strony przemysłu maszyn elektrycznych pod adresem Instytutu Elektrotechniki sugestie co do konieczności podjęcia intensywniejszych prac w tej dziedzinie, jak i koordynacji całokształtu zagadnienia, w szczególności w zakresie tzw. izolacji tropikalnej. Zagadnienie izolacji, która by spełniała surowe wymagania, uwzględniające warunki pracy silnika elektrycznego, staje się ważne dla szeregu gałęzi przemysłu krajowego, jak np. okrętowego, rolno-spożywczego, cukrowniczego i innych. Również przemysł obrabiarkowy wykazał żywe zainteresowanie izolacją tropikalną w związku z eksportem różnego rodzaju urządzeń.

W toku dyskusji zagadnienie izolacji tropikalnej zostało nieco rozszerzone; przedstawiciel CZPME wskazał, że w silniku elektrycznym w wykonaniu „tropikalnym” sprawa izolacji jest tylko jednym z zagadnień; niezbędna jest szersza analiza warunków pracy takiego silnika oraz ustalenie pewnych norm i przepisów co do jego wykonania i użytkowania.

W wypowiedziach znacznej części uczestników konferencji poruszono także sprawę wydawania norm i przepisów, dotyczących budowy i użytkowania maszyn elektrycznych.

W szczególności na ważność tego problemu wskazywali przedstawiciele przemysłów chemicznego i górniczego oraz wszystkich tych gałęzi gospodarki, w których występują warunki grożące niebezpieczeństwem wybuchu z powodu nagromadzenia gazowej mieszanki wybuchowej. Stwierdzono wyraźnie brak ogólnych krajowych przepisów, które by dawały wytyczne budowy silników elektrycznych i omawiały możliwości ich stosowania oraz które by klasyfikowały rodzaje gazów lub ich mieszanek grożące wybuchem. Istniejące jedynie w tym względzie „Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych w podziemiach kopalń” PNE-17 nie omawiają wymagań innych przemysłów poza węglowym.

Przedstawiciel PKN omawiając obecny tryb opracowywania norm stwierdził, iż główny ciężar tych prac przerzucony został na resorty, a odpowiednie komisje PKN zostały rozwiązane. Przepisy dotyczące maszyn elektrycznych, które pracują w środowiskach niebezpiecznych pod względem wybuchu, zaproponowane w swoim czasie przez XXXV Komisję PKN, zostały przekazane do Min. Przem. Chemicznego do dalszego opracowania.

Po omówieniu konieczności wydania uaktualnionej ogólnej normy na maszyny elektryczne, jak również przepisów dotyczących doboru i ustawiania silników elektrycznych, uchwalono następujący wniosek, który miał być przekazany przez organizatorów konferencji do PKN i komórek normalizacyjnych odpowiednich resortów:

„Uczestnicy konferencji zwracają się do PKN o jak najkrótsze ustalenie norm z zakresu maszyn elektrycznych i ich zastosowania”.

Rozważając fragmenty dyskusji, dotyczącej wydania norm i przepisów dla maszyn elektrycznych pracujących w środowiskach niebezpiecznych pod względem wybuchowym, poruszono problem, który wywołał liczne wypowiedzi, a mianowicie sprawę budowy stacji prób dla urządzeń elektrycznych przeznaczonych dla przemysłu chemicznego. W tej sprawie zabierali głos zarówno przedstawiciele zainteresowanych przemysłów oraz zakładów wytwórczych maszyn elektrycznych, jak i przedstawiciele Instytutu Elektrotechniki. Wysunięto kilka koncepcji co do placówek, z którymi stacja prób mogłaby być związana, lecz jednomyślnie podkreślano ważność i pilność ostatecznego rozwiązania tej sprawy. Wobec różnorodności propozycji niemożliwe było uchwalenie w formie wniosku zalecenia w sprawie budowy stacji prób w resorcie przemysłu chemicznego, czy też w ramach przemysłu maszyn elektrycznych lub przy Instytucie Elektrotechniki. Konferencja uznała jednakże jednomyślnie za konieczne przekazanie do CZPME i do wszystkich zainteresowanych instytucji następującego wniosku:

„Zebrani na konferencji zwracają się do CZPME, aby doprowadził do końca sprawę powstania ośrodka badawczo-atestowego w zakresie konstrukcji przeciwybuchowych”.

Konferencja poruszyła także zagadnienie pilne do rozwiązania — sprawę katalogów. Niemal jednogłośnie zebrani przedstawiciele użytkowników stwierdzili niewystarczającą liczbę danych zawartych w istniejących katalogach, jak również podawanie niektórych z nich w sposób bardzo oględny i ostrożny, nie odzwierciedlający ich w rzeczywistości.



stości większych wartości. Zrewidowanie obecnej formy i sposobu opracowywania katalogów maszyn elektrycznych jest konieczne.

W szczególności konieczne jest wyjaśnienie sytuacji, która powstała w dziedzinie wydawania katalogów. Obecnie żadna z istniejących instytucji nie zajmuje się tą sprawą i zupełnie nie jest wyjaśnione, do kogo to zagadnienie ma należeć. Apel uczestników konferencji, wyrażający konieczność jak najszybszej poprawy sytuacji w zakresie wydawnictw katalogowych, choć nie skierowany wyraźnie pod określonym adresem, winien być rozważony przez władze zwierzchnie.

Należy wymienić w tym miejscu projekt, zgłoszony przez przedstawiciela CBKME-OPUE, a dotyczący wyrażnej konieczności opracowywania i wydawania katalogów traktujących o nowych seriach maszyn elektrycznych, których wprowadzenie przewidywane jest w najbliższych latach. Tego rodzaju katalogi, podające zasadnicze parametry w sposób nawet niezbyt ściśle dokładny, byłyby dużą korzyścią dla wszystkich biur konstrukcyjnych oraz stałyby się źródłem informacji na temat zamierzeń przemysłu maszyn elektrycznych.

W dyskusji padła wypowiedź na temat celowości wprowadzenia atestów gwarancyjnych dla produkowanych maszyn elektrycznych. Dezyderat ten winien stać się przedmiotem rozważań CZPME i podległych mu zakładów wytwórczych.

Na tle niektórych przytoczonych powyżej zagadnień, a w szczególności mając na względzie dokładniej sprecyzowane niektóre potrzeby poszczególnych przemysłów w zakresie różnego rodzaju silników elektrycznych, zgłoszono wyraźne postulaty, dotyczące utworzenia odpowiedniego ośrodka laboratoryjnego dla przemysłu maszyn elektrycznych.

Postulaty te znalazły swe odzwierciedlenie w dwóch wnioskach, zgłoszonych przez CBKME i Instytut Elektrotechniki, a wspólnie podkreślających konieczność oparcia prac zarówno konstrukcyjnych, jak i naukowo-badawczych, na odpowiednich laboratoriach i warsztatach prototypowych. Mocno zaawansowane prace, mające na celu wyposażenie i uruchomienie laboratorium maszyn i napędów elektrycznych Instytutu Elektrotechniki, są dużym krokiem naprzód na tym odcinku, nie wykluczają jednakże celowości rozbudowy niektórych laboratoriów przy zakładach wytwórczych maszyn elektrycznych.

Zgodnie z zaleceniem Konferencji komisja organizacyjna przeredagowała oba zgłoszone wnioski, nadając im następujące brzmienie:

„Konferencja uważa za konieczne jak najszybsze utworzenie bazy laboratoryjnej dla instytucji prowadzących pracę naukowo-badawczą i twórczą w dziedzinie maszyn i napędów elektrycznych. Odpowiednio do swych zadań laboratorium te powinny posiadać właściwie wyposażone warsztaty modelowe.

Konferencja wzywa wszystkie zakłady wytwórcze przemysłu elektrotechnicznego do traktowania dostaw dla budowanego obecnie laboratorium maszyn i napędów elektrycznych Instytutu Elektrotechniki i dla przyszłego zakładu doświadczalnego CBKME jako dostaw pilnych i priorytetowych, dla których anormalne wykonania są w pełni uzasadnione”.

Wniosek został przekazany do PKPG, MPM, PAN, CZPME, CBKME i innych instytucji.

Niezależnie od tego zebrani na konferencji podkreślili (w formie dezyderatu) celowość zwrócenia się do przemysłu maszyn elektrycznych z prośbą o przeznaczenie jednego z zakładów wytwórczych (względnie jego oddziału) do wykonywania małych serii lub nawet kilku sztuk maszyn elektrycznych specjalnych, niezbędnych do potrzeb różnych przemysłów.

### 3. Potrzeby różnych gałęzi przemysłu w dziedzinie silników elektrycznych.

W dyskusji na temat silników elektrycznych prądu zmiennego wysunięto propozycję dotyczącą sztywnego szeregu mocy dla silników asynchronicznych o mocach ponad 100 kW.

W uchwalonym wniosku zebrani potwierdzili celowość wprowadzenia zaproponowanego szeregu ze współczynnikiem narastania mocy 1,26. W dyskusji przedstawiciel katedry napędów i trakcji elektrycznej Politechniki Gdańskiej wskazał

na możliwość wykonywania silników tej samej mocy, lecz z różnym rodzajem izolacji. Pozwoli to na pewne zagęszczenie siatki mocy, co w konsekwencji powinno doprowadzić do poprawy współczynnika mocy.

Kwestia granicznych mocy silników elektrycznych przy zastosowaniu wysokiego napięcia 3 kV i 6 kV stała się także przedmiotem ożywionej dyskusji. Zasadniczym powodem szeregu wypowiedzi użytkowników maszyn elektrycznych, żądających obniżenia przyjętych przez przemysł granicznych mocy (200 kW przy 6 kV i 100 kW przy 3 kV), była sprawa trudności w uzyskaniu odpowiedniej aparatury niezbędnej przy uruchamianiu silników prądu zmiennego niskonapięciowych o mocach ponad kilkadziesiąt kilowatów. W szczególności należy tu zanotować wypowiedzi przedstawicieli energetyki, przemysłu hutniczego i chemicznego, jako użytkowników znacznej liczby silników omawianej wielkości. Mając jednakże na względzie wyraźne korzyści natury konstrukcyjnej, występujące przy zastosowaniu w silnikach wysokonapięciowych jednorzędowego układu przewodów w żłobku przy uzwojeniu dwuwarstwowym, uchwalono następujący wniosek, uwzględniający dość liczne głosy o trudnościach natury eksploatacyjnej w przypadku wprowadzenia wyżej wymienionych granicznych mocy:

„Ponieważ ze względów konstrukcyjno-gospodarczych dolna granica mocy silników elektrycznych na napięcie 6 kV winna wynosić 200 kW, uczestnicy konferencji apelują do przemysłu aparatów elektrycznych o jak najszybsze uruchomienie produkcji odpowiednich urządzeń, umożliwiających stosowanie silników niskiego napięcia o mocy do 200 kW”.

W uzupełnieniu tego wniosku należy nadmienić, iż zdaniem użytkowników chodzi tu o aparaturę łączeniową i zabezpieczającą na 200, 400 i 600 A prądu znamionowego.

W sprawie poruszanych w dyskusji zagadnień, związanych z silnikami elektrycznymi asynchronicznymi, uchwalono prawie jednomyślnie wniosek następujący:

„Zebrani na konferencji uważają, że celowe jest wprowadzenie napięcia znamionowego 1000 V do szeregu napięć normalnych dla silników elektrycznych”.

Organizatorzy konferencji przekazali ostatni wniosek zarówno do PAN, jak i do PKN, CBKME, CZPME i Instytutu Elektrotechniki.

W tym miejscu należy także zanotować dezyderat zgłoszony przez jedno z biur projektowych, a dotyczący celowości produkowania silników klatkowych w normalnym wykonaniu tj. typu SBJd na napięciu 380/660 V\*).

Odpowiednie fragmenty zebranych materiałów konferencyjnych, zawierające bliższe omówienie różnorodnych potrzeb szybko rozwijającej się gospodarki, zostały przekazane do PKPG, MPM, CZPME, CBKME, Instytutu Elektrotechniki i innych instytucji celem odpowiedniego wykorzystania.

Należy tu jednak wymienić kilka zagadnień, które przewinęły się w wypowiedziach przedstawicieli różnych przemysłów.

Dość często poruszany był problem konieczności wprowadzenia różnego rodzaju odmian obecnie produkowanej podstawowej serii silników asynchronicznych o mocy do 100 kW.

Sprawą wprowadzenia tych odmian interesowali się przedstawiciele przemysłu obrabiarkowego, dźwigowego i innych. Jednomyślnie przyjęto wniosek następujący:

„Uczestnicy konferencji wspólnie zwracają się do przemysłu maszyn elektrycznych i jego władz nadrzędnych z apelem, aby możliwie wkrótce wprowadzić do produkcji technicznie i gospodarczo uzasadnione odmiany serii podstawowej oraz silniki konstrukcji specjalnej.”

W dziedzinie silników budowy ognioszczelnej należy zanotować wypowiedzi przedstawicieli przemysłów chemicznego, rolno-spożywczego i włókienniczych na temat konieczności budowy silników elektrycznych z odpowiednimi osłonami, przewidzianych do pracy w grupach zapłonowych B, C czy nawet D. Problem ten zwi-

\* Dalsze zgłoszone podczas konferencji potrzeby użytkowników zostały w części przynajmniej omówione w odpowiednich referatach, które ukazały się w Przeglądzie Elektrotechnicznym, 1954, zes. 3, oraz w artykule mgr inż. W. Smoluchowskiego pod tyt. „Wtyczkę rozwoju przemysłu silników elektrycznych na tle potrzeb ich użytkowników”, zamieszczonym w niniejszym zeszycie.



zany bezpośrednio z omawianą powyżej sprawą budowy specjalnej stacji probierczej będzie musiał znaleźć niewątpliwie rozwiązanie w najbliższych latach.

Przedstawiciel przemysłu włókien sztucznych wskazał, iż potrzebne są silniki budowy wzmocnionej o mocy od 3 kW z przewietrzaniem przelotowym obcym przy pomocy odpowiednich doprowadzających kanałów. Tego rodzaju silnik przeznaczony byłby do pracy w atmosferze dwusiarczku węgla. Przedstawiciel przemysłu chemicznego chciałby widzieć w swoich zakładach silniki budowy wzmocnionej o mocy ponad 100 kW, mogące pracować w pomieszczeniach narażonych na wybuch.

Przemysł węglowy zgłosił zapotrzebowanie na serię silników prądu zmiennego budowy wzmocnionej czterobiegowych na napięcie 500 V o mocy od 6 do 45 kW do napędu przenośników. Specjalne wymagania postawiono tutaj wykonaniu mechanicznemu tych silników.

Z dość różnorodnych wypowiedzi przedstawicieli rolnictwa należy zanotować duże zapotrzebowanie z ich strony na zamknięte silniki z chłodzeniem powierzchniowym, trójfazowe, o mocy mniej więcej od 0,5 kW do ponad 20 kW na napięcie 220/380 V, wytrzymujące dwukrotny moment znamionowy. Silniki te, wykonywane jako zwarte w granicach mocy do 11 kW, a jako pierścieniowe powyżej tej mocy, służyłyby do napędu różnego rodzaju urządzeń w większych gospodarstwach lub warsztatach POM.

Przedstawiciele rolnictwa poruszyli także problem uruchomienia produkcji silników elektrycznych z wbudowanym reduktorem obrotów. Moc tych silników powinna zawierać się w granicach 0,2 do 1 kW dla maszyn jednofazowych oraz w granicach 1 do 4 kW dla maszyn trójfazowych. Silniki te są potrzebne np. do urządzeń, stosowanych przy mechanizacji hodowli, gdzie jest wymagana prędkość od 50 obr/min wwyż. Reduktor obrotów winien stanowić jedną całość z silnikiem.

Zgłoszono także zapotrzebowanie ze strony rolnictwa na silniki elektryczne jednofazowe o mocach w granicach od 0,2 do 1,5 kW na napięcie 220 V ze sztywną fazą rozruchową, dla potrzeb zarówno gospodarstw indywidualnych, jak i spółdzielni produkcyjnych.

Omówione wyżej potrzeby rolnictwa winny być jeszcze dokładnie przeanalizowane przez odpowiednie resorty zgodnie z przytoczonym na wstępie wnioskiem.

W związku ze sprawą silników jednofazowych zgłoszono podczas obrad dezyderat wzywający Instytut Elektrotechniki do roztoczenia technicznej opieki nad silnie rozwijającą się wytwórczością małych maszyn elektrycznych.

Zgłoszono także potrzeby różnych przemysłów w dziedzinie silników trójfazowych dźwigowych oraz silników na dużą liczbę włączeń. Szczególnie z uwagi na sprecyzowaną przez niektórych uczestników konferencji wymaganą liczbę włączeń wydaje się, że zapotrzebowanie to będzie zaspokojone przez nową serię silników dźwigowych, opracowywaną przez CBKME na podstawie serii zasadniczej. Pierwsze prototypy tej serii są już badane w laboratorium maszyn i napędów elektrycznych Instytutu Elektrotechniki.

Domagano się również sprecyzowania danych znamionowych tych silników przy różnych warunkach pracy. Ważna jest np. moc przy różnym względnym czasie pracy, jak również uzależniona od niego liczba dopuszczalnych włączeń przy ściśle wskazanym rodzaju hamowania. Dane te winny być — zdaniem użytkowników — oparte na wynikach badań laboratoryjnych, a nie na obliczeniach teoretycznych.

Zgłoszono również żądanie produkowania nowego typu silnika do elektrowciągow o mocy 1 do 3 kW. Silniki te winny odznaczać się możliwością łagodnego rozruchu i hamowania, jak również możliwością regulacji prędkości. Wysuwano myśl budowy tego silnika jako repulsyjnego. Wniosek w sprawie podjęcia produkcji silników repulsyjnych zgłosił także przedstawiciel zakładów, wytwarzających urządzenia z zakresu elektrotechniki motoryzacyjnej.

Spśród innych problemów dotyczących silników asynchronicznych, a w szczególności pierścieniowych, należałoby wymienić zagadnienie synchronizowania silników asynchronicznych. W kilku wypowiedziach — m. in. przedstawicieli przemysłu chemicznego i górnego — spotykały się sugestie na temat konieczności opar-

cowania prostego i ekonomicznego układu do synchronizacji tego rodzaju silników. Układ taki znalazłby zastosowanie przy synchronizowaniu silników asynchronicznych, co jest stosowane w niektórych starszych zakładach w celu poprawy współczynnika mocy.

Przedmiotem dyskusji — choć w znacznie mniejszym zakresie — był także silnik synchroniczny, który znajduje zastosowanie przy napędach urządzeń wolnobieżnych. W tej dziedzinie nie wysunięto jednakże specjalnych potrzeb, które różniłyby się od żądań zawartych w referatach konferencyjnych.

Należałoby tu wspomnieć o konieczności opracowania kilku zasadniczych układów do samoczynnego rozruchu silników synchronicznych. Zagadnienie to zostało opracowane w roku 1953 przez Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych Instytutu Elektrotechniki i może być wykorzystane w przypadku wykonywania szczegółowych projektów technicznych tego rodzaju układów.

W dyskusji poruszono również sprawę silników komutatorowych, które m. inn. stosuje się w przemyśle włókienniczym. Wyrażono sugestię — może niezbyt jeszcze ściśle sprecyzowaną, a dotyczącą konieczności ewentualnego opracowania krajowej produkcji tego rodzaju silników elektrycznych.

Przy omawianiu na tle referatów — problemu maszyn prądu stałego — przedstawiciele użytkowników wyrazili życzenie odnośnie zwiększenia zakresu mocy obecnie produkowanych tego rodzaju silników budowy zamkniętej.

#### 4. Zagadnienia napędu elektrycznego.

Dyskusja na tym odcinku traktowała raczej o sprawach natury ogólnej, niemniej bardzo ważnych i istotnych.

Rozważano mianowicie przede wszystkim zagadnienie projektowania, kompletowania krajowych dostaw i uruchamiania nowych układów napędowych. Zagadnienie to stało się przedmiotem licznych i — trzeba przyznać — nie zawsze jednomyślnych wypowiedzi.

Część dyskutantów oświadczyła się za stworzeniem centralnego biura zajmującego się projektowaniem oraz przedsiębiorstw, które by zajęło się kompletowaniem oraz uruchamianiem układów napędowych; inni byli zdania, że każdy przemysł winien posiadać odpowiednią instytucję, zajmującą się sprawami napędów elektrycznych.

W wyniku tej dyskusji uchwalono dwa wnioski, wysunięte przez przedstawiciela przemysłu papirniczego. Jeden z nich głosił:

„Opierając się na wzorach radzieckich konferencja uważa za konieczne utworzenie przedsiębiorstwa dla kompletnych dostaw napędów elektrycznych oraz biura projektów i połączonego z nim laboratorium w zakresie złożonych układów napędowych”.

Drugi wniosek był następującej treści:

„Konferencja prosi, aby MPM wystąpiło z inicjatywą utworzenia — w ramach różnych instytutów branżowych przy przemysłach stosujących napędy elektryczne — komórek techniki napędów elektrycznych”.

Wnioski powyższe organizatorzy konferencji przekazali do PKPG, MPM i innych zainteresowanych instytucji. Pomyślne rozwiązanie sprawy utworzenia biura projektowego, które całkowicie zajmie się projektowaniem, oraz przedsiębiorstwa, które zajmie się dostarczaniem i uruchamianiem układów napędowych, jest chyba najważniejszym problemem natury organizacyjnej, nurtującym obecnie w dziedzinie napędów elektrycznych w kraju.

Konferencja podkreśliła niezbędną ścisłą współpracę, która powinna rozwijać się pomiędzy wyżej wymienianymi instytucjami a krajowymi ośrodkami naukowymi i która niewątpliwie wydzwignie na wyższy poziom naszą technikę w dziedzinie nowoczesnych urządzeń napędowych.

W toku różnych wypowiedzi na temat napędów wysunął się ten sam problem, co podczas dyskusji na temat maszyn elektrycznych, a mianowicie konieczność prowadzenia obserwacji i badań na nowoczesnych importowanych układach napędowych w celu wyciągnięcia odpowiednich wniosków i zapewnienia tym sposobem postępu technicznego w dziedzinie napędów elektrycznych.

Przedstawiciele zainteresowanych przemysłów, które stoją wobec wyraźnej konieczności automatyzacji napędów elektrycznych, zapytywali o stan prac w dziedzinie wzmaca-

niaczy elektromaszynowych. W toku dyskusji wyjaśniono, że model pierwszej krajowej amplitudyny czterouzwojeniowej o mocy 1,8 kW przechodzi końcowe badania na Politechnice Śląskiej. Zgłoszono także zapotrzebowanie ze strony hutnictwa na większą amplitudę — mocy 4 kW.

Również podano do wiadomości zebranych, iż Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych Instytutu Elektrotechniki — łącznie z Zakładem Napędów Elektrycznych Politechniki Łódzkiej — przystąpił w ramach umowy o socjalistycznej współpracy do prac nad budową rototrola z materiałów krajowych. W ramach podobnej umowy, lecz już w innej dziedzinie, oba te Zakłady współpracują nad budową nowego modelu sprzęgła poślizgowego, które znajdzie niewątpliwie wielkie zastosowanie w różnych układach napędowych.

W związku z układami napędowymi należy wspomnieć o dezyderacie przedstawiciela górnictwa na temat konieczności opracowania nowego układu elektrycznego dla maszyny wyciągowej i tym sposobem stworzenia podstaw do podjęcia produkcji wyposażenia aparaturowego.

Omawiając zagadnienie studiów w dziedzinie napędu elektrycznego, zwrócono uwagę na konieczność podbudowania wykładów z tej dyscypliny zajęciami laboratoryjnymi, stwierdzając, iż jest to niezbędny warunek do podniesienia poziomu nauczania.

Zwrócono również uwagę na konieczność posiadania przez magistrów i inżynierów, specjalizujących się w dziedzinie na-

pędu elektrycznego, gruntownych wiadomości z dziedziny maszyn elektrycznych, jak również z dziedziny aparatury elektrycznej i elektroniki. Istniejące jeszcze usterki na tym odcinku, wynikające z pewnych braków w obecnych programach nauczania, winny być możliwie szybko usunięte.

Podczas obrad konferencji wysunięto jeszcze dwa wnioski, które jednomyślnie zostały przyjęte przez zebranych. Pierwszy z nich brzmi:

„Konferencja wzywa Stowarzyszenie Elektryków Polskich do zorganizowania krótkiego kursu — dla podwyższenia kwalifikacji inżynierów projektantów, obejmującego zagadnienia nowoczesnych napędów, stosowania silników synchronicznych, kwestię zabezpieczeń i sterowania silnikami elektrycznymi i inne”.

Drugi wniosek był następujący:

„Konferencja wzywa Państwowe Wydawnictwa Techniczne do powiększenia planu wydawniczego z zakresu wykorzystania energii elektrycznej, a zwłaszcza napędu elektrycznego”.

Wnioski te, jak i poprzednio przytoczone, przekazano odpowiednim instytucjom.

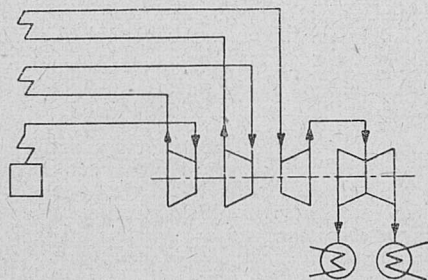
W zakończeniu powyższego przeglądu ważniejszych zagadnień poruszanych podczas obrad można stwierdzić, że Krajowa konferencja w sprawie maszyn i napędów elektrycznych wyjaśniła niewątpliwie szereg problemów i że uchwalone na tej konferencji wnioski przyczynią się do dalszego rozwoju podstawowych dziedzin naszej gospodarki narodowej.

## PRZEGLĄD CZASOPISM

### ELEKTROWNIA NA CIŚNIENIE PONADKRYTYCZNE

Wiesnack G. Neue Bauweisen und Erkenntnisse im Kraftwerksbau und Betrieb in der USA und Schweden (Brennstoff-Wärme-Kraft, 1963, 9)

Dla elektrowni Philo zamówiono nowy zespół o mocy 125 MW na parametry dolotowe 316 atn i 620°C, przegrzanie międzystopniowe przy 81 atn do 565°C oraz powtórne przegrzanie międzystopniowe przy 11,6 atn do 540°C (rys. 1 i 2). Tur-



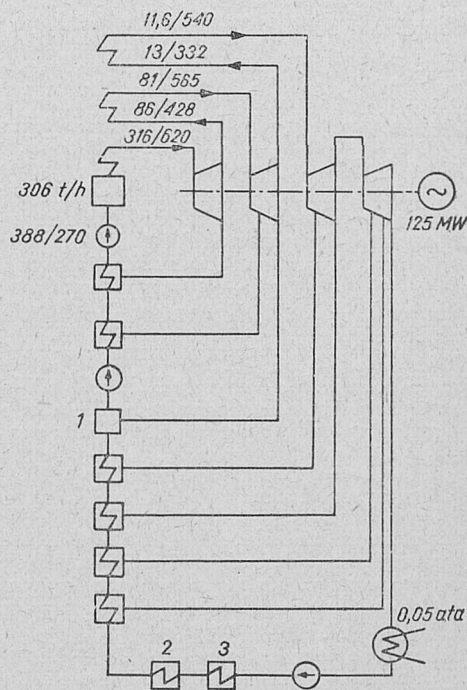
Rys. 1. Układ turbiny

binę będzie zasilac parą kocioł przepływowy Bensona o wydajności około 300 t/h. Palenisko cyklonowe będzie wyposażone w 3 cyklony poziome. Spaliny wejdą do części konwekcyjnej kotła przy temperaturze około 1040°C. Dzięki bardzo wysokiemu przegrzaniu oraz podwójnemu międzystopniowemu przegrzewaniu również do bardzo wysokich temperatur — 81% ciepła dostarczą parze przegrzewacze. Ponieważ palenisko cyklonowe powoduje wydzielenie bardzo dużej ilości popiołu w postaci płynnego żużla, można było zrezygnować z odpylania spalin tym bardziej, że wysokie kominy i duża prędkość wylotowa spalin z komina zapewniają rozsianie produktów spalania na szerokiej przestrzeni.

Dużą trudność na razie niepokonaną stanowi bardzo wysokie ciśnienie wody zasilającej sięgające 388 atn oraz bardzo wysoka temperatura regeneracyjnego podgrzewu wody, a mianowicie 270°C. Pompy zasilające umieszczone przed dwoma ostatnimi stopniami regeneracyjnego podgrzewu pracowałyby wprawdzie przy niezbyt wysokiej temperaturze wody, ale podgrzewacze musiałyby być zbudowane na ciśnienie około 400 atn. Takiej konstrukcji dotąd nie opracowano. W innym rozwiąza-

niu pompy zasilające są poza ostatnim stopniem podgrzania. Podgrzewacze pracują wtedy przy niższym ciśnieniu, pompy natomiast musiałyby przetłaczać wodę o temperaturze 270°C. Takich pomp na ciśnienie około 400 atn też dotąd nie zbudowano.

Zużycie ciepła w bloku oblicza się na 2140 kcal/kWh netto, co stanowi ponad 40% sprawności netto, a ponad 42% brutto



Rys. 2. Uproszczony schemat cieplny turbiny i regeneracji  
1 — odgazowywacz 2 — chłodnica oleju \* — chłodnica wodoru

tn. przy włączeniu do produkcji zużycia na potrzeby własne. Koszt całego bloku kocioł-turbogenerator ma wynosić 12 mln. dol. czyli poniżej 100 dol./kW, a więc znacznie mniej niż dla urządzeń na niższe parametry.

S. A.



## PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 6

Warszawa, listopad 1954 r.

Nr 11

Gwiazdkami obok porządkowych liczb artykułów oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotece Instytutu Elektrotechniki

## Wiadomości ogólne

529\* 621.3.017.31 D1  
Knaack W.: **Straty wirowe w prostokątnych płytkach przewodzących**. „Wirbestromverluste in rechteckigen leitenden Platten”. ETZ, Wuppertal, 2-tyg., Nr 7, kw. 53, s. 208; A4, 2 str., 1 rys., 2 wykr., 2 tabl., 2 poz. bibl. — Teoria i obliczenie prądów wirowych powstających w płytce przewodzącej pod wpływem prostopadłego pola magnetycznego (wzory, współczynnik ze względu na wymiary płytki). Porównanie strat obliczonych i zmierzonych w płytce metalowej. Straty w żelazie. Pomiar rozkładu pola.

530\* 621.3.042.3 D1  
Härlin W.: **Stosunek wysokości żłobka do jego szerokości w żłobkach o równoległych bokach**. „Das Verhältnis von Nuthöhe zu Nutbreite bei Ankernuten mit parallelen Nutflanken”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 22, list. 53, s. 651; A4, 2 str., 3 rys., 1 wykr., 1 tabl. — Znaczenie kształtu żłobka dla uzyskania stosunkowo niedużej indukcji w zębach przy określonym przekroju miedzi. Wzory, umożliwiające obliczenie optymalnego stosunku wysokości żłobka do jego szerokości, w żłobkach o równoległych bokach i prostym lub zaokrąglonym dnie. Określenie „czynnej wysokości żłobka” przy różnych jego kształtach.

531\* 621.3.042.3:534.837 D1  
Tordan H., Rothert H.: **Reguły liczby żłobków i ich związek z szumem magnetycznym maszyn indukcyjnych**. „Nutenzahlregeln und ihr Zusammenhang mit dem magnetischen Geräusch von Asynchronmaschinen”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 22, list. 53, s. 637; A4, 6 str., 2 rys., 5 wykr., 1 tabl., 18 poz. bibl. — Krytyka poglądów na temat zależności szumów powodowanych przez maszyny indukcyjne od liczby żłobków. Przyczyny powstawania szumów i niektóre wiadomości z akustyki. Analiza maszyn elektrycznych jako źródła dźwięku. Drgania pakietu blach. Wnioski co do wymiarów i wyzyskania maszyny. Wyższe harmoniczne pola w szczelinie. Wnioski. Literatura przedmiotu.

532\* 621.3.064.2:621.315 D1  
Danijelan G. J.: **Odlączenie prądów pojemnościowych i obciążeniowych przy pomocy odłączników**. „Otkluczenie razjedinitelami zariadnych tokow i tokow nagruzki”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 53, s. 53; A4, 1 str., 1 tabl., 2 poz. bibl. — Wyniki wieloletniej eksploatacji odłączników na liniach 35 kV o krótkich odcinkach. Celowość stosowania odłączników do odłączania linii w stanie jałowym przy odcinkach nie przekraczających 15 km. Przy dłuższych liniach bądź prądach obciążeniowych stosowanie odłączników zamiast wyłączników prowadzi do przerzutów łuku na inne urządzenia.

533\* 621.3.064.2:621.316.1 D1  
Tiernikow P. W. (i inni): **Odlączenie prądów pojemnościowych i prądów obciążeniowych przy pomocy odłączników (dyskusja)**. „Wkluczenie razjedinitelami zariadnych tokow i tokow nagruzki (diskussja)”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 2, luty 53, s. 40; A4, 4 str., 1 rys., 2 poz. bibl. — Wymagania przepisów eksploatacji dotyczące odłączania przy pomocy odłączników, dopuszczalne odstępstwa. Ocena prądów pojemnościowych sieci kablowej i napowietrznej, zakres zastosowania odłączników. Wyłączanie prądów zwarcia jednofazowego w sieci kompensowanej 35-kilowoltowej oraz w sieci z izolowanym punktem zerowym przy pomocy odłączników.

## Elektrownie

534\* 621.311.17:621.311.18 D1  
Meiners G.: **Nowoczesny punkt widzenia na budowę wielkich zakładów elektrycznych**. „Neuzeitliche Gesichtspunkte beim Bau elektrischer Grossanlagen”. ETZ, Wuppertal, 2-tyg., Nr 11, czerw. 53, s. 327; A4, 3,5 str., 4 fot., 8 rys., 12 poz. bibl. — Potężne sieci elektryczne na 48 V i 125 V w zakładach elektrycznych. Oszczędności na fundamentach przy budowie zakładów elektrycznych. Wnętrzone urządzenia rozdzielcze. Powietrzne urządzenia rozdzielcze. Zabezpieczenia i ochrona elektryczna. Urządzenia szafkowe ochrony elektrycznej.

535\* 621.311.18:621.3.064 D1  
Fieguth H. O.: **Szybkie przyłączanie w urządzeniach potrzeb własnych elektrowni**. „Schnellumschaltung in Kraftwerks-Eigenbedarfsanlagen”. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 22, list. 53, s. 647; A4, 4 str., 2 rys., 6 wykr., 2 tabl., 7 poz. bibl. — Przełączanie napedów potrzeb własnych na inne źródło zasilania w warunkach pracy i zakłóceń. Porównanie przełączania szybkiego (w którym impuls załączający poprzedza wyłączający) z normalnym przełączaniem zakłóceniom, wykazujące znaczną przewagę przełączania szybkiego. Wyniki badań oscylograficznych przełączania grupy silników, obsługujących jeden kocioł. Wnioski.

## Maszyny elektryczne

536\* 621.313 D1  
Bobek K.: **Maszyny elektryczne z Berlina — nowe osiągnięcia**. „Elektrische Maschinen aus Berlin — erfolgreiche Neuentwicklungen”. Elektrizitätswirt., Frankfurt a/Main, 2-tyg., Nr 14, lip. 53, s. 369; A4, 4 str., 9 fot. — Warunki pracy konstruktorów maszyn elektrycznych w Berlinie po wojnie. Krótki opis nowych konstrukcji ciekawszych maszyn trójfazowych. Nowe serie maszyn. Wskaźniki postępu technicznego. Specjalne maszyny: synchroniczne do napedu sprzężarek, generatory średniej częstotliwości, maszyny komutatorowe. Wielkie maszyny dla energetyki.

537\* 621.313 D1  
Leukert W.: **Godne uwagi dostawy wielkich maszyn z Berlina Zachodniego**. „Bemerkenswerte Grossmaschinenlieferungen aus West-Berlin”. Elektrizitätswirt., Frankfurt a/Main, 2-tyg., Nr 14, lip. 53, s. 396; A4, 3,5 str., 13 fot. — Koleje przemysłu maszyn elektrycznych w Berlinie w czasie ostatniej wojny i po niej. Charakterystyka obecnej produkcji w dziedzinie wielkich maszyn dla energetyki, jak również do napedów specjalnych. Silniki synchroniczne do napedu sprzężarek tłokowych wielkiej mocy (6200 kW). Silniki do maszyn wyciągowych w kopalniach i walcarek.

538\* 621.313.2.001.24:621.3.013.1 D1  
Baszarin W.: **Metoda obliczenia wypadkowego czynnego strumienia w maszynach prądu stałego przy obciążeniu i przeciążeniach**. „Mietod rasczota riezultirujuszczewo poleznowo potoka w maszinach postojannowo toka pri nagruzkach i pieriegruzkach”. Elektricitestwo, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 24; A4, 2,5 str., 3 rys., 1 tabl., 4 poz. bibl. — Obliczanie strumienia głównego maszyny prądu stałego przy uwzględnieniu poprzecznego oddziaływania twornika. Na podstawie charakterystyki przejścia określa się średnią wartość indukcji w szczelinie. Przykład obliczeniowy.

539\* 621.313.236.3 D1  
Fraunberger F.: **Wzmacniacze maszynowe prądu stałego i zmiennego**. „Verstärkermaschinen für Gleich und Wechselstrom”. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 16, sier. 53, s. 469; A4, 6,5 str., 18 rys., 9 wykr., 1 tabl., 13 poz. bibl. — Określenie pojęcia „wzmacniacz maszynowy”. Podział wzmacniaczy i omówienie poszczególnych grup. Wzmacniacze jedno i wielostopniowe, oparte na różnych zasadach działania. Niektóre problemy konstrukcyjne wzmacniaczy, w szczególności ich uzwojenia kompensacyjne i wzbudzenie biegunów zwrotnych.

540\* 621.313.236.3 D1  
Priwalski B. J.: **Wybór oporu bocznikującego uzwojenie kompensacyjne wzmacniacza maszynowego**. „Wybor soprotiwlenija szunta kompensacjonnoj obmotki elektromaszinnowo usilitiela”. Elektricitestwo, Moskwa, mies., Nr 10, paźdz. 53, s. 44; A4, 1,5 str., 3 rys. — Uzwojenie kompensacyjne wzmacniacza z polem poprzecznym wykonywane jest przeważnie na większy przepływ niż to jest potrzebne, aby można było przez zblonikowanie go oporem dobrze przepływ do indywidualnych warunków układu. Można tego dokonać przez zdejmowanie charakterystyk obciążenia lub charakterystyk zewnętrznych.

541\* 621.313.322:621.3.018.51 D1  
Kodkind I.: **Włączanie generatorów elektrowni wiejskich do pracy równoległej metodą samosynchronizacji**. „Wkluczenie genieratorow sielskich elektrostancij na parallelnuju rabotu sposobom samosinchronizacii”. Elektricitestwo, Moskwa, mies.,

Nr 9, wrzes. 53, s. 15; A4, 3,5 str., 2 rys., 2 wyk., 4 poz. bibl. — Zalety uproszczonego sposobu synchronizacji elektrowni wiejskich. Po asynchronicznym rozruchu generatora włącza się wzbudzenie. Następuje przejściowe obniżenie napięcia, którego czas można skrócić przez forsowanie wzbudzenia. Dane dotyczące reakcji podłużnej generatorów i uderzenia prądu przy synchronizacji.

542\* 621.313.33.016.1 D1

Stier F.: **Maszyna elektryczna włączona do niesymetrycznego układu wielofazowego.** „Die elektrische Maschine am unsymmetrischen Mehrphasensystem”. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 19, paźdz. 53, s. 564; A4, 4,5 str., 3 wyk., 2 tabl., 3 poz. bibl. — Zachowanie się silnika indukcyjnego, włączonego do niesymetrycznego układu wielofazowego. Wpływ niesymetrycznego zasilania na moment obrotowy silnika i na jego nagrzewanie się przy pracy. Analiza warunków pracy prądnicy synchronicznej przy niesymetrycznym obciążeniu.

543\* 621.313.333.2:621.3.045.56 D1

Rothert H.: **Uzwojenie silnika przełączalne na różne napięcia.** „Spannungsumschaltbare Motorenwicklung”. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 10, maj 53, s. 293; A4, 2 str. 1 rys., 2 poz. bibl. — Analiza możliwości konstrukcji uzwojenia silnika klatkowego przełączalnego na różne napięcia. Charakterystyka takiego uzwojenia pod względem liczby zwojów, przekrojów przewodów, strat w uzwojeniu. Możliwość odmian konstrukcyjnych uzwojenia. Przykład.

#### Linie napowietrzne

544\* 621.315.1.051.2 D1

Roser H.: **Linia przesyłowa na 300 kV Brauweiler-Rheinau.** „Die 300-kV Übertragung Brauweiler-Rheinau”. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 4, luty 53, s. 93; A4, 5 str., 6 fot., 6 rys., 2 tabl., 13 poz. bibl. — Doświadczenia, uzyskane przy przestawianiu istniejących linii o napięciach 110/120 kV na 150 kV i linii 150 kV na 220 kV. Uzasadnienie uziemienia punktu zerowego. Prace, związane z przestawieniem istniejącej linii Brauweiler-Rheinau z napięcia 220/380 kV na 300 kV. Szczegóły rozwiązania podstawy. Niektóre dane zagranicznych projektów linii na 300 kV.

545\* 621.315.17:621.315.661 D1

Rozanow G. M.: **Nierówne przeloty elektroenergetycznych linii przesyłowych z łańcuchami wiszącymi.** „Nierawnyje praloty linii elektropieriedacz pri wypuskajuszczich zaimach”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 11; A4, 4 str., 4 rys., 7 tabl., 1 poz. bibl. — Sposób obliczania odchylenia łańcuchów wiszących w przypadku nierównomiernych naciągów w przewodach. Zależność od temperatury otoczenia. Przykłady obliczeń i wykresy dla różnych typów przewodów staloalumiiniowych. Wyznaczanie kąta odchylenia łańcuchów wiszących.

#### Przewody

546\* 621.315.55.003 D1

Burgsdorf W. W.: **Dyskusja artykułu Głazunowa i Rozanowa „Gospodarczo uzasadniony stosunek przekroju stali i aluminium w przewodach staloalumiiniowych.** „K statje A. A. Głazunowa i G. M. Rozanowa „Ekonomiczeski celesobraznoje otoszenje sieczenij aluminiya i stali w stalealumiiniowych przewodach”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 53, s. 73; A4, 3 str., 1 rys., 4 tabl., 10 poz. bibl. — Zagadnienie zmęczenia aluminium pod wpływem rozciągania. Dobór współczynnika bezpieczeństwa wytrzymałości na rozciąganie przewodów staloalumiiniowych. Porównanie cen różnych typów przewodów staloalumiiniowych. Dobór maksymalnych przelotów linii o przewodach staloalumiiniowych w zależności od warunków klimatycznych. Porównanie wartości obliczonych różnymi metodami.

#### Materiały izolacyjne

547\* 621.315.615.2.004.87 D1

Spirin I. S.: **Regeneracja oleju transformatorowego przy pomocy krzemianów z dodatkami alkali.** „Riegienieracija transformatornowo masła silikagielem s prisadkoj szczeloczi”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 8, sier. 53, s. 45; A4, 2,5 str., 3 rys., 1 tabl. — Opis urządzenia regenerującego przyłączanego bezpośrednio do transformatora. Rozkład warstw filtracyjnych w adsorberze. Celowość stosowania ługu potasowego. Czas filtracji oleju. Wpływ temperatury oleju. Zużycie krzemianów i ługu.

#### Stupy elektryczne

548\* 621.315.661:621.3.056 D1

Bielousow M. M.: **O zwiększeniu obliczeniowych przelotów elektroenergetycznych linii przesyłowych.** „Za uwieliczenie

rasczotnych pralotow linii elektropieriedaczii” Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 9; A4, 2 str., 2 poz. bibl. — Dyskusja dopuszczalnych naprężeń przewodów staloalumiiniowych. Możliwość przeciążenia w zależności od warunków klimatycznych. Ekonomia zużycia drewna w słupach, obliczonych do różnych naprężeń w przewodach. Wpływ wibracji przewodów na przyjęcie założeń do obliczeń wytrzymałościowych.

549\* 621.315.668.1:674048 D1

Jurenkow W. D.: **Mechanizacja nasycania substancjami przeciwniegiennymi drewna słupów linii elektroenergetycznych.** „Miechanizirowannoje antiseptirowanje drowiesiny opor linii elektropieriedaczii”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 8, sier. 53, s. 39; A4, 5 str., 7 rys., 1 tabl. — Konstrukcja pistoletów natryskowych. Centralne zasilanie impregnatem urządzenia na całej wysokości słupów. Zabezpieczanie pracowników przed rozpylonym impregnatem. Wyniki eksploatacyjne, porównanie z impregnacją metodami ręcznymi. Wydajność impregnacji mechanicznej.

#### Mufy kablowe

550\* 621.315.687.2 D1

Salejew D. P., Tiernikow P. W.: **Udoskonalona mufa kablowa do umieszczenia na słupie liniowym.** „Uswierszenstwowanaja masztowaja mufta dla kabielnich sietiej”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 2, luty 53, s. 44; A4, 2 str., 4 rys. — Mufa kablowa 6-kilowoltowa w wykonaniu napowietrznym, wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne. Prostota, mała waga. Przystosowanie do kabli o różnym przekroju. Łatwość przygotowania i montażu w terenie.

#### Sieci i podstacje

551\* 621.316.11:621.3.017 D1

Sinkow W. M., Pieriepiełow B. W.: **Analiza dokładności określenia strat sieci rozgałęzionej według metody oporności zastępczej.** „Analiz tocznosti opriedielenija potier w razwietwlennoj sieti po mietodu ekwiwalentnowo soprotiwlenija”. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 53, s. 23; A4, 4 str., 7 rys. — Sposób obliczania strat dla nieskomplikowanej sieci rozgałęzionej. Uchyby metody oporności zastępczej w zależności od wartości strat, prądów obciążenia i względnej wartości oporności zastępczej. Wykres wskaźnika błędu, jako porównanie dokładności metody przy różnych wartościach oporności. Dyskusja wzoru wyznaczającego straty energii.

552\* 621.316.26 D1

Magidson E. M.: **Kilka uwag do projektu podstacji wewnętrznej na 110 kV Moseniergoprojekt.** „Niekotoryje zamieczanija po projektu zakrytoj podstancji 110 kV Moseniergoprojekt”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 6, czerw. 53, s. 30; A4, 1,5 str. — Charakterystyczne trudności budowy i projektowania podstacji wewnętrznych. Celowość budowy takich podstacji w miastach. Omówienie usterek projektu podstacji na 110/6 kV, nieekonomicznego rozplanowania szyn i pól z dużą ilością przepustów sufitowych, trudność obsługi podczas remontów.

553\* 621.316.26 D1

Jochwidow E. S., Sierbinowski G. W.: **Wyniki stosowania zestawowych podstacji transformatorowych zakładów moskiewskich.** „Opyt primienienija kompletnych transformatorow podstancij moskowskowo transformatornowo zawoda”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 8, sier. 53, s. 35; A4, 4 str., 6 rys. — Schematy podstacji stosowanych w sieciach miejskich. Sposób rozmieszczenia urządzeń w stalowych szafach. Układy sterownicze niskiego napięcia, blokada wyłączników przy współpracy transformatorów w rozdzielni. Uwagi o montażu rozdzielni.

554\* 621.316.26 D1

Kowalow S. I. (i inni): **Nowe zasady projektowania i budowy podstacji.** „Nowyje principy konstruirowanija i komponowija podstancij”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 8, sier. 53, s. 30; A4, 5 str., 5 rys., 2 tabl. — Konieczność unowocześnienia typowych projektów podstacji. Zagadnienia oszczędności konstrukcji. Dobór minimalnych odstępów z uwagi na zabezpieczenie przed przeskokiem oraz na ulot z uwzględnieniem kołysania przewodów (szyn napowietrznych). Przykłady podstacji napowietrznych na 220 kV. Najbardziej ekonomiczne układy szyn.

555\* 621.316.26 D1

Bugrinow J. A., Jagodin G. M.: **Miejskie podstacje wewnętrzne na 110 kV w centrum miasta.** „Gorodskie zakrytyje elektropodstancji 110 kV gubokowo wwoda”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 6, czerw. 53, s. 26; A4, 5 str., 5 rys. — Nieopłacalność zasilania większych miast z podstacji umieszczo-



nych na przedmieściach. Konieczność budowy podstacji wewnętrznych w centrum, wykorzystanie miejsca, przystosowanie do urbanistyki miasta. Schematy i przekroje podstacji z rozdzielniami wewnętrznymi na 110 kV i 6 kV. Zasilanie napowietrzne i kablowe rozdzielni.

## Regulacja

556\* 621.316.541:621.337 D1  
36-biegunowe złącze obwodów sterowania. „36-polige Stenerstromkupplung mit Tuchel-kontakteinsatz“. Elektr. Bahnen, München, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 234; A4, 1 str. 3 fot. — Stosowanie 36-biegunowych złącz obwodu sterowania używanych w teletechnice. Złącze posiada 18 wtyczek i 18 gniazd. Elastyczne umocowanie ze względu na wstrząsy. Jeden kontakt przewidziany jest na 60 A przy 550 V. Samoczynna mechaniczna blokada złącza.

557\* 621.316.7:621.34:338 D1  
Kretzman R.: Elektronika w nowoczesnej wytwórczości. „Elektronik in der modernen Fertigung“. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 9, maj 53, s. 266; A4, 3 str., 5 rys., 6 wykr., 3 poz. bibl. — Niektóre przykłady zastosowania układów sterowania elektronowego w nowoczesnej technice. Sterowanie elektronowe spawarki, regulacja oświetlenia, regulacja prędkości obrotowej szybkobieżnych silników indukcyjnych. Zastosowanie sterowania elektronowego w obrabiarkach kopiujących.

558\* 621.316.7.078.4 D1  
Nolte M.: Nowy układ elektrycznego sterowania programowego. „Neue elektrische Programmsteuerung“. ETZ-A, Wuppertal, 2-tyg., Nr 4, luty 53, s. 109; A4, 2,5 str., 1 fot., 7 rys., 1 wykr. — Opis nowego układu elektrycznego sterowania programowego. Działanie poszczególnych elementów układu: obwodu rozładowniczego z kondensatorem, układu zwłocznego, wybieraka. Rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia oraz możliwości jego wykorzystania w różnych dziedzinach automatyki.

559\* 621.316.717.621.313.3—9 D1  
Grejsuch W.: Wybór sposobu rozruchu silników asynchronicznych klatkowych i silników synchronicznych. „Wybor sposobu paska asynchronnych s korotkozamknutym rotorom i synchronnych elektrodwigatelej“. Elektricestwo, Moskwa, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 19; A 4, 4,5 str., 3 rys., 1 poz. bibl. — Analiza warunków rozruchowych silników asynchronicznych klatkowych i synchronicznych z punktu widzenia zakłóceń w pracy innych silników, dopuszczalnego przeciążenia transformatora zasilającego i dostatecznego momentu dynamicznego. Nomoogramy dla określenia właściwego sposobu rozruchu: bezpośredniego, za pośrednictwem dławika lub oporu, albo za pomocą autotransformatora.

## Urządzenia zabezpieczające

560\* 621.316.925.43 D1  
Geise F.: Ochrona nadprądowo-czasowa z napędem synchronicznym. „Überstrom-Zeitschutz mit Synchronantrieb“. Siemens Z., Berlin, 8 razy do roku, Nr 2, kw. 53, s. 104; A4, 3,5 str., 2 fot., 4 rys., 3 wykr. — Rola przekazywników nadprądowych w nowoczesnych zabezpieczeniach sieci. Przekazywniki nadprądowo-czasowe i stopniowanie zwłoki. Właściwości przekazywnika z napędem przez silniczek synchroniczny. Sposób włączenia przekazywnika i jego działanie. Konstrukcja przekazywnika. Możliwości jego zastosowania.

## Miernictwo elektryczne

561\* 621.317.2:621.314.21—181.2 D1  
Maurer L.: Nowe stanowisko do prób wielkich transformatorów w zakładach Siemens-Schuckert w Norymberdze. „Das neue Grosstransformator-Prüffeld der Siemens-Schuckertwerke in Nürnberg“. Siemens Z., Berlin, 8 razy do roku, Nr 7, list. 53, s. 345; A4, 8,5 str., 8 fot., 6 rys., 2 wykr., 1 tabl., 5 poz. bibl. — Zarys historii stacji prób wielkich transformatorów zakładów Siemens w Norymberdze. Rozplanowanie nowej stacji prób. Opis wyposażenia technicznego: zespołów maszynowych, transformatorów probierczych, urządzeń pomocniczych. Rozdzielnia i pulpit pomiarowy. Specjalne wyposażenie pomiarowe.

562\* 621.317.32:621.317.2.027.3 D1  
Mathias A.: Pomiar napięcia w laboratoriach wysokich napięć. „Spannungsmessung in Hochspannungslaboratorien“. ETZ, Wuppertal, 2-tyg., Nr 11, czerw. 53, s. 322; A4, 5 str., 2 fot., 9 rys., 9 poz. bibl. — Iskierniki kulowe w laboratoriach wysokonapięciowych (ich właściwości i charakterystyka pracy). Wysokonapięciowa aparatura pomiarowa — przegląd dawniejszych przyrządów pomiarowych, np. Petersena, Doleralka,

Schroëdera i innych. Kondensator pomiarowy do pomiaru wartości szczytowej. Nowa aparatura pomiarowa (kondensator półkulowy). Pomiar wartości szczytowej i skutecznej napięcia. Pomiaru wysokich napięć stałych. Zastosowanie bloków pomiarowych.

563\* 621.317.39:532.14 D1  
Tait R., Chalkin F.: Mikro-gęstościomierz bezpośrednio wskazujący. „A direct-reading microdensitometer“. J. scienc. Instrum., London, mies., t. 30, Nr 8, sierp. 53, s. 268; A4, 2,5 str., 1 rys., 1 wykr., 2 poz. bibl. — Zasada budowy przyrządu do pomiaru gęstości (ze wskaźnikiem dwustrumieniowym dla uniknięcia wpływu napięcia). System optyczny przyrządu. Obwód elektryczny układu pomiarowego. Cechowanie, badanie i zastosowanie przyrządu. Dyskusja nad działaniem przyrządu.

564\* 621.317.39:621.3.047:621.333 D1  
Dietrich J.: Samopiszące przyrządy pomiarowe do badań komutatora i szczotkotrzymaczy w silnikach kolejowych. „Schreibende Taschen-Messgeräte zum Prüfen von Kommutator und Bürstenhaltern in Bahnmotoren“. Elektr. Bahnen, München, mies., Nr 9, wrzes. 53, s. 224; A4, 9 str., 10 rys., 6 fot., 3 wykr. — Przyrząd do badania stanu komutatora. Umożliwia pomiar wielkości nierówności komutatora, dobór odpowiedniego gatunku szczotek węglowych. Przyrząd — indykator — do pomiaru siły nacisku szczotek węglowych na komutator. Wyniki pomiarów obu przyrządów podano w postaci wykresów.

565\* 621.317.757 D1  
Poleck H., Wilimzig H.: Nowy przyrząd do pomiaru wyższych harmonicznych. „Ein neues Oberwellenmessgerät“. Siemens Z., Berlin, 8 razy do roku, Nr 2, kw. 53, s. 100; A4, 3,5 str., 1 fot., 4 rys., 1 wykr., 3 tabl. — Występowanie krzywych odkształconych od sinusoidy w różnych gałęziach elektrotechniki i metody ich analizy. Zasada bezpośredniego pomiaru określonej harmonicznej w układzie filtrów eliminujących inne harmoniczne składowe. Opis układu rezonansowego jak również całości układu pomiarowego. Sposób uwzględnienia wahań częstotliwości sieci. Obsługa przyrządu do pomiaru wyższych harmonicznych.

566\* 621.317.784.083.6 D1  
Clarebrough L., Hargreaves M.: Czuły watomierz różnicowy. „A sensitive differential wattmeter“. J. scienc. Instrum., London, mies., t. 30, Nr 8, sierp. 53, s. 282; A4, 1,5 str., 1 fot., 1 rys., 3 poz. bibl. — Czuły przyrząd do pomiaru małych różnic mocy elektrycznej dwóch obwodów (czułość ~ (mW)cm długości skali). Zasada działania przyrządu. Budowa watomierza różnicowego. Zastosowanie watomierza różnicowego.

## Wzmacniacze magnetyczne

567\* 621.318.42:621.395.646 D1  
Johnson W. C.: Wzmocniacze magnetyczne. „The magnetic amplifier“. Electr. Engng., New-York, mies., t. 72, Nr 7, lip. 53, s. 583; A4, 5,5 str., 4 rys., 9 wykr., 1 poz. bibl. — Działanie dławików nasyconych. Działanie elementarnego wzmocniacza magnetycznego. Teoria obwodu ze wzmocniaczem magnetycznym. Wzmocniacze magnetyczne z zewnętrznym sprzężeniem zwrotnym. Zalety sprzężenia zwrotnego. Wzmocniacze z obwodami o własnym nasyceniu.

## Kondensatory elektryczne

568\* 621.319.4:621.315.027.3 D1  
Woronow Ł. N.: Urządzenie odbiorcze przyłączone do kondensatorów wielkiej częstotliwości. „Ustrojstwo dla odbora napiężeńa ot kondensatorow swiazi“. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 7, lip. 53, s. 56; A4, 1,5 str., 3 rys., 3 poz. bibl. — Schemat urządzenia wraz z zabezpieczeniami. Obliczenie oporności dla fali podstawowej oraz prądu pojemnościowego w urządzeniach na liniach najwyższych napięć. Włączanie oporów równoległych przy napięciach niższych. Iskierniki dla ochrony od przepięć atmosferycznych, wpływ stromości. Wartości dopuszczalne napięcia po wtórnej stronie urządzenia.

## Oświetlenie elektryczne

569\* 621.32:535.241 D1  
Reeb O.: Jednostki i wielkości w technice świetlnej. „Licht-technische Massgrößen und Einheiten“. Arch. techn. Messen., München, mies., Nr 209, czerw. 53, s. 123; A4, 4 str., 3 rys., 13 poz. bibl. — Zależności między fizycznymi wielkościami promieniowania i wielkościami stosowanymi w technice świetlnej. Teoretyczne wyprowadzenie wielkości świetlnych (geometria przestrzenna). Jednostki wielkości promieniowania (ilość, strumień, gęstość itp.). Wielkości i jednostki stosowane w tech-



nice świetlnej. Powiązanie współczynnikami jednostek i wielkości fizycznych promieniowania i techniki świetlnej.

### Trakcja elektryczna

570\* 621.333.062.3:625.62 D1  
Schwend F.: **Silniki szeregowo-bocznikowe w trakcji tramwajowej.** „Verbundmotoren im Strassenbahnbetrieb”. Elektr. Bahnen, München, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 20; A4, 2 str., 1 fot., 4 wykry. — Zalety silników szeregowo-bocznikowych. Stosowanie hamowania z odzyskiem energii i elektrycznego hamowania oporowego. Przebudowa starego taboru tramwajowego w Norymberdze (wprowadzenie nastawników kulakowych, przewożenie silników, stosowanie izolacji rodzaju B).

571\* 621.335.4.001.4 D1  
Hoppe H.: **Badania na pojazdach elektrycznych Berlińskich Zakładów Komunikacyjnych.** „Untersuchungen an elektrischen Fahrzeugen der Berliner Verkehrs Betriebe”. ETZ, Wuppertal, 2-tyg., Nr 11, czerw. 53, s. 331; A4, 3,5 str., 2 fot., 5 wykry., 5 poz. bibl. — Urządzenia pomiarowe do badania pojazdów elektrycznych. Badania prawidłowości działania hamulców. Elektryczne sposoby polepszenia działania hamulców. Pomiar nagrzewania się izolacji i komutatora z punktu widzenia norm VDE 0535. Poprawa właściwości silników. Badania przeprowadzane na troleibusach. Badania nowych typów.

572\* 621.335.42—835 D1  
Wilke G.: **Nowy czteroosiowy akumulatorowy wagon motorowy Niemieckich Kolei Związkowych.** „Neuer vierachsiger Akumulatortriebwagen der Deutschen Bundesbahn”. Elektr. Bahnen, München, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 2; A4, 9,5 str., 12 fot., 8 rys., 8 wykry. — Zastosowanie akumulatorowych wagonów motorowych do ruchu bliskiego. Opis wagonu oraz jego wyposażenie. Dane znamionowe wagonu oraz ruchowe. Zastosowanie uzwojeń kompensacyjnych w silnikach trakcyjnych szeregowych prądu stałego. Wyniki badań pierwszych dwóch wagonów akumulatorowych.

### Napędy elektryczne

573\* 621.34:621.3.016.32 D1  
de Ries J.: **Studium o wale elektrycznym.** „Étude sur l'axe électrique”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 62, Nr 7, lip. 53, s. 335; A4, 24 str., 8 rys., 19 wykry., 1 poz. bibl. — Wyprowadzenie równań dla wału elektrycznego o dwóch silnikach. Wykresy kołowe. Momenty i moce przekazywane przez wał elektryczny o dwóch silnikach. Stateczność pracy wału elektrycznego. Wał elektryczny o  $n$  silnikach. Wyprowadzenie równań. Zastosowania.

574\* 621.34:621.944.5:621.313.236.3 D1  
Semmel S.: **Wyposażenie elektryczne walcarek ciągłych do drutu.** „L'équipement électrique des laminoirs continus à fils”. Bull. soc. franc. Electr., Paris, mies., t. 3, Nr 28, kw. 53, s. 165; A4, 8 str., 1 fot., 6 rys., 3 wykry. — Nowoczesne walcarki drutu, układy klatek, stosowane szybkości. Wymagania stawiane napędowi elektrycznemu walcarek. Stosowane rozwiązania. Eliminowanie układów Leonarda przez prostowniki. Schematy zasady regulacji obrotów z wzmacniaczem maszynowym i układem elektronowym.

575\* 629.123.4:621.34:621.869.6 D1  
de Rivoyre A.: **Nowe dźwigi towarowe dla statków handlowych.** „Nouveaux treuils de charge pour les navires marchands”. Rev. Electr. Mecan., Paris, kwart., Nr 92, stycz.-luty-marz. 53, s. 49; A4, 3 str., 3 fot. — Dane konstrukcyjne 3-tonowych dźwigów towarowych dla statków handlowych. Silnik prądu stałego bocznikowo-szeregowy. Przekładnia zębata. Hamulce elektromagnetyczne i mechaniczne. Zdjęcia dźwigów i aparatury sterowniczej.

576\* 621.34:631.37 D1  
Beller A.: **Napędy silnikowe w rolnictwie.** „Motoren Antriebe in der Landwirtschaft”. Elektrizitätswirt., Frankfurt a/Main, 2-tyg., Nr 17, wrzes. 53, s. 506; A4, 6 str., 3 fot., 14 wykry., 3 poz. bibl. — Problem rozruchu napędów rolniczych przy specyficznych warunkach sieci wiejskich. Wymagania stawiane napędem różnych maszyn rolniczych. Charakterystyka przydatności różnych typów silników: pierścieniowego, dwu- i trójfazowego i innych specjalnych odmian silników indukcyjnych. Sprzęgła rozruchowe. Zastosowanie kondensatorów do poprawy warunków pracy silnika.

### Radiologia

577\* 539.163:620.179.152:614.898 D1  
Müller E. A.: **Badanie materiałów promieniami gamma i beta. Preparaty gamma i ich zastosowanie, ochrona przed promieniami.** „Materialprüfung mit Gamma-und Beta-Strahlen II. Gamma-Präparate und ihre Handhabung, Strahlenschutz”. Arch. techn. Messen., München, mies., Nr 209, czerw. 53, s. 131; A4, 4 str., 3 fot., 1 rys., 1 wykry., 3 tabl. — Preparaty radioaktywne wysyłające promienie gamma. Działanie promieniowania gamma i beta na organizm ludzki. Ochrona przed promieniowaniem beta i gamma. Zestawienie powłok ochronnych w zależności od czasu pracy i energii preparatu. Nomogram do obliczania grubości ścianek ochronnych dla danego promieniowania. Przemysłowe urządzenia z preparatami radioaktywnymi.

### Komórki fotoelektryczne

578\* 621.383.001.5 D1  
**Badania teoretyczne i praktyczne komórek fotoelektrycznych.** „Recherches théoriques et pratiques sur les cellules photoélectriques à couche d'arrêt”. Mesures, Paris, mies., Nr 192, maj 53, s. 239; A4, 5,5 str., 4 rys., 8 wykry., 1 tabl. — Reakcja komórek na światło białe i kolorowe. Zjawisko Purkinje. Wpływ światła białego i oporności obwodu zewnętrznego na wielkość prądu fotokomórki (układ pomiarowy, charakterystyka  $i = f(E)$ ). Charakterystyki fotokomórek dla światła kolorowego. Efekt Purkinje (wzrost czułości oka przy zmniejszaniu się czułości) w zastosowaniu do fotokomórek. Badanie efektu Purkinje na fotokomórkach (układ pomiarowy, charakterystyki fotokomórek jako wynik pomiaru).

### Energia atomowa

579\* 621.384:539.17 D1  
Hanle W.: **Wykorzystanie energii atomowej w stosach atomowych.** „Die Ausnützung der Atomenergie im Kernreaktor”. Bull. SEV., Zürich, dwutyg., t. 44, Nr 19, wrzes. 53, s. 836; A4, 4,5 str., 3 fot., 4 rys., 26 poz. bibl. — Zasady wytwarzania energii atomowej w stosach atomowych. Opis różnych typów stosów używanych do wytwarzania energii. Możliwości zastosowania tych urządzeń w skali przemysłowej. Porównanie kosztów siłowni atomowej i węglowej.

580\* 621.384:539.17 D1  
Hanle W.: **Wykorzystanie energii atomowej.** „Die Ausnützung der Atomenergie”. VDI Z., Berlin, tyg., t. 95, Nr 9, marz. 53, s. 257; A4, 6,5 str., 4 fot., 4 rys., 28 poz. bibl. — Zasady otrzymywania energii atomowej. Opis zasad budowy i działania kilku stosów atomowych, szczególnie małej mocy. Wytwarzanie i wykorzystywanie izotopów promieniotwórczych. Rozważanie nad stroną ekonomiczną wytwarzania energii atomowej.

581\* 621.384.620.4 D1  
Le Clair T. G.: **Obecne możliwości realizacji siłowni atomowej.** „Present feasibility of a nuclear power plant”. Electr. Engng., New-York, mies., t. 72, Nr 8, sier. 53, s. 678; A4, 5,5 str., 4 rys., 2 tabl. — Rozważanie na temat możliwości technicznych i ekonomicznych budowy siłowni atomowej dużej mocy. Oceniono koszt zakładowy siłowni na 211,5 MW na 78 milionów dolarów. Koszt zainstalowanej mocy wynosi 370 dolarów/kW w porównaniu z kosztem zwykłej siłowni — 200 dolarów/kW.

### Wzmocniacze

582\* 621.394.64 D1  
Schilling W.: **Wzmocniacz magnetyczny. Budowa i właściwości szeregu typów wzmacniaczy z rdzeniem pierścieniowym 1...100 W ze sterowaniem kątem nasycenia.** „Magnetische Verstärker. Aufbau und Eigenschaften einer Typenreihe von Ringkern-Verstärkern 1...100 W mit Sättigungswinkelsteuerung”. Arch. techn. Messen., München, Nr 207, kw. 53, s. 91; A4, 4 str., 4 rys., 1 wykry., 2 tabl. — Zastosowanie wzmacniaczy magnetycznych w technice regulacji i sterowania. Budowa wzmacniacza magnetycznego ogólnie. Sposób włączenia w układzie. Charakterystyczne dane techniczne wzmacniacza 65(Z.), dane znamionowe, obciążalność, wzmocnienia itp. Charakterystyka techniczna wzmacniacza produkcji amerykańskiej. Stopień wzmocnienia i stała czasu — definicja, sposób obliczenia. Dobroć wzmacniacza. Przykłady zastosowania wzmacniacza magnetycznego.

Niniejszy Przegląd Bibliograficzny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 138). CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 10 groszy.

CINDT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmy publikacji objętych przeglądem bibliograficznym jak i kartami dokumentacyjnymi.





# Warunki prenumeraty czasopism technicznych na rok 1955

Administracja Czasopism Technicznych Naczelnej Organizacji Technicznej,  
Wydawnictwa Górniczo-Hutnicze, Wydawnictwa Komunikacyjne i Filmowa  
Agencja Wydawnicza wprowadzają następujące warunki prenumeraty czasopism technicznych na rok 1955:

| L. D.                                                    | Nazwa czasopisma | A b o n a m e n t |           |           |               |           |           |
|----------------------------------------------------------|------------------|-------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
|                                                          |                  | Opłata normalna   |           |           | Opłata ulgowa |           |           |
|                                                          |                  | roczna            | półroczna | kwartalna | roczna        | półroczna | kwartalna |
| 1                                                        | 2                | 3                 | 4         | 5         | 6             | 7         | 8         |
| <b>CZASOPISMA NAUKOWO-TECHNICZNE</b>                     |                  |                   |           |           |               |           |           |
| 1. Architektura                                          |                  | 180,—             | 90,—      | 45,—      | 90,—          | 45,—      | 22,50     |
| 2. Budownictwo Przemysłowe                               |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 3. Cement, Wapno, Gips                                   |                  | 54,—              | 27,—      | 13,50     | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 4. Drogownictwo                                          |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 5. Energetyka (dwumies.)                                 |                  | 72,—              | 36,—      | —         | 36,—          | 18,—      | —         |
| 6. Energetyka Przemysłowa (Gospodarka Ciepła) (dwumies.) |                  | 48,—              | 24,—      | —         | 24,—          | 12,—      | —         |
| 7. Gazeta Cukrownicza                                    |                  | 54,—              | 27,—      | 13,50     | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 8. Gaz, Woda i Technika Sanitarna                        |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 9. Gospodarka Wodna                                      |                  | 96,—              | 48,—      | 24,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 10. Hutnik                                               |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 11. Inżyniera i Budownictwo                              |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 12. Materiały Budowlane                                  |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 13. Nafta                                                |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 14. Odzież                                               |                  | 54,—              | 27,—      | 13,50     | —             | —         | —         |
| 15. Ochrona Pracy                                        |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | —             | —         | —         |
| 16. Poligrafika (dwumies.)                               |                  | 36,—              | 18,—      | —         | 18,—          | 9,—       | —         |
| 17. Przegląd Budowlany                                   |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 18. Przegląd Elektrotechniczny                           |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 19. Przegląd Geodezyjny                                  |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 20. Przegląd Górniczy                                    |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 21. Przegląd Kolejowy                                    |                  | 36,—              | 18,—      | 9,—       | —             | —         | —         |
| 22. Przegląd Mechaniczny                                 |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 23. Przegląd Odlewnictwa                                 |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 24. Przegląd Papierniczy                                 |                  | 60,—              | 30,—      | 15,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 25. Przegląd Skórzany                                    |                  | 60,—              | 30,—      | 15,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 26. Przegląd Spawalnictwa                                |                  | 54,—              | 27,—      | 13,50     | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 27. Przegląd Techniczny                                  |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 28. Przegląd Telekomunikacyjny                           |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 29. Przemysł Chemiczny                                   |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 30. Przemysł Drzewny                                     |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 31. Przemysł Rolny i Spożywczy                           |                  | 90,—              | 45,—      | 22,50     | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 32. Przemysł Włókienniczy                                |                  | 108,—             | 54,—      | 27,—      | 54,—          | 27,—      | 13,50     |
| 33. Szkło i Ceramika                                     |                  | 54,—              | 27,—      | 13,50     | 36,—          | 18,—      | 9,—       |
| 34. Technika i Gospodarka Morska                         |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | —             | —         | —         |
| 35. Technika Lotnicza (dwumies.)                         |                  | 54,—              | 27,—      | —         | 36,—          | 18,—      | —         |
| 36. Technika Motoryzacyjna                               |                  | 72,—              | 36,—      | 18,—      | 36,—          | 18,—      | 9,—       |

|                                         |  |       |      |       |      |      |      |
|-----------------------------------------|--|-------|------|-------|------|------|------|
| <b>CZASOPISMA POPULARNO-TECHNICZNE</b>  |  |       |      |       |      |      |      |
| 37. Chemik                              |  | 54,—  | 27,— | 13,50 | 18,— | 9,—  | 4,50 |
| 38. Gospodarka Łączności                |  | 54,—  | 27,— | 13,50 | —    | —    | —    |
| 39. Gospodarka Węglem                   |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 40. Horyzonty Techniki                  |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 41. Kinotechnik                         |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 42. Mechanik                            |  | 108,— | 54,— | 27,—  | 36,— | 18,— | 9,—  |
| 43. Motoryzacja                         |  | 60,—  | 30,— | 15,—  | 18,— | 9,—  | 4,50 |
| 44. Przegląd Kolejowy Drogowy           |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 45. Przegląd Kolejowy Elektrotechniczny |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 46. Przegląd Kolejowy Mechaniczny       |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 47. Przegląd Kolejowy Ruchowo-Handlowy  |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 48. Radioamator                         |  | 48,—  | 24,— | 12,—  | —    | —    | —    |
| 49. Technik Przemysłu Spożywczego       |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |
| 50. Transport                           |  | 72,—  | 36,— | 18,—  | —    | —    | —    |
| 51. Wiadomości Elektrotechniczne        |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | 18,— | 9,—  | 4,50 |
| 52. Wiadomości Telekomunikacyjne        |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | 18,— | 9,—  | 4,50 |
| 53. Wiadomości Górnicze                 |  | 54,—  | 27,— | 13,50 | 18,— | 9,—  | 4,50 |
| 54. Wiadomości Hutnicze                 |  | 54,—  | 27,— | 13,50 | 18,— | 9,—  | 4,50 |
| 55. Włókiennictwo                       |  | 36,—  | 18,— | 9,—   | —    | —    | —    |

Przy czasopismach: „Gospodarka Łączności“, „Odzież“, „Ochrona Pracy“, „Przegląd Kolejowy“, „Technika i Gospodarka Morska“, „Gospodarka Węglem“, „Horyzonty Techniki“, „Kinotechnik“, „Przegląd Kolejowy Drogowy“, „Przegląd Kolejowy Elektrotechniczny“, „Przegląd Kolejowy Mechaniczny“, „Przegląd Kolejowy Ruchowo-Handlowy“, „Radioamator“, „Technik Przemysłu Spożywczego“, „Transport“ i „Włókiennictwo“ — ze względu na niskie ceny obowiązuje tylko prenumerata normalna.

## PRENUMERATA NORMALNA

Zgłoszenia na prenumeratę normalną na rok 1955 przyjmują urzędy pocztowe oraz listonosze miejscy i wiejscy. Ponadto można zamawiać prenumeratę normalną przez wpłacanie należności na odpowiednie konto przekazem PKO.

## PRENUMERATA ULGOWA

### A. CZASOPISMA NAUKOWO-TECHNICZNE

Z prenumeraty ulgowej czasopism naukowo-technicznych na rok 1955 korzystać mogą jedynie:

- 1) członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w NOT,
- 2) członkowie Klubów Techniki i Racjonalizacji,
- 3) studenci szkół wyższych.

### B. CZASOPISMA POPULARNO-TECHNICZNE

Z prenumeraty ulgowej czasopism popularno-technicznych na rok 1955 korzystać mogą:

- 1) członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych,
- 2) członkowie Klubów Techniki i Racjonalizacji,
- 3) studenci szkół wyższych,
- 4) uczniowie szkół zawodowych.

### Sposób zamawiania prenumeraty ulgowej

Zamówienia na prenumeratę ulgową powinny być sporządzane zbiorowo, imiennie, z podaniem dokładnego adresu oraz okresu prenumeraty, na każdy tytuł oddzielnie.

Zamówienia te, łącznie z należnością, przyjmować będą koła zakładowe, a od członków niezrzeszonych w kołach — oddziały stowarzyszeń naukowo-technicznych, przekazując je w odpowiednich terminach bezpośrednio do PPK „Ruch” w Warszawie, Stalagrodzie lub Łodzi, w zależności od miejsca wychodzenia czasopisma.

Analogiczny tryb postępowania obowiązuje studentów i uczniów szkół zawodowych z tym, iż na uczelniach prenumeratę przyjmować będą koła naukowe uczelni, a w szkołach zawodowych — dyrekcja szkoły.

### Terminy składania zgłoszeń na prenumeratę ulgową

Nieprzekraczalny termin przekazania zamówień i należności do PPK „Ruch” na I kwartał 1955 r. przez koła zakładowe, oddziały stowarzyszeń naukowo-technicznych, koła naukowe uczelni i dyrekcje szkół — upływa 1 grudnia 1954 r. (obowiązuje data stempla pocztowego).

Zamówienia na następne kwartaly 1955 r. należy zgłaszać w terminach:

II kwartał — do 1 marca 1955 r.

III kwartał — do 1 czerwca 1955 r.

IV kwartał — do 1 września 1955 r.

Należność za wszystkie rodzaje prenumerat wpłacać należy na następujące konta:

dla czasopism: poz. 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52

PPK „Ruch”, Warszawa, Centralna Ekspedycja, Srebrna 12. konto PKO Nr I-110/14000

dla czasopism: poz. 14, 24, 25, 32, 55

Oddział PPK „Ruch” w Łodzi, konto PKO Nr VII-579/110

dla czasopism: poz. 3, 5, 10, 13, 20, 23, 37, 39, 53, 54  
Oddział PPK „Ruch”, Stalagrod, konto PKO Nr III-17763/110

UWAGA: Przy zamawianiu prenumeraty czasopism technicznych prosimy podawać dokładnie: nazwisko, adres, okres prenumeraty oraz tytuł czasopisma.

## Ogólnokrajowy Konkurs Racjonalizatorów Energetyki

Ministerstwo Energetyki, Zarząd Główny Związku Zawodowego Pracowników Energetyki i Zarząd Główny Stowarzyszenia Elektryków Polskich ogłaszają konkurs na pomysły racjonalizatorskie ze wszystkich dziedzin energetyki, zarówno w zakresie eksploatacji, budownictwa i remontów, jak i w zakresie bezpieczeństwa pracy. Uchwały II Zjazdu PZPR nakładają na energetykę obowiązek dalszego wielkiego rozwoju bazy energetycznej i zwiększenia produkcji energii elektrycznej w stopniu zabezpieczającym lepsze zaopatrzenie gospodarki narodowej oraz lepsze zaspokojenie potrzeb ludności. Na cały przemysł został nałożony obowiązek poważnego zwiększenia oszczędności, co w zakresie energetyki powinno wyrazić się zwłaszcza w zmniejszeniu zużycia węgla oraz w spalaniu gorszych jego sortymentów, jak również w wydatnym obniżeniu kosztów w budownictwie energetycznym. Zadania te nie mogą być w pełni wykonane bez nieustannego postępu techniki w dziedzinie wytwarzania i przesyłania energii, który odbywa się drogą systematycznych, choć nieraz drobnych usprawnień.

Masowość ruchu racjonalizatorskiego jest więc nieodzownym warunkiem szybkiego postępu technicznego, przy czym podkreślić należy zacieśniającą się współpracę robotników z inżynierami, technikami oraz z przedstawicielami nauki.

Nieodłącznym elementem postępu techniki są udoskonalenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy; dlatego też na podstawie poważnych osiągnięć poprzedniego konkursu z dziedziny BHP w energetyce, którego tematyka jest nadal i w tym konkursie aktualna, racjonalizatorzy powinni pogłębiać również zagadnienia BHP w ramach niniejszego konkursu.

Celem skierowania myśli szerokich rzesz racjonalizatorów na ważne zagadnienia do rozwiązania w energetyce podaje się (przykładowo) następującą tematykę:

a) w elektrowniach:

- w zakresie oszczędności węgla, jak zmniejszenie niedopału, zmniejszenie strat kondensatu, zmniejszenie strat kominowych, odpylanie spalin itp.,
- w zakresie składowania węgla jak usprawnienia sposobu kontroli i zachowania bezpiecznego kąta zsypu, kontroli temperatury zwalów itp.,
- w zakresie poziomego transportu węgla na składowaniu, jak zastosowanie spychaczy zamiast mostów itp.,
- określenie zużycia paliwa, jak usprawnienie działania wag węglowych, zastąpienie wag innymi urządzeniami itp.,
- zwiększenie trwałości zużywających się szybko części w młynach węglowych,
- praktyczne metody likwidacji zatkania spustu węgla w zasobnikach (bunkrach) węglowych,
- odszlakowanie kotłów jak usprawnienie zgarniaczy żużla z rusztu itp.,
- zmniejszenie przecieków w elektrowniach wodnych, jak usprawnienie uszczelniania zasuw i innych urządzeń wodnych,
- ulepszenie odpopielania w małych elektrowniach,
- remont kotłów, jak uniwersalne rusztowania składane, ulepszenia przyrządów do rozwalcowywania rur, przyrządów do usuwania kamienia kotłowego itp.,
- wyważanie wirników turbin po remoncie (usprawnienia metod i urządzeń),
- ulepszenia urządzeń do oczyszczania powietrza chłodzącego generatorów;

b) w sieciach energetycznych:

- w dziedzinie eksploatacji linii napowietrznych wysokiego napięcia, jak usprawnienia kontroli stanu złączek i zacisków liniowych, zabezpieczenia izolatorów przed zabrudzeniem, wykrywania przeбитych izolatorów, zabezpieczenia słupów i linek przed korozją itp.,
- w dziedzinie budowy linii energetycznych, jak usprawnienia stawiania słupów, zawieszania izolatorów, naciągania przewodów, środków do mocowania porcelany na trzonach izolatorowych i okuć na porcelanie itp.,

c) w rozdzielniach energetycznych:

- w dziedzinie eksploatacji stacji elektrycznych jak usprawnienia blokowania, wózków do transportu wewnętrznego, kontroli jakości izolacji transformatorów, wykrywania linii, na której nastąpiło doziemienie (bez przerywania ciągłości ruchu), czyszczenia i regeneracji oleju itp.,
- w dziedzinie budowy stacji elektrycznych, jak usprawnienie armatur przewodów sprężonego powietrza, środków antykorozyjnych, stosowania gotowych prefabrykatów itp.,

d) w urządzeniach pomocniczych:

- ulepszenia w zakresie transportu wewnątrz warsztatowego,
- ulepszenia wszystkich rodzajów narzędzi stosowanych w energetyce (m. in. ręcznych narzędzi izolowanych do pracy przy niskim napięciu),
- usprawnienia w zakresie składowania materiałów i operatywności magazynów,
- usprawnienia w dziedzinie prac warsztatowych;

e) w produkcji pomocniczej:

- usprawnienia w zakresie urządzeń i osprzętu produkowanego w zakładach resortu energetyki.

Zwracamy uwagę, że udział w konkursie nie pozbawia racjonalizatora prawa do ubiegania się o nagrodę w zakładowej komórce wynalazczości — według obowiązujących przepisów.

Udział w konkursie mogą wziąć wszyscy, bez względu na branżę, w której pracują; w konkursie powinny wziąć udział także brygady racjonalizatorskie, zgłaszając swoje zespołowe projekty, przy czym pożądane jest tworzenie brygad z okazji konkursu w celu właściwego zespołowego opracowania projektów wynikających z powyżej wymienionej tematyki.

Projekty należy składać do dnia 31 marca 1953 r. w zalakowanych kopertach opatrzonych godłem i zaadresowanych: Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa, ul. Czackiego 3/5, „Konkurs Racjonalizatorów Energetyki”. Równocześnie należy złożyć zapieczętowaną kopertę, opatrzoną tym samym godłem, w której należy podać nazwisko, adres i miejsce pracy autora.

Za wyróżnione prace zostaną przyznane następujące nagrody:

Nagrody dla brygad  
racjonalizatorskich:

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| jedna pierwsza nagroda | 20 000 zł |
| jedna druga nagroda    | 15 000 zł |
| jedna trzecia nagroda  | 10 000 zł |

Nagrody indywidualne:

|                                |          |
|--------------------------------|----------|
| jedna pierwsza nagroda         | 5 000 zł |
| trzy drugie nagrody po         | 4 000 zł |
| sześć trzecich nagród po       | 3 000 zł |
| piętnaście czwartych nagród po | 2 000 zł |
| trzydzieści piątych nagród po  | 1 000 zł |

Wszelkich dodatkowych wyjaśnień udzielają sekcje inżyniera wynalazczości w zarządach okręgów energetycznych. Wyniki konkursu i oceny prac będą podane do wiadomości wszystkim uczestnikom.

Przewodniczący Zarządu Głównego  
Stow. Elektr. Polskich  
(—) Kazimierz Kolbiński

Minister Energetyki  
(—) Bolesław Jaszcuk

Przewodniczący Zarządu Głównego  
Zw. Zaw. Prac. Energetyki  
(—) Zdzisław Wierzbiński