

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Rok XXI.

21 Stycznia 1939 r.

Zeszyt 2.

Redaktor inż. WŁODZIMIERZ KOTELEWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

Naturalne drogi rozwojowe elektryfikacji *)

Inż. G. Sokolnicki
Profesor Politechniki Lwowskiej

Na tle powyższego rozpatrzmy teraz owe *naturalne drogi rozwojowe elektryfikacji*, jakie wynikają same przez się, jeżeli rozwój ten odbywa się stopniowo — w miarę, jak jego potrzeby dyktuje samo życie.

Naprzód więc, zawsze i wszędzie powstawały w miarę rosnącego zapotrzebowania *elektrownie lokalne*. Powstają one naprzód dla wielkich osiedli ludzkich i centrów przemysłowych. Stąd na ogół, im większe jest miasto, tym starszą dziś jest jego elektrownia. Z czasem coraz mniejsze miasta — w dobrze rozumianym interesie swych mieszkańców — zaczynają pożądać energii elektrycznej i realizować budowę zakładów elektrycznych. Postęp techniczny przyczynia się do tego, że coraz mniejszym miastom zaczyna się to opłacać. Nawet w Polsce nie wiele jest miast powiatowych, w których wybudowana z czasem sieć okręgowa nie zastałaby na miejscu elektrowni lokalnej, a istnieje wiele miast jeszcze mniejszych, które takie elektrownie miały lub jeszcze mają.

Z czasem z pośród tych elektrowni, niektóre — w większych miastach lub ośrodkach przemysłowych — rozrastają się do rozmiarów wybitnie wyróżniających je od pozostałych. Dla tych dużych elektrowni wynika stąd interes gospodarczy rozszerzenia zakresu swej działalności poza dotychczasowe granice i stworzenia sieci przewodów na cały okręg. Czasem zaczynają powstawać — przeważnie w oparciu o naturalne źródła energii, jako surowiec do produkcji, i o bogaty przemysł jako podstawę konsumpcji — specjalne elektrownie „okręgowe“, celowo rozbudowujące *sieci okręgowe*, celem zaopatrzenia za ich pośrednictwem w energię elektryczną miejscowości, nie posiadających jej dotąd wcale, celem zaopatrzenia w energię przemysłu istniejącego i powołania do życia nowego, oraz celem zlikwidowania istniejących na obszarze okręgu lokalnych elektrowni.

Zasięg sieci okręgowych rozszerzał się z czasem na coraz większe przestrzenie, rosły napięcia, rosły przesyłane moce, rosły przekroje przewodów — ale tylko do pewnej granicy, podyktowanej właśnie względami na gospodarność. W tym procesie rozwojowym dochodzi się bowiem, jak wyżej pokazano, do mocy tego rzędu, przy których nie tylko likwidacja istniejących elektrowni jest trudna, ale przy których niepodobna zapobiec powstaniu lokalnej elektrowni, gdyż ona może się opłacać lepiej, niż przesyłanie energii z elektrowni okręgowej. Moce tego rzędu leżą w granicach przelotności linii 60 kilowoltowych i dlatego właśnie linie wyższego napięcia do zasilania nie służą.

Zamiast tego rodzi się jednak nowy problem gospodarczy — *łączenia elektrowni* pomiędzy sobą celem usprawnienia gospodarki energetycznej, jak to wykazaliśmy wyżej. Łączą się między sobą elektrownie naprzód przewodami średniego napięcia — 15, 30 i 60 kV — zależnie od wielkości samych elektrowni oraz ich mocy — podwalinowych lub szczytowych, które mają być wymieniane. Aż wreszcie elektrownie osiągają moce setek tysięcy, a moce wymieniane — wielu dziesiątków tysięcy kilowatów. Wówczas napięcia średnie już nie wystarczają i powstają przewody i sieci najwyższych napięć: 100, 150 i 200 kV, które nie służą już do niczego innego, jak do rozwiązania problemu „państwowej gospodarki energetycznej“, tj. wymiany energii oraz wzmożenia rezerw. Te sieci najwyższych napięć stanowią na dziś ukoronowanie wszystkiego. Stanowią to pokrycie, na które przychodzi pora, gdy mury gmachu już stoją. I jeżeli kiedykolwiek ubolewaliśmy nad ubóstwem elektryfikacji Polski, wskazując na puste miejsce na mapie europejskich sieci najwyższego napięcia, to zawsze tylko w nadziei doczekania się wreszcie pracy od podstaw, tj. stworzenia takich warunków, które naturalną ewolucję umożliwią i przyspieszą, ale z pewnością *nie gwoździ zaspokojenia ambicji zakreskowania pustych miejsc na mapie bez gospodarczego sensu*.

Przyjrzyjmy się wyżej opisanej ewolucji elektryfikacji okręgowej na przykładach i weźmy dla przykładu sieć Lwowską (Z. E. O. L. = Zakład Elektryczny Okręgu Lwowskiego) — przedstawioną na rys. 9 i już w $\frac{3}{4}$ wykonaną. Można się w niej spodziewać w przybliżeniu, z zaokrągleniem, na linii:

Lwów — Rawa Ruska z odgałęzieniami do Mostów i Kamionki — do 600 kW obciążenia ze środkiem ciężkości na 35 km;

Lwów — Jaworów z odgałęzieniem do Gródka, bez uwzględnienia zapotrzebowania Zakładów Wodociągowych m. Lwowa w Woli Dobrostańskiej i Karaczynowie — do 500 kW obciążenia, ze środkiem ciężkości na 40 km;

Lwów — Lubień — Komarno — Rudki — do 150 kW, ze środkiem ciężkości na ok. 30 km;

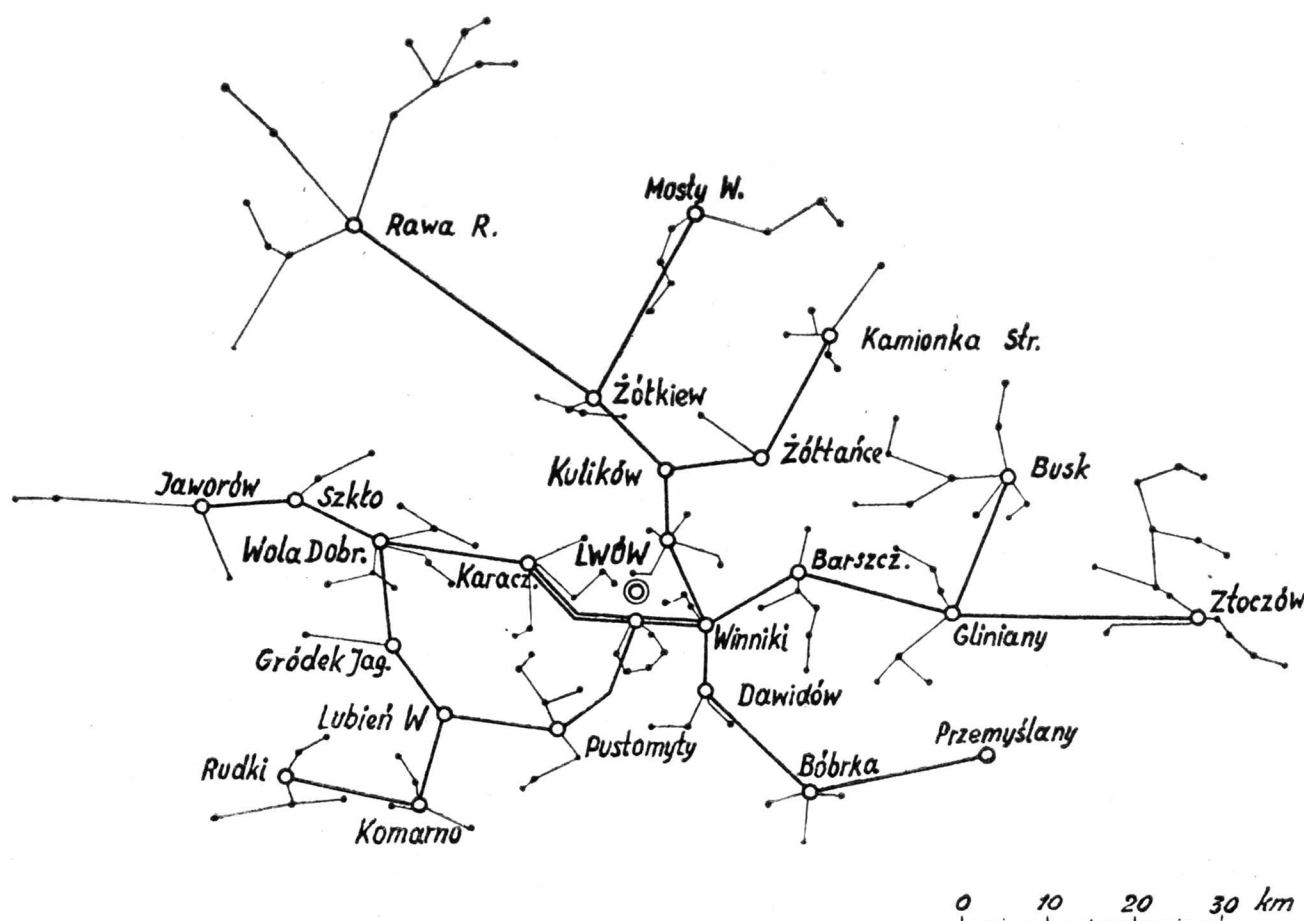
Lwów — Winniki — Przemyślany — do 400 kW, ze środkiem ciężkości na ok. 30 km;

Lwów — Złoczów, z odgałęzieniem do Buska — do 800 kW, ze środkiem ciężkości na ok. 50 km.

Czas użytkowania na tych liniach wynosi przeważnie ok. 2000 h. Koszty przesyłania — na podstawie wykresu przedstawionego na rys. 4 — wynoszą lub wynosić będą od 7 gr. na kWh w kierunku na Złoczów do

*) Dokończenie artykułu do str. 7 „P. E.“ Nr. 2 r.b

18 gr. w kierunku na Przemyślany. Linii na Komarno i Rudki nie bierzemy pod uwagę, gdyż tworzy ona przez Gródek i Wolę Dobrostańską zamknięty pierścień gwoili rezerwy dla zakładu wodociągowego w Woli Dobrostańskiej i jako taka powinna podlegać odrębnej kalkulacji. Zaznaczam, że powyższe cyfry reprezentują znów jedynie „rzęd wielkości“, gdyż ścisła kalkulacja wykazałaby pewne różnice.



Rys. 9.

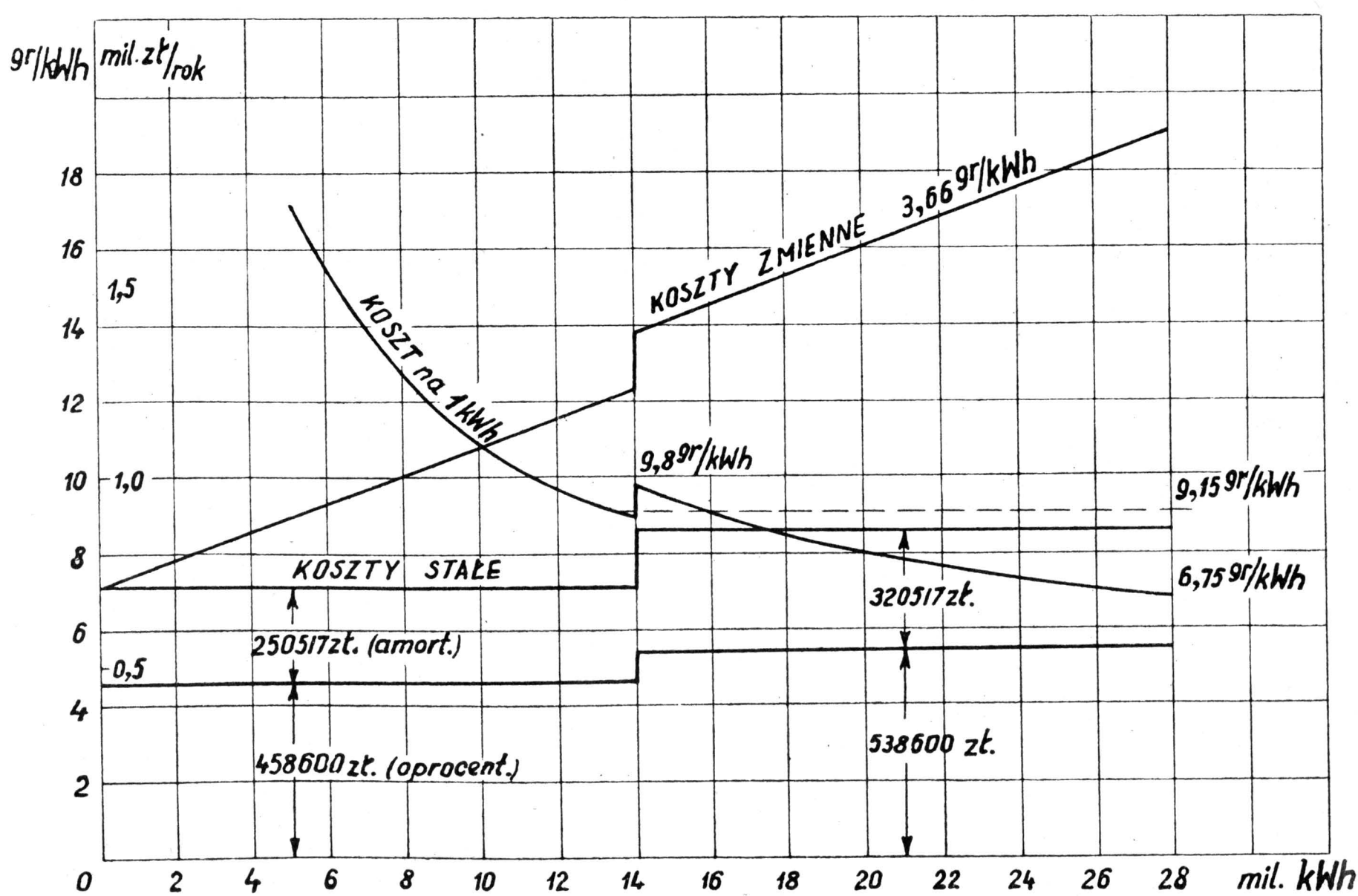
Schemat sieci Lwowskiego Okręgu Elektryfikacyjnego.

Otóż w powyższych warunkach nie byłoby już mowy o powstaniu jakiegokolwiek nowej elektrowni, gdyby jej gdziekolwiek nie było. Elektrownia Lwowska, która tę sieć okręgową zasila, ma obciążenie szczytowe około 12 000 kW i czas użytkowania ok. 4 000 h, a zatem, jak widać z rys. 3, koszty wytwarzania, średnio, rzędu 7 gr./kWh. Różnica między kosztami wytwarzania w małych elektrowniach po 100 do 200 kW, jakie tu mogą wchodzić w rachubę, a kosztem 7 gr./kWh, będzie prawie zawsze większa, niż koszty przesyłania, a gdyby nawet większa nie była, to miasto będące odbiorcą, przy rozważaniu obu alternatyw — budowy własnej elektrowni oraz pobierania prądu z sieci — musi mieć na uwadze, że do wybudowania elektrowni musiałoby zaciągnąć znacznie większą pożyczkę, niż do budowy samej tylko sieci, i że pobierając prąd z elektrowni okręgowej, posiada niemal nieograniczoną możliwość rozwoju, bez troski o przyszłe rozszerzenia zakładu, bez ryzyka związanego z ruchem itd.

Nieco gorzej jest z likwidacją istniejących zakładów elektrycznych. Na mapce przedstawionej na rys. 9 prawie wszystkie oznaczone miejscowości, z wyjątkiem 5-ciu lub 6-ciu, posiadały lub posiadają swoje elektrownie. W celu zlikwidowania każdej z nich trzeba dostarczyć energię za cenę niższą lub co najwyżej równą kosztom, które odpadłyby po przyłączeniu do sieci okręgowej wskutek zatrzymania ruchu elektrowni. Są to już jednak tylko koszty paliwa, smarów oraz innych materiałów pędnych, a także częściowo obsługi urządzeń. W sumie wynoszą one zazwyczaj od 10 do 20 gr./kWh. W

wielu przypadkach okazać się może, że trudno dostarczyć za tę cenę prąd odbiorcy, ale i wówczas — mimo wszystko — zakład okręgowy decyduje się na ustępstwo, bądź to licząc, że z czasem na tej samej linii przybędą mu inni odbiorcy — może z lepszymi cenami — wskutek czego „jakoś to będzie“, bądź też, licząc na znaczny przyrost konsumpcji w danym mieście po przejściu z własnego wytwarzania, zahamowanego zazwyczaj brakiem środków, na pobór prądu z sieci (co zwykle się sprawdza), albo też wreszcie, uciekając się do pewnej sofistyki w rozumowaniu. Mianowicie elektrownia okręgowa kalkuluje na podstawie obliczenia, wiele jej kosztów przybędzie wskutek przyłączenia takiego odbiorcy, i zadawała się taką ceną, którąby przynajmniej pokryła te koszty z drobną nadwyżką. Koszty te sprowadzają się zazwyczaj do kosztów samego paliwa, cena więc wypada bardzo niska; z taką kalkulacją trzeba być jednak bardzo ostrożnym, bo po pierwsze koszty kapitału, pominięte przy niej zupełnie, obciążają wtedy niesłusznie wszystkich innych odbiorców, po wtóre zaś — zbyt daleko idące obniżenie ceny stwarza niebezpieczny precedens.

Im większa jest elektrownia, kwalifikująca się na zlikwidowanie, tym większe są trudności z tą likwidacją, a to z powodu coraz tańszych kosztów wytwarzania oraz coraz to mniejszych korzyści, jakie miasta odnoszą z przyłączenia się do sieci okręgowych. Granica jest tu całkiem indywidualna. Zależy ona od wielkości danej elektrowni oraz jej środków technicznych — w szczególności zaś od rodzaju napędu (motory ropowe, czy parowe) z jednej strony, a odległości od elektrowni okręgowej — z drugiej strony. W sieci okręgu lwowskiego nie ma takiej elektrowni, której likwidacja byłaby całkiem niemożliwa. Jakkolwiek bowiem można np. przewidywać pewne trudności z przyłączeniem elektrowni w Złoczowie,



Rys. 10.

Wykaz kosztów wytwarzania elektrowni o mocy zainstalowanej 7000 kW.
 $P_s = 3\,500\text{ kW}$; $P_i = 7\,000\text{ kW}$; $A = 14\,000\,000\text{ kWh}$; $T = 4\,000\text{ h}$.

która jest największa w tym okręgu, to jednak jest to elektrownia o napędzie dieslowym, a w takiej elektrowni same koszty paliwa są już dość wysokie. Sięgnijmy więc dla przykładu do elektrowni jeszcze nieco większej z napędem parowym, aby wykazać, że elektrownia ta przekracza już granicę, przy której likwidacja byłaby możliwa.

Stosunki, dotyczące kosztów wytwarzania w takiej elektrowni, przedstawia wykres na rys. 10. Odnosi się on do elektrowni parowej o mocy szczytowej około 3 500 kW przy czasie użytkowania tej mocy ok. 4 000 h, co odpowiada produkcji około 14 mio kWh. Jak widać z wykresu, średnie koszty wytwarzania w tych warunkach wynoszą 9,15 gr/kWh. Koszty, które odpadłyby w razie przyłączenia miasta do elektrowni okręgowej, wynoszą zaledwie około 3 gr/kWh, w najlepszym zaś razie — gdyby uwzględnić także jeszcze zmniejszenie kosztów amortyzacji, przyjmując, że urządzenia elektrowni unieruchomionej mogą być wówczas wolniej amortyzowane — 4,1 gr/kWh. Otóż za tę cenę, z uwzględnieniem kosztów przesyłania energii na odległość kilkudziesięciu kilometrów, nawet znacznie większa elektrownia okręgowa dostarczyć prądu nie jest w stanie. Z tego wynika, że taka elektrownia zlikwidować się już nie da, i daleko lepiej opłaci się ustawić w niej nowy zespół maszynowy na przewidzianym już do tego celu miejscu. Pociąga to za sobą na razie tylko nieznaczne podwyższenie średniego kosztu wytwarzania na 9,8 gr/kWh, ale czyni za to elektrownię zdolną do produkowania aż 28 mio kWh, przy której to produkcji średni koszt wytwarzania spadnie już do 6,75 gr/kWh.

Taka więc elektrownia *naturalnym* biegiem rzeczy *zlikwidować się nie da*. Może ona być zlikwidowana chyba w imię wyższych celów, w imię pewnego programu, pewnego planu elektryfikacji Państwa. Ale i to nawet nie wtedy, jeżeli pracuje nieekonomicznie, gdyż i wówczas wytrzymałaby ona jeszcze konkurencję z przesyłaniem, a poza tym mogłaby stopniowo urządzenia swe modernizować. Lecz wtedy nadawałaby się ona do zlikwidowania, gdyby warunki jej rozwoju były niedostateczne. Trzeba bowiem wiedzieć, że odpowiednie miejsce pod budowę elektrowni oraz odpowiednie bezbłędne jej założenie, to nie są warunki codziennie spotykane. Można obejść kilka powiatów i można nie znaleźć odpowiednich warunków pod budowę dużej elektrowni, podobnie, jak można obejść dziesiątki elektrowni, nie zobaczywszy żadnej, która byłaby założona zupełnie bez błędu.

Mimo, że powyższa elektrownia nie może być zlikwidowana, to jednak *może ona być* połączona przewodami wysokiego napięcia z elektrownią okręgową, ale to już dla innych korzyści, o których wyżej była mowa: dla usprawnienia gospodarki energetycznej — przez odpowiedni podział obciążenia między obie elektrownie.

Jeżeli chodzi o granicę, przy której — nawet w razie istnienia elektrowni okręgowej — założenie w jakiejś miejscowości okręgu elektrowni lokalnej może się lepiej opłacić, niż doprowadzenie linii zasilającej, to i ta granica jest indywidualna. Zależy ona, naturalnie, w pierwszym rzędzie od wielkości potrzebnej mocy, a stąd od wysokości napięcia przesyłowego. Weźmy znów dla przykładu odbiór 3 500 kW i około 10 mio kWh w odległości 80 km od elektrowni okręgowej — niezbyt wielkiej, o mocy zainstalowanej około 20 000 kW, ale produkującej bardzo tanio — z powodu korzystnego czasu użytkowania mocy szczytowej ok. 6 000 h. Do przesyłania takiej mocy na odległość 80 km napięcie 30 kV, jak widać z wykresu na rys. 4, już nie wystarcza, wystarczyłoby natomiast 60 kV. Linia przesyłowa o tym napięciu wraz ze stacją transformatorową na końcu kosztowałaby ok. 1 500 000 zł. Koszty przesyłania w wysokości 13% wraz ze stratami wyniosłyby przy 10 milionach kWh odbioru rocznie około 2 gr/kWh. Jeżeli wspomniana elektrownia okręgowa mogłaby oddawać prąd po 4 gr/kWh, to łączny koszt prądu

wraz z przesyłaniem loco miejsce odbioru wyniosłby 6 gr/kWh, w przeciwstawieniu do ca 9 gr/kWh kosztów własnych wytwarzania w nowej elektrowni lokalnej, wybudowanej na moc 3 500 kW z odpowiednią rezerwą. W tym przypadku zatem lepiej opłaciłoby się przesyłanie.

Gdybyśmy jednak chcieli zasilać powyższy odbiór linią o napięciu przesyłowym 150 kV, to koszt linii ze stacją transformatorową na końcu wyniosłby już ok. 6 000 000 złotych, zaś koszt przesyłania na jednostkę pracy — ok. 8 gr/kWh. Wraz z kosztami wytwarzania prądu dawałoby to cenę prądu loco miejsce odbioru w wysokości ok. 12 gr/kWh, czyli *drożej*, niżby się kalkulował prąd wytwarzany w lokalnej elektrowni. I nawet w przypadku, gdyby kosztu linii nie liczyć, (o ile miałaby ona np. przechodzić przez daną miejscowość do dalszego jakiegoś punktu) nie opłaciłoby się dla tak małego odbioru 3 500 kW — w stosunku do wysokości napięcia przesyłowego — budować w owym miejscu stacji transformatorowej, gdyż sama taka stacja na 150 kV kosztowałaby nie mniej, niż linia na 60 kV *wraz* ze stacją na to napięcie, a straty w transformatorach na 150 kV będą przecież, już przez sam wzgląd na wielkość tych transformatorów, niepomierne większe.

Poznaliśmy wyżej przeciętne warunki, w których elektryfikacja okręgowa opłaca się, oraz te wypadki krańcowe, w których może się nie opłacać likwidowanie istniejącej elektrowni, lub nawet może się opłacać założenie nowej, dużej elektrowni *lokalnej*.

Mogą być jednak przypadki, w których opłaca się nawet *założenie małej elektrowni lokalnej* — mimo że elektrownie tego typu produkują prąd *b. drogo*.

Są to przede wszystkim przypadki mogące się zdarzyć w wyniku obowiązków, podyktowanych przez uprawnienia elektryczne. Uprawnienia nasze na zakłady okręgowe uzależniają obowiązek elektryfikowania miejscowości od *liczby* mieszkańców, nie liczą się natomiast wcale z gęstością osiedli. Obowiązek elektryfikowania rozciągał się dawniej na miejscowości od 3 000 mieszkańców w górę. W ostatnich czasach jednak wydane zostały uprawnienia z obowiązkiem elektryfikowania jeszcze mniejszych osiedli. Przy takim wymaganiu łatwo zdarzyć się może, że koszty przesyłania wyniosą — w razie dużej odległości danej miejscowości od ośrodka wytwarzania — 50 gr. i więcej na 1 kWh. W takich wypadkach — przy małej żywotności tego rodzaju osiedli — nie ma nawet żadnych widoków na „jakoś to będzie“ i przedsiębiorstwu elektryfikacyjnemu musi się lepiej opłacać założenie na miejscu małej elektrowni lokalnej, aniżeli prowadzenie długiej linii przewodów zasilających. To też całe szczęście, że uprawnienia przewidują prawo takiego załatwienia sprawy. Elektrownia lokalna może przynajmniej w ciągu pewnego czasu przygotować teren, a jednocześnie zamortyzować się. Ten okres czasu można przyjmować na lat 10 do 15-tu i w ciągu tego okresu konsumpcja może na tyle wzrosnąć, że w końcu i przesyłanie może się zacząć opłacać.

Może się jednak zdarzyć, że cały teren jest tak ubogi — bez przemysłu, rzadko i słabo zaludniony — że wypadałoby na powyższych zasadach budować same elektrownie lokalne. Wówczas *elektryfikacja okręgowa w ogóle nie ma żadnej racji bytu*. Niezmiernie trafnie piszą o tym Glunk i Schönberg w dziele pt. „Landeselektrizitätswerke“:

„Techniczne warunki dla osiągnięcia dowolnego stopnia elektryfikacji istnieją niemal w każdym kraju, bo zarówno osiągalna wielkość elektrowni, jak i osiągalne dziś napięcia wystarczą we wszystkich praktycznych przypadkach. Nie w każdym jednak kraju istnieją te gospodarcze warunki, które pozwalałyby przeprowadzić z powodzeniem elektryfikację w określonych rozmiarach. Te warunki gospodarcze dotyczą: gęstości odbioru, stopnia uprzemysłowienia, rodzaju i rozmieszczenia będących do dyspozycji źródeł energii. Kraj o małej gęstości zaludnienia, o daleko od siebie rozrzuconych osiedlach, o mało rozwiniętym przemyśle, może być nawet przy planowo zakładanej elektryfikacji zaopatrzony w energię tylko przez elektrownie lokalne, jeżeli przewody elektrowni okręgowych wypadłyby w stosunku do gęstości konsumpcji tak drogie, że nie opłacałaby się ich eksploatacja“.

W naszych stosunkach cały wschód kraju, słusznie nie objęty podziałem na okręgi elektryfikacyjne, *nie dojrzał jeszcze do elektryfikacji okręgowej*. Ale i na terenie objętym okręgami są okolice tak ubogie, że jeżeli ma na nich w ogóle powstać elektryfikacja okręgowa, to trzeba się zastanowić nad środkami zmierzającymi do obniżenia kosztów przesyłania. Przy małych odbiorach najskuteczniejszym środkiem do celu wiodącym jest obniżenie napięcia, przy którym obniżamy zdolność przesyłową linii w stosunku kwadratowym, koszt zaś samej linii — w stosunku znacznie większym, niż np. przy zmniejszaniu przekroju.

Dlatego to nie uważam, aby koniecznym warunkiem elektryfikacji była *jednolitość napięć* we wszystkich okręgach — oczywiście, w granicach napięć normalnych. Jest u nas miejsce zarówno na 15 kV (i to przeważnie), jak i na 30 kV, i nawet na 60 kV, które to napięcie trzeba uważać za najwyższe średnie. Zresztą na każde wyższe napięcie musi być z czasem miejsce, gdy przyjęte napięcie przestanie wystarczać. Wówczas trzeba będzie tworzyć dla sieci 15- i 30-kV-owych punkty zasilające przy pomocy napięcia 60 kV. Na razie jednak nam to nie grozi, gdyż napięcie 30 kV przyjęte w większości okręgów jest, jak na nasze stosunki, raczej za wysokie, i widzimy z wykresu rys. 4, że, rozbudowując sieci na to napięcie, stwarzamy wielką rezerwę.

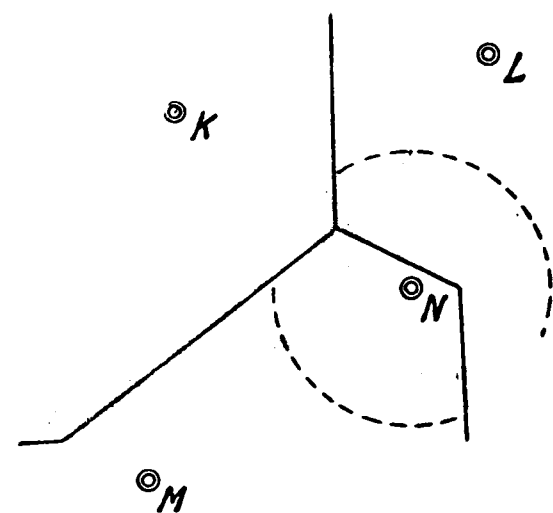
W powyższym opisie rozwoju elektryfikacji okręgowej został pominięty, a raczej zaledwie tylko dotknięty, problem *powstawania i rozwoju okręgów elektryfikacyjnych*, wielkości tych okręgów oraz potrzeby okręgów w ogóle. Zagadnienie to wymaga, aby mu poświęcono osobny rozdział.

Potrzeba okręgów wynika z potrzeby wyłączności sprzedaży energii i została u nas prawnie uregulowana. Myliłby się jednak ten, ktoby twierdził, że jest to kwestia czysto prawna. Przeciwnie, jest to kwestia przeważnie *techniczno-gospodarcza*. Sama potrzeba monopolu i podziału na okręgi wynika przecież nie z czego innego, jak z tych właśnie trudności technicznych i gospodarczych, jakie wynikały np. w Niemczech oraz gdzieindziej — tam, gdzie monopolu nie było, z wzajemnego przenikania się sieci wysokiego napięcia, z wyłapywania sobie wzajemnie najkorzystniejszych odbiorców przy pozostawianiu mało korzystnych bez zaopatrzenia. Co z tego, że w tych warunkach ceny energii były może niskie, skoro elektryfikacja nie była powszechna. Wprowadzenie z góry planowego podziału na okręgi oraz wyłączności sprze-

daży na obszarze określonych okręgów — to jest jedyna zdobycz, z której — możemy powiedzieć — w porównaniu z Zachodem korzystamy na naszym zacofaniu; możemy powiedzieć, że korzystamy tu z doświadczeń Zachodu. Będzie jednak z tego korzyść zupełna pod jednym tylko warunkiem: jeżeli rozporządzenie o okręgach nie będzie wykonywane sztywno, jeżeli nie będziemy trzymać się go niewolniczo, przed czym przestrzegała zresztą już w swoim czasie Komisja Gospodarki Elektrycznej przy Polskim Komitecie Energetycznym. W szczególności powstawanie nowych przemysłów oraz nowych elektrowni w ich siedzibie powinno zmuszać do zastanowienia nad celowością granic ustalonych dla okręgów elektryfikacyjnych oraz nad potrzebą ewentualnej ich zmiany.

Jak już zaznaczyliśmy, podział na okręgi nie jest tylko kwestią prawną, kwestią takiego czy innego uprawnienia, takich lub innych ulg podatkowych. Wielkość okręgu elektryfikacyjnego jest podyktowana wysokością obranego dlań napięcia przesyłowego, wielkością i oddaleniem spodziewanych odbiorów; kształt okręgu — położeniem zasilającej go elektrowni, które powinno być możliwie centralne. Może kilka okręgów należeć do jednego uprawnienia i może nawet jeden okręg zostać podzielony między dwóch uprawnionych — granicą, podyktowaną względami technicznymi, — byle tylko nie następowało bezplanowe, ale podyktowane koniecznością życiową, mocniejszą nad wszystkie prawa, przenikanie sieci z jednego okręgu w drugi, gdyż wówczas już powstanie chaos.

Drobny przykład — na podstawie szkicu uwidocznionego na rys. 11 — może to potwierdzić. Trzy elektrownie, **K**, **L** i **M** niech stanowią centra trzech sąsiadujących ze sobą okręgów, których granice przedstawiają linie ciągłe. Niech nad granicą okręgu **M** wyniknie konieczność wybudowania dużej elektrowni okręgowej **N**. Wówczas ta ostatnia elektrownia z konieczności stanie się ośrodkiem



Rys. 11.

Przykład sytuacji elektrowni i granic okręgów.

nowego okręgu o granicach oznaczonych mniej-więcej liniami kreskowanymi. O ile kwestia ta nie zostanie prędzej czy później uregulowana prawnie, — ureguluje ją samo życie, bo przecież nie dopuści ono chyba do takiego np. nonsensu gospodarczego, aby odbiory położone w okręgu **L**, pod samym bokiem elektrowni **N**, były zasilane z **L**, a nie z **N**. Przeciwnie, gospodarcze i techniczne korzyści zadecydują o tym, że wszystkie odbiory — szczególnie zaś duże — położone bliżej od **N** niż od **L**, będą zasilane z **N**. Może się to stać na podstawie umów prywatno - prawnych między elektrowniami **M** i **L**, będzie jednak tworzyło chaos, gdyż energia z **N** musi być wówczas sprzedawana na rachunek **L**. Domaga się więc ta sprawa wyznaczenia granic nowego okręgu **N**, który wraz z okręgiem **M** może mieć jednego gospodarza, może być złączony z okręgiem **M** linią najwyższego napięcia, ale powinien stanowić osobną techniczną całość dla sieci napięcia średniego.

Ze wszystkiego, co powiedziano wyżej, wynika, że racjonalna, stopniowa ewolucja elektryfikacji opiera się na *gospodarczych korzyściach*, z nich czerpie ona swój program, na nich buduje swe powodzenie. Korzyści gospodarcze — to źródło wzrostu zamożności zarówno odbiorców, jak i dostawców energii. Prowadzą one do po-

tania produkcji i rozdziału energii, a przez to do obniżenia cen tej energii. Pociąga to za sobą znów pozyskanie większej liczby odbiorców, wzrost produkcji, dalsze jej potanie — i tak w koło. I można powiedzieć, że na *naturalnej drodze ewolucyjnej* wszystko kończy się na *zdobywaniu odbiorców* — tak, jak na nim się zaczęło. W rozmyślaniu nad środkami sprzyjającymi tej naturalnej ewolucji — mimo woli — przychodzi na myśl dykteryjka o pewnej koronowanej osobie, która, zachwycona pięknymi trawnikami angielskimi, i pragnąc je mieć równie piękne w swej stolicy, zapytała nadwornego ogrodnika, co robić, aby takie piękne trawniki wyhodować. Odpowiedź brzmiała: „trzeba je strzyc przez lat 300!“.

Odpowiedź królewskiego ogrodnika da się zastosować *mutatis-mutandis* i do naszej elektryfikacji. Jeżeli mnie dziś kto zapyta, co trzeba zrobić, aby tę elektryfikację — zacofaną w stosunku do Zachodu o lat 30 — rozwinąć, odpowiem: trzeba przez lat 30 *zdobywać konsumentów*, nie gardząc żadnym — od zakładów przemysłowych począwszy, a kończąc na drobnych sklepikach spożywczych z jedną żarówką, warsztatach szewskich i izbach robotniczych. Jaka to jest robota — o tym wiedzą najlepiej ci, którzy się jej oddają. Tę szarą robotę dnia codziennego znają przede wszystkim elektrownie i to w pierwszym rzędzie prywatne, one bowiem najdawniej u nas zrozumiały znaczenie propagandy i racjonalizacji taryf. Zrozumienie to przenika jednak coraz głębiej i zatacza, na szczęście, coraz szersze kręgi.

Oczywiście, że owoce tej pracy można przyspieszyć, albo i opóźnić, drogą sztucznych zabiegów, podobnych do sztucznego naświetlania roślin w celu przyspieszenia ich wzrostu. *Nie można tylko żadnego z etapów ewolucyjnych przeskoczyć* — nie można budować dachu, nie postawiwszy zrębów. Tam, gdzie konsumpcja jest miniaturą, wszystko musi być miniaturą: i elektrownie, i napięcia, i sieci. Nie można przy miniaturowej konsumpcji stosować maksymalizmu w napięciach. Dlatego właśnie Gdynia z Gródkiem, Jaworzno z Krakowem, Łaziska zaś z Chorzowem połączone są przewodami 60 kV i to na razie wystarcza — podobnie, jak wystarczyłoby ze względów gospodarczych zamknięcie przewodami najwyższego napięcia jednego tylko koła: Zagłębie Węglowe — Łódź — Warszawa — Starachowice — Mościce — Kraków. Dalszy ciąg jest już zapoczątkowany linią Mościce — Nisko, ale winienby nastąpić dopiero po zdecydowaniu sytuacji nowych wielkich elektrowni okręgowych — na podstawie ogólnego projektu elektryfikacji Państwa.

Jeżeli zaś o to chodzi, jakie sztuczne zabiegi mogą przyspieszyć rozwój elektryfikacji oraz rozbudowę sieci najwyższego napięcia z punktu widzenia potrzeb gospodarczych, to można krótko powiedzieć: wszystko, co *bezpośrednio lub pośrednio przyczynia się do wzrostu konsumpcji*, jest w tym celu dobre, wszystko zaś, co ją hamuje — jest złe.

Z tego punktu widzenia elektryfikację rozwijają:

1) *Rozbudowa istniejących elektrowni*. Podaż musi być zawsze i wszędzie większa niż popyt i elektrownie, mające szanse rozwoju, winny być stale raczej za duże, niż za małe. Za duża bowiem elektrownia stanowi bodziec dla kierownictwa do zwiększenia akwizycji — w celu jak najrychlejszego wyzyskania elektrowni i poprawienia przez to jej rentowności, podczas gdy elektrownia za mała staje się przyczyną ospałości akwizycji lub nawet celowego jej zahamowania, jak to obserwujemy, niestety, od dawna w małych i średnich elektrowniach miejskich.

2) *Budowa elektrowni nowych* — szczególnie na terenach, w których powstaje i rozwija się nowy przemysł,

jak również na tych terenach, na których elektrownie lokalne nie spełniają należycie swego zadania i brak jest jeszcze elektryfikacji okręgowej.

3) *Szanowanie rezerw*. Nie wyzyskiwanie ich i nie „wyzwalanie“, bo ich mamy raczej za mało, a stare maszyny, które przeważnie stanowią te rezerwy i tak nie powinny być brane w rachubę przy eksploatacji. Zakaz usuwania starych elektrowni lokalnych, zlikwidowanych wskutek elektryfikacji okręgowych, — chociaż to ostatnie z innych już względów, nie mających z gospodarnością nic wspólnego.

4) *Powierzanie sprzedaży detalicznej w fachowe ręce*, tj. w ręce zawodowych spółek, trudniących się — pod kierunkiem wypróbowanych fachowców — sprzedażą energii, co przecież trzeba umieć robić.

5) *Ratowanie* tym sposobem nielicznych jeszcze miejscowości, nie posiadających elektryfikacji, *przed niefachową gospodarką* samorządową w detalicznej sprzedaży.

6) *Rozwijanie* jak najintensywniejszej *propagandy* oraz utrzymywanie w tym celu fachowych akwizytorów, a zarazem znawców taryfowych, przy każdym większym przedsiębiorstwie elektryfikacyjnym.

7) *Rozbudowa sieci okręgowych*, z zachowaniem jednak właściwej miary co do zasięgu. W szczególności, jeżeli kryterium co do obowiązku elektryfikowania ma stanowić nadal liczba mieszkańców miejscowości, — co nie uważam zresztą za słuszne — to nie można iść za daleko z wymaganiami w tym względzie. Znam przypadek, w którym dla zadośćuczynienia wymaganiu elektryfikowania miejscowości już od 1 000 mieszkańców w górę (zamiast od 3 000) potrzeba było około 30% kapitału, mianowicie 1½ miliona złotych więcej, a zyskiwało się z tych miejscowości ogółem około 200 000 kWh rocznie. Tym sposobem same koszty przesyłania energii do tych drobnych miejscowości zostały obciążone — licząc 13%, jako stałe koszty przesyłania — kwotą około 1 zł. na kWh.

8) *Odpowiednie taryfy*. Nie zawsze mogą one być od razu niskie, ale muszą być odpowiednie, tj. muszą dawać korzyści odbiorcom istotnie korzystnym ze względu na duży czas użytkowania mocy, a ponadto muszą być dla odbiorców względnie zrozumiałe. Konsument musi raz wreszcie zrozumieć, że samo inkaso i odczytywanie liczników kosztuje przedsiębiorstwo do 20 zł. rocznie na jednego konsumenta, co stanowi dla konsumenta, zużywającego 50 kWh rocznie, 40 gr/kWh, dla takiego zaś, który zużywa 2 000 kWh rocznie — 1 gr/kWh.

9) *Współdziałanie przemysłu elektrotechnicznego z elektrowniami* w kierunku propagandy. O to, oczywiście, przemysł nie trzeba prosić, bo przemysł rozumie to dobrze we własnym interesie i stanowi naturalnego akwizytora dla elektrowni. Nie zawsze jednak rozumieją to elektrownie — zwłaszcza zaś samorządowe — i nieraz można się spotkać z niechęcią Zarządów Miejskich lub nawet kierowników elektrowni miejskich do zabiegów akwizycyjnych przemysłu elektrotechnicznego w kierunku pozyskania odbiorcy na sprzęt elektryczny, a tym samym i na energię.

10) *Współdziałanie hurtowych odbiorców*, np. lokalnych sieci miejskich, z *dostawcami energii*, tj. z elektrowniami. Przy odbiorze hurtowym interes odbiorcy i dostawcy jest wspólny: pozyskanie jak największej liczby odbiorców, a przez to powiększenie odbioru. Korzysta na tym elektrownia, korzysta też i miasto i to nie tylko przez to, że zarabia na każdej sprzedanej kWh, ale także i dlatego, że najczęściej korzysta z degresyjnej taryfy.

Niestety, niejednokrotnie wspólny ten interes jest przez hurtowego odbiorcę zapoznawany. Dąży on najczęściej do zwiększenia swych dochodów przede wszystkim przez obniżenie ceny zakupu energii w drodze targu, co przyczynia się tylko do powstawania rozdzźwięków między nim a dostawcą oraz do zapoznania wspólnego środka, któryby prędzej do celu doprowadził.

Wszystko, o czym mowa była wyżej, dotyczyło techniczno-gospodarczych warunków elektryfikacji — z punktu widzenia największych gospodarczych korzyści. Na zakończenie poruszę jeszcze jeden problem, którego dotąd, przyznaję, nie dotykałem celowo, bo wymagałby on specjalnego ujęcia fachowego, i to nie w publicznej dyskusji, — *problemu obronności Państwa*.

Oczywiście, pod tym kątem widzenia można, i czasem trzeba, robić różne nonsensy gospodarcze — podobnie, jak nonsensem gospodarczym jest np. utrzymywanie wielkich armij pod bronią. Można jednak godzić częściowo względy obronności z względami gospodarczymi. Niemcy np., mający już elektryfikację okręgową, zwiększają w celach obronnych rezerwy maszynowe w elektrowniach i budują masowo elektrownie lokalne. Oba te środki wiążą się i u nas z postulatami gospodarczej natury.

Można jednak budować także linie najwyższych napięć bez gospodarczego uzasadnienia, a jedynie dla oszczędzenia wagonów kolejowych podczas wojny oraz dla sprowadzania w takim przypadku energii z innej strony, nie objętej w danym razie pożogą wojny. Jeżeli już jednak w celach zwiększenia obronności Państwa takie linie mają być budowane, to trzeba mimo wszystko szukać najbardziej gospodarczego ich zaprojektowania i założenia. Fakt, że bezpośrednio koszty utrzymania linii nie są duże, każe przeważnie zbyt łatwo zapominać o kosztach pośrednich i o kosztach amortyzacji. Jeżeli jakaś linia na 150 kV kosztowała np. 10 000 000 zł., to chociażby bezpośrednie wydatki na jej utrzymanie nie przekraczały 100 000 zł. rocznie, to jednak *dla gospodarstwa narodowego*, z takim trudem wywalczającego sobie środki finansowe, często w drodze oprocentowanych pożyczek, pozostanie faktem, że roczny koszt utrzymania takiej linii, wraz z oprocentowaniem choćby tylko 5% i amortyzacją, wynosi nie 100 000, lecz 1 000 000 zł. Jeżeli taką linią zamiast 40 000 kW i 100 milionów kWh przesyła się zaledwie 4 000 kW i 10 milionów kWh rocznie, to koszty przesyłania — zamiast 1 gr./kWh — wynoszą 10 gr., a że więcej niż 1 gr. nie można uzyskać, więc 900 000 zł. rocznie *stanowi stratę*. To też trzeba o tym pamiętać, że względu właśnie na *gospodarstwo narodowe* nie tylko przy budowie takich linii, lecz także przy ich zaopatrzeniu w energię. Trzeba szukać, jak powiedziałem, najbardziej gospodarczego zaprojektowania, założenia oraz eksploataowania takich linii.

I dlatego muszę zapytać: *dla czego* planowane są u nas linie najwyższego napięcia bez generalnego projektu elektryfikacji Państwa, mającego właśnie na celu analizę podstawy gospodarczej? Dlaczego trasy linii wiodących do Niska, mają właśnie przebiegać z Mościc przez Rzeszów, a ze Lwowa przez Przemyśl, nie zaś inną, może, krótszą drogą? Dlaczego słyhać o stacjach transformatorowych na 150 kV w Rzeszowie i Przemyślu, i czy nie słuszniej byłoby zasiląć te miejscowości średnio wysokim napięciem z Mościc i ze Lwowa? Dlaczego linie na 150 kV mają być wszystkie dwutorowe i wszystkie o jednakowym przekroju? Dlaczego wszystkie one miałyby być budowane na słupach portalowych i z płaskim układem prze-

wodów, co do którego w ostatnich czasach praktyka zagraniczna podniosła wątpliwości?

Uważałbym za wielki *dyletantyzm*, gdyby powyższe pytania zostały rozstrzygnięte a priori, jedynie na podstawie pierwowzoru, linii Mościce—Starachowice, z tego tylko względu, że się ona udała, oraz bez gruntownego fachowego studium. Ale studium takie jest możliwe *tylko na podstawie ogólnego projektu elektryfikacji Państwa*, a projekt taki dotychczas nie istnieje.

Praca powyższa stanowiła treść odczytu wygłoszonego przez autora jeszcze w styczniu 1938 r. Z takich czy innych przyczyn — może z winy, a może z tendencji autora — ukazuje się ona w druku dopiero obecnie. Od owego czasu w dalszym ciągu *bez projektu ogólnego* zostały oddane do wykonania *projekty szczegółowe* całej polskiej sieci najwyższego napięcia na odcinkach: Mościce — Rzeszów — Nisko, Nisko — Przemyśl — Lwów, Nisko — Starachowice, Nisko — Lublin — Warszawa oraz Starachowice — Warszawa. Przesądzone zostały przy tym kwestie, należące normalnie do projektu ogólnego: że wszystkie linie mają być dwutorowe, wszystkie o jednakowym przekroju przewodów 120 mm² oraz o jednakowym ich układzie. Są to, oczywiście, błędy, jasne przynajmniej dla fachowców obeznanych z tymi problemami. Błędy tym przykrejsze, że gdyby na takiej podstawie dojść miało do realizacji projektów, to skutki tych błędów wyjdą na jaw nie dziś, oczywiście, i nie jutro, ale dopiero za lat kilkanaście, gdy się okaże, że niektóre linie wystarczyłyby jednotorowe, inne znów winnyby mieć inny przekrój.

Wyżej opisany układ linii, który w ostateczności może i jest celowy, bo zapewne wynikłby taki sam i z ogólnego projektu, przesądził zarazem położenie nowych elektrowni okręgowych. Nie wiadomo wobec tego, dlaczego dyskusja nad tym położeniem toczyła się przez trzy kwartały. Na szczęście, skończyła się ona jednak wyznaczeniem miejsc pod te elektrownie tam, gdzie miejsce im wyznaczył układ sieci, zaprojektowany w odwrotnej kolejności — przed usytuowaniem elektrowni.

Przebieg dyskusji nad referatem

Poniżej podajemy przebieg dyskusji, jaka odbyła się po wygłoszeniu przez prof. G. Sokolnickiego referatu pt. „Naturalne drogi rozwojowe elektryfikacji”, w oddziale Warszawskim Stowarzyszenia Elektryków Polskich w dniu 7 stycznia 1938 r.

Po odczycie, przyjętym przez zebranych oklaskami, zabrał głos Kol. przewodniczący i dziękując prelegentowi za tak wszechstronnie i głęboko przemyślany odczyt, wezwał zebranych do dyskusji.

Kol. Bilek porusza kwestię dodatkowych kosztów i dodatkowych zysków przy przyłączaniu się nowych abonentów do istniejącego zakładu. Zakład spotyka się często z żądaniem odbiorców, aby sprzedawał im energię po cenie, nie uwzględniającej kosztów kapitału, skoro i tak moc zakładu jest niewyzyskana. Tymczasem koszty kapitału mogą wzrosnąć i następny klient musiałby zapłacić wszystko, co naturalnie byłoby absurdem. Jedynie racjonalna jest sprzedaż po tej cenie, któraby kosztowała odbiorcę, gdyby chciał sam produkować, z podzieleniem zysku np. na połowę.

Następnie kol. Bilek zwraca uwagę na do pewnego stopnia zbyt daleko idące wykazanie na przykładzie Warszawy korzyści wpływających ze współpracy z linią przesyłową. Prof. Sokolnicki porównał pracę samodzielną elektrowni o mocy zainstalowanej około 60 MW i obciążeniem szczytowym około 40 MW ze współpracą tejże elektrowni z linią przesyłową w Rożnowie, przy czym linia przesyłowa służyłaby miała dla pokrywania szczytów. Trzeba jednak pamiętać, że w tym wypadku współpracy elektrowni z jedną linią przesyłową, moc zainstalowana elektrowni nie może być mniejsza od szczytowego obciążenia, bo inaczej, w razie przerwy na linii przesyłowej, nastąpiła by praca bez żadnej przerwy.

Nawiązując do przykładu podanego przez prelegenta, w którym linia przesyłowa opłaca się w przypadku pokrywania szczytów, mówca przypomina, że często bywa przeciwnie, tzn. dla pokrycia szczytu elektrowni okręgowej służy lokalna elektrownia, szczególnie gdy to jest elektrownia dieslowa.

Zgadza się wreszcie z prelegentem, że mający być zrealizowany projekt budowy linii dalekosiężnych pod wieloma względami nie jest dostatecznie przepracowany, mówca podaje za przyczynę tego brak jednolitego, sprężystego i autorytatywnego kierownictwa w dziedzinie elektryfikacji.

Kol. Morawski. O problemy wyłącznie gospodarcze oparte są poczynania kapitału prywatnego, biorącego udział w elektryfikacji. Cel — osiągnięcie największego zysku. I gdyby cel ten był ostatecznym, to oczywiście, że inicjatywa kapitału prywatnego byłaby wystarczającą dla Państwa. Nie potrzebuje jednak bliżej motywować pewnika, że osiągnięcie największego zysku nie jest ostatecznym celem dla społeczeństwa i dla Państwa. Jakkolwiek dla społeczeństwa i Państwa perspektywa osiągnięcia największego zysku jest ważna, to jednak społeczeństwo powstało właśnie dlatego, że w licznych przypadkach przy realizacji wielu projektów powodować się musi poza tym względami, nie dającymi się motywować wyłącznie gotówką zarówno pod postacią inwestycji, jak i pod postacią należytego oprocentowania.

Inaczej więc rozumieć musimy zysk w pojęciu kapitału prywatnego, a inaczej zysk społeczeństwa. Różnica w tych pojęciach jest tym większa, że kapitał prywatny liczy się w osiągnięciu swego celu z innym okresem czasu niż społeczeństwo. Tym się też tłumaczy, że patrząc z odpowiedniej perspektywy lat, społeczeństwo patrzy na każde dzieło techniczne tylko z punktu widzenia korzyści niegotówkowych. Dlatego też każdy z nas, oglądając dzieła techniczne, nie zastanawia się nad tym, ile realizacja tych dzieł kosztowała i jak była umotywowana pod względem rentowności, lecz chętnie z istnienia tych dzieł korzysta. Im więcej Państwo realizuje celów w ten właśnie sposób pojętych, o tym większej kulturze danego społeczeństwa można mówić, patrząc zaś na zyski stąd płynące z perspektywy dłuższego okresu czasu, można znaleźć i motywację rentowności.

Tak więc osiągnięcie wielu celów nie może być uzależnione wyłącznie od motywacji materialnej, przynajmniej w okresie czasu przyjętym do kalkulacji przez kapitał prywatny.

Dlatego też zabierając głos w sprawach elektryfikacji, nie można opierać się wyłącznie na doraźnym zysku materialnym.

Kol. prof. R. Podolski — zgadza się zasadniczo z wywodami prelegenta, zwraca jednak uwagę na to, że jest b. dużo okoliczności, powodujących odchylenia, w pewnych poszczególnych przypadkach nawet b. poważne. Na przykład nie zawsze będzie słuszne obliczenie, wykazujące, że postawienie jednostki o mocy „X” kosztować będzie taniej niż wybudowanie linii przesyłowej, jeżeli wziąć pod uwagę kwestię rezerw zakładu elektrycznego. Tu trzeba liczyć się z wielkością jednostek, jakie elektrownia posiada, często trzeba będzie ze względu na rezerwę postawić większą jednostkę, niżby to wypadało ze wzrostu zapotrzebowania.

Nawiązując do przemówienia kol. Morawskiego, mówca nieco inaczej definiuje poruszone zagadnienie. Zdaniem mówcy o rentowności należy mówić zawsze. Zastanowić się jedynie trzeba, jaką rentowność mamy na myśli. Dzieło techniczne służy do udogodnienia życia. Budowanie dróg nie jest dla kapitału prywatnego rzeczą rentowną, bo nikt za to nie płaci; dla kraju jednak będzie to rzecz, która pośrednio niewątpliwie się opłaca. Podobnie, jeżeli chodzi o linię przesyłową. Musi być ona zawsze rentowna, ale w tym ogólnym pojęciu, jak koleje, mosty itd., gdyż tak jak koleje i mosty powoduje rozwój okolicy.

Zgadza się z prelegentem, że obliczenie rentowności ma tylko wartość w konkretnym wypadku, zwraca mówca uwagę na to, że zwiększenie obciążenia może przedstawiać zupełnie inną trudność dla jednej elektrowni niż dla drugiej, oraz na to, że o ile przy kalkulacji budowy elektrowni lokalnej w razie istnienia elektrowni okręgowej brać należy pod uwagę różnicę kosztów kapitału, o tyle przy likwidowaniu istniejących elektrowni liczyć się należy z całą ich amortyzacją.

Kol. Sokolnicki stwierdza, że w odczycie jego były pewne niedopowiedzenia z powodu konieczności streszczania się, więc wywołało to po części nieporozumienia, a częściowo, słuszne zresztą, uwagi przedmówców. Co się tyczy rezerw, to, oczywiście, że Warszawa będzie musiała zostawić sobie rezerwę, zwiększając jedynie czas użytkowania wskutek pokrywania szczytu przez Rożnów. Ogólna tendencja za granicą każe liczyć się z dużymi rezerwami, 50% mocy, instalowanej i więcej, jak np. w Berlinie, gdzie rezerwy dochodziły jeszcze w r. 1931 do 63% mimo istnienia połączeń równoległych między zakładami. Co się tyczy roli linii przesyłowych najwyższego napięcia w elektryfikacji kraju, to oczywiście mogą zachodzić także odwrotne kombinacje, że linia pokrywać będzie obciążenie podstawowe, a elektrownia lokalna — szczytowe. Ale bez względu na to, czyje szczyty pokrywać będzie Rożnów, który przy ograniczeniu czasu pracy do 6 godz. dziennie dać może 50 000 kW oraz bez względu na to, czy przy połączeniu Śląska i Warszawy obciążenie podstawowe dawać będzie Śląsk a szczyty Warszawa, czy też na odwrót — linie przesyłowe najwyższego napięcia służą zawsze do usprawnienia gospodarki, a nie do zasilania i konkutowania w dostawie energii.

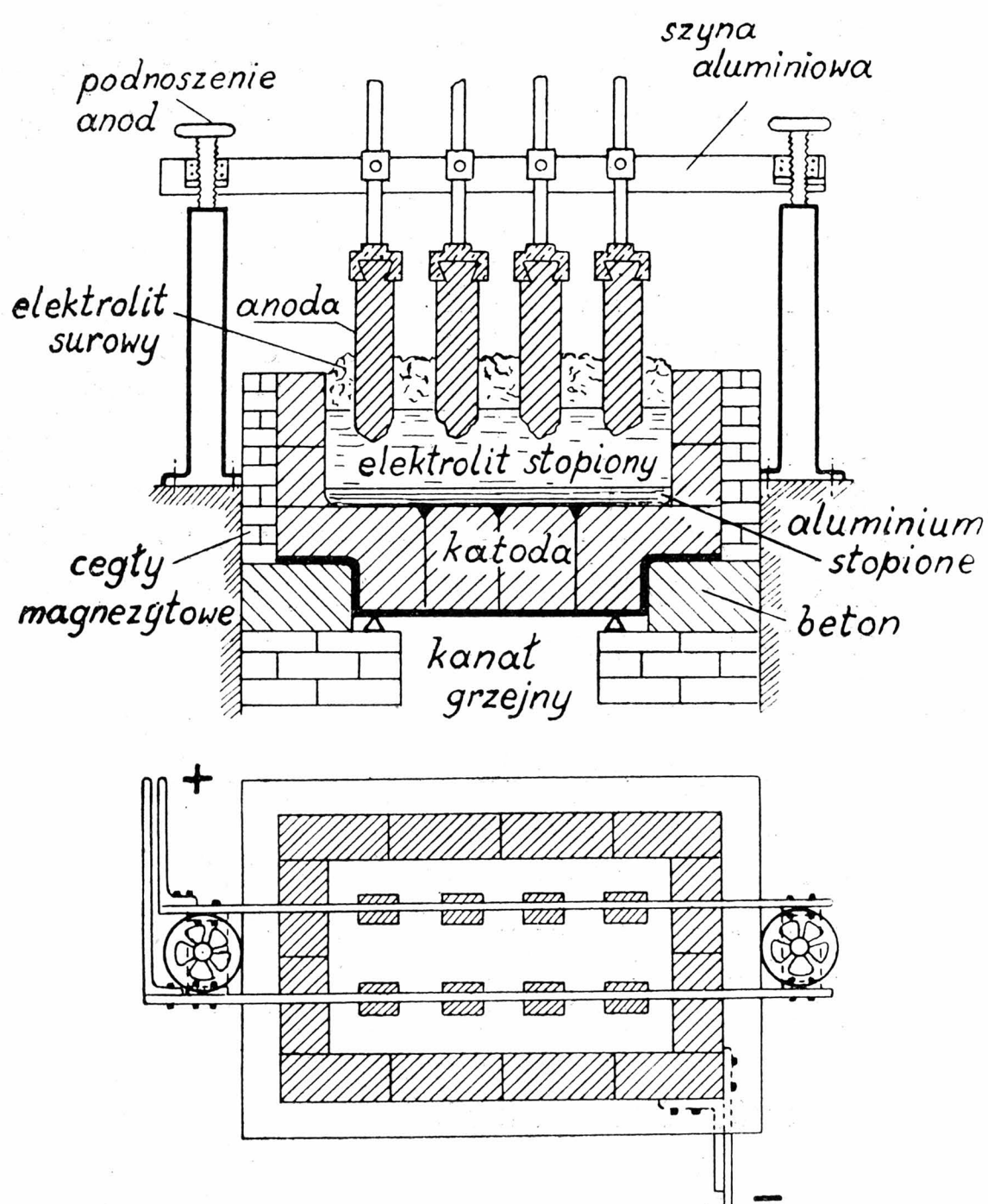
Po przemówieniu prelegenta kol. przewodniczący podziękował mu jeszcze raz za wygłoszenie odczytu i zamknął zebranie.

Aluminium — zarys fabrykacji i surowce^{*)}

Inż. Mieczysław Gogolewski

Konstrukcja elektrolizera.

Elektrolizer lub kadź elektrolityczna jest to skrzynia zbudowana z bloków węglowych elektrodowych, ściśle dopasowanych i uszczelnionych grafitem, kształtu przeważnie prostokątnego, jakkolwiek bywają i okrągłe. Wymiary kadzi zależą od liczby amperów pobieranych podczas pełnej pracy. Przeciętnie buduje się elektrolizery na 8—12 kA, ale udoskonalenia techniczne, a zwłaszcza elektrody ciągłe Söderberga pozwalają na budowę jednostek na 25 do 70 kA. Dla aparatów o przeciętnej mocy stosuje się następujące wymiary: długość 2—4 m, szerokość 1—2 m i głębokość 0,5—0,75 m. Wiele nowoczesnych typów posiada tylko dno wykonane z bloków węglowych; boczne ściany są żelazne, izolowane zestawionym elektrolitem. Często ściany zewnętrzne elektrolizera obmurowuje się ceglami magnezytowymi (rys. 10) dla lep-

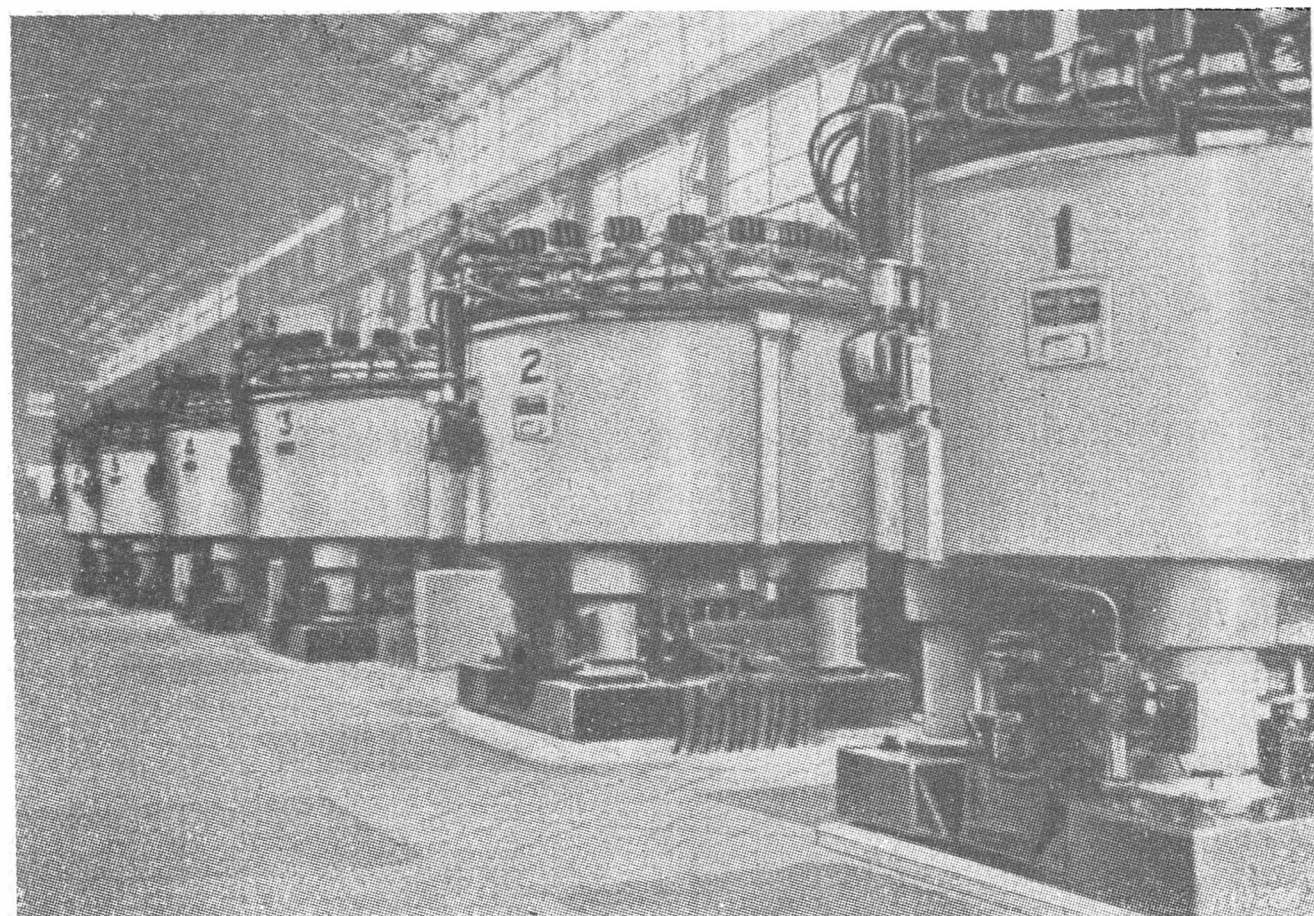


Rys. 10.
Schemat elektrolizera o anodach stałych.

szej izolacji cieplnej i elektrycznej. Elektrolizer ustawia się na fundamencie betonowym na izolatorach porcelanowych. Pod dnem biegnie obmurowany kanał, którym można przeprowadzać bądź zimne powietrze, bądź też gorące spaliny, regulując w ten sposób w znacznym zakresie temperaturę kąpieli; jednocześnie spełnia on rolę wentylatora hali fabrycznej i umożliwia dokonywanie remontów bez potrzeby podnoszenia całego aparatu.

Najistotniejszymi częściami elektrolizera są elektrody: katoda i anoda. Katodę stanowi dno elektrolizera, wykonane bądź z płyty węglowej, bądź z bloków węgla elektrodowego ściśle ze sobą spojonych i połączonych z ujemnym biegunem źródła prądu. Prąd doprowadza się grubą szyną miedzianą lub aluminiową, wzgl. kilkoma szynami równoległymi. Jako źródło prądu do zasilania elektrolizerów stosowane są obecnie coraz częściej prostok-

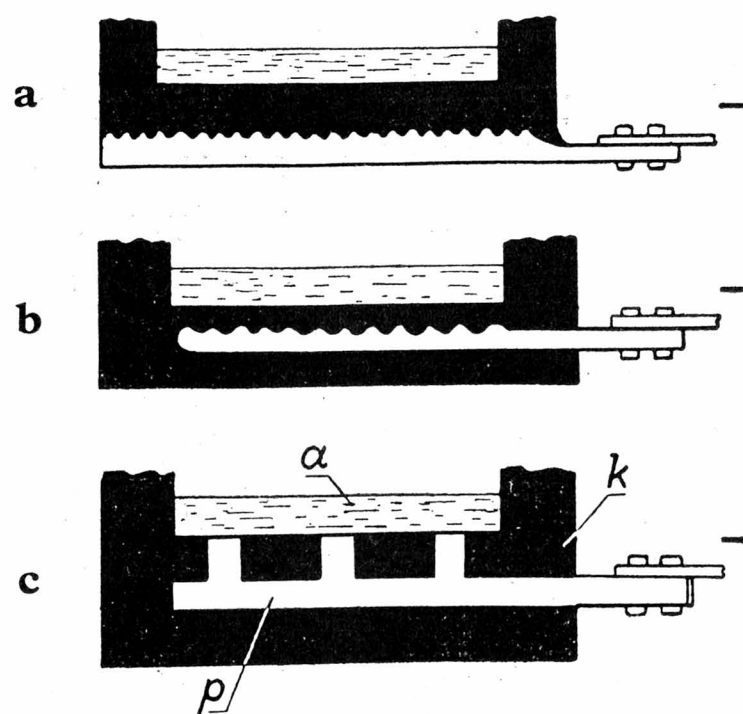
wniki rtęciowe (rys. 11). Duże trudności techniczne nastręcza połączenie szyny doprowadzającej z dnem elektrolizera. Istnieje kilka rozwiązań tego połączenia; 3 z pośród nich pokazane są na rys. 12. Na rys. 12-a dno utworzone jest z grubej blachy żelaznej ząbkowanej, na którą



Rys. 11.
Zespół prostowników do elektrolizy aluminium na prąd 30 000 A (Japonia).

nałożono masę węglową, a następnie silnie ją sprasowano. Podobny sposób zastosowano na rys. 12-b z tą jednak różnicą, że użyto tu masywnej sztaby ząbkowanej, obsypanej dookoła masą węglową. Charakterystyczny jest pomysł norweski (rys. 12-c); w bloku węglowym, stanowiącym dno kadzi elektrolitycznej, mieści się pozioma płyta aluminiowa *p*, połączona przepustami z warstwą stopionego aluminium *a* zalegającego dno kadzi *k*, jako produkt elektrolizy. Płynny metal stanowi tu znakomity przewodnik prądu.

Jeszcze większe trudności konstrukcyjne nastręcza doprowadzenie prądu do anod (rys. 13) zwłaszcza, jeżeli weźmiemy pod uwagę konieczność dobrego kontaktowania wszystkich złączy elektrycznych. Anody są to bloki z wę-



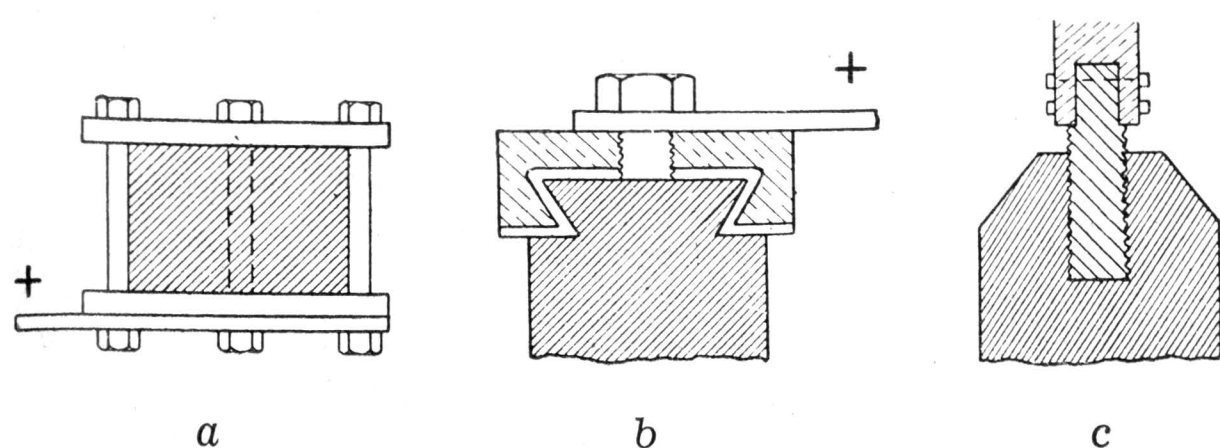
Rys. 12.

Sposoby doprowadzenia prądu do katody.
a — aluminium stopione; *p* — sztaba aluminiowa; *k* — katoda.

gla elektrodowego o wymiarach — przeciętnie: wysokość 30 — 50 cm, średnica lub długość boku przekroju 20 — 40 cm. Anodę zawieszają w specjalnym uchwycie metalowym, połączonym z szyną doprowadzającą prąd od bieguna dodatniego źródła prądu. Specjalne urządzenie pozwala na swobodne opuszczanie i podnoszenie poszczególnych anod, wzgl. całego ich zespołu jednocześnie. Zazwyczaj jeden elektrolizer posiada 6 — 12 anod, a najczęściej 8.

^{*)} Ciąg dalszy artykułu do str. 13 „P. E.” Nr. 1 r. b.

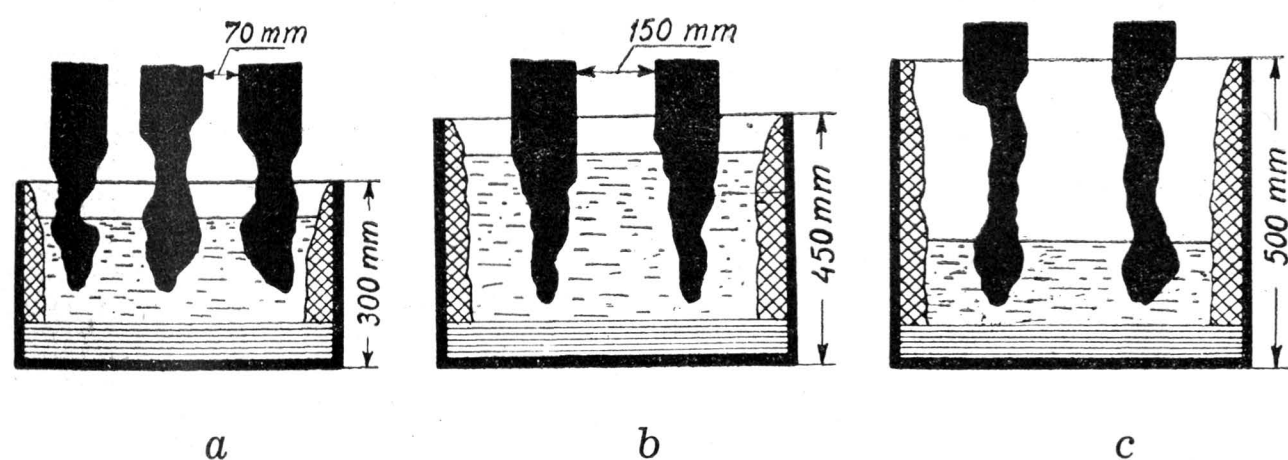
Anody biorą bardzo czynny udział w procesie elektrolizy, gdyż nie tylko przewodzą prąd, lecz reagują z produktami elektrolizy, spalając się na CO i CO₂, co, oczywiście, powoduje ciągły ich ubytek. Upalenie się anod powinno za-



Rys. 13.

Sposoby doprowadzenia prądu do anody.

chodzić stopniowo i równomiernie, poczynając od dolnego końca bloku, w praktyce jednak zależy ono od sposobu zawieszenia anod. Jeżeli anody są zbyt blisko siebie (rys. 14-a), to temperatura powierzchniowych warstw elektrolitu silnie wzrasta, co powoduje wypalanie się anod w miejscu zatknięcia się ich z powierzchnią stopu, wskutek czego odłamują się one zanieczyszczając kąpiel i szybko zużywają się. Jeżeli anody są rozmieszczone za daleko jedna od drugiej, to przeprowadzają zbyt małą ilość prądu w stosunku do powierzchni użytkowej dna kadzi, nie wykorzystując w pełni zdolności produkcyjnych elektrolizera; poza tym wskutek zbyt małego natężenia prądu kąpiel się ochładza i może zakrzepnąć. O ile anody zanurzone są w kąpiel za głęboko (rys. 14-b), to upalają się stożkowo, co również odbija się ujemnie zarówno na spadku napięcia, jak i na natężeniu prądu, a więc i na wydajności. Z tych powodów przeciętna odległość między anodami wynosi ok. 15 cm, a głębokość zaś zanurzenia w kąpiel ok. 10 cm, przy czym sam elektrolizer musi być naszym stosunkowo płytkim.



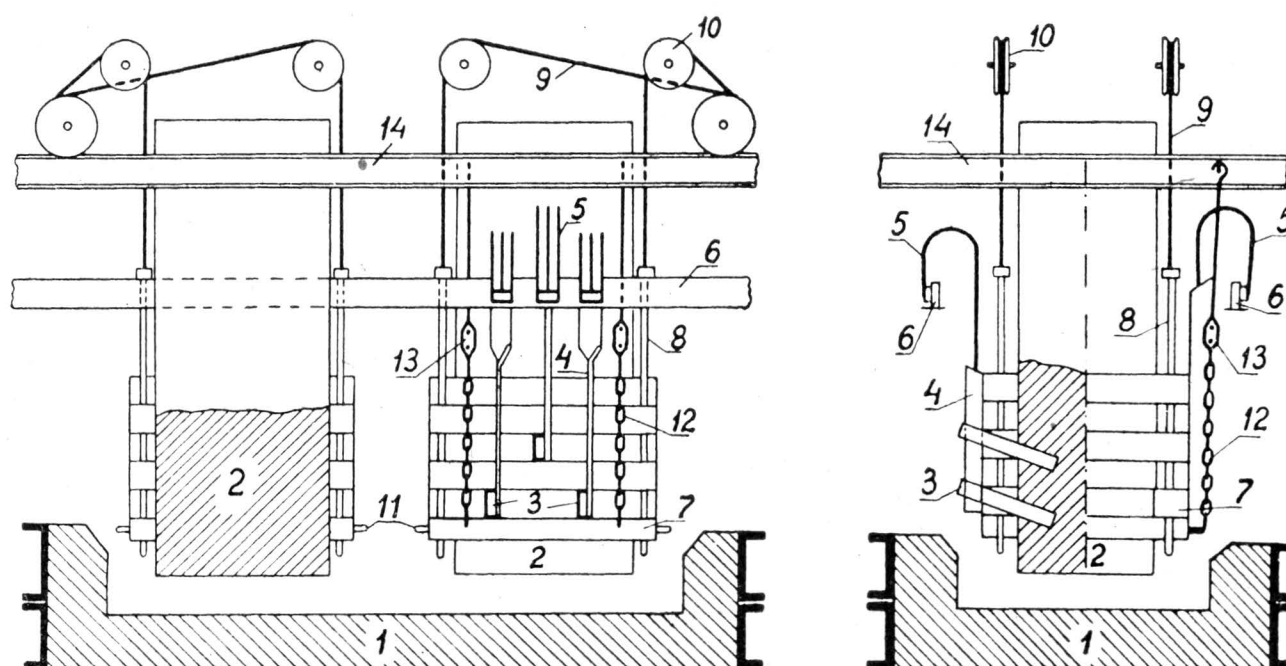
Rys. 14.

Przykłady wadliwego położenia anod.

a — anody ustawione są zbyt blisko siebie; b — anody zanurzone są głęboko; c — krawędź elektrolizera umieszczona jest za wysoko.

Omówione wyżej anody są tzw. typu periodycznego, — to znaczy, że co pewien okres czasu trzeba usunąć zniszczoną anodę, zastępując ją nową, co nastręcza szereg niedogodności i przysparza kosztów. Dla usprawnienia manipulacji przy obsłudze elektrolizera norweski wynalazca Söderberg wprowadził tzw. elektrodę ciągłą, dającą szereg korzyści. Elektrody Söderberga posiadają potężne rozmiary (przekrój 1 m × 2 m, wysokość 2 — 3 m) i mogą zastąpić kilka małych anod, co zmniejsza do minimum tzw. „martwe” przestrzenie między anodami, zwiększając wydajność energetyczną i zmniejszając szybkość zużywania się elektrod; pozwala to na stosowanie prądów o natężeniu, dochodzącym do 70 kA, co znow z kolei zwiększa zdolności produkcyjne elektrolizera. Elektrody Söderberga upraszczają ręczną pracę roboczą przy obsłudze elektrolizera i wreszcie uwalniają od konieczności budowania kosztownych urządzeń do fabrykacji anod periodycznych.

Elektroda ciągła Söderberga (rys. 15) stanowi rurę z blachy aluminiowej, o przekroju prostokątnym lub okrągłym, otwartą od góry i od dołu, o wysokości 2 — 3 m i długości 1 m × 2 m. Rurę tę wypełnia mieszanina koksu retortowego z lepiszczem, po wypaleniu której powstaje blok węgla elektrodowego. Wypalaniu podlega tylko dolna część zawartości rury, wobec czego najniższa warstwa zanurzona w kąpiel stanowi normalną elektrodę (2); warstwy położone wyżej znajdują się w trakcie wypalania, jeszcze wyższe zaś — mniej więcej ponad połowę rury — stanowią surową, stopniowo podgrzewającą się masę węglową. Do górnej części przestrzeni elektrody naspuguje się stale świeżą mieszaninę koksową z lepiszczem; osuwając się powoli w dół — w ślad za ubywającą wsku-



Rys. 15.

Elektrolizer z elektrodami ciągłymi Söderberga.

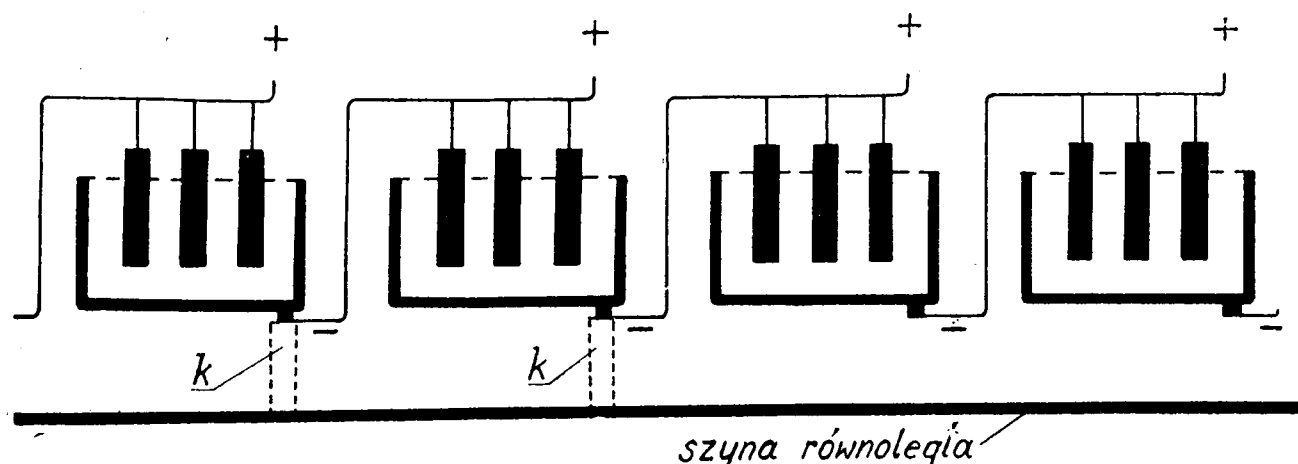
tek upalania się dolną warstwą elektrody — mieszanina ta dochodzi do strefy wypalania, a wreszcie do dolnego otworu rury elektrodowej — już, jako gotowa, wypalona elektroda, biorąca faktyczny udział w elektrolizie. Na tym polega idea ciągłości pracy tej elektrody. Daje to jeszcze tę dużą korzyść, że świeżo wypalona elektroda, posiadająca wysoką temperaturę, zanurza się do kąpiel o takiejże temperaturze, co nie pociąga za sobą szkodliwego ochładzania elektrod — a co za tym idzie — strat ciepła oraz powstawania wewnętrznych naprężeń, rys oraz kruszenia się anody.

Wypalanie elektrody Söderberga odbywa się na skutek ciepła Joule'a, jakie powstaje przy przechodzeniu prądu przez masę węglową o b. dużej oporności. Prąd doprowadza się szeregiem wtyczek (3) połączonych belką stalową (4) i kablem (5) z szyną doprowadzającą prąd (6).

Ze względu na znaczne rozmiary elektrody posiada ona specjalną konstrukcję wzmacniającą, umożliwiającą jej ruchy w płaszczyźnie pionowej ponad elektrolizerem (1); w tym celu w dolnej swej części elektroda otoczona jest rodzajem płaszczu z belek stalowych (7) zawieszonych na stalowych prętach (8) i łańcuchach (12). Ponieważ elektroda obsuwa się ciągle w dół, pociągając za sobą zarówno płaszcz stalowy, jak i wtyczki kontaktowe, więc dla zabezpieczenia ich przed zanurzeniem się do kąpiel, płaszcz z belek stalowych unosi się przy pomocy lin stalowych (9) i systemu wielokrążków (10) do góry, przy czym zostają jednocześnie zmienione wtyczki kontaktowe (3). Właściwie, cały ciężar elektrody spoczywa na wtyczkach kontaktowych, oprawionych w specjalne gniazda w płaszczu stalowym, zagłębionych w wypalaną masę węglową. Urządzenia te przedstawiają szereg doniosłych korzyści technicznych i stanowią wielki postęp w hutnictwie aluminium.

Spadek napięcia na zaciskach elektrolizera wynosi w czasie pracy od 6 do 7 V; o ile więc źródło prądu wy-

tworzą np. napięcie 220 — 250 V, to wówczas dla pełnego wykorzystania napięcia roboczego należy łączyć po 30 — 35 elektrolizerów w szereg. Ten sposób łączenia posiada znaną niedogodność połączenia szeregowego, polegającą na tym, że w razie uszkodzenia którejkolwiek z kadzi przestaje pracować cały szereg, co jest b. niebezpieczne, gdyż kąpiel zaczyna oziębiać się, grożąc „zamrożeniem“ elektrolizerów. Aby temu zapobiec, stosuje się urządzenie, pozwalające na natychmiastowe zwieranie wadliwie działającej kadzi — przy pomocy dodatkowych szyn k — w sposób pokazany schematycznie na rys. 16.



Rys. 16.

Schemat wyłączenia z szeregu wadliwie działającego elektrolizera podczas pracy.

Przebieg elektrolizy.

Uruchomienie elektrolizera rozpoczyna się z chwilą powstania w nim stopionej kąpieli, w której zostaną zanurzone anody. Stan ten można osiągnąć albo przez wlanie do kadzi kąpieli stopionej w osobnym naczyniu (na osobnym aparacie grzejnym), albo też przez stapianie mieszaniny kryolitu, fluorytu oraz tlenku glinu Al_2O_3 , w samym elektrolizerze. W tym celu jedną z anod opuszczamy do dna kadzi i włączamy prąd; przy podnoszeniu anody do góry tworzy się łuk Volty. Podsypując ostrożnie łuk kryolitem, otrzymuje się nieco stopu, po czym znów unosi się nieco anodę, dosypując mieszanki i po jej stopieniu postępuje się w ten sam sposób aż powierzchnia stopu dotknie pozostałych anod.

Inny znów sposób uruchamiania elektrolizera polega na tym, że dno jego posypuje się kawałkami koksu, a następnie włącza się prąd; koks rozżarza się tak silnie, że nasypa nań mieszanka topi się. Postępując dalej w podobny sposób, wypełnia się stopem cały elektrolizer, pływające zaś w nim kawałki koksu usuwa się.

Elektroliza przebiega przy napięciu 6 — 7 V oraz przy gęstości prądu 1 — 1,5 Amp/cm² przekroju anody. Wskutek elektrolitycznego rozkładu Al_2O_3 ilość jego w stopie stale się zmniejsza; ubytek ten uzupełnia się świeżym produktem. Brak Al_2O_3 w elektrolizie powoduje wzrost temperatury topienia stopu, a co za tym idzie niebezpieczeństwo zestalenia się, czyli tzw. „zamrożenia“. Poza tym ubytek Al_2O_3 wywołuje wzrost napięcia, więc wzrost zużycia energii elektrycznej, czyli obniżenie wydajności energetycznej.

Wzrost napięcia został wykorzystany do automatycznej sygnalizacji na wypadek ubytku Al_2O_3 o konieczności natychmiastowego jego uzupełnienia. Niezależnie od sygnalizacji świetlnej, obsługa elektrolizerów alarmowana jest wydobywającym się z aparatu głuchym dudnieniem, czyli tzw. „zjawiskiem anodowym“. Podczas elektrolizy wydziela się na anodzie CO — w postaci pęcherzyków gazu, izolujących anodę od kąpieli; ale ponieważ odrywają się one i uchodzą z powierzchni anody, więc kontakt nawiązuje się automatycznie. W miarę ubywania Al_2O_3 gęstość i napięcie powierzchniowe stopu wzrastają, pę-

cherzyki zaś CO odrywają się z coraz większą trudnością, tworząc izolującą warstwę gazową. Ustawiczne powstawanie i odrywanie się tych „poduszek“ gazowych, powoduje drgania udzielające się całej instalacji i wywołujące głuche dudnienie zwane „efektem anodowym“.

W przypadku, gdy temperatura topnienia kąpieli zaczyna gwałtownie wzrastać — wskutek braku lub nadmiaru Al_2O_3 , — jako doraźny środek, zapobiegający „zamrożeniu“ elektrolizera, stosuje się sól kuchenną. O ile środek ten nie może już zapobiec zestaleniu się stopu, to elektrolizer należy jak najszybciej opróżnić, gdyż w stanie „zamrożonym“ staje się on zupełnie bezużyteczny.

Aluminium wydziela się na katodzie, tworząc na dnie elektrolizera warstwę ciekłego metalu. Wydobywa się je drogą wyczerpywania łyżką żelazną lub tygłem z otworem zamykanym kołeczkiem grafitowym. Wydobyt metal jest zanieczyszczony zestalonym stopem oraz kawałkami węgla anodowego, to też w tej formie nie może on być używany w technice. Zależnie od swego późniejszego przeznaczenia, poddaje się go — w mniejszym lub większym zakresie — oczyszczeniu, czyli tzw. rafinacji.

Rafinacja aluminium.

Oczyszczenie wstępne polega na przetopieniu wyczerpanego z elektrolizera surowego aluminium w specjalnych piecach; w tych warunkach resztki elektrolitu oraz kawałki węgla wypływają na powierzchnię, jako żużel, czysty zaś metal bądź zlewa się do form, bądź też walcuje się na bloki i blachy o wymiarach wymaganych przez rynek.

W handlu znajdujemy aluminium w trzech gatunkach, a mianowicie:

- a) aluminium 99,5%,
- b) aluminium 99% oraz
- c) aluminium 98—99%.

Główne zanieczyszczenia stanowią miedź i cynk (do 0,1%) oraz żelazo (do 1%). Usuwanie tych zanieczyszczeń technicznie jest bardzo uciążliwe i kosztowne. Istnieje wiele patentów rafinacji aluminium; można je podzielić na trzy zasadnicze grupy.

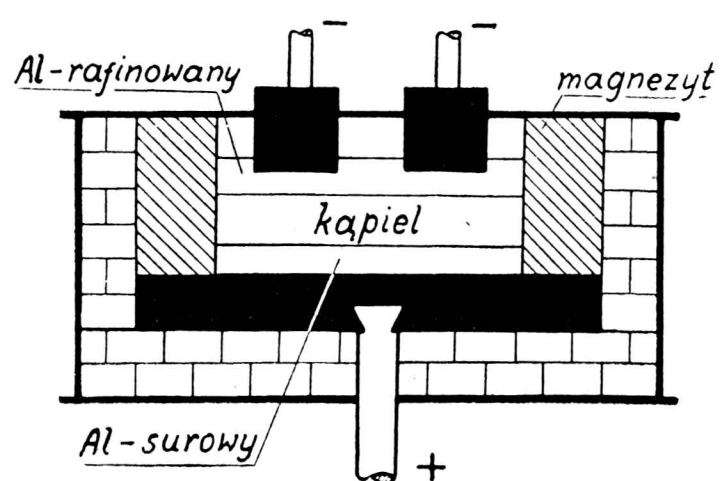
1. Oczyszczanie fizyczne, a raczej termochemiczne — polega na bardzo powolnym ogrzewaniu surowego Al w porowatej rurze; zanieczyszczenia, jako gatunkowo cięższe, spływają na dno, zupełnie zaś czyste aluminium spływa z wylotu rury. Metoda ta wymaga wielkiej precyzji pracy.

2. Oczyszczanie chemiczne — polega na utlenianiu zanieczyszczeń dodawaną w niewielkich ilościach saletrą, lub na wytwarzaniu ciężkiego stopu powstałego z zanieczyszczeń metalicznych i z metalicznego ceru w tym celu wprowadzanego. W obu przypadkach tworzą się związki gatunkowo cięższe niż aluminium i spływające na dno.

3. Oczyszczanie elektrochemiczne — najczęściej stosowane, jako stosunkowo najłatwiejsze do przeprowadzenia; polega ono na powtórnej elektrolizie surowego aluminium. W tym celu metal załadowuje się do elektrolizera (rys. 17), którego dno jest anodą, zaś wiszące elektrody — katodą. Jako kąpiel, stosuje się mieszaninę fluorku baru BaF_2 z kryolitem, stopioną w takim stosunku, ażeby temperatura topnienia wynosiła ok. 750°C, a ciężar właściwy stopu był pośredni między ciężarem właściwym Al surowego i rafinowanego. Podczas elektrolizy gatunkowo lżejszy Al wędruje do katody — ku górze, gdzie tworzy warstwę ciekłego, aluminium rafinowanego; gatunkowo

cięższe zanieczyszczenia zatrzymywane są przez warstwę BaF_2 i spływają na dno.

Ciekawym jest pomysł tzw. rafinacji *galwanotechnicznej*. Jako anoda służy Al surowy, a jako katoda — płyta żelazna lub aluminiowa. Elektrody zanurzone są w kąpeli ze stopionej mieszaniny $\text{AlCl}_3 + \text{NaCl} + \text{KCl}$ punkt topnienia — ok. 200°C . Przy zastosowaniu właściwej temperatury, napięcia, gęstości prądu i ruchu kąpeli, na katodzie wydziela się rafinowane aluminium w postaci pięknych kryształów. Idea tej metody jest podobna do rafinacji miedzi, z tą tylko różnicą, że zamiast wodnego roztworu zastosowano stopioną sól.



Rys. 17.
Elektrolizer do rafinacji aluminium.

Ekonomiczne podstawy produkcji aluminium.

Cena aluminium, jak i każdego zresztą artykułu, zależy przede wszystkim od kosztów własnych. Składają się na nie koszty: surowców, energii elektrycznej, robocizny oraz kosztów ogólnych.

Hutnictwo aluminium wymaga zużycia wielkich ilości surowców; na wyprodukowanie 1 tony *aluminium* zużywa się:

boksytu	2 tony
węgla	10 „
elektrod	1 „
sody	1 „
innych materiałów	1 „
razem 15 ton.	

W hucie aluminium, w ogólnym schemacie, podział kosztów przedstawia się następująco:

tlenek glinu 2 tony	42% kosztów
kryolit 0,12 tony	8% „
elektrody 0,8 tony	15% „
energia elektryczna 25 000 kWh	22% „
robocizna	5% „
koszty ogólne	8% „

W powyższym zestawieniu koszt energii elektrycznej liczono po b. niskiej, jak na nasze stosunki, cenie a mianowicie po 3 grosze za kWh i mimo to koszt prądu stanowi przeszło 20% wydatków. To też wyższa cena energii elektrycznej wzgl. większe jej zużycie z przyczyn technicznych pociąga za sobą automatycznie znaczny wzrost kosztów własnych. Dlatego to właśnie zagadnienia teoretyczne, dotyczące wydajności prądowej lub energetycznej mają pierwszorzędne znaczenie dla praktyki.

W warunkach normalnej pracy wydajność prądowa wynosi 80—90% — zależnie od konstrukcji elektrolizera, wydajność zaś energetyczna — zaledwie 25—35%. Reszta energii zużywa się (produktywnie) na ogrzanie kąpeli w

elektrolizerze, wzgl. traci się bezużytecznie przez promieniowanie, na ciepło unoszone przez produkty itp. Wyprodukowanie 1 kg. Al wymaga 20—25 kWh.

Najpoważniejszą pozycją w kosztach produkcji aluminium gdyż prawie połowę kosztów stanowi tlenek glinu Al_2O_3 . Ponieważ produkcja tego surowca posiada zasadnicze znaczenie dla problemu aluminiowego w ogóle, — zostanie ona szczegółowo omówiona w osobnym rozdziale.

W poszukiwaniu nowych dróg ku obniżeniu kosztów produkcji aluminium zwrócono uwagę na dawną ideę Bunsena i St. Claire-Deville'a, — elektrolizy AlCl_3 i NaCl . Mała wydajność procesu oraz trudności przetwarzania otrzymanego metalu spowodowały zaniechanie tej metody; jednakże i metoda współczesna nie jest wolna od braków. Są nimi w pierwszym rzędzie: wysoka temperatura, znaczne zużycie energii, ciekła faza metalu, zużycie kosztownych elektrod, a wreszcie uzależnienie się od złóż boksytu, jako podstawowego surowca w przemyśle aluminiowym. Ponieważ boksyt występuje w niewielu zaledwie miejscach kuli ziemskiej, więc kraje produkujące aluminium, *pragnąc uniezależnić się od konieczności importu boksytu, próbują przerabiać na Al_2O_3 własne swe minerały zawierające Al, a przede wszystkim glinę*. Mimo, że istnieją liczne metody — przynajmniej laboratoryjne — rozwiązujące to zagadnienie, to jednak najekonomiczniejszym byłoby otrzymywanie z gliny, nie Al_2O_3 , lecz chlorku AlCl_3 — przez chlorowanie gliny. Chlorek glinu znalazłby zastosowanie nie tylko przy elektrolizie, lecz również w przemyśle chemicznym do syntez organicznych, do krakowania ropy naftowej w niskiej temperaturze itd.

Prace badawcze nad otrzymywaniem AlCl_3 z glin krajowych, jak również nad elektrolizą AlCl_3 prowadzi u nas Chemiczny Instytut Badawczy w Warszawie. W wyniku przeprowadzonych w Instytucie prac laboratoryjnych otrzymano już dodatnie wyniki w postaci maszyn kryształicznych aluminium — przez zastosowanie kąpeli złożonej z AlCl_3 i NaCl oraz KCl oraz prądu o napięciu 4 V i o gęstości 7 A/dcm² katody. Zużycie energii elektrycznej wynosi przy tej metodzie ok. 15 kWh na 1 kg. aluminium przy 70% wydajności prądowej. Jeśli porównamy tę liczbę z 20 — 25 kWh zużywanymi przy obecnym stanie techniki, to okaże się, że kwestia przemysłowego opracowania hutniczej metody otrzymywania aluminium, opartej na chlorku glinu AlCl_3 , *zyskuje trwałe podstawy, rokujące dużą przyszłość*.

Realizacja jej na wielką skalę napotyka jeszcze na szereg trudności technicznych, z których największą jest tworzenie się na katodzie, — podczas elektrolizy — tzw. dendrytów — pylastych skupisk metalu, nie nadających się do przetopienia, zmniejszających wydajność i hamujących normalny przebieg elektrolizy.

Mimo to jednak nie należy wątpić, że wytrwałe prace badawcze nad tym b. doniosłym zagadnieniem — przy pomocy nowoczesnej wiedzy chemicznej doprowadzą do pokonania tych trudności, oddając do użytku *przemysłowego* najbardziej racjonalną metodę fabrykacji aluminium z surowców krajowych — i to zarówno z punktu widzenia gospodarczego, jak i naukowego.

(C. d. n.).

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (CEI)

XI. Komitet 17, Wyłączniki.

Podczas zebrania plenarnego CEI w Torquay odbył Komitet Wyłączników 6 posiedzeń. Sprawozdanie z części obrad zostało umieszczone w zesz. 24 „Przeglądu Elektrotechnicznego” z r. 1938. Między pozostałymi, najciekawszymi sprawami, poruszonymi na posiedzeniach, na pierwszy plan wybijają się omówione niżej zagadnienia: normalizacji przebiegu napięcia powrotnego i badania wielkich wyłączników.

I. Zagadnienie normalizacji przebiegu napięcia powrotnego.

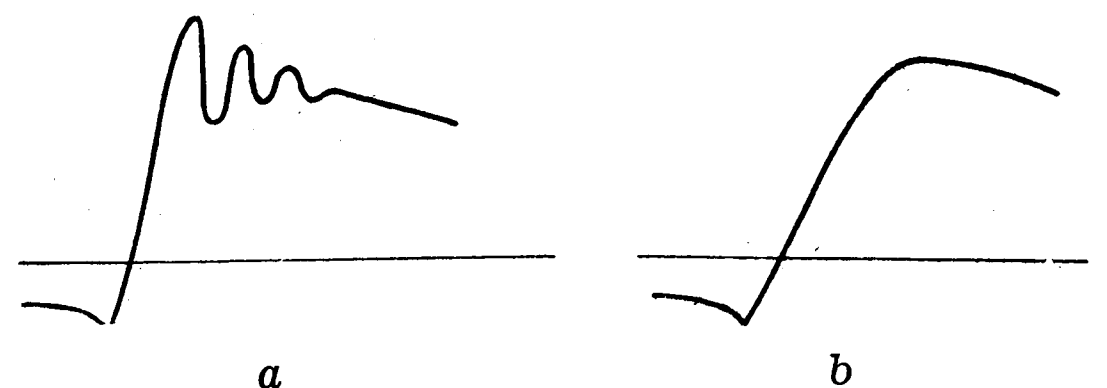
Jak wiadomo, po przejściu przez zero prądu wyłączanego, zjawia się między kontaktami wyłącznika *napięcie powrotne* (rys. 1). Napięcie to ma dwie składowe: składową o częstotliwości źródła prądu, a więc o częstotliwości technicznej oraz składową przejściową.

Składowa przejściowa może być superpozycją sinusoid tłumionych o częstotliwościach większych od technicznej (rys. 1 — a, b, c). W laboratoriach probierczych występuje zwykle tylko jedna lub dwie częstotliwości (dwie — gdy stosuje się transformator, a więc gdy powstają dwa obwody drgań). Składowa przejściowa może być także krzywą aperiodyczną (rys. 1-d), lub też krzywą „schodkową” (rys. 1-e), której wyrażenie przy pomocy sinusoid jest niedogodne. Ostatni przypadek zachodzi w pewnych warunkach w liniach długich, gdy przebieg na-

pięcia powrotnego jest związany z występowaniem i odbijaniem się fal wędrownych w linii.

Wystąpienie lub niewystąpienie zapłonu łuku po przejściu prądu przez zero zależy od całkowitego przebiegu napięcia powrotnego, a więc zarówno od fazy składowej o częstotliwości technicznej, jak i od przebiegu czasowego składowej przejściowej. Na ogół można powiedzieć, iż im szybciej napięcie powrotne wzrasta, tym więcej jest szans, że osiągnie wielkość, rosnącej również w funkcji czasu, wytrzymałości powrotnej, a więc że nastąpi zapłon. Wynika stąd, iż rezultat próby, mającej na celu określenie zdolności wyłączalnej, zależy od przebiegu napięcia powrotnego i że przebieg ten winien być opisany w sprawozdaniu z próby; inaczej sprawozdanie to będzie niekompletne, a wyniki niejednoznaczne.

Opublikowane w r. 1937 „Przepisy CEI dla wyłączników prądu zmiennego” nie uwzględniły wpływu składowej przejściowej napięcia powrotnego na zdolność wyłączalną; sprawa ta została celowo odłożona na przyszłość. Obecnie weszła ona pod obrady Komitetu Wyłączników — na razie, jako określenie definicji podstawowych. Od razu na początku należało rozstrzygnąć, czy miarodajny dla dokładnego zdefiniowania próby jest przebieg napięcia powrotnego, zmieniony przez wyłącznik, czy też otrzymany w razie stosowania fikcyjnego wyłącznika idealnego, nie wywierającego wpływu na ten przebieg. Pierwszy zachodzi przy próbie, drugi — jest to przebieg napięcia *własnego* obwodu przerywanego. Jak wiadomo, wpływ wyłącznika na napięcie powrotne może wynikać z nierównego zera napięcia łuku (napięcie łuku w chwili zgaszenia jest wartością początkową napięcia powrotnego), z przedwczesnego przejścia prądu przez zero, a wreszcie z działania tłumiącego przewodności połukowej przerwy międzykontaktowej. Jako ilustrację wpływu ostatnio wzmiankowanego czynnika J. Saint Germain (Francja) podał schematyczne przebiegi napięcia powrotnego w tym samym obwodzie w przypadku stosowania wyłącznika olejowego bez gwałtownej dejonizacji (rys. 2-b) i wyłącznika powietrznego (rys. 2-a). Przewodność połukowa w pierwszym przypadku jest b. duża, w drugim — pomijalna.

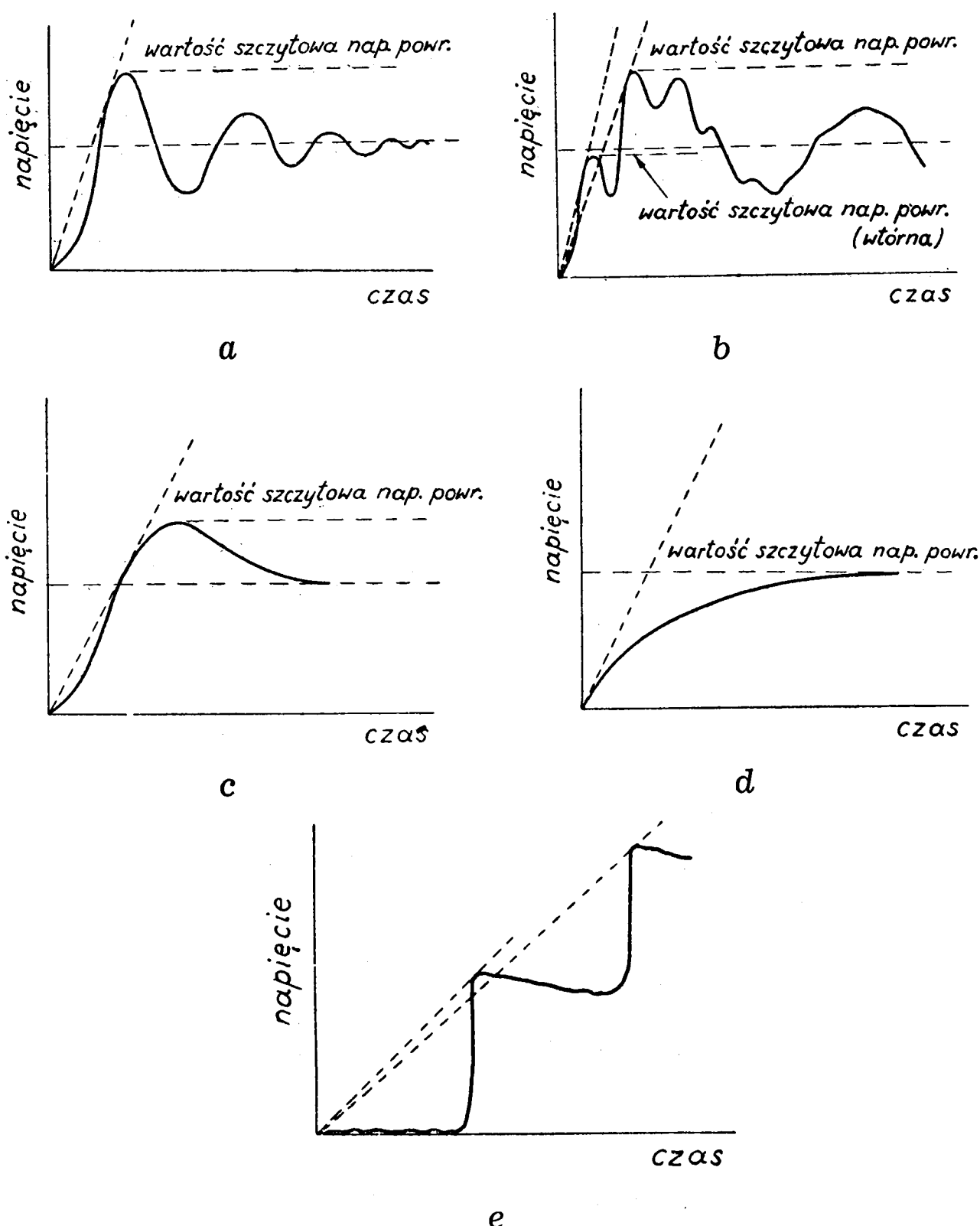


Rys. 2.

Przebieg napięcia powrotnego w tym samym obwodzie przy wyłączaniu zwarcia: a — przez wyłącznik z pomijalną przewodnością połukową; b — z dużą przewodnością połukową (szkic odręczny).

Opinia Komitetu przychyliła się do wyboru *napięcia niezmiennego przez wyłącznik*, przede wszystkim dlatego, że różne wyłączniki w różny sposób zmieniają przebieg napięcia powrotnego. Przyjęcie napięcia zmienionego utrudniłoby porównywanie warunków działania różnych wyłączników. Prowizorycznie wyrażono zgodę na następujące definicje:

„Przejściowe napięcie powrotne obwodu przerywanego — jest to napięcie zmienne w czasie, które zjawilo-



Rys. 1.

Typowe przebiegi napięcia powrotnego: a, b — w laboratoriach wielkiej mocy, a także w eksploatacji; c, d, e — w eksploatacji. Stromość zaznaczonych stycznych określa, razem z wartościami szczytowymi, przebieg napięcia według projektu angielsko-amerykańskiego. (Rys. a, b, c i d według dokumentu 17 (Gr. Britain) 204, rys. e według E. Juillarda, ref. 31 CIGRE, r. 1933).

by się między kontaktami wyłącznika bezpośrednio po przerwaniu prądu — w założeniu, że wyłącznik jest przyrządem idealnym, nie wywierającym żadnego wpływu na zjawiska przejściowe, i że wyłączanie zachodzi, gdy prąd nie posiada składowej stałej“.

„Przejściowe napięcie powrotne w czasie próby jest to napięcie przejściowe — wyznaczone doświadczalnie — które zjawia się między kontaktami wyłącznika bezpośrednio po przerwaniu prądu“.

Druga kwestia, którą należało rozstrzygnąć — to sprawa sposobu określenia, opisanie krzywej przejściowego napięcia powrotnego. Najprostszy sposób — to podanie całkowitego przebiegu (napięcie w funkcji czasu) pod postacią wykresu. Metoda ta ma jednak tę wadę, że jest kłopotliwa i że nie nadaje się do porównywania wyników różnych badań, gdyż daje właściwie nieskończenie wiele wartości. Warto tu zaznaczyć, że omawiana sprawa była już traktowana na Konferencji Wielkich Sieci. Proponowano wówczas dwa jej rozwiązania: a. podanie amplitud składowych o różnych częstotliwościach (sposób stosowny do napięć oscylacyjnych) i b. podanie największej stromości napięcia. Oba te sposoby — częściowo w postaci zmienionej — ukazały się, jako propozycje francuska (a) i angielsko-amerykańska (b) na posiedzeniach Komitetu CEI, przy czym doszła do nich jeszcze nowa propozycja — italska (c).

Według propozycji francuskiej, popieranej również przez delegację niemiecką, dla jednoznacznego określenia całej krzywej napięcia powrotnego wystarczy podać amplitudy napięć składowych o różnych częstotliwościach. W czasie dyskusji J. Harle (Anglia) zauważył, że propozycja ta nic nie mówi o współczynnikach tłumienia oscylacji, które należałoby również podać dla każdej częstotliwości. Zdaniem przedstawiciela Komitetu Francuskiego J. Saint Germain, nie jest to konieczne, gdyż istotnie ważny jest tylko przebieg napięcia bezpośrednio po zaniku prądu, a więc dla czasów, gdy tłumienie wywiera jeszcze mały wpływ. Podanie faz napięć składowych o różnych częstotliwościach według J. Saint Germain również nie jest konieczne, gdyż fazy początkowe są dla wszystkich składowych te same. Zastrzeżenie J. Harle'a, że krzywą napięcia powrotnego nie zawsze łatwo jest przedstawić jako sumę kilku sinusoid o różnych częstotliwościach, J. Saint Germain obala, stwierdzając, że przypadek, wskazany przez J. Harle'a (rys. 1-e) odnosi się do długich linii, a więc do warunków eksploatacji, a nie do warunków prób w laboratorium.

Według sugestii angielsko-amerykańskich dla wystarczająco dokładnego określenia krzywej napięcia powrotnego wystarczy podanie wartości szczytowych kolejnych szczytów krzywej napięcia oraz stromości stycznych do krzywej, jak na rys. 1. Sposób ten nie odtwarza jednak całkowitego przebiegu krzywej i nie pozwala na jej rekonstrukcję.

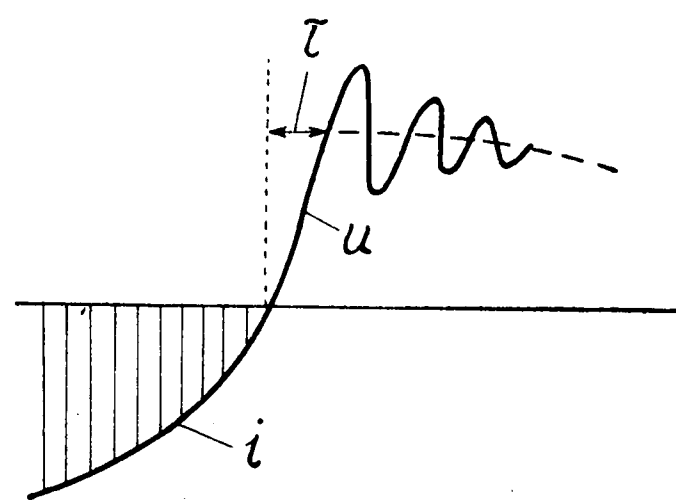
Propozycja italska (G. Sameda) zaleca podanie tylko czasu, jaki upływa od przejścia prądu przez zero do chwili, w której napięcie powrotne osiąga wartość, równą wartości szczytowej składowej o częstotliwości technicznej (rys. 3). Propozycja ta spotkała się z wyraźną opozycją, gdyż daje właściwie tylko jeden punkt krzywej napięcia powrotnego, a więc za mało, aby określić całą krzywą, zwłaszcza gdy jest ona superpozycją oscylacji o kilku częstotliwościach. To też propozycja italska została wycofana już w trakcie dyskusji.

Podkomitet, wyłoniony dla uzgodnienia omawianych poglądów, doszedł do wniosku, że propozycje francuska

i angielsko-amerykańska nie są sprzeczne, jakkolwiek stanowią odmienne podejścia do zagadnienia. W raporcie swym Podkomitet tak ujął wnioski, do których doszedł po dyskusji¹⁾:

„Napięcie powrotne obwodu przerywanego składa się na ogół z jednego lub kilku drgań, nałożonych na na krzywą o częstotliwości technicznej. Można je wyrazić przez:

- a) pełną krzywą w funkcji czasu;
- b) lub też przez: 1. różne częstotliwości drgań obwodu, 2. amplitudy względne każdego z tych drgań, odniesione do amplitudy składowej o częstotliwości technicznej, 3. współczynniki tłumienia każdego drgania;
- c) lub też (dla uproszczenia sprawozdań z badań) przez: 1. amplitudy wszystkich szczytów krzywej napięcia powrotnego, wyrażone w procentach składowej o częstotliwości technicznej; 2. stromości stycznych, przechodzących przez początek krzywej, odpowiadające wszystkim szczytom, tak jak wskazuje to rys. z dokumentu 17 (Great Britain) 204²⁾. Stromości te będą wyznaczone przez stosunek napięcia — w procentach amplitudy składowej o częstotliwości technicznej — do czasu w mikrosekundach“.



Rys. 3.

Określenie czasu τ , określającego przebieg napięcia powrotnego (u), według propozycji italskiej.

Znaczenie praktyczne przyjętych określeń polega na tym, że stanowią one pierwszy krok do porównywania warunków prób w istniejących laboratoriach, przy czym przesyłanie oscylogramów katodowych napięcia staje się zbędne. Dalszym krokiem będzie normalizacja przebiegu napięcia powrotnego.

Sprawa sposobu wyznaczania krzywych napięcia powrotnego obwodu przerywanego nie została w czasie dyskusji dostatecznie wyjaśniona. Jak wiadomo, można w tym celu oscylografować napięcie na zaciskach wyłącznika, możliwie zbliżonego do wyłącznika idealnego (tzw. w literaturze angielskiej wyłącznika „ α “), nie wywierającego wpływu na przebieg napięcia powrotnego. Wprowadza się przy tym poprawki ze względu na różne od zera napięcie łuku. Druga droga — to nowy przyrząd — tzw. Restriking Voltage Indicator — opracowany przed 2 laty przez H. Trenchama i K. Wilkina; o przyrządzie tym wspominał W. Coates (Anglia) w czasie dyskusji. Ponieważ jest on mało znany, a przypisuje mu się dużą wartość, poświęcę temu przyrządowi kilka słów³⁾. Opiera się on na zasadzie superpozycji, podanej przez C. Dannanta i S. Goodalla (Electrician, 1935 r., str. 539), stosownie do której zniknięcie prądu w obwodzie wyłączanym uważa się za spowodowane zjawieniem się prądu o fazie przeciwnej, niż wyłączany. Jest

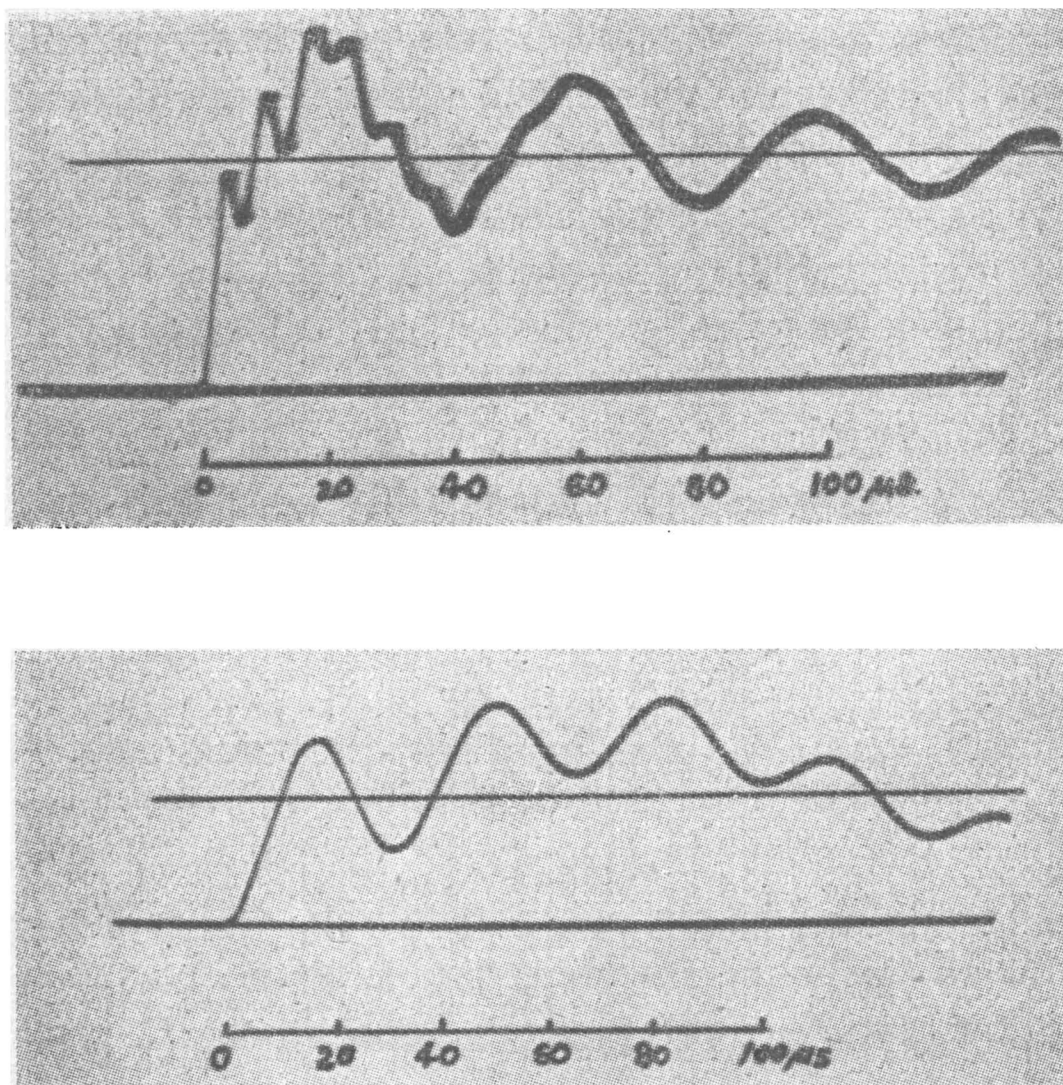
¹⁾ Tłumaczenie niezupełnie dosłowne ze względu na liczne błędy redakcyjne w oryginale francuskim.

²⁾ Rys. 1 w niniejszym Sprawozdaniu.

³⁾ Na podstawie broszury British Thomson-Houston Co. pt. A Restriking Voltage Indicator for alternating current circuits.

to dopuszczalna fikcja matematyczna, o ile założyć się, że prąd wyłączany płynie stale, gdyż wtedy po wyłączeniu suma prądów w obwodzie jest zero. Wobec tego, że w tym ujęciu wyłączany prąd nie daje spadku napięcia na wyłączniku, dla wywołania przebiegu napięcia powrotnego wystarczy wpuścić do obwodu — przez zaciski otwartego wyłącznika — tylko prąd, odpowiadający prądowi, znoszącemu wyłączany. Oscylograf załączony na te zaciski daje krzywą napięcia powrotnego.

Restriking Voltage Indicator posługuje się tanim oscylografem o niskim napięciu anodowym, nie nadającym się na ogół do notowania b. szybkich przebiegów jednorazowych. Aby to umożliwić, w przyrządzie zastosowano wielokrotne zapisywanie krzywej napięcia powrotnego w tym samym miejscu ekranu lub kliszy. Osiąga się to przez wpuszczanie do padanego obwodu — za pomocą układu z tyratronem — impulsu prądu w każdym okresie napięcia sieci, zasilającej przyrząd. Przykład wyników stanowią oscylogramy z rys. 4.



Rys. 4.

Krzywe napięcia powrotnego, określone przy pomocy przyrządu Restriking Voltage Indicator.

2. Badania wyłączników o wielkiej zdolności wyłączalnej.

Stosownie do przepisów międzynarodowych (CEI) z r. 1937 próby zwarcia wyłączników przeprowadza się przy pełnej gwarantowanej zdolności wyłączalnej⁴⁾, tzn. przy gwarantowanych: prądzie symetrycznym wyłączanym i napięciu powrotnym⁵⁾. Istniejące obecnie laboratorium wielkiej mocy posiadają jednak zespoły o zbyt małej mocy zwarcia, aby móc badać wyłączniki o wielkiej zdolności wyłączalnej. Ponadto wyłączniki takie stosuje się w eksploatacji przy b. wysokich napięciach, zatem przy ich badaniu trzeba stosować transformatory podnoszące napięcie, których indukcyjność powoduje dodatkowe ograniczenie prądu zwarcia. Zwiększenie mocy istniejących laboratoriów oraz budowa laboratoriów nowych o większej mocy są ze względów ekonomicznych nieopła-

⁴⁾ Celowo nie stosuję pojęcia „mocy wyłączalnej“, jako usuniętego z przepisów CEI. „Zdolność wyłączalna“ jest tłumaczeniem terminów „pouvoir de coupure“ oraz „breaking-capacity“.

⁵⁾ W dalszym ciągu przez „napięcie powrotne“ będzie rozumiana wartość skuteczna składowej o częstotliwości technicznej.

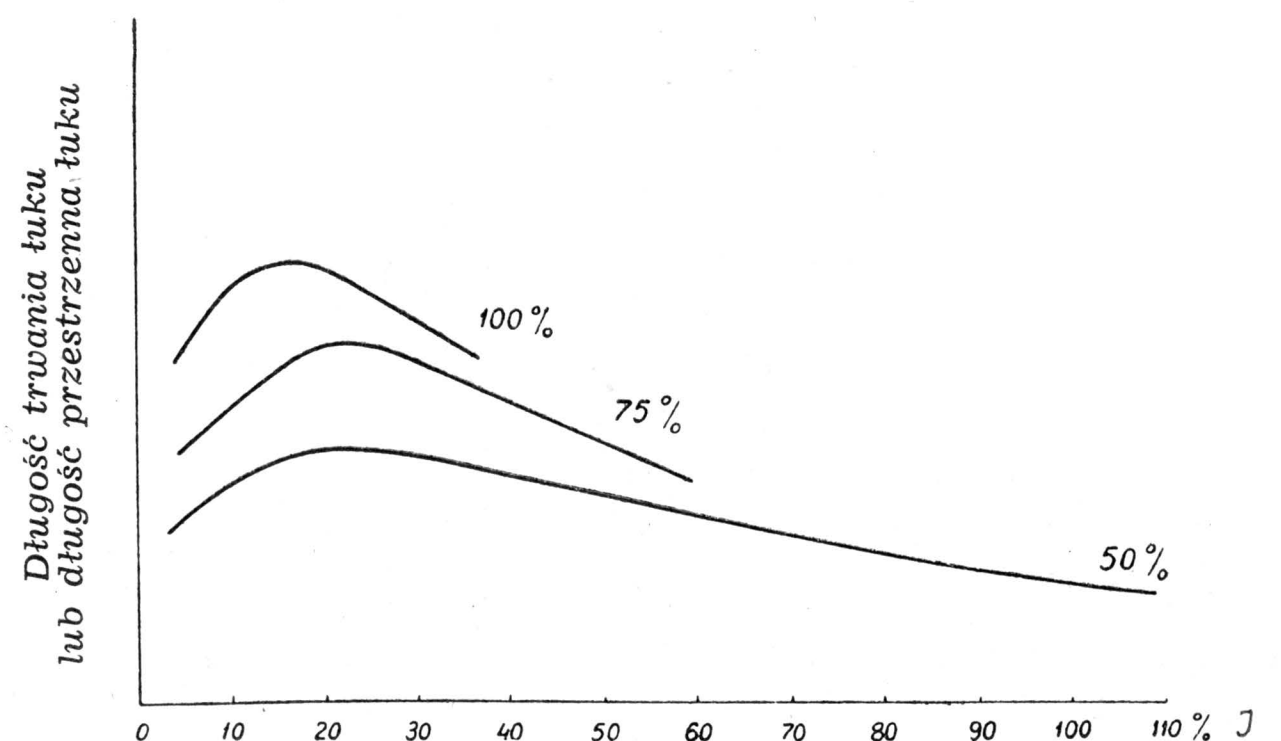
calne. Koszta z tym związane są b. duże—rzędu milionów złotych. Wynika stąd, że przepisy międzynarodowe mogą być stosowane w praktyce tylko przy badaniu wyłączników o średnich zdolnościach wyłączalnych.

Na posiedzeniach w Torquay Komitet Angielski zaproponował nowe przepisy angielskie z 1937 r. (BSS Nr. 116, cz. 2), jako podstawę zmiany przepisów międzynarodowych. Przepisy angielskie przewidują dla wyłączników olejowych o mocy większej od 500 MVA (wg definicji angielskiej) tzw. próbę w dwu częściach — „two part test“ — dającą się wykonać w istniejących laboratoriach. Próba ta ma dawać prawdopodobieństwo, że wyłącznik wytrzymałby próbę pełną (wg CEI). Jej zasada polega na wykonaniu: 1. próby z pełnym, gwarantowanym napięciem powrotnym i największym, osiągalnym w danej instalacji, prądem wyłączanym symetrycznym; 2. próby przy pełnym, gwarantowanym prądzie symetrycznym, a zmniejszonym napięciu powrotnym, oraz 3. ewentualnie prób przy pośrednich wartościach prądu i możliwie największym napięciu powrotnym.

Przepisy angielskie przewidują ponadto pewne ułatwienia przy próbach b. dużych wyłączników, dzięki którym można uzyskać sprawdzenie większych zdolności wyłączalnych. Jest to dopuszczenie $\cos \varphi$ obwodu probierczego, mniejszego od 0,3 (wg CEI od 0,15) i dopuszczenie składowych stałych prądu wyłączanego, tzn. składowych występujących w chwili oddzielenia się kontaktów, większych niż 20% największej teoretycznie możliwej wartości (wg CEI max. 20%).

Komitet Angielski poparł w obszernym dokumencie 17 (Great Britain) 204 swą propozycję wzięcia przepisów angielskich za podstawę normalizacji międzynarodowej. Z dokumentu tego przytaczam szereg motywów.

Stosownie do badań przeprowadzonych w angielskich laboratoriach próba w dwóch częściach daje te same wyniki, co próba pełna dla wyłączników olejowych z urządzeniem do gaszenia łuku (with arc control device). Jest to tym spowodowane, że dla takich wyłączników trudność wyłączania zależy głównie od prądu, a w małej mierze od napięcia, czyli że wielkość napięcia powrotnego jest do pewnego stopnia bez znaczenia. Urządzenia do gaszenia łuku stosuje się wg W. Coatesa (Anglia), z reguły w wyłącznikach o mocy większej od 500 MVA (wg oznaczeń angielskich). Metoda ta nie nadaje się do wyłączników z kontaktami umieszczonymi wolno w oleju. Na ogół próby w dwóch częściach mogą być uważane za usprawiedliwione, gdy:



Rys. 5.

Zależność długości trwania łuku lub długości przestrzennej łuku od prądu wyłączanego, wyrażonego w procentach wielkości gwarantowanej, przy napięciu powrotnym równym 100, 75 i 50% napięcia powrotnego gwarantowanego. Wykres ważny dla wyłączników olejowych z urządzeniem do gaszenia łuku (BSS 116 — 1937).

a) Charakterystyki długości trwania łuku w funkcji prądu mają, dla różnych napięć powrotnych, przebieg asymptotyczny, jak na rys. 5, a więc przy dużych prądach jest obojętne, jakie jest napięcie powrotne.

b) Charakterystyki długości przestrzennej łuku w funkcji prądu mają przebieg asymptotyczny, analogiczny do przebiegu charakterystyk napięcia łuku, energii wywiązanej w łuku lub ciśnienia w urządzeniu do gaszenia łuku w funkcji prądu.

c) Siła elektromotoryczna zespołu probierczego jest dostatecznie duża w stosunku do napięcia łuku, aby nie powstało odkształcenie przebiegu prądu. Aby zapewnić spełnienie tego warunku, przepisy angielskie określają najmniejszą wielkość napięcia powrotnego, jaką wolno zastosować w czasie próby w dwóch częściach. Wynosi ona:

$$\text{Napięcie powrotne minimalne w kV} = \frac{300\,000}{\text{prąd wyłączany symetryczny w amperach}}^{6)}$$

Ułatwienia, w stosunku do przepisów CEI, proponowane przez Komitet Angielski, polegają głównie na dopuszczaniu przy próbie składowej stałej prądu wyłączanego (tj. składowej w chwili oddzielenia się kontaktów), większej niż 20% możliwej maksymalnej wartości. Dopuszczając większą składową stałą, można przy próbie uzyskać również większą składową zmienną, a więc zbadać wyłącznik przy większej zdolności wyłączalnej. Wartości do 20% są przyjęte przez CEI za dopuszczalne, jako mające mały wpływ na łatwość wyłączania. W ogóle sprawa wpływu składowej stałej na zdolność wyłączalną nie jest zupełnie wyjaśniona. Składowa ta ma wywoływać utrudnienie wyłączania w przypadku wyłączników b. szybkich, o trwaniu łuku rzędu półokresu (por. Sprawozdanie z 1935 r., „Przegl. El.” 1935 r., str. 134, rys. 4). Z drugiej strony składowa ta może ułatwiać wyłączanie⁷⁾.

Przepisy angielskie stają na stanowisku, że wpływ składowej stałej prądu polega *jedynie* na przesunięciu chwili przejścia krzywej prądu przez zero w stosunku do krzywej napięcia powrotnego o częstotliwości technicznej, a przez to — na zmniejszeniu wartości chwilowej napięcia powrotnego w tej chwili (wielkości „skoku”) — w stosunku do jego amplitudy. Według autorów Przepisów, wielkość „skoku” decyduje o trudności wyłączania, bez względu, czy skok ten odpowiada amplitudzie, czy mniejszej wartości chwilowej. To też przypisują oni wyłączeniom, przy których skok nie odpowiada amplitudzie, fikcyjną wartość napięcia powrotnego, tzw. *czynne napięcie powrotne* (active recovery voltage). Jest to napięcie, jakiego dało ten sam skok w obwodzie o $\cos \varphi = 0$ i ze składową stałą równą 0. Aby je otrzymać, należy rzeczywiste napięcie powrotne, występujące w czasie próby⁸⁾, pomnożyć przez współczynnik, równy stosunkowi:

$$\frac{\text{wielkość skoku}}{\text{amplituda}}$$

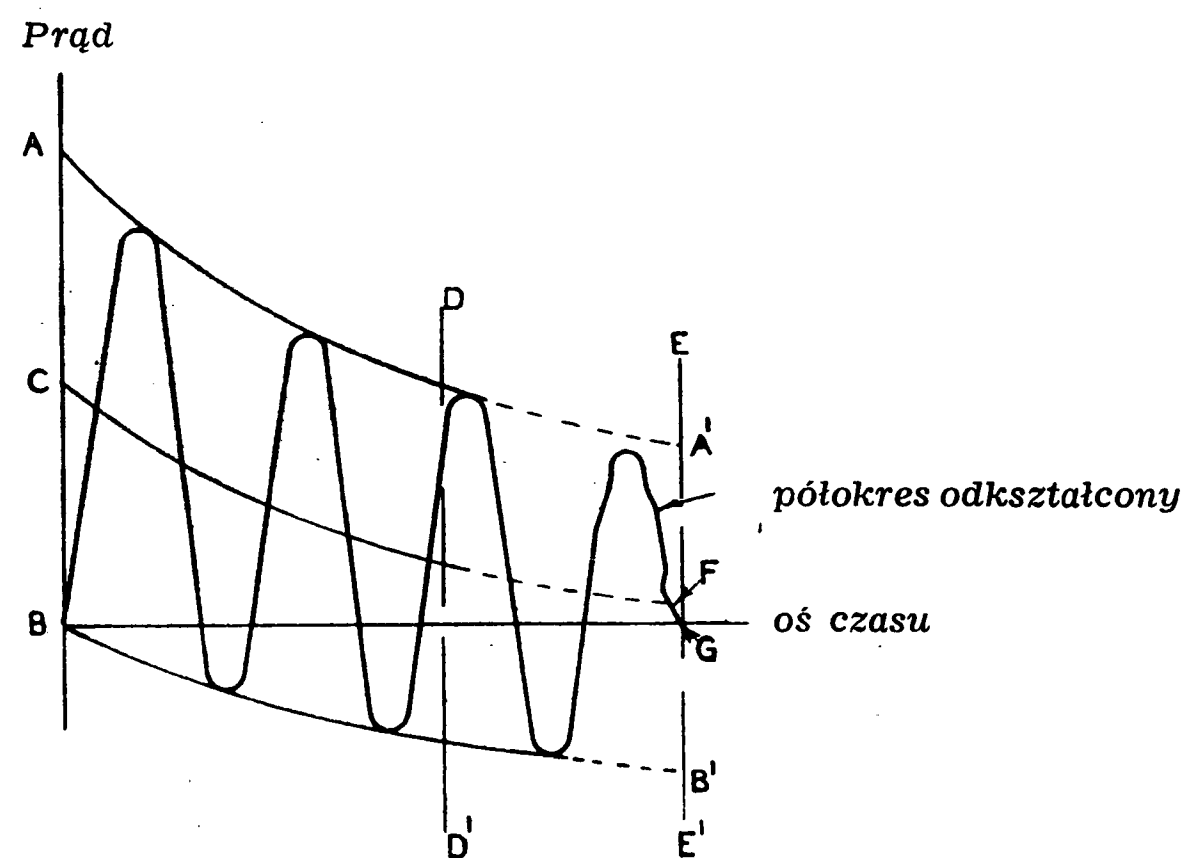
Współczynnik ten, dający się łatwo obliczyć teoretycznie, zależy od $\cos \varphi$ obwodu zwarcia i od wielkości składowej

⁶⁾ Próba przy takim napięciu odpowiada, według oznaczeń angielskich, próbie przy mocy $300\,000 \sqrt{3} \cong 500\,000$ kVA = 500 MVA. Oznacza to, że przy badaniu w dwóch częściach nie przekracza się mocy 500 MVA.

⁷⁾ Porównaj A. J. Bujłow: „Wykluczalieli piermiennawo toka”, 1936 r., str. 193.

⁸⁾ Przez „napięcie powrotne” rozumie się wg przepisów CEI wartość skuteczną składowej o częstotliwości technicznej.

stałej prądu⁹⁾, a ponadto od tego, czy wyłączanie następuje po tzw. małej, czy dużej fali prądu (por. rys. 8). Wielkość współczynnika ilustruje rys. 7.

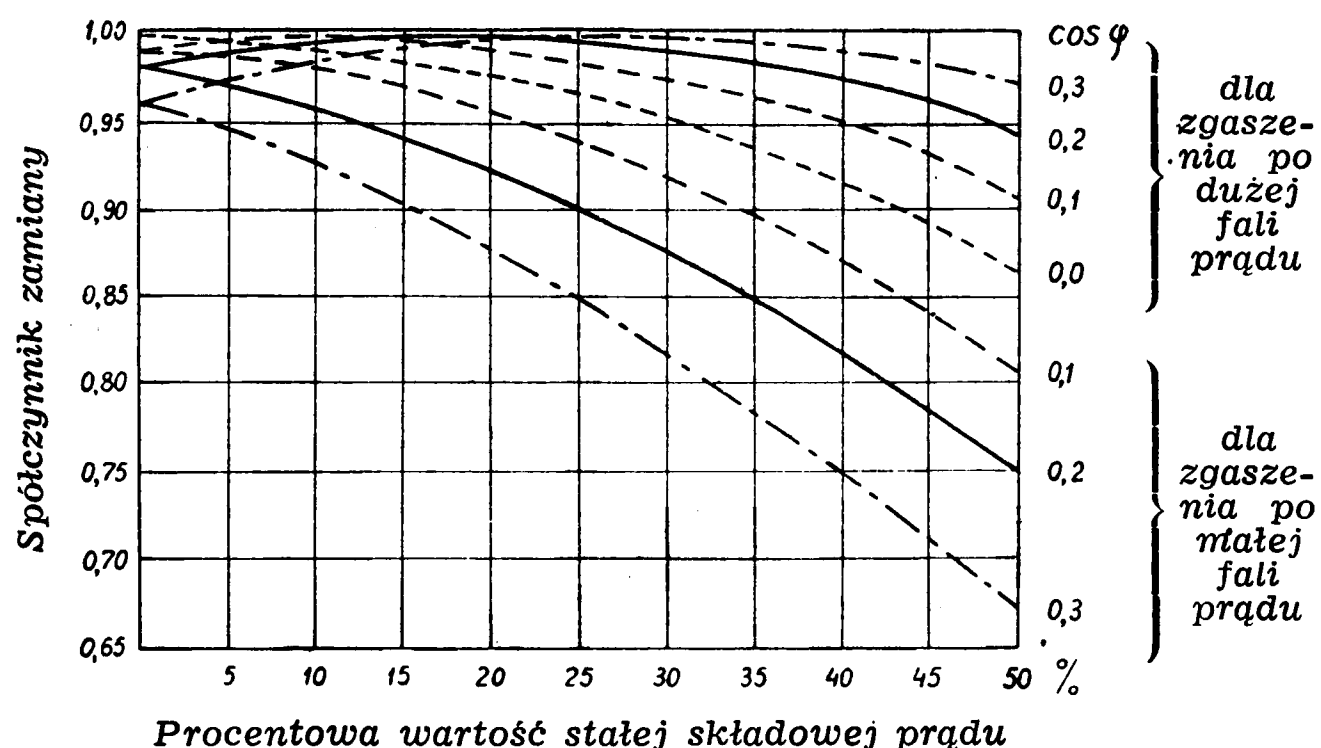


Rys. 6.

Określenie wielkości składowej stałej prądu w chwili przejścia przez zero (wg. przepisów BSS 116 — 1937). CF — przebieg składowej stałej; FG — wielkość tej składowej w chwili przejścia prądu przez zero; DD' — chwila rozdzielenia się kontaktów; EE' — chwila zgaszenia łuku.

W przepisach angielskich czynne napięcie powrotne gra tę samą rolę, co napięcie powrotne w przepisach CEI, i do niego odnosi się warunek na minimalne napięcie powrotne (patrz wyżej).

Dyskusja nad propozycją angielską toczyła się na plenum Komitetu oraz w ad hoc wybranym Podkomitecie. Stwierdzono, że należy sprawdzić doświadczalnie, czy metoda próby w dwóch częściach stosuje się do wyłączników innych, niż olejowe. W każdym razie jej wyniki



Rys. 7.

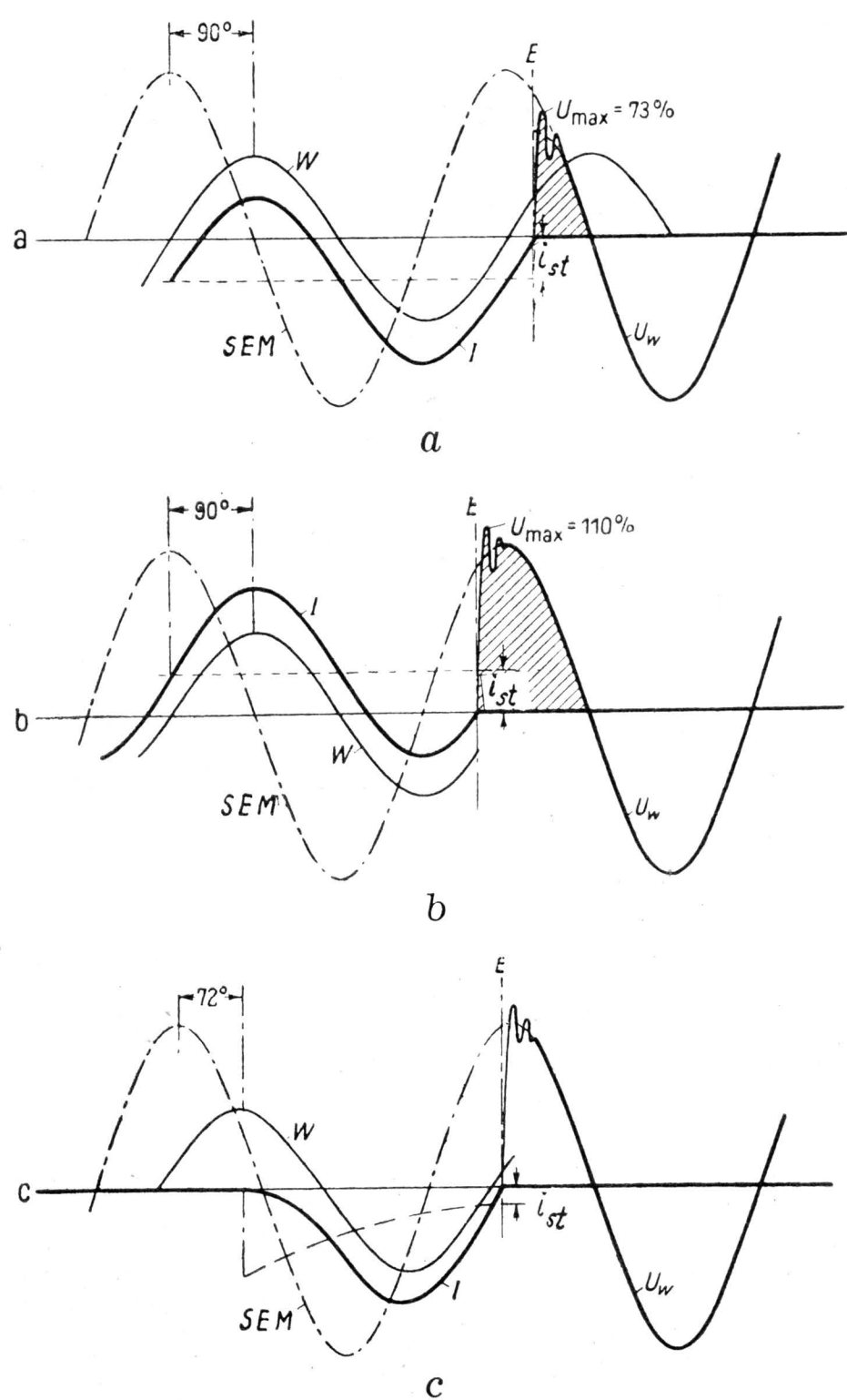
Spółczynnik, przez który należy mnożyć napięcie powrotne rzeczywiste, aby otrzymać napięcie powrotne czynne, w funkcji wielkości składowej stałej prądu w chwili zgaszenia łuku (BSS — 116 — 1937).

należy traktować tylko, jako prawdopodobieństwo, że wyłącznik zachowa się odpowiednio w eksploatacji. Całkowitą pewność może dać wyłącznie próba pełna. Ostatecznie nie powzięto żadnych decyzji, a sprawę próby w dwóch częściach odesłano do Komitetów Narodowych dla dalszych badań.

Warto tutaj zaznaczyć, że uwzględnienie wpływu składowej stałej według propozycji angielskiej, uległo krytyce W. Kaufmanna (ETZ, 1938/59, str. 553 i 580).

⁹⁾ Miarodajna jest tu składowa stała w chwili przejścia prądu przez zero (por. rys. 6); przeciwnie, składowa stała prądu wyłączanego występuje w chwili rozłączenia się kontaktów.

Jego zdaniem propozycja pomija różnice w pracy wyłączania między przypadkiem ze składową stałą i bez niej, różnice mogące mieć wpływ na łatwość wyłączania. Ponadto nie uwzględnia ona tego, że przebieg czasowy napięcia powrotnego całkowitego (tzn. sumy składowej o częstotliwości technicznej oraz składowej przejściowej)



Rys. 8.

Przebieg napięcia powrotnego (W. Kaufmann).
a i b — $\cos \varphi = 0,05$, składowa stała prądu w chwili zgaszenia łuku 50%; a — zgaszenie łuku po dużej fali prądu; b — zgaszenie łuku po małej fali prądu; c — $\cos \varphi = 0,3$, składowa stała prądu w chwili zgaszenia łuku 20%.
I — prąd; W — składowa zmienna prądu; I_{st} — składowa stała w chwili odłączenia (E).

jest inny, gdy składowa o częstotliwości technicznej maleje po przejściu prądu przez zero, inny zaś — gdy ona rośnie. W pierwszym przypadku napięcie nie osiąga tak dużych wartości chwilowych, jak w drugim (rys. 8-a i b). Drugi przypadek jest więc trudniejszy dla wyłącznika, mimo iż współczynnik z rys. 7 jest dla obu przypadków ten sam. Interesujący jest również rys. 8-c z artykułu Kaufmanna, w którym napięcie powrotne czynne równa się napięciu rzeczywiście występującemu (przejście prądu przez zero zachodzi tu przy amplitudzie napięcia powrotnego o częstotliwości technicznej). W przypadku tym trudność wyłączenia jest niewątpliwie inna, niż przy $\cos \varphi = 0$ i prądzie bez składowej stałej, mimo iż oba te przypadki są uważane przez przepisy angielskie za równoważne.

W. Kaufmann krytykuje krzywe z rys. 7 również z punktu widzenia zasadniczego, twierdząc, że są one mało sprawdzone doświadczalnie, skoro zawierają poprawki dla $\cos \varphi = 0,3$ i składowej stałej 40%. Przypadek ten nie jest w ogóle możliwy w praktyce, gdyż przy tak dużym $\cos \varphi$ składowa stała zanika zbyt szybko, aby w chwili przejścia prądu przez zero mogła wynosić 40%.

W czasie dyskusji roztrząsano również sprawę wartości tzw. prób pośrednich, tj. prób, przy których prąd wyłączany i napięcie powrotne pochodzą z oddzielnych źródeł. Pozwala to na stosowanie źródła prądu wyłączanego o stosunkowo małej mocy, nawet przy badaniu wielkich wyłączników. Istnieją dwa sposoby przeprowadzania tych prób. W sposobie Skeatsa napięcie powrotne zwykłego obwodu do badania wyłączników podwyższa się przy pomocy specjalnego autotransformatora i za pomocą iskiernika załącza, jako napięcie powrotne, na wyłącznik badany. W sposobie Marxa napięcia powrotnego dostarcza generator udarów.

Zdania delegatów, dotyczące prób pośrednich, były podzielone; do wniosków, które uzyskałyby aprobatę ogólną, nie doszło. Bardzo ciekawe i obszernie uwagi zgłosił w tej sprawie Komitet Angielski w dokumencie 17 (Great Britain) 204.

J. L. Jakubowski.

Inicjatywa z przed 20 lat

W dniu 4 stycznia 1919 roku odbyło się posiedzenie kierowników elektrowni publicznych w Krakowie w sali Towarzystwa Technicznego, na którym powstała inicjatywa powołania do życia Związku Elektrowni Polskich oraz Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Z tego tytułu Rada Związku Elektrowni odbyła swe kolejne posiedzenie dnia 4 stycznia 1939 r. w Krakowie — w tej samej sali Towarzystwa Technicznego, zapraszając do współuczestnictwa w posiedzeniu również te osoby, które brały udział w posiedzeniu dnia 4 stycznia 1919 r.

Z pośród gości należy podkreślić obecność p. inż. W. Günthera, dyrektora Biura Elektryfikacji Ministerstwa Przemysłu i Handlu, pp. profesorów G. Sokolnickiego i J. Studniarskiego oraz pp. dyrektorów Z. Raucha i J. Żurowskiego.

Na posiedzeniu odczytany został protokół z posiedzenia kierowników elektrowni publicznych z przed 20 lat, którego tekst brzmi, jak następuje:

„Otwierając posiedzenie, dyr. Bieliński wita przybyłych Delegatów i stwierdza, że wschodnia Galicja z wyjątkiem Lwowa i Czortkowa nie jest z powodu odcięcia reprezentowana.

Następnie przypomina przewodniczący, że w r. 1914 powstała na zjeździe Związku austro-węgierskich elektrowni w Krakowie sekcja galicyjska, która miała obejmować wszystkie elektrownie galicyjskie. Sekcja ta jednakże z powodu wojny nie mogła rozwinąć swej działalności będąc nadto krępowaną statutem Związku, według którego wszystkie sprawy załatwiane były centralnie w głównym zarządzie Związku austro-węgierskiego w Wiedniu.

Wskutek utworzenia niepodległej Polski zaistniały nowe warunki do których należy się zastosować. Przede wszystkim przestały elektrownie galicyjskie należeć do związku austriackich elektrowni, ponieważ w myśl § 3 statutu powyższego Związku członkiem zwyczajnym może być tylko przedsiębiorstwo elektryczne austriackie.

Dalej należy zastanowić się nad utworzeniem związku elektrowni polskich na całym obszarze Polski, oraz nad tym, czy centralę zakupu materiałów połączyć razem ze związkiem, czy też traktować ją osobno.

Nad powyższą sprawą rozwinęła się szeroka dyskusja, w której głos zabierali: pp. Tomicki, Studniarski, Hertz, Schleyen, Król, Straszewski, Gajczak i inni. W toku dyskusji wyłoniły się nast. wnioski:

Dyr. Tomicki stawia wniosek rozwiązania dotychczasowego stosunku z austriackim Związkiem elektrowni, oraz utworzenia związku współdzielczego elektrowni polskich.

P. Hertz stawia wniosek opracowania projektu związku jako towarzystwa zarejestr. z o. p. i przedstawienia tego projektu na ogólnym zjeździe elektrowni.

Dyr. Tomicki stawia wniosek założenia — niezależnie od związku elektrowni — związku elektrotechników polskich obejmującego wszystkie sfery z zawodem elektrycznym związane i stawia wniosek, aby wybrać komisję dla opracowania projektu statutu związku elektrowni polskich oraz związku polskich elektrotechników.

P. Hertz stawia wniosek wybrania komisji, która by się zajęła przygotowaniem zjazdu przedstawicieli elektrowni i równocześnie zjazdu elektrotechników polskich na którychby powyższe projekty statutów przedłożone zostały do uchwały.

Dyr. Studniarski proponuje utworzenia zrzeszenia wszystkich związków technicznych, jak: elektrowni, gazowni, wodociągów, drobnego przemysłu i większych zakładów przemysłowych.

Dyr. Straszewski stawia wniosek, aby wejść w kontakt z Rządem celem rewizji kontraktów prądowych zawartych przez elektrownie z gminami i państwowymi instytucjami.

Po wyczerpującej dyskusji nad powyższymi wnioskami powzięto następujące uchwały:

1) wybrano komisję do ułożenia statutu związku elektrowni w skład której wchodzi 6 członków, a mianowicie: pp. Bieliński, Straszewski, Gajczak, Studniarski, Dubeltowicz i Siwicki;

2) wybrano komisję dla opracowania statutu dla związku elektrotechników w skład której wchodzi 5 członków, a mianowicie: pp. Hertz, Schleyen, Burzacki, Żerański, Siwicki;

3) obie komisje mają przygotować projekty statutu do 4 tygodni i przedłożyć je na ponownym zjeździe elektrowni i elektrotechników polskich, którego termin ustalono na dzień 8 lutego.

Następnie omawiano punkt 2, 3 i 4 porządku dziennego dotyczące podwyższenia cen oleju błękitnego, węgla i frachtów kolejowych. W dyskusji nad tym zabierali głos pp. Studniarski, Gajczak, Tomicki, Sokolnicki i Bieliński.

Inż. Sokolnicki zawiadomił zebranie o utworzeniu urzędu elektryfikacyjnego, który został przyłączony do P. K. L., na czele którego stoi p. Siwicki. Zadaniem tego urzędu ma być opracowanie ustawy o elektryczności, wydawanie rocznej statystyki wszystkich elektrowni polskich oraz w ogóle czuwanie nad sprawami elektrycznymi i nad rozwojem elektryczności.

Na wniosek p. Studniarskiego uchwalono wnieść do Rządu opracowany przez p. Studniarskiego memoriał w sprawie podniesienia ceny oleju błękitnego.

W toku dalszej dyskusji uchwalono na wniosek p. Tomickiego następującą rezolucję:

Przedstawiciele przemysłu elektrycznego zebrani na zjeździe kierowników elektrowni galicyjskich w Krakowie w dniu 4 stycznia 1919 przedkładają następującą, jednomyślnie uchwaloną rezolucję:

Z powodu podwyższenia cen węgla, oleju błękitnego i kosztów transportu przedsiębiorstwa wytwarzające prąd elektryczny są zachwiane w swej egzystencji. Wskutek tego wnoszą zebrani przedstawiciele stanowczy protest przeciwko ustanawianiu podwyżek materiałów stanowiących podstawę produkcji prądu elektrycznego oraz kosztów przewozu, bez poprzedniego wysłuchania ich opinii i proszą, aby przed powzięciem decyzji tego rodzaju rozpisywano ankiety celem umożliwienia zainteresowanym czynnikom wyrażenia swej opinii.

Na wniosek p. Straszewskiego uchwalono następującą rezolucję:

Nadzwyczajne i niesłychane podrożenie cen materiałów do ruchu, oleju błękitnego, smarów i węgla oraz ustawodawcza zmiana dnia roboczego na 8-godzinny dzień pracy, jak również niesłychana podwyżka płac robotniczych, postawiły przemysł wytwórczy prądu elektrycznego przed koniecznością znacznych podwyżek cen prądu, aby uniknąć ekonomicznej ruiny.

Wiele elektrowni będąc w rękach prywatnych, związane długoletnimi umowami koncesyjnymi z gminami, którymi prąd sprzedają, nie mogą ceny prądu podwyższyć, pomimo, że wszelkie te podrożenia spowodowane zostały częścią wypadkami siły wyższej, a częścią zarządzeniami Państwa.

Zebrani przeto kierownicy elektrowni galicyjskich na zjeździe w Krakowie w dniu 4 stycznia br., uchwalili wnieść żądanie do Rządu, by wziął w swoje ręce rewizję kontraktów koncesyjnych z gminami i taryf prądu i by taryfy te zregulował, aby tym sposobem umożliwić elektrowniom, które są tak ważnym czynnikiem w życiu gospodarczym naszego kraju, dalszą egzystencję.

Na wniosek p. Straszewskiego uchwalono wybrać komitet wykonawczy, składający się z p. Tomickiego, Bielińskiego i Straszewskiego, któremu polecono zredagowanie powyżej uchwalonych rezolucyj i przedłożenia ich wraz z memoriałem w sprawie cen oleju błękitnego Polskiej Komisji Likwidacyjnej.

Następnie poruszył p. Fajkosz z Krynicy sprawę ubezpieczenia i rewizji kotłów parowych. Po dyskusji uchwalono odnieść się do Krakowskiego Tow. Technicznego z inicjatywą utworzenia polskiego towarzystwa ubezpieczenia i rewizji kotłów parowych i porozumienia się w tym celu z istniejącym w Warszawie odnośnym towarzystwem przy Tow. Przemysłowców.

Następnie uchwalono wybrać delegację do przedłożenia Rządowi memoriału, która ma także poruszyć sprawę przewozu materiałów elektrycznych“.

Z DZIEDZINY ELEKTRYFIKACJI

Obrót energii elektr. w listopadzie 1938 r.

Statystyka Biura Elektryfikacji Ministerstwa Przemysłu i Handlu wykazuje za listopad 1938 r. w porównaniu z październikiem tegoż roku zwiększenie ogólnej produkcji 185 elektrowni o mocy instalowanej ponad 1000 kW i ich energii rozporządzalnej. Przyrost ten wynosi dla energii rozporządzalnej, tj. tej, która pozostaje w ramach gospodarki poszczególnych elektrowni, po dokonaniu wymiany między elektrowniami, — 12 653 tys. kWh. Nie jest jednak ten wynik gorszy od roku 1937, w którym ta sama nadwyżka wyniosła 7 002 tys. kWh. Z porównania obrotów energii el. w poszczególnych grupach elektrowni wynika, że do zwiększenia ogólnej energii rozporządzalnej przyczyniły się elektrownie zawodowe, tak okręgowe, jak i lokalne, a z niezawodowych — elektrownie grupy cukrownianej. Natomiast bierną rolę w „dynamice“ obrotów w listopadzie odegrały pozostałe elektrownie niezawodowe. Jak widać jednak z tablicy, podobne zjawisko występowało również w latach poprzednich.

Nadwyżki (wzgl. obniżenie) obrotów w listopadzie w porównaniu z październikiem:

Grupa elektrowni	1938 r. 10 ³ kWh	1937 r. 10 ³ kWh	1936 r. 10 ³ kWh
Elektrownie zawodowe:			
Okręgowe	+ 4 536	+ 3 367	+ 203
Lokalne	+ 3 348	+ 2 181	+ 726
Elektrownie niezawodowe:			
Kopalnie węgla	— 508	+ 20	— 340
Huty	— 1 471	— 3 175	— 1 420
Fabryki chemiczne	— 539	+ 16	— 590
„ włókiennicze	— 257	+ 57	— 1 136
Cukrownie	+ 8 833	+ 6 341	+ 6 083
Papiernie	— 279	— 909	— 556
Cementownie	— 961	— 672	— 2 586
Różne	— 97	— 223	— 229
Trakcyjne	— 48	— 1	— 63

(Ciąg dalszy na str. 51)

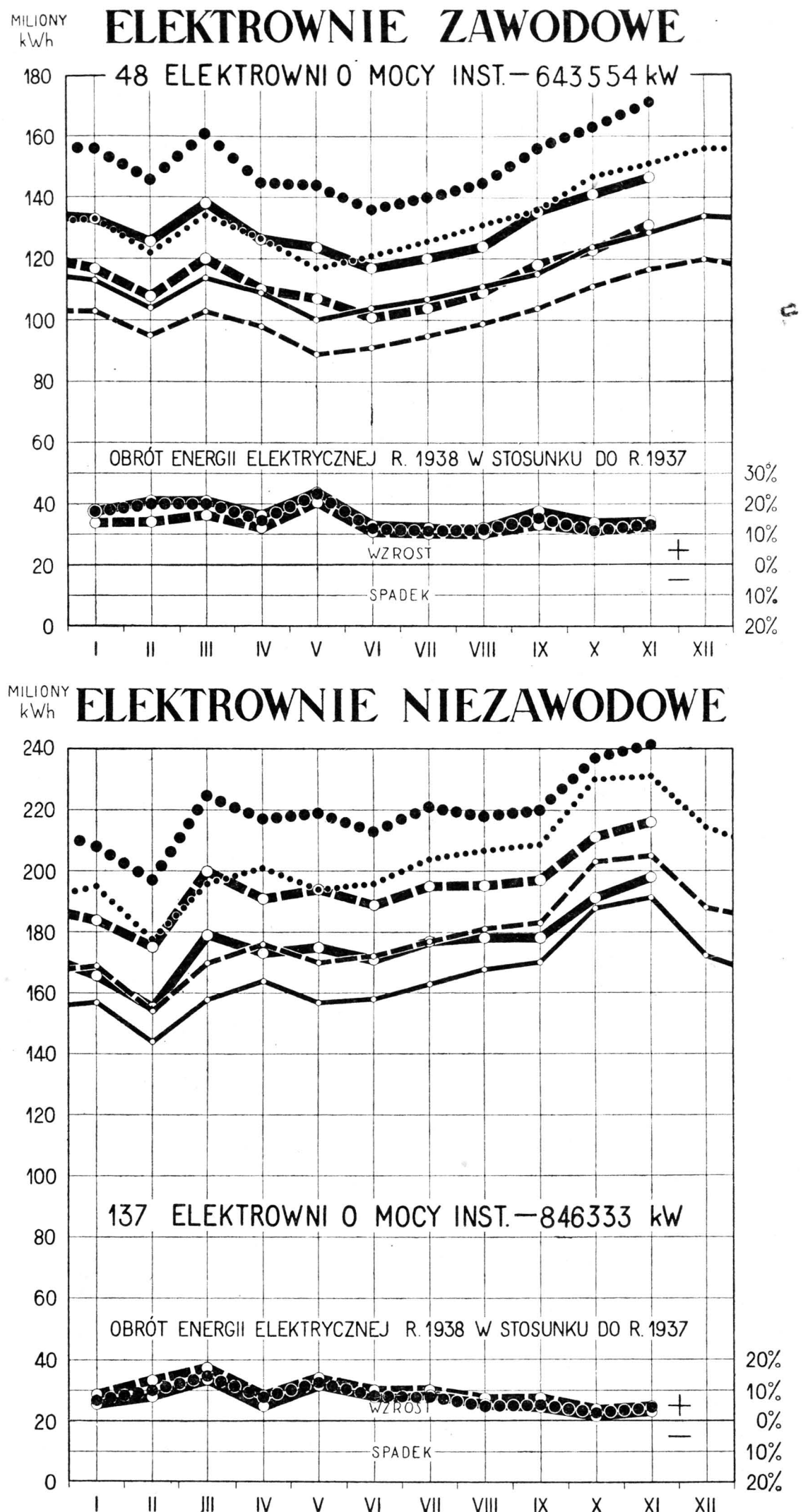
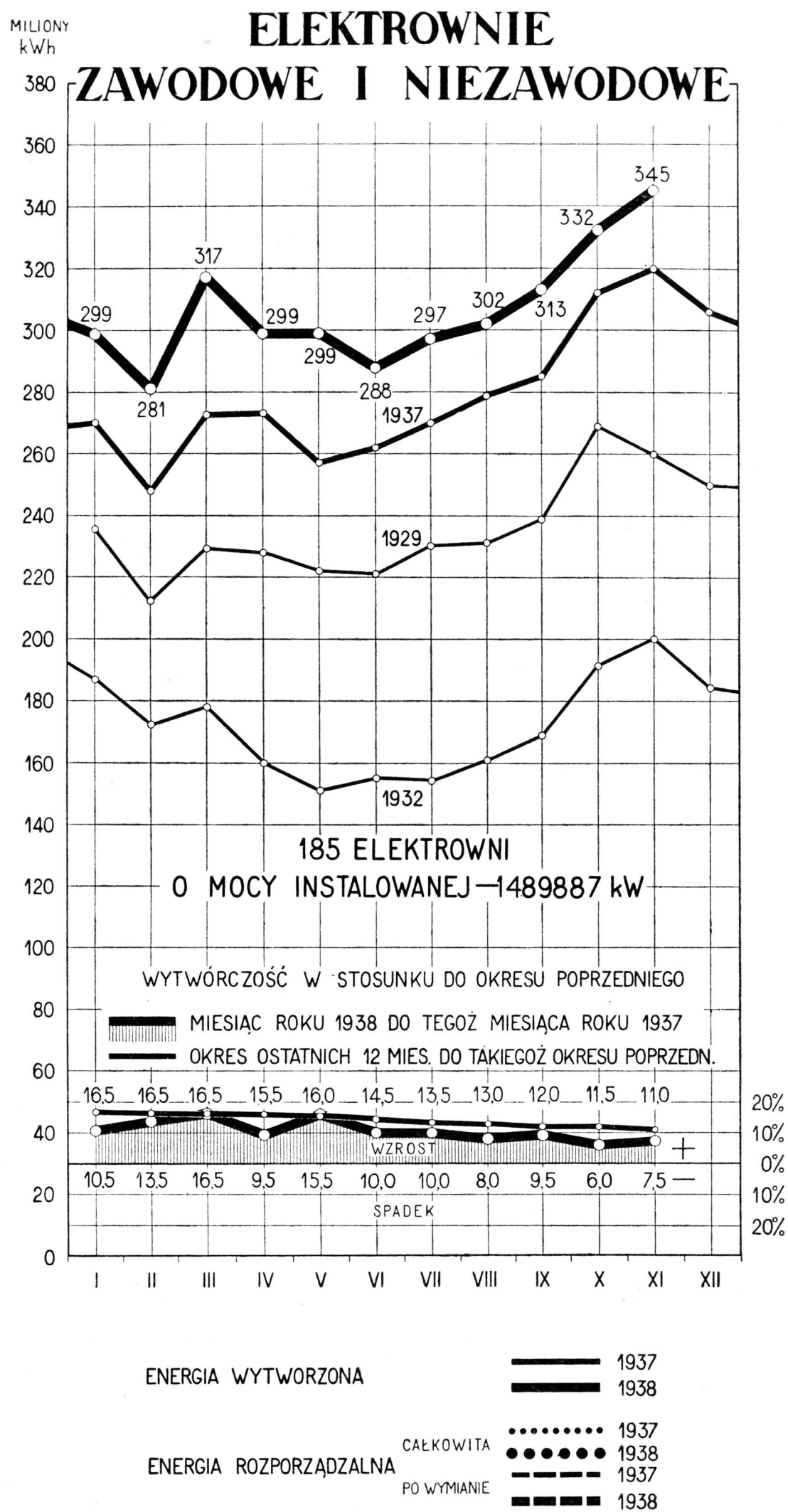
MINISTERSTWO PRZEMYSŁU I HANDLU
BIURO ELEKTRYFIKACJI
STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

Rok IX

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Listopad 1938

Elektrownie (185) o mocy instalowanej ponad 1000 kW (ok. 94% wytwórczości).



ELEKTROWNIE o mocy instalowanej ponad 1000 kW	Licz- ba zakła- dów	Moc instalo- wana kW	Własna wytwórczość		Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia			
			1000 kWh	przyrost %	otrzyma- no 1 000 kWh	oddano 1 000 kWh	całkowita rb. (4 + 5)		po oddaniu innym elektrowniom rb. (4 + 5 — 6)	
							1000 kWh	przyrost %	1000 kWh	przyrost %
I + II	185	1 489 887	344 967	+ 7,5	67 365	65 094	412 332	+ 8,0	347 238	+ 7,5
I Zawodowe	48	643 554	147 148	+ 14,0	23 385	39 215	170 533	+ 13,0	131 318	+ 12,5
1) Okręgowe O	23	368 770	89 077	+ 11,0	18 994	35 386	108 071	+ 10,5	72 685	+ 8,5
2) Lokalne L	25	274 784	58 071	+ 18,5	4 391	3 829	62 462	+ 18,0	58 633	+ 17,5
II Niezawodowe	137	846 333	197 819	+ 3,0	43 980	25 879	241 799	+ 4,5	215 920	+ 5,0
1) Kopalnie węgla W	39	397 895	80 972	+ 4,0	14 164	24 917	95 136	+ 3,5	70 219	+ 5,0
2) Huty H	13	94 103	22 070	+ 6,5	14 579	955	36 649	+ 3,0	35 694	+ 3,5
3) Fabryki chemiczne . . . Ch	14	114 911	34 582	- 1,5	10 208	—	44 790	+ 6,0	44 790	+ 6,0
4) Fabryki włókiennicze . Wł	17	48 166	8 932	- 4,5	1 473	—	10 405	+ 0,5	10 405	+ 0,5
5) Cukrownie Ck	22	61 733	17 111	0,0	—	—	17 111	0,0	17 111	0,0
6) Papiernie P	6	54 890	14 754	+ 2,0	1 206	—	15 960	+ 5,0	15 960	+ 5,0
7) Cementownie Cm	8	33 011	12 139	+ 18,0	28	7	12 167	+ 18,5	12 160	+ 19,0
8) Pozostałe zakłady przem. R	16	28 044	4 538	+ 4,5	559	—	5 097	+ 5,0	5 097	+ 5,0
9) Trakcyjne T	2	13 580	2 721	0,0	1 763	—	4 484	+ 7,0	4 484	+ 7,0

Zwiększenie obrotów elektrowni w listopadzie 1938 r. tak w porównaniu z październikiem, jak i z listopadem r. 1937 nie przynosi, ogólnie biorąc, niespodzianek. Trwa jakby pewien ustalony tryb pracy elektrowni i rozwoju ich obrotów; odbywa się, możnaby powiedzieć, „spokojna jazda według rozkładu“.

Można liczyć, że do końca roku statystyka już nie wniesie nic nowego i nadwyżka rocznej produkcji w porównaniu z rokiem 1937 wyniesie ponad 10%.

Statystyka obrotów energii elektrycznej i wygląd wykresów doznają pewnej zmiany dopiero zaczynając od stycznia 1939 r., z chwilą włączenia do ogólnej ewidencji statystycznej obrotów elektrowni Zaolzia, które, jak już teraz wiadomo, dodadzą ok. 18—20 milionów kWh miesięcznie do rzędnej wykresów obecnie objętych miesięczną statystyką 185 elektrowni na terenie całej Polski.

M.

Uprawnienia rządowe.

Stosownie do przepisu §§ 9 i 20 rozporządzenia z dn. 31 października 1934 r. (Dz. U. R. P. Nr 104, poz. 928) Ministerstwo Przemysłu i Handlu ogłasza:

1) o nadaniu: a — firmie „Elektrownia M. Wolnowicz i L. Zręczny w Kosowie Lackim“ uprawniona Nr

362 z dn. 16 listopada 1938 r. na rozdzielanie energii elektrycznej na obszarze wsi Kosów-Hulidów, Kosów-Lacki, Kosów-Ruski i st. kol. Kosów-Lacki pow. sokołowskiego woj. lubelskiego na lat 10; b — firmie „Młyn cegielnia i tartaki parowe Roś, sp. z ogr. odp.“ uprawnienia Nr 365 z dn. 30 listopada 1938 r. na rozdzielanie energii elektrycznej w os. Roś pow. wołkowyskiego woj. białostockiego na lat 10; c — firmie „A. Woł, Sz. Gimelfarb i S-ka, młyn walcowo-motorowy pod nazwą Wygoda“ uprawnienia Nr 366 z dn. 30 grudnia 1938 r. na rozdzielanie energii elektrycznej w m-ku Turzysk wraz z przedmieściem i stacją kolejową pow. kowelskiego woj. wołyńskiego na lat 15;

2) o wpłynięciu podania zarządu miejskiego m. Równego z dn. 18 listopada 1938 r. o uprawnienie na przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej w celu zbytu detalicznego i hurtowego na terenie gmin wiejskich Równe, Zdobica i m. Zdobunów woj. wołyńskiego. Zastrzeżenia, co do nadania uprawnienia na skutek wyżej wymienionego podania, należy zgłaszać do Urzędu Wojewódzkiego Wołyńskiego w terminie, który będzie przez ten urząd wyznaczony.

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

SZTANDAR DLA BATALIONU ELEKTROTECHNICZNEGO.

W roku bieżącym przypada uroczystość dwudziestolecia Batalionu Elektrotechnicznego. Zarząd Główny S. E. P. pragnąc zadokumentować łączność Stowarzyszenia Elektryków Polskich z Armią, a w szczególności z Batalionem Elektrotechnicznym, jako najbliższą nam jednostką wojskową, uchwalił na swym posiedzeniu w dniu 14 stycznia b. r. ufundować sztandar dla Batalionu.

W związku z tym Prezydium S. E. P. wystosowało do Dowódcy Batalionu list z prośbą o rozważenie propozycji Stowarzyszenia.

W odpowiedzi p. ppłk. dypl. Ryszard Zymś, Dowódca Batalionu Elektrotechnicznego nadesłał następujący list:

Wielce Szanowny Panie Prezesie,

W odpowiedzi na list Szanownych Panów z dnia 17.1.1939 r. mam zaszczyt zakomunikować, że z wielką radością przyjmuję propozycję Stowarzyszenia Elektryków Polskich, dotyczącą ufundowania sztandaru dla Batalionu Elektrotechnicznego i zarówno w imieniu własnym, jak i podległych mi Oficerów, Podoficerów i Saperów serdecznie WPanom dziękuję.

O powyższym piśmie z prawdziwą satysfakcją zameldowałem Dowódcy Saperów w M. S. Wojsk. pułkownikowi Kossakowskiemu, który również z radością przyjął zgłoszenie WPanów, widząc w tym ścisłą łączność Stowarzyszenia Elektryków Polskich z Armią w ogóle, a z Batalionem Elektrotechnicznym w szczególności.

Jednocześnie pragnę powiadomić Wielce Szanownego Pana Prezesa, że występuję w drodze służbowej do Pana Ministra Spraw Wojskowych o zezwolenie na przyjęcie ufundowanego przez WPanów sztandaru.

Po załatwieniu formalności wstępnych, które potrwają zapewne około 2 tygodni, natychmiast powiadomię Wielce Szanownego Pana Prezesa o wszystkich danych technicznych, niezbędnych dla realizacji tego pięknego WPanów zamierzenia.

Zechce Pan Prezes przyjąć wyrazy prawdziwego szacunku i poważania.

Dowódca Batalionu Elektrotechnicznego
(—) ppłk. dypl. Zymś Ryszard

Dzień święta Batalionu Elektrotechnicznego stanie się przeto uroczystością symbolicznego zbratania się Elektrotechniki Polskiej z Armią.

X-TA SESJA MIĘDZYNARODOWEJ KONFERENCJI WIELKICH SIECI ELEKTRYCZNYCH

X-ta Sesja Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRE) odbędzie się w Paryżu w dniach od 29 czerwca do 8 lipca r. b. Program Konferencji obejmuje 15 posiedzeń sekcyjnych w 3 Sekcjach, a mianowicie:

Sekcja I obejmuje następujące zagadnienia — prądnice, przekształcanie prądu elektrycznego, pomiary i przyrządy elektryczne, transformatory, oleje izolacyjne, materiały izolacyjne, wyłączniki wysokiego napięcia, aparatura wysokiego napięcia, stacje i podstacje.

Sekcja II obejmuje następujące zagadnienia: kable i korozja, przewody, obliczenia mechaniczne linii, słupy, fundamenty, sadz, wiatr, śnieg, izolatory.

Sekcja III obejmuje: zakłócenia telefoniczne i radiofoniczne, praca sieci, współpraca sieci, regulacja napięcia, mocy i częstotliwości, przepięcia pochodzenia wewnętrznego, piorun, przepięcia wywołane przez wyładowania atmosferyczne, zagadnienia różne.

Oprócz tego program przewiduje szereg wycieczek technicznych i turystycznych w Paryżu oraz w okolicach, a po Kongresie następujące wycieczki techniczne: do Masywu Centralnego, w Pireneje, w Alpy oraz do Belgii dla zwiedzenia wystawy wody w Liège i do Szwajcarii dla zwiedzenia wystawy w Zurichu.

Francuskie koleje przyznały dla wszystkich uczestników i ich rodzin zniżkę 40% na przejazdach kolejowych.

wych we Francji na cały okres pobytu. Prócz tego poszczególne państwa przyznały zniżki przejazdowe od 30 do 50%.

Wpisowe na kongres wynosi 600 franków, a dla członków CIGRE — 480 fr.

Wszelkich bliższych informacji udziela Polski Komitet W. S. E. przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. Za pośrednictwem Polskiego Komitetu W. S. E. należy zapisywać się na Kongres, przyczem wszelkie zgłoszenia należy nadsyłać zawczasu, ze względu na konieczność wcześniejszego wystąpienia o przydział dewiz i paszportów zagranicznych.

ODDZIAŁ WARSZAWSKI ODCZYTY.

p. t. „POSTĘPY WIEDZY I TECHNIKI“.

Oddział Warszawski S.E.P. zorganizował cykl odczytów, które odbędą się w Warszawie w okresie od 4-go do 13-go lutego b. r. wdg następującego programu:

1. Sobota, dn. 4 lutego:

Prof. Mieczysław Pożaryski — „Porażenia prądem urządzeń elektrycznych i zabezpieczenia“.

2. Poniedziałek, dn. 6-go lutego:

Prof. Roman Podoski — „Rozwój trakcji elektrycznej i nowoczesne poglądy na celowość jej zastosowania“.

3. Wtorek, dn. 7-go lutego:

Prof. Roman Trechciński — „Tonautomatyka“.

4. Środa, dn. 8-go lutego:

Prof. Dr Maksymilian Huber — „Naprężenia termiczne w przewodach wzmocnionych rdzeniem stalowym i inne nowsze zagadnienia wytrzymałościowe“.

5. Czwartek, dn. 9-go lutego:

Prof. Stanisław Płużański — „Zastosowania przyrządów i nowszych metod elektrycznych w budowie obrabiarek“.

6. Piątek, dn. 10 lutego:

Dr Cezary Pawłowski — „Postępy fizyki jądrowej a rozwój innych dziedziny naszej wiedzy“.

7. Sobota, dn. 11 lutego:

Prof. Dr Szczepan Szczeniowski — „Budowa jądra atomowego“.

8. Poniedziałek, dn. 13-go lutego:

Prof. Dr Mieczysław Jeżewski — „O zagadnieniach i metodach badania w dziedzinie promieni kosmicznych“.

Wszystkie odczyty odbędą się w audytorium Fizycznym Politechniki Warszawskiej (ul. Koszykowa 75, Gmach Fizyki). Początek odczytów o godz. 20 (ósma wieczorem).

Pozostałe bilety w cenie po zł. 2 można będzie nabyć bezpośrednio przed odczytami przy wejściu do audytoriów.

ZARZĄD GŁÓWNY

Zgłoszenia członków wspierających (zbiorowych).

Elektrownia Miejska w Bielsku, Bielsko na Śląsku, ul. Batorego 13a.

„Ericsson“, Polska Akcyjna Spółka Elektryczna, Warszawa, Aleje Ujazdowskie Nr. 47.

Na Walnym Zgromadzeniu S. E. P. reprezentować będą pp.: Dyr. Tadeusz Jawor i inż. Tadeusz Mickiewicz.

Towarzystwo Elektryfikacji Okręgu Poznańskiego, S. A., Poznań, ul. Mickiewicza 36.

Na Walnym Zgromadzeniu S. E. P. reprezentować będzie p. inż. Antoni Hermel.

ODDZIAŁ TORUŃSKI.

Przyjęty na członka zwyczajnego:

Karabasz Edwin, inż., Toruń, Słowackiego 40.

ODDZIAŁ ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO.

Zgłoszenie na członka zwyczajnego *):

Horoszko Eugeniusz Jan, inż., Chorzów I, Haukego 24.

*) Uwaga: Zgodnie z § 10 Statutu S.E.P., każdy członek Stowarzyszenia ma prawo złożenia właściwemu Zarządowi Oddziału w ciągu 4 tygodni od daty niniejszego ogłoszenia umotywowanego protestu przeciwko przyjęciu powyższych kandydatów.

WSKAZÓWKI WYKONYWANIA PRÓB NAPIĘCIEM UDAROWYM **).

Uwaga. Wszelkie prawa przedruku zastrzeżone przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

§ 1. Zakres wskazówek.

Wskazówki niniejsze dotyczą prób napięciem udarowym, mających na celu określanie wpływu krótkotrwałych przepięć, zwłaszcza pochodzenia atmosferycznego, na urządzenia elektryczne i ich części.

§ 2. Termin ważności.

Wskazówki niniejsze wchodzi w życie z dniem 1 lipca 1939 r.

§ 3. Określenia.

1. *Udarem napięcia* nazywamy przebieg napięcia jednego znaku, które wzrasta praktycznie bez oscylacji (drgań) od zera do wartości szczytowej i następnie maleje do zera. Oscylacje uważa się za praktycznie nie istniejące, jeżeli ich amplituda nie przekracza 5% wartości szczytowej udaru.

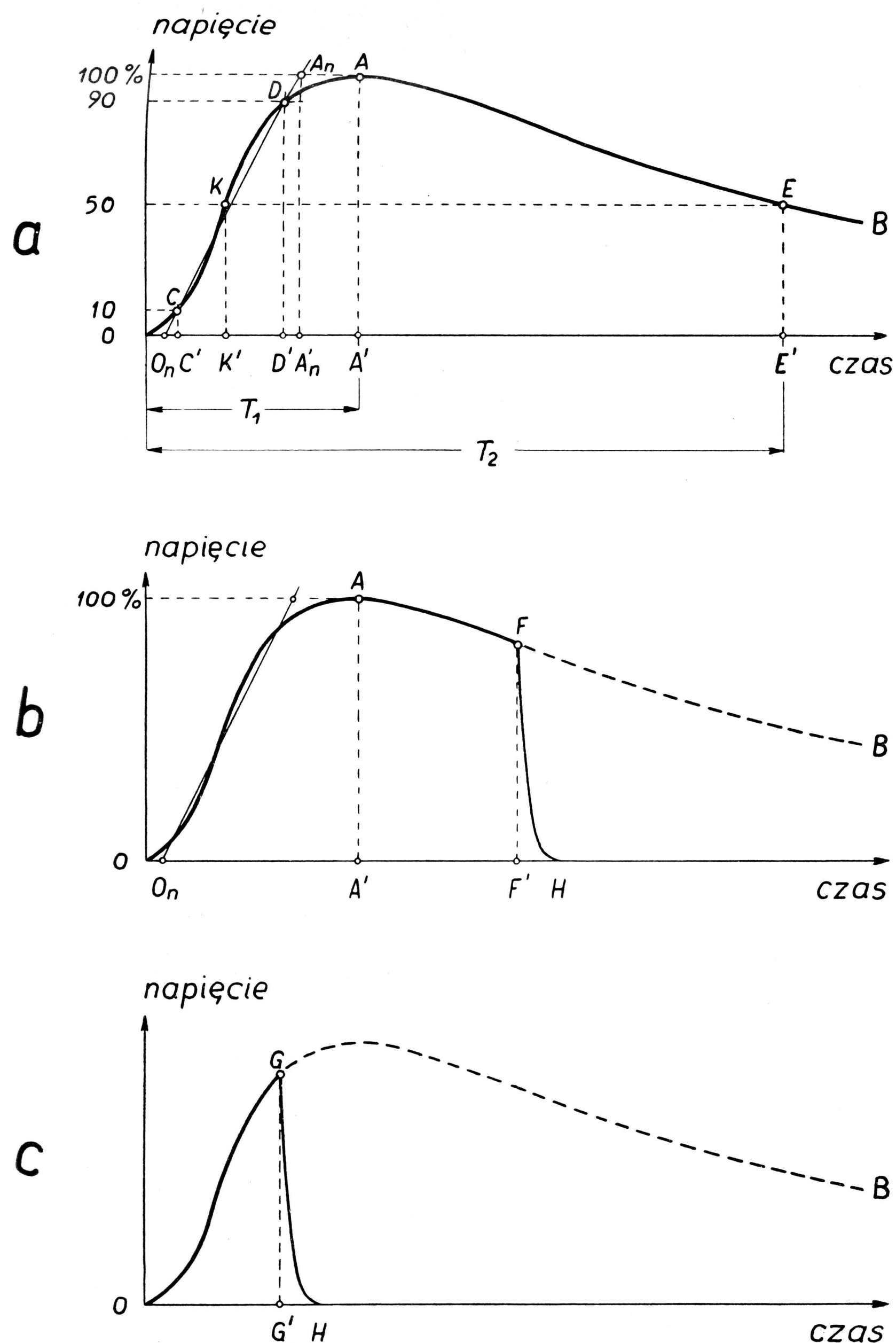
2. *Pełnym udarem* nazywamy udar, przy którym nie powstaje wylądowanie zupełne (przeskok lub przebicie). Jeśli wylądowanie zupełne powstaje, a w związku z nim nagłe zmniejszenie napięcia udarowego (*ucięcie udaru*), udar nazywa się *uciętym*. Ucięcie może nastąpić na czole lub na grzbiecie udaru.

Krzywa OAB na rys. 1a przedstawia typowy przebieg pełnego udaru napięciowego w czasie. Część wznosząca się tej krzywej OA odpowiada *czotu udaru*, część opadająca AB — *grzbietowi udaru*.

3. *Kształt udaru*. Krzywa OAFH na rys. 1b przedstawia typowy przebieg udaru uciętego na grzbiecie, krzywa OGH

*) Uwagi do niniejszego projektu należy nadsyłać w terminie do dnia 1 marca 1939 r. p. a.: Stowarzyszenie Elektryków Polskich — Warszawa 1, Królewska 15.

**) Opracowane przez Komisję VIII Izolatorów i Napięć. W pracach brali udział pp.: Czarnowski J., Drewnowski K., Gieszczykiewicz St., Jakubowski J. (przewodniczący), Misiurewicz E., Skowroński J., Szpor St., Żarnecki T.



Rys. 1. Kształt uderzeń.

na rys. 1c — przebieg uderu uciętego na czole. Punkty F i G odpowiadają chwilom ucięcia.

4. Wartością szczytową uderu (pełnego lub uciętego) nazywa się największa chwilowa wartość, występująca w czasie uderu (AA' na rys. 1a i 1b, GG' na rys. 1c).

Uwaga. Jeżeli ucięcie następuje na czole, wartość szczytowa uderu uciętego jest mniejsza, niż uderu pełnego, jaki wystąpiłby bez ucięcia (rys. 1c).

5. Długością nominalną trwania czoła uderu pełnego T_1 krótko długością czoła nazywa się okres czasu, 1,25 razy większy od okresu, jaki upływa między punktami czoła, odpowiadającymi 10% i 90% wartości szczytowej. Wyraża się ją w mikrosekundach (μs). Na rys. 1a odpowiada ona 1,25 $C'D'$, czyli odcinkowi $O_n A'_n$. Punkt O_n , w których prosta CD (rys. 1a) przecina oś czasu, nazywa się nominalnym początkiem uderu.

6. Długością (nominalną) do półszczytu na grzbiecie uderu pełnego T_2 , krótko długością do półszczytu, nazywa się okres czasu, jaki upływa między nominalnym początkiem uderu a punktem na grzbiecie, odpowiadającym połowie wartości szczytowej. Wyraża się ją w μs . Na rys. 1a odpowiada ona odcinkowi $O_n E'$.

Uwaga. Długość do półszczytu należy rozróżniać od stosowanej czasem długości trwania półszczytu, która jest określona okresem czasu, w którym napięcie uderowe ma wartość większą niż połowa wartości szczytowej ($K'E'$ na rys. 1a).

7. Długością (nominalną) do ucięcia, krótko długością do ucięcia, nazywa się okres czasu, jaki upływa między nominalnym początkiem uderu a chwilą ucięcia.

Uwaga. Nominalna długość czoła, długość do półszczytu i długość do ucięcia różnią się od rzeczywistych. Wartości rzeczywiste są trudne do określenia i w praktyce nie są wyznaczane. Wobec tego określenie „nominalna“ w nazwach wymienionych terminów można opuszczać.

8. Stromością czoła uderu w danym punkcie nazywa się stromość stycznej do czoła w tym punkcie. Wyraża się ją w $kV/\mu s$.

9. Stromością nominalną czoła uderu nazywa się stromość prostej, przechodzącej przez punkty czoła, odpowiadające 10% i 90% wartości szczytowej. Na rys. 1a wyraża się ona stosunkiem napięcia $A_n A'_n$ do czasu $O_n A'_n$.

10. Oznaczenia. Udar pełny określa się długością czoła T_1 i długością do półszczytu T_2 i oznacza jako udar T_1/T_2 . Udar ucięty oznacza tak samo, przy czym T_1/T_2 odnoszą się do odpowiadającego mu uderu pełnego, tj. takiego, jaki wystąpiłby,

gdyby ucięcie nie zachodziło. Dla całkowitego określenia udaru pełnego konieczne jest ponadto podanie znaku napięcia i wartości szczytowej, wyrażonej w kV; dla określenia udaru uciętego — znaku napięcia, wartości szczytowej i długości do ucięcia.

11. *Udarowym napięciem przeskoku* na obiekcie badanym lub *udarowym napięciem przebicia* obiektu badanego nazywa się wartość szczytowa udaru, powodującego przeskok lub przebicie.

Uwaga. Stosownie do określenia podanego w p. 4 jest to wartość szczytowa udaru pełnego, gdy ucięcie następuje na wierzchołku lub grzbiecie udaru, a wartość w chwili ucięcia, gdy ucięcie następuje na czole.

12. *Minimalnym udarowym napięciem przeskoku* nazywa się napięcie przeskoku, przy którym przeskok na obiekcie badanym powstaje przy mniej więcej 50% zastosowanych identycznych udarów. W tych warunkach przeskok zachodzi z reguły na grzbiecie lub wierzchołkach udaru.

13. *Spółczynnikiem udaru* nazywa się stosunek udarowego napięcia przeskoku (lub przebicia) do wartości szczytowej napięcia przeskoku (lub przebicia) o częstotliwości technicznej.

14. *Opóźnieniem przeskoku* (lub przebicia) nazywa się okres czasu, jaki upływa między chwilą osiągnięcia na czole udaru napięcia przeskoku (lub przebicia) przy częstotliwości technicznej, a chwilą ucięcia udaru skutkiem przeskoku (lub przebicia).

§ 4. Wytwarzanie napięcia udarowego.

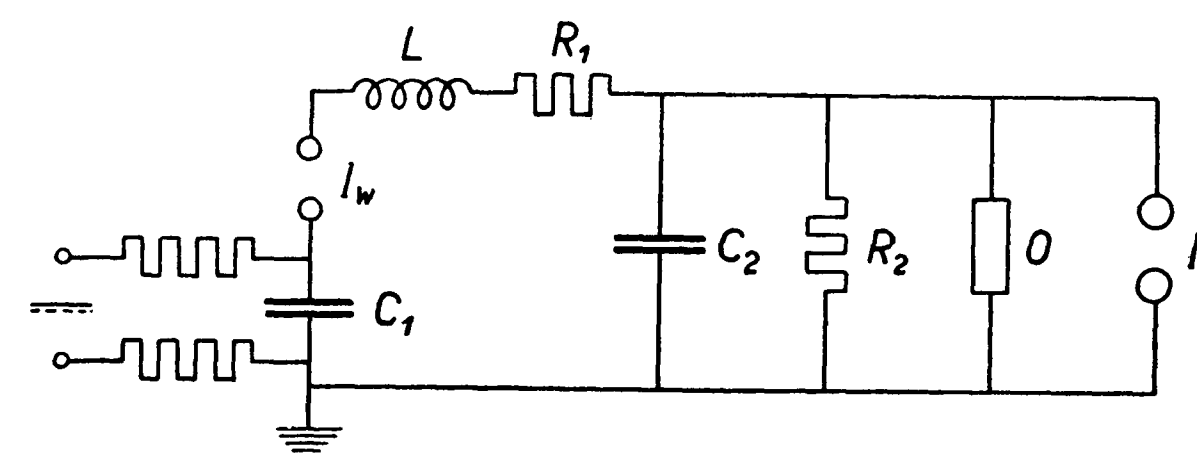
Napięcie udarowe wytwarza się przy pomocy *generatora udarów* (rys. 2). Źródłem napięcia generatora są kondensatory o pojemności wypadkowej C_1 , które ładuje się prądem stałym przez odpowiednie oporniki, a wyładowuje na obiekt badany przy pomocy iskiernika włączającego I_w . Zwykle kondensatory lub ich grupy (*stopnie generatora*) są oddzielone od siebie iskiernikami (*międzystopniowymi*); generator nazywa się wtedy *wielostopniowym*. Przy powstaniu iskier w iskiernikach międzystopniowych i włączającym, zostaje zamknięty obwód, posiadający następujące stałe:

- C_1 — pojemność,
- R_2 — oporność (opornik rozładowujący i ew. oporowy dzielnik napięcia do oscylografu),
- L — indukcyjność (połączenia, cewka),

- C_2 — pojemność (obiekt badany, połączenia, ew. pojemnościowy dzielnik napięcia do oscylografu),
- R_1 — oporność (opornik tłumiący).

Generator powinien być tak zbudowany, aby można było otrzymywać udary napięciowe dodatnie i ujemne względem ziemi. Pojemność wypadkowa C_1 generatora musi być co najmniej $0,001 \mu F$ i nie może być mniejsza od 5-ciokrotnej pojemności C_2 .

Uwaga. Pojemność C_2 zależy od pojemności obiektu badanego, która stanowi jej część. Należy to uwzględnić przy doborze C_1 .



Rys. 2. Schemat uproszczony typowego generatora udarowego.

Oznaczenia:

- C_1 — pojemność wypadkowa generatora,
- I_w — iskiernik włączający,
- O — obiekt badany (np. izolator),
- I_p — iskiernik pomiarowy,
- L — indukcyjność obwodu wyładowania,
- C_2 — pojemność równoległa do R_2 ,
- R_1 — oporność tłumiąca,
- R_2 — oporność rozładowująca.

§ 5. Regulacja udarów.

Reglacja odstępów czasu między kolejnymi udarami przeprowadza się, zmieniając napięcie ładowania generatora.

Regulację wartości szczytowej udarów przeprowadza się, zmieniając odstęp elektrod iskierników międzystopniowych i włączającego.

Regulację długości czoła przeprowadza się przez odpowiedni dobór stałych: oporności tłumiącej R_1 , indukcyjności L i pojemności C_2 .

Regulację długości do półszczytu przeprowadza się zwykle zmieniając oporność rozładowującą R_2 .

Długość czoła i długość do półszczytu praktycznie nie zmieniają się przy zmianie wartości szczytowej udaru, jeżeli

nie zachodzą modyfikacje stałych obwodu generatora, a ulot jest pomijalny.

Uwaga. Przebieg udaru można obliczyć, stosując wzory ogólne. Obliczenie wystarczy wykonać raz jeden dla danej instalacji, uwzględniając różne kombinacje C_1 , C_2 , L , R_1 , R_2 .

W przypadku generatorów o niewielkiej ilości stopni, małych wymiarach i bez specjalnie włączonych cewek indukcyjność L można zwykle pominąć przy obliczeniu udaru. O ile przy tym R_2 jest $> 10 R$, to długość czoła wynosi $T_1 \cong 3 R_1 C_2$, a długość do półszczytu

$$T_2 \cong (C_1 R_1 + C_1 R_2 + C_2 R_2) l_n^2$$

gdzie R_1 i R_2 — w omach, C_1 , C_2 — w mikrofaradach, l_n — logarytm naturalny, T_1 i T_2 — w mikrosekundach.

§ 6. Usuwanie oscylacji.

Aby usunąć oscylacje z przebiegu udaru stosuje się opornik tłumiący. Źródłem oscylacji jest zwykle obwód C_1 , L , C_2 ; wytłumia się go przy pomocy opornika o oporności $R_1 \geq 2 \sqrt{\frac{L}{C_2}}$ (R_1 — w omach, L — w mikrohenrach, C_2 — w mikrofaradach). W generatorach o dużej ilości stopni i dużych wymiarach oscylacje w przebiegu udaru mogą pochodzić również z obwodów, utworzonych przez poszczególne stopnie generatora. W tych warunkach należy opornik R_1 rozdzielić na części, włączane w szereg z iskiernikami międzystopniowymi.

§ 7. Kształt udarów normalnych.

Zalecone do stosowania udary normalne mają postać 1/50. W przypadkach specjalnych dopuszczalny jest również udar 1/5. Tolerancja długości czoła wynosi $\pm 50\%$, długości do półszczytu $+ 20\%$.

§ 8. Pomiar kształtu udaru.

Pomiar długości czoła i długości do półszczytu należy zasadniczo przeprowadzać przy pomocy odpowiedniego oscylografu katodowego w razie braku oscylografu można się zadowolić obliczeniem, przeprowadzonym na podstawie zmierzonych wielkości C_1 , C_2 , L , R_1 i R_2 .

Stwierdzenie nieistnienia oscylacji należy przeprowadzić przy pomocy oscylografu katodowego i dzielnika, który dzieli napięcie oscylacyjne prawidłowo. W razie braku oscylografu lub takiego dzielnika, pewne wskazówki co do istnienia oscylacji mogą dać pomiary iskiernikowe.

Uwagi. 1. Istnienie oscylacji można przypuszczać, gdy wartość szczytowa udaru, zmierzona iskiernikiem, jest większa, niż napięcie na

C_1 bezpośrednio przed powstaniem udaru. Przeciwna zależność nie zawsze świadczy o nieistnieniu oscylacji.

2. Sprawdzianem niewystąpienia oscylacji może być zgodność wartości szczytowej udaru, zmierzonej iskiernikiem i otrzymanej z obliczenia.

3. W pewnych przypadkach istnienie oscylacji można wykryć, mierząc wartość szczytową udaru dwukrotnie: raz iskiernikiem z odpowiednio dobranym opornikiem szeregowym, drugi raz bez opornika.

§ 9. Pomiar wartości szczytowej.

1. Pomiar przy pomocy iskiernika kulowego. Pomiar ten można stosować, gdy określa się wartość szczytową udarów pełnych lub uciętych na grzbiecie. Tablice wzorcowania iskierników można przyjąć te same co dla 50 okr./sek. (PNE-35).

Iskiernik należy umieścić możliwie blisko przedmiotu badanego, z zachowaniem odległości, przewidzianej przez PNE-35. W szereg z iskiernikiem można włączać bezindukcyjny opornik ochronny o oporności nie większej od 100 Ω . Średnica przewodów, przy pomocy których włączony jest iskiernik, musi być dostatecznie duża, aby nie zjawiały się na nich świetlenia.

Przy pomiarze należy odstęp kul iskiernika tak dobrać, aby przeskok na iskierniku występował przy mniej więcej połowie zastosowanych identycznych udarów. Przy pomiarze minimalnego napięcia przeskoku obiektu badanego należy odstęp kul iskiernika tak dobrać, aby przeskoki na iskierniku i na obiekcie badanym występowały na zmianę, jednakowo często. Należy zanotować najmniejszy i największy odstęp kul, przy którym jest to spełnione, a jako napięcie zmierzone podać napięcie, odpowiadające średniej arytmetycznej tych odstępów.

2. Pomiar przy pomocy oscylografu.

Szybkopiszący oscylograf katodowy jest najlepszym przyrządem do pomiaru wartości szczytowej, a jedynym, nadającym się do określenia wartości szczytowej udarów uciętych na czole. W tym ostatnim przypadku dzielnik napięcia musi być szczególnie starannie zbadany, czy dzieli napięcie prawidłowo.

B I B L I O G R A F I A

Trockengleichrichter (Teorie, Aufbau und Anwendung) von *Karl Maier*; str. 313, 23,5 × 16 cm, rys. 313. Wydawnictwo R. Oldenbourg. Monachium i Berlin, r. 1938.

Przed kilkoma miesiącami ukazało się dzieło poświęcone teorii, budowie i zastosowaniu prostowników stykowych. Jest to pierwsze w ogóle wydawnictwo książkowe poświęcone wyłącznie tej dość specjalnej, tym niemniej jednak dziś już ważnej i obszernej dziedzinie, jaką stanowią prostowniki suche miedziawe i selenowe.

Autor podaje w sposób wyczerpujący teorię pracy prostowników stykowych, układy prostownicze, obliczenie prostowników oraz metody pomiarów charakterystycznych dla prostowników wielkości elektrycznych, jak prąd zwrotny, spadki napięcia itd. Następnie omawiana jest praca prostowników stykowych, ich łączenie — szeregowo i równoległe, wpływ temperatury oraz racjonalna konserwacja. Osobno uwzględniona jest strona konstrukcyjna prostowników; obszerny wreszcie rozdział wszechstronnie omawia praktyczne zastosowania prostowników.

Wieloletnia działalność w dziedzinie rozwoju i produkcji prostowników stykowych pozwoliła Autorowi na podanie bardzo bogatego i rzeczowego materiału. To też czytelnik znajduje tu wiele gotowych usystematyzowanych i uporządkowanych wiadomości, do których dojść trzeba było drogą wyczerpujących studiów oraz wieloletniej praktycznej działalności w tym zakresie.

Nie została poruszona w sposób dostatecznie „szczerzy” i wyczerpujący jedynie dziedzina technologicznej obróbki i przygotowania stosów prostowniczych miedziawych wzgl. selenowych. Staje się to jednakże zupełnie zrozumiałe, skoro uprzytomnimy sobie, że proces przygotowania chemicznego i termicznego elementów prostowniczych stanowi tajemnicę nielicznych wytwórni, wskutek czego nawet oficjalne brzmienia odnośnych patentów poruszają ten moment jedynie w sposób ogólnikowy, nie zawierający wyraźnej recepty na wykonanie tych elementów.

Zewnętrzna szata wydawnictwa — na poziomie innych wydawnictw firmy R. Oldenbourg: papier b. dobry, druk wyraźny, estetyczny, strona litograficzna rysunków i fotografii — wysokiej jakości. Brak w książce rubryki „Errata”, czego należałoby gorąco życzyć wydawnictwom krajowym.

Książka — mimo stosunkowo wysokiej ceny (ok. 40 zł.) — zainteresuje niewątpliwie naszych fachowców — tym bardziej, iż w ostatnich czasach zanotowano u nas powstanie przemysłu produkującego prostowniki stykowe (z za granicy sprowadzane są jedynie elementy prostownicze) oraz szerokie rozpowszechnienie się prostowników stykowych w eksploatacjach przedsiębiorstw państwowych — Poczty i Kolei.

J.

R Ó Ż N E

Pierwszy Polski Zjazd Spawalniczy

Szybki rozwój spawalnictwa w ostatnich latach i przenikanie najnowszych metod spawania i zgrzewania do wszystkich działów produkcji metalowej wzbudza coraz większe zainteresowanie wśród ogółu technicznego do tej nowej gałęzi wiedzy technicznej.

O znaczeniu, jakiego nabiera spawalnictwo w Polsce, świadczy rozwój szkolnictwa spawalniczego, zorganizowanie Wyższego Kursu Spawalnictwa dla Inżynierów, prace organizacyjne nad stworzeniem Polskiego Instytutu Spawalniczego itp.

W przypuszczeniu, że przegląd wyników osiągniętych przez spawalnictwo polskie, zapoznanie się z jego potrzebami i wytyczenie drogi dalszego rozwoju byłyby bardzo na czasie i mogłyby wywołać większe zainteresowanie w kołach technicznych, 4 stowarzyszenia techniczne: Stowarzyszenie dla Rozwoju Spawania i Cięcia Metali w Polsce, Stowarzyszenie Hutników Polskich, Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich i Związek Polskich Inżynierów Budowlanych postanowiły zorganizować Pierwszy Polski Zjazd Spawalniczy.

Zjazd odbędzie się w dniach 20 — 22 kwietnia 1939 r. w Warszawie. W Zjeździe mogą brać udział wszyscy interesujący się zagadnieniami spawalnictwa. Termin nadsyłania prac na Zjazd upływa 10 lutego 1939 r.

Opłaty za uczestnictwo w Zjeździe ustalono w wysokości następującej: członkowie stowarzyszeń organizujących Zjazd 5 zł., inni uczestnicy 10 zł., słuchacze Politechnik 3 zł., członkowie wspierający (osoby prawne) minimum 100 zł.; ci ostatni z prawem delegowania 4 przedstawicieli, którzy będą mieli wszystkie prawa zwykłych członków Zjazdu.

Zgłoszenia należy przysyłać do Komitetu Organizacyjnego I. Polskiego Zjazdu Spawalniczego Warszawa, Zgoda 10 m. 3, tel. 560-47 wewn. 13. P. K. O. 10.033. Zgłoszenie udziału z równoczesną wpłatą wpisowego winno zawierać następujące dane:

1. Imię i nazwisko; 2. Adres; 3. Zawód lub zajmowane stanowisko; 4. Członek organizacji (Stowarzyszenie Elektryków Polskich); 5. Zgłaszam referat pod tytułem...; 6. Podpis.

Koledzy zgłaszający referaty zjazdowe lub biorący udział w zjeździe, proszeni są o poinformowanie o tym Sekretariatu Generalnego S. E. P. celem nadania udziałowi elektryków w Zjeździe charakteru solidarnego.

Adresy Autorów artykułów zamieszczonych w niniejszym zeszycie

Inż. Gogolewski Mieczysław, Sochaczew 2, Zakłady Przemysłowe Boryszew.

Doc. Dr Inż. Jakubowski Janusz Lech, Warszawa, ul. Sienna 30 m. 33.

Prof. Inż. Sokolnicki Gabriel, Lwów, ul. Sapiehy 2.

PRZEDPŁATA:
kwartalnie zł. 9.—
rocznie zł. 36.—
zagranicą + 50%
za zmianę adresu
(znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, Królewska 15, II piętro
telefon Nr 690-23 i 648-65.

Administracja otwarta eod. od godz. 8 do 15, w soboty od 8 do 13
Redaktor przyjmuje we wtorki, środy i piatki od godziny 19-ej do 20-ej

Konto czekowe w P. K. O. Nr. 363

Cennik ogłoszeń
przesyła administracja
na żądanie.
Telefon działu ogłoszeń 648-65.

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przegląd Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.

S. A. Z. G. „Drukarnia Polska”, Warszawa, Szpitalna 12. Tel. 5.87.98 w dzierżawie Sp. Wydawniczej Czasopism Sp. z o. o.