

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH  
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO  
Redaktor inż. Tadeusz Czaplicki

Rok XXIV

Warszawa, 21 września 1948 r.

Zeszyt 9

## KRONIKA

### XXXVI. Polski pomysł nowej taryfy elektrycznej.

Pomysł pochodzi nie od elektryka, nie od inżyniera, lecz od matematyka — profesora politechniki i uniwersytetu we Wrocławiu H. Steinhausa.

Na czym polega?

Jeżeli odbiorca pobiera w ciągu czasu  $\Delta t$  moc niezmienną  $p$ , to według taryfy dotychczas najbardziej rozpowszechnionej, w szczególności dla drobnych odbiorców, opłata za pobraną energię jest prosto proporcjonalna do iloczynu  $p \cdot \Delta t$ , tj. do ilości zużytej energii. Według taryfy prof. Steinhausa opłata za pobraną energię w powyższym przypadku powinna być funkcją iloczynu  $p^2 \cdot \Delta t$ . Stąd też pochodzi nazwa — „taryfa kwadratowa“.

Skąd powstał pomysł takiej taryfy i jaki jest jej cel?

Jak wiadomo, elektrownie osiągają najniższy koszt wytwarzania energii elektrycznej wówczas, gdy obciążenie w ciągu całej doby jest jednostajne tj. gdy wykres produkcji ma kształt linii prostej poziomej. W elektrowniach publicznego użytkowania dałoby się to osiągnąć np. drogą magazynowania energii, lecz, niestety, sposób ten jest możliwy jedynie w całkiem wyjątkowych przypadkach. Innym sposobem niwelowania krzywej produkcji energii jest oddziaływanie na krzywe spożycia poszczególnych odbiorców za pomocą odpowiednio zbudowanych taryf. Taryfa obmyślona przez prof. Steinhausa ma właśnie przede wszystkim ten cel na widoku. Taryfa ta lepiej niż wszystkie stosowane dotąd taryfy może wywierać „nacisk“ na odbiorcę w tym sensie, że skłania go do unikania znacznych różnic obciążenia w różnych godzinach doby, do możliwie najlepszego „wyrównywania“ krzywej poboru dobowego.

Możliwość praktycznego stosowania nowego sposobu taryfikacji opiera się na tym, że możliwe jest zbudowanie licznika elektrycznego, który automatycznie podaje wartość skomplikowanej funkcji obrachunkowej i pozwala ustalić należność za energię w sposób tak samo prosty, jak to się czyni na podstawie obecnie stosowanych taryf przy pomocy wskazań zwykłego licznika kilowatogodzin; w dodatku rozrachunek z tytułu dostawy lub wymiany energii biernej jest przy pomocy taryfy kwadratowej, w przeciwieństwie do dotychczasowych metod, równie prosty, jak w stosunku do energii czynnej.

Nie należy przewidywać, żeby nowy licznik, przeznaczony do rozrachunków na podstawie taryfy kwadratowej, miał całkowicie wyrugować dotychczasowe kilowatogodzinowe liczniki energii, lecz zastąpienie w bardzo wielu przypadkach dawnych liczników nowymi i stosownie w pewnych przypadkach nowego licznika obok dawnego może dać, jak się wydaje, duże korzyści w różnych okolicznościach.

W takich warunkach pomysł prof. Steinhausa zasługuje na szczególną uwagę ze strony energetyków oraz ze strony konstruktorów i wytwórców liczników. Ocena tego pomysłu pod względem teoretycznym wypada korzystnie, a przewidywane ujemne strony pomysłu pod względem praktycznym nie są, jak dotąd, takiej wagi, żeby go dyskwalifikowały. Łamy „Przeglądu“ są otwarte do dyskusji krytycznej nad nowym pomysłem dla każdego, kto jest obeznan z techniką pomiarową, z zasadami taryfikacji lub z praktyką rozrachunkową między dostawcą a odbiorcą energii.

Jednak w danym przypadku, jak niemal w każdym innym, o praktycznej przydatności nowego pomysłu nie można wydać ostatecznego sądu na podstawie samego opisu i samych rozważań, bo dopiero próba prak-

tyczna może wykazać całą wartość wynalazku i właściwy zakres jego zastosowania. W krajach, które przodują pod względem postępu technicznego, pomysły znacznie mniej obiecujące niż omawiany tutaj poddaje się próbom w praktyce. Przy pomocy prób wykrywa się wady lub zalety z góry nieprzewidywane, znajduje się łatwe drogi do usunięcia wad pozornie wielkich, natrafia się niekiedy na nowe dziedziny zastosowania pomysłu, o których sam wynalazca nawet nie myślał.

U nas, niestety, bywało najczęściej inaczej. Nie podejmowaliśmy prób opracowywania i rozwijania własnych pomysłów bo rozprawianie nad nimi sprowadzało nas łatwo do ześrodkowania uwagi na ujemnych stronach tych pomysłów, gubienia się w wątpliwościach i obawach, wytaczania przedwcześnie wielkich zarzutów z powodu usterek drugorzędnych itd., jak gdyby gdzie indziej rodziły się pomysły od razu doskonałe. Tu leży jedna z przyczyn naszego do dziś trwającego zacofania w bardzo wielu dziedzinach.

Można mieć nadzieję, że sprawa, o której mówiliśmy wyżej, potoczy się inaczej. Na zlecenie CZPE Państwowa Fabryka Liczników w Świdnicy podjęła prace nad zbudowaniem licznika do potrzeb taryfy kwadratowej. W energetyce państwowej mamy dość dogodnych terenów do wypróbowania nowej taryfy w życiu praktycznym, by się przekonać, czy da ona te korzyści, których można by, jak nam się dziś wydaje, oczekiwać od niej.

### XXXVII. Zwarcia.

Zwarcia są źródłem największych kłopotów w dzisiejszej elektroenergetyce. Budowa urządzeń i sprzętu, które potrafiłyby sprostać dzisiejszym zwiarciom, jest jednym z najtrudniejszych zadań przemysłu elektrotechnicznego.

O ciężkich skutkach zwarć, o wywoływanych przez nie zakłócenia ruchu byliśmy informowani świeżo na łamach „Przeglądu“<sup>1)</sup>. Niebezpieczeństwo ze strony zwarć wzrasta z biegiem czasu, bo wciąż jeszcze rosną moce sprzężone w nowoczesnych układach energetycznych. Ale też równolegle światowy przemysł elektrotechniczny pracuje wytrwale nad opanowaniem niebezpieczeństwa, nad stworzeniem zabezpieczeń, którym można ufać, nad budową aparatury i urządzeń, które mogą się przeciwstawić niszczycielskiemu działaniu zwarć.

Żeby przemysł mógł wywiązać się z powodzeniem z takich zadań, musi mieć do rozporządzenia zwiarcionie tj. laboratoria wyposażone w wielkie źródła mocy biernej, bo bez prób laboratoryjnych naogół nie można stworzyć nowych pewnych w działaniu konstrukcji. Obecnie przemysły posiadają zwiarcionie, których moc dochodzi do 2,5 mln. kVA, ale na tegorocznym Międzynarodowym Kongresie Wielkich Sieci Elektrycznych wymieniano 10 mln. kVA jako moc zwiarcionową, z którą może wypadnie liczyć się już w niedalekiej przyszłości.

Nasz żwawo odradzający się i słusznie ożywiony szerszymi ambicjami przemysł elektrotechniczny, niestety, nie ma dotąd do dyspozycji własnej zwiarcionowni, choćby stosunkowo małej mocy. Stwarza to, jak wiemy<sup>2)</sup>, wielkie trudności nawet w masowej produkcji aparatów dla dolnej strefy wysokich napięć. W najbliższych latach stan ten ulegnie poprawie: pomimo wielkich kosztów i długich terminów dla dostaw zagranicznych pozyskamy

<sup>1)</sup> W. Szumilin. Zadania i ustrój rozrządu elektroenergetycznego (PE, 1948, z. 4/5, str. 101—103).

<sup>2)</sup> A. Weikert i M. Kwał. Zarzysy planu i zagadnienia rozwoju przemysłu aparatów elektrycznych (PE, 1948, z. 4/5, str. 133).

nowoczesną zwarciownię, jako jedną z pracowni Państwowego Instytutu Elektrotechnicznego, mającą na celu obsłużenie wszelkich potrzeb krajowego przemysłu. Na razie jesteśmy skazani na uciekanie się do pomocy zagranicznych zwarciowni, czynione są wszakże wysiłki urządzenia w kraju możliwie szybko prowizorycznej zwarciowni, obliczonej na niewielką stosunkowo moc, lecz mogącej zaspokoić najpilniejsze potrzeby przemysłu krajowego.

Prawidłowe projektowanie i prawidłowa eksploatacja nowoczesnych układów elektroenergetycznych wymagają znajomości rozplywu prądów zwarciowych w całym układzie, tj. prądów, które w chwili zwarcia podążają do punktu zwarcia ze wszystkich źródeł układu, pracujących w danej chwili. Obliczanie rozplywu prądów zwarciowych (lepiej mówić o mocach zwarciowych, gdyż energia zbiegająca się ze wszystkich stron ku punktowi zwarcia pochodzi w ogólnym przypadku ze źródeł różnego napięcia i zmienia po drodze niekiedy kilkakrotnie swe napięcie w transformatorach) jest oparte na tych samych zasadach, co obliczanie rozplywu prądów w normalnym ruchu, tj. na prawach Ohma i Kirchhoffa.

Szczególnie prosty jest przypadek zwarcia symetrycznego. Ale nietrudne jest do opanowania również obliczanie zwarć niesymetrycznych, nawet w bardzo skomplikowanych układach sieciowych trójfazowych (z uziemionym lub izolowanym zerem) przy różnorodnym charakterze zwarcia (jednofazowego, dwufazowego), albowiem dla tych przypadków, kiedy to prawidłowe gwiazdy i trójkąty napięć oraz prądów trójfazowych ulegają wielkim zniekształceniom, mamy wspaniałe narzędzie obliczeniowe w postaci tzw. metody składowych symetrycznych.

Metoda ta, której pierwszą koncepcję zawdzięczamy Stokvisowi (1914), a opracowanie inżynierskie Amerykaninowi Fortescue (1918), polega na tym, że każdy „wektorowy“ układ trójfazowy niesymetryczny można zastąpić trzema „wektorowymi“ układami trójfazowymi symetrycznymi (w ogólnej formie twierdzenie to jest ważne

dla układu  $n$ -fazowego, a tutaj tylko dla prostoty wymieniamy przypadek, kiedy  $n = 3$ ).

Znajomość rozplywu prądów tylko w warunkach normalnej pracy układu elektroenergetycznego już nie wystarcza dzisiejszemu inżynierowi-elektrykowi. Jego wykształcenie będzie niekompletne bez umiejętności obliczania prądów zwarciowych. Zarówno inżynierowie projektujący układy elektroenergetyczne, jak i inżynierowie zatrudnieni w ruchu takich układów lub np. w rozrządzie elektroenergetycznym, mogą przez wielokrotne obliczanie swego układu dla różnych przypadków zwarcia najlepiej wczuć się w pracę układu, spokojnie wniknąć w to, co się dzieje w błyskawicznym i gwałtownym przebiegu zwarcia, zorientować się, jakie niebezpieczeństwa grożą ze strony zwarć poszczególnym elementom układu, sprawdzić, czy projektowane lub istniejące urządzenia są dobrane prawidłowo, tj. czy wytrzymają te ataki zwarcia, na które mogą być w danym układzie narażone.

Nie można zaprzeczyć, że zwykle obliczenia zwarć za pomocą wzorów matematycznych na papierze są dość zawiłe i znużające, choć nie trudne. Toteż w krajach, które przodują w rozwoju elektroenergetyki, stosuje się — obok tamtych — obliczenia uproszczone przy pomocy pomiarów fizycznych na laboratoryjnych modelach układu, zwanych z amerykańską „analizatorami“<sup>3)</sup>. W Polsce pierwszy analizator nowoczesny, typu uniwersalnego i dokładnego, otrzyma w najbliższych latach Państwowy Instytut Elektrotechniczny. Przewiduje się również, że w analizatory typu prostszego będą zaopatrzone nasze główne ośrodki elektroenergetyczne. Umiejętność korzystania z metody składowych symetrycznych bynajmniej nie straci wtedy u nas na wartości.

Tadeusz Czaplicki

<sup>3)</sup> K. Zóćiak. Analizator sieciowy i jego zastosowanie w warunkach polskich (PE, 1947, z. 11/12, str. 354). Ob. także amerykańskie artykuły o zastosowaniu analizatorów w PE, 1947, z. 11/12, str. 358—362.

PROF. WŁODZIMIERZ SZUMILIN  
prezes SEP

## Zagadnienie planu technicznego<sup>1)</sup>

Treść. Definicja i zadania planu technicznego. Wskaźniki techniczno-ekonomiczne, jako kryteria do oceny osiągnięć planu technicznego. Potrzeba opracowania racjonalnych metod planowania. Podstawowe czynniki decydujące o powodzeniu w realizacji planu technicznego.

Вопросы технического плана. Определение и задачи технического плана. Техническо-экономические показатели, как критерий для оценки достижения технического плана. Необходимость разработки правильных методов планирования. Основные факторы, от которых зависит успех в выполнении технического плана.

Problem of the Technical Plan. Definition and object of the technical plan. Technical and economic indices as criterions for the appreciation of the results of the technical plan. Necessity for compilation of rational planning methods. Basic factors governing the success in the technical plan.

La question du plan technique. Définition et but du plan technique. Index technique et économique permettant d'apprécier les résultats du plan technique. Nécessité d'étudier des méthodes rationnelles d'établissement du plan. Éléments fondamentaux décidents du succès dans la réalisation du plan technique.

Hasło „planu technicznego“, rzucone przez Ministra Minca na pierwszym Kongresie Techników Polskich w Łatowicach w grudniu 1946 r., a następnie powtórzona na III Zjeździe Ziem Odzyskanych we wrześniu 1947 r. w Szczecinie, poczyna krystalizować się w świadomości polskiego świata technicznego i przybierać kształty realne.

Mamy już poza sobą liczne dyskusje nad tym zagadnieniem, mamy liczne ujęcia tematu, mamy odnośne zarządzenia oficjalne, co wskazywałoby na to, że zagadnienie to przeszło już ze stadium koncepcyjnego w wykonawcze. Mimo to wydaje się, że zagadnienie planu technicznego w pełni jeszcze nie dojrzało, że wymaga jeszcze bliższego omówienia, głębszej analizy i że powinno być jeszcze przedmiotem dyskusji naszego świata technicznego oraz rzeczowej i twórczej krytyki. Pogłębienie tej dyskusji na naszym dzisiejszym zjeździe oraz na obradach innych stowarzyszeń technicznych przyczyni się niewątpliwie do zmobilizowania ogółu naszych sił technicznych wokół planu technicznego i zapewni skuteczną jego realizację.

Wśród wypowiedzi o tym planie mamy liczne zobrazowania jego treści technicznej. Jedno ujęcie przepro-

wadza analogię do pracy maszyny parowej<sup>2)</sup> i wprowadza pojęcie sprawności ogólnej mierzonej iloczynem trzech sprawności cząstkowych: sprawności metody (ilości), sprawności wykorzystania (taniaści) i sprawności jakości. Wykładnią realizacji planu technicznego ma być dewiza wytwarzania „dużo, tanio i dobrze“.

W innym ujęciu plan techniczny jest porównywany do dynamicznego równania Eulera dla strumienia wodnego (w naszym przypadku strumienia produkcyjnego)<sup>3)</sup>. Jeśli strumień wody przetnieśmy w pewnym miejscu płaszczyną, to z równań Eulera możemy obliczyć wszystkie wielkości charakteryzujące strumień w danym przekroju. Podobnie przekrój poprzez plan techniczny w pewnym czasie pozwoli nam obliczyć wszystkie parametry planu bieżącego dla danego okresu czasu i w ten sposób odtworzyć cały plan.

W innym jeszcze ujęciu plan techniczny traktowany jest jako technika gospodarowania<sup>4)</sup>, jednak oparta na podstawach szerszych niż techniczne, bo zagadnienie sprowadza się do osiągnięcia najkorzystniejszych warunków dla procesu gospodarczego, który jest funkcją

<sup>1)</sup> Referat prof. J. Dowkonta z dn. 9. I. 48 r. na Komisji do spraw Instytutów naukowo-badawczych.

<sup>2)</sup> Inż. I. Borejdo, Życie Gospodarcze, Nr 8/1948.

<sup>3)</sup> Inż. B. Krupiński, Przegląd Górniczy, Nr 11—12/1946.

<sup>1)</sup> Odczyt prezydialny, wygłoszony na XIV Walnym Zgromadzeniu S.E.P. w Szczecinie 11 czerwca 1948 r.

trzech zmiennych niezależnych: materii, człowieka i pieniądza.

Wykryły się również bardziej ściśle definicje planu technicznego. Przez jednych jest on określany jako plan organizacyjno-inwestycyjny, układany na podstawie bilansu technicznego i planu gospodarczego; przez innych jako program pracy przemysłu i nauk technicznych mający na celu zmobilizowanie wszelkich środków do polepszenia wskaźników pracy maszyn i ludzi, do podniesienia jakości produkcji i pokrycia potrzeb konsumentów; wreszcie jest definiowany jako długofalowy plan dynamicznego rozwoju parametrów techniczno-ekonomicznych, charakteryzujących urządzenia wytwórcze oraz procesy technologiczne i wyznaczających rozmiar możliwych usprawnień oraz wskazujących zasięg i kierunek inwestycji.

Tak czy inaczej, przez obrazowe porównania czy przez ściślejsze definicje, dochodzimy do wniosku, że treść planu technicznego jest jedna i to, bardziej jasna niż wynikałoby z przytoczonych porównań i definicji.

Plan gospodarczy mówi o tym, co powinno być dokonane. Plan techniczny winien nam dać odpowiedź na to, jak powinno być dokonane — oczywiście jak najsprawniej, jak najszybciej i jak najekonomiczniej.

Plan techniczny nie jest czysto technicznym zagadnieniem, stanowiącym niejako fragment całokształtu planowania naszej gospodarki narodowej. Przeciwnie, jest on ramieniem wykonawczym tego całokształtu, jest jakby jego dźwignią.

Dobry i mocny plan techniczny to skuteczne osiągnięcie planu gospodarczego, osiągnięcie na drodze racjonalnej i wydajnej, a więc najkrótszej.

Rola planu technicznego w gospodarce uspołecznionej jest o wiele bardziej ważką i wdzieżną niż w gospodarce kapitalistycznej. Plan techniczny — to postęp techniczny. Nie jest on jednak celem samym w sobie, lecz winien być jeno środkiem do osiągnięcia celów wyższych. A cele te są całkiem różne w gospodarkach kapitalistycznej i uspołecznionej. Podczas gdy w pierwszej z nich pełno jest sprzeczności, egoizmów, przypadkowości, koniunktur, a niekiedy nawet zaprzeczenia postępu technicznego, w gospodarce uspołecznionej mamy jasno i harmonijnie nakreślone drogi rozwojowe gospodarki i techniki, których celem ostatecznym jest dobro ogółu.

Nie zrażajmy się tym, że nowym formom naszej gospodarki brak jeszcze tradycji, rutyny, że nie okrzepły one jeszcze na zdrowych zasadach, pozbywając się stopniowo piętna wojennej pczogi, powojennego chaosu i demoralizacji. Start był bardzo trudny, a jednak dokonaliśmy go pomyślnie.

Teraz kontynuujemy nasz wyścig w dziedzinie techniki. Dla każdego z nas — techników zagadnienie planu technicznego nie jest czymś nowym, obcym, niezrozumiałym. We krwi każdego technika tkwi podświadome postępowanie w myśl tego planu, inaczej nie bylibyśmy technikami. Chodzi jednak o to, ażeby tej podświadomości przeciwstawić świadome osiągnięcia celów, którym plan ma służyć, — osiągnięcia, których wartość byłaby wyznaczona w układzie współrzędnych zarówno naszej własnej gospodarki, jak też i ogólno-światowej.

Podstawowym warunkiem należytego spełnienia podstawionego zadania jest realność jego wyników, a ta da się osiągnąć przez właściwe zrozumienie ducha gospodarki planowej. Gospodarka taka jest ściśle związana z socjalistycznym ustrojem społecznym oraz stopniem rozwoju sił wytwórczych. O gospodarce planowej można mówić wówczas, gdy istnieje jeden tylko generalny plan.

Istota planu technicznego, jeśli chodzi o jego treść wewnętrzną, nie jest nowością. Mieli zapewne swoje plany techniczne i Ford i Kayser i wielu innych. Nowością w gospodarce uspołecznionej jest to, że plan taki jest tylko jeden, podczas gdy w kapitalistycznej jest ich tyle, ilu jest Fordów, Kayserów i im podobnych.

W ogłoszonym przed stu laty „Manifestie Komunistycznym“ Marksa i Engelsa czytamy: „...dzieje przemysłu są tylko dziejami buntu nowoczesnych sił wytwórczych przeciw stosunkom produkcji i własności, które są warunkami istnienia kapitalizmu i jego panowania...“

Zadaniem polskiego planu technicznego jest nie tylko osiągnięcie szczytowych wartości wskaźników produkcji

przez jej racjonalizację, lecz również harmonijne skoordynowanie jej na wszystkich szczeblach z ośrodkami pracy czy to ściśle wytwórczej, czy ogólnotechnicznej, czy wreszcie naukowo-badawczej. W ustroju kapitalistycznym takie skoordynowanie nie byłoby możliwe.

Dla nas elektryków, a w szczególności dla energetyków, konieczność takiego skoordynowania jest szczególnie zrozumiała. Niech mi wolno będzie do tych analogii, które wymieniłem na początku, dorzucić jeszcze jedną: analogię, że się tak wyrażę „energetyczną“, i przytoczyć kilka zdań z mojego referatu, który Panowie znajdą w zjazdowym zeszycie „Przeгляdu Elektrotechnicznego“ na temat rozrządu elektroenergetycznego.

„Rozrząd (przez analogię — planowanie techniczne) jest stosunkowo młodą formą organizacji pracy technicznej...“

Powstające w chronologii swego rozwoju historyczne układy energetyczne (plany techniczne) obejmują swym zasięgiem... okręgi, kraje, wreszcie kontynenty...

Dzięki takim układom (planom) możemy w sposób najbardziej racjonalny wykorzystać źródła energetyczne (zdolności produkcyjne) terenu, a możliwość elastycznego nimi manewrowania w znacznym stopniu podnosi efekt techniczny i gospodarczy...

Praca zespolona poszczególnych elementów układu energetycznego (ośrodków pracy)... nie jest dziś do pomyślenia bez scentralizowanego nimi kierowania, koordynującego i kontrolującego pracę tych elementów“.

Czyż analogia nie jest zupełna? Czyż energetykowi może być obce takie ujęcie zagadnienia?

Rozważmy teraz, jakimi kryteriami winien posługiwać się plan techniczny dla osiągnięcia swych celów. Na pierwszym miejscu należy wymienić racjonalizację produkcji, ulepszenie metod technologicznych i wyzyskanie urządzeń wytwórczych.

Wykładnikiem tych elementów jest szereg wskaźników techniczno-ekonomicznych, które będą charakterystyczne następujące czynniki: zdolność produkcyjną, wydajność pracy, zużycie materiału, zużycie energii, wartość produktu.

Ażeby skonkretyzować nasze rozważania, pozwolę sobie podać — jako przykład ujęcia owych wskaźników techniczno-ekonomicznych — zestawienie dokonane na podstawie Instrukcji w sprawie planu technicznego na rok 1948, wydanej przez Departament Techniczny Ministerstwa Przemysłu i Handlu (ob. Tablicę wskaźników).

Wskaźniki podzielone są na 4 zasadnicze grupy: 1) pieniężne — 10 wskaźników, 2) ilościowe (wagowe) — 6 wskaźników, 3) kapitału zakładowego — 1 wskaźnik, 4) wykorzystania możliwości produkcyjnych — 16 wskaźników.

Powinniśmy bliżej zbadać ich treść i celowość pod kątem widzenia ich roli, jako wytycznych dla przemysłu przy układaniu i realizacji planu technicznego. Trudno byłoby na tym miejscu wdawać się w szczegółową analizę podanego zestawienia. Przytaczam je jako przykład ujęcia zagadnienia. Czy jest ono trafne, pokaże życie, gdyż poszczególne gałęzie naszego przemysłu są w chwili obecnej w trakcie ustalania wartości liczbowych tych współczynników oraz wytyczania swych linii rozwojowych.

Byłoby bardzo interesujące podać tutaj wyniki analizy konkretnych, liczbowych wartości wskaźników w dziedzinie energetyki i przemysłu elektrotechnicznego. Niestety, dziś liczb tych jeszcze nie mamy.

Praagnęlibym natomiast na tle podanego przykładu ujęcia zagadnienia wypowiedzieć kilka uwag natury ogólnej i przedstawić całokształt spraw, wiążących się z realizacją zakreślonych przez nas osiągnięć, które określamy ogólnym mianem planu technicznego.

Należałoby ściśle przeanalizować, czy wybrane współczynniki — w każdym ich zakresie i dla każdej gałęzi przemysłu — mogą być te same, gdyż nie chodzi tylko o statystyczne porównywanie ich między sobą w drodze sprowadzenia do wspólnego mianownika, lecz o uwytklenie poprzez liczbową wartość współczynnika zarówno jego treści technicznej, jak i osiągnięć produkcyjnych.

W związku z tym nasuwa się pytanie, czy wskaźniki powinny być ustalone ogólnie, w płaszczyźnie zainteresowań czynników rozpatrujących zagadnienia gene-

ralnie, czy też powinny przyjść od dołu, od czynników bezpośrednio związanych z produkcją. W pierwszym przypadku zachodzi obawa, że będą one posiadały wartość zbyt teoretyczną, w drugim przypadku mogą one być zbyt drobiazgowo, liczne i trudne do syntetycznego ujęcia.

Należy tu znaleźć właściwy „złoty“ środek, gdyż wadliwe ułożenie wskaźników może doprowadzić do paradoksu: pozory wynikające ze wskaźników będą dobre,

przemysłu nie stała się w jej realizacji skostniałą i uciążliwą biurokracją.

Aby się to nie stało, jest wiele do uczynienia zarówno wśród naszej społeczności technicznej, jak i wśród ogółu pracowniczego.

Brak naukowych podstaw planowania i należytego zrozumienia jego istotnej treści powoduje to, że daje się odczuwać z jednej strony nadmiar i wielotorowość wy magań i zarządzeń ze strony kół kierowniczych, z dru-

TABLICA WSKAŹNIKÓW PLANU TECHNICZNEGO

Wskaźniki pieniężne		b) W stosunku do urządzeń produkcyjnych	
Koszt własny wytwarzania (Z w zł)		Napędy (łączna moc R w k. m.)	
$W_1 = \frac{Z}{B}$ zł/rob.	$W_6 = \frac{Z}{I}$ zł/m <sup>3</sup>	$W_{23} = \frac{R}{N}$ k. m./szt.	$W_{24} = \frac{R}{A}$ k. m./rob.
$W_2 = \frac{Z}{D}$ zł/rob. (W <sub>34En.</sub> )	$W_7 = \frac{Z}{J}$ zł/zł	Urządzenia dźwigowe i transportowe (udźwig Y w t)	
$W_3 = \frac{Z}{F}$ zł/prac. (W <sub>35En.</sub> )	$W_8 = \frac{Z}{K}$ zł/zł	$W_{25} = \frac{Y}{A}$ t/rob.	
$W_4 = \frac{Z}{G}$ zł/zł	$W_9 = \frac{Z}{L}$ zł/zł	Liczba robotników największej zmiany	
$W_5 = \frac{Z}{H}$ zł/m <sup>2</sup>	$W_{10} = \frac{Z}{N}$ zł/szt. (kW <sub>inst.</sub> )	$W_{24En.} = \frac{A}{N}$ rob./kW <sub>inst.</sub>	
Wskaźniki ilościowe (wagowe)		Roczne zużycie własne energii (U w kWh)	
Wielkość produkcji rocznej (S w kg, w kWh)		$W_{26} = \frac{U}{B}$ kWh/rob.	$W_{27} = \frac{U}{D}$ kWh/rob.
$W_{11} = \frac{S}{B}$ kg(kWh)/rob.	$W_{14} = \frac{S}{H}$ kg(kWh)/m <sup>2</sup>	Wyzyskanie maszyn	
$W_{12} = \frac{S}{D}$ kg(kWh)/rob.	$W_{15} = \frac{S}{I}$ kg/m <sup>3</sup>	$W_{28} = \frac{S \text{ (w kWh)}}{kW_{inst.osiąg.} \times 8760}$	
$W_{13} = \frac{S}{F}$ kg(kWh)/prac.	$W_{16} = \frac{Q}{N}$ kg gotow. wyrob. na jednostkę wyposaż. techn. i zmian	Dalsze wskaźniki na jednostkę produkcji	
Wskaźnik kapitału zakładowego		$W_{30} = \frac{N \cdot 2240}{S}$ maszyno-godz./kg	
Wartość urządzeń produkcyjnych (G w zł)		$W_{31} = \frac{D \cdot 2240}{S}$ robotniko-godz./kg(kWh)	
$W_{17} = \frac{G}{A}$ zł/rob.		$W_{32} = \frac{U}{S}$ kWh/kWh	
Wskaźniki wyzyskania		$W_{33} = \frac{M}{S}$ kg/kWh	
możliwości produkcyjnych		Wskaźniki energetyczne	
a) W stosunku do powierzchni (H w m <sup>2</sup> ) i objętości (I w m <sup>3</sup> ) zakładu		Metoda: $\eta_{met.} = \frac{2700 \text{ cal/kWh}}{x \text{ cal/kWh}}$ , gdzie x rzeczywiste zużycie	
$W_{18} = \frac{H}{N}$ m <sup>2</sup> /szt.	$W_{20} = \frac{I}{N}$ m <sup>3</sup> /szt. (kW)	Wyzyskanie: $\eta_{wyz.} = \frac{T}{8760}$	
$W_{19} = \frac{H}{A}$ m <sup>2</sup> /rob.	$W_{21} = \frac{I}{A}$ m <sup>3</sup> /rob.	Taniść: $\eta_{tan.} = \frac{\text{Koszt idealny 1 kWh przy 200 MW i 8760 h}}{\text{Koszt rzeczyw. 1 kWh oddanej na sieć}}$	
<b>OZNACZENIA</b>			
A Liczba robotników największej zmiany bezpośrednio zatrudnionych przy produkcji		L Płace pracowników zakładu (w zł)	
B Liczba robotników bezpośrednio zatrudnionych przy produkcji		M Zużycie paliwa (w kg)	
D Liczba robotników całej załogi fabrycznej		N Wyposażenie techniczne fabryki np. w jednostkach lub sztukach (moc zainstalowana w elektrowni w kW)	
F Liczba pracowników zakładu		R Łączna moc zainstalowanych napędów maszyn i urządzeń produkcyjnych (w k. m.)	
G Wartość maszyn i urządzeń produkcyjnych (w złotych)		S Łączna produkcja roczna (np. w kg, w elektrowni w kWh)	
H Powierzchnia budynków fabrycznych zajętych przez maszyny i urządzenia produkcyjne (w m <sup>2</sup> )		T Roczny czas użytkowania mocy instalowanej (w h)	
I Objętość budynków fabrycznych zajętych przez maszyny i urządzenia produkcyjne (w m <sup>3</sup> )		U Zużycie energii na potrzeby własne (w kWh)	
J Płace robotników bezpośrednio zatrudnionych przy produkcji (w zł)		Y Łączny udźwig urządzeń dźwigowych i transportowych (w t)	
K Płace robotników całej załogi fabrycznej (w zł)		Z Koszt własny wytwarzania (w zł)	

a rzeczywiste osiągnięcia będą złe lub odwrotnie. Chodzi o to, ażeby wypełnione przez poszczególne przemysły wykazy ze wskaźnikami nie okazały się krzywym zwierciadłem rzeczywistości.

Drugą obawą, którą można by wypowiedzieć w stosunku do całej koncepcji planu technicznego, jest to, żeby żywa i zdrowa myśl rzucona przez sternika naszego

giej — krytyczne i niechętnie ustosunkowanie się do ich wykonania ze strony czynników podległych. W wyniku tego stanu rzeczy zachodzi obawa z jednej strony zatracenia ducha planowania wśród powodzi zarządzeń i okólników, z drugiej — zniekształcenia wyników racjonalnie zaplanowanych poczynań przez bierne, formalne i nierzeczowe ich wykonywanie.

Przepracowanie racjonalnych metod planowania oraz wyrobienie się szerokich rzesz pracowniczych zgodnie z jego duchem i istotną treścią zapewni jego skuteczność, jako metody i dźwigni naszej gospodarki, gdyż jest to jedyna droga do świadomego rozwiązywania wszelkich zagadnień produkcji.

Trudno byłoby w ramach niniejszego odczytu omawiać bliżej liczne czynniki, które mogą zdecydować o powodzeniu w realizacji planu technicznego. Wymieńmy ważniejsze z nich.

W dziedzinie materiałów byłoby to ustalenie warunków technicznych, norm rozchodu, wprowadzenie nowych lub zastępczych surowców i półfabrykatów, zapatrzenie wytwórni i rynku we właściwy pod względem sortymentu i jakości surowiec lub produkt. Usprawnienie gospodarki narzędziowej. Zagadnienie „braków“ i odpadków.

W dziedzinie maszyn i urządzeń fabrycznych: sporządzenie inwentarzy, paszportów i kart pracy, sposoby ustawiania maszyn, zagadnienia konserwacji i planowych remontów, powiększenie wyposażenia maszynowego.

W dziedzinie procesów technologicznych: ich unowocześnienie i normalizacja na podstawie właściwej dokumentacji technicznej.

Ogólnie rzecz biorąc, podstawowymi czynnikami natury technicznej byłyby: normalizacja, specjalizacja i modernizacja — gdziekolwiek dadzą się przeprowadzić.

Mam tu na myśli przede wszystkim racjonalizację przebiegu produkcji, mechanizację procesów wytwórczych, wprowadzenie nowoczesnej technologii, zaoszczędzenie jałowych ruchów materiału i człowieka, kontrolę produkcji we wszystkich jej etapach, typizację produkcji, specjalizację wytwórczości, jako główny warunek wzrostu produkcji, zastosowanie telemetrii oraz dalekopisów w scentralizowanej kontroli bieżącej produkcji.

W zakresie zagadnień ludzkich wymienić tu należy: szkolenie i podniesienie kwalifikacji fachowych kadr, ustalenie norm pracy i wzmożenie jej wydajności. Potężnym czynnikiem na tym odcinku jest ruch współzawodnictwa pracy, który winien zdobyć większe niż dotychczas pole działania oraz większe jeszcze zrozumienie wśród szerokich rzesz zarówno robotniczych, jak też sfer naszego świata technicznego. Na tym polu wiele jest jeszcze do zrobienia.

Wszystkie te poczynania odniosą właściwy skutek, jeśli będą działały w ramach należytej organizacji, w przeciwnym wypadku wielkie i piękne wysiłki mogą być zmarnowane. To też należałoby tu podkreślić, że wiele jest obecnie u nas do zrobienia w dziele realizacji pla-

nu technicznego nie tylko na drodze udoskonalenia technicznych czy produkcyjnych, lecz na drodze znacznie prostszej i łatwiejszej do przebycia — właśnie na drodze usunięcia prymitywnych niedomagań organizacyjnych, które ogarniają niekiedy zarówno same zakłady, jak i ich poszczególnych pracowników.

W dziele dźwignięcia naszego poziomu technicznego, wydajności pracy, ilości i jakości wytwarzanych dóbr — nie powinno zabraknąć wysiłku ani robotnika, ani pracownika umysłowego, technika, inżyniera, czy badacza naukowego. Zharmonizowanie pracy nad osiągnięciem wspólnego celu powinno nastąpić zarówno w zakładach wytwórczych, jak i w biurach konstrukcyjnych oraz laboratoriach badawczych; zarówno na stanowisku robotnika przy maszynie, jak inżyniera przy rysownicy, dyrektora przy biurku czy też badacza naukowego przy mikroskopie.

Sz szczególnie doniosła rola w realizacji naszych osiągnięć przemysłowych została wyznaczona przemysłowym instytutem naukowo-badawczym. Mają one prowadzić dla przemysłu zarówno prace badawcze o szerszym zakresie i głębszym podłożu naukowym, jak i prace mające bezpośredni i ścisły związek z bieżącą produkcją i zagadnieniami technicznymi dnia powszedniego.

Możemy powiedzieć, że cała działalność SEP-u, jednoczącego wszystkie polskie siły techniczne na odcinku energetyki, przemysłu elektrotechnicznego i telekomunikacji, przyczynia się w walnie do realizacji planu technicznego w dziedzinie elektrotechniki. Zbieżność działalności SEP-u z celami planu technicznego uwidocznia się zarówno w statucie Stowarzyszenia, jak też w organizacji jego prac, w ich wykonywaniu i w ich wynikach.

Wszystkie prace SEP-u — opracowywanie norm, przepisów i słownictwa, akcja wydawnicza mająca na celu dostarczenie potrzebnej i dobrej książki, akcja szkolnictwa, akcja zwalczania wypadków — wszystko to ma na celu osiągnięcie tych samych wyników, co skuteczna realizacja planu technicznego, bo naczelnym hasłem pracy SEP-u są oddawna: podniesienie kwalifikacji fachowca elektryka, podniesienie jakości produktu oraz wydajności produkcji w dziedzinie elektrotechniki.

Obowiązek skutecznej realizacji planu technicznego ciąży na nas elektrykach w szczególny sposób jeszcze dlatego, że energetyka, przemysł elektrotechniczny i telekomunikacja stanowią w szerokim zakresie podstawę produkcyjną i organizacyjną dla innych przemysłów i z natury rzeczy winny je w realizacji swych zamierzeń wyprzedzać.

Plan techniczny będzie z całą pewnością zrealizowany, jeżeli koledzy z innych dziedzin techniki położą sobie tę sprawę na sercu tak, jak my elektrycy zjednoczeni w swoim Stowarzyszeniu już to uczyniliśmy.

HUGO STEINHAUS

## Nowy rodzaj taryfy elektrycznej (taryfa kwadratowa)\*

Treść. Z punktu widzenia gospodarczego ważne jest, żeby krzywą produkcji energii elektrycznej jak najbardziej zbliżyć do prostego kształtu do prostej poziomej. Elektrownie naogół nie mogą tego osiągnąć przez magazynowanie energii, lecz mogą za pomocą taryfy wywierać nacisk na krzywą konsumpcji, aby jak najbardziej wyrównywać ich wzniesienia i wglębienia. Autor wprowadza pojęcie nacisku w pewnej chwili jako przyrostu całkowitej zapłaty za okres obrachunkowy, spowodowanego nieskończone małym przyrostem mocy pobieranej w danej chwili i przeliczonego na 1 kWh. Różne taryfy elektryczne mierzą do wywierania nacisku wyrównującego krzywą spożycia prądu. Jedyną taryfą jednorodną, która wywiera nacisk proporcjonalny do

rzędnej tej krzywej, jest taryfa kwadratowa. Zapłata według tej taryfy wyraża się wzorem  $z = k \sqrt{T} \sqrt{\int_0^T p^2 dt}$ , gdzie

$z$  oznacza należność do uiszczenia,  $T$  — okres obrachunkowy,  $k$  — przeciętną cenę jednostkową minimalną i  $p$  — moc pobrana w chwili  $t$ . Jedyne odbiorca mocy stałej płaci cenę przeciętną równą  $k$  za 1 kWh. Przy innych typach krzywej odbioru cena jest tym wyższa, im bardziej krzywa odbiega swym kształtem od prostej poziomej. Podane są przykłady nacisku różnych taryf spotykanych w praktyce. Taryfa kwadratowa wyprowadza się ze wzoru ogólnego na zapłatę zawierającego parametr  $n$ . Dla  $n = 1$  wzór ten daje taryfę zwykłą, dla  $n = \infty$  — taryfę tzw. maksymalną, a dla  $n = 2$  — kwadratową.

Taryfa kwadratowa pozwala obniżyć cenę 1 kWh przy równoczesnym zwiększeniu zysku elektrowni. Jest ona uniwersalna i uwalnia producenta od zawierania zawyżonych umów z poszczególnymi konsumentami, których krzywa odbioru ma przebieg specjalny. Zarazem pozwala ocenić położenie gospodarcze elektrowni z punktu widzenia inwestycji lub akwizycji, które

należałoby podjąć. Liczniki do taryfy kwadratowej, rejestrując wartość całki  $\int_0^T p^2 dt$ , uwzględniają wielkość odchylenia kwadra-

towego, grającego podstawową rolę we wszelkiej statystyce. Budowa takich liczników nie nastęrcza poważniejszych trudności technicznych. Przy użyciu liczników typu A<sup>2</sup>V<sup>2</sup>h taryfa kwadratowa rozwiązuje ponadto zagadnienie dopłaty za prąd bierny; tym samym zmudne obliczenia i sztuczne klauzule w umowach stają się zbędne. Wreszcie taryfa kwadratowa daje automatycznie sprawiedliwy podział zysków i strat między elektrownie, sprzedające prąd wspólnie.

\*) Streszczenie pracy, ogłoszonej przez autora pod tytułem „O zagadnieniu taryfy elektrycznej“ w Pracach Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Seria B, nr 1. Wrocław, 1947. Nakładem

Wrocław. Tow. Nauk. Skład główny w księgarni J. Lacha, Wrocław, Kuźnicza 36.

**Новый род тарифа на электрическую энергию (квадратичный тариф).** С экономической точки зрения важно, чтобы кривая производства электрической энергии по возможности приближалась своим видом к горизонтальной прямой. Электрические станции, вообще говоря, не могут достигнуть этого путем аккумуляирования энергии, но могут посредством тарифа оказывать влияние на форму кривых потребления с целью выравнивать их возвышенности и углубления. Автор вводит понятие нажима в определенный момент, понимая под этим приращение полной причитающейся за расчетный период платы, вызванное бесконечно малым приращением мощности, потребляемой в этот момент, и отнесенное к 1 kWh. Разные тарифы стремятся производить выравнивающие нажим на кривую потребления энергии. Единственный однородный тариф, который производит нажим пропорциональный ординате кривой, это квадратичный тариф. Плата по этому тарифу выражается

формулой 
$$z = k \sqrt{T} \int_0^T p^2 dt$$
 где  $z$  — причитающаяся плата,  $T$  — расчетный период,  $k$  — средняя минимальная цена и  $p$  — мощность

потребляемая в момент  $t$ . — Только при потреблении постоянной мощности средняя цена 1 kWh равна  $k$ . При кривых потребления другого вида цена тем выше, чем больше кривая отклоняется от горизонтальной прямой. Даются примеры нажима различных тарифов применяемых на практике. Квадратичный тариф получается из общего выражения, содержащего параметр  $n$ . При  $n = 1$  выражение дает обычный тариф, при  $n = \infty$  т. наз. максимальный тариф, при  $n = 2$  квадратичный тариф. Квадратичный тариф позволяет понизить цену 1 kWh при одновременном повышении прибыли поставщика. Этот тариф является универсальным; он избавляет поставщика энергии от сложных договоров с отдельными крупными потребителями, кривая потребления которых имеет специальный вид. Вместе с тем тариф позволяет оценить экономическое положение электрической станции с точки зрения необходимых вкладов капитала либо необходимого приобретения новых потребителей. Счетчики для квадратичного тарифа, отмечая величину интеграла  $\int_0^T p^2 dt$ , учитывают величину квадратичного отклонения, имеющего фундаментальное значение во всякой статистике. Постройка таких счетчиков не представляет серьезных технических затруднений. При применении счетчиков  $A^2V^2h$  квадратичный тариф разрешает вопрос добавочной платы за безвзвешенный ток, благодаря чему отпадают кропотливые подсчеты и искусственные условия договоров. Наконец квадратичный тариф дает автоматическое правильное разделение прибыли и убытков между электрическими станциями, продающими энергию обществу.

**A Novel Form of Electric Consumer's Tariff (Quadratic Tariff).** From an economic point of view it is important for the curve of output of electric energy to adapt its shape as close as possible to the horizontal. Electric plants cannot, in general, achieve this by the storage of energy, but may, by means of tariffs, influence the consumption curve so as to level out, as much as possible, its concave and convex deformations. — The author suggests the idea of „pressure“ at a definite moment as increasing the total amount due for the accounting period, brought about by an infinitely small increase of power consumed at that moment, and computed per 1 kWh. Various electric tariffs aim at the exertion of pressure to balance the curve of consumption of energy. The only uniform tariff which exerts a pressure proportionate to the ordinates of this curve is the quadratic tariff.

The charge, according to this tariff, is represented by the following formula: 
$$z = k \sqrt{T} \int_0^T p^2 dt$$
 where  $z$  denotes the amount due,  $T$  — the accounting period,  $k$  — the average minimum charge per unit and  $p$  — the amount of power consumed at the moment of  $t$ . Solely the consumer of uniform load pays a charge equal to  $k$  per 1 kWh. In the case of curves of divergent types, the charge increases, the more the curve deflects in shape from the horizontal. The author quotes instances of the pressure of various tariffs adapted in practice. The quadratic tariff is derived from the general formula of charges comprising parameter  $n$ . For  $n = 1$ , this formula gives the normal tariff, for  $n = \infty$ , the so-called maximum tariff, and for  $n = 2$ , the quadratic tariff. The quadratic tariff enables the price per 1 kWh to be reduced, simultaneously increasing the profit to the supply undertaking. This tariff is a general one and exempts the producer from concluding complicated agreements with the individual major consumers whose curve of consumption takes a special course. It, at the same time, enables the estimation of the economic position of the electric plant, in so far as investments or the acquisition of consumers are concerned. Meters for the quadratic tariff,

while recording the value of the integral  $\int_0^T p^2 dt$  allow for the extent of quadratic deviation which is the basic factor of any statistics. The construction of such meters does not present any considerable technical difficulties. In the event of application or  $A^2V^2h$  type meters which are of simple construction, the quadratic tariff further solves the problem of surcharges for reactive consumption, thus, the necessity of complicated computations and artificial provisions in agreements is eliminated. Finally, the quadratic tariff automatically provides for a fair allocation of profit and loss among electric power plants selling energy under a joint scheme.

**Un nouveau système de tarification de l'énergie électrique (le „tarif quadratique“).** Il importe que, du point de vue économique, la courbe de la production de l'énergie électrique soit une droite horizontale, ou bien qu'elle approche de cette forme. En général, il est impossible d'atteindre ce but par l'accumulation de l'énergie; en revanche, par la tarification il est possible d'exercer une pression sur la courbe de consommation, de manière à aplatiser ses irrégularités autant que possible. L'auteur introduit la notion de „pression“ instantanée, comme l'accroissement de la somme totale due pour une période d'acquiescement, produit par un accroissement infiniment petit de la puissance consommée à l'instant donné et rapportée à 1 kWh. Divers systèmes de tarification de l'énergie électrique tendent à exercer une pression en vue d'égaliser la courbe de consommation du courant. Le seul système de tarification homogène qui exerce une pression proportionnelle à l'ordonnée de la courbe de consommation est le

„tarif quadratique“. Le paiement  $y$  est donné par la formule 
$$z = k \sqrt{T} \int_0^T p^2 dt$$
 ( $z$  = paiement,  $T$  = période d'acquiescement,  $k$  = prix moyen minimum,  $p$  = puissance consommée à l'instant  $t$ ). Il n'y a que le consommateur de puissance constante qui paye le prix moyen égal à  $k$  pour 1 kWh. En ce qui concerne les autres formes de courbes de consommation, le prix moyen est d'autant plus grand que la forme de la courbe s'éloigne d'une droite horizontale. L'auteur cite des exemples de „pressions“ produites par divers systèmes de tarification rencontrés dans la pratique courante. Le tarif quadratique se déduit de l'équation générale du paiement, contenant le paramètre  $n$ . Pour  $n = 1$  l'équation se ramène au système de tarification ordinaire, pour  $n = \infty$  au système à tarif maximum, et pour  $n = 2$  au „tarif quadratique“. — Le „tarif quadratique“ permet d'abaisser le prix du kWh et en même temps d'augmenter les bénéfices du producteur de l'énergie électrique. Il est général et décharge le producteur du problème des conventions compliquées à conclure avec les divers consommateurs importants dont les courbes de consommation ont des formes spéciales. En outre, il lui permet d'apprécier la situation économique de l'usine électrique au point de vue des investissements à accomplir et des débouchés à obtenir. Les compteurs à „tarif quadratique“ enregistrant l'expression

$\int_0^T p^2 dt$  fournissent „l'écart quadratique“, expression qui joue un rôle fondamental dans toute statistique. La construction de tels compteurs ne présente aucune difficulté sérieuse. — Par l'emploi de compteurs du type  $A^2V^2h$ , instruments de construction facile, le „tarif quadratique“ résout le problème du paiement supplémentaire pour le courant réactif; par la même il dispense celui qui s'en sert des calculs pénibles et des conventions artificielles. — Le „tarif quadratique“ permet de répartir équitablement les bénéfices et les pertes parmi plusieurs usines vendant le courant en commun.

## 1. Wstęp.

Na koszty własne wytwarzania energii elektrycznej w pewnym okresie składają się dwa rodzaje kosztów:

A — koszty stałe, zależne od rozmiarów elektrowni i nie ulegające zmianie z miesiąca na miesiąc, oraz

B — koszty ruchome, wprost proporcjonalne do liczby kWh wyprodukowanych w tym okresie.

Kwota B jest na ogół w każdym okresie miesięcznym inna, ale jej częśćka  $\beta$  przypadająca na 1 kWh jest w ustalonych warunkach stała.

Warunkiem rentowności elektrowni jest pobieranie od odbiorców ceny jednostkowej o tyle wyższej od  $\beta$ , żeby nadwyżki uzyskiwane przekraczały kwotę A kosztów stałych.

Z przebiegu obciążenia dobowego elektrowni w dniach zimowych wynika, że częśćka  $\alpha$  kosztów stałych przypadająca na 1 kWh obniżyłaby się blisko do połowy, gdyby elektrownia mogła osiągnąć pełne wyzyskanie swej mocy zainstalowanej. W interesie elektrowni jest zatem uzyskanie poziomej linii odbioru prądu lub linii zbliżonej do niej. Ponieważ osiągnięta wtedy zwiększona rentowność przedsiębiorstwa pozwala część zysku odstąpić od-

biornom w formie zniżki ceny prądu, przeto korzyść elektrowni zbiega się tu z korzyścią odbiorców.

Wobec niemożności wytwarzania energii elektrycznej na skład, które pozwoliłoby na pełne wyzyskanie mocy elektrowni, pozostaje jako jedyna droga do osiągnięcia takiego wyzyskania nakłanianie odbiorców przez właściwie dostosowaną taryfę elektryczną do możliwie najbardziej równomiernego i stałego pobierania prądu.

## 2. Taryfy elektryczne.

Dla zorientowania się, w jakim stopniu stosowane obecnie najwyższej taryfy elektryczne nadają się do osiągnięcia powyższego celu, należy dać ich charakterystykę ze szczególnym uwzględnieniem wpływu, który one wywierają na wyrównanie krzywej odbioru.

Najprostszą taryfą jest ryczałt. Odbiorca płaci co miesiąc tę samą kwotę, zależną jedynie od mocy jego instalacji. Taryfę ryczałtową z punktu widzenia kalkulacji kosztów zarówno elektrowni, jak i odbiorcy, należy uznać za umowę przypadkową, zależną od „losu“, i w życiu gospodarczym całkiem niewłaściwą. Wpływ, który ona wywiera na wyrównanie krzywej odbioru, przejawia się tylko w chwili zawarcia umowy. Po ustaleniu rzeczywi-

stego zapotrzebowania odbiorcy nie troszczy się o kształt krzywej odbioru, wskutek czego marnuje on prąd bez korzyści dla siebie, a elektrownia dostarcza energii bez osobnej dopłaty.

W praktyce taryfa ryczałtowa ustąpiła miejsca taryfie zwykłej: oznaczając przez  $T$  długość okresu obrachunkowego w godzinach, a przez  $k_1$  cenę sprzedaży 1 kWh w zł, mamy wzór na zapłatę  $z_1$

$$(1) \quad z_1 = k_1 \int_0^T p dt,$$

przy czym  $p$  oznacza moc pobieraną w chwili  $t$  i wyrażoną w kW. Taryfa upodobnia sprzedaż energii elektrycznej do sprzedaży innych towarów. Zapłata jest tu proporcjonalna do ilości sprzedanego dobra, jak zwykle w handlu.

Zalety tej taryfy są następujące:

I) Jest ona monotoniczna, tzn. że konsument  $K$ , który w każdej chwili pobiera co najmniej tyle prądu, co drugi konsument  $K'$ , a w niektórych chwilach więcej, płaci więcej niż  $K'$ . Ta własność przeciwdziała marnowaniu prądu.

II) Jest ona jednorodna, tzn. że konsument  $K$ , który w każdej chwili pobiera  $x$  razy większą moc niż konsument  $K'$ , płaci  $x$  razy więcej niż  $K'$ .

III) Jest addytywna, tzn. każdy płacić dwu konsumentom pobierającym prąd przez osobne liczniki, tyle razem, ile zapłaciłby, gdyby mieli licznik wspólny. Ta własność uniemożliwia uzyskanie korzyści przez stwarzanie odbiorców pozornych, mających osobne liczniki, chociaż stanowią oni jedno przedsiębiorstwo. Jest to okoliczność istotna, gdyż ułatwia kontrolę i prowadzenie rachunków elektrowni.

IV) Jest nieczuła na niepunktualność w odczytywaniu licznika.

V) Jest uniwersalna: prócz ceny jednostkowej za 1 kWh nie ma w niej żadnego elementu umownego.

VI) Posiada liczniki o konstrukcji stosunkowo prostej, które podają do wiadomości odbiorcy ilość pobranej energii.

Niestety, wadą taryfy zwykłej jest to, że nie wywiera ona żadnego wpływu na konsumenta w kierunku wyrównania linii odbioru i nie rozwiązuje zagadnienia rozdziału kosztów stałych między odbiorców odpowiednio do tego, jak się przedstawia ich linia odbioru, od której te koszty zależą. To jest przyczyna, która skłoniła wytwórców i dostawców prądu do szukania innych taryf.

Następna z kolei jest taryfa maksymalna, określona wzorem

$$(2) \quad z_\infty = k_\infty TM,$$

gdzie  $z_\infty$  oznacza zapłatę,  $T$  długość okresu obrachunkowego,  $M$  największy pobór mocy zanotowany w ciągu tego okresu,  $k_\infty$  cenę zasadniczą: jest to ta cena średnia za 1 kWh, którą płaci przy danej taryfie odbiorca, pobierający przez cały okres tę samą stałą moc.

Widać, że ta definicja zgodna jest ze wzorem (2), gdyż przy mocy stałej  $C$  jest  $M = C$ , a więc zapłata łączna wyniesie  $k_\infty TC$ ; ponieważ zaś zużycie wynosi  $TC$  kWh, więc cena średnia jest  $k_\infty$ , jak przyjęto.

Nie zatrzymując się dłużej nad oceną własności taryfy maksymalnej, rzadko stosowanej w Polsce, należy stwierdzić, że ma ona własność, której nie mają taryfy ryczałtowa i zwykła: działa na konsumenta w kierunku wyrównania krzywej odbioru, bo zapłata zależy od szczytowego poboru mocy. Ale to działanie ustaje natychmiast, gdy minie chwila największego obciążenia. Wtedy taryfa maksymalna staje się ryczałtowa z ograniczeniem nałożonym nie przez instalację, lecz przez owo „największe obciążenie“.

Chcąc połączyć zalety taryfy zwykłej i ryczałtowej, wprowadzono taryfy dwuczłonowe. Wzór na zapłatę jest

$$(3) \quad z = k_\infty TM + k_1 \int_0^T p dt.$$

Tutaj nie stosuje się już pojęcia „ceny zasadniczej“; mamy dwie ceny jednostkowe:  $k_\infty$  jest ceną za 1 kWh,  $k_1$  za 1 kWh. Nasuwa się tu sam przez się pomysł oznaczenia  $k_\infty$  jako  $\alpha$ , przy czym  $\alpha = A/P$ , gdzie  $P$  jest mocą

elektrowni w kW (zatem  $k_\infty$  jest średnim kosztem stałym wytwarzania, przypadającym na 1 kW), a  $k_1$  jako  $\beta$ , przy czym  $\beta$  jest też pewną stałą, mianowicie średnim kosztem ruchomym jednej kilowatogodziny.

Jeżeli będziemy rozumieć przez  $M$  górną granicę mocy instalacji odbiorczej w kW, otrzymamy taryfę ryczałtowo-zwykłą; jest ona dosyć rozpowszechniona.

Jeżeli będziemy rozumieć przez  $M$  największą wartość odbioru w okresie obrachunkowym, a więc jak we wzorze (2), to otrzymamy taryfę maksymalno-zwykłą, zwaną pospolicie „dwuczłonową“. Ponieważ ta taryfa jest ściślej dostosowana do rzeczywistych wymagań konsumenta, zajmujemy się nią wprawdzie tamtą; jest ona stosowana często w umowach z odbiorcami przemysłowymi.

Taryfa maksymalno-zwykła wymaga wprawdzie skomplikowanych aparatów pomiarowych, wywiera jednak korzystny wpływ na wyrównanie krzywej odbioru w odróżnieniu od taryfy ryczałtowo-zwykłej. Ten wpływ jest taki jak w taryfie maksymalnej i uwagi dotyczące taryfy maksymalnej mają tu zastosowanie; jednak bezkarne trwonienie prądu nie jest tu możliwe. Taryfa maksymalno-zwykła (3) jest zatem bardzo dobrym rozwiązaniem zagadnienia z tym jednak zastrzeżeniem, że wpływ na wyrównanie linii odbioru znika po przejściu momentu maksymalnego obciążenia.

Taryfa czasowa opiera się na obserwacji, że dzienna krzywa produkcji (i odbioru) ma pewien typowy przebieg, związany ze zjawiskami społecznymi i ekonomicznymi (które znowu zależą od następstwa dnia i nocy) i powtarzający się co dobę z niedużymi odchyleniami. Wobec tego elektrownia postanawia sprzedawać prąd w godzinach małego zużycia (np. od 24-ej do 6-ej) taniej niż w poroższych i tym sposobem chce wpłynąć na wyrównanie krzywej odbioru. Do tego trzeba liczniki połączyć z urządzeniem zegarowym. Nie wchodząc tu w szczegóły, możemy napisać wzór na zapłatę  $z_c$  według tej taryfy:

$$(4) \quad z_c = k_c \int_0^T f(t) p dt.$$

Tutaj  $k_c$  jest współczynnikiem umownym, a  $f(t)$  pewną dobraną przez elektrownię funkcją czasu  $t$ , periodyczną w okresie 24-godzinnym, np.

$$f(t) = \begin{cases} 0,5 & \text{dla } 0 < t < 6 \\ 1,0 & \text{,, } 6 < t < 12 \\ 1,5 & \text{,, } 12 < t < 24 \end{cases}$$

Ta funkcja stanowi element konstrukcyjny licznika, nie może więc ulegać częstym zmianom.

Taryfa czasowa wpływa na wyrównanie linii odbioru. To działanie jest ograniczone przez zjawisko, o którym dopiero co wspomnieliśmy: funkcja  $f(t)$  wbudowana w licznik przestaje być po pewnym czasie aktualna, gdyż krzywa obciążenia uległa zmianie. Wyobraźmy sobie na przykład, że krzywa obciążenia elektrowni jest bliska poziomej prostej: właśnie wskutek działania taryfy czasowej wyrównały się krzywe odbiorców, a co za tym idzie i owa krzywa elektrowni: ale taryfa działa dalej i wzmacnia nierówności, tworząc doliny tam, gdzie były góry i odwrotnie.

Każda z omówionych tu taryf posiada właściwy sobie licznik. Jednak do jednego licznika należy wiele taryf. Jeżeli liczba odczytana na liczniku jest  $L$ , to zapłata musi być koniecznie określona przez  $cL$ , jak we wzorach (1), (2) lub (4), lecz może być dowolnie przepisana funkcją  $F(L)$  owej liczby  $L$ . Np. przy liczniku zwykłym zapłatę można określić przez  $z = cL^q$ . Najważniejszy fakt jest jednak ten: wpływ taryfy na linię odbioru pozostanie taki sam jakościowo, jaki był przy taryfie  $z = cL$ ; zmieni się on tylko ilościowo.

Pozostają jeszcze do omówienia taryfy konwencjonalne. Polegają one na specjalnych umowach, dostosowanych do krzywej odbioru konsumenta. Wprowadzają dla każdego odbiorcy inną zasadę lub dzielą odbiorców na grupy; dla każdej grupy z osobna opracowuje się inne schematy umów. Ogólne traktowanie matematyczne tych taryf jest niemożliwe. W ogóle taryfy konwencjonalne budzą nieufność konsumenta, który porównuje je z taryfami przyznanymi innym odbiorcom. Ze strony elektrowni wymagają uciążliwego studiowania warunków pracy przedsiębiorstwa pobierającego energię, i nawet przy największej

wprawie specjalisty taryfowego nie dają gwarancji, że skutek będzie dodatni, bo odbiorca może po zawarciu umowy zmienić radykalnie rozkład godzin pracy. Próby rozwiązania zagadnienia taryfikacji drogą empiryczną należy uznać za chybione.

### 3. Pojęcie nacisku taryfy. Taryfa kwadratowa.

Aby móc ustalić ściśle wielkość wpływu różnych taryf na wyrównanie linii odbioru, należy ustalić definicję pojęcia nacisku taryfy na linię odbioru. Naciskiem taryfy na linię odbioru w chwili  $t$  nazywamy przyrost całkowitej zapłaty za okres obliczeniowy spowodowany nieskończeniem małym przyrostem mocy pobieranej w tym momencie i przeliczony na 1 kWh. Nacisk zależy zatem od rodzaju taryfy i od charakteru krzywej odbioru; przy danej taryfie i danej krzywej odbioru jest on w każdej chwili inny, jest zatem funkcją zmiennej  $t$ .

Nacisk taryfy ryczałtowej jest nieskończenie wielki w chwili zakładania ogranicznika (ustalania wielkości zgłoszonej mocy maksymalnej), a potem stale jest  $= 0$ .

Nacisk taryfy zwykłej jest w każdym czasie stały i równy cenie 1 kWh.

Nacisk taryfy maksymalnej jest nieskończenie wielki w każdej chwili, w której moc pobierana przewyższa największą moc pobraną uprzednio (w trakcie bieżącego okresu obliczeniowego); w każdej innej chwili jest on zero.

Nacisk taryfy maksymalno-zwykłej (taryfa dwuczłonowa) jest nieskończenie wielki w każdej chwili określonej analogicznie jak dla taryfy maksymalnej, a w każdej innej chwili jest stały i równy  $k$ , jak w taryfie zwykłej.

Nacisk taryfy czasowej jest w trakcie każdego okresu czasu stały podobnie jak w taryfie zwykłej, ale wielkość jego zmienia się ze zmianą wysokości ceny jednostkowej w poszczególnych okresach czasu; między krzywą nacisku a krzywą odbioru nie ma zatem żadnego związku.

Nacisk jest obrazem korzyści gospodarczej, którą daje odbiorcy obniżenie poboru mocy w różnych częściach okresu obliczeniowego. Wykreślenie krzywej nacisku wyjaśnia naocznie działanie taryfy w kierunku wyrównania krzywej odbioru. Łatwo zauważyć, że żadna z taryf omawianych w rozdz. 2 nie posiada krzywej nacisku, dostosowanej do charakteru krzywej odbioru na całym obszarze jej przebiegu. Tę właściwość, że krzywa nacisku jest podobna do krzywej odbioru, posiadają jedynie taryfy, które obliczają zapłatę jako funkcję liczby  $L$  odczytanej na liczniku kwadratowym, tzn. podającymi  $L$  według wzoru

$$L = c \int_0^T p^2 dt.$$

Jedyne rozwiązanie, które pozwala zachować charakter jednorodny taryfy, przedstawia taryfa kwadratowa obliczająca zapłatę według wzoru

$$(5) \quad z_2 = k_2 \sqrt{T} \sqrt{\int_0^T p^2 dt},$$

gdzie  $k_2$  jest, jak to łatwo sprawdzić, ceną zasadniczą według definicji z rozdz. 2. Jest rzeczą ciekawą, że wzory matematyczne dla różnych taryf można ująć w ogólną postać

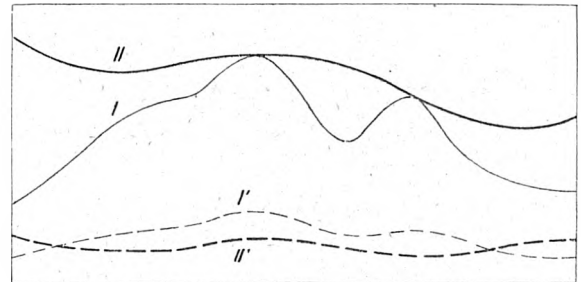
$$(6) \quad z_p = k_p T^{\frac{n-1}{n}} \left( \int_0^T p^n dt \right)^{\frac{1}{n}};$$

zakładając w tym wzorze  $n = 1$ , otrzymujemy wzór taryfy zwykłej; dla  $n = 2$  otrzymujemy taryfę kwadratową, a dla  $n = \infty$  taryfę maksymalną, co świadczy, że taryfa kwadratowa jest tworem pośrednim między pozostałymi.

Taryfa kwadratowa posiada własności I, II i V (ob. rozdz. 2). Każde ona płacić konsumentom pobierającym prąd przez osobne liczniki łącznie więcej, niż zapłaciliby korzystając z licznika wspólnego (własność III<sup>+</sup>), natomiast czułość jej na niepunktualność odczytu stanowi własność IV<sup>-</sup>. O własnościach IV i VI będzie mowa później, należy jednak wspomnieć już obecnie, że liczniki, notujące całkę z kwadratu mocy pomnożonego przez czas, nie są dotychczas stosowane i że nie mogłyby podawać ilości pobranej energii w kWh. Z obliczeń matematycznych wynika, że nacisk taryfy kwadratowej jest proporcjonalny do rzędnej mocy pobieranej w każdej chwili

i jest tyle razy większy od ceny zasadniczej, ile razy ta rzędna przewyższa rzędną średnią.

Na załączonym rysunku linie pełne podają krzywe odbioru, a linie kreskowane przynależne do nich krzywe nacisku. Okazuje się, że nacisk nie zależy od bezwzględnej wartości mocy pobieranej; dla dwóch krzywych odbioru, dla których w każdej chwili zachowany



Rys. 1. Wpływ taryfy kwadratowej  
I i II — krzywe poboru energii  
I' i II' — odpowiednie krzywe nacisku

jest stały stosunek mocy pobieranej ( $p_1 = cp_2$ ), nacisk jest ten sam. Natomiast zależy on od wybożenia krzywej odbioru, którego miarą jest odchylenie krzywej poboru  $p = f(t)$  od prostej przedstawiającej średnią moc pobraną w danym okresie obliczeniowym.

Przy pomocy nieskomplikowanych obliczeń matematycznych łatwo dowiedzieć, że przy tej samej ilości energii pobranej zapłata wzrasta wraz z wybożeniem krzywej odbioru.

Taryfa kwadratowa nie jest obojętna na długość okresu obliczeniowego. Nie trudno udowodnić matematycznie, że przy podziale okresu obliczeniowego  $T$  na dwie części  $T_1$  i  $T_2$  zmniejsza się łączna zapłata. Taryfa jest więc czuła na niepunktualne odczytywanie licznika, o czym będzie jeszcze mowa w rozdz. 5.

### 4. Taryfa kwadratowa w typowych przypadkach odbioru energii elektrycznej.

Wpływ taryfy kwadratowej na linię odbioru ilustrują następujące przykłady.

a) Stały pobór mocy ( $p = \text{const}$ ) przez cały okres obliczeniowy. Ze wzoru taryfy kwadratowej wynika, że zapłata  $z_2 = k_1 CT = k_1 W$ , czyli jest równa iloczynowi ceny zasadniczej przez liczbę pobranych kWh, a zatem zapłata wyniesie to samo co według taryfy zwykłej. Każdy odbiorca pobierający moc zmienną zapłaci średnio za 1 kWh cenę wyższą niż zasadniczą, gdyż wybożenie jego krzywej odbioru jest większe od zera.

b) Pobór mocy stały w różnych częściach okresu obliczeniowego, lecz w każdej innej:

α) przy odbiorze stałym przez pierwsze pół okresu oraz zerowym przez drugą połowę cena średnia za 1 kWh wypada o 41,4% wyższa od ceny średniej (minimalnej), którą zapłaciłby odbiorca pobierający stałą moc przez cały okres; gdyby więc ustalona cena zasadnicza była 10, to w tym przypadku cena średnia wyniosłaby 14,14;

β) przy odbiorze stałym przez pierwsze pół okresu oraz stałym, lecz 2 razy mniejszym przez następne pół okresu cena średnia za 1 kWh byłaby o 5,4% wyższa od minimalnej, tzn. wyniosłaby 10,54;

γ) gdyby w powyższym przykładzie potraktować odbiór w drugiej połowie okresu jako dodatkowy i przyjąć cenę średnią minimalną = 10 za 1 kWh, to średnia cena z pierwszej połowy okresu wypada zgodnie z przykładem α 14,14 w drugiej zaś połowie okresu za nadwyżkę zużycia średnia cena wyniesie 3,34;

δ) przy poborze w drugiej połowie okresu mocy 2 razy większej niż w pierwszej połowie cena średnia dla pierwszej połowy wypada 14,14, a dla drugiej 8,74 za 1 kWh.

Z tych przykładów wyraźnie wynika, że taryfa kwadratowa zachęca odbiorcę do przedłużania godzin poboru, obniżając znacznie cenę średnią za dodatkowe spożycie.

Odbiorca, który przez część okresu zmuszony jest pobierać moc niejednostajnie, osiągnie najniższą cenę śred-



nią, jeśli przez pozostałą część okresu ureguluje pobór w sposób ciągły i stały. Zatem nakaz jednostajnego odbioru jest stale aktualny. W wypadku odbioru o charakterze periodycznie powtarzających się cykli cena nie zależy od długości cyklu, co pozwala wyniki otrzymane z wykresów dobowych przenosić na okresy miesięczne.

c) Przyjmując dla uproszczenia  $T=1$  oraz jak poprzednio średnią cenę minimalną = 10, można obliczyć cenę 1 kWh przy odbiorze stałym przez czas  $x$  i zerowym przez pozostały czas  $1-x$ . Łatwy rachunek daje  $z = 10/\sqrt{x}$ . Jeśli np.  $x = 1/3$ , to  $z = 17,32$  tzn. cena 73% wyższa od ceny zasadniczej (minimalnej średniej).

d) Na podstawie powyższego wzoru łatwo obliczyć koszt przedłużenia ruchu fabryki, przyjmując koszty dotychczasowe jako dane. Tabl. 1 podaje koszt 1 kWh według taryfy kwadratowej przy przedłużaniu ruchu o 2 godziny na dobę.

Tablica 1

34,64	14,35	11,01	9,28	8,18	7,39	6,80	6,33	5,94	5,63	5,34	5,10	
0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24

Jeżeli zatem fabryka, pracująca 12 godzin na dobę ze stałą mocą, przedłuży codzienną pracę o dalsze 2 godziny, tj. z 12 na 14 godzin, to zapłaci ona za nadwyżkę pobranych kWh po 6,8. Jak wynika z powyższej tabeli taryfa kwadratowa zachęca do przedłużenia czasu poboru (godzin ruchu), ustalając cenę za nadwyżkę spożytej poniżej ceny zasadniczej. Tej własności nie posiadają taryfy typowe omówione w rozdz. 2.

e) Łatwo dowieść, że cena średnia według taryfy kwadratowej przy cenie zasadniczej = 10 wyniesie przy krzywej odbioru w kształcie trójkąta równoramiennego — 11,54; w kształcie linii płaskiej o wahanach  $\pm 10\%$  — 10,05; w kształcie sinusoidy — 12,25; w kształcie sinusoidy w pierwszej połowie okresu i bez obciążenia w drugiej — 17,42.

Można również obliczyć cenę 1 kWh przy przedłużeniu okresu pracy, przy zachowaniu stałej mocy pobieranej, bądź też przy jej obniżeniu lub powiększeniu.

Dla uniknięcia nieporozumień należy stwierdzić wyraźnie, że taryfa kwadratowa nie wymaga w praktyce ani wzorów ani wykresów. Podane tu na kilku przykładach obliczenie ceny średniej 1 kWh, która jest w każdym wypadku inna, w praktyce odpada zupełnie.

Ani elektrownia, ani odbiorca nie potrzebują znać krzywej odbioru, bo obliczenia należności dokonuje specjalny licznik. Ten licznik nie podaje energii całkowitej  $W$ , pobranej w okresie obrachunkowym, tak że odbiorca,

chunki otrzymywane przez odbiorcę za energię według taryfy kwadratowej będą go przekonywać dobitnie, że trzymanie się tej zasady jest dla niego korzystne.

Taryfa kwadratowa sprzyja łączeniu się odbiorców: przy użyciu wspólnego licznika cena łączna spada. Wynika to z własności III+.

##### 5. Obliczenia zapłaty przy taryfie kwadratowej na drodze mechanicznej.

Taryfa kwadratowa wymaga specjalnego licznika rejestrującego. Jeżeli wahania napięcia sieci są nieduże, można posłużyć się licznikiem „amperokwadratogodziny” ( $A^2h$ ), rejestrującym całkę z kwadratu natężenia prądu przez czas. Licznik taki opisał W. Krukowski w swej książce o technice licznikowej. Aby ze wskazań tego licznika otrzymać całkę z kwadratu mocy, należy zastosować stały mnożnik  $V^2$ , a ponieważ przy obliczaniu zapłaty według taryfy kwadratowej występuje jeszcze drugi czynnik stały  $T$ , można je oba uwzględnić w konstrukcji licznika w postaci stałej licznika (dla  $V = 220$  voltów i  $T = 730,5$  godz. stała taka wyniesie 35,36).

W przypadkach, gdy wahania napięcia są znaczne, należy jego zmienność uwzględnić w konstrukcji licznika, który wówczas staje się właściwym miernikiem dla taryfy kwadratowej i mierzy  $A^2V^2h$ . Konstrukcja takiego licznika teoretycznie nie przedstawia trudności i została opracowana przez I. Rosenzweiga. Licznik taki będzie rejestrował całkę kwadratu mocy pozornej, a nie czynnej, co stanowi jego zaletę, a nie wadę, gdyż czyni go instrumentem uniwersalnym, pozwalającym na automatyczne rozwiązanie sprawy współczynnika mocy, o czym będzie mowa w rozdz. 9.

Dla wystawienia rachunku miesięcznego na podstawie wskazań licznika „kwadratowego” należy obliczyć należność według wzoru

$$z_2 = k_2 l,$$

gdzie  $k_2$  jest ceną zasadniczą, a

$$l = \sqrt{T} \sqrt{\int_0^T p^2 dt} = 27,03 \sqrt{L}$$

przy  $T = 730,5$  godz. w przypadku okresu miesięcznego. Liczbę  $L$  odczytuje się z licznika  $A^2V^2h$  (przy uwzględnieniu stałego współczynnika tego licznika). Wielkość  $l$  podaje liczbę kilowatogodzin umownych. Tę jednostkę konwencjonalną oznaczać będziemy skrótem „kwh” (małe „w”) dla odróżnienia od kWh — kilowatogodzin rzeczywistych. Umowna kwh jest naogół mniejsza od kWh, a równa się jej tylko przy stałej linii odbioru.

Rachunek miesięczny wyglądałby w powyższych warunkach jak podaje tabl. 2.

Tablica 2. Obliczanie zapłaty za prąd według taryfy kwadratowej

Okres	Odczytano:	Liczba kwh umowych	Należność
1. VI — 30. VI 1946	30. VI 1282,92 31. V 198,71	$l = 27,03 \sqrt{L} = 890,2$	890 zł 02 gr licznik 3 „ — „
Współcz. 100	$L = 1084,21$	Cena zasadnicza $k_2$ : 10 gr za 1 kwh	razem 893 zł 02 gr

który nie zna kształtu linii odbioru, nie może obliczyć ceny średniej. Licznik podaje jednak do jego wiadomości całkowitą zapłatę.

Do treści umowy o dostawie prądu należy:

- 1) zasada taryfy kwadratowej, która jest ujęta w liczniku specjalnym i w formule obliczenia;
- 2) okres obrachunkowy, który znajduje wyraz w okresowym odczytywaniu licznika;
- 3) cena zasadnicza  $k_2$  jednakowa dla wszystkich odbiorców, która wchodzi jako czynnik do wzoru obliczeniowego.

Sam mechanizm matematyczny taryfy kwadratowej może pozostać nieznanym przeciętnemu odbiorcy, tak samo jak są mu nieznanymi pojęcia mocy czynnej i biernej, a najczęściej nawet pojęcia natężenia i napięcia prądu. Dla pouczenia szerokich mas odbiorców wystarczy rada: „bierz prąd jednostajnie, nie używaj naraz wszystkich urządzeń, które posiadasz, a zapłacisz mniej za prąd”. Ra-

Jeśli współczynnik stały  $\sqrt{T} = 27,03$  będzie uwzględniony w konstrukcji licznika, to przy obliczaniu należności jedynym zadaniem obrachunkowym, wychodzącym poza rutynę buchalteryjną, jest przejście od liczb wskazań  $l$  do liczby  $L$ . Do tego celu najlepiej użyć tablic kwadratów lub tablic pierwiastków kwadratowych. W rezultacie wystawiającemu rachunki pozostałoby jedynie przemnożenie liczby przez cenę zasadniczą.

Z kolei należy oszacować wielkość błędów, który powstaje przy niepunktualnym odczytywaniu licznika. Dla przykładu obliczmy, jaka powstaje nieścisłość wskutek przeszczenia 10% liczby wskazań  $L$  z jednego miesiąca na następny przy założeniu, że w obu miesiącach właściwe odczytanie dałoby wskazania =  $L$ . Zamiast zatem  $2\sqrt{L}$  jako sumę za dwa miesiące otrzyma się  $\sqrt{L} + 0,1L + \sqrt{L} - 0,1L = 1,9975 \sqrt{L}$ , a że  $1,9975 : 2 = 0,99875$ , przeto nieścisłość niewiele przekracza 1 pro mille. To też biorąc pod uwagę, że miesiące rzeczywiste różnią się licz-

bą godzin zaledwie o  $\pm 2\%$  od przeciętnego obliczeniowego miesiąca  $T = 730,5$ , a tylko 28-dniowy luty różni się o  $-8\%$ , stwierdzamy, że błąd stąd powstały w założeniu jednakowego średniego spożycia miesięcznego nie przekroczy  $10/100$ .

Gdy jednak spożycie kwh zmienia się z miesiąca na miesiąc, to błąd wskutek niepunktualnego odczytywania może osiągnąć większe wartości. Jeśli nie można przeprowadzać punktualnego odczytywania, wówczas rachunki miesięczne należy traktować jako prowizoryczne (zaliczkowe), a dopiero z końcem roku dokonywać rozrachunku ostatecznego, biorąc rok za okres obrachunkowy. Taki rozrachunek da niewątpliwie należność większą niż suma należności miesięcznych, gdyż uwzględni on dodatkowo przebieg rocznej krzywej odbioru z wszystkimi nierównościami sezonowymi.

Przeciw taryfie kwadratowej można wysunąć formalny zarzut, że operuje ona jednostką umowną „kwh“, która nie figuruje w spisie miar, jest zatem ustawowo niedopuszczalna. Ustawa ma na celu kontrolowanie cen prądu, do czego potrzebna jest jednostka energii kWh. W stosunku do odbiorcy elektrownia niejednokrotnie omija tę ustawę, licząc zapłatę nie za samą energię, lecz również za inne parametry taryfowe. Wówczas fakt posiadania przez odbiorcę licznika kilowatogodzin daje mu tylko teoretyczną możliwość obliczenia ceny średniej kWh, która w każdym okresie bywa różna. Taryfa kwadratowa różni się od innych taryf tym, że z reguły odbiorca nie posiada licznika zwykłego. Odbiorcy, zwłaszcza wielcy, mogą z łatwością dla sprawdzenia, czy płaconą przez nich ceną średnią nie przekracza ustawowej granicy, ustawić u siebie liczniki zwykłe. Skoro jest dozwolone stosowanie taryfy dwuczłonowej o dużych opłatach za moc, nie należy zakazywać przekraczania ceny maksymalnej brać zbyt dosłownie, a zwłaszcza nie należy odnosić go do krótkiego okresu pobierania energii.

Jeżeli kontrola dotyczy dłuższego okresu czasu, np. 1 roku, to można z łatwością z sumy wystawionych rachunków za ten okres i ilości wyprodukowanej w tym czasie energii skontrolować wielkość ceny średniej. Przekroczenia ceny maksymalnej w stosunku do poszczególnych odbiorców nie są wyłączone przy taryfie kwadratowej. Nie powinno to jednak niepokoić władz nadzorczych, gdyż taryfa jest uniwersalna, a więc jednakowa dla wszystkich, a wypadki wysokiej ceny średniej mogą być jedynie wynikiem wybitnie niekorzystnych warunków pobierania energii.

## 6. Obliczanie ceny średniej.

Elektrownia, która posługiwała się taryfą zwykłą, a zamierza przejść na taryfę kwadratową, musi wyznaczyć nową cenę zasadniczą  $k_2$ .

To zadanie można rozwiązać w taki sposób, żeby nowa cena zasadnicza była niższa od dawnej ( $k_2 < k_1$ ), żeby jednak zysk w pierwszym okresie obrachunkowym przy taryfie kwadratowej był większy niż zysk w ostatnim okresie przy taryfie zwykłej.

Zakładamy, że moc sprzedawana w okresie taryfy zwykłej nie jest stała i że krzywa odbioru, podająca moc sprzedawaną w okresie taryfy kwadratowej, biegnie ponad poprzednią krzywą odbioru; wówczas dezyderat niższej ceny i wyższego zysku da się spełnić nie tylko w okresie przejściowym, gdy nowa taryfa jeszcze nie zdążyła zmienić krzywej poboru, ale także w okresach następnych lepszego, a nawet pełnego wykorzystania mocy zakładu.

Cenę  $k_1$  za 1 kWh w taryfie zwykłej określa się przez podzielenie sumy kosztów stałych ( $A$ ) i ruchomych ( $B$ ) wraz z dodatkiem na zysk  $C$  przez liczbę sprzedanych kilowatogodzin:

$$k_1 = (A + B + C) \int_0^T p dt = \alpha + \beta + \gamma$$

Jako cenę zasadniczą  $k'_2$  dla taryfy kwadratowej przyjmuje się sumę kosztów stałych i zysku podzieloną przez liczbę sprzedanych kwh umownych (rozdz. 5) plus koszt jednostkowy ruchomy:

$$k'_2 = \frac{A+C}{l} + \beta$$

Przy pomocy nieskomplikowanych przekształceń matematycznych można wyprowadzić, że obydwa powyższe de-

zyderaty będą spełnione, jeśli nową cenę zasadniczą  $k_2$  ustali się w ten sposób, że będzie ona niższa od ceny  $k_1$  taryfy zwykłej, a jednocześnie większa od ceny zasadniczej  $k'_2$  określonej jak wyżej, a zatem musi być:  $k'_2 < k_2 < k_1$ .

## 7. Wnioski z liczb $l$ .

Przyrost zysku omówiony w § 6 ma dwojaką przyczynę: zwiększenie sprzedaży i oparcie rozrachunków na taryfie kwadratowej. Część przyrostu zysku, która wynika z tej drugiej przyczyny, stanowi zysk nadzwyczajny  $N$ .

Obliczyć go można porównując zysk, który dałaby w danym okresie taryfa zwykła przy cenie zasadniczej  $k_1$ , z zyskiem zrealizowanym przy zastosowaniu taryfy kwadratowej z ceną zasadniczą  $k'_2$ , przy tej samej wielkości sprzedaży, a zatem przy tych samych kosztach elektrowni. Zysk ten równa się przyrostowi należności za energię według obu taryf:

$$N = z_2 - z_1;$$

po przekształceniu wzór ten przybiera ostateczną postać:

$$N = (A + C) \left( \frac{\Sigma l_1}{l} - 1 \right) + B \left( \frac{\Sigma l_1}{W} - 1 \right)$$

gdzie  $\Sigma l_1$  — suma umownych „kwh“ z wszystkich rachunków wystawionych w danym okresie,

$l$  — liczba umownych „kwh“ odczytanych w elektrowni lub obliczonych z krzywej obciążenia,

$W$  — liczba kilowatogodzin oddanych z szyn zbiorczych na sieć do sprzedaży (liczba ta przy pominięciu zużycia na własne potrzeby wytwórni charakteryzuje jednocześnie wielkość produkcji),

$A, B, C$ , — według oznaczeń poprzednich.

Wszystkie liczby po prawej stronie powyższego równania elektrownia posiada w swej dyspozycji, może więc obliczyć  $N$  w każdym miesiącu stosowania taryfy kwadratowej, a śledząc zmiany wartości  $N$ , określić właściwy dla siebie kierunek rozwojowy w zakresie inwestycji i akwizycji. Podstawą do tych wniosków jest wzajemny stosunek trzech wielkości  $\Sigma l_1$ ,  $l$  oraz  $W$ .

Jeśli  $l$  (liczba „kwh“ odczytanych w elektrowni) jest zbliżona do liczby kilowatogodzin rzeczywistych wyprodukowanych (kWh), oznacza to, że krzywa produkcji jest wyrównana. Jeśli przy tym liczby te nieznacznie odbiegają od  $\Sigma l_1$  (suma „kwh“ odczytanych u odbiorców), to świadczy to, że i krzywe poboru u poszczególnych odbiorców są wyrównane, a zatem zysk  $N$  będzie stosunkowo niski. W takim przypadku przy istnieniu mocy niewyżyskanej w zakładzie i możliwości zaakwirowania dalszych odbiorców tej samej kategorii nowe inwestycje byłyby niewłaściwe. Pozyskiwanie odbiorców innej kategorii nie jest pożądane, gdyż mogą oni łatwo zepsuć istniejące wyrównanie produkcji. W przypadku uzyskania mocy zakładu i istnienia możliwości pozyskania dalszych odbiorców miejscowych można myśleć o nowych inwestycjach, jednakże wobec niskiego zysku nadzwyczajnego nie będą one zbyt rentowne.

Duża różnica między wielkościami  $\Sigma l_1$  i  $l$  świadczy, że krzywe poboru poszczególnych odbiorców są niewyrównane i różnią się. Jeżeli przy tym zbliżone są wielkości  $l$  i  $W$ , to wyrównanie krzywej produkcji w elektrowni jest wynikiem statystycznej kompensacji krzywych poboru. Ponieważ towarzyszy temu zjawisko wysokiego zysku  $N$ , to — jeśli istnieje moc rezerwowa — należy szukać dalszego zbytu w tej samej kategorii odbiorców. Jeśli moc jest wyczerpana, należy inwestować; nie należy natomiast pozyskiwać odbiorców innej kategorii, gdyż łatwo mogliby oni zakłócić statystyczne wyrównanie produkcji i obalić całą kalkulację.

Znaczna różnica w wielkościach  $l$  i  $W$  oznacza, że krzywa produkcji jest daleka od wyrównania. Przy jednoczesnym zbliżeniu się wielkości  $\Sigma l_1$  i  $l$ , co świadczy, że krzywe poboru poszczególnych odbiorców są podobne do siebie i do krzywej produkcji, należy szukać odbiorców innej kategorii pobierających prąd w tych porach, gdy elektrownia nie jest obciążona. Inwestycje w takich warunkach są zbyteczne.

Wreszcie, gdy wszystkie trzy wielkości charakterystyczne znacznie różnią się między sobą, wtedy nie ma podobieństwa poszczególnych krzywych poboru ani wyrównania statystycznego. Elektrownia jest przeinwestowana,

a ponieważ nie ma możliwości poprawienia swych warunków na drodze pozyskania nowych odbiorców (istnieje już duża ich różnorodność), jedynym słusznym rozwiązaniem jest pobudowanie ze znacznego zysku nadzwyczajnego takich urządzeń (fabryk chemicznych), któreby pobierały energię w chwilach przez elektrownię podyktowanych.

Należy podkreślić, że ocena zysku nadzwyczajnego musi być relatywna. Jego stosunek do sumy kosztów stałych i czystego zysku  $\frac{N}{A+C}$ , jak i wielkość relatywna

ceny są funkcjami stosunków  $\Sigma I_i/W$  oraz  $I/W$ . Ponieważ pojęcia te są intuicyjnie mało zrozumiałe, lepiej jest podawać charakterystykę typu zakładu i jego sytuacji gospodarczej w terminach zachodu takie okoliczności, które poprzednio wskazania da się ująć np. zaleceniem rozbudowania zakładu w przypadku dużego zysku i wysokiej ceny oraz powstrzymywania się od inwestycji w przypadku dużego zysku i niskiej ceny.

Na powyższych przykładach widać, jak na drodze niemal mechanicznej interpretacji stosunków trzech charakterystycznych wielkości podanych przez statystykę taryfy kwadratowej można obiektywnie rozważać pytania dotyczące inwestycji i akwizycji.

Byłoby jednak błędem uważać, że takie mechaniczne postępowanie może zastąpić kupiecką ocenę sytuacji. W praktyce nieraz zachodzą takie okoliczności, które kształtują dalsze postępowanie wbrew poprzednim wnioskowi. Taką okolicznością może być np. sposobność dokonania rozbudowy bardzo małym kosztem przy okazji innych prac lub też okazje kupno urządzeń. Niemniej jednak ocena „mechaniczna” ma swój praktyczny sens jako sprawdzian ogólnej sytuacji gospodarczej zakładu, drogowskaz postępowania i korekta oceny kupieckiej.

### 8. Wymiana i sprzedaż wzajemna.

Za pomocą taryfy kwadratowej można bez trudności ustalić klucz rozliczeń wzajemnych między producentami prądu. Trzeba tu odróżnić dwa wypadki: inaczej musi się traktować zadanie zapłaty za prąd, gdy krzywa odbioru jest narzucona przez odbiorcę, inaczej, jeśli ją dyktuje dostawca. Następujące przykłady wyjaśniają, o co chodzi.

1. Elektrownie  $E_1$  i  $E_2$  biorą od siebie prąd w ten sposób, że raz jedna, raz druga jest odbiorcą, przy czym kierują się tylko zapotrzebowaniem, które jest wywołane sytuacją wśród zwykłych odbiorców należących do ich sieci: każda elektrownia ma sieć własną. Wtedy w umowie winna figurować tylko cena zasadnicza, a zapłata ma być obliczana według taryfy kwadratowej.

2. Elektrownie  $E_1$  i  $E_2$  sprzedają prąd przez wspólne biuro, które w stosunku do odbiorców jest centralą, lecz pobiera prąd według swego uznania z  $E_1$  lub z  $E_2$ , aby energię rozprowadzić po własnej sieci. Wtedy zapłata  $Z$  uzyskana od konsumentów, po potrąceniu kosztów administracyjnych biura, powinna być podzielona między  $E_1$  i  $E_2$  według wzorów

$$Z_1 = \frac{k_1 Z}{k_1 + k_2}; \quad Z_2 = \frac{k_2 Z}{k_1 + k_2},$$

$$\text{gdzie } k_1 = \sqrt{\int_0^T p_1^2 dt}; \quad k_2 = \sqrt{\int_0^T p_2^2 dt},$$

a  $p_1$  i  $p_2$  oznaczają moce, pobierane w chwili  $t$  z elektrowni  $E_1$  i  $E_2$ .

Można również ustalić wzory dla rozliczeń przy wzajemnej wymianie między kilkoma zakładami i w innych bardziej skomplikowanych warunkach, jak np. w przypadku gdy jeden z zakładów pobiera energię od drugiego tylko w tym czasie i w takich ilościach, w jakich ten drugi zakład chce mu ją odstąpić.

### 9. Zagadnienie zapłaty za energię bierną.

Taryfa kwadratowa wraz z licznikiem opisanym w rozdz. 5, mierzącym energię pozorną, a więc uwzględniającym obciążenie bierne, stwarza możliwości, o których trudno myśleć przy innych sposobach mierzenia prądu i dokonywania obrachunku za prąd.

Przed wszystkim dzięki tej taryfie uzyskuje się uniwersalne rozwiązanie zagadnienia opłaty za obciążenie bierne, — uniwersalne w tym sensie, iż nie wymaga ono ani umownej opłaty za jednostkę energii biernej, ani

osobnego przyrządu notującego zużycie tej energii. Tym samym zastosowanie taryfy kwadratowej i wspomnianego licznika redukuje umowę o dostawę prądu do przejęcia zasady taryfy kwadratowej według wzoru na zapłatę

$$z = k \sqrt{T} \sqrt{\int_0^T p_c^2 dt + \int_0^T p_b^2 dt}$$

z określeniem ceny zasadniczej  $k$  tj. tej, według której zapłaci za 1 kWh konsument, pobierający stałą moc czynną przez cały okres bez pobierania prądu biernego. Wobec tego licznik  $A^2V^2h$  zastępuje tu trzy przyrządy: licznik zwykły, wskaźnik mocy rejestrujący najwyższe obciążenia i licznik energii biernej.

Podany wyżej wzór na zapłatę według taryfy kwadratowej przy poborze energii pozornej wskazuje, że składa się ona z dwu opłat:  $z_c$  za samą energię czynną i  $z_b$  za samą energię bierną, przy czym

$$z_c = k \sqrt{T} \sqrt{\int_0^T p_c^2 dt} \quad z_b = k \sqrt{T} \sqrt{\int_0^T p_b^2 dt}$$

$$i \quad z = \sqrt{z_c^2 + z_b^2}.$$

Gdy nie ma poboru energii biernej, mamy

$$z = z_c.$$

W razie poboru energii biernej zapłata jest wyższa i nadwyżka wynosi

$$\sqrt{z_c^2 + z_b^2} - z_c,$$

a więc koszt 1 kVARh (kilowarogodziny) jest

$$k_b = k \frac{\sqrt{z_c^2 + z_b^2} - z_c}{z_b} = k \frac{\sqrt{1 + x^2} - 1}{x},$$

gdzie  $\frac{z_b}{z_c} = x = \text{tg } \varphi$ , a  $\varphi$  jest kątem przesunięcia prądu względem napięcia.

Wyrażając zarówno wartość  $\text{tg } \varphi$ , jak i  $k_b/k$ , tzn. stosunek ceny energii biernej do ceny zasadniczej, w procentach, otrzymamy tablicę 3.

Tablica 3

tg $\varphi$ (%)	10	20,2	30	40	41,6	50	66	100	133,3	200	300
$k_b/k$ (%)	5	10	14	19,5	20	22,3	30	41,4	50	61,8	72

Z tabl. 3 wynika, że gdy prąd bierny wynosi np. 10% prądu czynnego, to cena za jednostkę energii biernej będzie stanowiła 5% ceny zasadniczej (1 kWh). W miarę wzrostu prądu biernego w stosunku do czynnego, cena energii biernej stale wzrasta w stosunku do ceny 1 kWh, osiągając przy  $\text{tg } \varphi = 2$  (co odpowiada  $\cos \varphi = 0,45$ ) wartość 0,618 ceny zasadniczej.

W ten sposób wytwarza się automatycznie nacisk na odbiorcę w kierunku ograniczenia poboru energii biernej i to tym większy, im większy odsetek stanowi ten pobór, a tym samym nakłania się go do ulepszenia jego urządzeń. Powyżej podana tabela wskazuje, że stawki opłaty za energię bierną w taryfie kwadratowej są bardzo zbliżone do tych, które wynikają z powszechnie stosowanych w praktyce klauzul  $\cos \varphi$ , z tą jednak różnicą, że nie są one arbitralnie narzucone, lecz licznik sam ustala opłatę we właściwej wysokości.

### 10. Streszczenie wyników.

Elektrownia uzyskuje maksymalną wydajność, a zatem i rentowność wówczas, gdy krzywa produkcji zbliża się do prostej poziomej. Odbiorca może wtedy uzyskać energię po niższej cenie, a elektrownia osiąga przy tym większy zysk całkowity. Aby osiągnąć taki korzystny stan, należy stosować taryfy wywierające właściwy nacisk na linię poboru prądu przez odbiorcę. Spośród istniejących taryf najlepiej spełnia to zadanie taryfa dwuczłonna, uwzględniająca zarówno koszty stałe jak i rucho-  
me. Nacisk tej taryfy w kierunku wygładzenia linii od-

biuro ustaje jednak, gdy moc pobierana leży poniżej mocy pobranej w którejkolwiek z chwil poprzednich.

Najwłaściwszą taryfą jest taryfa kwadratowa wywierająca nacisk na linię odbioru proporcjonalny do rzędnej. Jej własności są następujące:

- 1) jest ona jednorodna;
- 2) posiada cenę zasadniczą stałą i daje zmienną cenę średnią za jednostkę umowną („kwh“); ta druga cena jest zależna od wybożenia krzywej odbioru;
- 3) jest uniwersalna, a zatem zwalnia od studiowania krzywych odbioru i uciekania się do umów specjalnych, gdyż potrafi nagiąć się do wszelkich typów odbioru;

4) nie daje prymatu żadnej klasie odbiorców;

5) pozwala na niższą cenę zasadniczą przy jednoczesnym podwyższeniu zysku elektrowni;

6) pozwala rozwiązać zagadnienie rozdziału zysku między dostawcami, sprzedającymi energię przez wspólne biuro;

7) uwzględnia automatycznie dopłatę w przypadku pobierania energii biernej;

8) statystyczne dane taryfy kwadratowej pozwalają obiektywnie wyznaczać właściwe kierunki rozwojowe elektrowni;

9) liczniki  $A^2V^2h$  zastępują trzy liczniki specjalne.

INŻ. TADEUSZ KLARNER

## Taryfa kwadratowa w świetle możliwości praktycznego jej zastosowania\*)

Treść. Taryfa kwadratowa dzięki swym właściwościom zapewnia odbiorcy automatyczną obniżkę ceny w miarę tego, jak pobór energii zbliża się do wyrównanego obciążenia przez całą dobę, a więc taryfa przyczynia się do wyrównania obciążenia elektrowni. Zastosowanie taryfy kwadratowej dla dużego odbiorcy przemysłowego pozwala przy pomocy jednego przyrządu pomiarowego ująć we właściwy sposób wpływ współczynnika mocy. Taryfa daje cenne możliwości przy rozrachunkach z tytułu wymiany energii elektrycznej między przedsiębiorstwami lub między państwami. Wyniki statystyczne stosowania taryfy kwadratowej dostarczają wartościowego materiału do wnioskowania o właściwym kierunku rozwojowym zakładu w zakresie rozbudowy i akwizycji.

О практической возможности применения квадратичного тарифа. Квадратичный тариф благодаря своим особенностям гарантирует потребителю автоматическое понижение цены по мере того, как потребление энергии приближается к равномерной нагрузке в течение суток, благодаря чему тариф способствует выравниванию нагрузки электрической станции. Применение квадратичного тарифа к большим промышленным потребителям позволяет при помощи одного измерительного прибора учесть надлежащим образом влияние коэффициента мощности. Тариф дает ценные возможности при расчетах в случае обмена электрической энергией между предприятиями либо странами. Статистические результаты применения квадратичного тарифа дадут ценный материал для заключений о правильной политике в области расширения электростанций и расширения круга потребителей.

**The Quadratic Tariff and Its Applicability in Practice.** The quadratic tariff, due to its properties, ensures to the consumer automatic reduction of cost, as the consumption of energy approaches a uniform load throughout the day; thus, this tariff contributes to the balancing of the load of the electric plant. The adaptation of the quadratic tariff to large industrial consumers enables, by means of one single meter, to duly allow for the influence of the power factor. This tariff provides a valuable means for effecting settlement for the exchange of energy between undertakings or countries. The statistical results of the quadratic tariff provide valuable data for determining the proper course of development of the plant in so far as extensions of plant and the acquisition of new consumers are concerned.

Le „tarif quadratique“ du point de vue de son application pratique. Le système dit „tarif quadratique“ assure au consommateur un abaissement automatique du prix de l'énergie consommée, d'autant plus grand que cette dernière se rapproche d'une constante durant toute la journée. Il contribue donc à équilibrer la charge de l'usine génératrice d'électricité. L'application du „tarif quadratique“ à un consommateur industriel important permet de prendre en considération d'une façon adéquate l'influence du facteur de puissance à l'aide d'un seul appareil de mesure. Ce système de tarification offre de remarquables possibilités dans les règlements de comptes au titre d'échanges d'énergie électrique entre entreprises ou entre pays. Les résultats statistiques du „tarif quadratique“ apportent des données de valeur pour conclure quant à la direction convenable de l'entreprise dans sa politique de développement et d'obtention de débouchés.

### 1. Podstawowe założenie taryfy.

Założeniem podstawowym taryfy kwadratowej, którą obmyślił prof. H. Steinhaus, a którą powinni teraz pracować inżynierowie praktycy, jest twierdzenie samo w sobie bezsporne, że największą rentowność, a zatem i najniższe koszty obciąża zakład, który pracuje przy pełnym wyrównaniu obciążenia, tzn. przy stałym obciążeniu w wysokości pełnego wykorzystania swej mocy przez całą dobę. W tych warunkach może on sprzedawać energię odbiorcom po najniższej cenie.

Twierdzenie to jest niewątpliwie słuszne, nie należy tylko zapominać, że dla osiągnięcia takiego stanu nie jest konieczne, aby każdy odbiorca pobierał energię przy stałej mocy i w sposób ciągły, że natomiast wyrównanie obciążenia na szynach zbiorczych zakładu lub stan zbliżony do wyrównania można osiągnąć i w praktyce osiąga się przez statystyczne skompensowanie niewyrównanych krzywych poboru poszczególnych odbiorców. Wprawdzie w takim wypadku wyrównanie następuje tylko na szynach zbiorczych zakładu i nie rozciąga się na elementy sieci, jak to bywało w przypadku wyrównania krzywej poboru u każdego odbiorcy, a więc koszty stałe urządzeń sieciowych są wówczas większe, niemniej jednak osiągnięcie stanu wyrównania krzywej produkcji wydaje się być na drodze kompensacji znacznie łatwiejsze do osiągnięcia.

Wymaganie stawiane każdemu odbiorcy, aby krzywą swego poboru zbliżył do prostej poziomej, byłoby zbyt surowe, zbyt daleko idące. Nie wolno zapominać, że dostawa energii elektrycznej nosi charakter służby społecznej, że zakład elektryczny jest zakładem użyteczności publicznej, a zatem musi zaspokajać potrzeby społeczeństwa w taki sposób i w takich granicach, jakie ono zgłasza, a nie zmuszać lub co najmniej nakłaniać go do do-

stosowania się do warunków najkorzystniejszych dla zakładu.

W obronie taryfy kwadratowej można wprawdzie powiedzieć, że nie tyle zmusza ona odbiorcę do równomiernego pobierania prądu przez całą dobę, co stwarza mu możliwości — w razie przejścia na taki pobór — znacznego obniżenia kosztów energii, odpowiednio do obniżenia kosztów własnych, jakie taki odbiór powoduje.

Dla zakładów elektrycznych warunek największej rentowności nie jest i nie może być jedynym i głównym kryterium, jeśli osiągnięcie tego stanu ma się odbyć kosztem wypaczenia roli i zadań, do których zakład jest powołany. Charakter krzywej obciążenia zakładu, jej zmienność w ciągu roku wyraźnie wskazują, że jej przebieg jest funkcją pewnych czynników (pogoda, pora dnia i jego długość — zwłaszcza przy oświetleniu), które nie są zależne od woli czy też kaprysu odbiorcy. Weźmy dla przykładu odbiorcę w postaci gospodarstwa domowego. Najpospolitsza forma spożycia energii to oświetlenie, czynne w zimie 6—7 godzin na dobę, a w lecie 1—2 godzin przy stosunkowo niewielkim obciążeniu na izbę. Nie byłoby słuszne nakłanianie odbiorcy, aby przedłużał czas korzystania z oświetlenia. Wprawdzie monotoniczność taryfy kwadratowej formalnie broni ją przed takim zarzutem, jednakże w praktyce jej degresywność nakłaniać może odbiorcę nie tyle do marnotrawnego, ile do zbyt szkodliwego (luksusowego) użytkowania oświetlenia przez przedłużanie godzin palenia lamp, co z punktu widzenia zakładu elektrycznego należy uznać za zjawisko niekorzystne, gdyż rozciągnięcie szczytowego obciążenia na dłuższy okres czasu przy stałej wysokości zwiększa koszty produkcji w wyniku niemożności pokrycia już takiego szczytu na drodze krótkotrwałego forsowania urządzeń wytwórczych.

Jeżeli zaś odbiorca w innych godzinach zechce korzystać z energii do innych celów np. do grzejnictwa

\*) Artykuł dyskusyjny.

i włączy odbiornik o dużo większej mocy, wówczas — nawet gdyby ten pobór przypadł na porę bardzo korzystną dla zakładu, np. w czasie doliny nocnej — odbiorca taki przy taryfie kwadratowej może pogorszyć sobie warunki poboru przez podwyższenie średniej ceny płaconej za 1 kWh.

I właśnie dlatego odbiorca taki, który wylamując się spod praw zbiorowych obecnością swoją poprawia ogólną krzywą poboru, powinien być jako pożyteczny składnik zbiorowości potraktowany przychylnie i uzyskać bonifikatę. Prawda, takie odstępstwa od reguły tracą swe uzasadnienie gospodarcze z chwilą, gdy zakład osiągnie już wyrównanie krzywej poboru, niemniej jednak do tej chwili odmowa obniżenia ceny dla takich odbiorców jest niczym nieuzasadniona, a nawet wręcz szkodliwa, gdyż wpływać będzie opóźniająco na dojście do stanu wyrównania.

## 2. Rozdział kosztów własnych między odbiorców a wartość energii dla odbiorcy.

Zagadnienie słusznego rozdziału pomiędzy odbiorców kosztów własnych zakładu elektrycznego jest przez taryfę kwadratową potraktowane jako odpowiedzialność nie za udział w szczycie zakładu czy sieci, lecz za wielkość i czas wykorzystania najwyższego obciążenia, które odbiorca reprezentuje. Sama zasada nie jest zatem nowa, nowa natomiast i bardzo oryginalna jest metoda ustalenia wysokości tej odpowiedzialności.

Zanim przejdziemy do tego zagadnienia, należy zastanowić się nad innymi czynnikami, które obok kosztów własnych winny być brane pod uwagę przy ustalaniu wysokości ceny za energię elektryczną. Chodzi tu o subiektywną ocenę przez odbiorcę wartości energii elektrycznej w zależności od celu, do którego jest ona przezeń użytkowana, czyli o określenie granicznej ceny, którą odbiorca skłonny jest przyjąć.

Trzeba stwierdzić, że taryfa kwadratowa nie bierze tego momentu zupełnie pod uwagę, a wszak on stwarza możliwość uzyskania wyrównania krzywej poboru ogółu odbiorców. Taryfa ogranicza się do rozdziału kosztów na odbiorców według specyficznego dla niej klucza podziału, wynikającego z podstawowej tezy, iż każdy odbiorca wi-

znaczne w dzień (tzn. o dużym „wyboczeniu“). Pozyskanie tego odbiorcy przy cenie wyższej od kosztów jednostkowych ruchomych (koszt węgla itp.) może poprawić bezsprzecznie rentowność elektrowni, natomiast wyznaczenie mu opłat według taryfy kwadratowej takich samych, jakie płaciłby odbiorca, którego maksymalne obciążenie w tej samej wysokości przypadłoby na czas dużego obciążenia elektrowni, czyni możliwość pozyskania tego odbiorcy iluzoryczną.

Tak więc taryfa kwadratowa jest skutecznym narzędziem do zachowania uzyskanego już uprzednio stanu wyrównania obciążeń u poszczególnych odbiorców. Można mieć duże obawy, czy będzie ona również skuteczna w drodze do uzyskania tego stanu lub też utrwalenia takiego stanu w zakładzie elektrycznym. Jeśli jest on wynikiem statystycznego wyrównania poszczególnych niewyrównanych w czasie odbiorów. A ponieważ w praktyce — jak nam wskazują przykłady zakładów elektrycznych w okręgach przemysłowych — właśnie takie statystyczne wyrównanie, jako wynik warunków życia gospodarczego równie silne jak prawo przyrodnicze, odgrywa bardzo poważną rolę, przeto dla praktyka konieczne jest pogodzenie się z tym faktem i szukanie metod i sposobów odpowiednio dostosowanych do rzeczywistości i nie tyle do indywidualnych odbiorców, ile do warunków pracy charakterystycznych grup odbiorców (np. pracujących w nocy).

Innymi słowy koncepcja taryfy uniwersalnej — jak najbardziej słusznej z punktu widzenia teoretycznego — w praktycznym zastosowaniu wymaga odchylenia i modyfikacji w zależności od warunków, w których ma być stosowana, w przeciwnym bowiem razie zamierzony cel może pozostać nieosiągnięty.

## 4. Taryfa kwadratowa dla odbioru przemysłowego.

Niemniej jednak pomysł taryfy kwadratowej z jej niezwykle interesującą i cenną właściwością, jaką jest wywierany w każdej chwili nacisk proporcjonalny do rzędnej obciążenia, stwarza możliwości zastosowania jej i uzyskania na tej drodze poprawy krzywej produkcji w tych wypadkach, gdy rozkład w czasie pobieranej energii zależy w dużym stopniu od woli odbiorcy, a nie od czynników od niego niezależnych (jak np. przy oświetleniu).

Tablica I. Porównanie degresywności taryf obowiązujących i taryfy kwadratowej w założeniu tej samej ceny średniej 10 zł/kWh przy pełnym wykorzystaniu (stopień 1)

Stopień wykorzystania	Taryfa VIa 300 zł/kW + 7 zł/kWh		Taryfa VII W. O. 480 zł/kW + 3,6 zł/kWh		Taryfa kwadratowa z ceną zasadn. = 10 zł
	rzeczyw.	przelicz.	rzeczyw.	przelicz.	
0,1 = 73 godz./miesiąc	11,11 zł/kWh	15,00 zł/kWh	10,15 zł/kWh	23,80 zł/kWh	31,60 zł/kWh
0,2 = 146 „ „	9,06 „	12,20 „	6,88 „	16,10 „	22,40 „
0,3 = 219 „ „	8,37 „	11,30 „	5,79 „	13,60 „	18,30 „
0,4 = 292 „ „	8,03 „	10,85 „	5,84 „	12,30 „	15,85 „
0,5 = 365 „ „	7,82 „	10,55 „	4,91 „	11,55 „	14,15 „
0,6 = 438 „ „	7,69 „	10,35 „	4,70 „	11,00 „	12,95 „
0,7 = 511 „ „	7,59 „	10,20 „	4,59 „	10,65 „	11,95 „
0,8 = 584 „ „	7,52 „	10,15 „	4,42 „	10,40 „	11,20 „
0,9 = 657 „ „	7,46 „	10,05 „	4,33 „	10,15 „	10,55 „
1,0 = 730 „ „	7,41 „	10,00 „	4,255 „	10,00 „	10,00 „

nien dążyć, aby krzywa jego poboru była zbliżona do prostej poziomej, a zatem aby jego pobór przez cały okres pozostał na niezmiennej wysokości.

## 3. Wyrównanie krzywej produkcji.

W praktyce polityka cen, a zatem i rozdział kosztów własnych powinny być tak przeprowadzone, aby w efekcie uzyskać „wygładzenie“ krzywej produkcji. Jest rzeczą wątpliwą, czy startując z krzywej produkcji o dużych różnicach między dolinami i szczytami obciążenia (o dużym „wyboczeniu“ krzywej według terminologii autora) i stosując zasadę rozdziału kosztów według taryfy kwadratowej przy pominięciu całkowitym oceny wartości energii dla odbiorcy, uzyska się zamierzony efekt.

Wątpliwości te można w sposób najbardziej widoczny przedstawić na konkretnym przykładzie: do elektrowni posiadającej głęboką dolinę nocną zgłasza się odbiorca przedstawiający duże bardzo obciążenie w nocy a b. nie-

Za takich odbiorców w dużym stopniu można uważać w szczególności przemysł chemiczny, dalej przemysł, w którym grzejnictwo elektryczne znajduje wielkie zastosowanie, jak również taki, w którym pracuje się na dwie zmiany. Ale nawet w zwykłym przemyśle, pracującym na jedną zmianę, zastosowanie taryfy kwadratowej przedstawia znaczne korzyści na skutek jej trzech dodatkowych właściwości:

1) uwzględnianie poboru mocy biernej, a zatem automatyczne włączanie do rozrachunku klauzuli spóznika mocy,

2) charakter silnie degresywny przez znaczne obniżenie opłat za energię przy przedłużeniu czasu pracy,

3) zastąpienie trzech przyrządów pomiarowych przez jeden.

Porównanie stopnia degresywności taryfy kwadratowej i dwuczłonowych taryf (VI a i VII) obowiązujących obecnie, podaje tabela I. Wynika stąd, że taryfa kwadratowa

jest w silniejszym stopniu degresywna niż obowiązująca obecnie.

### 5. Klauzula $\cos \varphi$ w taryfie kwadratowej.

Włączenie mocy bierniej bezpośrednio do pomiaru energii stanowi samo przez się znaczne uproszczenie; sam przebieg ceny za energię bierną oraz wynikających z tego dopłat przy różnych wartościach  $\cos \varphi$  niewiele odbiega od dopłat wynikających z powszechnie stosowanych klauzul  $\cos \varphi$ . Według zwykłych klauzul  $\cos \varphi$  dopłaty oblicza się za współczynnik mocy niższy od 0,8, a bonifikaty udziela się za współczynnik zawarty między 0,8 i 1,0. W taryfie kwadratowej punktem wyjścia jest  $\cos \varphi = 1$ . Za każdą kWh pobraną należy się opłata, której wielkość wzrasta w miarę powiększania się współczynnika mocy; i tak przy  $\cos \varphi = 0,8$  ( $\tan \varphi = 0,75$ ) cena za jednostkę prądu biernego wynosi już 33% ceny 1 kWh, a ponieważ tych kilowatogodzin (kVArh) jest wówczas 0,75 liczby kWh, to dopłata rzeczywista wynosi ok. 25%. Nie należy się tym przerażać, gdyż jest to tylko pozornie niekorzystny dla odbiorcy przebieg dopłat. Jeśli przy bonifikacie 1-procentowej za każdą 0,01  $\cos \varphi$  powyżej 0,8 obliczyć cenę płaconą przy  $\cos \varphi = 0,8$  biorąc za punkt wyjścia cenę przy  $\cos \varphi = 1$ , to dopłata ta wyniesie również 25% ( $0,8 \times 1,25 = 1$ ). Zestawienie przebiegu klauzuli  $\cos \varphi$  według taryfy kwadratowej i obecnie obowiązującej w Polsce taryfy dla dużych odbiorców przeliczonej w odniesieniu do  $\cos \varphi = 1$  podaje tablica II.

### 6. Rozliczenia międzyzakładowe.

Taryfa kwadratowa może znaleźć pożyteczne zastosowanie przy rozliczeniach między zakładami w przypad-

dzie równie niezrozumiałe i nieuchwytnie jak proponowane pojęcie „kwh“ umownych.

Oderwanie się jednak od pomiaru energii rzeczywistej pobieranej przez odbiorców ma dla zakładu poważną stronę ujemną. Jest nią przede wszystkim niemożność obliczenia strat w sieci przy przesyłaniu energii. A ponieważ ilość „kwh“ zmierzona lub obliczona na szynach zbiorczych elektrowni nie jest równa — nawet w teoretycznym przypadku, kiedy straty sieciowe są równe zeru — sumie „kwh“ odczytanych u odbiorców, gdyż krzywe poborów poszczególnych odbiorców i krzywa produkcji mają różne wybiegania (z wyjątkiem przypadku niezachodzącego w praktyce, kiedy by wszystkie one były wyrównane), przeto odpada możliwość obliczenia strat w sposób zastępczy przy pomocy porównania stosunku „kwh“ sprzedanych do wyprodukowanych. I w tym tkwi jedna z poważniejszych obiektywności w stosunku do taryfy kwadratowej.

### 8. Technika wystawiania rachunków.

Przechodząc z kolei do samej techniki wystawiania rachunków należy stwierdzić, że nie przedstawia ona większych trudności. Wprawdzie pozornie wygląda, że do wystawiania rachunku należy wyciągnąć pierwiastek kwadratowy z wykazanej przez licznik liczby „kwh“, do czego potrzebne są pomocnicze tabele kwadratów lub pierwiastków, jednakże trudność tę łatwo ominąć na wzór obecnej praktyki wielu elektrowni przez wprowadzenie dla ułatwienia pracy inkasentów tabel, podających od razu należność w zależności od odczytanego wskazania „kwh“. Dla inkasenta praca będzie więc taka sama jak obecnie, a do celów statystycznych otrzymamy łatwo liczbę zafakturowanych „kwh“ dzieląc całkowitą zafak-

Tablica II. Porównanie klauzuli  $\cos \varphi$  według obowiązującej taryfy z dn. 1. V. 47 r. oraz taryfy kwadratowej

cos $\varphi$		1	0,99	0,98	0,95	0,90	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,5	0,4
Wzrost ceny	według taryfy obowiązującej	1	1,012	1,025	1,06	1,125	1,185	1,25	1,375	1,50	1,625	1,75	2,25	2,75
	według taryfy kwadratowej	1	1,0125	1,0202	1,0525	1,11	1,177	1,25	1,333	1,462	1,54	1,665	2,00	2,48
Cena 1 kVArh w porówn. z ceną 1 kWh	według taryfy obowiązującej	0	0,084	0,125	0,182	0,26	0,298	0,333	0,425	0,490	0,532	0,56	0,725	0,760
	według taryfy kwadratowej	0	0,088	0,10	0,16	0,229	0,285	0,333	0,378	0,418	0,460	0,500	0,577	0,65

kach wzajemnej wymiany energii, bądź też zasilania wspólnego jednego odbiorcy lub wreszcie przy odstepowaniu przez jeden zakład drugiemu zbywającej energii. Rozdział ten jest potraktowany przez autora w jego pracy „O zagadnieniu taryfy elektrycznej“ bardzo krótko, jednakże przytaczane w nim przykłady wskazują tym, którym zagadnienia te nie są obce, jak duże możliwości można osiągnąć na tej drodze przy prostych wzorach obliczeniowych.

### 7. Umowna jednostka pomiarowa.

Należy również zastanowić się nad zarzutem formalnym, który można postawić taryfie kwadratowej, a mianowicie, że rozrachunki z odbiorcą opiera ona na umownej jednostce pomiarowej, nie figurującej w spisie miar, którą autor określa symbolem „kwh“ w odróżnieniu od kWh — kilowatogodziny energii. Trzeba przyznać, że jest wiele słuszności w twierdzeniu autora, iż zakłady, wprowadzając do opłat pobieranych za energię różne parametry taryfowe, opierają obliczenie należności nie na samej tylko ilości pobranej energii i że cena średnia może — zwłaszcza przy taryfach dwuczłonowych — przybierać bardzo wysokie wartości. Toteż zakaz pobierania ceny wyższej od maksymalnej, jak to słusznie twierdzi autor, powinien dotyczyć dłuższych okresów czasu i winien być interpretowany bardzo liberalnie zwłaszcza w obecnych czasach, kiedy zakłady elektryczne są eksploatowane wyłącznie przez państwo, a zatem mowy być nie może o jakimś wyzysku; ponadto w krańcowych wypadkach wysoka cena ma swe uzasadnienie w równie wysokich kosztach, które powoduje odbiorca o małym wykorzystaniu i dużej mocy pobieranej. Można również twierdzić, że dla ogromnej większości odbiorców nieobznajmionych z zasadami elektrotechniki pojęcie kWh jest i be-

turowaną należność przez cenę jednostkową taryfy kwadratowej.

### 9. Wnioski ze statystyki taryfy kwadratowej.

Niezmiernie interesujące są możliwości, powstające przy oparciu rozrachunków z odbiorcami na zasadzie taryfy kwadratowej, w zakresie wniosków, które można będzie wyciągać z danych statystycznych tej taryfy co do właściwych kierunków rozwojowych zakładu w dziedzinie rozbudowy i akwizycji.

Analiza przeprowadzona w różnych przypadkach charakteryzujących się odmiennymi stosunkami trzech wielkości uzyskiwanych ze statystyki sprzedaży i ruchu, a mianowicie stosunków liczby „kwh“ zafakturowanych u odbiorców, liczby „kwh“ wysłanych na sieć i liczby kWh oddanych na sieć, oraz wnioski wysnuwane z tych stosunków przy jednoczesnym uwzględnieniu stopnia wykorzystania zakładu i nasylenia rynku zbytu — mogą służyć jako obiektywne poparcie spostrzeżeń i przewidywań kierownictwa zakładu, opartych na innych przesłankach a dotyczących wytycznych postępowania na przyszłość.

Należy jednak podkreślić, że obok „mechanicznego postępowania“ przy ocenie sytuacji gospodarczej zakładu oraz oceny jej z punktu widzenia kupieckiego — o czym wspomina autor — w dzisiejszych czasach gospodarki społecznej występują jeszcze przesłanki natury społecznej, których doniosłość wysuwa się na pierwszy plan.

Nie mniej jednak „mechaniczne postępowanie“ (jak to nazwał autor) ma swój sens praktyczny, jako pomocniczy czynnik w ocenie sytuacji zakładu. Możliwość korzystania ze wskazówek uzyskanych tą drogą wymaga

jednak, aby rachunki ze wszystkimi odbiorcami były oparte na pomiarze przy pomocy liczników A<sup>2</sup>h lub A<sup>2</sup>V<sup>2</sup>h.

#### 10. Liczniki kwadratowe.

Sprawy konstrukcji liczników A<sup>2</sup>h względnie A<sup>2</sup>V<sup>2</sup>h należy pozostawić fachowcom. Tu można wysunąć uzasadnione przypuszczenie, że koszt takich liczników, a zwłaszcza liczników A<sup>2</sup>V<sup>2</sup>h będzie duży i że przejście od projektu rozwiązania teoretycznego do konstrukcji i produkcji w skali przemysłowej wymagać będzie jeszcze długiej drogi.

#### 11. Możliwości zastosowania taryfy kwadratowej.

Podsumowując powyższe wywody możnaby powiedzieć, że w obecnych warunkach taryfa kwadratowa mogłaby znaleźć zastosowanie przede wszystkim w stosunku do wielkich odbiorców, u których rozkład w czasie pobieranej energii w znacznej mierze zależy od woli kierownictwa ruchu i pozwala przy pomocy jednego licznika A<sup>2</sup>V<sup>2</sup>h uchwycić wpływ współczynnika mocy, a w pewnym stopniu i wielkości największego obciążenia, i to w sposób mniej dotkliwy dla odbiorcy, gdyż jednorazowy wyskok mocy nie powoduje trwałej konsekwencji w postaci dużej opłaty stałej przez cały okres.

Aby jednak nie pozbawiać zakładu możliwości obliczenia strat w sieci, a odbiorcy obliczenia sobie średniego kosztu kilowatogodziny — tego niezbędnego elementu przy kal-

kulacji kosztów własnych produkcji — nie należałoby rezygnować z licznika mocy czynnej. Wprawdzie wówczas licznik kwadratowy zastępować będzie tylko dwa przyrządy pomiarowe (wskaźnik mocy i licznik mocy biernej), nie będzie to jednak przedstawiać dla zakładu znacznych kłopotów, gdyż przy dużych poborach energii koszty pomiaru stanowią niewielki wydatek.

Zastosowanie taryfy kwadratowej do drobnych odbiorców wymaga jeszcze dalszych studiów i badań.

Właściwą jednak ocenę wartości każdej taryfy można dać dopiero na podstawie wyników zastosowania jej w praktyce. Najlepiej nawet obmyślona i teoretycznie uzasadniona taryfa nie zda życiowego egzaminu i nie osiągnie zamierzonego celu, jeśli nie potrafi oddziaływać na psychikę odbiorców i nie będzie przez nich zrozumiana. O tym wpływie taryfy trudno jest zgóry wyrokować.

Niezależnie od sprawy rozrachunków z odbiorcami na zasadach taryfy kwadratowej taryfa ta stwarza nowe możliwości dla kalkulacji kosztów własnych i przedstawia niezmiernie cenny instrument do ustalenia, jakie koszty powoduje odbiorca. Przy założeniach taryfy kwadratowej na podstawie ilości pobranych przez odbiorcę kWh rzeczywistych i umownych „kwh” można określić jego udział w ogólnych kosztach zakładu elektrycznego. A znajomość tego — w warunkach gospodarki planowej — jest dla kierownictwa zakładu, bez względu na taką czy inną politykę cen sprzedażnych, ze wszech miar pożądana i pożyteczna.

INŻ. ANDRZEJ MYŚLICKI

## Obliczanie prądów zwarcia niesymetrycznego metodą składowych symetrycznych<sup>\*)</sup>

Treść. Wielkości charakterystyczne prądu zwarcia. Ogólne zasady obliczania prądów zwarcia metodą składowych symetrycznych. Obliczanie prądu dla dowolnej chwili zwarcia. Zestawianie schematów zastępczych do obliczeń. Oporności elementów obwodu zwarcia. Przykłady liczbowe. Analiza prądów i napięć w miejscu zwarcia.

Расчет токов несимметричного короткого замыкания по методу симметричных составляющих. Характеристические величины токов короткого замыкания. Общие методы расчета этих токов по методу симметричных слагающих. Расчет токов для любого момента короткого замыкания. Составление замещающих схем для расчетов. Сопротивления элементов цепи короткого замыкания. Численные примеры. Анализ токов и напряжений в месте короткого замыкания.

Computation of asymmetrical short-circuit currents by method of symmetrical components. Characteristic quantities of a short-circuit system. General principles of computing short-circuit currents by method of symmetrical components. Computation of short-circuit current for any moment. Schedule of substitute diagrams for computation purposes. Impedances of the elements of a short-circuit system. Examples of computation. Analysis of currents and voltages at the fault point.

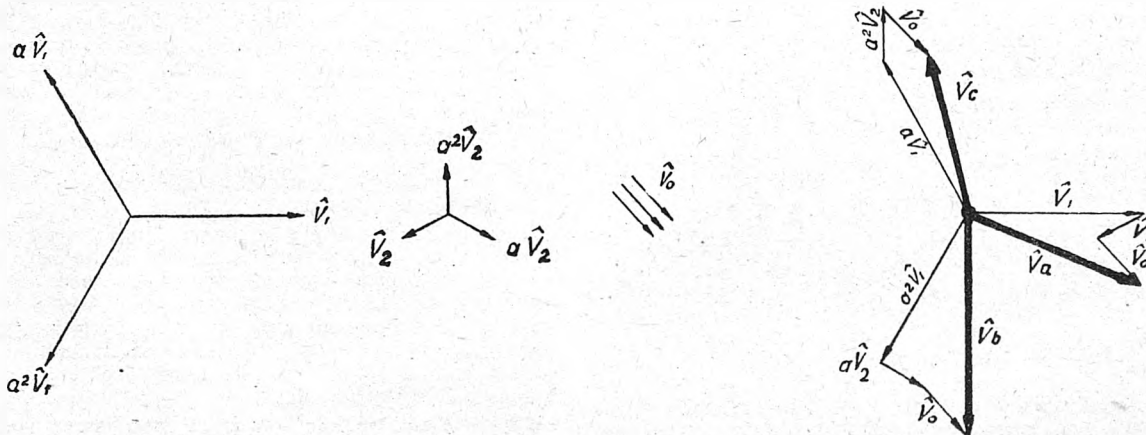
Calcul des courants de court-circuit asymétriques par la méthode des composantes symétriques. Données caractéristiques des courants de court-circuit. Méthodes générales du calcul des court-circuits par la méthode des composantes symétriques. Calcul du courant à un instant quelconque du court-circuit. Relevé des schémas de remplacement pour le calcul. Résistances des éléments du court-circuit. Exemples numériques. Analyse des tensions et courants au lieu du court-circuit.

### 1. Wstęp.

Przy obliczaniu prądów zwarcia w sieciach przesyłowych z uziemionym bezpośrednio lub przez niewielką oporność punktem zerowym interesuje nas najbardziej prąd zwarcia jednofazowego, gdyż jest to najczęściej spotykany i przybierający największą wartość prąd

nymi, a więc nie wszystkie metody obliczeniowe dadzą się tu zastosować. Najczęściej używaną metodę, tzw. „nową metodą VDE“ (VDE 0670—1940) stosuje się tylko do zwarć trójfazowych.

Najdokładniejszą metodą obliczania zwarć niesymetrycznych jest metoda składowych symetrycznych. Opra-



Rys. 1. Zamiana układu trójfazowego niesymetrycznego na 3 układy trójfazowe symetryczne

zwarcia w tych sieciach. Zwarcie jednofazowe, dwufazowe i dwufazowe z ziemią są zwarćmi niesymetrycz-

cowana została głównie przez autorów amerykańskich i jest najbardziej rozpowszechniona w Ameryce, gdzie większość sieci najwyższych napięć ma punkt zerowy uziemiony. W Niemczech, gdzie w większości sieci zasto-

<sup>\*)</sup> Praca wykonana w biurze studiów Dyrekcji Budowy Linii 220 kV Śląsk—Łódź—Warszawa.

sowano cewki kompensacyjne, metoda ta nie jest stosowana jako zbyt żmudna przy obliczaniu zwarć trójfazowych.

Metoda obliczania prądów zwarcia za pomocą składowych symetrycznych opiera się na tym, że  $n$ -fazowy niesymetryczny układ promieni możemy zastąpić przez  $n$  układów  $n$ -fazowych symetrycznych.

Jeśli mamy 3 promienie ( $n = 3$ ), tworzące układ trójfazowy niesymetryczny, np.  $\hat{V}_a, \hat{V}_b, \hat{V}_c$  (rys. 1), to możemy zastąpić go trzema układami symetrycznymi, a mianowicie: układem I o kolejności faz zgodnej z kolejnością układu  $\hat{V}_a, \hat{V}_b, \hat{V}_c$  i o 120-stopniowym wzajemnym przesunięciu promieni, układem II o kolejności faz odwrotnej do kolejności w układzie  $\hat{V}_a, \hat{V}_b, \hat{V}_c$  i o 120-stopniowym wzajemnym przesunięciu promieni oraz układem III o identycznych kierunkach promieni. Kierunek wirowania wszystkich trzech układów pozostaje ten sam. Wymienione trzy układy symetryczne nazywają się też pokrótce odpowiednio układami o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej i tej terminologii będziemy się trzymać dalej. Promienie przynależne do trzech symetrycznych układów będziemy oznaczali odpowiednio wskaźnikami dolnymi 1, 2 i 0. Ogółem dla układu niesymetrycznego trójfazowego otrzymuje się 9 składowych symetrycznych.

Wprowadziwszy mnożnik (wersor)

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

który obraca promień o kąt  $120^\circ$  w kierunku dodatnim kąta (a więc mnożnik  $a^2$  obraca promień o  $240^\circ$ ), możemy układ  $\hat{V}_a, \hat{V}_b, \hat{V}_c$  zastąpić układami:

$$\begin{array}{lll} \text{I} & \hat{V}_1 & a^2\hat{V}_1 & a\hat{V}_1 \\ \text{II} & \hat{V}_2 & a\hat{V}_2 & a^2\hat{V}_2 \\ \text{III} & \hat{V}_0 & \hat{V}_0 & \hat{V}_0 \end{array}$$

Wielkości  $\hat{V}_1, \hat{V}_2, \hat{V}_0$  wyznaczamy ze wzorów:

$$\begin{aligned} \hat{V}_1 &= \frac{1}{3}(\hat{V}_a + a\hat{V}_b + a^2\hat{V}_c) \\ \hat{V}_2 &= \frac{1}{3}(\hat{V}_a + a^2\hat{V}_b + a\hat{V}_c) \\ \hat{V}_0 &= \frac{1}{3}(\hat{V}_a + \hat{V}_b + \hat{V}_c) \end{aligned}$$

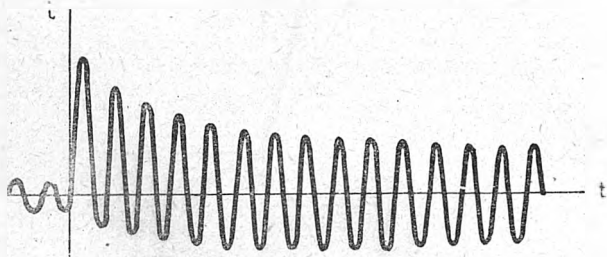
Dodając do siebie odpowiednie składowe promienie, otrzymamy promienie układu niesymetrycznego:

$$\begin{aligned} \hat{V}_a &= \hat{V}_1 + \hat{V}_2 + \hat{V}_0 \\ \hat{V}_b &= a^2\hat{V}_1 + a\hat{V}_2 + \hat{V}_0 \\ \hat{V}_c &= a\hat{V}_1 + a^2\hat{V}_2 + \hat{V}_0 \end{aligned}$$

co łatwo sprawdzić przez podstawienie i uwzględnienie, że  $a^2 + a + 1 = 0$ ;  $a^4 = a$ ;  $a^0 = a^3 = 1$ .

## 2. Charakterystyczne wielkości prądu zwarcia.

Prąd zwarcia zmienia swą wielkość w czasie. Przy nagłym zwarciu na zaciskach generatora powstaje skok prądu wielokrotnie większy od prądu znamionowego. Prąd ten maleje aż do wielkości ustalonej, zależnej od stałych obwodu zwarcia i od wzbudzenia maszyn. W ogólnym przypadku krzywa prądu w funkcji czasu jest krzywą niesymetryczną (rys. 2). Możemy ją rozłożyć na

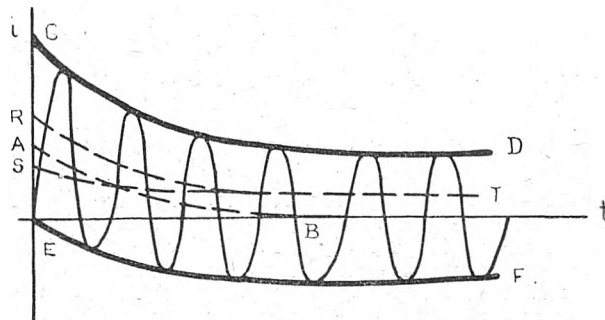


Rys. 2. Przebieg prądu zwarcia

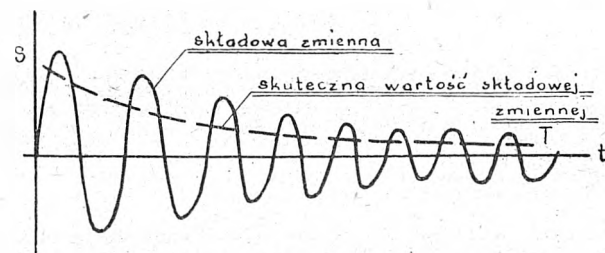
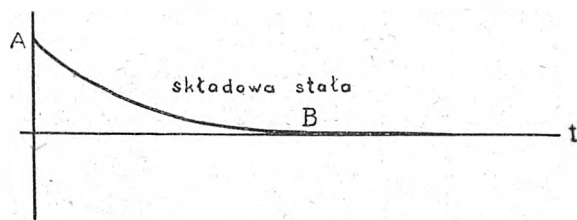
dwie składowe: stałą (ściślej — jednokierunkową) i zmienną. Wielkość składowej stałej prądu zwarcia, wytwarzającej asymetrię, zależy od wielkości i od fazy napięcia w chwili zwarcia i od stałych obwodu zwarcia. Przy zwarciu na zaciskach generatora w chwili przechożenia napięcia przez zero otrzymamy największą asymetrię; przy zwarciu zaś w chwili, gdy napięcie osiągnie amplitudę, otrzymamy krzywą symetryczną. Wielkość

składowej zmiennej prądu zwarcia nie zależy od fazy w chwili zwarcia. Przy zwarciu niesymetrycznym składowa zmienna może zawierać oprócz sinusoidy głównej dodatkowo sinusoidy harmoniczne.

Jeżeli przez wierzchołki krzywej prądu zwarcia przeprowadzić linie styczne (CD i EF na rys. 3), to otrzymamy



Rys. 3



Rys. 4

Rys. 3 i 4. Składowe prądu zwarcia — „stała“ i „zmienna“

obwiednie dodatnich i ujemnych amplitud. Linia AB, przebiegająca środkiem pomiędzy liniami CD i EF, będzie przedstawiała składową „stałą“ prądu zwarcia. Wartość składowej zmiennej w każdej chwili mierzy się od wartości chwilowej prądu do linii AB (rys. 4). Wartość skuteczna składowej zmiennej prądu zwarcia równa się w każdej chwili wartości skutecznej prądu o stałej amplitudzie, równej amplitudzie składowej zmiennej prądu zwarcia w danej chwili (odległość linii AB i CD). Wartość skuteczna całego prądu równa się pierwiastkowi kwadratowemu z sumy kwadratów wartości składowej stałej oraz skutecznej wartości składowej zmiennej w danej chwili. Krzywa RT przedstawia skuteczną wartość prądu zwarcia w funkcji czasu.

## 3. Ogólne zasady obliczania prądów zwarcia w sieciach trójfazowych metodą składowych symetrycznych.

W celu obliczenia prądu zwarcia należy zestawić dla każdej składowej symetrycznej schematyczny obwód zwarcia, w którym wszystkie maszyny wirujące, transformatory, dławiki, linie napowietrzne i kablowe będą przedstawione oporami zastępczymi. Opory te, jak dalej zobaczymy, będą różne dla układów o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej, a także i obwody dla tych składowych będą różne.

Właściwe zestawienie schematu zastępczego i ustalenie właściwych wielkości oporów biernych jest najpoważniejszym zagadnieniem opisywanej metody i dlatego zasługuje na bliższe rozpatrzenie.

Metoda składowych symetrycznych pozwala na obliczenie wszystkich rodzajów zwarć, a więc jednofazowego, dwufazowego, dwufazowego z ziemią i trójfazowego.



Z analizy prądów i napięć w miejscu zwarcia w sieciach trójfazowych (por. niżej rozdz. 8) otrzymujemy zależność wielkości prądu zwarcia od jego składowej symetrycznej o kolejności dodatniej. Oznaczając przez  $I$  składową zmienną prądu zwarcia, a przez  $I_1$  jej składową symetryczną o kolejności dodatniej, otrzymujemy następujące zależności dla poszczególnych rodzajów zwarcia:

$$1) \text{ zwarcie dwufazowe } I_1 = \frac{E}{X_1 + X_2} \quad I = \sqrt{3} \cdot I_1$$

$$2) \text{ zwarcie jednofazowe } I_1 = \frac{E}{X_1 + X_2 + X_0} \quad I = 3 \cdot I_1$$

3) zwarcie dwufazowe z ziemią:

$$a) \text{ prąd w fazach zwartych} \\ I_1 = \frac{E}{X_1 + \frac{X_2 \cdot X_0}{X_2 + X_0}} \quad I = \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_0^2 + X_0 \cdot X_2 + X_2^2}}{X_2 + X_0} \cdot I_1$$

$$b) \text{ prąd płynący przez ziemię } I_2 = \frac{3 \cdot X_2}{X_0 + X_2} \cdot I_1$$

$$4) \text{ zwarcie trójfazowe } I_1 = \frac{E}{X_1} \quad I = I_1$$

gdzie  $X_1, X_2, X_0$  oznaczają opory bierne do miejsca zwarcia dla kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej, wyrażone w omach, a  $E$  oznacza fazową siłę elektromotoryczną generatora w voltach.

Podane wzory są ważne dla dowolnej chwili zwarcia, należy tylko wstawić na  $X_1, X_2, X_0$  wielkości odpowiadające tej chwili. Wielkość  $U$  zależy od stopnia obciążenia maszyny przed zwarcie (wzbudzenie).

Dogodniej jest korzystać ze wzorów, w których opory bierne podane są w procentach, gdyż wówczas uniezależniamy się od napięcia. Otrzymamy wówczas:

$$\text{dla zwarcia dwufazowego } I = \frac{I_n \cdot \sqrt{3} \cdot 100}{x_1 + x_2}$$

$$\text{dla zwarcia jednofazowego } I = \frac{I_n \cdot 300}{x_1 + x_2 + x_0}$$

dla zwarcia dwufazowego z ziemią, prąd w fazach zwartych

$$I = \frac{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_0^2 + x_0 \cdot x_2 + x_2^2}}{x_0 + x_2} \cdot \frac{100 I_n}{x_1 + \frac{x_2 \cdot x_0}{x_2 + x_0}}$$

i prąd płynący przez ziemię

$$I_2 = \frac{300 I_n \cdot x_2}{x_0 + x_2} \cdot \frac{1}{x_1 + \frac{x_2 \cdot x_0}{x_2 + x_0}}$$

dla zwarcia trójfazowego

$$I = \frac{100 \cdot I_n}{x_1}$$

W powyższych wzorach  $I_n$  oznacza znamionowy prąd generatora, a  $x_1, x_2, x_0$  opory bierne procentowe do miejsca zwarcia dla kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej.

Z podanych wyżej wzorów można wysnuć podstawowe twierdzenie, zwane prawem wagnera i Evansa. Prawo to brzmi: składowa symetryczna o kolejności dodatniej przy zwarcu niesymetrycznym może być przedstawiona jako prąd zwarcia trójbiegunowego, w miejscu odległym od rzeczywistego miejsca zwarcia o opór  $x_\Delta$ .

Dla obliczenia prądu o kolejności dodatniej możemy więc napisać:

$$I_1 = \frac{100 \cdot I_n}{x_1 + x_\Delta}$$

gdzie  $x_\Delta$  jest dodatkowym oporem biernym, wynoszącym:

$$\begin{aligned} \text{przy trójbiegunowym zwarcu} & x_\Delta = 0 \\ \text{przy dwubiegunowym zwarcu} & x_\Delta = x_2 \\ \text{przy jednobiegunowym zwarcu} & x_\Delta = x_2 + x_0 \\ \text{przy zwarcu dwubiegunowym z ziemią} & x_\Delta = \frac{x_2 \cdot x_0}{x_2 + x_0} \end{aligned}$$

Do obliczenia prądu zwarcia może być teraz zastosowana dowolna metoda. Tak więc zadanie obliczenia prądu zwarcia niesymetrycznego sprowadza się do znalezienia procentowych oporów biernych  $x_1, x_2, x_0$  danego układu przesyłowego.

Prąd zwarcia, jak podano wyżej, zmienia swą wartość w czasie i przechodzi w ustalony prąd zwarcia. Często potrzebna nam jest znajomość wielkości prądu zwarcia w określonej chwili, np. po czasie 0,1 lub 0,25 sekundy od chwili powstania zwarcia. Na podstawie badań opracowano krzywe, przedstawiające zmianę wartości skutecznej składowej zmiennej prądu zwarcia w funkcji czasu. Takie krzywe dla maszyny obciążonej, z biegunami utajonymi, podaje rys. 5. Prąd zwarcia podany jest w wielokrotności prądu znamionowego, opór bierny procentowy w odniesieniu do mocy generatora. Składowa stała prądu zwarcia może nie być uwzględniana dla czasów ponad 0,1 sek. Do obliczenia prądu udarowego wprowadzimy współczynnik  $p$ , uwzględniający wpływ składowej stałej. Teoretycznie składowa stała może być najwyższej równa amplitudzie składowej zmiennej, w rzeczywistości jednak jest mniejsza, gdyż składowa zmienna osiąga swoją największą wartość po upływie  $1/4$  okresu, a składowa stała zdąży już w tym czasie częściowo zaniknąć. Współczynnik  $p$ , równy maksymalnej wielkości prądu zwarcia podzielonej przez amplitudę składowej zmiennej prądu zwarcia, jest funkcją stosunku oporu biernego do czynnego w obwodzie zwarcia. Wykres na

rys. 6 podaje  $p = f\left(\frac{X}{R}\right)$ .

#### 4. Obliczanie prądu zwarcia w dowolnej chwili przy pomocy krzywej zanikania.

1) Należy zestawić dla danego układu jego trzy schematy zastępcze dla składowych o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej.

2) Należy obliczyć procentowe opory bierne o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej dla stanu udarowego, w odniesieniu do mocy podstawowej, równej sumie mocy wszystkich źródeł prądu łącznie z kompensatorami (algebraiczna suma mocy w MVA).

3) Należy odczytać z krzywej (rys. 5) wielkość stosunku prądu zwarcia do prądu znamionowego dla odpowiedniego czasu, przyjmując na osi odciętych, zależnie od rodzaju zwarcia

$$x_1 + x_2 \text{ dla zwarcia dwufazowego,}$$

$$x_1 + \frac{x_2 \cdot x_0}{x_2 + x_0} \text{ dla zwarcia dwufazowego z ziemią,}$$

$$x_1 + x_2 + x_0 \text{ dla zwarcia jednofazowego,}$$

$$\frac{x_2 \cdot x_0}{x_2 + x_0} \text{ dla zwarcia trójfazowego.}$$

4) Mając składową zmienną o kolejności dodatniej obliczamy rzeczywisty prąd zwarcia mnożąc tę składową przez

$$\sqrt{3} \text{ dla zwarcia dwufazowego,}$$

$$\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{x_0^2 + x_0 \cdot x_2 + x_2^2}}{x_0 + x_2} \text{ dla zwarcia dwufazow. z ziemią,}$$

$$3 \text{ dla zwarcia jednofazowego,}$$

$$1 \text{ dla zwarcia trójfazowego.}$$

5) Przy obliczaniu prądu udarowego dla  $t \leq 0,1$  sek. należy uwzględnić wpływ składowej stałej prądu zwarcia przez wprowadzenie współczynnika  $p$ .

#### 5. Schematy zastępcze dla składowych symetrycznych prądów zwarcia.

Zakładamy, że w generatorze powstaje tylko siła elektromotoryczna o kolejności dodatniej oraz że siły elektromotoryczne wszystkich generatorów są równe i w razie. W miejscu zwarcia powstają według prawa Kirchhoffa napięcia o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej:

$$\hat{V}_1 = E - j \hat{I}_1 X_1$$

$$\hat{V}_2 = 0 - j \hat{I}_2 X_2$$

$$\hat{V}_0 = 0 - j \hat{I}_0 X_0$$

gdzie  $\hat{V}_1, \hat{V}_2, \hat{V}_0$  są składowymi symetrycznymi napięciami o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej w miejscu zwarcia;  $E$  jest siłą el.-mot o kolejności dodatniej generatora, a  $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_0$  są składowymi symetrycznymi o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej prądu zwarcia;  $X_1, X_2$  i  $X_0$  oznaczają opory bierne o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej do miejsca zwarcia. Przy

zwarcia niesymetrycznym powstają zatem w miejscu zwarcia napięcia, a więc inaczej niż przy zwarcu symetrycznym. O tym należy pamiętać przy upraszczaniu schematu zastępczego.

Schematy zastępcze dla kolejności dodatniej i ujemnej różnić się mogą jedynie wielkością procentowego oporu biernego maszyn wirujących (składowe symetryczne o kolejności dodatniej i ujemnej przepływają tą samą drogą, a procentowe opory biernie dla kolejności dodatniej i ujemnej różnią się wielkością jedynie dla maszyn wirujących).

Schemat dla prądów o kolejności zerowej odbiega znacznie od schematów dla kolejności dodatniej i ujem-

## 6. Analiza poszczególnych elementów obwodu zwarcia.

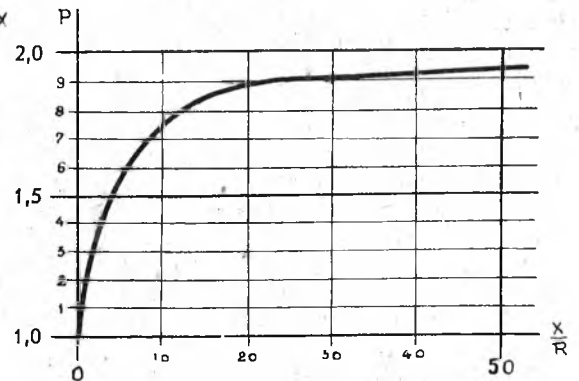
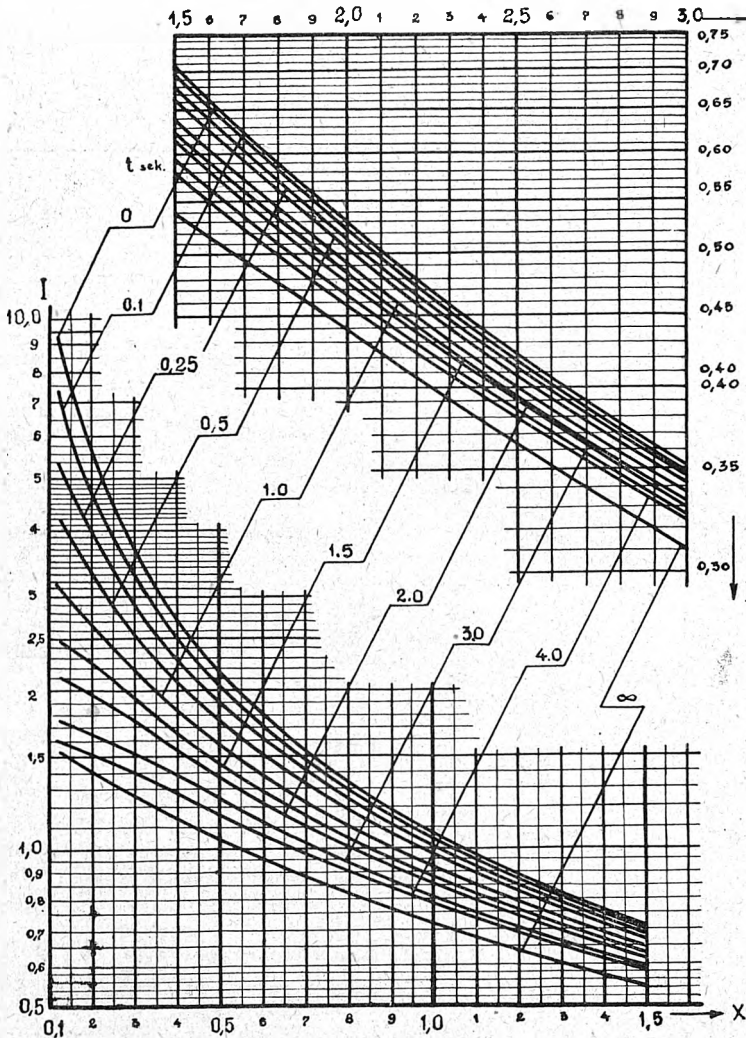
### a. Transformatory

Przy obliczaniu prądów zwarcia uwzględniamy tylko opór indukcyjny transformatorów. Dla transformatorów dwuzwojennych, jeśli nie mamy podanego procentowego oporu biernego, obliczamy go ze wzoru

$$x = \sqrt{u_k^2 - \Delta p_{cu}^2}$$

gdzie  $u_k$  jest procentowe napięcie zwarcia transformatora,  $\Delta p_{cu}$  jest procentowa strata mocy w miedzi.

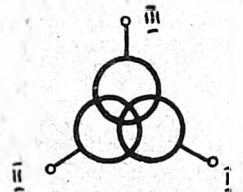
Dla transformatorów trójzwojennych stosujemy znany schemat zastępczy, jak na rys. 7. Dla znalezienia



Rys. 6. Stosunek największej wartości prądu zwarcia do amplitudy jego składowej zmiennej

Z lewej strony:

Rys. 5. Przykładowa wielkość składowej zmiennej prądu zwarcia w różnych momentach i dla różnych oporów biernych



Z prawej strony:

Rys. 7. Schemat zastępczy transformatora trójzwojennego

nej i jest prostszy, gdyż w braku uziemionych punktów zerowych w danej części sieci cała ta część sieci nie jest przedstawiana w schemacie zastępczym. Poza tym procentowe opory biernie o kolejności zerowej różnią się znacznie liczbowo od oporów biernych o kolejności dodatniej i ujemnej.

Przekształcając schemat całej sieci każdej kolejności doprowadzamy do najprostszego schematu, przedstawiającego opór bierny z zastępczym źródłem z jednej, a zwarcie z drugiej strony.

Przed przekształcaniem należy wszystkie procentowe opory biernie odnieść do mocy podstawowej, będącej sumą algebraiczną wszystkich mocy generatorów i kompensatorów. Przeliczenie odbywa się na zasadzie proporcjonalności

$$\frac{x_1}{x'_1} = \frac{P_1}{P'_1}$$

gdzie  $x_1$  jest procentowym oporem biernym przy mocy  $P_1$ ,  $x'_1$  jest procentowym oporem biernym przy mocy  $P'_1$ .

procentowych oporów biernych  $x_I$ ,  $x_{II}$  i  $x_{III}$  musimy mieć dane trzy procentowe opory biernie  $x_{I II}$ ,  $x_{II III}$  i  $x_{I III}$ , odniesione do tej samej mocy.

Ponieważ

$$x_{I II} = x_I + x_{II},$$

$$x_{II III} = x_{II} + x_{III},$$

$$x_{I III} = x_I + x_{III},$$

więc

$$x_I = \frac{x_{I II} + x_{I III} - x_{II III}}{2}$$

$$x_{II} = \frac{x_{I II} + x_{II III} - x_{I III}}{2}$$

$$x_{III} = \frac{x_{I III} + x_{II III} - x_{I II}}{2}$$

W tych wzorach  $x_{I II}$ ,  $x_{I III}$  i  $x_{II III}$  są wielkościami fizycznymi, odpowiadają bowiem rozproszeniu transformatora przy skojarzeniu uzwojeń I—II, II—III i I—III,

natomiast obliczone wyżej wielkości  $x_I$ ,  $x_{II}$  i  $x_{III}$  są wielkościami fikcyjnymi i zdarzyć się może, że jedna (tylko jedna) z nich przybierze wartość równą zero lub ujemną (na schemacie możemy to zaznaczyć jako pojemność zamiast indukcyjności).

Procentowe opory bierne o kolejności dodatniej i ujemnej dla transformatorów są sobie równe, gdyż obwody elektryczne sprzężone ze sobą magnetycznie spoczywają względem siebie nieruchomo. Pełny opór indukcyjny każdej fazy równa się sumie oporów indukcyjnych własnego i wzajemnego w stosunku do pozostałych faz. Jeśli teraz zmienimy kolejność faz 1—2—3 na 1—3—2, to dla symetrycznego układu prądów, płynących przez te fazy, wielkości indukcyjności wzajemnych, a więc i oporów indukcyjnych nie zmieniają się. Zmiana kolejności faz jest identyczna ze zmianą kolejności dodatniej na ujemną, a więc opory o kolejności dodatniej i ujemnej są sobie równe. Tak więc dla transformatorów będzie  $x_1 = x_2$ .

Układ prądów o kolejności zerowej przedstawia właściwie trzy równoległe układy jednofazowe. Prąd rozgałęzia się na trzy równoległe fazy i powraca wspólnym powrotnym przewodem — ziemią. Dlatego schemat zastępczy dla prądów kolejności zerowej będzie się znacznie różnił od schematów zestawionych dla kolejności dodatniej i ujemnej. Opór indukcyjny o kolejności zerowej jest uzależniony od schematu połączenia cewek i konstrukcji samego transformatora. Dla rozpatrzenia wpływu prądów zerowych założymy, że wszystkie fazy są połączone w miejscu zwarcia i ten punkt otrzymuje w stosunku do ziemi napięcie o kolejności zerowej. Inaczej mówiąc, między punkt zwarcia a ziemię włączony zostaje fikcyjny generator o oporności wewnętrznej równej zero i napięciu równym składowej zerowej napięcia zwarcia o przeciwnym znaku. Generator ten możemy uważać za źródło prądów o kolejności zerowej i od niego zestawiamy schemat zastępczy dla kolejności zerowej.

Obwód zamknięty dla prądów o kolejności zerowej może powstać tylko wówczas, gdy w części obwodu, związanej elektrycznie z miejscem zwarcia, istnieje przynajmniej jeden punkt zerowy uziemiony. Przy większej liczbie punktów zerowych uziemionych w układzie tworzy się więcej obwodów, po których może płynąć prąd o kolejności zerowej. Transformowanie się prądu o kolejności zerowej jest możliwe tylko przy zachowaniu odpowiednich warunków.

Jeśli transformator ma układ „gwiazda uziemiona — trójkąt”, to przepływający przez uzwojenie gwiazdowe prąd wzbudza prąd krążący wewnątrz trójkąta. Prąd ten nie wpływa na zewnątrz i dlatego cała część obwodu, przyłączona do uzwojenia połączonego w trójkąt, nie wchodzi do schematu kolejności zerowej niezależnie od tego, czy w tej części są dodatkowo inne punkty zerowe uziemione, czy też nie. Przy połączeniu „gwiazda uziemiona — gwiazda uziemiona” przepływ uzależniony jest od tego, czy po obu stronach transformatora obwody dla prądów kolejności zerowej są zamknięte.

Opory, przez które są uziemione punkty zerowe transformatorów i generatorów, wchodzi do schematu kolejności zerowej pomnożone przez 3. Tłumaczy się to tym, że schemat zestawiony jest dla jednej fazy, a przez opór uziemiający przepływają prądy wszystkich trzech faz.

W transformatorach o dwu lub więcej uzwojeniach z jednym uzwojeniem połączonym w gwiazdę uziemioną jeżeli te transformatory posiadają przynajmniej jedno uzwojenie połączone w trójkąt, zawsze mogą powstać prądy, kompensujące strumienie magnetyczne od prądów o kolejności zerowej. Dlatego w tych transformatorach możemy nie uwzględniać prądu magnesującego. To samo dotyczy transformatorów cztero i pięciordzeniowych, układów trzech transformatorów jednofazowych i transformatorów o budowie płaszczej, w których strumienie zerowe mają zamkniętą drogę w żelazie. Należy pamiętać, że strumienie te są jednego kierunku we wszystkich fazach.

Natomiast dla transformatora o układzie „gwiazda uziemiona — gwiazda izolowana” strumień zerowy musi zamknąć się przez powietrze i skrzynię żelazną, na co potrzebny jest wielokrotnie większy prąd magnesujący. Dlatego w tych transformatorach należy koniecznie wprowadzić wielkość  $x_{\mu}$ . W przybliżeniu wielkość ta

waha się od 30 do 100% w odniesieniu do mocy transformatora. Najlepiej wyjaśni to rys. 8d. Dla tego układu

$$x_0 = x_{II} + x_{\mu} = \frac{1}{2} x + x_{\mu}$$

(przyjmujemy, że oporności rozproszeń obu uzwojeń są równe).

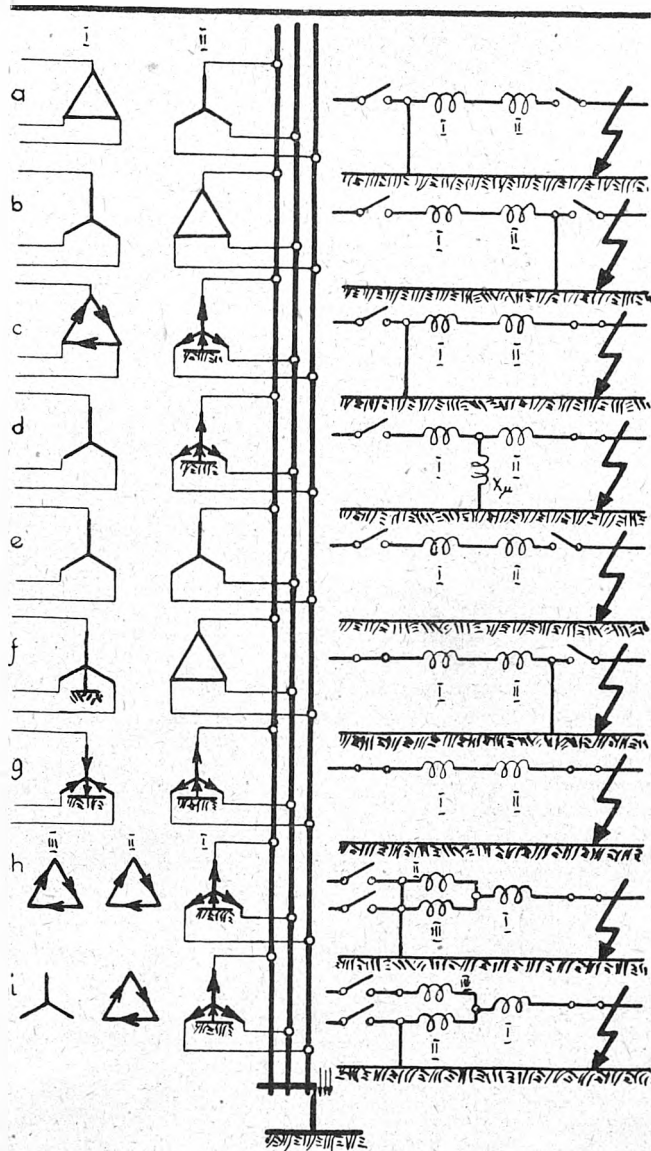
Na rys. 8 przedstawione są najczęściej spotykane układy połączeń transformatorów. Z lewej strony pokazano schemat trójfazowy z zaznaczeniem prądów o kolejności zerowej, z prawej jednobiegunowy schemat zastępczy. Istnienie lub brak połączeń dla prądu o kolejności zerowej zaznaczono za pomocą wyłącznika.

b. Linie napowietrzne

Procentowy opór bierny linii obliczamy ze wzoru

$$x = \frac{X \cdot P}{10 \cdot U^2}$$

gdzie P jest mocą podstawową w kVA, X jest oporem indukcyjnym linii w omach, U jest napięciem między-



Rys. 8. Różne układy połączeń transformatorów

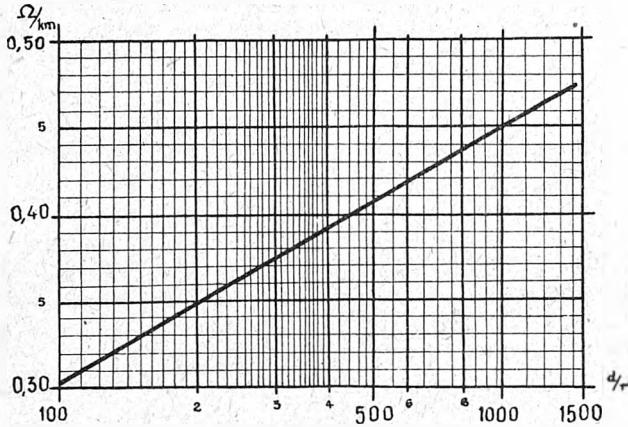
przewodowym w kV. Opór indukcyjny X w omach dla linii trójfazowych można znaleźć z wykresu na rys. 9 w zależności od stosunku  $\frac{d}{r}$  gdzie odległość d jest średnią geometryczną odległości międzyprzewodowych:

$$d = \sqrt[3]{d_{ab} \cdot d_{bc} \cdot d_{ca}}$$

a r oznacza promień przewodu. Wielkości d i r należy brać w jednakowych jednostkach. Procentowy opór bierny o

kolejności ujemnej równa się oporowi biernemu o kolejności dodatniej tzn.  $x_1 = x_2$ .

Jeśli linia przesyłowa nie posiada linki ochronnej uziemionej, to prądy kolejności zerowej mogą zamykać się tylko przez ziemię. Podstawową trudnością wyznaczenia oporu o kolejności zerowej jest konieczność poznania rozpręgu prądu w ziemi. Na podstawie rozważań teoretycznych i badań doświadczalnych opracowano wzory, które



Rys. 9. Opór bierny linii napowietrznej

pozwalają z dostateczną dokładnością wyznaczyć szukany opór. Podajemy poniżej wyniki rozważań Carsona, opracowane przez Evansa i Wagnera. Carson zakłada, że opór ziemi jest we wszystkich punktach jednakowy i że rozmiary ziemi są nieograniczone. Według teorii lorda Kelvina linię jedoprzewodową można zastąpić umyślną linią dwuprzewodową z odległością  $D_g$  między przewodami. Odległość tę będziemy nazywać zastępczą głębokością przepływu prądu w ziemi. Carson podaje następujący wzór:

$$D_g = \frac{2,085}{\sqrt{f \cdot \lambda \cdot 10^{-9}}} \cdot 10^{-3} \text{ metrów,}$$

gdzie  $f$  jest częstotliwością prądu w okresach na sekundę,  $\lambda$  jest przewodnością właściwą ziemi w siemensach na cm. Dla  $f=50$  okr./sek.  $D_g$  przybiera następujące wartości:

sucha ziemia	$\lambda = 10^{-5}$	$D_g = 3000$ m,
wilgotna ziemia	$\lambda = 10^{-4}$	$D_g = 935$ m,
mokra ziemia	$\lambda = 10^{-2}$	$D_g = 94$ m.

Średnio można przyjąć  $D_g = 1000$  m.

Linię trójfazową można przedstawić jako trzy równoległe układy przewodów — ziemia, ponieważ trójfazowe prądy kompensują się, powracając w ziemi. Każdą linię przewodów — ziemia można dalej zastąpić umyślnym układem dwuprzewodowym z odległością  $D_g$ . Ponieważ  $D_g$  jest duże w stosunku do odległości międzyprzewodowych, można je uznać za równe dla każdej pary przewodów. Opór indukcyjny linii przy tych założeniach może być obliczony ze wzoru:

$$X_o = 0,435 \cdot \log \frac{D_g}{\sqrt[3]{r_m \cdot D_m^2}} \quad (\Omega/\text{km}),$$

gdzie  $r_m$  jest umyślny promień przewodu: dla przewodów okrągłych z materiału niemagnetycznego  $r_m = 0,779 r$ ,

dla linek zależnie od liczby żył  $r_m = 0,724 r - 0,771 r$ ,

dla linek stalowo-aluminiowych  $r_m = 0,95 r$ ; wielkość

$$D_m = \sqrt[3]{d_{ab} \cdot d_{ac} \cdot d_{bc}}$$

jest średnią geometryczną odległością międzyprzewodową; wielkość  $D_g$  otrzymuje się ze wzoru Carsona. Wielkości  $r_m$ ,  $D_m$ ,  $D_g$ , wchodzące do wzoru powyższego, muszą być wyrażone w jednakowych jednostkach.

Dla linii dwutorowych przy uwzględnieniu wzajemnego wpływu torów na siebie otrzymamy dla jednego przewodu

$$x_n' = x_{ow} + x_{om} = 0,435 \log \frac{D_g^2}{D_{I II} \cdot \sqrt[3]{r_m \cdot D_m^2}}$$

i dla 2 przewodów równoległych

$$x_o = \frac{1}{2} x_o' = \frac{1}{2} (x_{ow} + x_{om}),$$

gdzie  $x_{ow}$  jest oporem wskutek indukcyjności własnej toru,  $x_{om}$  jest oporem wskutek indukcyjności wzajemnej torów i może być obliczony ze wzoru

$$x_{om} = 0,435 \log \frac{D_g}{D_{I II}} \quad (\Omega/\text{km}),$$

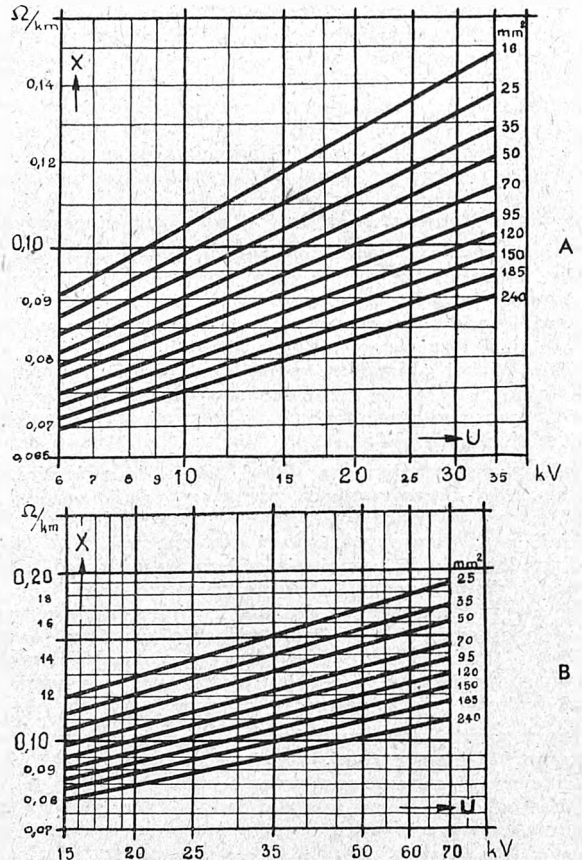
gdzie  $D_{I II}$  jest średnią geometryczną odległością pomiędzy torami I ( $a, b, c$ ) i II ( $a', b', c'$ ):

$$D_{I II} = \sqrt[9]{d_{aa'} \cdot d_{ab'} \cdot d_{ac'} \cdot d_{bb'} \cdot d_{bc'} \cdot d_{ba'} \cdot d_{cc'} \cdot d_{ca'} \cdot d_{cb'}}$$

Do obliczeń przybliżonych można przyjąć:

dla linii jednotorowej bez linki ochronnej uziemionej  $x_o = 3,5 x_1$   
dla linii dwutorowej bez linki ochronnej uziemionej  $x_o = 5,5 x_1$ .

W linii posiadającej linkę uziemioną strumień magnetyczny, wywołany prądami o kolejności zerowej płynącymi w przewodach linii, wzbudza w linie uziemionej siłę elektromotoryczną. Ta siła elektromotoryczna w zamkniętym obwodzie linka-ziemia wytwarza prąd w przybliżeniu równy prądom w przewodach, lecz skierowany odwrotnie. Tak więc pole magnetyczne linki zmniejsza strumień ma-



Rys. 10. Opór bierny kabla trójfazowego (na 1 km i fazę)

A — zwykły kabel trójfazowy

B — kabel o polu promieniowym (syst. Hochstädtera)

gnetyczna, a zatem i opór indukcyjny. Wzbudzona w linie siła elektromotoryczna zużywa się na pokonanie oporu czynnego na drodze prądu o kolejności zerowej. Ze zmniejszeniem oporu czynnego i odległości linki od przewodów roboczych prąd w linie wzrasta i, co za tym idzie, opór indukcyjny linii dla kolejności zerowej zmniejsza się. Oczywiście, przy kilku linkach uziemionych to zmniejszanie będzie odpowiednio większe.

Do przybliżonych obliczeń można przyjąć następujące wartości  $x_o$  dla linii z dobrze przewodzącymi linkami uziemionymi (brąz, aluminium, miedź)

dla linii jednotorowej  $x_o = 2 x_1$ ,  
dla linii dwutorowej  $x_o = 3 x_1$ .

Przy linkach o dużym oporze (stal) wartości  $x_0$  są zbliżone bardziej do liczb dla linii bez linek uziemionych.

c. Linie kablowe

Procentowy opór bierny dla kolejności dodatniej i ujemnej ( $x_2 = x_1$ ) obliczamy, korzystając z tablic rys. 10.

Opór indukcyjny o kolejności zerowej zależy od tego, czy powracający prąd przepływa tylko przez powłokę ołowianą, czy też część jego płynie w ziemi. Do obliczeń przybliżonych, nie wnikając w szczegóły, możemy przyjąć:

- dla kabla trójfazowego  $x_0 = 4,6 x_1$
- dla kabla jednożyłowego  $x_0 = x_1$ .

d. Dławiki

Indukcyjność dławika w przybliżeniu jest równa jego indukcyjności własnej, gdyż indukcyjność wzajemna jest bardzo mała. Dlatego z dokładnością wystarczającą do obliczeń praktycznych możemy przyjąć

$$x_1 = x_2 = x_0.$$

Procentowy opór bierny dławika jest równy liczbowo procentowemu spadkowi napięcia przy prądzie znamionowym dławika.

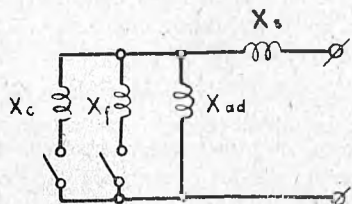
e. Generatory

Dla maszyn synchronicznych fabryki zwykle podają procentowy opór bierny synchroniczny i udarowy o kolejności dodatniej oraz opory bierne o kolejności przeciwnej i zerowej. W braku danych można skorzystać z tablicy 1, podającej średnie wielkości dla podstawowych typów maszyn:

Tablica 1. Procentowy opór bierny maszyn synchronicznych

Typ maszyn	Procentowy opór bierny				
	synchroniczny	przechodni	nadprzechodni	o kolejn. ujemnej	o kolejn. zerowej
Wolnobieżne z uzwojeniem tłumiącym	100%	40%	25%	25%	3 — 25%
Wolnobieżne bez uzwojenia tłumiącego	100 „	40 „	40 „	25 „	3 — 25 „
Szybkobieżne 4 biegunowe	120 „	20 „	12 „	14 „	3 — 10 „
Szybkobieżne 2 biegunowe	100 „	13 „	8 „	9 „	1 — 3 „
Kompensatory synchroniczne	150 „	35 „	20 „	20 „	2 — 15 „

Przez opór nadprzechodni rozumiemy opór maszyn w pierwszym momencie zwarcia z uwzględnieniem prądów, tworzących się w uzwojeniu tłumiącym. Prąd ten zanika w czasie kilku setnych sekundy. Opór przechodni jest to opór bez wpływu uzwojenia tłumiącego. Po kilku sekundach stan przechodni zmienia się w ustalony i odpowiadający mu opór — to opór bierny synchroniczny. Opory dla prądów kolejności ujemnej i zerowej pozostają stałe w czasie całego zwarcia. Zmianę oporu kolejności dodatniej najlepiej przedstawia schemat zastępczy maszyny synchronicznej na rys. 11, na którym



Rys. 11. Schemat zastępczy maszyny synchronicznej

$x_s$  jest oporem stojana,  $x_{ad}$  „ „ rozproszenia reakcji twornika,  $x_f$  „ „ rozproszenia uzwojenia wzbudzenia,  $x_c$  „ „ rozproszenia uzwojenia tłumiącego.

Dla stanu nadprzechodniego wszystkie opory są czynne. Po upływie około 0,1 sek. prąd w uzwojeniu tłumiącym

zanika i opór  $x_c$  zostaje wyłączony. Po mniej więcej 3 sek. prąd zwarcia ustala się i opór  $x_f$  również się wyłącza. Pozostaje tylko  $x_s + x_{ad}$  jako opór odpowiadający oporowi biernemu synchronicznemu, a zatem oporowi biernemu przy wzbudzeniu odpowiadającym biegowi jałowemu.

f. Silniki

Zazwyczaj w obliczeniach przybliżonych nie uwzględnia się wpływu silników na wielkość prądu zwarcia. W dokładniejszych obliczeniach możemy uwzględnić wpływ dużych silników, rzędu mocy transformatorów zasilających.

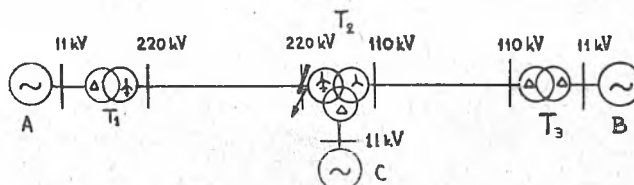
Silniki przy zwarcu zachowują się jak prądnice, wytwarzając własny prąd, zasilający obwód zwarcia. Silniki asynchroniczne, nie posiadające obcego wzbudzenia, nie mogą wytwarzać prądu ustalonego. Natomiast silniki synchroniczne prąd ustalony wytwarzają.

Opór procentowy o kolejności ujemnej  $x_2$  dla dużych silników jest rzędu 35, dla małych 50% w odniesieniu do ich mocy. Ponieważ punkty zerowe silników nie są zazwyczaj uziemione, możemy przyjąć, że  $x_0 = \infty$  i składowa symetryczna o kolejności zerowej płynąć nie może.

7. Przykłady liczbowe.

Przykład I

W podanym na rys. 12 układzie przesyłowym należy obliczyć prąd udarowy przy zwarciu z ziemią jednego



Rys. 12. Przykład układu przesyłowego

zacisku transformatora po stronie 220 kV. Dane liczbowe: generator B turbozespołu o mocy 40 MVA, 11 kV:

- opór bierny nadprzechodni  $x_1 = 15\%$ ,
- opór bierny kolejności ujemnej  $x_2 = 12\%$ ;

generator B turbozespołu o mocy 40 MVA, 11 kV:

- opór bierny nadprzechodni  $x_1 = 14\%$ ,
- opór bierny kolejności ujemnej  $x_2 = 12\%$ ;

kompensator synchroniczny C o mocy 25 MVA, 11 kV:

- opór bierny nadprzechodni  $x_1 = 20\%$ ,
- opór bierny kolejności ujemnej  $x_2 = 20\%$ ;

transformator  $T_1$  o przekładni 11/220 kV, o układzie cewek trójkąt — gwiazda z beznóśrednio uziemionym punktem zerowym, o mocy 50 MVA; napięcie zwarcia 11%;

transformator trójzwojeniowy  $T_2$  o przekładniach 220/110/11 kV i mocach odpowiednio 50/50/25 MVA; połączenie cewek o napięciu 220 kV w gwiazdę uziemioną, o napięciu 110 kV w gwiazdę izolowaną i o napięciu 11 kV w trójkąt; napięcia zwarcia:

- 220 — 110 kV przy mocy przejściowej 50 MVA 12%,
- 110 — 11 kV „ „ „ 25 MVA 6%,
- 220 — 11 kV „ „ „ 25 MVA 4%;

transformator  $T_3$  o przekładni 110/11 kV, o mocy 50 MVA, układ cewek trójkąt — trójkąt, napięcie zwarcia 11%;

linia napowietrzna na 220 kV o długości 70 km, opór indukcyjny 30  $\Omega$ ;

linia napowietrzna na 110 kV o długości 20 km, opór indukcyjny 8  $\Omega$ .

Obliczenia pomocnicze:

moc podstawowa  $P = P_A + P_B + P_C = 30 + 40 + 25 = 95$  MVA,

prąd znamionowy po stronie 220 kV  $I_n = \frac{95000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 250$  A.

Obliczenie procentowych oporów biernych w odniesieniu do mocy podstawowej

generator A:  $x_1 = 15 \cdot \frac{95}{30} = 47,5\%$ ;  $x_2 = 12 \cdot \frac{95}{30} = 38\%$ ;

transformator  $T_1$ :  $x_1 = 11 \cdot \frac{95}{50} = 20,9\%$ ;

linia 220 kV:  $x_1 = \frac{95000 \cdot 30}{10 \cdot 220^2} = 5,9\%$ ;

transformator trójzwojowy:

$$x_{220-110} = 12 \cdot \frac{95}{50} = 22,8\%$$

$$x_{220} = \frac{22,8 + 15,2 - 22,8}{2} = 7,6\%$$

$$x_{110-11} = 6 \cdot \frac{95}{25} = 22,8\%$$

$$x_{110} = \frac{22,8 + 22,8 - 15,2}{2} = 15,2\%$$

$$x_{220-11} = 4 \cdot \frac{95}{25} = 15,2\%$$

$$x_{11} = \frac{22,8 + 15,2 - 22,8}{2} = 7,6\%$$

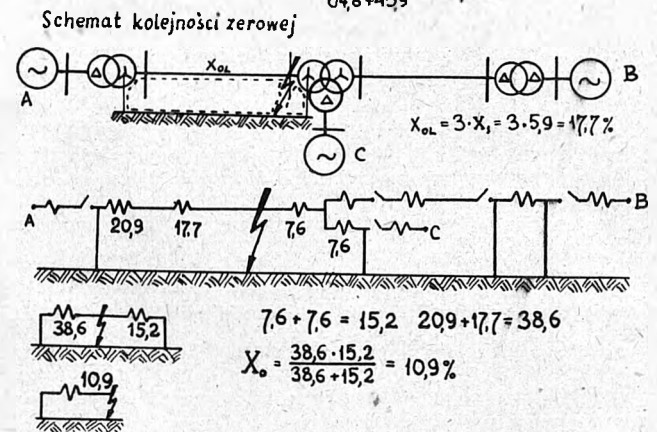
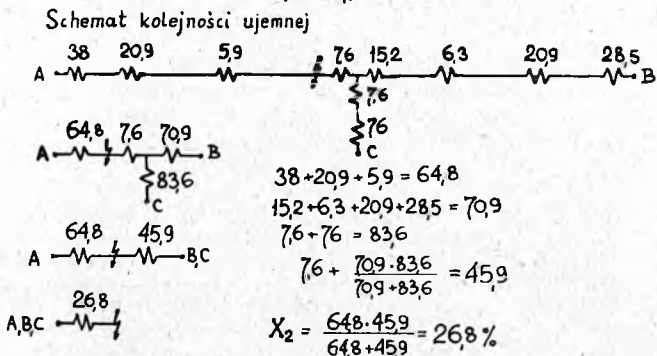
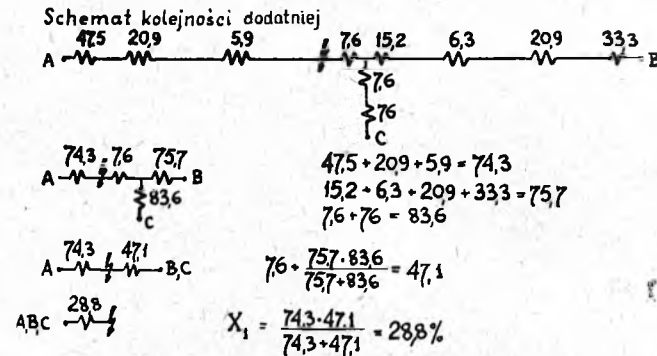
linia 110 kV:  $x_1 = \frac{95 \cdot 000,8}{10.110^2} = 6,3\%$

transformator T<sub>3</sub>:  $x_1 = 11 \cdot \frac{95}{50} = 20,9\%$

generator B:  $x_1 = 14 \cdot \frac{95}{40} = 33,3\%$ ;  $x_2 = 12 \cdot \frac{95}{40} = 28,5\%$

kompensator C:  $x_1 = x_2 = 20 \cdot \frac{95}{25} = 76\%$

Zestawienie schematów o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej i obliczenie oporów biernych zastępczych zawie-



Rys. 13. Schematy kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej i obliczenie oporów biernych dla układu z rys. 12

ra rys 13, na którym podano również tok obliczenia oporów biernych. Otrzymano wyniki następujące:

$$x_1 = 28,8\%; \quad x_2 = 26,8\%; \quad x_0 = 10,9\%$$

Obliczenie jednofazowego prądu zwarcia: składowa zmienna prądu udarowego zwarcia

$$I_1 = \frac{300 I_n}{x_1 + x_2 + x_0} = \frac{300 \cdot 250}{28,8 + 26,8 + 10,9} = 1128 \text{ A.}$$

Przyjmując stosunek  $\frac{x}{R} = 10$  otrzymamy z rys. 6 współczynnik  $p = 1,73$ , a więc amplituda udarowego prądu zwarcia jednofazowego wyniesie

$$I_{ud} = 1,73 \sqrt{2} \cdot 1128 = 2760 \text{ A.}$$

**Przykład II**

Dla schematu podanego w przykładzie I obliczyć prąd dwufazowego zwarcia na zaciskach 220 kV transformatora trójzwojowego po czasie  $t = 0,5$  sek.

Korzystając z wyników obliczeń przykładu I mamy:

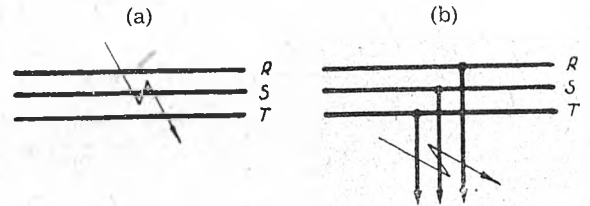
$$x_1 = 28,8\%; \quad x_2 = 26,8\%$$

Z wykresu na rys. 5 odczytujemy dla  $x = x_1 + x_2 = 28,8 + 26,8 = 55,6\%$  i czasu  $t = 0,5$  sek. współczynnik prądu znamionowego = 1.6. Otrzymujemy więc

$$I = 1,6 \cdot \sqrt{3} \cdot 250 = 602 \text{ A.}$$

**8. Analiza prądów i napięć w miejscu zwarcia.**

Prąd zwarciovowy sływa do miejsca zwarcia na ogół z różnych stron. Dla łatwiejszego zrozumienia zjawiska możemy sobie wyobrazić np. w przypadku zwarcia na szynach (rys. 14a), że zwarcie występuje w umyślnym odgałęzieniu od szyn z punktu zwarcia (rys. 14b) oraz że opór tego odgałęzienia jest równy zeru. Założenie



Rys. 14. Obraz sływu prądu zwarciovowego

nasze nie zmienia warunków układu, natomiast prąd płynący w odgałęzieniu od szyn jest dobrym obrazem prądu zwarciovowego.

Wyprowadźmy teraz wzory na prądy i napięcia dla podstawowych rodzajów zwarć niesymetrycznych, a więc dla zwarcia dwufazowego, jednofazowego oraz dwufazowego z ziemią. Nie będziemy uwzględniać w obliczeniach ani oporu czynnego, ani pojemności sieci i będziemy traktować schematy dla oddzielnych kolejności jako składające się od razu z ostatecznych, sprowadzonych do miejsca zwarcia oporów  $X_1, X_2, X_0$ . Zakładamy również, że opór samego zwarcia równa się zeru (zwarcie doskonałe).

**A. Zwarcie dwufazowe (rys. 15)**

Oznaczmy przez  $\hat{I}_a, \hat{I}_b, \hat{I}_c$  prądy płynące w fazach a, b, c przy zwarciu faz b i c, przez  $\hat{V}_a, \hat{V}_b, \hat{V}_c$  fazowe napięcia w miejscu zwarcia, przez  $\hat{E}$  siłę elektromotoryczną generatora. Oczywiście

$$\hat{I}_a = 0, \hat{I}_b = -\hat{I}_c \text{ oraz } \hat{V}_b = \hat{V}_c.$$

Na podstawie wzorów ogólnych podanych wyżej w rozdziale I możemy obliczyć teraz składowe prądy o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej ( $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_0$ ) dla prądu zwarcia:

$$\hat{I}_1 = \frac{1}{3} (\hat{I}_a + a\hat{I}_b + a^2\hat{I}_c) = \frac{1}{3} (a - a^2) \hat{I}_b$$

$$\hat{I}_2 = \frac{1}{3} (\hat{I}_a + a^2\hat{I}_b + a\hat{I}_c) = -\frac{1}{3} (a - a^2) \hat{I}_b \quad (A, 1)$$

$$\hat{I}_0 = \frac{1}{3} (\hat{I}_a + \hat{I}_b + \hat{I}_c) = 0,$$

$$\text{a więc } \hat{I}_1 = -\hat{I}_2 \quad (A, 2)$$

Podobnie napięcia składowe o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej w miejscu zwarcia będą:

$$\hat{V}_1 = \frac{1}{3} (\hat{V}_a + a\hat{V}_b + a^2\hat{V}_c) = \frac{1}{3} [\hat{V}_a + (a + a^2)\hat{V}_b]$$

$$\hat{V}_2 = \frac{1}{3} (\hat{V}_a + a^2\hat{V}_b + a\hat{V}_c) = \frac{1}{3} [\hat{V}_a + (a + a^2)\hat{V}_b]$$

$$\text{a więc } \hat{V}_1 = \hat{V}_2 \quad (A, 3)$$

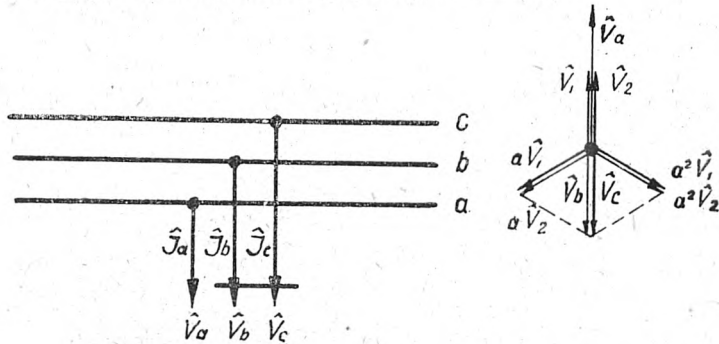
Z prawa Kirchhoffa wynika dla składowych o kolejności dodatniej, ujemnej i zerowej:

$$\hat{V}_1 = \hat{E} - j\hat{I}_1 X_1; \quad \hat{V}_2 = 0 - j\hat{I}_2 X_2; \quad \hat{V}_0 = 0 - j\hat{I}_0 X_0.$$

Ponieważ  $\hat{I}_0 = 0$ , więc  $\hat{V}_0 = 0 - j\hat{I}_0 X_0 = 0$  i po podstawieniu do (A, 3) oraz po uwzględnieniu (A, 2) otrzymamy

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{E}}{j(X_1 + X_2)}, \text{ a więc } \hat{I}_b = \frac{3\hat{I}_1}{a - a^2}$$

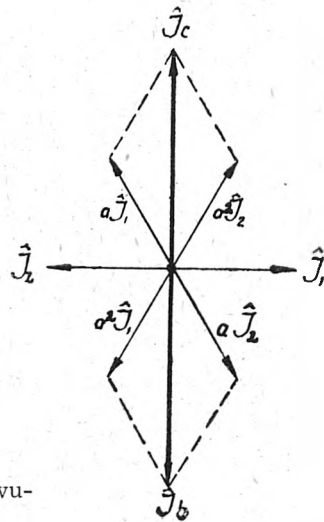
i dla modułu prądu w zwartych fazach (moduł  $a - a^2 = \sqrt{3}$ )



Rys. 15. Prądy i napięcia przy zwarciu dwufazowym

Obliczamy teraz napięcie w miejscu zwarcia

$$\hat{V}_1 = \hat{E} - jX_1 \hat{I}_1 = \hat{E} - \frac{jE X_1}{j(X_1 + X_2 + X_0)} = \hat{E} \cdot \frac{X_2 + X_0}{X_1 + X_2 + X_0} \quad (B,5)$$



$$I_b = \sqrt{3} I_1 = \frac{\sqrt{3} E}{X_1 + X_2}$$

Znając  $\hat{V}_1, \hat{V}_2, \hat{V}_0$  możemy łatwo znaleźć  $\hat{V}_a, \hat{V}_b, \hat{V}_c$ .

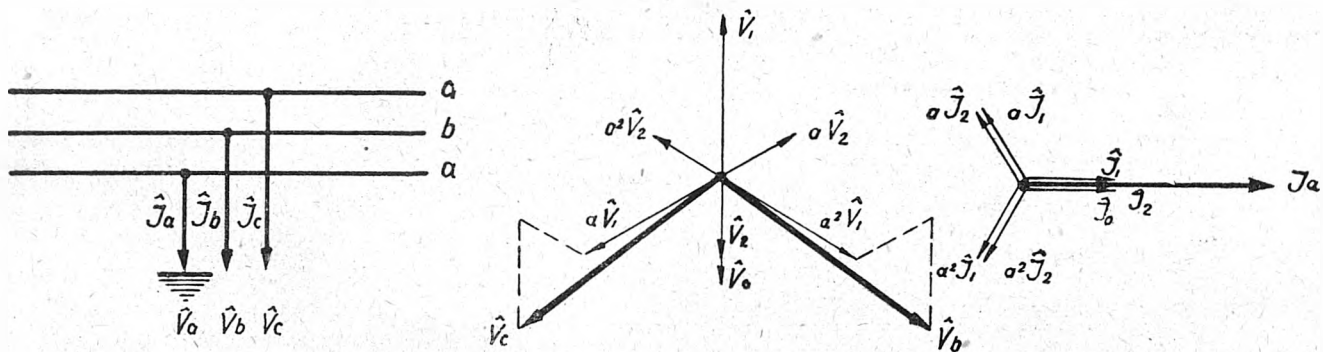
Rys. 15 przedstawia wykres wektorowy prądów i napięć w miejscu zwarcia.

B. Zwarcie jednofazowe (rys 16)

Przy zwarciu fazy *a* mamy  $\hat{I}_b = 0, \hat{I}_c = 0$  i  $\hat{V}_a = 0$  (B,1) Obliczamy składowe symetryczne prądu zwarcia

$$\begin{aligned} \hat{I}_1 &= \frac{1}{3} (\hat{I}_a + a\hat{I}_b + a^2\hat{I}_c) = \frac{1}{3}\hat{I}_a \\ \hat{I}_2 &= \frac{1}{3} (\hat{I}_a + a^2\hat{I}_b + a\hat{I}_c) = \frac{1}{3}\hat{I}_a \\ \hat{I}_0 &= \frac{1}{3} (\hat{I}_a + \hat{I}_b + \hat{I}_c) = \frac{1}{3}\hat{I}_a \end{aligned}$$

Wiemy, że  $\hat{V}_a = \hat{V}_1 + \hat{V}_2 + \hat{V}_0 = 0$  oraz że  $\hat{I}_1 = \hat{I}_2 = \hat{I}_0 = \frac{1}{3}\hat{I}_a$  (B, 2)



Rys. 16. Prądy i napięcia przy zwarciu jednofazowym

Podstawiając do wzorów

$$\left. \begin{aligned} \hat{V}_1 &= \hat{E} - j\hat{I}_1 X_1 \\ \hat{V}_2 &= 0 - j\hat{I}_2 X_2 \\ \hat{V}_0 &= 0 - j\hat{I}_0 X_0 \end{aligned} \right\} \quad (B, 2a)$$

po dodaniu i uwzględnieniu (B, 2) otrzymamy

$$0 = \hat{E} - j(X_1 + X_2 + X_0) \hat{I}_1 \quad (B, 3)$$

skąd

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{E}}{j(X_1 + X_2 + X_0)} \quad (B, 3)$$

Prąd zwarcia  $I_a = 3 I_1$ , a więc jego moduł

$$I = \frac{3E}{(X_1 + X_2 + X_0)} \quad (B, 4)$$

wym uziemionym dla  $\frac{X_2 + X_0}{X_1} \rightarrow 0$   $K_{1-3} \rightarrow 3$ . W praktyce największe  $K_{1-3} = 2,5$ .

C. Zwarcie dwufazowe z ziemią (rys. 17)

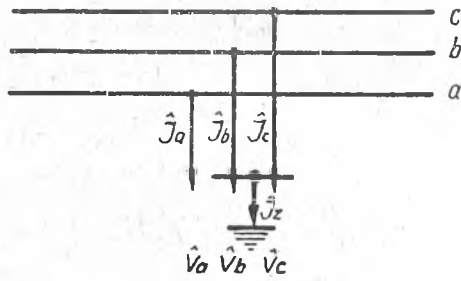
Jednoczesne zwarcie z ziemią dwóch faz *b* i *c* charakteryzuje się następującymi danymi

$$\hat{I}_a = 0, \hat{V}_b = 0, \hat{V}_c = 0.$$

Podobnie, jak poprzednio, będzie

$$\begin{aligned} \hat{V}_1 &= \frac{1}{3} (\hat{V}_a + a\hat{V}_b + a^2\hat{V}_c) = \frac{1}{3}\hat{V}_a \\ \hat{V}_2 &= \frac{1}{3} (\hat{V}_a + a^2\hat{V}_b + a\hat{V}_c) = \frac{1}{3}\hat{V}_a \\ \hat{V}_0 &= \frac{1}{3} (\hat{V}_a + \hat{V}_b + \hat{V}_c) = \frac{1}{3}\hat{V}_a \end{aligned}$$

a więc  $\hat{V}_1 = \hat{V}_2 = \hat{V}_0$  (C, 1)



Rys. 17. Prądy i napięcia przy zwarciu dwufazowym z ziemią

Po podstawieniu do wzorów (B, 2a) otrzymamy

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{E} - \hat{V}_1}{j X_1} \quad \hat{I}_2 = - \frac{\hat{V}_2}{j X_2} \quad \hat{I}_0 = - \frac{\hat{V}_0}{j X_0}$$

Ponieważ

$$I = 0, \text{ więc } \hat{I}_1 + \hat{I}_2 + \hat{I}_0 = \frac{\hat{E} - \hat{V}_1}{j X_1} - \frac{\hat{V}_2}{j X_2} - \frac{\hat{V}_0}{j X_0} = 0,$$

a uwzględnivszy (C, 1) otrzymamy

$$\hat{V}_1 = \frac{\hat{E}}{X_1 + \frac{X_2 X_0}{X_2 + X_0}} \quad (C, 2)$$

Podstawiając to wyrażenie do wzorów na składowe symetryczne prądu, otrzymamy po przekształceniach

$$\hat{I}_1 = \frac{\hat{E}}{j \left( X_1 + \frac{X_2 X_0}{X_2 + X_0} \right)} \quad (C, 3)$$

$$\hat{I}_2 = - \hat{I}_1 \frac{X_0}{X_2 + X_0} \quad \hat{I}_0 = - \hat{I}_1 \frac{X_2}{X_2 + X_0}$$

Prądy w fazach zwartych b i c będą

$$\hat{I}_b = \hat{I}_0 + a^2 \hat{I}_1 + a \hat{I}_2 = \hat{I}_1 \frac{(a - a^2) X_2 + (a^2 + 1) X_0}{X_2 + X_0}$$

$$\hat{I}_c = \hat{I}_1 \frac{(a - a^2) X_2 + (a - 1) X_0}{X_2 + X_0}$$

Dla modułu prądu o kolejności dodatniej otrzymamy

$$I_1 = \frac{E}{X_1 + \frac{X_2 \cdot X_0}{X_2 + X_0}}$$

a dla prądów w fazie zwartej, po przekształceniach

$$I = I_1 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{X_2^2 + X_0 X_2 + X_0^2}{X_2 + X_0}} \quad (C, 4)$$

Przy  $X_0 = \infty$  wyrażenie

$$\sqrt{\frac{X_2^2 + X_0 X_2 + X_0^2}{X_2 + X_0}} = 1$$

i otrzymujemy znany wzór dla zwarcia dwufazowego

$$I = \sqrt{3} \cdot I_1.$$

#### LITERATURA

- Fridlender J. Obliczenie prądów zwarcia w sieciach trójfazowych. Przegl. Elektr., 1933, z. 21, str. 762 i z. 23, str. 806  
 Calculation of Single-phase Short Circuits. General Electric Review, 1926  
 Ulianow S. A. Toki krótkowo zamykania, 1937  
 Baptidanow i Tarasow. Podstancji przemysłowych przedsiębiorstwach, 1937  
 Wagner C. F. & Evans R. D. Symmetrical Components, 1933  
 Dannat C. & Dalgleish J. W. Electrical Power Transmission and Interconnection, 1930

## PRZEGLĄD CZASOPISM

### PRAKTYCZNE METODY OBLICZANIA PRĄDÓW ZWARCIA W SIECIACH TRÓJFAZOWYCH

H. Wallgren. Calcul pratique des puissances de court-circuit des réseaux triphasés. ASEA-Revue (1947, rok 19, 4-5, str. 41-47).

#### 1. Wstęp.

Przy obliczaniu urządzeń z punktu widzenia wytrzymałości na zwarcie uwzględnia się tylko początkową wartość prądu zwarcia lub odpowiadającą mu moc zwarcia.

W następstwie stosowania bardzo szybkiego wyłączania prąd w obwodzie zwartym nie osiąga wartości zwanej powszechnie ustalonym prądem zwarcia. Zresztą prąd ustalony może różnić się niewiele od prądu początkowego dzięki pracy szybko działających regulatorów napięcia. Jeśli zwarcie powstanie za oporem pozornym, ograniczającym moc o tyle, że regulatory bardzo szybko zdołają utrzymać pełne napięcie na zaciskach prądnicy, to ustalony prąd zwarcia może nawet być większy od prądu początkowego.

Wzory podane niżej mają zastosowanie do obliczania wartości prądu początkowego i odpowiadającej mu mocy przy zwarciu trójfazowym. Inne rodzaje zwarć nie wytwarzają cięższych warunków dla urządzeń, a więc nie bierze się ich pod uwagę przy projektowaniu. Dla jasności wywodów podana jest najpierw metoda ogólna obliczeń, a następnie dwie metody uproszczone, stosowane w praktyce firmy ASEA.

#### 2. Ogólne zasady obliczania.

Za punkt wyjścia służy moc zwarcia prądnicy lub moc zwarcia znana w pewnym punkcie układu, np. podana dla tego punktu przez dostawcę energii elektrycznej. Z mocy tej oblicza się opór pozorny zwarcia i dodaje

\*) Według norm szwedzkich za początkowy prąd zwarcia uważa się wartość prądu po upływie jednego okresu od momentu powstania zwarcia (w odróżnieniu od norm amerykańskich, przyjmujących wartość w momencie zerowym).

doń opory pozorne na drodze od danego punktu do miejsca zwarcia.

Prąd zwarcia w pewnym punkcie układu wyraża się wzorem

$$I_z = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z} \quad (1)$$

w którym  $U$  jest napięcie przewodowe zasilające układ, a  $Z$  — wypadkowy opór pozorny na fazę, przez który pod działaniem napięcia  $U$  dopływa do punktu uszkodzenia prąd zwarcia  $I_z$ .

Jeśli do danego układu wchodzi urządzenia o różnych napięciach np. przy zastosowaniu transformatorów, to wszystkie opory pozorne należy sprowadzić do napięcia tego punktu, który w danym wypadku nas interesuje, przeliczając te opory w stosunku kwadratów napięć:

$$Z_1 : Z_2 = U_1^2 : U_2^2 \quad (2)$$

Obliczenie upraszcza się (odpada współczynnik  $\sqrt{3}$ ), jeżeli zamiast prądu zwarcia wprowadzimy moc zwarcia według zależności:

$$Z = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I_z} \cdot \frac{U}{U} = \frac{U^2}{P_z} \quad (3)$$

We wzorze tym wyrażamy  $U$  w kV,  $P_z$  w MVA,  $Z$  w omach na fazę.

Opór pozorny poszczególnych części układu otrzymuje się w następujący sposób.

Dla prądnic w wypadku zwarcia na zaciskach otrzymamy moc zwarcia mnożąc wartość początkową (skuteczną) symetrycznego prądu zwarcia przez napięcie robocze międzyprzewodowe oraz przez  $\sqrt{3}$ . Opór pozorny oblicza się według wzoru (3).

Dla prądnic nowoczesnych moc zwarcia  $P_z$  jest równa przeważnie 5-7 krotniej znamionowej mocy prądnicy. Do obliczeń dokładniejszych należy żądać danych od wytwórcy maszyny.



Dla transformatorów używamy następującego wzoru na opór pozorny (w omach na fazę)

$$Z = \frac{U^2 \cdot u_z}{100 \cdot P_n} = \frac{U^2}{\frac{100}{u_z} \cdot P_n} = \frac{U^2}{P_z} \quad (4)$$

gdzie  $U$  jest napięcie międzyprzewodowe w kV,  
 $P_n$  — moc znamionowa w MVA,  $u_z$  — napięcie zwarcia w %,  $P_z$  — moc zwarcia w MVA przy zwartych zaciskach wtórnych i znamionowym napięciu pierwotnym.

Dla dławików stosujemy wzór:

$$Z = \frac{U^2 \cdot u_z}{100 \cdot P_n} = \frac{U^2}{\frac{100}{u_z} \cdot P_n} = \frac{U^2}{P_z} \quad (5a)$$

gdzie  $U$  jest napięcie międzyprzewodowe w kV,  
 $P_n$  — znamionowa moc przepustowa dławika w MVA, jako iloczyn  $\sqrt{3} \cdot I_n \cdot U$   
 $u_z$  — spadek napięcia w cewce dławikowej w % napięcia znamionowego (inaczej napięcie zwarcia dławika).

Jeżeli dana jest moc własna dławika  $P_c$  to ponieważ

$$P_c = \frac{u_z}{100} \cdot P_n, \text{ otrzymujemy} \quad (5b)$$

$$P_z = P_n \cdot \frac{100}{u_z} = \frac{P_n^2}{P_c}$$

Pożądane jest wyrażać  $P_z$ ,  $P_n$  i  $P_c$  w jednakowych jednostkach (MVA).

Dla linii napowietrznych wartości oporu biernego  $X$  dla materiałów niemagnetycznych i przy 50 okr. na sek. można określić z nomogramu na rys. 1. Do obliczeń przyjmuje się zazwyczaj z wystarczającą dokładnością opór bierny 0,4  $\Omega$  km i fazę.

Dla kabli podziemnych opór bierny może być przyjęty według tabl. 1.

Tablica 1. Opór bierny kabli trójżyłowych izolowanych papierem i obołowionych oraz opór czynny żył miedzianych

Prze- krój mm <sup>2</sup>	Opór czynny ( $\Omega$ /km i fazę, 15°C)	Opór bierny ( $\Omega$ /km i fazę przy 50 okr./sek.)				
		1 kV	3 kV	6 kV	10 kV	20 kV
6	2,92	0,072	0,088			
10	1,75	0,063	0,072	0,09	0,107	
16	1,10	0,053	0,063	0,085	0,097	0,135
25	0,70	0,053	0,056	0,075	0,085	0,125
35	0,50	0,050	0,053	0,069	0,078	0,119
50	0,35	0,047	0,047	0,063	0,072	0,113
70	0,25	0,038	0,041	0,056	0,066	0,107
95	0,184	0,038	0,038	0,053	0,060	0,104
120	0,146	0,031	0,038	0,050	0,053	0,097
150	0,116	0,031	0,038	0,044	0,050	0,094
185	0,0945	0,031	0,038	0,044	0,047	
240	0,0730	0,031	0,036	0,041	0,044	
300	0,0583	0,030	0,033	0,038	0,041	

Dla prądnic, transformatorów, dławików i linii napowietrznych o dużym przekroju możemy na ogół przyjąć  $Z = X$ .

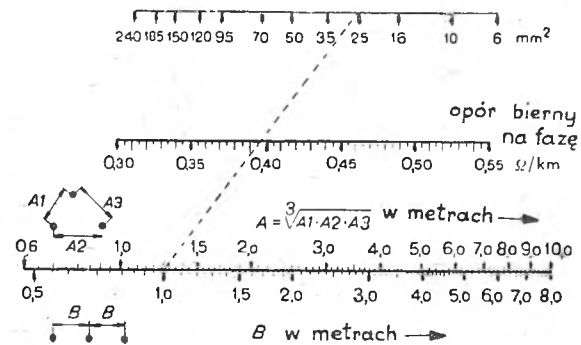
Natomiast dla napowietrznych linii długich o małym przekroju oraz dla linii kablowych opór czynny  $R$  jest często większy od oporu biernego  $X$  i musi być uwzględniony przy obliczaniu  $Z$ . Jeśli  $R < 0,5 X$ , to nie uwzględniając  $R$  popełniamy błąd nie większy od 11%.

Opory czynne i biernie występujące niekiedy w gałęziach równoległych muszą być dodawane geometrycznie.

Gdy moc zwarcia  $P_z$  jest znana, to odpowiedni prąd obliczamy ze wzoru

$$I_a = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (6)$$

jeżeli  $U$  jest napięcie międzyprzewodowe w miejscu zwarcia. Prąd  $I_a$  (w kA, jeżeli  $P_z$  w MVA, a  $U$  w kV) jest równy „wartości skutecznej początkowego prądu



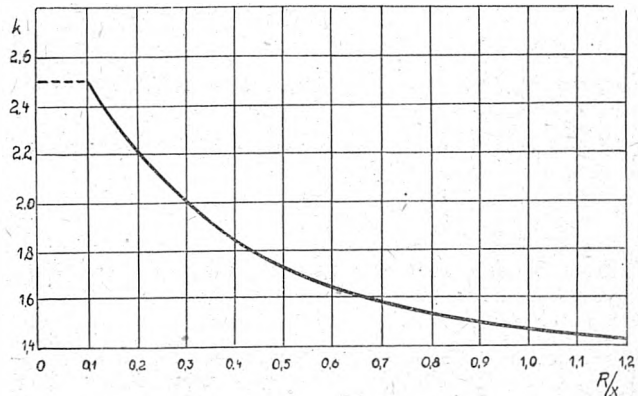
Rys. 1. Nomogram oporu biernego linii napowietrznej zwarcia. Znamionowa zdolność wyłącznika powinna być nie mniejsza od  $I'$ .

Początkowy prąd zwarcia asymetryczny (wartość szczytowa) obliczamy ze wzoru

$$I_s = k \cdot I_a \quad (7)$$

Dla zwarcia na zaciskach prądnic można przyjąć  $I_s = 2,5 I_a$ . Jeżeli obwód zwarcia zawiera również opór zewnętrzny, to współczynnik  $k$  zmniejsza się według rys. 2 w zależności od stosunku  $R/X$ . Dla wielkiej sieci można przyjąć  $R/X = 0,1$ , a więc  $k = 2,5$  według rys. 2.

W sieciach o niższych napięciach (do 500 V) współczynnik  $k$  nie przekracza wartości 2 ze względu na oddzia-



Rys. 2. Zależność prądu zwarcia od stosunku  $\frac{R}{X}$  w oporze zewnętrznym

lywanie nie dających się bliżej określić oporów, a więc można przyjąć  $I_s = 2 I_a$  jako wartość największą.

### 3. Metody uproszczone.

A. Przejście do równoważnego układu o napięciu znamionowym 10 kV

Wszystkie opory sieci przelicza się na napięcie sieci 10 kV. Przebieg obliczenia jest poza tym normalny.

Wzór (3) przybiera postać

$$Z = \frac{U^2}{P_z} = \frac{100}{P_z}$$

$Z$  otrzymuje się tu w omach na fazę, jeżeli  $P_z$  jest w MVA.

Podobnie wzór (4) dla transformatora i wzór (5a) dla dławika przybierają postać:

$$Z = \frac{U^2 \cdot u_z}{100 \cdot P_n} = \frac{u_z}{P_n} \quad (9) \text{ i } (10)$$

\*) Jeżeli zwarcie trwa  $t$  sekund, to „prąd zwarcia sprowadzony do 1 sekundy” otrzymuje się ze wzoru  $I = I' \sqrt{t}$

Opory czynne i bierne dla linii napowietrznych i kablowych znalezione z nomogramu na rys. 1 i z tabl. 1 przelicza się na napięcie 10 kV według następującego wzoru

$$Z_{10} = Z \cdot \left(\frac{10}{U}\right)^2 \quad (11)$$

Obliczywszy wypadkowy opór pozorny  $Z$  dochodzimy do mocy zwarcia

$$P_z = \frac{U^2}{Z} = \frac{100}{Z} \quad (12)$$

Według tej metody jest obliczony poniżej przykład 1. Zalety jej występują specjalnie dla układów niskiego napięcia, w których mamy do czynienia z wartościami oporów w formie liczb o wielu dziesiętnych znakach. Przeliczając te opory na napięcie 10 kV w stosunku  $\left(\frac{10}{U}\right)^2$ , co jest równoznaczne z powiększeniem wszystkich długości w tym stosunku, operujemy liczbami dogodnymi.

#### B. Częściowe moce zwarcia

Zamiast obliczać opory pozorne prądnic transformatorów, dławików i linii można obliczać odpowiednie częściowe moce zwarcia.

Dla dwóch oporów pozornych połączonych szeregowo stosujemy wzór

$$P_z = \frac{P_{z_1} \cdot P_{z_2}}{P_{z_1} + P_{z_2}} \quad (13)$$

Założeniem tej metody jest, że wszystkie opory są tylko czynne lub tylko bierne; w innym wypadku obliczenie byłoby bardziej skomplikowane. Jak wyżej wspomniano, w znacznej większości wypadków opory czynne mogą być pominięte.

Dla prądnic obliczamy  $P_z$  w sposób już podany.

Dla transformatorów stosujemy na podstawie (4) wzór

$$P_z = \frac{100}{u_z} \cdot P_n \quad (14)$$

w którym  $P_n$  jest moc znamionowa w MVA,  $u_z$  — napięcie zwarcia w %.

Dla dławików w stosujemy wzór 5 b, lub na podstawie (5 a) wzór następujący:

$$P_z = \frac{100}{u_z} \cdot P_n \quad (15)$$

w którym  $P_n$  jest moc przepustowa dławika ( $\sqrt{3} \cdot U I_n$ ) w MVA,  $u_z$  — indukcyjny spadek napięcia w % (inaczej procentowe napięcie zwarcia).

W przypadku linii napowietrznych i kablowych obliczenie łatwo może być niedokładne przy posługiwaniu się wzorami (3) i (13), gdyż opory czynne tych części układu mogą być znaczne. Z tego względu zaleca się stosować metodę częściowych mocy zwarcia tylko przed początkiem linii, a dalej korzystać z metody normalnej, jak podano w poniższym przykładzie 2.

#### Przykład 1

Sieć rozdzielcza o napięciu 3 kV jest zasilana z 2 prądnic o mocach 2 i 3 MVA oraz przez transformator o mocy 6 MVA ( $u_z = 8\%$ ) z sieci o mocy zwarcia 300 MVA.

Należy obliczyć:

a) moc zwarcia na szynach zbiorczych, na które pracują równolegle 2 transformatory o mocach 0,5 i 0,6 MVA ( $u_z = 5\%$ );

b) napięcie zwarcia dławika o mocy przepustowej 2 MVA, ograniczającego moc zwarcia w chronionej przezeń linii do 25 MVA.

Dla prądnic przyjmujemy  $P_z = 6 P_n$ , co daje poszczególne moce zwarcia 18 i 12 MVA i łączną moc 30 MVA.

Moc zwarcia za transformatorem o mocy 6 MVA obliczamy w sposób następujący.

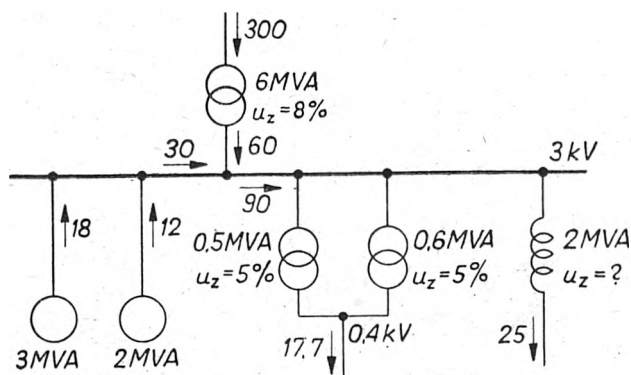
#### Metoda 1.

Przed transformatorem (wzór 8)  $X_{10} = \frac{100}{300} = 0,33 \Omega$

transformator (wzór 9)  $X_{10} = \frac{8}{6} = 1,33 \Omega$

razem 1,66  $\Omega$

za transformatorem (wzór 8)  $P_z = \frac{100}{1,66} = 60 \text{ MVA}$



Rys. 3. Schemat przykładu 1

#### Metoda 2.

Przed transformatorem  $P_z = 300 \text{ MVA}$

transformator (wzór 14)  $P_z = \frac{100}{8} \cdot 6 = 75 \text{ MVA}$

za transformatorem (wzór 13)  $P_z = \frac{300 \cdot 75}{300 + 75} = 60 \text{ MVA}$

Moc zwarcia na szynach zbiorczych wyniesie zatem

$$P_z = 30 + 60 = 90 \text{ MVA},$$

a odpowiednie wartości prądów zwarcia będą:

$$\text{wzór (6): } I_a = \frac{90}{\sqrt{3} \cdot 3} = 17,3 \text{ kA}$$

$$\text{wzór (7): } I_s = 2,5 \cdot 17,3 = 43 \text{ kA}.$$

Podobnie obliczamy dla dwu transformatorów o mocy 0,5 i 0,6 MVA pracujących równolegle:

#### Metoda 1.

Przed transformatorami  $X_{10} = \frac{100}{90} = 1,11 \Omega$

transformatory  $X_{10} = \frac{5}{1,1} = 4,54 \Omega$

razem 5,65  $\Omega$

za transformatorami  $P_z = \frac{100}{5,65} = 17,7 \text{ MVA}$

#### Metoda 2.

Przed transformatorami  $P_z = 90 \text{ MVA}$

transformatory  $P_z = \frac{100}{5} \cdot 1,1 = 22 \text{ MVA}$

za transformatorami  $P_z = \frac{90 \cdot 22}{90 + 22} = 17,7 \text{ MVA}$

Wartości prądów zwarcia wynoszą

$$I_a = \frac{17,7}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 25,5 \text{ kA}$$

oraz według wzoru (7 a)

$$I_s = 2 \cdot 25,5 = 51 \text{ kA}$$

Napięcie zwarcia dławika obliczamy według metody 1.

Pożądana wielkość mocy zwarcia za dławikiem

$$P_z = 25 \text{ MVA}, \text{ stąd } X_{10} = \frac{100}{25} = 4 \Omega.$$

Moc zwarcia przed dławikiem

$$P_z = 90 \text{ MVA}, \text{ stąd } X_{10} = \frac{100}{90} = 1,11 \Omega.$$

Różnica  $4 - 1,11 = 2,89 \Omega$  odpowiada oporowi indukcyjnemu dławika.

Zc wzoru (10)

$$u_z = Z \cdot P_n = 2,89 \cdot 2 = 5,78\%$$

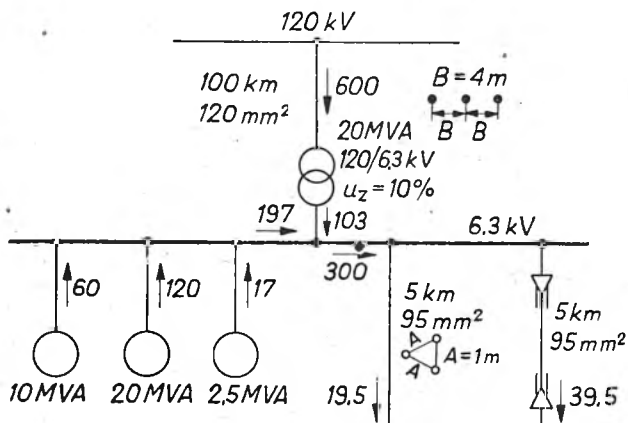
Moc własna dławika

$$P_c = u_z \cdot P_n = \frac{5,78}{100} \cdot 2000 = 116 \text{ kVA.}$$

#### Przykład 2

W przykładzie niniejszym uwzględnione będą linie o oporach czynnych dość dużych w stosunku do indukcyjnych.

Sieć rozdzielcza o napięciu 6,3 kV (rys 4) jest zasilana z 2 prądnic o mocach 10 i 20 MVA oraz z sieci 120 kV



Rys. 4. Schemat przykładu 2

przez transformator o mocy 20 MVA, 120/6,3 kV i  $u_z = 10\%$ . Silnik synchroniczny o mocy 2,5 MVA jest przyłączony do szyn zbiorczych.

Moc zwarcia na początku linii o napięciu 120 kV wynosi 600 MVA. Linia o długości 100 km posiada przewody miedziane o przekroju 120 mm<sup>2</sup> w układzie płaskim o odstępach międzyfazowym 4 m.

Z szyn zbiorczych o napięciu 6,3 kV odchodzą: a) linia napowietrzna długości 5 km o przewodach miedzianych z przekrojem 95 mm<sup>2</sup> w układzie trójkątnym przy odstępach międzyprzewodowym 1 m i b) linia kablowa o długości 5 km i przekroju 3x95 mm<sup>2</sup> Cu.

Należy obliczyć moce i prądy zwarcia w różnych punktach układu.

#### Maszyny synchroniczne

Przyjmujemy dla prądnic  $P_z = 6 P_n$ , a dla silnika synchronicznego  $P_z = 6,8 P_n$ . Stąd:

dla prądnicy 10 MVA	$P_z = 60$ MVA
dla prądnicy 20 MVA	$P_z = 120$ MVA
dla silnika 2,5 MVA	$P_z = 17$ MVA
razem $P_z = 197$ MVA	

#### Linia na 120 kV z transformatorem

Moc zwarcia można obliczyć dla każdego elementu oddzielnie i dodać według metody 2. Dla wypadku linii napowietrznej zasilającej transformator lepiej jest postępować w sposób następujący.

Moc zwarcia na początku linii  $P_k = 600$  MVA daje według wzoru (3)

$$X = \frac{120^2}{600} = 24 \Omega.$$

Z rys. 1 znajdujemy opór bierny linii (opór czynny pomijamy):

$$X = 0,43 \cdot 100 = 43 \Omega.$$

Opór bierny transformatora

$$X = \frac{120^2}{\frac{100}{10} \cdot 20} = 72 \Omega.$$

Całkowity opór bierny i odpowiadająca mu moc zwarcia wynoszą

$$X = 24 + 43 + 72 = 139 \Omega$$

$$P_z = \frac{120^2}{139} = 103 \text{ MVA.}$$

Obliczamy moc i prądy zwarcia na szynach zbiorczych:

$$P_z = 197 + 103 = 300 \text{ MVA}$$

$$I_a = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 27,5 \text{ kA}; I_s = 2,5 \cdot 27,5 = 69 \text{ kA}$$

Dla linii napowietrznej o napięciu 6,3 kV mamy:

$$\text{według wzoru (1)} \quad X = 0,34 \cdot 5 = 1,7 \Omega$$

$$\text{według tablicy 1} \quad R = 0,184 \cdot 5 = 0,92 \Omega$$

Wobec mocy zwarcia na szynach zbiorczych  $P_z = 300$  MVA

$$X = \frac{6,3^2}{300} = 0,132 \Omega.$$

Opory na końcu linii napowietrznej wynoszą:

$$X = 1,7 + 0,132 = 1,832 \Omega$$

$$Z = \sqrt{X^2 + R^2} = \sqrt{1,832^2 + 0,92^2} = 2,05 \Omega$$

Moc zwarcia:

$$P_z = \frac{6,3^2}{2,05} = 19,5 \text{ MVA}; I_a = \frac{19,5}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1,8 \text{ kA}$$

Przy obliczeniu szczytowego prądu zwarcia  $I_s$  należy wziąć pod uwagę, że

$$\frac{R}{X} = \frac{0,92}{1,832} = 0,5,$$

co daje z rys. 2 wartość współczynnika redukcji  $k = 1,7$ , a więc  $I_s = 1,7 \cdot 1,8 = 3,06$  kA.

Dla linii kablowej znajdujemy z tablicy 1:

$$X = 0,053 \cdot 5 = 0,265 \Omega \text{ i } R = 0,184 \cdot 5 = 0,92 \Omega$$

Na szynach zbiorczych mamy  $X = 0,132 \Omega$ , stąd na końcu linii kablowej

$$X = 0,132 + 0,265 = 0,397 \Omega; Z = \sqrt{0,397^2 + 0,92^2} = 1 \Omega$$

$$P_z = \frac{6,3^2}{1} = 39,5 \text{ MVA}; I_a = \frac{39,5}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 3,6 \text{ kA}$$

$$\frac{R}{X} = \frac{0,92}{0,397} = 2,3; k = 1,4; I_s = 1,4 \cdot 3,6 = 5 \text{ kA.}$$

Metody wyżej opisane są dość dokładne wówczas, gdy napięcia poszczególnych elementów układu odpowiadają przekładniom biegu luzem transformatorów. Ponieważ zazwyczaj ~~ten~~ nie bywa, metody te prowadzą do pewnych przybliżeń. Należy o tym pamiętać, gdy potrzebne są obliczenia bardzo dokładne.

### PRZYBLIŻONE OBLICZANIE MOCY ZWARCIA W SIECIACH WYSOKIEGO NAPIĘCIA

H Happoldt. Die Berechnung der Kurzschlussleistung in Hochspannungsnetzen. BBC Nachrichten (1943, t. 30, z. 1, str. 17-21)

Przepisy niemieckie „Regeln für Wechselstrom — Hochspannungsgeräte VDE 0670/XII. 40(\*\*)“ podają wytyczne do przybliżonego obliczania prądów zwarcia w sieciach trójfazowych. Prąd zwarcia oblicza się z wartości przyjętego w ruchu fazowego napięcia sieci, podwyższonego o 10%, i z wartości oporu jednej fazy obwodu zwartego.

Podana niżej na kilku przykładach bardziej przejrzysta i szybsza w użyciu metoda posiguje się procentowymi napięciami rozproszenia prądnic i transformatorów, obliczonymi w stosunku do napięcia znamionowego. Przyjęte założenia są następujące: a) napięcie znamionowe prądnic lub transformatorów  $U_n$  jest wyższe o 5% od napięcia  $U$  przyjętego jako normalne w ruchu sieci; b) nie uwzględnia się wartości oporu czynnego w obwodzie zwartym jako w większości przypadków bardzo małego w porównaniu z oporem biernym.

Podany w wyżej wymienionych przepisach wzór na składową zmienną udarowego prądu zwarcia

$$I_{zw} = \frac{1,1 U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X^2 + R^2}} \text{ przybiera postać } I_{zw} = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot X}$$

Tej wartości prądu odpowiada moc udarowego zmiennego prądu zwarcia:

$$P_{zw} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{zw} = \sqrt{3} \cdot \frac{U_n}{1,05} \cdot \frac{1,05 U_n}{\sqrt{3} \cdot X} = \frac{U_n^2}{X}$$

Żeby znaleźć moc zwarcia prądnicy, należy w ostatnim wzorze wziąć za  $X$  wartość biernego oporu rozpro-

(\*) Przepisy te przedrukowano bez zmian w 1947 r. (P'zyp. red.).

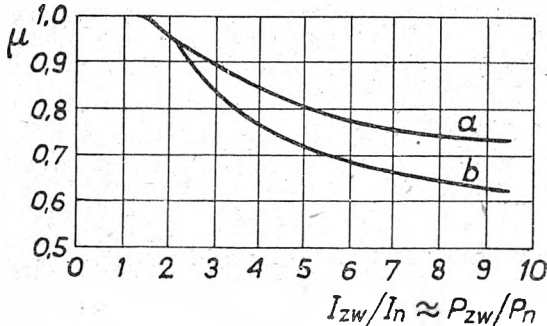
zenia prądnic  $X_r$ , który oblicza się z procentowego napięcia rozproszenia  $u_r$  i mocy znamionowej prądnic  $P_n$ :

$$X_r = \frac{u_r \cdot U_n}{100 \cdot \sqrt{3} I_n} = \frac{u_r U_n^2}{100 \cdot P_n}$$

W ten sposób dochodzimy do wzoru

$$P_{zw} = \frac{U_n^2}{X_r} = \frac{P_n}{u_r} \cdot 100.$$

Dla wielkich transformatorów opór czynny jest niewielki w stosunku do indukcyjnego, wobec czego



Rys. 1. Współczynnik redukcji  $\mu$  według przepisów VDE

w ostatnim wzorze możemy wziąć procentowe napięcie zwarcia  $u_{zw}$ , odczytane z tabliczki znamionowej, zamiast procentowego napięcia rozproszenia:

$$P_{zw} = \frac{P_n}{u_{zw}} \cdot 100.$$

Obliczając prąd zwarcia według wzoru  $I_{zw} = \frac{P_{zw}}{\sqrt{3} U}$  otrzymujemy wynik odpowiadający metodzie obliczania według przepisów VDE.

Największą możliwą wartość udarowego prądu zwarcia oblicza się według następującego wzoru (3) z przepisów VDE 0670:

$$I_u = x \sqrt{2} I_{zw}.$$

Ponieważ  $R$  bywa małe w stosunku do  $X$ , można w zasadzie przyjąć  $x = 1,8$ , a więc  $I_u = 2,55 I_{zw}$ .

Wartość prądu wyłączeniowego jest równa w myśl wzoru (4) wymienionych przepisów:

$$I_a = \mu I_{zw},$$

przy czym wartość współczynnika redukcji  $\mu$  podają wykresy na rys. 1 w zależności od stosunku

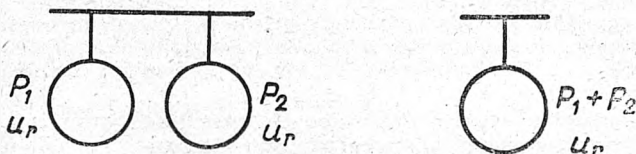
$$\frac{I_{zw}}{I_n} \approx \frac{P_{zw}}{P_n}.$$

Ze względu na bardzo szybkie działanie współczesnych wyłączników powietrznych zaleca się określanie dla nich współczynnika  $\mu$  z krzywej, która odpowiada najmniej- szej zwłoce wyłączenia 0,1 sek. W przybliżeniu można moc odłączalną  $P_a = \sqrt{3} \cdot U I_a$  określać ze stosunku  $P_{zw}/P_n$ .

Obliczanie prądów zwarcia jest proste, jeżeli przestrze- gać podanych niżej prawideł.

1. Układ równoległy

Przy pracy równoległej kilku prądnic (lub transfor- matorów) o różnych mocach, lecz jednakowym napięciu roz-



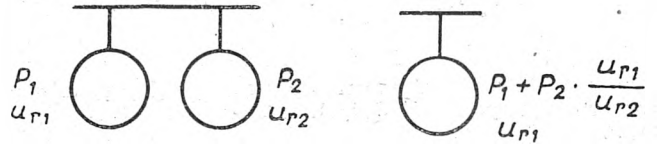
Rys. 2. Prądnicą zastępczą dla równoległego układu dwóch prądnic o jednakowym napięciu rozproszenia

proszenia (rys. 2) oblicza się moc zwarcia (np. dla dwóch prądnic) ze wzoru

$$P_{zw} = \frac{(P_1 + P_2) 100}{u_r}.$$

Dla prądnic o różnej mocy i różnym napięciu rozpro- szenia (rys. 3) przelicza się moc np. drugiej z nich na napięcie rozproszenia pierwszej  $u_{r1}$ :

$$P_{zw} = \frac{(P_1 + P_2 \frac{u_{r1}}{u_{r2}}) 100}{u_{r1}}.$$



Rys. 3. Prądnicą zastępczą dla równoległego układu dwóch prądnic o różnym napięciu rozproszenia

2. Układ szeregowy

Dla prądnic pracujących w szereg z transformatorem o takiej samej mocy  $P$  (rys. 4) moc zwarcia wynosi

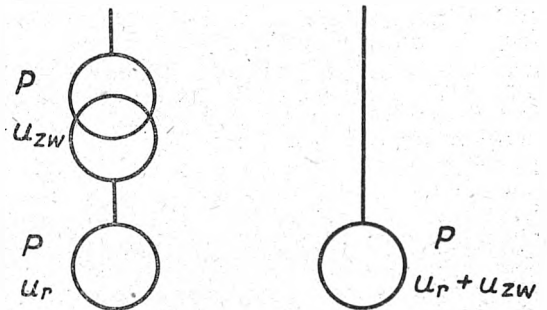
$$P_{zw} = \frac{P}{u_r + u_{zw}} \cdot 100.$$

Dla układu wskazanego na rys. 5 (różne moce i różne napięcia rozproszenia) należy napięcie rozproszenia (= na- pięcie zwarcia) transformatora przeliczyć na moc prądnic ( $u_z \cdot \frac{P_1}{P_2}$ ). Wypadkowa moc zwarcia będzie:

$$P_{zw} = \frac{P_1}{u_r + u_{zw} \cdot \frac{P_1}{P_2}}.$$

Linie o oporze indukcyjnym  $X$  zastępuje się przez pra- dnicę dostarczającą takiej mocy zwarciorowej  $P_{zw}$ , jaką otrzymuje się przy włączeniu oporu na napięcie  $U_n$ .

Napięcie rozproszenia  $u_r$  prądnicą zastępczej o mocy



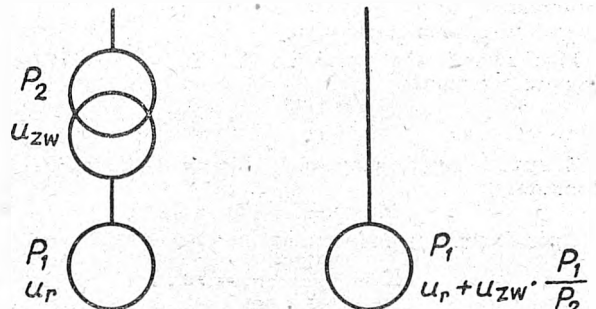
Rys. 4. Prądnicą zastępczą dla układu szeregowego pra- dnic i transformatora o jednakowej mocy

$P_n$  (odpowiadającej mocy generatora lub transformatora, do którego linia jest przyłączona) oblicza się w sposób na- stępujący: ponieważ

$$P_{zw} = \frac{U_n^2}{X},$$

gdzie  $U_n$  jest napięcie o 5% wyższe od napięcia ruchu w linii, więc

$$u_r = \frac{P_n}{P_{zw}} \cdot 100 = \frac{P_n \cdot 100 \cdot X}{U_n^2}.$$



Rys. 5. Prądnicą zastępczą dla układu szeregowego pra- dnic i transformatora o różnych mocach

W podobny sposób zastępuje się dla  $w$  i  $k$  przez prądnicę zastępczą. Dla dławików podaje się zazwyczaj prąd zna- mionowy  $I$  oraz napięcie rozproszenia  $u_r$  w procentach

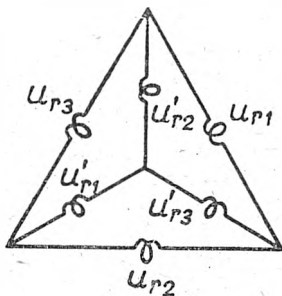
napięcia ruchu w sieci  $U$ . Wartość oporu indukcyjnego dławika  $X$  oblicza się ze wzoru

$$X = \frac{u_r U}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I} = \frac{u_r U^2}{100 \cdot P}$$

$$P_{zw} = \frac{U_n^2}{X} = \frac{U_n^2 \cdot 100 \cdot P}{u_r U^2} = \frac{P \cdot 100}{u_r'} \quad \text{przym } u_r' = u_r \frac{U^2}{U_n^2}$$

Jeśli dławik jest połączony w szereg z prądnicą lub transformatorem, to jego skorygowane procentowe napięcie rozproszenia  $u_r'$  przelicza się na moc tejże prądnicy (lub transformatora).

3. Przekształcenie układu trójkąowego w układ gwiazdowy (rys. 6)



Rys. 6. Przekształcenie układu trójkąowego w układ gwiazdowy

Wszystkie napięcia rozproszenia układu trójkąowego  $u_r$  przelicza się na jednakową moc. Napięcia rozproszenia dla ramion równoważnej gwiazdy oblicza się ze wzorów:

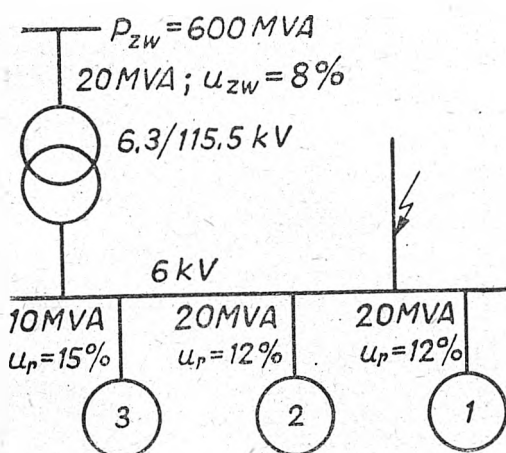
$$u_{r1}' = \frac{u_{r2} \cdot u_{r3}}{u_{r1} + u_{r2} + u_{r3}}; \quad u_{r2}' = \frac{u_{r1} \cdot u_{r3}}{u_{r1} + u_{r2} + u_{r3}};$$

$$u_{r3}' = \frac{u_{r1} \cdot u_{r2}}{u_{r1} + u_{r2} + u_{r3}}$$

Jeżeli w obliczeniach korzystamy z procentowego napięcia rozproszenia, to przeliczanie oporów biernych na inne napięcie jest zbyt trudne. Jeżeli napięcia znamionowe prądnicy i włączonego w szereg z nią transformatora nie są zgodne, to dla dokładności można napięcie rozproszenia transformatora przeliczyć w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do kwadratów napięć, w praktyce jednak tego zazwyczaj nie robi się.

Przykład I

Dla siłowni o układzie podanym na rys. 7 należy obliczyć moc zwarcia na szynach 6 kV.



Rys. 7. Schemat siłowni

Ponieważ napięcie rozproszenia prądnicy o mocy 10 MVA (15%) różni się od napięcia dwu innych równolegle pracujących prądnic (12%), przeliczamy powyższą moc na napięcie rozproszenia 12%:  $10 \cdot \frac{1}{1.25} = 8$  MVA. Orzynamy:

	Moc	Napięcie rozproszenia
Prądnica 1	20 MVA	12%
Prądnica 2	20 MVA	12%
Prądnica 3 (10 MVA przy 15%)	8 MVA	12%
Razem	48 MVA	12%

Stąd moc zwarcia:  $P_{zw} = \frac{48 \cdot 100}{12} = 400$  MVA.

Dla stosunku mocy zwarcia do rzeczywistej łącznej mocy prądnicy

$$\frac{P_{zw}}{P_n} = \frac{400}{20 + 20 + 10} = 8$$

znajdujemy z rys 1 wartość współczynnika redukcji  $\mu = 0,75$ , co daje wartość mocy wyłączanej  $P_a = 0,75 \cdot 400 = 300$  MVA.

Wpływ mocy zwarcia 600 MVA z obcej sieci uwzględniamy przez zastąpienie tej sieci prądnicą o mocy tej samej, co moc transformatora pracującego w siłowni na tę sieć (20 MVA). Napięcie rozproszenia prądnicy zastępczej będzie:

$$u_r = \frac{100 P_r}{P_{zw}} = \frac{100 \cdot 20}{600} = 3,33\%$$

Moc zwarcia prądnicy zastępczej włączonej w szereg z transformatorem będzie:

$$P_{zw} = \frac{100 P_n}{u_r + u_{zw}} = \frac{20 \cdot 100}{3,33 + 8} = 177$$
 MVA.

Całkowita moc zwarcia udarowego  $P_{zw} = 400 + 177 = 577$  MVA. Składowa zmienna udarowego prądu zwarcia:

$$I_{zw} = \frac{577}{\sqrt{3} \cdot 6} = 55,5$$
 kA.

Udarowy prąd zwarcia  $I_u = 2,55 \cdot 55,5 = 142$  kA. Całkowita moc wyłączana  $P_a = 300 + 177 = 477$  MVA.

Alternatywa do przykładu 1.

Jeśli transformator o mocy 20 MVA jest przyłączony do sieci o napięciu 110 kV za pośrednictwem linii napowietrznej długości 20 km o oporze indukcyjnym 0,4  $\Omega$ /km, to napięcie rozproszenia prądnicy zastępczej wynosi

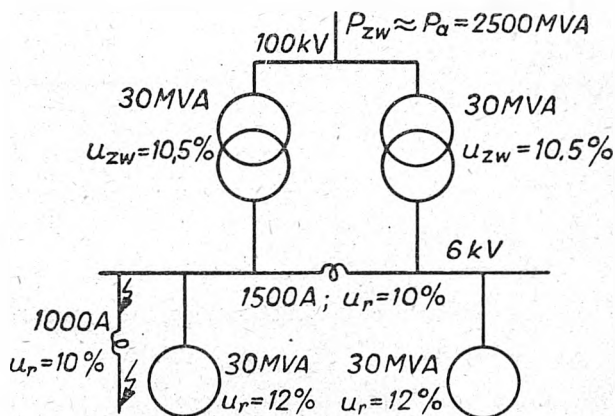
$$u_r = \frac{P_n \cdot 100 \cdot X}{U_n^2} = \frac{20 \cdot 100 \cdot (20 \cdot 0,4)}{(110 \cdot 1,05)^2} = 1,2\%$$

Moc zwarcia pochodząca z obcej sieci zostaje zmniejszona przez opór indukcyjny linii do

$$P_{zw} = \frac{20 \cdot 100}{3,33 + 1,2 + 8} = 160$$
 MVA.

Przykład 2

Obliczyć moc zwarcia dla układu według rys 8. Napięcie rozproszenia prądnicy zastępczej (o wybranej



Rys. 8. Schemat siłowni

przez nas mocy 30 MVA) dla sieci, dostarczającej mocy zwarcia 2500 MVA, wynosi  $\frac{100 \cdot 30}{2500} = 1,2\%$ .

Dla dławika przeciwzwarcia (w szynach o napięciu 6 kV) na prąd znamionowy 1500 A i napięcie rozproszenia 10% znajdujemy moc i napięcie rozproszenia prądnicy zastępczej:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 1,5 = 15,6$$
 MVA;  $u_r' = \frac{u_r}{1,05^2} = 9,07\%$ .

Żeby zastąpić trójkąt, złożony z dwu transformatorów po 30 MVA i dławika, gwiazdą, musimy jeszcze tę prądnicę

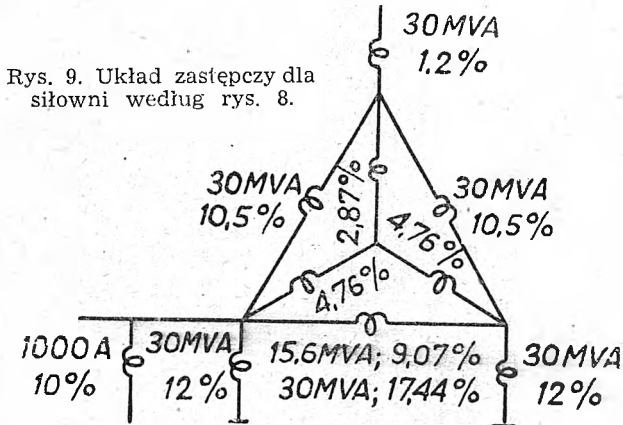
cę zastępczą przeliczyć na moc 30 MVA. Jej napięcie rozproszenia będzie  $9,07 \cdot \frac{30}{15,6} = 17,44\%$ .

Dla układu trójkątnego złożonego z 2 transformatorów i dławika (rys. 9) znajdujemy napięcie rozproszenia równoważnego układu gwiazdowego:

$$u'_{r1} = \frac{10,5 \cdot 17,44}{10,5 + 10,5 + 17,44} = 4,76\%; \quad u'_{r2} = \frac{10,5 \cdot 10,5}{38,44} = 2,87\%;$$

$$u'_{r3} = \frac{10,5 \cdot 17,44}{38,44} = 4,76\%.$$

Prądnica zastępcza dla obcej sieci o mocy 30 MVA i napięciu rozproszenia 1,2% daje w szereg z mocą 30 MVA

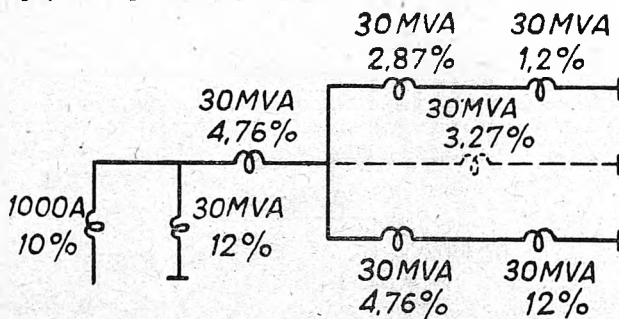


Rys. 9. Układ zastępczy dla siłowni według rys. 8.

przy napięciu rozproszenia 2,87% prądnicą zastępczą o mocy 30 MVA i napięciu rozproszenia 4,07%.

Podobnie dwie w szereg włączone prądnice zastępcze po 30 MVA z napięciami rozproszenia 12% i 4,76% sprowadzamy do prądnicy zastępczej o mocy 30 MVA i napięciu rozproszenia 16,76%.

Zastępując dwie równoległe gałęzie w schemacie uproszczonym według rys. 10 jedną, otrzymujemy wypadkowe napięcie rozproszenia



Rys. 10. Uproszczony schemat zastępczy dla siłowni według rys. 8.

$$u_r \text{ wyp.} = \frac{u_{r1} \cdot u_{r2}}{u_{r1} + u_{r2}} = \frac{4,07 \cdot 16,76}{4,07 + 16,76} = 3,27\%.$$

Dwie w szereg włączone prądnice zastępcze dają wreszcie

$$P_{zw} = \frac{30 \cdot 100}{4,76 + 3,27} = 374 \text{ MVA.}$$

Moc zwarciova dostarczana przez rzeczywistą prądnicę

$$P_{zw} = \frac{30 \cdot 100}{12} = 250 \text{ MVA,}$$

całkowita moc zwarcia będzie  $P_{zw} = 374 + 250 = 624 \text{ MVA}$ .

Składowa zmienna udarowego prądu zwarcia:

$$I_{zw} = \frac{624}{\sqrt{3} \cdot 6} = 60 \text{ kA.}$$

Największa wartość udarowego prądu zwarcia:

$$I_u = 1,8 \cdot \sqrt{2} I_{zw} = 2,55 \cdot 60 = 153 \text{ kA.}$$

Dla obliczenia mocy wyłączanej obliczamy udziały poszczególnych prądnic oraz sieci obcej. Dla układu z dwu gałęzi równoległych według rys. 10 wyznaczamy:

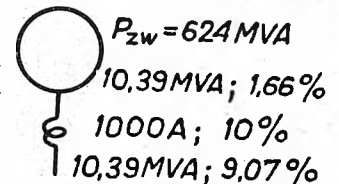
$$\text{udział prądnicy} = \frac{374 \cdot (2,87 + 1,2)}{(2,87 + 1,2) + (4,76 + 12)} = 73 \text{ MVA,}$$

$$\text{udział sieci obcej} = \frac{374 \cdot (4,76 + 12)}{(12,87 + 12) + (4,76 + 12)} = 301 \text{ MVA.}$$

Z powyższego wyniku następujące zestawienie:

Źródło mocy zwarciovej	$P_{zw}$ (MVA)	$\frac{P_{zw}}{P_n}$	$\mu$	$P_a$ (MVA)
Prądnica o mocy 30 MVA połączona szeregowo z oporami indukcyjnymi układu gwiazdowego	73	$\frac{73}{30} = 2,43$	0,95	69,5
Sieć 100-kilowoltowa	301	—	—	301
Prądnica o mocy 30 MVA	250	$\frac{250}{30} = 8,33$	0,75	187,5
Całkowita moc wyłączana				558

Dla zmniejszenia mocy zwarcia w linii odchodzącej z szyn 6-kilowoltowych zastosowano dławik na 1000 A (a więc o mocy przepustowej  $\sqrt{3} \cdot 1,6 = 10,39 \text{ MVA}$ ) i o napięciu rozproszenia 10%. Do obliczenia mocy zwarcia za dławikiem zastępujemy prądnice elektrowni i obcą sieć o łącznej mocy zwarcia 624 MVA prądnicą (rys. 11)



Rys. 11. Schemat zastępczy do obliczania mocy zwarciovej w linii odchodzącej wyposażonej w dławik

o mocy 10,39 MVA, a więc o procentowym napięciu rozproszenia  $u_r = \frac{10,39}{624} \cdot 100 = 1,66\%$ .

Prądnica zastępcza o mocy 10,39 MVA dla całego układu posiada (jeżeli uwzględnić 5-procentową różnicę napięcia) napięcie rozproszenia

$$u_r = 1,66 + \frac{10}{1,05^2} = 1,66 + 9,07 = 10,73\%.$$

Moc zwarciova na odpywie przy zastosowaniu dławika wynosi (zarazem jest to moc wyłączana wobec dużego oporu indukcyjnego dławika):

$$P_{zw} = P_a = \frac{100 \cdot 10,39}{10,73} = 97 \text{ MVA.}$$

Składowa zmienna udarowego prądu zwarcia

$$I_{zw} = \frac{97}{\sqrt{3} \cdot 6} = 9,3 \text{ kA.}$$

Udarowy prąd zwarcia  $I_u = 2,55 \cdot 9,3 = 23,8 \text{ kA}$ .

Powyższe przykłady wykazują prostotę obliczeń przy zastosowaniu podanej metody. W. P.

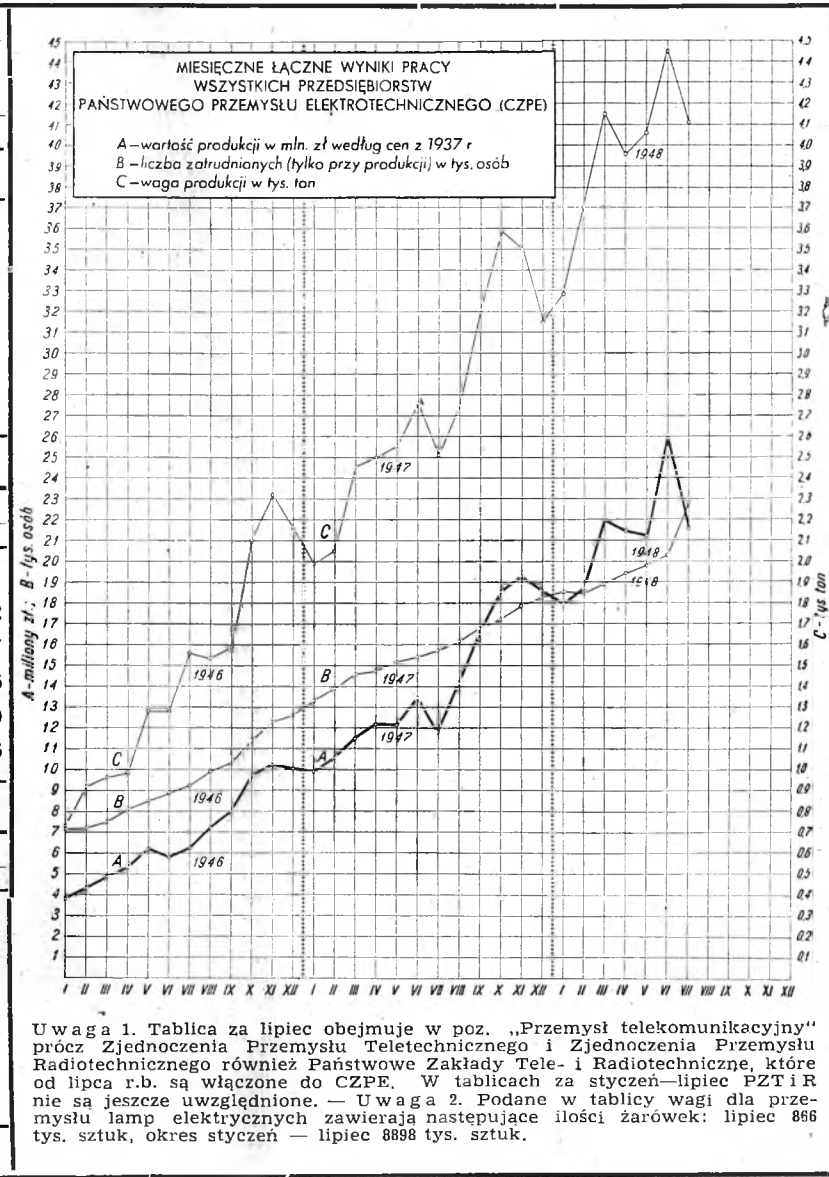
## Wydawnictwa nadesłane

**HORYZONTY TECHNIKI**, miesięcznik poświęcony popularyzacji techniki i wynalazczości, Rok I, 1948, nr 1, wrzesień. Format A 4, 48 stron. Cena miesięcznika 75 zł, prenumerata kwartalna 200 zł. Wydawca: NOT, Warszawa, ul. Czackiego 3/5. Redaktor inż. R. Sosiński. Treść: Od Redakcji. — Ursus 45. — Stan. Wolski: L-3 już produkuje. — K. Chorzewski: RWD. — J. Bohdancwicz: Taśmowa produkcja cyfr. — A. Sorej: Od węgla do światła elektrycznego. — Co należy wiedzieć o elektronice. — Niezwykłe szkło bez piasku. — A. Towpik: O patento-

waniu wynalazków. — Technika na szerokim świecie. — Spór człowieka z maszyną. — NOT. — Bibliografia. — Skrzynka pocztowa. — Konkurs rysunkowy. — Z przedmowy: Pismo ma zbliżyć społeczeństwo do zagadnień technicznych, ułatwić ich zrozumienie, udostępnić je i upowszechnić. Dążeniem redakcji jest, aby pismo było czytane przez szeroki ogół, przez robotników, uczniów przygotowujących się do praktycznego zawodu, przez młodzież w „Służbie Polsce”, przez pracowników przemysłu.

CENTRALNY ZARZĄD PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO  
**STATYSTYKA PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO**  
 Lipiec 1948 r. i porównanie pierwszych 7 miesięcy 1947 i 1948 r.

Przemysł	Liczba zakładów prod.	Liczba zatrudnionych						Produkcja		
		przy produkcji			przy odbud. i inwest. i inż. nieproduk.	uczniów	ogółem	waga w t	wartość produkcji w tys. zł wg cen	
		fi-zyczn.	umysł.	razem					1937 r.	1948 r.
<b>Lipiec</b>										
Maszyn elektrycznych	14	3 894	895	4 789	1 548	742	7 079	531,7	4 144	216 304
Aparatów elektrycznych	15	4 817	1 315	6 132	641	347	7 120	421,1	3 956	255 211
Kabli i przewodów	6	3 714	698	4 412	456	139	5 007	2 309,8	7 729	454 442
Akumulatorów i ogniw	8	1 193	236	1 429	133	29	1 591	756,0	2 039	112 229
Lamp elektrycznych	4	1 202	289	1 491	261	3	1 755	31,0	1 849	55 987
Telekomunikacyjny	11	3 241	1 280	4 521	361	254	5 136	56,9	1 843	108 990
<b>Razem</b>	<b>58</b>	<b>18 061</b>	<b>4 713</b>	<b>22 774</b>	<b>3 400</b>	<b>1 514</b>	<b>27 688</b>	<b>4 106,5</b>	<b>21 560</b>	<b>1 248 163</b>
<b>Okres styczeń — lipiec 1948 r.</b>										
	średnia miesięczna liczba						suma za 7 miesięcy			
Maszyn elektrycznych	14	3 548	826	4 374	1 254	750	6 378	3 251,2	24 245	1 515 071
Aparatów elektrycznych	15	4 342	1 225	5 567	629	378	6 574	2 511,7	22 949	1 427 702
Kabli i przewodów	6	3 576	674	4 250	408	137	4 795	15 410,6	52 500	2 629 457
Akumulatorów i ogniw	8	1 220	243	1 463	143	29	1 635	5 443,8	14 537	706 486
Lamp elektrycznych	3	1 026	214	1 240	164	—	1 404	283,5	16 997	502 870
Telekomunikacyjny	12	1 911	657	2 568	338	105	3 011	809,4	16 928	946 696
<b>Razem</b>	<b>58</b>	<b>15 623</b>	<b>3 839</b>	<b>19 462</b>	<b>2 936</b>	<b>1 399</b>	<b>23 797</b>	<b>27 710,2</b>	<b>148 156</b>	<b>7 728 282</b>
<b>Procentowy wzrost w okresie styczeń-lipiec 1948 r. w stosunku do okresu styczeń-lipiec 1947 r.</b>										
	średniej miesięcznej liczby						sumy za 7 miesięcy			
Maszyn elektrycznych	-13%	33%	4%	27%	244%	19%	43%	88%	83%	88%
Aparatów elektrycznych	-7,,	52,,	27,,	46,,	52,,	-2,,	42,,	97,,	89,,	130,,
Kabli i przewodów	-15,,	30,,	14,,	27,,	7,,	-14,,	25,,	43,,	55,,	101,,
Akumulatorów i ogniw	-34,,	-2,,	-17,,	-6,,	142,,	61,,	2,,	104,,	75,,	140,,
Lamp elektrycznych	50,,	49,,	84,,	54,,	1071,,	—	71,,	115,,	132,,	189,,
Telekomunikacyjny	-8,,	59,,	13,,	44,,	69,,	29,,	46,,	181,,	149,,	218,,
<b>Razem</b>	<b>-14%</b>	<b>23%</b>	<b>18%</b>	<b>34%</b>	<b>104%</b>	<b>15%</b>	<b>39%</b>	<b>64%</b>	<b>82%</b>	<b>123%</b>



# Ustrój prawny energetyki polskiej

## I. Ustawa o planowej gospodarce energetycznej

Ustawa z dnia 4 lipca 1947 r.  
o planowej gospodarce energetycznej \*)

**Art. 1.** Ze względu na zadania planowej gospodarki energetycznej, a w szczególności elektrycznej, Minister Przemysłu i Handlu po porozumieniu się z Prezesem Centralnego Urzędu Planowania w drodze rozporządzenia dokonuje podziału Państwa na okręgi energetyczne.

**Art. 2. 1.** Dla wykonania zadań planowej gospodarki energetycznej w okręgach energetycznych Minister Przemysłu i Handlu w porozumieniu z Ministrem Skarbu oraz Prezesem Centralnego Urzędu Planowania utworzy w drodze zarządzeń zjednoczenia energetyczne posiadające osobowość prawną, jako przedsiębiorstwa państwowe. Koordynowanie działalności zjednoczeń energetycznych, nadzorowanie ich i kontrolowanie należy do Centralnego Zarządu Energetyki, utworzonego w trybie przewidzianym w ust. 1 i posiadającego jako przedsiębiorstwo państwowe osobowość prawną.

2. Do zjednoczeń energetycznych i Centralnego Zarządu Energetyki stosuje się odpowiednio przepisy dekretu z dnia 3 stycznia 1947 r. o utworzeniu przedsiębiorstw państwowych (Dz. U. R. P. Nr 8, poz. 42), o ile ustawa niniejsza nie stanowi inaczej.

**Art. 3.** Centralnemu Zarządowi Energetyki lub zjednoczeniom energetycznym może być poruczone w drodze rozporządzenia Ministrów Administracji Publicznej i Ziem Odzyskanych, wydanego w porozumieniu z Ministrem Przemysłu i Handlu, wykonywanie czynności urzędowych, przewidzianych w art. 5 zdanie 2, art. 8, 16 i 17 ustawy elektrycznej z dnia 21 marca 1922 r. (Dz. U. R. P. z 1935 r. Nr 17, poz. 98), dla których właściwe są władze administracji ogólnej.

**Art. 4. 1.** Minister Przemysłu i Handlu sprawuje naczelną władzę nadzorczą nad Centralnym Zarządem Energetyki i zjednoczeniami energetycznymi.

2. W sprawach dotyczących interesów związków samorządowych Minister Przemysłu i Handlu działa w porozumieniu z Ministrami: Administracji Publicznej i Ziem Odzyskanych.

3. Na czele Centralnego Zarządu Energetyki i zjednoczeń energetycznych stoją dyrektorzy, których mianuje i zwalnia Minister Przemysłu i Handlu.

4. W kolegialnych organach doradczych i kontrolnych zjednoczeń energetycznych będą reprezentowane zainteresowane związki samorządowe.

5. Statuty Centralnego Zarządu Energetyki i zjednoczeń energetycznych nadane przez Ministra Przemysłu i Handlu w porozumieniu z Ministrami: Skarbu, Administracji Publicznej oraz Ziem Odzyskanych i Prezesem Centralnego Urzędu Planowania nie później niż w 6 miesięcy od wydania odpowiednich zarządzeń, określonych w art. 2, ustala szczegółowo organy, ich skład, sposób powoływania, szczegółowy zakres ich czynności oraz uprawnienia władzy nadzorczej.

**Art. 5. 1.** Zjednoczenia energetyczne prowadzą gospodarkę elektryczną na zasadach, określonych w art. 6—11 ustawy niniejszej.

2. Zjednoczenia energetyczne wykonują nadzór techniczny nad gazowniami. Zakres i sposób wykonywania tego nadzoru unormuje rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu w porozumieniu z innymi zainteresowanymi ministrami.

**Art. 6. 1.** Do zjednoczenia energetycznego wchodzi przymusowo wszystkie zakłady elektryczne, położone na terenie danego okręgu energetycznego bez względu na to, czyją własność stanowią, z wyjątkiem zakładów, nie zbywających zawodowo energii elektrycznej, i zakładów, nie związanych z państwową lub okręgową siecią elektryczną.

2. Zakłady elektryczne, zawodowo zbywające energię, obowiązane są na żądanie zjednoczenia energetycznego przyłączyć się do państwowej lub okręgowej sieci elektrycznej.

3. Zakłady elektryczne, nie zbywające zawodowo energii elektrycznej, mogą być włączone do zjednoczenia ener-

tycznego w drodze zarządzeń Ministra Przemysłu i Handlu, wydanych w porozumieniu z ministrem właściwym ze względu na rodzaj zakładu elektrycznego i na warunkach, ustalonych w tych zarządzeniach.

4. Zakłady elektryczne, nie wchodzące do zjednoczenia energetycznego, podlegać będą nadzorowi technicznemu, gospodarczemu i taryfowemu terytorialnie właściwego zjednoczenia energetycznego. Zakres i sposób wykonywania tego nadzoru unormuje rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu, wydane w porozumieniu z innymi zainteresowanymi ministrami.

**Art. 7. 1.** Zjednoczenie energetyczne z mocy samego prawa zarządza wszystkimi zakładami elektrycznymi, wchodzącymi w jego skład, i eksploatuje te zakłady na własny rachunek. Na wniosek właściwej rady narodowej Minister Przemysłu i Handlu w porozumieniu z Ministrem Administracji Publicznej lub Ministrem Ziem Odzyskanych w uzasadnionych przypadkach będzie przekazywać związkowi samorządowemu na określonych warunkach rozdzielanie energii elektrycznej.

2. Wszystkie umowy, na mocy których zakład elektryczny był w użytkowaniu osób trzecich, ulegają rozwiązaniu z samego prawa od daty przejęcia zakładu elektrycznego przez zjednoczenie energetyczne.

3. Sposób i tryb przejmowania, zakres uprawnień zjednoczenia energetycznego przy wykonywaniu zarządu i eksploatacji, jak również sposób uregulowania wzajemnych roszczeń pomiędzy właścicielami a dotychczasowymi użytkownikami zakładów elektrycznych z tytułu umów przedterminowo rozwiązanych w myśl ust. 2 ustali rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu, wydane w porozumieniu z Ministrami: Skarbu, Administracji Publicznej i Ziem Odzyskanych.

**Art. 8. 1.** Zjednoczenie energetyczne wchodzi we wszystkie prawa przejętego w zarząd i eksploatację zakładu elektrycznego i przejmuje związane z dotychczasową eksploatacją zobowiązania o charakterze publiczno-prawnym, zobowiązania na rzecz osób prawnych prawa publicznego, wszelkie zobowiązania w przedmiocie dostawy energii elektrycznej oraz zobowiązania mające swe źródło w stosunku pracy.

2. Sposób spłaty przez właścicieli zakładów elektrycznych zobowiązań, związanych z ich dotychczasową eksploatacją, które w myśl ust. 1 nie będą przejęte przez zjednoczenia energetyczne, ustali rozporządzenie Ministrów: Administracji Publicznej i Ziem Odzyskanych, wydane w porozumieniu z Ministrem Skarbu.

**Art. 9.** Zjednoczenie energetyczne płaci samorządom, spółdzielniom i związkom spółdzielni, jako właścicielom zakładów elektrycznych, przejętych w zarząd i eksploatację w myśl art. 6, odpowiednią opłatę, której wysokość określają corocznie Ministrowie: Przemysłu i Handlu, Administracji Publicznej i Ziem Odzyskanych po porozumieniu się z Ministrem Skarbu i Prezesem Centralnego Urzędu Planowania przy uwzględnieniu wysokości obrotu, wartości zakładu i kapitałów inwestowanych, jak również przy wzięciu pod uwagę dotychczasowych dochodów osiągniętych przez właściciela. Wysokość opłaty dla każdego związku samorządowego będzie ustalona oddzielnie i po wysłuchaniu zainteresowanej rady narodowej.

**Art. 10.** Wszelkie spory, mogące powstać z tytułu wykonywanego zarządu i eksploatacji pomiędzy zjednoczeniami energetycznymi a właścicielami lub dotychczasowymi użytkownikami zakładów elektrycznych, podlegają rozpatrzeniu przez komisje rozjemcze, których sposób powoływania i tryb postępowania ustali rozporządzenie Ministrów: Przemysłu i Handlu, Administracji Publicznej oraz Ziem Odzyskanych, wydane w porozumieniu z Ministrem Sprawiedliwości. Komisje te rozstrzygać będą również spory z tytułu dotychczasowej eksploatacji elektrowni samorządowych przez zjednoczenia energetyczne.

**Art. 11.** Cenę sprzedażną energii elektrycznej, jak również wysokość opłat, ponoszonych przez odbiorców na rzecz zakładów elektrycznych, bez względu na to, w czym zarządzie i eksploatacji się znajdują, ustala Minister Prze-

\*) Dz. U. R. P. z 1947 r., nr 52, poz. 271.



mysłu i Handlu w porozumieniu z Ministrami: Administracji Publicznej i Ziem Odzyskanych oraz Prezesem Centralnego Urzędu Planowania, a w stosunku do gospodarstw wiejskich — w porozumieniu z Ministrem Rolnictwa i Reform Rolnych.

**Art. 12.** Do czasu utworzenia zjednoczeń energetycznych w trybie i na zasadach niniejszej ustawy uprawnienia i obowiązki zjednoczeń energetycznych, wynikające z przepisów niniejszej ustawy, dotyczą zjednoczeń energetycznych, utworzonych zarządzeniami Ministra Przemysłu przed wejściem w życie niniejszej ustawy.

**Art. 13.** Postanowienia koncesji i umów koncesyjnych, uprawnień rządowych i zezwoleń, niezgodne z przepisami niniejszej ustawy lub rozporządzeń i zarządzeń na jej podstawie wydanych, uchyla się bez prawa stron do jakichkolwiek roszczeń z tego tytułu.

**Art. 14.** Z dniem wejścia w życie niniejszej ustawy traci moc obowiązującą ustawa z dnia 15 lipca 1920 r. o zmianie

cen za dostarczanie energii elektrycznej (Dz. U. R. P. Nr 70, poz. 466).

**Art. 15.** Wykonanie niniejszej ustawy porucza się Ministrom: Przemysłu i Handlu, Administracji Publicznej i Ziem Odzyskanych w porozumieniu z Ministrami: Skarbu, Sprawiedliwości, Pracy i Opieki Społecznej oraz Rolnictwa i Reform Rolnych.

**Art. 16.** Ustawa niniejsza wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

Prezydent Rzeczypospolitej: *Bolesław Bierut*

Prezes Rady Ministrów: *Józef Cyrankiewicz*

Minister Przemysłu i Handlu: *Hilary Minc*

Minister Administr. Publicznej: *Edward Osóbka-Morawski*

w z. Minister Ziem Odzyskanych: *Władysław Czajkowski*

Minister Skarbu: *Konstanty Dąbrowski*

w z. Minister Sprawiedliwości: *Leon Chajm*

Minister Pracy i Opieki Społecznej: *Kazimierz Rusinek*

Minister Rolnictwa i Reform Rolnych: *Jan Dąb-Kociot*

## II. Utworzenie Centralnego Zarządu Energetyki jako przedsiębiorstwa państwowego

### ZARZĄDZENIE MINISTRA PRZEMYSŁU I HANDLU z dnia 19 sierpnia 1948 r.

wydane w porozumieniu z Ministrem Skarbu i Prezesem Centralnego Urzędu Planowania o utworzeniu Centralnego Zarządu Energetyki\*)

Na podstawie art. 2 ustawy z dnia 4 lipca 1947 r. o planowej gospodarce energetycznej (Dz. U. R. P. Nr. 52, poz. 271), oraz art. 1 i 2 dekretu z dnia 3 stycznia 1947 r. o tworzeniu przedsiębiorstw państwowych (Dz. U. R. P. Nr. 8, poz. 42) zarządza się co następuje:

§ 1. Wydziela się z administracji państwowej Centralny Zarząd Energetyki, jako przedsiębiorstwo państwowe, prowadzone w ramach narodowych planów gospodarczych według zasad gospodarki handlowej, pod nazwą „Centralny Zarząd Energetyki“ zwane dalej w skrócie „C.Z.E.“

§ 2. C.Z.E. ma siedzibę w m. st. Warszawie.

§ 3. Przedmiotem działalności C.Z.E. jest koordynowanie, nadzorowanie, kontrolowanie oraz ogólne kierownictwo działalności przedsiębiorstw państwowych, wymienionych w dołączonym do niniejszego zarządzenia wykazie.

§ 4. Wytyczne C.Z.E. wydane w zakresie jego kompetencji są wiążące dla przedsiębiorstw nadzorowanych.

§ 5. Nadzór państwowy nad C.Z.E. sprawuje Minister Przemysłu i Handlu.

§ 6. Przy C. Z. E. powołana będzie Rada Nadzoru Społecznego, której zakres działania, sposób powoływania i odwoływania jej członków, organizację i sposób wykonywania powierzonych czynności określi rozporządzenie Rady Ministrów.

§ 7. Na czele C.Z.E. stoi Dyrekcja, powołana i zwalniana przez Ministra Przemysłu i Handlu i składająca się z Dyrektora Naczelnego, reprezentującego Dyrekcję samodzielnie oraz z podległych Dyrektorowi Naczelnemu czterech Dyrektorów.

§ 8. Do ważności zobowiązań zaciąganych przez C.Z.E. wymagane jest współdziałanie, zgodnie z uprawnieniami, przewidzianymi w statucie:

- dwóch członków Dyrekcji łącznie, albo
- jednego członka Dyrekcji łącznie z pełnomocnikiem handlowym w granicach jego pełnomocnictwa, albo
- dwóch pełnomocników handlowych łącznie w granicach ich pełnomocnictw.

§ 9. Przekazaniu na rzecz C.Z.E. ulega majątek Skarbu Państwa, oznaczony przez Ministra Przemysłu i Handlu.

Minister Przemysłu i Handlu zarządzi protokółarne przekazanie C.Z.E. przydzielonego majątku nieruchomego w zarząd i użytkowanie, a ruchomego na własność.

§ 10. Szczegółowe zasady organizacji i zakres działania C.Z.E. ustali statut nadany przez Ministra Przemysłu i Handlu w porozumieniu z Ministrami: Skarbu, Administracji Publicznej oraz Ziem Odzyskanych i Prezesem

Centralnego Urzędu Planowania, ogłoszony w Monitorze Polskim.

§ 11. Zarządzenie niniejsze wchodzi w życie z dniem ogłoszenia w Monitorze Polskim.

Minister Przemysłu i Handlu w z. *E. Szyr*, Podsekr. st.

Minister Skarbu *K. Dąbrowski*

Prezes Centralnego Urzędu Planowania w z. Wiceprezes

*dr St. Jędrzychowski*

Załącznik do zarządzenia Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 19 sierpnia 1948 r. (poz. 548).

#### Wykaz przedsiębiorstw

##### nadzorowanych przez Centralny Zarząd Energetyki

- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Warszawskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. st. Warszawie.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Radomsko-Kieleckiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Skarżysko-Kamiennej.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Łódzkiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Łodzi.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Płocko-Włocławskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Płocku.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Białostockiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Białymstoku.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Lubelskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Lublinie.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Krakowskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Krakowie.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Górnośląskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Katowicach.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Dolnośląskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Wrocławiu.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Poznańskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Poznaniu.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Szczecińskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Szczecinie.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Bydgosko-Toruńskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Bydgoszczy.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Mazurskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Olsztynie.
- Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Nadmorskiego, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Gdańsku.
- Państwowe Budownictwo Elektryczne, przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione — z siedzibą w m. Krakowie.

\*) Monitor Polski, 30. VIII. 48, nr A-69, poz. 548.

### III. Utworzenie 14 zjednoczeń energetycznych jako przedsiębiorstw państwowych

A.

#### ZARZĄDZENIE MINISTRA PRZEMYSŁU I HANDLU

z dnia 19 sierpnia 1948 r.

wydane w porozumieniu z Ministrem Skarbu i Prezesem Centralnego Urzędu Planowania o utworzeniu przedsiębiorstwa państwowego pod nazwą „Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Warszawskiego“

Na podstawie art. 2 ustawy z dnia 4 lipca 1947 r. o planowej gospodarce energetycznej (Dz. U. R. P. Nr. 52, poz. 271) i art. 1 dekretu z dnia 3 stycznia 1947 r. o tworzeniu przedsiębiorstw państwowych (Dz. U. R. P. Nr. 8, poz. 42) zarządza się co następuje:

§ 1. Tworzy się przedsiębiorstwo państwowe, prowadzone w ramach narodowych planów gospodarczych według zasad gospodarki handlowej, pod nazwą „Zjednoczenie Energetyczne Okręgu Warszawskiego — przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione“, zwane dalej „Zjednoczenie“.

§ 2. Zjednoczenie ma siedzibę w m. st. Warszawie.

§ 3. Przedmiotem działalności Zjednoczenia jest wykonywanie zadań planowej gospodarki energetycznej w okręgu energetycznym warszawskim, w każdorazowych jego granicach, a w szczególności:

1. wytwarzanie, przetwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej, gazu, pary i innych form energii,

2. zarządzanie wszystkimi zakładami elektrycznymi w okręgu, wchodzącymi lub włączonymi do Zjednoczenia Energetycznego na podstawie art. 6 ust. 1 — 3 ustawy z dnia 4 lipca 1947 r. o planowej gospodarce energetycznej (Dz. U. R. P. Nr. 52, poz. 271) i eksploataowanie tych zakładów na własny rachunek,

3. nadzór techniczny, gospodarczy i taryfowy nad zakładami elektrycznymi nie wchodzącymi do Zjednoczenia, stosownie do rozporządzeń wydanych na podstawie art. 6 ust. 4 wyżej powołanej ustawy z dnia 4 lipca 1947 r.,

4. nadzór techniczny nad gazowniami, stosownie do rozporządzeń wydanych na podstawie art. 5 ust. 2 wyżej powołanej ustawy z dnia 4 lipca 1947 r.,

5. wykonywanie innych czynności poruczonych Zjednoczeniu przez właściwych ministrów zgodnie z ustawami.

§ 4. Zjednoczenie podlega nadzorowi Centralnego Zarządu Energetyki, którego wytyczne są dla przedsiębiorstwa wiążące.

§ 5. Zwierzchni nadzór państwowy nad Zjednoczeniem sprawuje Minister Przemysłu i Handlu.

§ 6. Przy Zjednoczeniu powołana będzie Rada Nadzoru Społecznego, której zakres działania, sposób powoływania i odwoływania jej członków, organizację i sposób wyko-

nywania powierzonych czynności określi rozporządzenie Rady Ministrów.

§ 7. Na czele Zjednoczenia stoi Dyrekcja, powoływana i zwalniana przez Ministra Przemysłu i Handlu i składająca się z Dyrektora Naczelnego, reprezentującego Zjednoczenie samodzielnie oraz z podległych Dyrektorowi Naczelnemu trzech Dyrektorów.

§ 8. Do ważności zobowiązań zaciąganych przez Zjednoczenie wymagane jest współdziałanie, zgodnie z uprawnieniami, przewidzianymi w statucie:

a) dwóch członków Dyrekcji łącznie, albo

b) jednego członka Dyrekcji łącznie z pełnomocnikiem handlowym w granicach jego pełnomocnictwa, albo

c) dwóch pełnomocników handlowych łącznie w granicach ich pełnomocnictw.

§ 9. Przekazaniu na rzecz Zjednoczenia ulega majątek Skarbu Państwa, oznaczony przez Ministra Przemysłu i Handlu. Minister Przemysłu i Handlu zarządzi protokółarne przekazanie Zjednoczeniu majątku nieruchomościowego w zarząd i użytkowanie, a ruchomego na własność.

§ 10. Szczegółowe zasady organizacji i zakres działania Zjednoczenia ustali statut nadany przez Ministra Przemysłu i Handlu w porozumieniu z Ministrami: Skarbu, Administracji Publicznej oraz Ziemi Odzyskanych i Prezesem Centralnego Urzędu Planowania, ogłoszony w Monitorze Polskim.

§ 11. Zarządzenie niniejsze wchodzi w życie z dniem ogłoszenia w Monitorze Polskim.

Minister Przemysłu i Handlu w z. E. Szyr, Podsekr. st.  
Minister Skarbu K. Dąbrowski

Prezes Centralnego Urzędu Planowania w z. Wiceprezes  
dr St. Jędrzychowski

B.

#### ZARZĄDZENIA MINISTRA PRZEMYSŁU I HANDLU

z dnia 19 sierpnia 1948 r.

#### o utworzeniu 13 dalszych zjednoczeń energetycznych

Podane pod A zarządzenie, dotyczące Zjednoczenia Energetycznego Okręgu Warszawskiego, zostało ogłoszone w Monitorze Polskim z d. 30 sierpnia 1948 r., nr A-69, poz. 549. W tymże numerze Monitora Polskiego pod poz. 550—562 ogłoszono 13 dalszych zarządzeń o utworzeniu pozostałych 13 zjednoczeń energetycznych. Brzmienie wszystkich 14 zarządzeń jest poza §§ 1 i 2 identyczne. Teksty § 1 różnią się jedynie nazwą samego zjednoczenia, a teksty § 2 nazwą siedziby zjednoczenia. Urzędowe nazwy zjednoczeń i ich siedzib są podane w załączniku do zamieszczonego wyżej zarządzenia o utworzeniu Centralnego Zarządu Energetyki.

### IV. Uprawnienia zjednoczeń energetycznych

#### ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRZEMYSŁU I HANDLU

z dnia 5 lipca 1948 r.

wydane w porozumieniu z Ministrami: Skarbu, Administracji Publicznej i Ziemi Odzyskanych o zakresie uprawnień zjednoczeń energetycznych przy wykonywaniu zarządu i eksploatacji zakładów elektrycznych oraz o sposobie i trybie przejmowania zakładów elektrycznych przez te zjednoczenia\*).

Na podstawie art. 7 ust. 3 ustawy z dnia 4 lipca 1947 r. o planowej gospodarce energetycznej (Dz. U. R. P. Nr. 52, poz. 271) zarządza się, co następuje:

§ 1. Powołane w rozporządzeniu niniejszym artykuły — oznaczają artykuły ustawy z dnia 4 lipca 1947 r. o planowej gospodarce energetycznej (Dz. U. R. P. Nr. 52, poz. 271), a paragrafy — oznaczają paragrafy rozporządzenia niniejszego.

I. Zakres uprawnień zjednoczeń energetycznych przy zarządzaniu i eksploatacji zakładów elektrycznych.

§ 2. 1. Zjednoczenie energetyczne z mocy samego prawa

zarządza wszystkimi zakładami elektrycznymi, wchodzącymi lub włączonymi na podstawie art. 6 ust. 1—3 do zjednoczenia i eksploatuje te zakłady na własny rachunek.

2. Przejęciu przez zjednoczenie energetyczne podlegają budynki przeznaczone dla urządzeń służących do wytwarzania, przetwarzania, przesyłania lub rozdzielania energii elektrycznej wraz z tymi urządzeniami oraz należące do zakładu elektrycznego magazyny wraz z towarami, narzędziami, środki transportowe, biura wraz z urządzeniami oraz budynki przeznaczone na mieszkania pracowników zakładu położone w obrębie zakładu elektrycznego wytwórczego lub rozdzielczego. Ponadto zjednoczenie energetyczne przejmuje prawa i zobowiązania przewidziane w art. 8.

§ 3. 1. Zjednoczeniom energetycznym służy prawo rozbudowy zakładów elektrycznych, wchodzących lub włączonych do zjednoczeń, łączenia i dzielenia tych zakładów za zgodą Centralnego Zarządu Energetyki, wznoszenia na gruntach tych zakładów budowli i urządzeń i w ogóle łączenia z nieruchomościami, wchodzącymi w skład zakładu elektrycznego, rzeczy ruchomych, tak że stają się częściami składowymi tych nieruchomości, przenoszenia

\*) Dz. U. R. P. z 1948 r., nr 34, poz. 235

maszyn i urządzeń z jednych zakładów do drugich i usuwania maszyn i urządzeń z zakładów oraz sprzedaży, zamiany, wynajmowania i wypożyczania maszyn i urządzeń, bez względu na to, czy chodzi o zakłady elektryczne własne, czy objęte w zarząd i eksploatację.

2. Zmiany, o których mowa w punkcie poprzedzającym, dokonane w zakładach, nie stanowiących własności zjednoczeń, a objętych tylko w zarząd i eksploatację, nie wpływają na uprawnienia właścicieli zakładów elektrycznych, przewidziane w art. 9.

§ 4. Właściciel (użytkownik) zakładu elektrycznego wchodzącego w skład zjednoczenia energetycznego, obowiązany jest dostarczyć zjednoczeniu wszelkich danych i dokumentów, jakie posiada albo poświadczonych ich odpisów dotyczących zakładu, jako to: ksiąg, umów, planów, wykazów itp., jeżeli dane te nie są jeszcze w posiadaniu zjednoczenia. Zjednoczeniu energetycznemu służy prawo do otrzymywania ich także od wszelkich władz i urzędów oraz osób trzecich.

## II. Sposób i tryb przejmowania zakładów elektrycznych przez zjednoczenia energetyczne.

§ 5. 1. W ciągu dwóch miesięcy od daty wejścia w życie rozporządzenia niniejszego zjednoczenia energetyczne zawiadomią właścicieli i użytkowników zakładów elektrycznych, wchodzących lub włączonych do zjednoczeń energetycznych, a nie objętych postępowaniem przewidzianym w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 30 stycznia 1947 r. w sprawie trybu postępowania przy przejmowaniu przedsiębiorstw na własność Państwa (Dz. U. R. P. Nr 16, poz. 62), ani nie objętych już w zarząd przez zjednoczenia energetyczne, o dacie i miejscu przejęcia zakładu elektrycznego przez zjednoczenie energetyczne i sporządzenia aktu przejęcia.

2. Datę przejęcia należy oznaczyć z zachowaniem terminu przynajmniej dwutygodniowego od doręczenia zawiadomienia. Miejsce przejęcia należy oznaczyć, o ile można, w miejscowości, gdzie ma swoje biuro kierownictwo zakładu podlegającego przejęciu.

3. Na żądanie zjednoczenia energetycznego właściciel (użytkownik) zakładu elektrycznego obowiązany jest dać odpowiednio urządzone pomieszczenie na wykonanie czynności przejęcia i sporządzenia aktu przejęcia.

§ 6. 1. Akt przejęcia sporządzają w czterech egzemplarzach upoważnieni przedstawiciele zjednoczenia energetycznego przy udziale właściciela i użytkownika przejmowanego zakładu elektrycznego lub ich przedstawicieli, a w razie potrzeby także przy udziale rzeczoznawców.

2. Akt przejęcia powinien obejmować:

a) powołanie się na zawiadomienie, przewidziane w § 5 ust. 1,

b) ustalenie, iż zakład elektryczny podlega objęciu w zarząd i eksploatację przez zjednoczenie energetyczne,

c) stwierdzenie przejęcia zakładu elektrycznego przez zjednoczenie energetyczne, jeżeli przejęcie nastąpiło,

d) dokładny opis zakładu elektrycznego z wymienieniem gruntów, budynków i urządzeń technicznych, biurowych i transportowych,

e) spis inwentarza zakładu elektrycznego,

f) prawa i zobowiązania, o których mowa w art. 8,

g) uwagi i zastrzeżenia osób uczestniczących w sporządzeniu aktu przejęcia.

3. Jeżeli przejmowany zakład elektryczny obejmuje maszyny, urządzenia lub inne składniki i w ogóle przedmioty, nie należące do właściciela zakładu, a w szczególności włączone do zakładu po dniu 1 września 1939 r., należy to zaznaczyć w akcie przejęcia, wskazując zarazem, w miarę możliwości, skąd, kiedy, przez kogo i z jakich powodów przedmioty te włączono do zakładu.

§ 7. Dla zakładów elektrycznych wchodzących w myśl art. 6 do zjednoczeń energetycznych, a objętych już przez zjednoczenie energetyczne, sporządza się akt opisowo-inwentaryzacyjny według stanu z daty objęcia, przy odpowiednim zastosowaniu przepisów §§ 5 i 6 co do terminów postępowania i treści aktu.

§ 8. Niewzięcie udziału przez przedstawicieli właściciela i użytkownika w sporządzeniu aktu przejęcia lub aktu opisowo-inwentaryzacyjnego nie wstrzymuje dokonania czynności przejęcia jako też sporządzenia aktu oraz nie wpływa na ich ważność i skuteczność.

§ 9. Nie mają znaczenia prawnego niedokładności o oznaczeniu zakładu elektrycznego i jego właściciela (użytkownika) w zawiadomieniach o przejęciu zakładu elektrycznego oraz w aktach przejęcia i opisu, jeżeli z treści tych pism i z okoliczności ich sporządzenia i doręczenia wynika, o jaki zakład i o jaką osobę właściciela (użytkownika) chodzi.

§ 10. 1. Właścicielowi i użytkownikowi zakładu elektrycznego służy prawo zgłoszenia do Ministerstwa Przemysłu i Handlu, w ciągu miesiąca od daty aktu przejęcia, sprzeciwu przeciwko przejęciu zakładu lub poszczególnych jego części.

2. Sprzeciw podlega rozpoznaniu przez komisję rozjemczą w składzie: przewodniczącego, wyznaczonego przez Prezesa Centralnego Urzędu Planowania, jednego przedstawiciela strony, która zgłosiła sprzeciw, i jednego przedstawiciela zjednoczenia energetycznego. Jeżeli sprzeciwy zgłosili i osobnych przedstawicieli wyznaczyli właściciel i użytkownik zakładu, zjednoczenie energetyczne wyznaczy tytuł przedstawicieli, ilu przypada na zgłaszających sprzeciwy.

3. Jeżeli zgłaszającym sprzeciw jest związek samorządu terytorialnego, przedstawiciela dla danego związku do komisji rozjemczej wyznaczy Minister Administracji Publicznej względnie Minister Ziem Odzyskanych.

4. Jeżeli właścicielem i użytkownikiem zakładu, którego dotyczy akt przejęcia, jest przedsiębiorstwo, którego władzą nadzorczą jest Minister Przemysłu i Handlu, sprzeciw rozpoznana ten Minister.

5. Orzeczenie wydane w trybie ust. 2 lub 3 jest ostateczne.

6. Zgłoszenie sprzeciwu nie wstrzymuje wykonania aktu przejęcia.

## III. Przepis końcowy.

§ 11. Rozporządzenie niniejsze wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

Minister Przemysłu i Handlu: w z. *Eugeniusz Szyr*  
Minister Skarbu: w z. *Wincenty Jastrzębski*  
Minister Administracji Publicznej: w z. *Władysław Wolski*  
Minister Ziem Odzyskanych: w z. *Józef Dubiel*

## V. Podział państwa na okręgi energetyczne

### ROZPORZĄDZENIE MINISTRA PRZEMYSŁU I HANDLU z dnia 29 lipca 1948 r. o podziale Państwa na okręgi energetyczne\*)

Na podstawie art. 1 ustawy z dnia 4 lipca 1947 r. o planowej gospodarce energetycznej (Dz. U. R. P. Nr 52, poz. 271) zarządza się, co następuje:

§ 1. Obszar Państwa dzieli się na następujące okręgi energetyczne:

I. Okręg warszawski, obejmujący m. st. Warszawę i powiaty województwa warszawskiego: grodzisko-mazowiecki, grójecki, miński, pułtuski, radzyński, sokołowski, warszawski, węgrowski i sochaczewski bez miasta Sochaczewa i gmin: Chodaków, Iłów, Kozłów Biskupi, Młodzieszyn i Rybno.

II. Okręg radomsko-kielecki, obejmujący województwo kieleckie z wyjątkiem m. Częstochowy i powiatu częstochowskiego

oraz powiaty: konecki, opoczyński, m. Nowe Miasto i gmine Góra województwa łódzkiego.

III. Okręg łódzki, obejmujący województwo łódzkie z wyjątkiem powiatów koneckiego, kutnowskiego, łowickiego, opoczyńskiego, rawskiego i skierniewickiego, m. Częstochowę i powiat częstochowski bez gmin: Kamienica Polska, Poczesna, Wrzosowa województwa kieleckiego, oraz powiaty jarociński, kaliski, kępiński, krotoszyński, ostrowski województwa poznańskiego.

IV. Okręg plocko-włocławski, obejmujący powiaty: ciechanowski, działowski, gostyniński, makowski, miński, ostrołęcki, plocki, płoński, przasnyski, sierpecki, m. Sochaczew i gminy: Chodaków, Iłów, Kozłów Biskupi, Młodzieszyn, Rybno powiatu sochaczewskiego województwa warszawskiego, powiat lipnowski, aleksandrowski z wyjątkiem m. Aleksandrowa i Cieclocinka i gmin: Raciążek i Służewo, rypiński, włocławski województwa pomorskiego, powiaty: kolski, koniński, turecki województwa poznańskiego, oraz powiaty: kutnowski, łowicki, rawski bez m. Nowe Miasto i gminy Góra, skierniewicki województwa łódzkiego.

\*) Dz. U. R. P. Nr 38, poz. 281 (17. VIII. 48).

V. Okręg białostocki, obejmujący województwo białostockie, powiat ostrowski województwa warszawskiego oraz gminy: Biała Piska, Drygały, Kumelsk, Rosińska powiatu piskiego województwa olsztyńskiego.

VI. Okręg lubelski, obejmujący województwo lubelskie i powiat garwoliński województwa warszawskiego.

VII. Okręg krakowski, obejmujący województwo rzeszowskie i krakowskie z wyjątkiem m. Biała Krakowska i gmin Bestwina, Biała (wieś), Bystra Wilkowiec z powiatu bielskiego, oraz m. Żywca i gmin: Cięcina, Łodygowice, Miłowka, Rajcza, Sporysz, Zabłocie powiatu żywieckiego.

X. Okręg poznański, obejmujący województwo poznańskie z wyjątkiem powiatów: jarocińskiego, kaliskiego, kępińskiego, kolskiego, konińskiego, krotoszyńskiego, mogileńskiego, ostrowskiego, tureckiego, wschowskiego i żnińskiego.

XI. Okręg szczeciński, obejmujący województwo szczecińskie z wyjątkiem powiatów: bytowskiego, człuchowskiego, miasteckiego, sławińskiego, słupskiego i zlotowskiego.

XII. Okręg bydgosko-toruński, obejmujący województwo pomorskie z wyjątkiem powiatu lipnowskiego, m. Nieszawy, m. Radziejowa, gmin: Bądkowo, Czamanin, Koneck, Lubanie, Nowy Dwór, Osiecin, Plotków Kujawski, Przewóz, Radziejów.



#### Podział państwa na okręgi energetyczne (w nawiasie siedziba zjednoczenia okręgu)

I. Okręg	Warszawski (Warszawa)	VIII. Okręg	Górnośląski (Katowice)
II. "	Radomsko-Kielecki (Skarżysko-Kamienna)	IX. "	Dolnośląski (Wrocław)
III. "	Łódzki (Łódź)	X. "	Poznański (Poznań)
IV. "	Płocko-Włocławski (Płock)	XI. "	Szczeciński (Szczecin)
V. "	Białostocki (Białystok)	XII. "	Bydgosko-Toruński (Bydgoszcz)
VI. "	Lubelski (Lublin)	XIII. "	Mazurski (Olsztyn)
VII. "	Krakowski (Kraków)	XIV. "	Nadmorski (Gdańsk)

VIII. Okręg górnośląski, obejmujący województwo śląskie, m. Biała Krakowska i gminy: Bestwina, Biała (wieś), Bystra-Wilkowiec z powiatu bielskiego, m. Żywiec i gminy: Cięcina, Łodygowice, Miłowka, Rajcza, Sporysz, Zabłocie powiatu żywieckiego województwa wrocławskiego oraz gminy: Kamienica Polska, Poczesna, Wrzosowa powiatu częstochowskiego województwa kieleckiego.

IX. Okręg dolnośląski, obejmujący województwo wrocławskie z wyjątkiem powiatu namysłowskiego i gmin: Ciępla Woda, Czerniowice, Goleniów, Górna Strankowa, Henryków, Lubniów, Międzyzpole, Ziębice powiatu ząbkowickiego województwa poznańskiego.

Sędzin, Wierzbinek powiatu aleksandrowskiego i powiatów: rypińskiego i włocławskiego, powiaty mogileński i żniński województwa poznańskiego oraz powiaty człuchowski i zlotowski województwa szczecińskiego.

XIII. Okręg mazurski, obejmujący województwo olsztyńskie z wyjątkiem gmin: Biała Piska, Drygały, Kumelsk, Rosińska powiatu piskiego, oraz m. Ełbląg i powiaty: ełbski, kwidzyński, malborski i sztumski województwa gdańskiego.

XIV. Okręg nadmorski, obejmujący województwo gdańskie z wyjątkiem m. Ełbląg i powiatów: ełbskiego, kwidzyńskiego, malborskiego i sztumskiego oraz powiaty: bytowski, miasteczki, sławiński i słupski województwa szczecińskiego.

§ 2. Rozporządzenie niniejsze wchodzi w życie z dniem ogłoszenia.

Minister Przemysłu i Handlu: w z. Eugeniusz Szyr

## VI. Utworzenie przedsiębiorstwa państwowego pod nazwą „Państwowe Budownictwo Elektryczne”

### ZARZĄDZENIE MINISTRA PRZEMYSŁU I HANDLU z dnia 19 sierpnia 1948 r.

wydane w porozumieniu z Ministrem Skarbu i Prezesem Centralnego Urzędu Planowania o utworzeniu przedsiębiorstwa państwowego pod nazwą „Państwowe Budownictwo Elektryczne”)

Na podstawie art. 1 i 16 dekretu z dnia 3 I. 1947 r. o tworzeniu przedsiębiorstw państwowych (Dz.U.R.P. Nr. 8, poz. 42) zarządza się co następuje:

§ 1. Utworzone na podstawie zarządzenia Ministra Przemysłu z dnia 1. 6. 1946 r. przedsiębiorstwo państwowe pod nazwą „Państwowe Budownictwo Elektryczne” działać będzie nadal w ramach narodowych planów gospodarczych według zasad gospodarki handlowej i postanowień niniejszego zarządzenia pod nazwą „Państwowe Budownictwo Elektryczne — przedsiębiorstwo państwowe wyodrębnione”, zwane dalej „przedsiębiorstwo”.

§ 2. Przedsiębiorstwo ma siedzibę w m. Krakowie.

§ 3. Przedmiotem działalności przedsiębiorstwa jest budowa i odbudowa wszelkiego rodzaju urządzeń służących do wytwarzania, przetwarzania, przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej, a związanych z zakładami energetycznymi państwowymi i znajdującymi się pod zarządem państwowym.

§ 4. Przedsiębiorstwo podlega nadzorowi Centralnego Zarządu Energetyki, którego wytyczne są dla przedsiębiorstwa wiążące.

§ 5. Zwierzchni nadzór państwowy nad przedsiębiorstwem sprawuje Minister Przemysłu i Handlu.

§ 6. Przy przedsiębiorstwie powołana będzie Rada Nadzoru Społecznego, której zakres działania, sposób powoływania i odwoływania jej członków, organizację i spo-

sób wykonywania powierzonych czynności określi rozporządzenie Rady Ministrów.

§ 7. Organem zarządzającym przedsiębiorstwa jest Dyrekcja, powoływana i zwalniana przez Ministra Przemysłu i Handlu i składająca się z Dyrektora Naczelnego, reprezentującego Dyrekcję samodzielnie oraz z podległych Dyrektorowi Naczelnemu dwóch Dyrektorów.

§ 8. Do ważności zobowiązań zaciąganych przez przedsiębiorstwo wymagane jest współdziałanie, zgodnie z uprawnieniami, przewidzianymi w statucie:

a) dwóch członków Dyrekcji łącznie, albo

b) jednego członka Dyrekcji łącznie z pełnomocnikiem handlowym w granicach jego pełnomocnictwa, albo

c) dwóch pełnomocników handlowych łącznie w granicach ich pełnomocnictw.

§ 9. Przekazaniu na rzecz przedsiębiorstwa ulega majątek Skarbu Państwa, oznaczony przez Ministra Przemysłu i Handlu. Minister Przemysłu i Handlu zarządzi protokółarne przekazanie przedsiębiorstwu majątku nieruchomego w zarząd i użytkowanie, a ruchomego na własność.

§ 10. Szczegółowe zasady organizacji i zakres działania przedsiębiorstwa ustali statut nadany przez Ministra Przemysłu i Handlu w porozumieniu z Ministrem Skarbu i Prezesem Centralnego Urzędu Planowania, ogłoszony w Monitorze Polskim.

§ 11. Zarządzenie niniejsze wchodzi w życie z dniem ogłoszenia w Monitorze Polskim.

Minister Przemysłu i Handlu w z. E. Szyr, Podsekr. st.  
Minister Skarbu K. Dąbrowski

Prezes Centralnego Urzędu Planowania w z. Wiceprezes  
dr St. Jędrzychowski

\*) Monitor Polski, 30. VIII. 48, nr A-69, poz. 563.

## KOMUNIKATY S.E.P.

1. **Podwyższenie składek członkowskich.** W związku z inicjatywą NOT w sprawie uregulowania wysokości składek członkowskich w stowarzyszeniach Zarząd Główny SEP ustalił składkę członkowską dla członków zwyczajnych i współdziałających w wysokości 200 zł miesięcznie, począwszy od 1 października 1948 r.

Składka ta obejmuje w kalkulacji opłatę podstawową 100 zł i koszty czasopism 100 zł, przy czym każdy członek otrzymuje bez żadnej dopłaty dwa czasopisma: Przegląd Elektrotechniczny i Wiadomości Elektrotechniczne lub Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne.

Członkowie, którzy uiszcili już składkę członkowską za IV kwartał w dawnej wysokości, dopłacają różnicę.

Podział wpływów ze składek jest następujący: na rzecz Oddziału 25% opłaty podstawowej czyli 25 zł, na rzecz Zarządu Głównego 175 zł.

2. **Dodatkowa prenumerata dla członków SEP.** Członkowie SEP, otrzymujący z tytułu składki członkowskiej Przegląd Elektrotechniczny i Wiadomości Elektrotechniczne, mogą prenumerować po cenie ulgowej po 1 egzemplarzu Przeglądu Telekomunikacyjnego i Wiadomości Telekomunikacyjnych (oba czasopisma lub jedno), członkowie zaś otrzymujący te czasopisma telekomunikacyjne mogą prenumerować po cenie ulgowej Przegląd Elektrotechniczny (w kalkulacji prenumeraty Wiadomości Elektrotechnicznych cena ulgowa nie jest przewidziana).

Dodatkowa prenumerata dla członków wynosi: za Przegląd Elektrotechniczny 240 zł kwartalnie, za Wiadomości Elektrotechniczne 180 zł kwartalnie (administracja Przeglądu Elektrotechnicznego i Wiadomości Elektrotechnicznych, Warszawa, Al. Stalina 27, konto PKO I—4242), za Przegląd Telekomunikacyjny 210 zł kwartalnie, za Wiadomości Telekomunikacyjne 90 zł kwartalnie (administracja Przeglądu Telekomunikacyjnego i Wiadomości Telekomunikacyjnych, Warszawa, ul. Nowogrodzka 45, konto PKO I—4430).

3. **Zmiana adresu Oddziału Gdańskiego.** Obecny adres Sekretariatu Oddziału: Sopot, ul. Kościuszki 4.

4. **Kandydatury na członków SEP-u.** W myśl § 12 statutu ogłasza się następującą listę kandydatów:

a) Na członków zwyczajnych Stowarzyszenia:

#### ODDZIAŁ GDAŃSKI

Berański Wacław, Słupsk, Przemysłowa 110 m. 1  
Kołodziejczyk Edmund, Gdańsk—Wrzeszcz, Zelenieckiego 1  
Kuropatwiński Franciszek, Gdańsk—Oliwa, Szczecińska 42  
Naczko-Ilakowicz Tadeusz, Sławno, Armii Czerwonej 36 m. 1

#### ODDZIAŁ POMORSKI

Pilarczyk Antoni, Grudziądz, Mickiewicza 28/30  
Wagner Edward, Grudziądz, Mickiewicza 36  
Włodarczyk Władysław, Bydgoszcz, Hetmańska 4/4a

#### ODDZIAŁ WARSZAWSKI

Borowski Stefan, Warszawa, Czerwonego Krzyża 13—21  
Kryński Jerzy, Warszawa, Noakowskiego 4 m. 7-c  
Wyczółkowski Feliks, Warszawa, Działowska 8 m. 34

#### ODDZIAŁ WROCŁAWSKI

Azarewicz Edward, Wrocław, Jutrzenki 4 m. 3  
Borkowski Marian, Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 37 m. 8  
Fekecz Jerzy, Wrocław, Stanisławskiego 27 m. 1  
Gładysiewicz Gustaw, Wrocław, Kleista 8 m. 7  
Kinasiewicz Jan, Wrocław, Łazienna 4 m. 7  
Kojrański Jan, Wrocław, Grabiszyńska 101  
Medyński Witold, Wrocław, Piastowska 43 m. 11  
Winkler Jerzy, Wrocław, Stalowa 90 m. 3

#### ODDZIAŁ ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Harasimowicz Edward, Katowice, Warszawska 28 m. 1  
Jotkiewicz Franciszek, Bytom, Pl. Strzelców Bytomskich 12 m. 1  
Kolanko Tadeusz, Gliwice, Daszyńskiego 22 m. 4  
Mierzyński Zbigniew, Zabrze, Wolności 42 m. 2  
Szczepanik Stanisław, Katowice, Kopernika 12 m. 6

b) Na członków współdziałających Stowarzyszenia:

#### ODDZIAŁ WROCŁAWSKI

Bogusławski Piotr, Wrocław—Leśna, Jeleniogórska 45  
Borowski Jan, Wrocław, Gajowa 40 m. 3  
Gołbiowski Henryk, Wrocław, Ukryta 18 m. 9  
Ławrynowicz Kazimierz, Wrocław, Kościuszki 164 m. 25  
Pudan Augustyn, Wrocław, Ign. Daszyńskiego 75 m. 6  
Szyling Stanisław, Wrocław, Tomaszewska 1 m. 3

# PORAŻENIA ELEKTRYCZNE W POLSCE

Komitet Bezpieczeństwa Pracy SEP\*), za zgodą i przy poparciu Centralnej Międzyministerialnej Komisji Bezpieczeństwa i Higieny Pracy, przystępuje do publikowania komunikatów o wypadkach porażenia prądem elektrycznym wraz z wnioskami, które się z tych wypadków nasuują. Ogłaszane będą wszystkie śmiertelne wypadki porażenia, które wydarzą się w przemyśle polskim.

Publikowanie wiadomości o wypadkach ma na celu unocznienie wszystkim elektrykom skutków wadliwej instalacji, niestosowania przepisów i lekceważenia niebezpieczeństwa oraz wykazanie konieczności stosowania środków ostrożności i zasad bezpieczeństwa pracy. Dla kierowników działów elektrycznych i referentów bezpieczeństwa pracy opisy wypadków mają być źródłem informacji o tym, na które szczegóły należy przede wszystkim zwracać baczną uwagę i jakich pouczeń należy udzielać przy wydawaniu zleceń.

Celem rozpowszechnienia opisów wypadków wśród wszystkich zainteresowanych komunikaty będą się ukazywały w jednakowym brzmieniu w „Przeglądzie Elektro-

\*) W skład Komitetu wchodzi inżynierowie: I. Baran, St. Bładowski, J. Gniewiewski (przewodn.), Z. Karasiński (refer.), T. Monkiewicz, St. Pławski, M. Rzecki, J. Wolski.

technicznym“, w „Wiadomościach Elektrotechnicznych“ oraz w czasopiśmie „Bezpieczeństwo i Higiena Pracy“.

Na razie musimy korzystać z materiałów udostępnianych nam przez źródła rządowe stopniowo, wskutek czego komunikaty nie mogą zawierać materiału odpowiednio posegregowanego, a ponadto może się zdarzyć, że nie będzie zachowana kolejność chronologiczna.

Nadsyłane z terenu opisy wypadków są opracowane często bardzo niedokładnie, co uniemożliwia uchwycenie szeregu pouczających szczegółów. W przyszłości zaradzi temu przygotowywany przez Komitet nowy schemat karty wypadkowej oraz organizowana obecnie sieć rzeczoznawców rejonowych SEP.

KBP sądzi, że komunikaty o autentycznych tragicznych wypadkach skłonią ogół elektryków do ostrożności i do większego interesowania się zasadami bezpieczeństwa pracy, a tym samym przyczynią się do zmniejszenia liczby wypadków. Komunikaty są częścią szeroko zakrojonej akcji zwalczania wypadków, którą zorganizował i prowadzi SEP, spełniając swą rolę społeczną.

Komitet Bezpieczeństwa Pracy  
Stowarzyszenia Elektryków Polskich

## Komunikaty Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP\*)

### 1. Podstacja transformatorowa na 5000 V (woj. wrocł.)

W zakładzie energetycznym robotnik S. poprawiał złącze w podstacji transformatorowej — w miejscu, znajdującym się pod napięciem 5000 V. Robotnik zetknął się z częścią będącą pod napięciem i uległ porażeniu.

Przewieziony do szpitala zmarł wskutek wywołanych przez prąd poparzeń 3 stopnia.

#### Wnioski.

Z § 58 PNE-10 wynika, że prace pod napięciem są w pewnych warunkach dozwolone, lecz tylko z ważnych względów, przy zachowaniu odpowiednich środków ostrożności i przez specjalnie wyszkolony personel, przy czym w wypadku wysokiego napięcia co najmniej przez dwie osoby, z których jedna nadzoruje pracę.

Personel powinien być pouczony, że wykonywanie wszelkich prac pod napięciem bez specjalnego zlecenia kierownictwa jest zabronione.

Dopuszczenie do prac pod napięciem pracowników bez odpowiednich kwalifikacji powinno być zabronione.

### 2. Praca na słupie telefonicznym (woj. olszt.)

Monter urzędu telekomunikacyjnego wykonywał na słupie odgałęzienie od sieci telefonicznej. Koniec trzymanego drutu spadł mu na przebiegający w pobliżu powietrzny przewód elektroenergetyczny o napięciu 220 V. Drugą ręką monter opierał się o izolator, stykając się w ten sposób z przewodem telefonicznym.

Prąd przeszedł z sieci elektroenergetycznej przez stykający się z nią, a trzymany przez montera drut — do ręki montera i przez jego ciało do drugiej ręki i stykającego się z nią przewodu telefonicznego. Obwód był zamknięty przez ziemię, ponieważ zarówno sieć 220-woltowa, jak sieć telefoniczna były uziemione.

Porażonego przewieziono do szpitala, gdzie lekarz stwierdził śmierć.

#### Wnioski.

Linia wyższego napięcia powinna według przepisów biec nad linią niższego napięcia.

Od monterów pracujących na sieciach telekomunikacyjnych lub sygnałowych należy żądać, żeby przed przystąpieniem do roboty zbadali, czy w pobliżu miejsca pracy nie ma urządzeń elektroenergetycznych, a w razie stwierdzenia ich — żeby zachowali ostrożność w stosunku

\*) W zamieszczonych niżej tekstach cytowane są następujące Polskie Normy Elektrotechniczne:  
PNE-9 Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadkach porażenia prądem elektrycznym  
PNE-10 Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego  
PNE-17 Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych w podziemiach kopalń  
PNE-39 Tablice ostrzegawcze

do urządzeń znajdujących się poza zasięgiem bezpośredniego dotknięcia. Gdyby bezpośrednie dotknięcie było możliwe, pracę należy uważać za wykonywaną pod napięciem i zastosować środki ostrożności według § 58 PNE-10.

Jaką wagę należy przywiązywać do wyżej wymienionych wskazań, świadczy fakt, że w 2 miesiące później w woj. szczec. zdarzył się wypadek zupełnie identyczny co do przebiegu z wyżej opisanym i również śmiertelny.

### 3. Transformatornia na 3000 V (woj. śl.)

W zakładzie metalurgicznym maszynista suwnicowy L., wyznaczony do pomocy przy budowie instalacji wysokiego napięcia w hali transformatorowej, znajdował się na górnej z trzech kondygnacji rusztowania metalowego.

W pewnym momencie maszynista, wiedziony widocznie ciekawością, przekroczył ściankę o wysokości 60 cm, oddzielającą miejsce jego pracy od sąsiedniej celki, w której instalacja znajdowała się pod napięciem 3000 V i ręką zetknął się z wystającą śrubą izolatora.

Prąd przepłynął przez ciało maszynisty i rusztowanie metalowe do ziemi.

Na krzyk porażonego znajdujący się w pobliżu monter natychmiast wszedł po drabinie, uchwycił go za nogi i oderwał od śruby izolatora. Ponieważ jednak wypadek zaszedł w pobliżu krawędzi rusztowania, monter nie zdołał utrzymać porażonego, który po oderwaniu się od śruby izolatora spadł głową na dół, rozbijając sobie podstawę czaszki.

#### Wnioski.

1) Wypadek ten potwierdza zasadę, że miejsce pracy powinno być należycie odgrodzone od instalacji pod napięciem, a na prowizorycznym odgrodzeniu powinna być ponadto wywieszona tablica ostrzegawcza (wzór 9 według PNE-39).

2) P. 1 PNE-9 nakazuje, aby przy usuwaniu porażonego spod napięcia możliwie zabezpieczyć go przed skutkami upadku.

Z opisanego wyżej przebiegu wypadku wynika, że ratujący porażonego monter bądź nie znał tego przepisu, bądź też nie miał pojęcia, jak go należy zastosować.

Wypadek ten, jak i wiele innych, wskazuje jak słuszne jest żądanie, aby każdy monter został wyszkolony teoretycznie i praktycznie w metodach ratownictwa.

### 4. Uszkodzenie przewodu na 380 V w kopalni (woj. śl.)

W kopalni trzech robotników, przenosząc szynę stalową o długości 6 m, uszkodziło ją izolację znajdującego się w pobliżu przewodu o napięciu 380 V.

Prąd przepłynął od przewodu przez szynę i robotników do ziemi.

Wszyscy trzej porażeni utracili przytomność. Natychmiast zastosowano sztuczne oddychanie i uratowano dwóch spośród porażonych, trzeci zmarł.

#### Wnioski.

1) Często zdarzają się wypadki, że robotnicy przenosząc części metalowe bądź zaczepiają o niez izolowane części instalacji elektrycznej, będącej poza zasięgiem ręki.



Rys. 1. Niebezpieczeństwo przy zawadzeniu prętem metalowym o gołe przewody

Z wydawnictwa francuskiego Syndicat Général de Garantie des Chambres Syndicales du Batiment et des Travaux Publicques

bądź też uszkadzają izolację przewodów (rys. 1). Wypadki te wskazują na konieczność odpowiedniego pouczenia robotników pracujących w pobliżu urządzeń elektrycznych, że przez nieuwagę mogą się narażać na niebezpieczeństwo.

2) Podkreślić należy, że w opisanym wypadku zastosowano pomoc natychmiast zgodnie z PNE—9 i dwóch porażonych udało się uratować.

#### 5. Ręczna wiertarka elektryczna (woj. śl.)

W warsztacie ślusarskim robotnik H., chcąc wywiercić otwór w dymnicy kotła parowego, wziął ręczną wiertarkę elektryczną i ciągnął przyłączony do niej długi przewód giętki w oponie gumowej przez całą długość hali. Nie rozwijał przewodu (przyłączonego już do sieci 220 V) stopniowo jak należało, lecz ciągnął go za wiertarkę.

Wskutek tego zaciski w wiertarce obluźniły się i jedna z żył będąca pod napięciem zetknęła się z obudową wiertarki, która znalazła się pod napięciem.

Zabezpieczenie w postaci uziemienia obudowy wiertarki przestało działać wobec równoczesnego odłączenia się żyły uziemiającej.

Prąd przepłynął od obudowy wiertarki przez robotnika do ziemi.

Należy nadmienić, że miejsce było bardzo mokre i robotnik miał wilgotne zarówno ręce jak i obuwie.

Przebieg prądu przez ciało robotnika trwał kilkanaście sekund.

Porażonego w stanie nieprzytomnym przeniesiono natychmiast na noszach do pobliskiego szpitala, gdzie udzieleną w 20 minut po wypadku pomoc lekarska okazała się bezskuteczną.

#### Wnioski.

1) Oczywiście, robotnik postępował niewłaściwie ciągnąc przewód za wiertarkę.

Właściwą przyczyną tego wypadku była jednak nie zgodna z przepisami konstrukcja wiertarki.

Według § 34, p. 6, PNE—10 w miejscu wprowadzenia przewodu do wiertarki powinna się znajdować, przez całą długość jego przechodzenia przez metal obudowy, niełamliwa tulejka izolująca, umocowana na stałe. Ze względu na stosowanie przewodów w oponie gumowej przepis ten w części stracił swoje znaczenie, niemniej jednak należy żądać, aby co najmniej ścianki komory zaciskowej miały izolację, zabezpieczającą obudowę metalową wiertarki od zetknięcia się z przewodem w przypadku rozluźnienia się lub niedokręcenia zacisku.

Ponadto według tego samego punktu przepisów przewód powinien być zamocowany w wiertarce w taki sposób, aby żyły nie były narażone na ciągnięcie, co jest jeszcze ważniejsze.

2) Z opisu wynika, że obecni przy wypadku zupełnie nie znali przepisów ratownictwa (PNE—9). Porażonego, który utracił przytomność, nie wolno przenosić, lecz niezwłocznie po usunięciu go spod działania prądu należy zastosować sztuczne oddychanie, a lekarza wezwać. Należy też pamiętać, że sztuczne oddychanie niekiedy daje dodatni rezultat dopiero po kilku godzinach stosowania.

#### 6. Praca na słupie sieci o napięciu 380 V (woj. wrocław.)

W elektrowni monter sieciowy S. wykonując pracę na słupie sieci 380 V pod napięciem zetknął się z dwoma przewodami równocześnie i uległ śmiertelnemu porażeniu.

#### Wnioski.

Zakładając, że praca pod napięciem była konieczna ze względów ruchowych, widać z opisu wypadku, że wbrew § 48, p. 4, PNE—10, żadne środki ochronne nie zostały zastosowane (jak osłona zabezpieczająca przed zetknięciem z pozostałymi przewodami, gdy na jednym wykonuje się pracę).

Jest to typowy przykład lekceważenia niebezpieczeństwa pracy pod niskim napięciem, co sprawia, że większość wypadków zdarza się właśnie na niskim napięciu.

#### 7. Rozdzielnia na 15 000 V (woj. szczecin.)

W elektrowni monter M., rutynowany fachowiec, otworzywszy kluczem osłonę, w nieustalonym celu zbliżył się tak do bezpieczników urządzenia rozdzielczego o napięciu 15 000 V, że przy pochyleniu się dotknął głową uchwytu bezpiecznika. Porażony zmarł.

#### Wnioski.

Wypadek ten stanowi przestrożę dla rutynowanych elektryków, aby nie liczyli zbyt na swe doświadczenie, nie lekceważyli niebezpieczeństwa i pamiętali o koniecznym zachowaniu ostrożności. Pamiętać też należy, że przy wysokim napięciu wszelka praca pod napięciem jest stanowczo zabroniona pojedynczemu pracownikowi, choćby posiadał najwyższe kwalifikacje.

#### 8. Zwykła oprawka zamiast lampy przenośnej (woj. łódzkie)

W fabryce włókienniczej robotnik P. użył jako lampy przenośnej — zwykłej metalowej oprawki z żarówką na napięciu 220 V.

Wskutek przetarcia się izolacji przewodu oprawka znalazła się pod napięciem, a trzymający ją robotnik, stojący w kałuży wody, uległ śmiertelnemu porażeniu.

#### Wnioski.

Według PNE—10, § 40, p. 16, w pomieszczeniach wilgotnych nawet na stałe zamocowane oprawki powinny być wykonane z materiału izolacyjnego, a ponadto zaleca się stosować kable obołowione lub przewody kabelkowe.

Nawet w pomieszczeniach suchych wolno używać ręcznych lamp przenośnych tylko w specjalnym wykonaniu według § 31, p. 1, PNE—10. W pomieszczeniach bardzo wilgotnych zabronione jest używanie lamp ręcznych na napięciu powyżej 42 V.

#### 9. Uszkodzona lampa przenośna (woj. krak.)

W zakładzie chemicznym robotnik K., pracując przy przepłukiwaniu soli, oświetlił cedzidło za pomocą przenośnej lampy ręcznej, przyłączonej do sieci o napięciu 220 V. Lampa nie miała klosza ochronnego.

Bryzgi roztworu soli oblały lampę, a wskutek braku klosza połączyły elektrycznie oprawkę lampy z ręką robotnika, trzymającą bakielitową rękojeść lampy.

Prąd przeszedł od oprawki przez rękę, ciało i nogi robotnika do ziemi. Pomimo pomocy udzielonej przez sa-

nitariuszkę zakładu, a wkrótce potem przez wezwanego lekarza, porażonego nie udało się przywrócić do życia.

#### Wnioski.

1) § 31, p. 1e, PNE—10, nakazuje, aby w pomieszczeniach wilgotnych używano lamp przenośnych na napięcie nie wyżej 42 woltów.

Są wszelkie dane do przypuszczeń że gdyby przepis powyższy był zastosowany, wypadek nie byłby śmiertelny.

Obecnie wydane przez SEP „Wskazania ogólne, jak uniknąć porażenia prądem elektrycznym“ zalecają stosowanie w miejscach wilgotnych lamp przenośnych na napięcie nie wyższe niż 24 V. Przy tym napięciu poważniejsze następstwa wypadku byłyby wykluczone.

2) Nie wolno posługiwać się sprzętem uszkodzonym. Zasada zdawałoby się jasna, lecz częste wypadki wynikłe z powodu jej niestosowania wskazują na konieczność pouczenia personelu przez kierownictwa działów elektrycznych.

#### 10. Silnik przy młockarni (woj. pomor.)

Elektrownia wypożyczyła rolnikom wóz transformatorowy do zasilania silnika elektrycznego młockarni.

Połączenie transformatora z siecią (15 000 V) i silnikiem młockarni (380 V) wykonał monter elektrowni, wydając polecenie rolnikowi obsługującemu młockarnię, aby po ukończonej pracy odłączył od transformatora przewody prowadzące do silnika.

Rolnik bądź źle zrozumiał polecenie, bądź też okazał zbyt gwałtowność, gdyż usiłował odłączyć transformator również od sieci 15 000 V. Wszedł w tym celu na dach wozu transformatorowego i zetknąwszy się z przewodami wysokiego napięcia, łączącymi transformator z wyłącznikiem umieszczonym na słupie, został śmiertelnie porażony.

#### Wnioski.

Już odłączenie przewodów, łączących silnik z transformatorem, było pracą pod napięciem, zwłaszcza niebezpieczną wobec bezpośredniego stykania się obsługującego z ziemią, monter więc nie miał prawa wydać rolnikowi takiego polecenia.

Według § 58 PNE—10 monter nawet sam nie powinien by tej czynności wykonywać pod napięciem, ponieważ mógł uprzednio całą instalację wyłączyć spod napięcia.

Z opisu widać także, że do połączenia transformatora z siecią użyto przewodów z izolacją uszkodzoną, skoro rolnik zetknąwszy się z nimi uległ porażeniu.

Wypadek ten szczególnie jaskrawo wykazuje, że niektórzy monterzy nie mają pojęcia o takich najprostszych i najbardziej elementarnych zasadach bezpieczeństwa pracy.

#### 11. Wiertarka w kopalni (woj. śl.)

W kopalni górnik G. chcąc jak zwykle połączyć ręczną wiertarkę elektryczną z przewodem w oponie gumowej, doprowadzającym prąd o napięciu 220 V, uległ porażeniu przy dotknięciu obudowy sprzęgła wtyczkowego.

Prąd przeszedł od sprzęgła przez ręce, ciało i nogi górnika — do ziemi.

Wezwany lekarz stwierdził śmierć porażonego.

Wypadek wydał się tym dziwniejszy, że do sprzęgła był doprowadzony przewód uziemiający, który powinien był zabezpieczać na wypadek przepięcia do obudowy sprzęgła.

Dopiero dokładne badania wykazały, że opona gumowa przewodu giętkiego przyłączonego do sprzęgła miała uszkodzenie niemal niewidoczne, które nie mogło być zauważone przy powierzchniowych oględzinach. Nieszczęśliwy zbieg okoliczności sprawił, że uszkodzenie to umożliwiło dostęp wilgoci właśnie do żyły uziemiającej, która stopniowo została przeżarta.

#### Wnioski.

§ 40, p. 12, PNE—17, nakazuje możliwie częste sprawdzanie stanu uziemienia urządzeń.

Uszkodzone uziemienie stwarza pozór zabezpieczenia tym niebezpieczniejszy, że obsługa liczy na zabezpieczenie i nie zachowuje szczególnej ostrożności.

#### 12. Praca pod napięciem 220 V w elektrowni (woj. szczec.)

W elektrowni monterowi M. powierzono usunięcie usterki, polegającej na tym, że metalowa bariera stykała

się z uszkodzonym przewodem prądowym i wskutek tego była pod napięciem 220 V względem ziemi.

Nie wiadomo czy odruchowo, czy też świadomie monter dotknął się ręką bariery i został porażony prądem, który przepłynął przez niego od bariery do ziemi.

Porażonego w stanie nieprzytomnym przeniesiono nacychmiast na noszach do szpitala, gdzie udzielona w kilkanaście minut po wypadku pomoc lekarska nie dała rezultatu.

#### Wnioski.

1) Jeszcze jeden wypadek lekceważenia niebezpieczeństwa, gdy chodzi o niskie napięcie.

Przypomnieć należy, że kierownik bierze na siebie odpowiedzialność za wypadek, gdy wyznaczy do wykonania pracy pod napięciem pracownika o niewystarczających kwalifikacjach i gdy zaniedba wskazania bezpiecznego sposobu wykonania pracy. Ponadto zgodnie z p. 4, § 38, PNE—10 należy także zaopatrzyć pracowników w potrzebne środki ochronne.

2) Przeniesienie porażonego do szpitala zamiast zastosowania pomocy odrazu na miejscu (PNE—9) mogło być przyczyną śmierci.

#### 13. Wykręcanie żarówek dla zabezpieczenia przed kradzieżą (woj. szczec.)

W hali fabrycznej zakładu chemicznego robotnik G. wykręcał po pracy żarówkę (220 V) celem zabezpieczenia ich przed kradzieżą.

Jedną z opravok wskutek przetarcia się izolacji stykała się z przewodem zerowym.

Robotnik trzymając tę oprawkę drugą ręką wykręcał żarówkę, a dotknąwszy się trzonką będącego jeszcze pod napięciem uległ porażeniu, ponieważ prąd przepłynął od trzonki żarówki przez ręce i ciało robotnika do oprawki i przewodu zerowego.

Pomimo zastosowania sztucznego oddychania wkrótce po wypadku — porażony zmarł.

#### Wnioski.

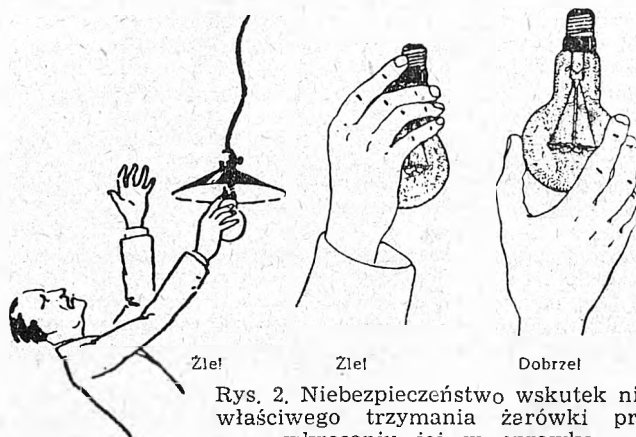
1) Wykręcanie żarówek w zakładach przemysłowych celem zabezpieczenia od kradzieży zostało zabronione okólnikiem Departamentu Ekonomiczno-Socjalnego M. P. i H.

2) Robotnik wykręcał żarówkę nie wyłączony uprzednio prądu.

3) § 28 PNE—10 nakazuje wykonanie opravok, aby uniemożliwione było dotknięcie trzonką żarówki pod napięciem przy jej wykręcaniu. Oprawka żarówki powinna być zaopatrzona w pierścień ochronny.

Ponadto według tegoż paragrafu gwintowana część oprawki powinna być połączona z przewodem zerowym.

Ponieważ bardzo wiele opravok zainstalowanych, jak również i sposób zainstalowania, nie odpowiada przepisom, a nie ma możliwości bezzwłocznego dostosowania się do przepisów, należy pouczyć personel, że przy wy-



Rys. 2. Niebezpieczeństwo wskutek niewłaściwego trzymania żarówki przy wykręcaniu jej w oprawkę

Z przedwojennego wydawnictwa Związku Elektrowni Polskich

kręcaniu trzeba trzymać żarówkę za balon szklany nie dotykając trzonką (ob. rys. 2), że prąd powinien być uprzednio wyłączony, a wykręcający żarówkę powinien być odizolowany od ziemi i nie stykać się z żadną masą metalową, która mogła mieć połączenie z ziemią.



# STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

wydawało

## Kalendarzyk Elektrotechniczny SEP

w opracowaniu prof. dra Bolesława Konorskiego

Wydanie VII, format A6, str. XX + 551, oprawa płócienna

**KALENDARZYK ELEKTROTECHNICZNY SEP** to mała encyklopedia techniczna niezbędna w każdej fabryce, biurze i szkole

**KALENDARZYK ELEKTROTECHNICZNY SEP** oddaje nieocenione usługi w pracy wszystkim inżynierom, technikom, monterom oraz młodzieży studiującej w szkołach technicznych

**KALENDARZYK ELEKTROTECHNICZNY SEP** — jest wydawnictwem niezbędnym dla każdego, kto interesuje się techniką w ogóle, a elektrotechniką w szczególności

Spis rozdziałów:

- A. Część ogólna i techniczna.** Tabele treści ogólnej. Tabele matematyczne. Miary i jednostki. Tabele fizyczne. Materiały. Tabele techniczne. Spalanie. Kotły parowe. Maszyny.
- B. Część elektryczna.** Oświetlenie. Podstawy elektrotechniki. Materiały. Przewody. Pomiary i aparaty pomiarowe. Maszyny i transformatory. Energetyka. Różne.

**Do nabycia w SEP i w większych księgarniach**

Cena łącznie z opakowaniem i przesyłką pocztową normalna	1 300 zł
ulgowa	1 000 zł

**Sprzedaż po cenach ulgowych wyłącznie przy zamawianiu w SEP:**

- dla członków SEP zwyczajnych, współdziałających i zbiorowych
- dla studentów-elektryków przy zbiorowych zamówieniach przez studenckie koła naukowe

Członek SEP lub student ma prawo do zakupu jednego egzemplarza po cenie ulgowej (członkowie zbiorowi SEP po jednym egzemplarzu na każdy tysiąc złotych składki miesięcznej)

Wpłata na konto P. K. O. I-1074 Stowarzyszenia Elektryków Polskich jest równoznaczna z zamówieniem. Na odcinku blankietu nadawczego należy napisać czytelnie dokładny adres zamawiającego oraz przeznaczenie wpłaty

NAKŁADEM  
**STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH**

Warszawa, Al. Stalina 27

wyszły z druku następujące wydawnictwa:

**KSIĄŻKI**

Cena z opakowaniem i przesyłką pocztową

**KALENDARZYK ELEKTROTECHNICZNY SEP** w opracowaniu prof. dra B. Konorskiego. Wydanie VII, format A6, str. XX + 551, oprawa płócienna . . . . . 1300 1000

**POLSKIE NORMY ELEKTROTECHNICZNE**

	normalna zł	ulgowa zł
PNE- 9 <b>Doraźna pomoc w wypadku porażenia prądem elektrycznym.</b> Wydanie VIII, str. II + 8 . . . . .	50	40
PNE-10 <b>Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego.</b> Wydanie III zmienione (przedruk), str. XX + 152	400	340
PNE-23 <b>Maszyny elektryczne.</b> Wydanie III, str. IX + 50 . . . . .	150	125
PNE-33 <b>Transformatory.</b> Wydanie III, str. VI + 50 . . . . .	150	125
PNE-39 <b>Tablice ostrzegawcze.</b> Wydanie IV zmienione, str. III + 10	50	40
PNE-50 <b>Grzejniki elektryczne.</b> Wydanie II, str. VI + 42 . . . . .	150	125

Sprzedaż po cenach ulgowych przy zamawianiu w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich:

- a) dla członków SEP zwyczajnych, współdziałających i zbiorowych,
- b) dla studentów-elektryków przy zbiorowych zamówieniach przez studenckie koła naukowe.

Członek SEP lub student-elektryk ma prawo do zakupu jednego egzemplarza każdego wydawnictwa po cenie ulgowej (członkowie zbiorowi SEP po jednym egzemplarzu na każdy tysiąc złotych składki miesięcznej).

**Książki i normy są do nabycia w SEP i we wszystkich większych księgarniach**

**TABLICE**

		Cena z opakowaniem i przesyłką
PNE- 9 <b>Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym</b> . . . . .		375
<b>Tablice ostrzegawcze według PNE/39-1947</b>		
emaliowane: wg wzorów 1A, 1B, 2A, 4A, 8A . . . . .		360
wg wzorów 3A, 5A, 6A, 6B, 7A, 7B . . . . .		290
litografowane tłoczone (na słupy drewniane): wg wzoru 2A . . . . .		65
wg wzoru 3A . . . . .		50

Opakowanie w postaci skrzyń drewnianych podlega zwrotowi do stacji kolejowej nadania przesyłki.

**PLAKATY**

		Cena bez opakowania i przesyłki zł
<b>Wskazania ogólne jak uniknąć porażenia prądem elektrycznym.</b> Plakat na kartonie bezdrzewnym 250 g, format 700 x 500, druk czarny na żółtym tle . . . . .		60

**Tablice i plakaty są do nabycia wyłącznie w SEP**

Wpłata na konto PKO I-1074 Stowarzyszenia Elektryków Polskich jest równoznaczna z zamówieniem. Na od-cinku blankietu nadawczego należy napisać czytelnie dokładny adres zamawiającego oraz przeznaczenie wypłat