

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Rok XX.

21 Października 1938 r.

Zeszyt 20.

Redaktor inż. WŁODZIMIERZ KOTELEWSKI

Warszawa, Królewska 15, tel. 690-23.

Pobieżne obliczenie najkorzystniejszej serii transformatorów

Inż. Marcein Charaszkiewicz

Uwagi wstępne.

Budowa transformatorów, łącznie z literaturą wszechstronnie oświetlającą najważniejsze zagadnienia z tej dziedziny, osiągnęły dziś już poziom dużej doskonałości.

W naszym piśmiennictwie fachowym nie poświęcano jednak dotychczas temu zagadnieniu zbyt wiele miejsca. Dlatego też nie od rzeczy będzie omówić główne wytyczne sposobu obliczania najkorzystniejszych — zarówno pod względem ekonomicznym, jak i elektrycznym — transformatorów, czyniąc jednocześnie rzut oka na dotychczasowe osiągnięcia w tej dziedzinie.

Zagadnienie właściwego podziału oraz wykorzystania materiałów czynnych, a więc żelaza i miedzi, oraz materiałów izolacyjnych, stanowi przedmiot rozważań bogatej literatury, w której podane są mniej lub więcej przydatne w praktyce rozwiązania. Metoda obliczania transformatora, stanowiąca przedmiot niniejszego artykułu, wydaje się autorowi najprostszą; daje ona możliwość szybkiego zorientowania się w możliwościach konstrukcyjnych, a tym samym ułatwia wybór najkorzystniejszych danych dla szczegółowego obliczenia.

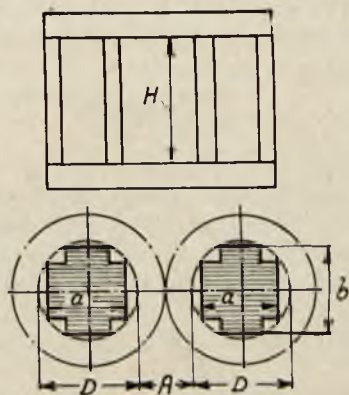
Przede wszystkim konieczne jest ustalenie pewnych zasadniczych założeń, które posłużą nam, jako punkty wyjścia do dalszych wniosków i rozważań.

Do zasadniczych danych transformatora zaliczamy przede wszystkim następujące wymiary (rys. 1):

H — wysokość okna;

A — szerokość okna;

F_k — przekrój rdzenia (żelazo + izolacja papierowa).



Rys. 1.
Zasadnicze dane transformatora.

Dane te są zależne od wielu zmiennych zależnych i niezależnych, decydujących o stosunku zużytych materiałów czynnych oraz o kosztach produkcyjnych i eksploatacyjnych, a więc określających cenę transformatora.

Cena transformatora zależy w pierwszym rzędzie od ceny użytych materiałów czynnych, których ilość jest przede wszystkim funkcją zasadniczych założeń, poczynionych przy obliczaniu transformatora — stawianych bądź przez klienta albo też uwarunkowanych przedwstępną kalkulacją.

Wymagania te mogą być następujące:

1. minimalne koszty materiałów czynnych, przy zadanej sprawności oraz stosunku strat;
2. minimalne straty;
3. minimalne koszty materiałów czynnych;
4. minimalne koszty eksploatacji strat;
5. minimalne koszty materiałów czynnych i eksploatacji strat;
6. ograniczenia dodatkowe (np. co do miejsca, napięcia zwarcia itp.).

Uwzględniając fakt, że w praktyce spotyka się przeważnie transformatory, których sprawność oraz stosunek strat zostały ułożone z zachowaniem prawa serii — czy to na podstawie danych fabrycznych, czy też na mocy porozumienia przemysłu transformatorowego (np. niemieckie DIN VDE 2600) — stwierdzamy, że najistotniejszym będzie omówienie wymagania pierwszego w zastosowaniu do obliczania najkorzystniejszych danych transformatora. Omawiania wymagań następnych poruszać narazie nie będziemy.

Ponieważ na cenę transformatora — prócz kosztów materiałów czynnych — składają się różne koszty dodatkowe, związane z możliwościami lokalnymi, których w pobieżnym obliczeniu uwzględnić nie możemy, ograniczymy się jedynie do analizy *minimalnych kosztów głównych*.

Przedstawiając w powyższym ujęciu cenę transformatora w zależności od zmiennych zależnych, otrzymujemy równanie (1), będące syntetycznym ujęciem wzorów składowych wyprowadzonych niżej — przy szczegółowej analizie równań zasadniczych.

$$C = C_z + C_m = \frac{\sigma_1}{j^2} + \frac{\sigma_2}{B_k \cdot j \cdot f_m} \times \left[\frac{1}{A} + \sigma_3 \frac{B_k^2 \cdot j \cdot A^2 \cdot f_m \cdot \left(\sigma_4 + \sqrt{\sigma_5 \frac{B_k}{j} A + 1 - 1} \right)}{(\sigma_6 \cdot f_m \cdot j \cdot A - B_k) \left(\sqrt{\sigma_5 \frac{B_k}{j} A + 1 - 1} \right)^2} \right] \quad (1)$$

gdzie oznaczają:

- C — cena;
 B_k — indukcja w rdzeniu;
 j — gęstość prądu;
 f_m — współczynnik wypełnienia miedzią w oknie;
 $\sigma_{1,2,3...}$ — wartości stałe.

Minimum ceny otrzymamy zakładając:

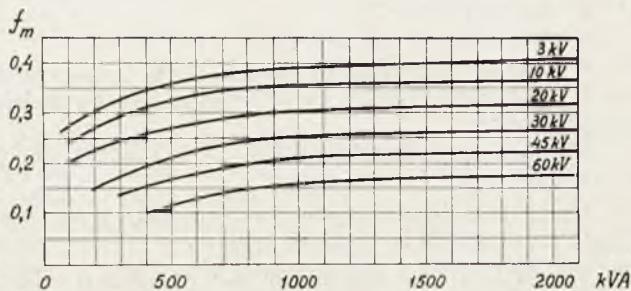
$$\frac{\partial C}{\partial j} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial B_k} = 0; \quad \frac{\partial C}{\partial A} = 0 \dots (2)$$

Z równań tych widzimy, że określenie minimum ceny materiałów czynnych w powyższej postaci jest skomplikowane, nie mówiąc już o tym, że wartości w ten sposób uzyskane mogą być praktycznie niewykonalne. Dlatego, ze względów praktycznych, zakładamy:

$$B_k = \text{const} \\ j_{max} = \text{const},$$

uzyskując w ten sposób równanie tylko ze zmienną *A*, którą możemy wyznaczyć bez większych trudności.

Wprowadzony do powyższego równania (1) współczynnik wypełnienia miedzią w oknie transformatora odgrywa przy wszystkich pobieżnych obliczeniach wielką rolę i, jak dotychczas, nie można go wyeliminować, gdyż jest on zależny od wielu czynników, a mianowicie od izolacji uzwojeń, od obciążenia, od napięcia zwarcia itp., a poza tym od indywidualnego ujęcia wszystkich tych zależności w szczegółowym obliczeniu transformatora. Orientacyjne wartości współczynnika wypełnienia miedzią w oknie *f_m* podane są na rys. 2, w zależności od mocy znamionowych dla szeregu ogólnie stosowanych napięć oraz dla średnich gęstości prądu od 2,3 do 3,8 A/mm².



Rys. 2.

Zestawienie współczynników *f_m* wypełnienia miedzią okna transformatora.

Wielkość indukcji w rdzeniu, uwarunkowana do pewnego stopnia prądem magnesującym, który ze zrozumiałych względów nie powinien przekraczać pewnych wartości, jest praktycznie ustalona, przy czym orientacyjne jej wartości dla różnych mocy znamionowych, podane są w tabeli I.

Najkorzystniejszą wartość gęstości prądu można osiągnąć jedynie drogą kalkulacji wstępnej, uwzględniającej koszty nawijania cewek oraz przygotowania blach. Na wybór gęstości prądu wpływa także między innymi zagadnienie surowcowe. Kraje bogate w miedź (np. Ameryka) stosują b. małe gęstości prądu, zużywając wielkie ilości miedzi przy małych stratach obciążeniowych. Przeciwnie, kraje nie posiadające miedzi pod dostatkiem (np. Niemcy) stosują bardzo znaczne gęstości prądu, przez co — przy stałych stratach obciążeniowych — oszczędzają na ilości miedzi, zwiększając za to ilość czynnego żelaza.

W tabeli I podane są orientacyjne wartości gęstości prądu, stosowane przez przemysł niemiecki. Wartości te odnoszą się tylko do transformatorów na pracę znamionową ciągłą. Transformatory na pracę znamionową okresowo wzmożoną posiadają obciążenia odpowiednio niższe.

Zasadnicze równania.

Równaniem właściwym dla obliczenia najkorzystniejszych danych transformatora jest ogólny wzór na moc znamionową:

$$P = m \cdot E \cdot I \dots (3)$$

Podstawiając do wzoru (3) wartości:

$$F_k = \frac{\Phi}{B_k \cdot f_z} \dots (4)$$

oraz

$$f_m = \frac{4 \cdot z \cdot s}{A \cdot H} \dots (5)$$

otrzymamy:

$$F_k = \frac{\lambda}{A \cdot H} \dots (6)$$

gdzie:

$$\lambda = \frac{P_{(kVA)} \cdot 10^5}{m \cdot 1,11 \cdot f \cdot f_z \cdot f_m \cdot \frac{B_k}{10000} \cdot j} \dots (7)$$

W powyższych równaniach oznaczają:

$$F_k = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot f_0 \text{ — przekrój rdzenia (żelazo + papier);}$$

f_z — współczynnik wypełnienia żelazem czynnym;

$$f_0 = f_z \cdot f_p \text{ — współczynnik wykorzystania powierzchni rdzenia;}$$

z — liczba zwojów w fazie;

f — częstotliwość.

s — przekrój przewodnika;

m — liczba faz.

W tabeli II podane jest zestawienie współczynników wypełnienia żelazem czynnym i wykorzystania powierzchni rdzenia (żelazo + izolacja papierowa) w zależności od liczby stopni rdzenia dla blach transformatorowych o grubości $\Delta = 0,35 \text{ mm}$ oraz $\Delta = 0,5 \text{ mm}$.

Podstawiając do ogólnego wzoru na wagę miedzi:

$$G_m = 2 \cdot m \cdot z \cdot l_{sr} \cdot s \cdot \gamma_m = \frac{P_m (kVA) \cdot 10^3}{\lambda \cdot j_{max}^2} \dots (8)$$

gdzie:

γ_m — ciężar właściwy miedzi;

P_m — straty w miedzi;

λ — współczynnik przy obliczaniu strat w miedzi;

średnia długość zwoju, wyrażona wielkościami określonymi na rys. 1

$$l_{sr} = \frac{\pi}{2} (D + a + A) \dots (9)$$

i zakładając:

$$\sigma = \frac{a + D}{\sqrt{F_k}} \dots (10)$$

otrzymujemy:

$$G_m = m \cdot \frac{\pi}{2} (\sigma F_k + A) \frac{A \cdot H}{2} \cdot f_m \cdot \gamma_m \cdot 10^{-3} = \frac{P_m \cdot 10^3}{\lambda \cdot j_{max}^2} \dots (11)$$

Tabela I

Zestawienie wartości indukcji w rdzeniach oraz średniej gęstości prądu dla transformatorów niemieckich (wg. Kehsego).

M o c	kVA	5	10	20	50	100	200	500	≥ 1 000
Indukcja w rdzeniu	gausów	12 000	12 300	12 800	13 300	14 200	14 400	14 600	14 700 ÷ 15 000
Średnia gęstość prądu	A/mm ²	2,2	2,4	2,7	3,3	3,5	4,1	4,6	4,8' — 5,5

Tabela II

Zestawienie współczynników wykorzystania powierzchni rdzenia f_p oraz wykorzystania żelazem czynnym f_o .

R d z e ń		f_p	Wartości współczynnika $f_o = f_z \cdot f_p$	
liczba stopni	kształt		blacha $\Delta = 0,5$ $f_z = 0,878$	blacha $\Delta = 0,5$ $f_z = 0,853$
3		0,850	0,745	0,723
4		0,886	0,772	0,753
5		0,908	0,795	0,772
6		0,920	0,805	0,782
7		0,931	0,814	0,790

Podstawiając wzór (11) do równania (6), otrzymujemy równanie zasadnicze (12), w którym występują wszystkie zależności potrzebne do ustalenia zasadniczych wielkości transformatora:

$$\sqrt{A \cdot H} = \frac{\psi}{A} (\sqrt{\varphi \cdot A + 1} - 1) \dots (12)$$

We wzorze (12) oznaczają:

$$\varphi = \frac{P_m \text{ (kVA)}}{P} \cdot \frac{1,11 \cdot f \cdot f_z \cdot 10000}{\gamma_m \cdot \sigma^2 \cdot \pi \cdot \kappa \cdot j} \cdot 16 \cdot \frac{10^6}{10^5} \dots (13)$$

Wprowadzając wartość:

$$r_k = \frac{1,11 \cdot 16 \cdot 10}{\pi \cdot \sigma^2} = \frac{56,6}{\sigma^2} \dots (14)$$

otrzymujemy:

$$\varphi = r_k \cdot \frac{P_m}{N} \cdot \frac{f \cdot f_z}{\gamma_m \cdot \kappa \cdot j} \cdot \frac{B_k}{10000} \dots (15)$$

$$\psi = 3,75 \sqrt{\frac{\lambda}{r_k}} \dots (16)$$

Wyrażony za pomocą wzoru (14) współczynnik r_k zależy od kształtu rdzenia i każdorazowo możemy określić jego wartość, posilując się wzorami (10) i (14). Dla kołowego przekroju rdzenia

$$r_k = 11,1.$$

Przy pomocy powyższych wzorów mamy możliwość określenia zasadniczych danych rdzenia. Tym samym określiliśmy wielkość strat w żelazie rdzeni.

Wymiary jarzma oraz indukcja w jarzmie muszą być określone w ten sposób, ażeby suma strat w żelazie osiągnęła wartość założoną P_z .

Całkowitą objętość żelaza czynnego otrzymamy ze wzoru (17)

$$V_z = f_z \cdot \lambda \cdot v'_z \dots (17)$$

gdzie:

$$v'_z = \frac{n}{A} \cdot \frac{B_k}{B_j} \cdot w \dots (18)$$

zaś:

$$w = \frac{2(m-1)}{H} + \frac{2 \cdot m \cdot \varepsilon \cdot \lambda}{(\sqrt{A \cdot H})^3} \dots (19)$$

przy czym ε oznacza współczynnik uwzględniający sposób połączenia rdzenia z jarzmem. Dla kołowego przekroju rdzenia i blach jarzma odpowiadających wystawianiu blach rdzenia

$$\varepsilon = 1,128.$$

Mając całkowitą objętość żelaza czynnego (17) oraz wielkość zbadanych strat w żelazie P_z , obliczamy indukcję jarzma:

$$B_j = \frac{\tau - \frac{m}{A} \cdot B_k}{w} \dots (20)$$

gdzie:

$$\tau = \frac{P_z \text{ (kVA)} \cdot 10^{10}}{\gamma_z \cdot f_z \cdot P_{10} \cdot \lambda \cdot \frac{B_k}{10000}} \dots (21)$$

Zestawiając rezultaty wyciągnięte z dotychczasowych naszych rozważań, widzimy, że przy pomocy powyższych równań możemy po uprzednim określeniu wartości stałych w kolejności:

$$\lambda, \varphi, \psi \text{ oraz } \tau$$

obliczyć dla różnych założonych wartości A całkowitą objętość żelaza, którego minimum otrzymujemy przez interpolację krzywej:

$$v'_z = f(A).$$

Podstawiając powyższe równania do równania zasadniczego otrzymamy równanie (1).

Uproszczenie obliczeń.

Powyższe obliczenia możemy uprościć, podstawiając do wzoru na objętość żelaza:

$$x = \frac{1}{\varphi \cdot A} \dots (22)$$

Wprowadzając:

$$x = \left(\sqrt{\frac{1}{X} + 1} - 1 \right) \cdot X \dots (23)$$

otrzymujemy:

$$Y = \frac{1}{\left[\frac{2 \cdot (m-1)}{x^2 \cdot X} + \frac{2 \cdot m \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{r_k}}{3,76 \cdot x^3} \right]^2} \dots (24)$$

oraz:

$$V_z = m \cdot f_z \cdot \varphi \cdot \lambda \cdot v_z \dots (25)$$

gdzie:

$$v_z = X + \frac{1}{Y \cdot L \cdot m^2 \cdot (K - X)} \dots (26)$$

$$L = (\varphi^2 \cdot \psi)^4 \dots (27)$$

$$K = \frac{\tau}{m \cdot \varphi \cdot B_k} \dots (28)$$

W wyniku powyższych wzorów otrzymujemy równanie na indukcję w jarzmie:

$$\frac{B_j}{B_k} = (K - X) \cdot m \cdot \sqrt{Y \cdot L} \dots (29)$$

Ponieważ wartość Y , wyrażona wzorem (24), jest funkcją X , wobec tego możemy wartość tę obliczyć dla różnych form rdzenia i zestawić w formie tabeli III, mając możliwość określenia wartości pośrednich, potrzebnych dla uzyskania minimum v_z , przez interpolację:

$$X = f(v_z).$$

Należy podkreślić, że uzyskane przy pomocy powyższego obliczenia najkorzystniejsze dane techniczne transformatora, mogą podczas szczegółowego obliczania ulec wahaniom, zależnie od wartości zadanego napięcia zwarcia, co jednak nie wpływa w zbyt wysokim stopniu na rezultat obliczenia, gdyż minimum jest dość szerokie i pozwala na odchylenie wartości A , a tym samym na osiągnięcie pożądanego napięcia zwarcia.

Tabela III

Zestawienie danych liczbowych funkcji pomocniczej:
 $Y = f(X)$.

X	Y				
	kształt rdzenia				
	okrągły	krzyżakowy		prostokątny	
	m = 3	m = 2	m = 3	m = 2	m = 3
0,11	—	3,1 · 10 ⁻⁶	0,96 · 10 ⁻⁶	5 · 10 ⁻⁶	1,445 · 10 ⁻⁶
0,12	1,16 · 10 ⁻⁶	3,92	1,23	6,37	1,88
0,14	1,82	5,89	1,9	9,85	2,95
0,16	2,59	8,3	2,73	14,30	4,25
0,20	4,51	14,64	4,82	25,21	8,09
0,25	7,71	24,6	8,31	46,60	14,61
0,30	11,5	36,7	12,45	72,05	22,6
0,35	16,2	50,8	17,55	102,5	33,1
0,42	23,4	71	25,35	154	50,8
0,5	32,4	98,1	35,5	218,2	73,8
0,6	44,5	133	48,8	307,5	105
0,72	59,2	173,5	65,3	443	156
0,80	68,6	201,9	76,5	499	177,7
1,00	93,3	271,9	104	700	256
1,20	116	337	130	879	333
1,60	156	440	174,3	1217	472
2,0	186,2	522	210	1520	594
3,0	244,5	676	277,5	2075	840
4,0	284	780	324,5	2467	1020
5,0	316	855	364	2750	1160
10,0	389	1052	447	3530	1520

Przykład.

Należy obliczyć typowy, najkorzystniejszy transformator trójfazowy, o chłodzeniu olejowym i o następujących danych:

$P = 100$ kVA; przekładnia napięć:

$15000 \pm 5\% / 400/231$ V; $f = 50$ okr./sek.

$P_z = 0,66$ kW; $P_m = 2,3$ kW.

Zakładamy: przekrój kołowy rdzenia $r_k = 11,1$; $\epsilon = 1,128$. Blachy o grubości $\Delta = 0,35$ mm, $f_z = 0,853$; stratność blach $p_{10} = 1,3$ W/kg, przy czym liczymy się z 20% powiększeniem stratności wskutek obróbki, czyli $p'_{10} = 1,56$ W/kg.

Z rys. 1 zakładamy: $f_m = 0,23$; indukcja w rdzeniu $B_k = 14100$ l. s./cm²; gęstość prądu $j = 3$ A/mm²

$\alpha = 2,5$; $\gamma_{zel} = 7,65$; $\gamma_m = 9$;

ze względu na zaczepty zakładamy: $P_1 = 105$ kVA.

Przy pomocy przytoczonych wyżej danych otrzymujemy:

$\lambda = 0,76 \cdot 10^3$; $\varphi = 0,217$; $\psi = 311$;

$\tau = 6,05 \cdot 10^3$; $K = 0,66$; $L = 4,58 \cdot 10^4$.

Minimalną objętość żelaza otrzymujemy dla:

$$0,3 \leq X \leq 0,42.$$

Dla:

$X = 0,35$; $Y = 16,2 \cdot 10^{-6}$; $K - X = 0,31$; $v_z = 0,83$

otrzymujemy:

$A = 13,2$ cm; $H = 40$ cm; $F_k = 14,4$ cm²

$G_z = 270$ kg; $G_m = 100$ kg; $B_j = 11200$ l. s./cm²,

Zastosowanie idealnego prawa wzrostu.

Przed przystąpieniem do zasadniczego tematu celowym będzie przeprowadzenie pewnych ogólnych rozważań, dotyczących prawa wzrostu.

Powiększając n -krotnie graniastosłup wzorcowy, otrzymamy następujące zależności:

wymiary liniowe: $a = n \cdot a_1$

powierzchnie: $F = n \cdot a_1 \cdot n \cdot b_1 = n^2 \cdot F_1$

objętość: $O = n \cdot a_1 \cdot n \cdot b_1 \cdot n \cdot h_1 = n^3 \cdot O_1$.

Analogiczne zależności wyprowadzamy w zastosowaniu do serii transformatorów, zakładając, że ich wykonanie w określonym zakresie mocy znamionowych jest takie same, a obciążenia elektromagnetyczne są równe. Wówczas otrzymujemy:

wymiary liniowe: $a = \left(\frac{P}{P_1}\right)^{1/4} \cdot a_1$

powierzchnie: $F = \left(\frac{P}{P_1}\right)^{1/2} \cdot F_1$

objętość: $O = \left(\frac{P}{P_1}\right)^{3/4} \cdot O_1$

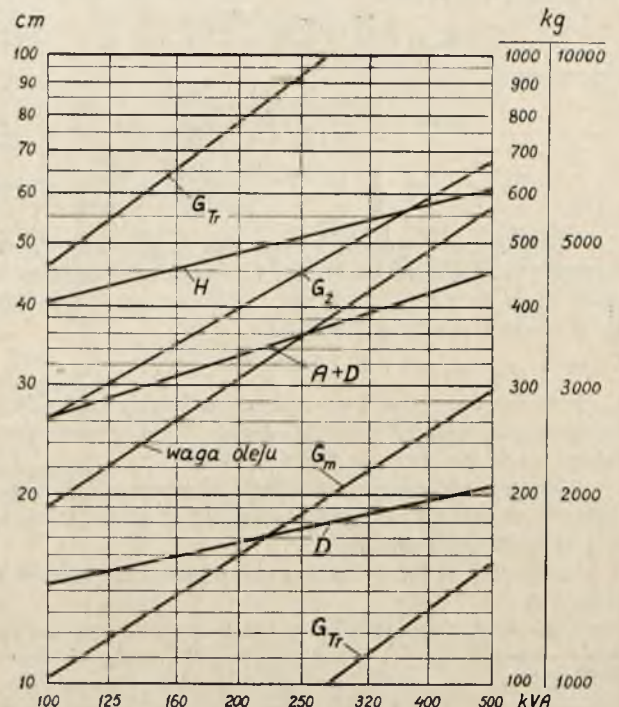
Z powyższego wynika, że według idealnego prawa wzrostu mocy wszystkie wymiary liniowe transformatora, a więc także procentowy indukcyjny spadek napięcia i prąd magnesujący rosną z potęgą $1/4$ od danej mocy, wagi zaś i straty — z potęgą $3/4$.

Przy wykonaniu w praktyce zachodzą pewne odchylenia. Z idealnego prawa wzrostu wynika, że napięcie wzrasta z potęgą $1/2$, lecz w praktyce mamy do czynienia ze stałym napięciem dla całej serii transformatorów o różnych mocach.

W określonym zakresie szeregu mocy znamionowych, np. 5 — 100 — 500 — 1600 kVA odległości, potrzebne do izolacji, pozostają zawsze stałe, — wzrastają natomiast wysokości rdzenia — ze względu na dotrzymanie warunków pracy równoległej, względnie na uzyskanie niezbędnych odległości izolacyjnych. To ostatnie ma specjalne znaczenie przy transformatorach małych mocy, np. 10 kVA, kiedy odległości izolacyjne stanowią znaczną część długości żelaza czynnego.

Powyższe okoliczności świadczą o tym, że w praktyce potęga stosunku mocy znamionowych różni się od wartości idealnej.

Faktyczną wielkość wykładnika potęgi mocy możemy ustalić, wykreślając na podwójnej podziałce logarytmicznej wartości liczbowe najkorzystniejszych transformatorów — w zależności od mocy znamionowych. W tym celu należy obliczyć wartości liczbowe dla dwóch typów



Rys. 3.

Wykresy przedstawiające dane liczbowe najkorzystniejszej serii transformatorów. G_{Tr} — waga transformatora bez oleju.

wych najkorzystniejszych transformatorów, o skrajnych mocach znamionowych projektowanej serii i po wykreśleniu ich danych na papierze logarytmicznym odczytać potęgę mocy, jako tg kąta nachylenia względem osi odciętych.

Dla przykładu wykreślamy na rys. 3 dane liczbowe serii transformatorów trójfazowych, olejowych, od 100 do 500 kVA, wykorzystując do tego celu dane liczbowe typowego transformatora obliczonego w podanym wyżej przykładzie. Zgodnie z praktycznymi doświadczeniami założyliśmy, że transformatory te wykonane są identycznie. Rdzenie transformatorów są ściągnięte taśmą, co daje w

rezultacie nie tylko doskonałe wykorzystanie powierzchni, lecz także niskie wartości strat biegu jałowego, odpowiadające pomiarom stratności za pomocą przyrządu Epstein, tzn. prawie bez strat dodatkowych.

Z rys. 3 można z łatwością określić przez interpolację najkorzystniejsze dane pośrednich transformatorów do szczegółowego obliczenia. Wykreślone na rys. 3 wagi materiałów czynnych transformatora bez oleju oraz ilości potrzebnego oleju dają możliwość szybkiego zorientowania się co do możliwości konstrukcyjnych w wypadkach anormalnych oraz przy wyznaczaniu ceny. Tego rodzaju graficzne zestawienie ułatwia kalkulację poszczególnego transformatora z projektowanej serii, na którą, jak już zaznaczyliśmy, składają się różne koszty stałe i zmienne.

Dla zorientowania się w ilościach materiałów czynnych przy większych mocach i różnych napięciach podajemy na rys. 4 zestawienie ilości tych materiałów używanych przez przemysł niemiecki.

LITERATURA.

B i e r m a n n s: Die Aufgaben des heutigen Transformatorbaues — ETZ, 1933, str. 717.

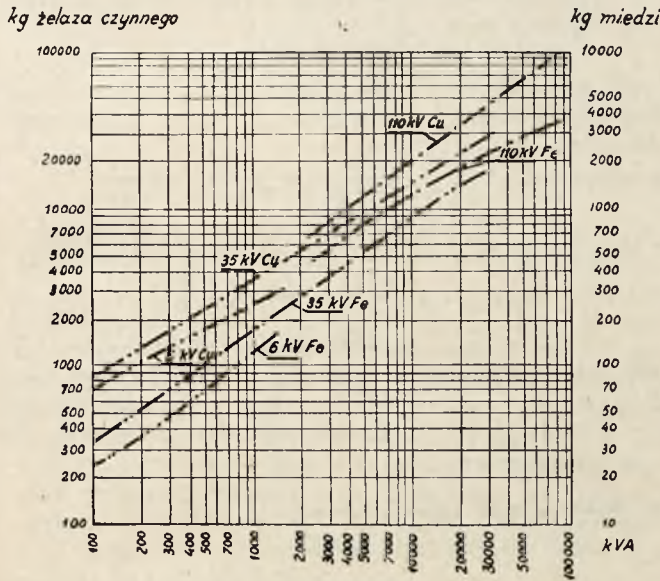
B a i d a k: Techniko-ekonomiczkiej metod opredielenija osnovnych razmierow transformatorow. El-stwo, 42/1935 r.

K r ä m e r: Die Optimumgleichungen des billigsten Transformators in einfachster Anwendungsform, ETZ, 1934 r., str. 89.

K o r n d ö r f e r: Zur Berechnung von Transformatoren, ETZ, 1933 r., str. 83.

P e š á k: Transformatory.

C h a r a s k i e w i c z: Znormalizowanie napięć zwarcia podstawą planowych wysiłków przemysłu transformatorowego. Przegląd Elektr., 1937, str. 945.



Rys. 4.

Zestawienie ilości materiałów czynnych transformatorów trójfazowych.

Dławik przeciwzwarciowy i jego zastosowanie

Inż. K. Monikowski

Ogólne uwagi o prądach zwarcia i o dławikach.

Elektryfikacja Polski weszła w okres szybkiego rozwoju pod każdym względem. Szeroko zakrojone plany państwowe uprzemysłowienia kraju pozwalają spodziewać się, że tempo jej wzrośnie z biegiem czasu jeszcze bardziej. Zarówno z enuncjacji miarodajnych czynników rządowych, jak i opinii specjalistów w tej dziedzinie wynika, że w zakresie elektryfikacji Państwo posiada już na najbliższe lata realne, szeroko zakrojone projekty, plany zaś na dalszy okres są w opracowaniu.

Plany państwowe przewidują zarówno łączenie istniejących siłowni elektrycznych ze sobą, jak i budowę nowych elektrowni. W tych warunkach rosną moce zwarcia, które stają się tym większe, im większe są moce przy normalnej pracy elektrowni. Stwarza to konieczność technicznego rozwiązania zagadnienia wielkich mocy zwarcia.

Podążając w szybkim tempie za rozwojem elektryfikacji, przemysł elektrotechniczny dąży do przystosowania swych wyrobów do stawianych mu wymagań; na wielu polach osiągnął on już w tym kierunku poważne rezultaty. Istnieją wszakże wyroby, nie dające się w pełni przystosować do wszystkich stawianych im wymagań. Tak np. nieznaczną stosunkowo wytrzymałość na zwarcia posiadają kable. P r o b s t obliczył, że w elektrowni o mocy czynnej 50 000 kW kabel bez specjalnego zabezpiecze-

nia może osiągnąć w ciągu 0,2 sek. temperaturę do 4000°C, tj. około 4-krotnie wyższą od punktu topliwości miedzi. Kabel taki ulegnie eksplozji.

Wyroby odporne na wielkie moce zwarcia są na ogół o wiele droższe od wyrobów przeznaczonych na niewielkie moce. To też ograniczenie mocy zwarcia winno stanowić wytyczną w dążeniu do najbardziej ekonomicznej wzgl. najtańszej inwestycji bądź to całego urządzenia bądź też największej ilości jego odcinków.

Ograniczenie mocy zwarcia podnosi bezpieczeństwo ruchu oraz zwiększa stopień ciągłości dostawy energii elektrycznej.

Przyrządem, który skutecznie ogranicza wielkość prądu zwarcia i to zarówno maksymalną amplitudę udarowego prądu zwarcia, jak i wartość skuteczną ustalonego prądu zwarcia, jest dławik przeciwzwarciowy. Stosowanie dławika przeciwzwarciowego jest jednym z najracjonalniejszych rozwiązań techniczno-gospodarczych zarówno przy rozszerzaniu istniejących elektrowni, jak i przy budowie nowych wzgl. przy łączeniu równoległym dwu lub więcej elektrowni.

Dławik przeciwzwarciowy posiada określoną oporność pozorną, składającą się przede wszystkim z oporności indukcyjnej oraz ze stosunkowo bardzo małych oporności rzeczywistej i pojemnościowej — występującej między zwojami dławika. Dla praktycznych obliczeń

śmiało można pominąć obie ostatnie oporności, przyjmując, że oporność pozorną dławika jest prawie równą jego oporności indukcyjnej, czyli że

$$Z \approx X = \omega L = 2\pi f L$$

Odpowiadający temu spadek napięcia

$$\Delta U = Z \cdot I \approx 2\pi f L \cdot I$$

jest zależny od wielkości płynącego przez dławik prądu I .

Dławikiem *x*-procentowym nazwiemy dławik, na którym przy prądzie nominalnym (znamionowym) występuje spadek napięcia ΔU równy $x\%$ napięcia roboczego U_n tak że

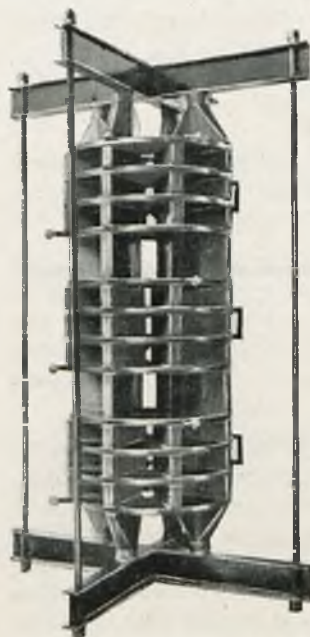
$$x = \frac{\Delta U \cdot 100}{U_n} = \frac{2\pi f L I_n \cdot 100}{U_n} (\%) \dots (1)$$

Przyjmując, że w czasie zwarcia napięcie na zaciskach dławika zachowuje swą wartość nominalną oraz, że w obwodzie zwarcia jest tylko oporność dławika, wartość skuteczna ustalonego prądu zwarcia zostanie ograniczona przez *x*-procentowy dławik do wartości:

$$I_{ust} = I_n \frac{100}{x}$$

Udarowy prąd zwarcia może osiągnąć największą chwilową wartość

$$I_{ud} = I_n \cdot \frac{100}{x} \cdot \sqrt{2} \cdot 1,8 = I_n \frac{254}{x} \dots (2)$$



Rys. 1. Widok dławika przeciwzwarciowego 200 A; 5000 V; 3%; R.10.

W rzeczywistości prąd zwarcia jest mniejszy od podanych wyżej wartości, gdyż zawsze w szereg z dławikiem włączona jest oporność pośrednich urządzeń (generatora, transformatora, przewodów itp.).

Praktyka ustaliła, że dławiki przeciwzwarciowe należy budować jako 10-cio, 6-cio oraz 5-cio procentowe, a także — wyjątkowo — jako 3-procentowe (rys. 1) o ile między generatorem a dławikiem istnieje dodatkowy spadek napięcia tak wielki, aby łącznie można było uzyskać przy prądzie nominalnym 5% spadku napięcia.

Przyjmując powyższe założenie, otrzymamy ze wzoru (2) największe wartości prądów zwarcia ustalonego i udarowego dla różnych procentowości dławika; wartości te podane są w tabeli I.

Tabela I.

% dławika	I_{ust}	I_{ud}
10	$10 \times I_n$	$25,4 \times I_n$
6	$16,6 \times I_n$	$42,5 \times I_n$
5	$20 \times I_n$	$50,9 \times I_n$
3*)	$20 \times I_n$	$50,9 \times I_n$

*) Wraz z niezbędnym dodatkowym spadkiem napięcia między generatorem a dławikiem, o łącznej wartości 5% przy prądzie nominalnym.

Np. dławik 100 A, 5%-owy ogranicza prąd zwarcia do wielkości

$$I_{ust} = 20 \cdot 100 = 2000 \text{ A}; \quad I_{ud} = 50,9 \cdot 100 = 5090 \text{ A}.$$

Wielkości te nie będą przekroczone nawet przy dowolnie wielkim źródle prądu.

Wpływ dławika na pracę sieci.

Obecnie rozważmy wpływ dławika na pracę sieci elektrycznej. Załóżmy obwód prądu o następujących danych: oporność rzeczywista R_0 ; oporność bierna

$$X_0 = \omega L_0; \quad Z_0 = \sqrt{R_0^2 + \omega^2 L_0^2}.$$

Pod wpływem przyłożonego napięcia U w obwodzie tym popłynie prąd

$$I_0 = \frac{U}{Z_0} = \frac{U}{\sqrt{R_0^2 + \omega^2 L_0^2}}; \quad \cos \varphi_0 = \frac{R_0}{Z_0}.$$

Jeżeli przy zwarciu odpowiednie oporności osiągną wartości:

rzeczywista — R_{zw} , bierna — X_{zw} oraz pozorną

$$Z_{zw} = \sqrt{R_{zw}^2 + \omega^2 L_{zw}^2},$$

wówczas przy tym samym napięciu U prąd wynosi

$$I_{zw} = I_0 \frac{Z_0}{Z_{zw}}; \quad \cos \varphi_{zw} = \frac{R_{zw}}{Z_{zw}}.$$

O ile w tym obwodzie umieścimy dławik o indukcyjności L_{dt} (oporność rzeczywistą dławika zakładamy $R_{dt} = 0$), wówczas wielkości podane wyżej odpowiednio się zmienią — i to zarówno przy pracy normalnej, jak i w stanie zwarcia.

1. Obwód w stanie normalnej pracy.

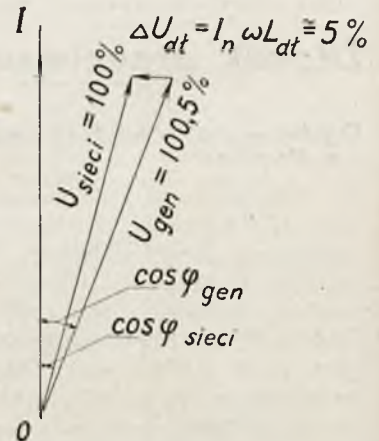
Oporność pozorną obwodu

$$Z_1 = \sqrt{R_0^2 + \omega^2 (L_0 + L_{dt})^2}.$$

Wpływ dławika na sieć w stanie normalnej pracy wyrazi się w postaci dodatkowego spadku napięcia. Celem utrzymania napięcia u odbiorcy na tej samej, co poprzednio wysokości musimy napięcie źródła prądu podnieść w stosunku $U \cdot \frac{Z_1}{Z_0}$.

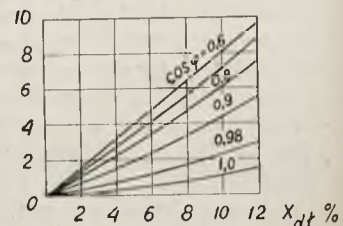
Inaczej mówiąc, należy do napięcia dotychczas panującego u źródła prądu dodać (geometrycznie) spadek napięcia na dławiku; jest to pokazane na rys. 2.

Wykres na rys. 3 przedstawia liczbowe wartości procentowego spadku napięcia na dławiku w zależności od napięcia źródła oraz $\cos \varphi$ sieci. Tak więc np. wtrącenie 3%-go dławika do sieci o $\cos \varphi = 0,9$ wymaga podwyższenia napięcia na generatorze zaledwie o ok. 1%.



Rys. 2. Wykres wyjaśniający wpływ dławika na napięcie źródła energii elektrycznej ($\cos \varphi_{sicci} > 0,9$).

$$\frac{U - U_s}{U} \cdot 100 \%$$



Rys. 3.

Procentowe wartości spadku napięcia w zależności od $\cos \varphi$ sieci dla różnych wartości x_{dt}

Spółczynnik mocy $\cos \varphi$ zmieni się po zainstalowaniu dławika w sposób widoczny ze wzoru

$$\cos \varphi = \frac{R_0}{Z_1} = \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + \omega^2 (L_0 + L_{dt})^2}}$$

Tak np. dławik o dużej procentowości — 10^{0/0}-owy ustawiony w sieci o $\cos \varphi = 0,5$ pogorszy współczynnik mocy nieznacznie do wielkości $\cos \varphi = 0,465$, czyli zaledwie o 0,035.

2. Obwód w stanie zwarcia.

Oporność pozorną obwodu:

$$Z_{1zw} = \sqrt{R_{z1w}^2 + \omega^2 (L_{z1w} + L_{dt})^2},$$

prąd zaś

$$I_{1zw} = I_0 \frac{Z_0}{Z_{1zw}};$$

w porównaniu do pierwotnej swej wartości zmalał on w stosunku

$$\frac{I_{1zw}}{I_{zw}} = \frac{Z_0zw}{Z_{1zw}} = \frac{\sqrt{R_{zw}^2 + \omega^2 L_{zw}^2}}{\sqrt{R_{z1w}^2 + \omega^2 (L_{z1w} + L_{dt})^2}} \quad (3)$$

Wartości prądu zwarcia za dławikiem nie przekroczą wartości podanych w tabeli I.

Przytoczone wyżej wzory dotyczą bądź jednofazowych dławików przeciwzwarciowych bądź też dławików wielofazowych w układzie symetrycznym. Dla układu niesymetrycznego spadki napięcia w różnych fazach są różne — mimo, że samoindukcje są jednakowe. Przyczyną tego jest zjawisko indukcji wzajemnej — różnej między różnymi fazami. W praktyce dławiki w układzie niesymetrycznym (np. przy układzie pionowym) są wykonywane w ten sposób, aby spadki napięć na wszystkich fazach były jednakowe.

Dławik przeciwzwarciowy w odgałęzieniu na podstacji.

Spśród wielu zastosowań dławików, jakie spotkać można w praktyce, rozważymy trzy zasadnicze przypadki, a mianowicie zastosowanie dławika przeciwzwarciowego:

- w odgałęzieniu na podstacji,
- w odgałęzieniu w siłowni oraz
- w szynach zbiorczych.

Dla uproszczenia rozumowania pominiemy oporność rzeczywistą obwodu, co może być tym usprawiedliwione, że dławik znajduje się zwykle w pobliżu źródła prądu (generatora lub transformatora) wobec czego jej wielkość jest stosunkowo niewielka. Wyrazimy przez x oporność bierną w ^{0/0}-ach napięcia nominalnego przy prądzie znamionowym, przy czym

$$x = \frac{\omega L \cdot I_n}{U_n} \cdot 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Schemat podstacji w najprostszym układzie pokazany jest na rys. 4.

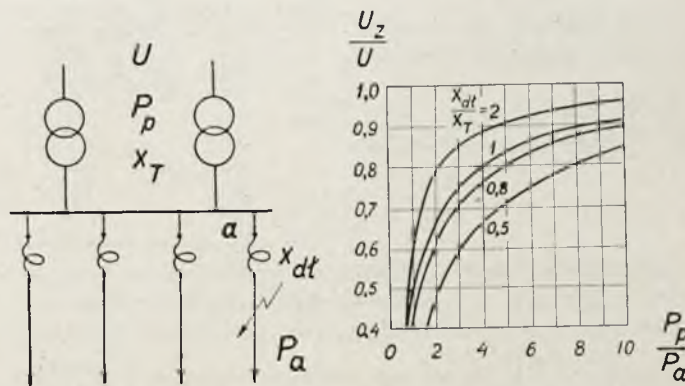
O ile przyjmiemy napięcie po stronie pierwotnej transformatorów, jako stałe, zwarcie na odgałęzieniu a spowoduje obniżenie się napięcia po stronie wtórnej transformatora, tj. na szynach zbiorczych. Swe minimum osiągnie ono przy zwarciu tuż za dławikiem przeciwzwarciowym. Dla tego — najniekorzystniejszego — przypadku napięcie zwarcia wyrazi się wzorem

$$U_{zw} = U \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{x_{dt}}{x_T} \frac{P_p}{P_a}} \right) \dots \dots \dots (5)$$

gdzie

- U_{zw} — napięcie szyn zbiorczych przy zwarciu;
- U — napięcie nominalne szyn zbiorczych;

- P_p — moc podstacji;
- P_a — moc odgałęzienia (dławika);
- x_{dt} — procentowy spadek napięcia na dławiku przy jego prądzie znamionowym;
- x_T — zastępcze napięcie zwarcia transformatorów pracujących na odgałęzienie a przy zwarciu dla ich całkowitego prądu nominalnego (zakładamy, że w najniekorzystniejszym przypadku wszystkie transformatory pracują na odgałęzieniu).



Rys. 4. Ogólny schemat podstacji.

Rys. 5. Stosunkowe wartości napięcia na zaciskach pierwotnych dławika przeciwzwarciowego przy zwarciu na jego zaciskach wtórnych dla różnych wartości $\frac{P_p}{P_a}$.

Wartości liczbowe napięcia zwarcia na szynach zbiorczych dla konkretnego przypadku można otrzymać z wykresu rys. 5; na osi odciętych odłożono tu wielkość mocy podstacji w stosunku do mocy odgałęzienia ($\frac{P_p}{P_a}$), na osi rzędnych — stosunek napięcia przy zwarciu do napięcia nominalnego ($\frac{U_{zw}}{U}$); krzywe nakreślono dla kilku wartości stosunku ($\frac{x_{dt}}{x_T}$).

Zarówno z wykresu rys. 5, jak i ze wzoru (5), widoczny jest korzystny wpływ dodatkowej oporności dławika przeciwzwarciowego na zmniejszenie się spadku napięcia na szynach zbiorczych podstacji po stronie wtórnego napięcia. Bez dławika bowiem zwarcie na odgałęzieniu w pobliżu szyn zbiorczych musiałoby spowodować całkowity zanik napięcia na szynach oraz wyłączenie podstacji.

Dla przykładu przytoczymy obraz zapożyczony z jednej z większych elektrowni w kraju. Na podstacji zainstalowano 3 transformatory każdy o mocy 4 000 kVA, o napięciu zwarcia $x_T = 5\%$; moc podstacji wynosi więc $P_p = 3 \times 4000 = 12000$ kVA. W odplywie o mocy $P_a = 1700$ kVA zainstalowano dławik o spadku napięcia przy prądzie nominalnym $x_{dt} = 5\%$. Napięcie na szynach zbiorczych przy zwarciu bezpośrednio za dławikiem otrzymamy, podstawiając do wzoru (5) podane wyżej wartości:

$$U_{zw} = U_n \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{5}{5} \frac{12000}{1700}} \right) = 0,874 \cdot U_n$$

Jak widzimy, zmniejszyło się ono zaledwie o 12^{0/0} w stosunku do nominalnego. W ten sposób nawet poważne zwarcie na jednym z odplywów nieznacznie tylko obniża napięcie na szynach zbiorczych, nie przerywając dostawy prądu dla pozostałych odbiorców energii elektrycznej.

Moc zwarcia jest tym większa, im mniejsza jest oporność obwodu zwarcia, a więc im miejsce zwarcia leży bliżej źródła prądu. Przy zwarciu na początku odgałęzienia tuż za dławikiem moc zwarcia wyrazi się wzorem (6), przy czym dla uproszczenia przyjęto napięcie szyn zbiorczych, jako stałe (oznaczenia jak wyżej).

$$P_{zw dt} = \frac{P_p}{x_{dt} \frac{P_p}{P_a} + x_T} \dots \dots \dots (6)$$

Natomiast bez dławika moc zwarcia będzie odpowiednio większa i wyniesie:

$$P_{zw o} = \frac{P_p}{x_T}$$

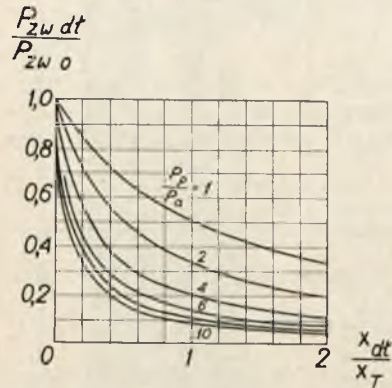
Stosunek obu wielkości

$$\frac{P_{zw dt}}{P_{zw o}} = \frac{1}{1 + \frac{x_{dt}}{x_T} \frac{P_p}{P_a}}$$

charakteryzuje wpływ dławika na wielkość mocy zwarcia. Dla konkretnego przypadku wartości cyfrowe możemy odczytać z wykresu rys. 6, gdzie na osi odciętych podany jest stosunek $\left(\frac{x_{dt}}{x_T}\right)$, na osi zaś rzędnych stosunek $\left(\frac{P_{zw dt}}{P_{zw o}}\right)$.

krzywe nakreślono dla różnych wartości stosunku $\left(\frac{P_p}{P_a}\right)$.

Z wykresu tego wynika, że wpływ dławika przeciwzwarciowego jest tym skuteczniejszy im mniejsza jest moc P_a odgałęzienia.



Rys. 6.

Wykres ilustrujący ograniczanie mocy zwarcia przez dławik przeciwzwarciowy na odgałęzieniu dla różnych wartości $\frac{P_p}{P_a}$.

W nowoczesnych elektrowniach prąd zwarcia jest wielokrotnie większy (np. 15-krotnie) od prądu nominalnego. Odgałęzienie o małym prądzie znamionowym, przedstawiać będzie przy zwarciu stosunkowo małą oporność tak, że prąd zwarcia niewiele będzie się różnił od prądu zwarcia elektrowni, wskutek czego — w stosunku do prądu nominalnego odgałęzienia — będzie on nieraz kilkasetkrotny. Dlatego też odgałęzienie to należałoby przystosować do tak olbrzymiego prądu zwarcia zarówno pod względem dynamicznym, jak i termicznym. Przy tym okazuje się, że nie tylko aparaty i urządzenia, lecz nawet i przekrój przewodów trzeba nieraz powiększyć ze względu na nagrzewanie się spowodowane prądem zwarcia. Przykre to przy przewodach napowietrznych zjawisko występuje jeszcze ostrzej w przypadku stosowania kabli, pociągając za sobą dodatkowe, nieraz bardzo znaczne koszty.

Zastosowanie dławika przeciwzwarciowego rozwiązuje to zagadnienie w sposób radykalny. Dlatego, prawie że bez wyjątku, słuszne jest stosowanie dławików przeciwzwarciowych w odgałęzieniach o średniej i niewielkiej mocy w stosunku do mocy podstacji $\left(\frac{P_p}{P_a}\right)$.

Istnieją jednak przypadki, i to dość częste, że nawet przy małej wartości stosunku $\left(\frac{P_p}{P_a}\right)$ zastosowanie dławika

przeciwzwarciowego okazuje się najkorzystniejszym rozwiązaniem. Dla ilustracji rozwiniemy przykład dla podstacji wspomnianej poprzednio elektrowni. Moc zwarcia na szynach zbiorczych

$$P_{zw o} = \frac{P_p}{x_T} = \frac{12000}{5} \cdot 100 = 240000 \text{ kVA} = 240 \text{ MVA.}$$

Z dostateczną dokładnością można przyjąć, że obliczona moc zwarcia wystąpi również bezpośrednio w pobliżu szyn, np. przy zwarciu na początku odgałęzienia. W przypadku zastosowania dławika przeciwzwarciowego moc zwarcia na początku odgałęzienia tuż za dławikiem wyniesie

$$P_{zw dt} = \frac{1700}{5} \cdot 100 = 34000 \text{ kVA} = 34 \text{ MVA.}$$

Stosunek obu mocy wynosi:

$$\frac{P_{zw dt}}{P_{zw o}} = \frac{34}{240} = 0,142,$$

co wskazuje, że wskutek zastosowania dławika przeciwzwarciowego moc zwarcia zmniejszyła się do 14% swej pierwotnej wartości. Dla uproszczenia przyjęto, że napięcie jest stałe oraz pominięto inne oporności, jak np. oporności szyn, połączeń itp. Wyniki obliczeń przedstawia tabela II.

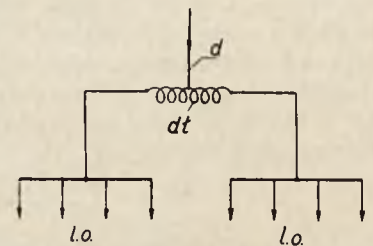
Tabela II

Miejsce zwarcia	Napięcie przed dławikiem przeciwzwarciowym przy zwarciu	Moc zwarcia	
		MVA	%
przed dławikiem przeciwzwarciowym	0%	240	100
bezpośrednio za dławikiem przeciwzwarciowym	87,4%	34	14

Na zakończenie tego punktu podkreślimy ciekawe rozwiązanie, zastosowane przez elektrownię w jednej z zachodnio-europejskich stolic (rys. 7). Szereg kabli połączono na jedne szyny pomocnicze, inną zaś grupę — na drugiej. Każdą z tych grup połączono z właściwymi szynami zbiorczymi poprzez uzwojenie podwójnego dławika przeciwzwarciowego, skonstruowanego w ten sposób, że w czasie jego normalnej pracy pola magnetyczne obu uzwojeń znoszą się, nie dając praktycznie spadku napięcia.

Rys. 7.

Zastosowanie dławika przeciwzwarciowego o podwójnym uzwojeniu. d —dopływ; dt —dławik o podwójnym uzwojeniu; $l, o.$ — linie odchodzące (kablowe).



Natomiast o ile nastąpi zwarcie w którejś z linii kablowych, amperozwoje jednego uzwojenia dławika przeważają ta kdalece, że jego opór indukcyjny ogranicza skutecznie prąd zwarcia.

Dławik przeciwzwarciowy w odgałęzieniu w elektrowni.

Schemat ideowy siłowni jest pokazany na rys. 8. Spół sposób działania dławików przeciwzwarciowych w odgałęzieniach siłowni jest taki sam, jak i w odgałęzieniach na podstacji, i dlatego nie będziemy zatrzymywać się dłużej nad tym zagadnieniem. O ile — podobnie, jak poprzednio — przyjmiemy napięcie jako stałe, moc zwarcia na początku odgałęzienia tuż za dławikiem wyrazi się wzorem:

$$P_{zw dt} = \frac{\sum P_{g_j}}{\sum \frac{1}{(x_{g_j} + x_{T_j}) \frac{\sum P_{g_j}}{P_a}} + x_{dt} \frac{\sum P_{g_j}}{P_a}}$$

gdzie

- $\sum P_{g_j}$ — łączna moc wszystkich generatorów;
- x_{g_j} — spadek napięcia generatora v ;
- x_{T_j} — spadek napięcia transformatora v ;
- P_{g_j} — moc generatora v i transformatora v .

Moc zwarcia bez dławika wynosi

$$P_{zw o} = \sum \frac{P_{g_j}}{x_{g_j} + x_{T_j}}$$

O ile wszystkie generatory i transformatory są jednokowe, stosunek obu powyższych mocy zwarcia (z dławikiem i bez niego) wyrazi się wzorem

$$\frac{P_{zw dt}}{P_{zw o}} = \frac{1}{1 + n \frac{x_{dt}}{x_g + x_T} \cdot \frac{n \cdot P_g}{P_a}}$$

Odnośne wartości liczbowe możemy odczytać również z wykresu rys. 6, przy czym zamiast stosunku $\left(\frac{x_{dt}}{x_T}\right)$ podstawia się $\left(\frac{n x_{dt}}{x_g + x_T}\right)$, a zamiast stosunku $\left(\frac{P_p}{P_a}\right)$ — wartość $\left(\frac{n P_g}{P_a}\right)$.

Wszystkie wnioski poprzednio wyprowadzone odnoszą się również i do tego przypadku. Rozpatrzmy jeszcze przykład liczbowy.

Przykład (elektrownia jak poprzednio). Suma mocy wszystkich generatorów wynosi 114 700 kVA. Średnie rozproszenie prądnic $x_g = 13\%$. Moc zwarcia bez dławika $P_{zw o} = \frac{114700}{13} \cdot 100 = 886\ 000$ kVA = 886 MVA.

Zakładając odgałęzienie, jak w poprzednim przykładzie, otrzymamy moc zwarcia tuż za dławikiem (największą możliwą)

$$P_{zw dt} = 34$$
 MVA.

Stosunek obu mocy

$$\frac{P_{zw dt}}{P_{zw o}} = \frac{34}{886} = 0,0385$$

wskazuje, że zastosowanie dławika przeciwzwarciego zmniejszyło moc zwarcia do 4%. Dla uproszczenia przyjęliśmy w obliczeniu, że napięcie jest stałe; w praktyce zwykle ono maleje; powyższe wyniki ujmuje tabela III.

Tabela III.

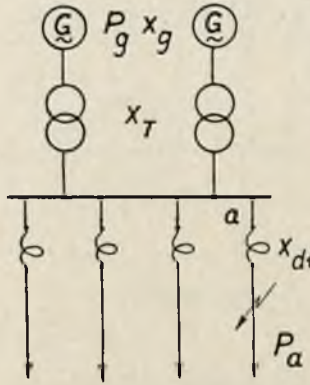
Miejsce zwarcia	Moc zwarcia	
	MVA	%
przed dławikiem przeciwzwarciego bezpośrednio za dławikiem przeciwzwarciego	886	100
	34	4

Dławik przeciwzwarcioły w szynach zbiorczych.

Moc zwarcia i odpowiadający jej prąd zwarcia w szynach zbiorczych są zależne także od układu szyn, od miejsca zwarcia oraz od liczby zainstalowanych dławików przeciwzwarciołych. Rozważmy trzy zasadnicze spotykane w praktyce układy, a mianowicie:

- 1. szyny zbiorcze otwarte (rys. 9),
- 2. szyny zbiorcze w układzie zamkniętego pierścienia (rys. 11), oraz
- 3. szyny zbiorcze w układzie gwiazdy (rys. 13).

Ogólnego wzoru dla wszystkich trzech układów nie można tu podać. Dla konkretnego przypadku można go wyprowadzić, dzieląc szyny zbiorcze na szereg odcinków. Pożądane jest, aby każdy z tych odcinków w stanie normalnej pracy był możliwie samowystarczalny, tj. aby przez dławiki płynęły wówczas stosunkowo niewielkie prądy wyrównawcze. Prąd zwarcia będzie skierowany ze wszystkich odcinków szyn zbiorczych do odcinka uszkodzonego, przy czym wbudowane dławiki przeciwzwarciołe ograniczą jego wielkość.

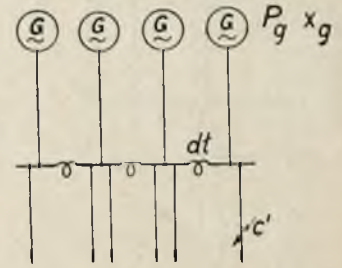


Rys. 8. Ogólny schemat elektrowni.

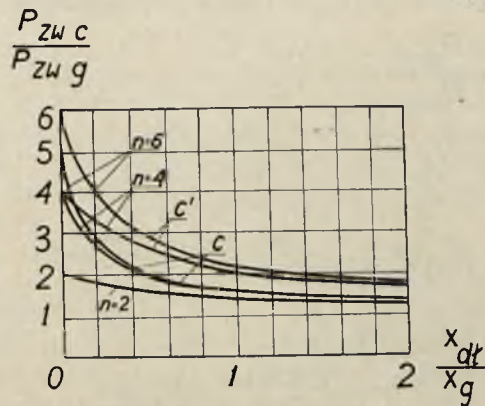
1. Szyny zbiorcze otwarte.

Schemat połączeń dla tego układu pokazany jest na rys. 9.

Dla wyprowadzenia wzoru na moc zwarcia, po podzieleniu szyn na odcinki, najlepiej obliczać ją dla kolejnych punktów szyn, począwszy od najdalej położonego w stosunku do przewidywanego miejsca zwarcia c' , idąc w kierunku zbliżania się do tego miejsca. Pominiemy jednak samo wyprowadzenie wzoru, ograniczając się do po-



Rys. 9. Dławiki przeciwzwarciołe w szynach zbiorczych otwartych.



Rys. 10.

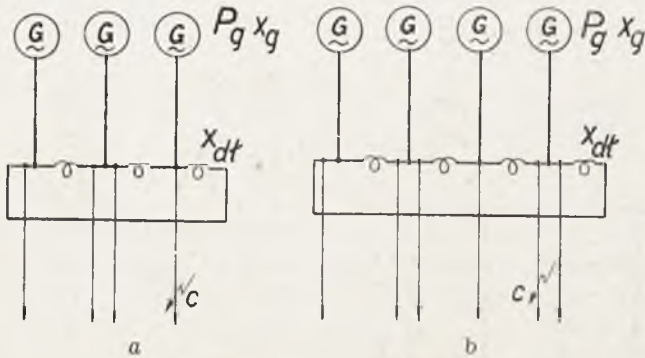
Wykres ilustrujący ograniczanie mocy zwarcia przez dławiki przeciwzwarciołe w szynach zbiorczych otwartych. n —liczba generatorów; c' —krzywe odnoszące się do przypadku zwarcia na końcu szyn zbiorczych; c —krzywe odnoszące się do przypadku zwarcia w środku szyn zbiorczych.

dania wykresu (rys. 10), zbudowanego dla przypadku elektrowni o jednakowych generatorach i jednakowych dławikach. Na osi odciętych odłożono stosunek $\left(\frac{x_{dt}}{x_g}\right)$ na osi zaś rzędnych — stosunek mocy zwarcia w punkcie zwarcia do mocy zwarcia generatora $\left(\frac{P_{zw c}}{P_{zw g}}\right)$; krzywe wykreślono dla różnej liczby generatorów, a mianowicie dla $n = 2, 4$ oraz 6, przy czym krzywe oznaczone literą c' odnoszą się do zwarcia na końcu szyn zbiorczych, oznaczone zaś literą

c — do zwarcia w ich środku (najniekorzystniejsze miejsce zwarcia). Widzimy, że moc zwarcia maleje ze wzrostem stosunku $\frac{x_{dt}}{x_g}$.

2. Szyny zbiorcze w układzie zamkniętego pierścienia.

Ze schematu (rys. 11) widać, że pod względem warunków zwarcia, układ ten jest podobny do przypadku zwarcia w środku szyn zbiorczych (poprzednio oznaczonego przez c). Dlatego też wszystko, co było powiedziane po-

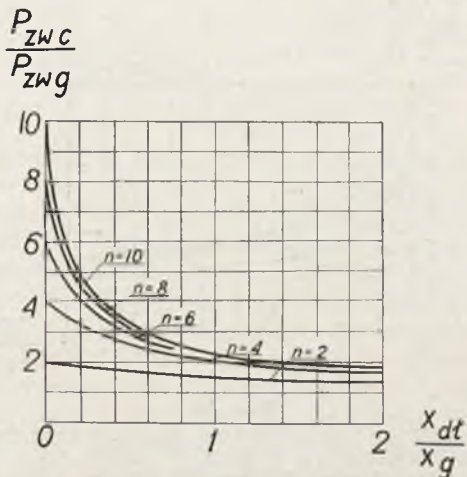


Rys. 11.

Dławiki przeciwzwarciowe w szynach zbiorczych w układzie zamkniętego pierścienia.

a —dla nieparzystej liczby generatorów; b —dla parzystej liczby generatorów.

przednio w punkcie 1, pozostaje i tu w mocy, z tą jedynie różnicą, że miejsce zwarcia w szynach zbiorczych w układzie zamkniętego pierścienia nie wpływa na wielkość prądu zwarcia. Podobne są również metody obliczeń; można więc posługiwać się wykresem (rys. 10) dla nieparzystej liczby generatorów (rys. 11a), przy czym ich liczbę w tym przypadku należy powiększyć o 1 do najbliższej parzystej liczby. Dla parzystej liczby generatorów (rys. 11b) należy posługiwać się wykresem pokazanym na rys. 12.



Rys. 12.

Wykres ilustrowujący ograniczanie mocy zwarcia przez dławiki przeciwzwarciowe w szynach zbiorczych w układzie zamkniętego pierścienia (dla parzystej liczby jednostek n).

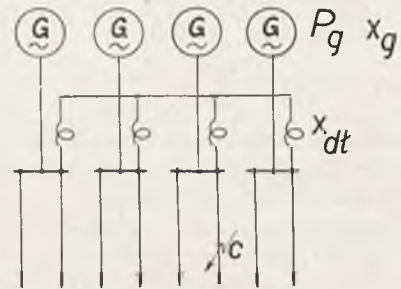
3. Szyny zbiorcze w układzie gwiazdy.

Schemat szyn zbiorczych w układzie gwiazdy przedstawia rys. 13.

Miejsce zwarcia w tym układzie również nie wpływa na wielkość prądu zwarcia. Wpływ dławików na wielkość tego prądu charakteryzuje wykres (rys. 14) zbudowany dla elektrowni o jednakowych generatorach i jednakowych dławikach. Podobnie, jak i na poprzednich wykresach, na

osi odciętych odłożono stosunek $\left(\frac{x_{dt}}{x_g}\right)$ na osi rzędnych $\left(\frac{P_{zwc}}{P_{zwg}}\right)$; krzywe sporządzono dla różnych wartości liczby generatorów $n = 2, 4, 6, 8$ i 10 .

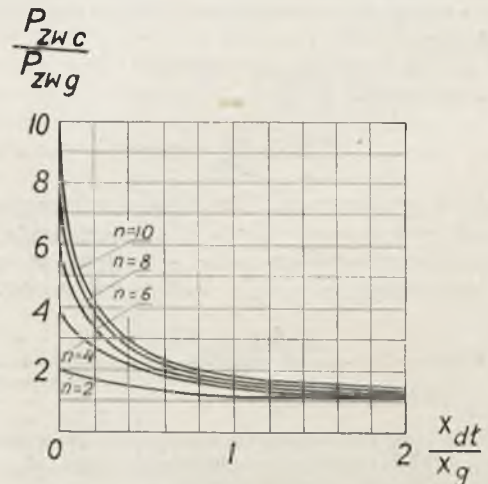
Przytoczone wyżej rozważania dają ogólny obraz wpływu dławika przeciwzwarciowego na prąd zwarcia. Dla wyznaczenia rzeczywistych udarowych czy ustalonych prądów zwarcia należy uwzględnić charakterystykę generatora, oporność sieci itp.



Rys. 13.

Dławiki przeciwzwarciowe w szynach zbiorczych w układzie gwiazdy.

Nowoczesne generatory i transformatory są na ogół budowane o dostatecznie dużej oporności indukcyjnej tak, że nie wymagają dodatkowego zabezpieczenia w formie dławików przeciwzwarciowych. Pożyteczność tych ostatnich występuje dopiero przyłączeniu równoległym elektrowni lub rozszerzaniu istniejącej elektrowni. Największe natomiast zastosowanie, jak wynika z powyższych rozważań, winny znaleźć dławiki przeciwzwarciowe w odgałęzieniach — na podstacjach i w elektrowniach, gdzie są one zasadniczo najracjonalniejszym rozwiązaniem kwestii zabezpieczenia urządzeń elektrycznych od wielkich prądów zwarcia z punktu widzenia gospodarczo-



Rys. 14.

Wykres ilustrowujący ograniczanie mocy zwarcia przez dławiki przeciwzwarciowe w układzie gwiazdy.

technicznego. Również i w wielkich miastach o znacznym rozgałęzieniu sieci zamkniętych dławiki przeciwzwarciowe mogą skutecznie zabezpieczać od szkodliwych następstw zwarcie. Na specjalną uwagę zasługują tu sieci kablowe.

Prądy zwarcia dają się ograniczyć również przez stosowanie układu grupowego w połączeniu z dławikami przeciwzwarciowymi. Rys. 15 podaje jeden z takich schematów w pewnym większym mieście zachodnio-europejskim, którego sieć jest zasilana z kilku (3-ech) elektrowni.

Zastosowanie dławików szczególnie wchodzi w grę przy poważniejszym rozszerzaniu istniejących elektrowni, których urządzenia i sieci są dostosowane do poprzedniej mocy zwarcia. W razie instalowania nowych prądnic moc ta odpowiednio rośnie i często okazuje się, że przekracza ona moc dopuszczalną dla dotychczasowych aparatów i urządzeń elektrycznych. Celem przystosowania całego zakładu do nowopowstałych warunków, istnieją dwie zasadnicze drogi: albo wymiana wszystkich aparatów i urządzeń na nowe, albo zainstalowanie dławików przeciwzwarciowych. Praktyka wskazuje, że racjonalniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie dławików, gdyż wymiana wszystkim przyrządów i urządzeń wypada z reguły znacznie droższa, a nieraz jest wręcz praktycznie niewykonalna. Byłaby ona zresztą nawet poniekąd bezcelowa o ile — po pewnym czasie przy dalszym rozszerzaniu elektrowni — wypadałoby ponownie je wymieniać, podczas gdy raz zainstalowane dławiki przeciwzwarciowe chronią w dostateczny sposób aparaty i urządzenia niezależnie od wielkości mocy zwarcia zakładu elektrycznego.

Szczupłość ram niniejszego artykułu nie pozwala na wyliczenie wszystkich zastosowań dławików przeciwzwarciowych. Ograniczymy się zatem do najbardziej typowych rozwiązań.

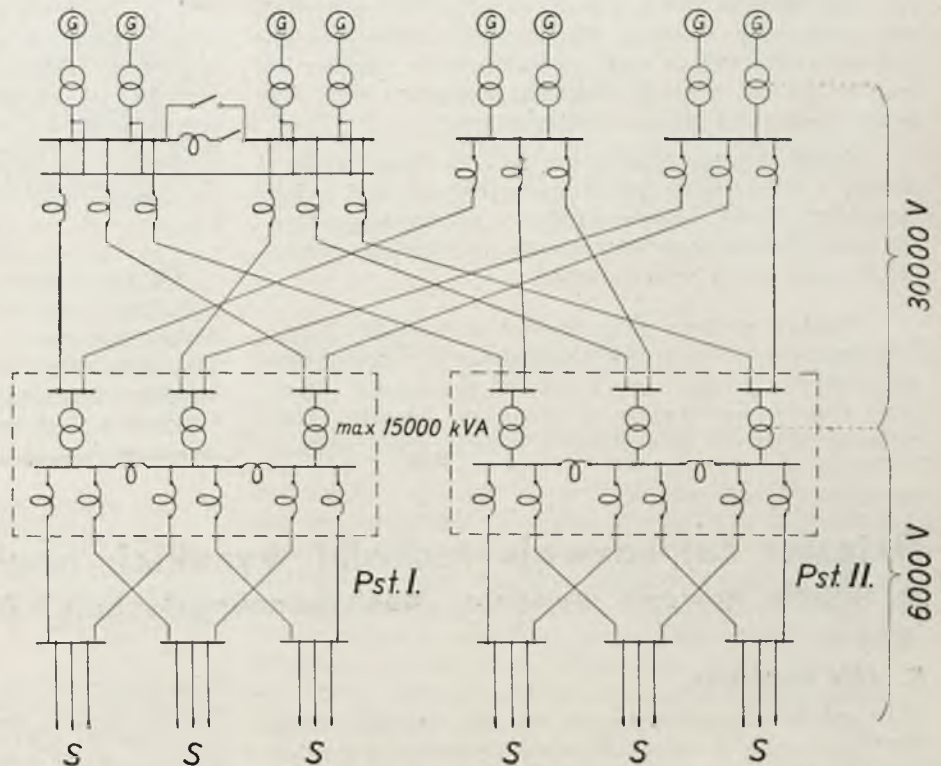
Dławik jest przyrządem pozornie zdawałoby się prostym. W rzeczywistości jednak zarówno konstrukcja, jak i budowa dławika, nastęrcza szereg poważnych trudności. Dlatego też pozwolimy sobie zatrzymać nieco uwagę Czytelnika na tym temacie.

Podstawową część składową dławika przeciwzwarciowego stanowi zwojnica. Przy zwarcia jest ona narażona na znaczne siły dynamiczne, działające zarówno w kierunku osiowym, jak w kierunkach doń prostopadłych. Fakt ten każe kłaść nacisk na specjalnie silną konstrukcję zwojnicy oraz na bardzo staranne jej wykonanie. Zwojnice winny być budowy zwartej, gwarantującej duży stopień wytrzymałości mechanicznej. Na zewnątrz zwojnica musi być ilozowana materiałem elastycznym, odpornym na wstrząsy i siły mechaniczne, a jednocześnie wytrzymałym na wysoką temperaturę.

Poszczególne zwojnice dławika są zwykle ułożone poziomo jedna nad drugą. Jako izolację między zwojnicami używa się specjalnej konstrukcji porcelany lub inny materiał odporny na siły mechaniczne oraz na wilgoć, o ile chodzi o normalne warunki pomieszczeń rozdzielni zwłaszcza, gdy przewiduje się wyłączenie dławika z pod napięcia.

Zadanie swe dławik przeciwzwarciowy musi spełniać w warunkach ruchu bardzo ciężkich, jakie zawsze towarzyszą zwarcia. Jednocześnie dławik ma chronić część urządzenia leżącą poza nim od skutków zwarcia. Z uwagi na te okoliczności musi on być niezawodny w działaniu. To też spódczynnik bezpieczeństwa, który w różnych maszynach, aparatach i urządzeniach waha się w szerokich granicach, przy dławiku winien być szczególnie wysoki.

Budowa dławika wymaga nie tylko fachowego i bardzo sumiennego wykonania, ale musi być sprawdzona pod każdym względem w warunkach odpowiadających normalnej pracy. Dopiero taki dławik daje rękojmię, że przy zwarcia instalacja będzie przezeń należycie zabezpieczona.



Rys. 15.

Jedno z rozwiązań ograniczania mocy i prądu zwarcia przez dławiki przeciwzwarciowe w większej sieci.
Pst—podstacja; S—sieć.

Dławik przeciwzwarciowy winien być poza tym odporny na przepięcia. Przeskoki na aparacie występować powinny przy napięciu wyższym niż przewidziane przez przepisy dla instalacji, np. dla izolatorów wsporczych tego samego rzędu przy przepisanej stromości czoła fali udarowej.

Niedopuszczalne są przeskoki na dławiku przeciwzwarciowym, co może być spowodowane np. przez kondensatorowy rozkład napięć.

Przyrost temperatury ponad temperaturę otoczenia zarówno przy prądzie nominalnym, jak również przy zwarcia tuż za dławikiem winien być utrzymany w granicach dopuszczalnych przez przepisy.

Wymiary gabarytowe dławika przeciwzwarciowego dają się zmieniać w pewnych granicach. Jednak istnieje pewne ich optimum, przy którym zarówno waga dławika jak jego cena wypadają najmniejsze.

W interesie odbiorcy leży, aby dać swobodę projektującemu przy doborze właściwych wymiarów aparatu. Na podstawie praktyki można stwierdzić, że każde niemal ograniczenie wymiarów podnosi cenę dławika przeciwzwarciowego, nieraz bardzo znacznie.

Dławiki przeciwzwarciowe w odgałęzieniach umieszcza się najczęściej na początku odgałęzienia — za wyłącznikiem lub rzadziej przed nim. O ile zainstalujemy dławik przed wyłącznikiem, uzyskujemy oszczędność na kosztach samego wyłącznika, który w tym przypadku może mieć mniejszą moc odłączalną.

O ile kilka generatorów pracuje na wspólne szyny zbiorcze, ich siła synchronizująca zależy od wielkości napięcia, a mianowicie maleje wraz z jego spadkiem. Przy zwarciu spadek napięcia generatora zwiększa się wraz z prądem zwarcia, który zależy od oporności obwodu. Dławik przeciwzwarciaowy, utrzymując napięcie na generatorze, przyczynia się do utrzymania pracy równoległej prądnic nawet przy zwarciu. Eliminuje on zatem wszelkie ujemne następstwa — tym poważniejsze, im większa jest moc elektrowni, a które nabierają szczególnej wagi przy pracy równoległej siłowni elektrycznych.

Należy zaznaczyć, że w sieciach lub liniach elektrycznych o obciążeniu z przewagą pojemności nad indukcyjnością, dławik przeciwzwarciaowy poprawia współczynnik mocy. Dławiki przeciwzwarciaowe nie wymagają wreszcie w czasie pracy żadnej obsługi.

Problem wielkich mocy powstał na zachodzie Europy i w Ameryce już od lat kilkudziesięciu. Rozwiązanie jego poszło właśnie w kierunku stosowania dławików przeciwzwarciaowych — jedynego aparatu, który może zmniejszyć radykalnie i definitywnie wielkość

prądu zwarcia, czego nie są w możności dokonać wyłączniki, ograniczające czas jego trwania; wchodzące na rynek ostatnio bezpieczniki mocy mają ograniczone zastosowanie. Tzw. rezistory natomiast zmniejszają głównie wielkość ustalonego prądu zwarcia, wywierając stosunkowo niewielki wpływ na amplitudę udarowego prądu zwarcia. Szerokie rozpowszechnienie, jakie osiągnęły dławiki na zachodzie Europy, tłumaczy się przede wszystkim względami bezpieczeństwa pracy. Jedno bowiem poważne zwarcie może unieruchomić na długo elektrownię, a nawet zadecydować o jej istnieniu, nie mówiąc już o skutkach, jakie pociągnie za sobą unieruchomienie wszystkich zakładów przemysłowych przez nią zasilanych.

LITERATURA:

E.T.Z. r. 1929—1936 wł.; Siemens Zeitschrift r. 1928, 1935, 1937, 1938; A.E.G. — Mitteilungen. r. 1930; Przegląd Elektrotechniczny; Archiv für Elektrotechnik. r. 1930, 1932, 1933, 1934, 1936; E. u. M. r. 1929, 1930, 1932, J. H a k. Eisenlose Drosselspulven; Inż. A. M o r a w s k i. Sieci Elektryczne i Współpraca Elektrowni. V. D. E.; P. N. E.

Dziesięć lat rozwoju techniki wysokich napięć w świetle nowego wydania „Hochspannungstechnik“ A. Rotha *)

Doc. dr. inż. J. L. Jakubowski

II. Fale wędrowne.

Jest b. charakterystyczne, że oba wydania dzieła Rotha ujmują w sposób zasadniczo identyczny przebiegi fal wędrownych. Świadczy to, że teoria Kirchhoffa tych fal, wprowadzona do elektrotechniki przez Wagnera i Rüdenberga (r. 1908), okazała się zgodna z badaniami oscylograficznymi lat ostatnich. Trzeba pamiętać, że do r. 1925 — roku otrzymania pierwszego oscylogramu fali wędrownej — teorię fal trzeba było przyjmować do pewnego stopnia na wiarę. Głównym sprawdzianem doświadczalnym teorii była metoda pętlicowa Bindera, metoda wprawdzie niezwykle pomysłowa, ale pozwalająca określić przy pomocy pomiarów iskiernikowych niektóre zaledwie cechy fal prostych, nieskomplikowanych. Nie mogę ująć tu spraw tych obszerniej; jako przykład, zamieszczę tylko jeszcze porównanie przebiegu teoretycznego i oscylogramu dla stosunkowo prostego przypadku (rys. 13); rys. 13 zacierpnąłem z artykułu współpracowników W. Rogowskiego.

Teoria fal nie uległa istotnym zmianom. Tym niemniej szereg zagadnień został pogłębiony. Mam tu na myśli: własności fal w przewodach zakopanych w ziemi, tłumienie fal, stromość fal oraz przebiegi fal w maszynach i transformatorach.

Nieizolowane przewody, zakopane w ziemi, stosuje się jako tzw. przeciwwagi, których celem jest polepszenie uziemień słupów. Okazuje się, że przewody te można traktować jako kable z dużymi stratami. Ponieważ dielektrykiem tych „kablów“ jest ziemia, szybkość fal jest rzędu $100\,000 \div 140\,000$ km/s, co odpowiada ϵ ośrodku $5 \div 8$. Oporność falowa zakopanych przewodów jest rzędu 120Ω ; oporność ta gra, w pierwszej chwili po trafieniu fali, rolę oporności uziemienia.

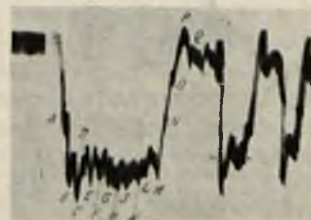
Tłumienie fal w linii napowietrznej ujmują nowe wzory Jacotteta. Według nich maksymalna stromość

czoła fali 500 kV, początkowo nieskończenie stromej, wynosi po przebiegnięciu 1 km $10\,300$ kV/ μ s, a po przebiegnięciu 10 km 103 kV/ μ s. Dane te odnoszą się do fali między przewodem napowietrzny i ziemią, przy czym oporność właściwą ziemi przyjęto $3 \cdot 10^4 \Omega$ cm i założono, że jest ona jedyną przyczyną tłumienia. Dla takiej samej fali między dwoma przewodami miedzianymi wpływ tłumienia po przebiegu 1 km jest pomijalny. Spłaszczenie czoła, występujące w tym przypadku, jest wywołane głównie przez pojemność izolatorów na słupach. Według



Rys. 13-a.

Obliczony przebieg napięcia na końcu linii 15 km przy zwarciu dwóch faz na początku linii. W odległości 1,6 km od początku linii znajduje się odgańczenie o długości 0,6 km.



Rys. 13-b.

Oscylogram katodowy, odpowiadający napięciu z rys. 13-a. Jest charakterystyczne, że na oscylogramie znajdują się wszystkie ząbki oznaczone literami A—Q, które wynikają z rys. 13-a.

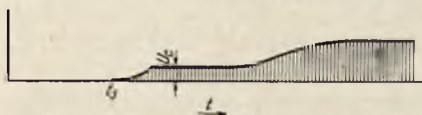
(E. Flegler, O. Wolff, J. Röhring i H. Klempe-
rer, Arbeiten El. Inst. Aachen 1929/30/4, str. 217).

*) Dalszy ciąg artykułu do str. 663 Nr. 18 „P. E.“ r.b.

Riepla maksymalna stromość czoła fali 500 kV, początkowo nieskończenie stromej, wynosi po przebiegnięciu 10 km 3100 kV/ μ s, jeśli na tej drodze znajduje się 60 słupów (linia 100 kV, pojemność 10 pF na łańcuch).

Wzory Jacotteta nie dotyczą fal o wartościach szczytowych tak dużych, że powstaje ulot. Ulot, jako przyczyna tłumienia fal, był w ostatnich czasach poddany szczegółowemu badaniom teoretycznym i doświadczalnemu, zwłaszcza w Ameryce. Tłumienie ulotowe przejawia się pod inną postacią dla fal zasilanych (o „poziomym“ grzbiecie), inną — dla krótkich fal samotnych.

Ulot powstaje w danym miejscu przewodu wówczas, gdy, przy przebieganiu czoła fali, napięcie jej przekracza napięcie początkowe. Ładunki przestrzenne tworzą się wtedy w strefie jonizacji samodzielnej; jest to związane z prądem, który powoduje, że napięcie czoła fali nie może wzrastać tak szybko, jak to zachodzi bez ulotu. Wskutek tego, po przebiegnięciu pewnego odcinka linii, czoło fali (zasilanej) zmienia się z pierwotnej postaci, zbliżonej do sinusoidy, do postaci z długim, prawie poziomym „schodkiem“, odpowiadającym mn. w. napięciu początkowemu ulotu (rys. 14); „schodek“ jest tym dłuższy, im więk-



Rys. 14.

Czoło fali zasilanej, odkształcone przez zjawisko ulotu (R o t h).

szą drogę odbyła fala. Formalnie można przyjąć, że fala rozdziela się jakby na dwie fale, o różnych szybkościach. W chwili początkowej obie fale znajdują się w tym samym miejscu; po pewnym czasie jedna z nich zostaje w tyle; czoło jej nakłada się na poziomy grzbiet drugiej fali, — stąd czoło fali wypadkowej ze schodkiem. Dla stosunku wartości szczytowej napięcia fali do napięcia ulotu równego 3, szybkość fali wolniej biegnącej wynosi 70% szybkości światła. A. Roth nie wspomina o tym, że powyższy sposób rozpatrywania ma podstawy w ogólnej teorii L. V. Bewleya, stosownie do której dwie szybkości wynikają z równań różniczkowych dla układów, w których „odbicie“ elektryczne i magnetyczne przewodu nie leży na jednakowej głębokości pod powierzchnią ziemi.

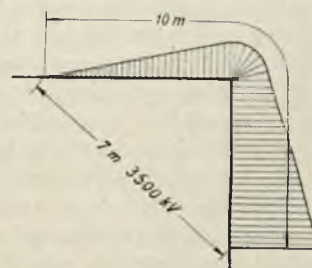
Tłumienie i odkształcanie fal samotnych skutkiem ulotu ujmuje czysto empiryczny wzór Foust'a i Mengera. Stosownie do niego wartość szczytowa U takiej fali wynosi:

$$U = \frac{U_0}{k s U_0 + 1} \text{ w kilowoltach}$$

(U_0 — wartość początkowa w kV, s — droga przebyta w km, $k = 0,0004$ dla fali dodatniej, $0,0002$ dla fali ujemnej). Tak np. fala ujemna $U_0 = 1000$ kV maleje po przebyciu $s = 10$ km do 330 kV, a po przebyciu $s = 50$ km — do 90 kV. Wzór ten jest grubym przybliżeniem, gdyż nie uwzględnia różnych możliwych wartości początkowego napięcia ulotu.

Największe stromości czoł fali, występujących w instalacjach wysokiego napięcia, zostały określone przy pomocy pomiarów oscylograficznych. Np. fale, wywołane przeskokami na iskiernikach kulowych, mogą mieć stromość 10 kV/ μ s na kilowolt wartości szczytowej. Badania te doprowadziły do b. ciekawych wniosków, ważnych z punktu widzenia ochrony budynków od skutków uderzeń pioruna. Mianowicie okazuje się, że zaginanie przewodów piorunochronowych pod kątem prostym nie może spowo-

dować przeskoku między punktami przewodu bardziej zbliżonymi na drodze powietrznej, niż wzdłuż drutu. Można to wyjaśnić na przykładzie. Tak np., aby nastąpiło przebicie powietrza na długości 7 m między punktami tego samego przewodu, odległymi wzdłuż drutu o 10 m (rys. 15) potrzeba 3500 kV, a więc fali o średniej stromości 105 000 kV/ μ s, co nie jest w praktyce możliwe.



Rys. 15.

Fala wędrowna na przewodzie zagiętym pod kątem prostym (R o t h).

Przebiegi falowe w uzwojeniach maszyn elektrycznych i transformatorów należą do b. skomplikowanych. Uzwojeń tych (zwłaszcza transformatorów) nie można na ogół uważać za zwykłe linie długie, analogiczne do linii napowietrznych i kabli. Są to dość złożone linie łańcuchowe. Własności uzwojeń zostały w ostatnich czasach lepiej poznane. Przede wszystkim ważne jest stwierdzenie, że oporności falowe generatorów są często mniejsze niż oporności falowe linii. Przeciwnie, w poprzednim wydaniu „Hochspannungstechnik“ generatory były traktowane, jak transformatory, które cechują, jak wiadomo, b. duże oporności falowe¹²⁾.

Dane dla transformatorów nie są tak ogólnikowe, jak w poprzednim wydaniu. Dużą wartość ma zwłaszcza tablica na str. 289, z której powtórzę 2 rubryki. Dla transformatora powietrznego jednofazowego, o mocy 30 kVA, 30 000/400 V, pojemność wejściowa wynosi 28 pF, oporność falowa 300 000 Ω . Dla transformatora olejowego trójfazowego 20 000 kVA, 60 000/8 000 V, pojemność wejściowa wynosi 355 pF, oporność falowa 43 000 Ω . Wielkość oporności falowej zależy od chwilowych wartości nasycenia żelaza.

Skutkiem trafienia fali w uzwojenie powstają drgania własne uzwojenia. Częstotliwość drgań własnych transformatorów jest zawarta według danych różnych autorów w granicach 5000 do 35 000 Hz, transformatorów napięciowych 500 do 2 000 Hz, generatorów 18 000 do 26 000 Hz. Zresztą uzwojenia transformatorów mogą mieć nieskończoną ilość częstotliwości własnych.

Znajomość zjawisk falowych w transformatorach jest tak daleko posunięta, iż pozwoliła na nowe rozwiązania konstrukcji uzwojenia w tzw. transformatorach nieresonansowych¹³⁾. Są to transformatory z punktem zerowym uziemionym, w których rozkład napięć na uzwojeniu, w chwili uderzenia fali zasilanej o czoło prostokątnym, jest liniowy, — tak samo jak po nieskończenie długim czasie działania tej fali. Ponieważ stan początkowy

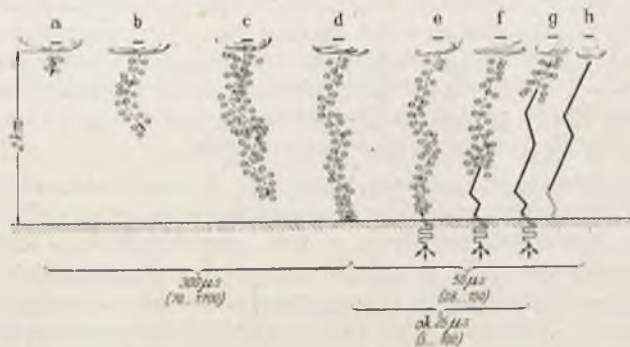
¹²⁾ Np. na str. 303 starego wydania jest wyraźnie zaznaczone: Praktisch ist das Verhältnis der Charakteristiken für Wicklungen von Transformatoren, Motoren und Generatoren, welche an Leitungen oder Kabel angeschlossen sind, immer so gross, dass der Energieentzug aus der Leitung sehr klein ist.

¹³⁾ Por. J. L. Jakubowski, Przegl. Elektr. 1936, str. 568.

i końcowy są tutaj takie same, nie ma przyczyny do występowania przebiegów wyrównawczych pod postacią drgań, powodujących duże naprężenia izolacji międzyzwojowej. Rozwiązanie to jest ogólne, gdyż każdy przebieg napięcia można zastąpić przez fale prostokątne zasilane. Liniowy początkowy rozkład napięć najprościej można zrealizować, stosując odpowiednią osłonę uzwojenia połączoną z biegunem wysokiego napięcia. Jeśli pojemności odcinków uzwojeń względem osłony są odpowiednie, początkowy rozkład napięć jest liniowy. Nie należy zapominać, że dla czoła prostokątnego indukcyjność przedstawia opór nieskończenie wielki, transformator zachowuje się więc zasadniczo, jak łańcuch izolatorów. Osłona, będąca pod napięciem, odpowiada kabłąkowi stosowanemu przy łańcuchach izolatorów również do poprawy rozkładu napięć. Rozkład napięć końcowy jest liniowy, jako rozkład na opornościach rzeczywistych uzwojenia przy napięciu stałym. Konstrukcja transformatorów nierezonansowych jest b. rozpowszechniona w Stanach Zjednoczonych A. P.; dzięki niej zmniejsza się obciążenie izolacji w stosunku od 10:1 do 100:1. Dla osiągnięcia równomiernego rozkładu napięć na poszczególne zwoje stosuje się również zmniejszanie pojemności uzwojeń do ziemi lub zwiększanie pojemności międzyzwojowej — środki znane z teorii rozkładu napięć na łańcuchach izolatorów.

III. Wymagania, stawiane pod względem wytrzymałości dielektrycznej przez warunki eksploatacji.

W wydaniu Hochspannungstechnik z r. 1927 sprawie bezpośredniego uderzenia pioruna w linie poświęcone było jedno tylko zdanie (str. 328): „Erfolgt ein Blitzschlag in eine Leitung, so wird dieselbe rasch und hoch aufgeladen“. Natomiast przepięcia atmosferyczne indukowane (tzw. pośrednie) zostały szeroko potraktowane, jako istotna przyczyna zaburzeń (str. 340). W wydaniu z r. 1938 bezpośrednie uderzenie pioruna zajmuje osiem stron, a przepięcia pośrednie — tylko jedną stronę. Odzwierciedla to doskonale przewrót, jaki nastąpił w zapatrywaniach na istotę przepięć atmosferycznych: główną przyczyną zaburzeń jest uderzenie bezpośrednie; uderzenie pośrednie (indukowane) stwarza przepięcia rzadko dochodzące do $100 \div 150$ kV, a więc nie groźne, zwłaszcza dla urządzeń wyższych napięć nominalnych.

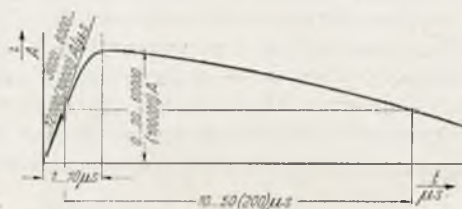


Rys. 16.

Przypuszczalny sposób tworzenia wyładowań wstępnych (a...d) i kanału pioruna (e...h) (R o t h).

Znajomość powstawania wyładowań piorunowych oparta jest głównie o badania fotograficzne Schonlana¹⁴⁾. Gdy stosunek napięcia między chmurą a ziemią do ich odległości przekracza 5 kV/cm, zjawia się w pobliżu chmury obszar jonizacji samodzielnej; obszar ten przesuwa się w kierunku ziemi (wyładowanie wstępne)

z szybkością rzędu 10 000 km/s. Wyładowanie takie zwykle nie dochodzi do ziemi, lecz urywa się w przestrzeni. Po nim zjawia się drugie wyładowanie, które, mając już drogę ułatwioną przez pierwsze, posuwa się dalej w kierunku ziemi. Droga, na której zachodzą wyładowania wstępne, i jej otoczenie wypełniają się ładunkami przestrzennymi. Gdy jedno z wyładowań wstępnych osiągnie ziemię, powstaje jonizacja termiczna, dzięki której kanał pioruna przy ziemi staje się silnie przewodzący. Część przewodząca kanału wydłuża się w kierunku chmury i zbiera ładunki przestrzenne z drogi wyładowania wstępnego (rys. 16). Jest to główne wyładowanie pioruna, które często nie dochodzi do chmury. Czoło jego posuwa się z szybkością rzędu 60 000 km/s. Czas trwania prądu pioruna, rzędu $30 \div 150 \mu s$ (rys. 17), odpowiada czasowi przesunięcia się czoła głównego wyładowania od ziemi do



Rys. 17.

Schematyczny przebieg prądu pioruna na podstawie dotychczasowych badań (R o t h).

miejsca urwania się kanału. Warto zwrócić tu uwagę, że w tym obrazie nie ma śladu z koncepcji kanału pioruna, jako linii falowej, po której krążą fale z szybkością światła i wyładowują stopniowo kondensator chmura—ziemia (patrz np. referaty P e e k a i F o r t e s c u e na Kongresie El. w Paryżu w 1932 r., lub rozdział X w książce R ü d e n b e r g a: Elektrische Schaltvorgänge, wyd. 1933 r.¹⁴⁾.

Obszerne badania doświadczalne amerykańskie i europejskie stworzyły pewną podstawę do obliczania przebiegów prądowych i napięciowych przy uderzeniu pioruna w słup metalowy, linkę odgromową lub w przewód roboczy. Typowy przykład, podany przez R o t h a, odnosi się do uderzenia pioruna o prądzie maksymalnym 40 000 A i przebiegu $10/50 \mu s$, w słup linii 100 kV, o wytrzymałości udarowej izolatorów 800 kV, oporności falowej 500 Ω , oporności uziemienia słuca 25 Ω . Stosownie do wzrostu prądu ok. $\frac{40\,000}{10} = 4\,000$ A/ μs , czyli wzrostu spadku napięcia na oporności uziemienia $4\,000 \cdot 25 = 100\,000$ V/ μs , przeskok na izolatorze, od słuca (będącego pod wyższym napięciem niż linia) do linii, zjawia się po upływie $\frac{800\,000}{100\,000} = 8 \mu s$ ¹⁵⁾. W obie strony na linii pobiegą wtedy fale napięcia 800 kV, czyli fale prądu $\frac{800\,000}{500} = 1\,600$ A, których wielkości będą rosły aż do 1000 kV i 2000 A (występujących po dalszych 2 μs , gdy prąd pioruna osiąga 40 000 A). Tak duże wartości napięć na przewodach są silnie tłumione przez ulot. Po 100 μs fale przebiegną $(100-8) \cdot 0,3 = 27,6$ km, przy czym ich wartość szczytowa zmaleje z 1000 kV do 156 kV. Wszystko to w założeniu, że inne zjawiska komplikujące (np. dalsze przeskoki) nie zachodzą.

¹⁴⁾ Por. J. Fridlender, Przegl. El. 1937, str. 524. Por. również artykuł J. L. Jakubowskiego, Przegl. El. 1936, str. 471 oraz dyskusję na zjeździe SEP, Przegl. El. 1938, str. 93.

¹⁵⁾ Ściśle biorąc, przy obliczaniu tego czasu należy uwzględnić także wartości chwilowe napięcia roboczego linii, które też występuje na izolatorze.

W podobny sposób można obliczyć przebieg fal również w przypadkach bardziej skomplikowanych¹⁶⁾.

IV. Łuk w powietrzu i w oleju.

Dziesięć lat temu nie było ogólnie uznanej teorii łuku, a ujęcie Rotha opierało się na badaniach fizyków, przeprowadzonych z małymi prądami i napięciami. Od tego czasu stan naszych wiadomości w tej dziedzinie uległ gruntownej zmianie w związku z olbrzymim rozwojem wyłączników.

Obecnie znamy dość dokładnie własności fizyczne łuku oraz ich wytłumaczenie. Emisja z rozżarzonej płamy katodowej nie wystarcza do wytłumaczenia wielkości występujących prądów; w grę wchodzi tu także zjawisko wyrwania elektronów z katody przez pole ($50 \div 1000$ kV/cm). Zorza dodatnia składa się głównie z gazu (powietrza, gazu powstałego z rozkładu oleju), a nie z par metalu; posiada ona temperaturę $6\,000 \div 12\,000$ °C i utrzymuje się dzięki jonizacji cieplnej. W obszarze spadku anodowego występują prawie wyłącznie pary metalu.

Olbrzymie postępy techniki wyłączników prądu zmiennego w ostatnim dziesięcioleciu wynikają z dążenia do ciągłego zmniejszania pracy wyłączania $\int u i dt$, gdzie u napięcie łuku, i prąd łuku. Im mniejsza jest ta praca, tym mniejsze wywiązywanie ciepła oraz gazów, a w wyniku tego — mniejsze wymiary oraz koszty aparatu. Zgodnie z tą zasadą czas trwania łuku w nowoczesnych wyłącznikach nie przekracza $1 \div 2$ półokresów, w przeciwstawieniu do wielu okresów w wyłącznikach olejowych dawnego typu. Uzyskano to przez zastosowanie nowych, energicznie działających sposobów gaszenia łuku. Działanie gaszące bywa stosowane w szeregu konstrukcji nie przez cały czas trwania łuku, a dopiero wtedy, gdy długość łuku jest odpowiednia. Powoduje to również zmniejszenie pracy wyładowania, gdyż chłodzenie łuku, wywołane przez gaszenie, zwiększa napięcie łuku, a więc i pracę wyłączania. (W pierwszym przybliżeniu moc tracona w łuku ui równa się mocy odprowadzonej pod postacią ciepła. Gdy chłodzenie zwiększa się, rośnie u , gdyż i mało zależy od zjawisk w wyłączniku).

Odpowiednikiem zmian, jakie zaszły w wyłącznikach prądu zmiennego, jest szersze stosowanie znanych już dawniej szybkich wyłączników prądu stałego (Schnellschalter). Wyłączniki te przerywają obwód, zanim się ustali prąd zwarcia, dzięki czemu działanie ich jest b. ułatwione (wyłączają np. 15 kA zamiast prądu ustalonego 50 kA). Czas od powstania zwarcia do rozdzielenia się kontaktów jest w tych wyłącznikach b. krótki (np. 5 ms).

Przy przejściu przez zero sinusoidy prądu w wyłączniku prądu zmiennego, łuk, jak wiadomo, gaśnie. Przestrzeń zajmowana uprzednio przez łuk, czyli przestrzeń połukowa, przestaje być silnie przewodzącą. Wytrzymałość elektryczna (na przebiecie) tej przestrzeni wzrasta z czasem: jest to wytrzymałość powrotna. Jednocześnie między kontaktami wyłącznika zjawia się napięcie, zmieniające się w czasie; jest to napięcie powrotne. O ile napięcie powrotne stanie się równe wytrzymałości powrotnej, nastąpi zapłon nowego łuku między kontaktami. Oznacza to, że wyłącznik nie wyłączył, nie przerwał ob-

wodu w danym półokresie, (por. art. J. L. Jakubowski'ego, Przegł. El. 1938, str. 226).

Powyższy schemat znany był w głównych zarysach i dawniej. Jednakże dopiero badania ostatnich kilku lat wykryły niektóre prawa rządzące zarówno wytrzymałością powrotną, jak i napięciem powrotnym. Napięcie to składa się z dwóch składowych: siły elektromotorycznej źródła prądu, mającej częstotliwość 50 Hz oraz drgań obwodów o stałych skupionych lub rozłożonych. Jak wykazują szczegółowe rozważania analityczne, pierwsza składowa może być szczególnie duża w przypadku podwójnego zwarcia z ziemią sieci trójfazowych, w którym jedna faza jest zwarta przed, a druga za wyłącznikiem oraz w przypadku nieprawidłowego włączenia równoległego sieci. Są to szczególnie trudne przypadki wyłączania. Druga składowa zależy od własności elementów w obwodzie zwarcia, a w szczególności od częstotliwości drgań obwodu. Im większa jest ta częstotliwość, tym napięcie powrotne szybciej wraca, a więc tym bardziej wyłączenie jest utrudnione. Wpływ częstotliwości najbardziej rzuca się w oczy w przypadku wyłączników olejowych starego typu: zwiększenie jej powoduje wydłużenie łuku oraz czasu trwania łuku.

Częstotliwości drgań własnych sieci kablowych i napowietrznych wyższych napięć są rzędu kilkuset Hz, sieci średnich napięć — kilku tysięcy Hz. Za cewkami, ograniczającymi prąd zwarcia, może wystąpić częstotliwość większa, np. 50 000 Hz; można ją zmniejszyć, włączając między cewkę a wyłącznik odcinek linii napowietrznej lub kabla. Na drgania podstawowe mogą być nałożone wyższe harmoniczne $10\,000 \div 200\,000$ Hz. Drgania napięcia powrotnego są wywoływane w szeregu przypadków odbiciami fal wędrownych w liniach. Stacje badania wyłączników mają najczęściej większe częstotliwości własne, niż sieć, z wyjątkiem przypadków, w których wyłącznik ustawiony jest w sieci tuż za cewką, ograniczającą prąd zwarcia.

Jak wykazały ostatnie badania, napięcie powrotne nie jest funkcją tylko własności obwodu zwarcia, lecz zależy także od wyłącznika, mianowicie od przewodności przestrzeni połukowej. Im większa jest ta przewodność, tym bardziej tłumione są drgania napięcia powrotnego i tym mniej prawdopodobny staje się zapłon po przejściu prądu przez zero. Niestety, wykorzystywanie tej właściwości do zwiększania zdolności wyłączania nie jest w szerokim stopniu możliwe, gdy zwiększenie przewodności połukowej oznacza jednocześnie zmniejszenie wytrzymałości powrotnej.

V. Prądy zwarcia.

Obliczanie prądów zwarcia w sieciach bardziej skomplikowanych należy do zagadnień b. trudnych. Ostatnie lata przyniosły nową, względnie prostą a dostatecznie dokładną metodę V. D. E. (przepisy V. D. E. 0670/1937). W Ameryce rozpowszechnia się coraz więcej metoda składowych symetrycznych, pozwalająca określać m. in. bardzo prosto wielkość napięcia powrotnego 50 Hz. O metodzie tej nie ma wzmianki w książce Rotha (w literaturze polskiej poświęcona jej jest książka S. Dunikowski'ego).

Aktualna ostatnio jest sprawa oznaczania wyłączników. Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (C.E.I.) postanowiła usunąć pojęcie mocy wyłączalnej, a zatem i oznaczenia mocy wyłączników w MVA. Istotne dla wyboru wyłącznika są jego charakterystyki: „prąd wyłączalny w funkcji napięcia powrotnego 50 Hz“ (rys. 18). Każdy wyłącznik posiada graniczne napięcie i graniczny

¹⁶⁾ Należy tu ważny przypadek eliminacji oporności falowej drogą kolejnych odbić fal, zachodzący np. wtedy, gdy piorun uderzy w linię w pobliżu odgromnika. Prąd odgromnika nie jest wtedy zależny od oporności falowej linii, a może osiągnąć wartość, stanowiącą dużą część prądu pioruna. Bliższe szczegóły, patrz. np. J. L. Jakubowski'ego, Przegł. El. 1936, str. 471.

Przypadek ten jest przedstawiony u Rotha w sposób, moim zdaniem, zbyt ogólnikowy.

czy to np. badania wytrzymałości izolacji uzwojeń (z wyjątkiem próby wg. V. D. E. lub S. E. V.).

Metody pomiaru wysokich napięć w laboratorium uległy w ostatnim dziesięcioleciu dużym udoskonaleniom. Dotyczy to zarówno pomiaru napięć o częstotliwości technicznej, jak i napięć udarowych. Nawet w dziedzinie

którego zastosowanie rozpowszechnia się coraz bardziej, jest możliwość badania przebiegów napięciowych i prądowych wysokiego napięcia, zachodzących w czasach rzędu mikrosekund i krótszych. Zjawiska tak krótkie grają wielką rolę w technice wysokich napięć, jako zjawiska udarowe, związane głównie z przepięciami atmosferycznymi.

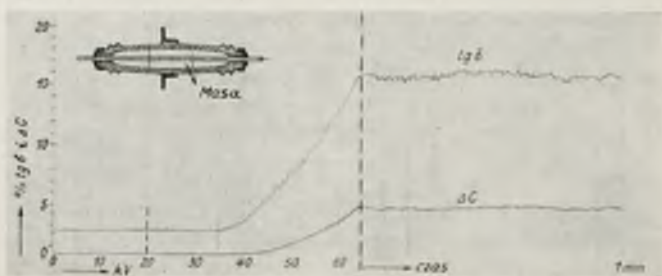


Rys. 20.

Jeden z największych istniejących generatorów udarów (firmy SSW w Norymberdze), 3000 kV, 42 kWs.

iskierników kulowych, najstarszej metody pomiaru wysokiego napięcia, można zanotować nowe zdobycze. Wykryto, że krzywe wzorcowania wykazują miejsce nieciągłości, załamania (tzw. „T o e p l e r s c h e Knickstelle“). Stosowanie odstępów kul, odpowiadających miejscom załamania, nie jest wskazane, ze względu na małą dokładność pomiaru (nieustalony przebieg krzywej wzorcowania). Drugą, nową zdobyczą w dziedzinie iskierników z jedną kulą uziemioną jest wykrycie, że krzywa wzorcowania $U_0 = \varphi(a)$ dla napięcia 50 Hz jest taka sama, jak dla udarów normalnych ujemnych. Dla udarów normalnych dodatnich słuszną jest inna krzywa. Dla tego samego odstepu kul napięcie przeskoku ujemne jest mniejsze, niż dodatnie (przeciwnie niż w przypadku izolatorów). Dla udarów krótszych, niż normalne, pomiar iskiernikowy może być obciążony dużym uchybem.

Niezwykle pożytecznym narzędziem techniki pomiarowej stał się szybko działający oscylograf katodowy. Powstał on dzięki udoskonaleniom rury Braun'a (zastosowanie dużego napięcia anodowego, koncentracji magnetycznej wstępnej itd.) w latach 1925—27. Zaletą nowego przyrządu,



Rys. 21.

Krzywe $tg \delta = \varphi(U)$ lub $\varphi(t)$ i $\Delta C = \varphi(U)$ lub $\varphi(t)$ dla izolatora przepustowego, otrzymane przy pomocy mostka Schering'a, zautomatyzowanego przez Keina'tha.



Rys. 22.

Nowoczesne urządzenie do wytwarzania sztucznego deszczu, składające się ze zbiornika i szeregu rurek z otworami (fabryka Delle).

Oscylografy stosuje się bądź w laboratoriach — przy badaniu własności udarowych izolacji, przebiegu fal w uzwojeniach, dabanii odgromników itp., bądź też w urządzeniach do przesyłania energii, w celu określania zaburzeń, występujących przy eksploatacji, w czasie burz itp.

Przy badaniach wielkości prądów udarowych w słupach i przewodach w czasie uderzeń piorunów zyskały ostatnio duże rozpowszechnienie sztabki magnetyczne. Mierząc magnetyzm szczątkowy tych sztabek, można określić wartość szczytową prądu. Wyniki takich pomiarów pozwoliły na wyciągnięcie cennych wniosków dotyczących ochrony linii od skutków uderzeń pioruna.

Z innych układów pomiarowych coraz większe rozpowszechnienie zyskuje mostek Schering'a do pomiaru strat materiałów i układów izolacyjnych (zwłaszcza kabli). Mostek ten został w ostatnich latach zautomatyzowany przez G. Keina'tha²⁰⁾; modyfikacja ta polega na tym, że krzywe zależności $tg \delta$ oraz pojemności od czasu lub napięcia są pisane atramentem przy pomocy przyrządu rejestracyjnego (rys. 21). Stanowi to, oczywiście, duże uproszczenie badań.

Na rozwiązanie czeka w dalszym ciągu układ do wytwarzania sztucznego deszczu (rys. 22). Interesujące jest, że według Roth'a lepsze wyniki uzyskuje się przy pomocy rur z otworami, niż przy pomocy dysz, gdyż ostatnie stwarzają zbyt duże rozpylenie wody.

(Dokończenie nastąpi).

²⁰⁾ Por. J. L. Jakubowski, Przegl. El. 1938, str. 65.

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (CEI)*)

V. Komitet 2 B, Transformatory.

W związku z plenarnym zebraniem Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (CEI) w Anglii odbyły się w Torquay w dniach 22 i 23 czerwca b. r. 4 posiedzenia Sekcji Transformatorowej Komitetu 2 Maszyn Elektrycznych. W obradach, którym przewodniczył p. A. G. Ellis (Anglia), wzięli udział delegaci następujących krajów: Anglii, Belgii, Czechosłowacji, Francji, Holandii, Italii, Niemiec, Norwegii, Polski, Stanów Zjednoczonych A. P., Szwajcarii i Szwecji. Delegatem PKE był inż. J. Roman.

Na wstępie skorygowano i zatwierdzono sprawozdanie RM 148 z posiedzenia Komitetu 2 B, odbytego w Paryżu w czerwcu 1937 r. (w posiedzeniu tym PKE nie brał udziału), po czym przystąpiono do dyskusji nad bieżącymi sprawami.

1. Znamiona transformatora.

Na posiedzeniu w Paryżu w 1937 r. ustalono, iż mocą znamionową transformatora jest pozorna moc oddawana rzeczywicie przez jego wtórne zaciski. Tego rodzaju definicja wymagała podania współczynnika mocy obciążenia, jako wielkości należącej do znamion transformatora, podobnie jak to ma miejsce przy znamionowaniu prądnic prądu zmiennego. Komitet napotkał tu jednak trudność w postaci rozbieżności co do wartości normalnego współczynnika mocy proponowanych przez różne Komitety Krajowe. Kwestię tę uznano ostatecznie na posiedzeniu w Torquay za niemożliwą do uzgodnienia; tym nie mniej przekazano ją do rozważenia Podkomitetowi, złożonemu z delegatów Anglii, Francji, Holandii, Italii, Niemiec, Szwecji i Stanów Zjednoczonych A. P. Podkomitet ten znalazł rozwiązanie, nie bezpośrednie co prawda, proponując mianowicie jednoczesne stosowanie na tabliczce znamionowej dwóch rodzajów znamionowania transformatora, a mianowicie:

znamionowanie probiercze I. E. C. (test rating) oraz znamionowanie robocze I. E. C. (service rating).

Pierwsze znamionowanie zgodne jest z dotychczasowym znamionowaniem w takich krajach, jak Anglia, Czechosłowacja, Dania, Holandia, Niemcy, Norwegia, Polska oraz Szwecja i polega na definicji prądu wtórnego na podstawie wtórnego napięcia przy biegu jałowym bez potrzeby uciekania się do współczynnika mocy. Drugi rodzaj znamionowania oparty jest na definicji prądu wtórnego, obliczonego na podstawie znajomości napięcia wtórnego przy pełnym obciążeniu i danym współczynniku mocy; znamionowanie to odpowiada praktyce belgijskiej, francuskiej, włoskiej oraz japońskiej. Propozycja taka z miejsca zmniejszyła zainteresowanie pierwszej grupy państw w wyborze normalnego współczynnika mocy potrzebnego przy znamionowaniu roboczym i w ten sposób łatwe już było osiągnięcie porozumienia. Ostateczne zebranie przyjęło propozycję Podkomitetu i ustaliło 0,8 jako normalny współczynnik mocy. W ten sposób np. transformator jednofazowy, posiadający moc (probierczą) 1 000 kVA, przekładnię 10 000/100 V oraz spadki napięć: czynny = 1% i indukcyjny = 5,9%, należałoby wg CEI znamionować w sposób następujący: (przykład przytoczony przez prof. Klossa)

	Znamionowanie probiercze	Znamionowanie robocze
Moc	1000 kVA	955 kVA
Napięcia . .	10000/100 V	10000/95,5 V
Prądy	100/10000 A	100/10000 A

przy $\cos \varphi = 0,8$.

Przyjmując te dwa rodzaje znamionowania Komitet uchwalił, co następuje:

1. jeżeli nabywca nie poda współczynnika mocy, znamionowanie robocze winno być oparte na $\cos \varphi = 0,8$;
2. straty powinny być wyszczególnione w kW, natomiast ma być zaniechany sposób podawania sprawności i strat w ‰/‰;
3. obciążenia częściowe transformatora mają być podawane w ułamkach prądu, jak to zresztą wynika z definicji.

Delegat Anglii zaznaczył, że znamionowanie probiercze określa transformator, w którym kierunek przepływu energii może ulegać zmianom, natomiast znamionowanie robocze określa tylko taki transformator, w którym kierunek przepływu energii jest niezmienny i z góry przewidziany. Zaproponowano również, by przy znamionowaniu roboczym wyodrębnić stronę pierwotną przez podanie na tabliczce wartości napięcia pierwotnego na pierwszym miejscu. Delegat Niemiec stwierdził przy tym, że gwarancje zarówno strat, jak i temperatur, powinny odnosić się do znamion probierczych.

Na zakończenie wszyscy zgodzili się, by sprawę odpowiedniego prerעדagowania przepisów powierzyć w dalszym ciągu tej samej podkomisji.

2. Obliczanie zmian napięcia w transformatorze.

Propozycje poszczególnych Komitetów w powyższej sprawie były na tyle zbieżne, że okazało się możliwym ustalić wspólny tekst, który też został opracowany przez jednego z delegatów angielskich. Brzmienie tego tekstu jest następujące:

„Zmianę napięcia od biegu jałowego do dowolnego obciążenia przy danym współczynniku mocy można obliczyć na podstawie wyników z pomiaru napięcia zwarcia i odpowiednich strat, dokonanego dla dowolnego obciążenia przy pomocy próby zwarcia.

Niech oznaczają:

- I_z prąd przewodowy pomierzony w uzwojeniu wzbudzonym;
- $E_{s(z)}$ napięcie międzyprzewodowe pomierzone na uzwojeniu wzbudzonym;
- P_z pobór mocy przez uzwojenia wzbudzone; stąd
- $E_{x(z)}$ oznacza składową indukcyjną napięcia międzyprzewodowego, przy czym

$$E_{x(z)} = \sqrt{E_{s(z)}^2 - \left(\frac{P_z}{I_z}\right)^2}$$

dla transformatorów jednofazowych i

$$E_{x(z)} = \sqrt{E_{s(z)}^2 - \frac{1}{3} \left(\frac{P_z}{I_z}\right)^2}$$

dla transformatorów 3-fazowych.

Dalej niech oznaczają:

- I — znamionowy prąd wtórny przewodowy, jeżeli wtórne uzwojenie jest wzbudzone, lub znamionowy prąd wtórny pomnożony przez przekładnię, jeżeli wzbudzonym jest uzwojenie pierwotne;

*) Ciąg dalszy do str. 677 „P. E.” Nr. 19 r. b.

P_w — pobór mocy P_z sprowadzony do prądu znamionowego i temperatury 75°C (patrz uwagę na końcu);

E_r — międzyprzewodowy czynny spadek napięcia; przy czym

$$E_r = \frac{P_w}{I}$$

dla transformatorów jednofazowych oraz

$$E_r = \frac{P_w}{\sqrt{3} I}$$

dla transformatorów 3-fazowych;

E_x — oznacza międzyprzewodowy indukcyjny spadek napięcia; przy czym,

$$E_x = E_{x(z)} \frac{I}{I_z}$$

E — oznacza napięcie przy biegu jałowym na uzwojeniu wzbudzonym, stąd

$$\% E_x = \frac{100 E_x}{E}$$

$$\% E_r = \frac{100 E_r}{E}$$

Zmiana napięcia od biegu jałowego do częściowego obciążenia scharakteryzowanego przez ułamek n oraz współczynnik mocy $\cos \varphi$ może być obliczana przy użyciu następującego wzoru:

$$\begin{aligned} \% \text{ zmiana} &= n (\% E_r \cos \varphi + \% E_x \sin \varphi) + \\ &+ \frac{10^{-2} n^2}{2} (\% E_r \cos \varphi - \% E_x \sin \varphi)^2 - \\ &- \frac{10^{-6} n^4}{2 \times 4} (\% E_x \cos \varphi - \% E_r \sin \varphi)^4. \end{aligned}$$

Dla transformatorów posiadających napięcie zwarcia nie większe od 20% trzeci wyraz w powyższym równaniu można skreślić, otrzymując wyrażenie:

$$\begin{aligned} \% \text{ zmiana} &= n (\% E_r \cos \varphi + \% E_x \sin \varphi) + \\ &+ 0,005 n^2 (\% E_x \cos \varphi - \% E_r \sin \varphi)^2. \end{aligned}$$

Dla transformatorów posiadających napięcie zwarcia mniejsze lub równe 4% drugi wyraz równania może być również opuszczony; w ten sposób otrzymamy

$$\% \text{ miana} = n (\% E_r \cos \varphi + \% E_x \sin \varphi).$$

Dla transformatorów pracujących z obciążeniem znamionowym przy współczynniku mocy równym jedności:

$$\% \text{ zmiana} = \% E_r + 0,005 (\% E_x)^2.$$

U w a g a: „Sumę strat oporowych oraz strat dodatkowych można mierzyć przy wszelkiej temperaturze otoczenia t , jednakże wynik winien być sprowadzony do temperatury odniesienia równej 75°C. Może to być uskutecznione przez doregulowanie częstotliwości podczas próby zwarcia do wartości $\frac{309,5}{234,5 + t}$ razy mniejszej od wartości znamionowej oraz przez pomnożenie w ten sposób otrzymanej sumy strat przez tenże współczynnik (sposób francuski — przyp. sprawozdawcy). Inny sposób (angielski — przyp. sprawozdawcy) dokonania sprawdzenia oprzeć się może na założeniu, że straty oporowe (I^2R) zmieniają się proporcjonalnie do tegoż oporu“.

3. Temperatura otoczenia.

Na propozycję angielską, przedłożoną w swoim czasie Komitetem Krajowym, a zmierzającą ku temu, by oprócz najwyższej temperatury otoczenia 40°C wprowadzić jeszcze średnią 24-ro godziną najwyższą temperaturę otoczenia równą 30° lub 35° C, wszystkie Komitety oprócz polskiego wyraziły swoją zgodę. Wobec takiej sytuacji polski delegat oświadczył, iż, nie chcąc utrudniać porozumienia międzynarodowego, Komitet Polski jest go-

tów zgodzić się na tę propozycję, jako dotyczącą przepisów międzynarodowych.

W toku dyskusji nad wyborem wielkości średniej 24-godzinnej temperatury otoczenia wyłoniły się następujące postulaty:

1. stała temperatura 40° C trwająca choćby tylko jedną dobę jest stanowczo niedopuszczalna dla transformatorów;

2. średnia 24-godzinna temperatura równa 35° C może być uznana za dopuszczalną z tym jednak, iż

3. średnia miesięczna temperatura otoczenia nie przekroczy 30° C.

Z tych trzech postulatów pierwszy został przyjęty przez wszystkich bez zastrzeżeń; drugi — wywołał dyskusję, ustalono jednak 35° C, jako najwłaściwszą temperaturę. Wreszcie postulat trzeci, aczkolwiek logiczny, postanowiono przedstawić Komitetem, jako nową propozycję.

4. Dopasowanie przysłów temperatur.

W dotychczasowych przepisach CEI istniało prawdziwo zmuszające obniżyć dopuszczalny przyrost temperatury transformatora o 10° C (transformatory suche) lub o 15° C (transformatory olejowe) ilekroć transformator był przeznaczony do pracy w otoczeniu, którego temperatura przewyższała o kilka tylko stopni normalne najwyższe temperatury. Przepis ten został uznany za niesłuszny; zaproponowano obniżenie dopuszczalnego przyrostu temperatury o tyle, o ile stopni ma być wyższą temperatura otoczenia. Ten pogląd został jednak skrytykowany, gdyż trudno jest wytwórcom znamionować i katalogować transformatory na temperatury otoczenia różniące się jedna od drugiej o jeden stopień. Postanowiono więc wprowadzić pewne wyraźniejsze stopniowanie.

Ostatecznie uchwalono następujące правило:

„Dla tropikalnych i innych warunków anormalnych, w których temperatury otoczenia są wyższe od temperatur, wymienionych w § 308, transformator powinien być budowany z większym zapasem, niż transformator odpowiadający normalnemu znamionowaniu CEI oraz normalnym przyrostom temperatury. Może to być osiągnięte przez wyznaczenie niższego dopuszczalnego przyrostu temperatury zarówno dla uzwojeń, jak i dla oleju, przy czym normalne dopuszczalne przyrosty temperatur powinny być obniżone wg następujących wytycznych:

dla temperatur czynnika chłodzącego (należy tu rozumieć zarówno powietrze, jak i wodę chłodzącą — przyp. sprawozdawcy), przekraczających normalne o nie więcej niż 5° C, normalne dopuszczalne przyrosty powinny być zmniejszone o 5° C;

dla temperatur czynnika chłodzącego, przekraczających normalne o więcej niż 5° C, lecz o nie więcej niż 10° C, normalne dopuszczalne przyrosty powinny być zmniejszone o 10° C;

jeżeli temperatura czynnika chłodzącego przekracza normalną o więcej niż 10° C, to dopuszczalne przyrosty temperatur uzwojeń i oleju powinny być ustalone wspólnie przez wytwórcę i nabywcę“.

5. Przyrost temperatury w transformatorach olejowych ze sztucznym obiegiem.

Wychodząc z założenia, iż przy sztucznym obiegu oleju i zewnętrznym jego chłodzeniu powietrzem lub wodą rozkład temperatur wzdłuż kolumny uzwojenia w transformatorze jest bardziej równomierny, niż przy obiegu naturalnym, Komitet angielski zaproponował podniesienie dopuszczalnego przyrostu temperatury do 65° C dla transformatorów z zewnętrznym chłodzeniem powietrzem i do 70° C dla transformatorów z zewnętrznym chłodzeniem wodą.

Powyższa propozycja spotkała się z aprobatą całego zebrania z wyjątkiem delegatów Szwecji i Norwegii, którzy na podstawie własnych doświadczeń twierdzili, iż różnica między średnią temperaturą a temperaturą najgorętszego punktu w uzwojeniu wcale nie jest mniejsza dla transformatorów ze sztucznym obiegiem.

Po dłuższej dyskusji przyjęto, jako dopuszczalny przyrost temperatury dla uzwojeń transformatorów ze sztucznym obiegiem oleju i chłodzeniem powietrznym, 65°C — z tym jednak zastrzeżeniem, iż należy zaznaczyć w sprawozdaniu, że doświadczalne wyniki uzyskane w Skandynawii stoją w sprzeczności z doświadczeniem innych krajów.

Dla transformatorów ze sztucznym obiegiem, lecz chłodzonych wodą, przyjęto również 65°C zamiast proponowanych 70°C i w ten sposób uniknięto dalszej dyskusji. Dzięki powyższemu uchwałom transformatory ze sztucznym obiegiem oleju w ogóle — bez względu na to, czy są chłodzone wodą czy powietrzem — ma obowiązywać dopuszczalny przyrost temperatury uzwojeń 65°C.

6. Uprzywilejowane grupy połączeń transformatorów.

Na wstępie dyskusji nad wyborem międzynarodowo uprzywilejowanych grup połączeń transformatorów przewodniczący wyjaśnił, iż nie chodzi tu o takie czy inne połączenie uzwojeń, lecz tylko o znormalizowanie przesunięć fazowych między uzwojeniami wyższego i niższego napięcia, wyrażonych w liczbach godzin. Na takie postawienie sprawy wszyscy się zgodzili. Po tym wstępie został przedstawiony dokument 26 (Anglia) 405, w którym została uzasadniona potrzeba znormalizowania na przyszłość przesunięć 1, 11 i 0. Chodzi tu mianowicie o to, by w skomplikowanych sieciach najwyższego, wysokiego i średniego napięcia można było zawsze połączyć jedną sieć z drugą, używając do tego celu jak najmniej różnorodnych przesunięć w transformatorach oraz zmniejszając potrzebę zbyt rozległego stosowania połączenia gwiazda/gwiazda. System czyniącym zadość tym wymaganiom ma to być właśnie system trzech liczb 1, 11 i 0, czyli cykl zamknięty; stosując bowiem np. między siecią 132 kV i 33 kV transformator o przesunięciu 11, a dalej między siecią 33 i 11 kV transformator o przesunięciu 1, możemy sieć 132 kV połączyć z siecią 11 kV przy pomocy transformatora o przesunięciu 0.

Powyższą propozycję przyjęto jednogłośnie, zaznaczając, że normalizacja ta dotyczy ma tylko nowopowstałych sieci.

7. Tabliczki znamionowe dla transformatorów.

Sprawa normalizacji tabliczek znamionowych dla transformatorów, zaproponowana przez szwedzki Komitet, została przekazana Podkomitetowi, który ma się zająć dalszym opracowaniem tekstu przepisów dotyczących znamionowania.

8. Najmniejsze napięcie probiercze.

Na propozycję szwajcarską ustalenia pewnego dość wysokiego minimum dla napięcia probierczego dla uzwojeń transformatorów o napięciu nieprzekraczającym 550 V, wszyscy wyrazili swą zgodę. Dyskusja polegała jedynie na ścieraniu się poglądów co do wysokości tego napięcia. Ostatecznie przyjęto jako minimum 2500 V z tym jednak, że Szwajcaria i Stany Zjednoczone zachowają dla swoich narodowych przepisów dotychczasowe wyższe napięcia.

9. Próby dielektryczne.

Przedmiotem dyskusji były próby dielektryczne transformatorów o stopniowanej izolacji oraz niektóre sprzeczności w tabeli próbnych napięć w przepisach CEI.

Pierwsza sprawa, jak się okazało, miała znaczenie tylko dla Niemiec i Anglii, gdyż tylko w tych krajach stosowane są w szerszym zakresie transformatory ze stopniowaną izolacją. Zagadnienie polega na tym, iż dotychczasowa próba (patrz dokument 2B (Secretariat) 401) dla osiągnięcia napięcia względem ziemi równego 2U wymaga zastosowania napięcia aż 3U między zaciskami oraz potrzebuje do tego celu znacznego powiększenia częstotliwości. Dla zapobieżenia tym niedogodnościom polecono delegatowi niemieckiemu i angielskiemu opracowanie przepisu pozwalającego na stosowanie innych metod (metoda szwedzka lub metoda niemiecka), dających to samo napięcie względem ziemi co i metoda CEI, przy mniejszym jednak napięciu między zwojami, cewkami i zaciskami. Wymienieni delegaci zdecydowali się na metodę szwedzką, która będzie ogłoszona, jako metoda dodatkowa.

Co do sprzeczności w dotychczasowych tabelach napięć probierczych postanowiono, iż Komitet Szwedzki przedstawi Komitetowi konkretny projekt poprawek.

10. Nowa redakcja przepisów.

Postanowiono, by Anglia, Francja, Niemcy oraz Stany Zjednoczone A. P. utworzyły Komitet redakcyjny, któryby wcielił do przepisów i we właściwy sposób zredagował wszystkie postanowienia powzięte na bieżącym zebraniu i przedstawione powyżej. Postanowiono również, iż preredagowany projekt przepisów zostanie rozesłany do poszczególnych Komitetów, przy czym będzie zastosowane правило sześciu miesięcy.

11. Wolne wnioski.

1. Za pośrednictwem przewodniczącego postanowiono uprosić Komitet Wykonawczy, by powołał do życia nowy Komitet, który zajął by się sprawą koordynacji izolacji dla elektrycznych urządzeń i aparatów.

2. Zaproponowano ograniczyć temperaturę otoczenia, przy której wolno jest dokonywać prób cieplnych, zarówno od dołu do 10°C, jak od góry do 40°C. Uczyniono to ze względu na wpływ temperatury otoczenia na lepkość oleju. Propozycję tę przyjęto jednogłośnie. Sprawę temperatury wody chłodzącej podczas prób cieplnych postanowiono przekazać Komitetowi do rozważenia.

3. Na propozycję delegata amerykańskiego przyjęto następującą uwagę, należąca do działu dopuszczalnych przyrostów temperatur:

„Jeżeli transformator ma być obciążony w sposób ciągły na czas nieograniczony do granic międzynarodowych swych znamion, to zaleca się zastosować transformator o przyroście temperatury o 5°C niższym od przyrostu przepisowego“.

4. Delegacja angielska zaproponowała, by omawiane przepisy na transformatory dotyczyły tylko transformatorów o mocy równej lub wyższej od 1 kVA dla transformatorów jednofazowych i 5 kVA dla transformatorów 3-fazowych.

Propozycję tę postanowiono przesłać Komitetom do zaopiniowania.

5. Postanowiono zwrócić się do Komitetu Wykonawczego z prośbą, by polecił Komitetowi 9 Trakcji wszelkie sprawy transformatorów zasilających prostowniki rtęciowe kierować do Komitetu 2 B, a to w celu pełnego uzgodnienia poczynań obu Komitetów.

6. Postanowiono zwrócić się do Komitetów z prośbą o wypowiedzenie się w sprawie propozycji amerykańskiej, dotyczącej strat i sprawności transformatorów, przedstawionej w dokumencie 2 B (U. S. A.) 401.

7. Następnym posiedzeniu Komitetu 2 B postanowiono zwołać za rok, po czym posiedzenie zamknięto.

Z DZIEDZINY ELEKTRYFIKACJI

Obrót energii elektrycznej w sierpniu r. b.

W świetle liczb, charakteryzujących obrót energii w Polsce, zarówno w sierpniu, jak i w całym okresie 8-mio miesięcznym, tempo produkcji przemysłowej wykazuje postępujące osłabienie koniunktury, w porównaniu z rokiem ubiegłym. Przebieg koniunktury w innych państwach odbija się na sytuacji gospodarczej Polski, która biernie nie może oczekiwać na uderzenie nowej fali kryzysu.

Tablica I.
Zmiany %-we wytwórczości energii w poszczególnych miesiącach r. b.

Kraje	Sto- sunek lat	Stycz.	lut.	marz.	kwiec.	maj	czerw.	lipiec
St. Zjedn. I+część II	37/36	+12,6	+11,7	+17,5	+13,1	+12,6	+12,4	—
	38/37	- 5,3	- 5,9	- 7,4	- 9,7	- 9,1	- 8,9	—
Kanada I	37/36	+10,8	+10,7	+12,9	+ 7,3	+10,4	+11,1	+ 8,2
	38/37	- 1,7	- 4,2	- 6,4	-11,2	- 9,5	-12,6	- 9,2
Belgia I	37/36	+ 7,6	+ 9,2	+13,7	+13,9	+11,8	+42,4	+14,4
	38/37	+ 2,3	- 2,0	- 5,7	-10,5	- 2,9	-10,0	-10,9
Szwecja ok. 80% wytw.	37/36	+ 4,0	+ 4,9	+ 6,6	+17,8	+ 8,8	+19,3	—
	38/37	+ 1,7	+ 1,2	+ 7,7	- 5,0	+ 7,6	- 5,5	—
Szwajcaria I	37/36	+ 1,2	+ 1,4	+14,7	+17,0	+ 4,2	+ 9,8	—
	38/37	+ 7,5	+ 4,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 9,0	+ 5,2	—
Francja I+część II	37/36	- 0,1	+ 3,4	+11,7	+11,3	+11,3	+17,8	—
	38/37	+14,6	+ 8,9	+ 4,9	+ 2,5	+ 5,8	+10,2	—
Anglia I	37/36	+10,4	+ 6,6	+18,3	+17,8	+11,2	+18,0	+13,2
	38/37	+ 9,5	+10,2	+ 1,8	+ 0,9	+14,4	+ 2,4	+ 4,2
Niemcy I	37/36	+18,3	+15,8	+16,5	+22,7	+16,3	+21,0	+16,8
	38/37	+15,0	+12,0	+17,2	+11,7	+21,5	+ 7,4	+10,9
Italia ok. 94% wytw.	37/36	-11,5	-10,6	+ 0,2	+ 5,1	+13,2	+14,8	—
	38/37	+21,2	+14,1	+ 5,4	- 5,7	-10,6	+ 4,9	—
Polska I+II	37/36	+15,5	+11,0	+19,0	+23,5	+14,0	+24,0	+19,0
	38/37	+10,5	+13,5	+16,5	+ 9,5	+16,0	+10,0	+10,0

Uwaga: I — zakłady zawodowe
II — „ przemysłowe.

Tablica I obrazuje wahania koniunkturalne w postaci zmian procentowych, zachodzących w wytwórczości energii, (porównawczo z danymi z ubiegłego roku) jak wiadomo, ściśle związanej z produkcją przemysłową. Spadek tempa produkcji przemysłowej, pomimo zastrzyku, jaki stanowią inwestycje, nakręcanie koniunktury oraz zbrojenia, zaznacza się we wszystkich przodujących krajach. Sytuacja gospodarcza przybiera formy kryzysu postępującego z miesiąca na miesiąc w Stanach Zjednoczonych (deficyt wytwórczości w lipcu r. b. wyniósł ok. 900 milionów kWh w porównaniu z lipcem ub. r.), Kanadzie (deficyt w lipcu ok. 200 mio kWh), Belgii i Szwecji. W pozostałych krajach, nie wyłączając Polski, przyrosty wytwórczości energii elektr. w bieżącym roku na ogół są jeszcze dodatnie, lecz świadczące, że w sytuacji gospodarczej tych krajów nie wytworzyły się warunki samodzielnego uaktywnienia produkcji przemysłowej.

Największe przyrosty procentowe energii wykazują: autarkiczne Niemcy, potem Polska, która najpóźniej wy-

szła z minionego kryzysu, wreszcie Francja. W Szwajcarii, Anglii i w Italii wahania wytwórczości energii są nikłe i świadczą o przejściu tych krajów w okres depresji. W Polsce stan wytwórczości energii wykazuje tablica II, według układu, przyjętego w poprzednich sprawozdaniach.

Tablica II.
Energia w 10⁶ kWh

lata	1936 r.				1937 r.				1938 r.			
miesiące	I	÷ XII	I	÷ XII	I	÷ VIII	VIII	różnica %-wa do sierp. r. ub.	I	÷ VIII	VIII	różnica %-wa do sierp. r. ub.
A. Energia wytworzona												
ogółem	2 867	3 355	2 131	279	+ 19,5	2 382	302	+ 8,0				
w tym zakł. zawod.	1 120	1 365	862	111	+ 25	1 008	124	+11,5				
przemysł.	1 747	1 990	1 261	168	+ 16	1 374	178	+ 5,5				
B. Energia rozporządzalna												
ogółem	2 883	3 375	2 143	281	+ 19,5	2 399	304	+ 8,5				
w tym zakł. zawod.	1 052	1 226	773	99	+ 19,5	876	109	+10,0				
przem.	1 831	2 149	1 370	182	+ 19,5	1 523	199	+ 7,5				

Tablica ta nasuwa następujące wnioski:

1) 8% przyrost wytwórczości energii w sierpniu jest przeszło dwukrotnie słabszy od przyrostu 19,5% w sierpniu r. ub. Przyrost wytwórczości silniej się zaznaczył w zakładach zawodowych, które dały 11,5% nadwyżki, aniżeli w przemysłowych o nikłym 5,5% przyroście. Z innego punktu widzenia, przeciętna dzienna wytwórczość energii wyniosła w sierpniu r. b. 9,75 mio kWh, a w okresie 8-miu miesięcy (styczeń — sierpień) — 9,8 mio kWh, wobec 9 mio, w tymże okresie ub. roku.

2) Okres 8-mio miesięczny w r. b., w porównaniu z analogicznym okresem r. ub. wykazuje wzrost wytwórczości energii o 251 mio kWh, z czego przypada 146 mio na zakłady zawodowe, a 105 mio kWh na zakłady przemysłowe. Te liczby świadczą o silniejszym tempie rozwojowym elektrowni zawodowych.

Rozwój produkcji energii posiada przebieg niejednokowy w zakładach okręgowych i lokalnych, jak wykazuje tablica III, obrazująca wytwórczość 8-mio miesięczną.

Tablica III.
Wytwórczość zakładów zawodowych
Energia w 10⁶ kWh

Okres 8 mies.	1937		1938		Różnica 38/37	
		%		%	ilościowa	%-wa
ogółem	862	100	1 008	100	146	+16
w tym zakł. okręgowe	561	65,1	650	64,5	89	+16
lokalne	301	34,9	358	35,5	57	+19

Udział zakładów okręgowych w łącznej wytwórczości zakładów zawodowych (w ciągu 8 mies.) pozostaje na poziomie niemal niezmiennym, a nawet objawia nie-
(Ciąg dalszy str. 703).

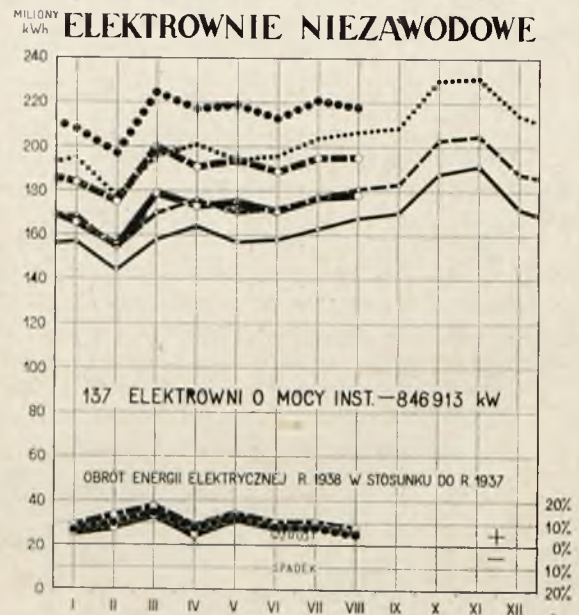
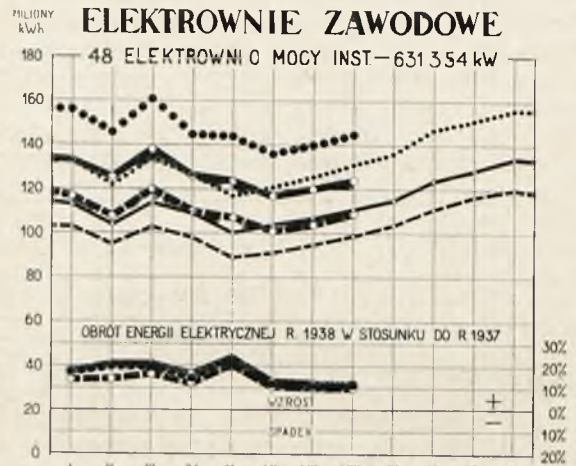
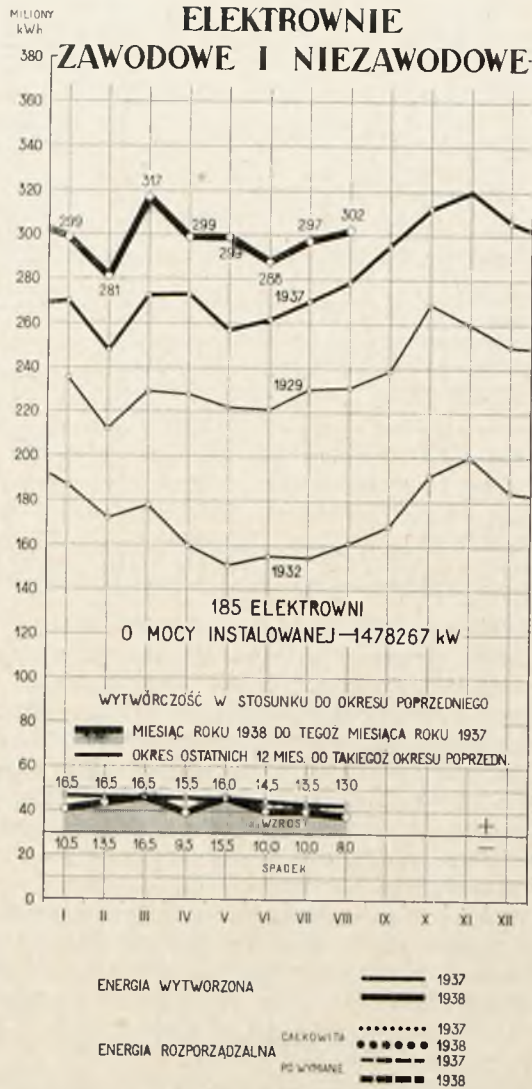
MINISTERSTWO PRZEMYSŁU I HANDLU
BIURO ELEKTRYFIKACJI
STATYSTYKA ELEKTRYCZNA

Rok IX

MIESIĘCZNY OBRÓT ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Sierpień 1938

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



ELEKTROWNIE o mocy instalowanej ponad 1000 kW	Licz- ba zakła- dów	Moc instalo- wana kW	Własna wytwarzność		Wymiana energii z innymi elektrowniami		Rozporządzalna energia			
			1000 kWh	przyrost	otrzyma- no 1 000 kWh	oddano kWh	całkowita rb. (4 + 5)	przyrost	po oddaniu innym elektrowniom rb. (4 + 5 - 6)	przyrost
1	2	3	4	%	5	6	7	%	8	%
I + II	185	1 478 267	301 981	+ 8,0	61 802	59 430	363 783	+ 7,5	304 353	+ 8,5
I Zawodowe	48	631 354	124 334	+ 11,5	21 158	36 352	145 492	+ 11,5	109 140	+ 10,0
1) Okręgowe	O	23	358 770	+ 9,0	17 129	32 896	96 715	+ 9,5	63 819	+ 6,0
2) Lokalne	L	25	272 584	+ 17,0	4 029	3 456	48 777	+ 16,0	45 321	+ 16,0
II Niezawodowe	137	846 913	177 647	+ 5,5	40 644	23 078	218 291	+ 5,0	195 213	+ 7,5
1) Kopalnie węgla	W	39	397 895	+ 3,0	13 470	21 891	90 084	+ 1,5	68 193	+ 5,5
2) Huty	H	13	94 103	+ 5,0	14 671	1 130	35 948	+ 5,0	34 818	+ 6,5
3) Fabryki chemiczne	Ch	14	114 911	+ 13,5	7 589	—	43 759	+ 12,0	43 759	+ 12,0
4) Fabryki włókiennicze	Wł	17	48 166	— 1,5	1 261	—	10 587	+ 1,5	10 587	+ 1,5
5) Cukrownie	Ck	22	61 733	— 5,0	31	—	163	0,0	163	0,0
6) Papiernie	P	6	54 890	+ 1,5	1 378	—	16 667	+ 4,0	16 667	+ 4,0
7) Cementownie	Cm	8	33 011	+ 17,5	—	57	12 884	+ 17,5	12 827	+ 17,5
8) Pozostałe zakłady przem.	R	16	28 624	+ 7,0	442	—	4 105	+ 6,0	4 105	+ 6,0
9) Trakcyjne	T	2	13 580	+ 2,0	1 802	—	4 094	+ 6,0	4 094	+ 6,0

zaczne osłabienie, zamiast normalnej zwykłej tendencji. Natomiast zakłady lokalne wykazują większą aktywność od okręgowych, osiągając w bieżącym roku 19% przyrostu wytwórczości wobec 16% okręgowych.

3) Energia rozporządzalna zakładów przemysłowych wzrosła w sierpniu (w porównaniu z analogicznym okresem ub. roku) o 7,5% wobec 19,5% w ub. roku, uwidaczniając w ten sposób niski jeszcze stan produkcji przemysłowej.

Nasz potencjał gospodarczy jest niezmiernie słaby. Wzrost siły gospodarczej Polski jest nakazem dnia i na tym zagadnieniu powinien się skupiać wysiłek społeczeństwa.

Argument o znacznych trudnościach, na jakie się napotyka w dążeniu do uprzemysławiania Polski, nie przemawia do przekonania, gdyż podobne trudności istniały również w krajach przodujących pod względem rozwoju przemysłu.

Te państwa jednak wprzęgły wszystkie siły narodu do intensywnej pracy i właśnie tej pracy zawdzięczają swe bogactwo i potęgę.

E. U.

Uprawnienia rządowe.

Urząd Wojewódzki Lwowski podaje do publicznej wiadomości:

o otrzymaniu skierowanego do Ministerstwa Przemysłu i Handlu podania Klaudii Lisowej i Heleny Gerber o udzielenie uprawnienia rządowego na wytwarzanie, przetwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej w celu zawodowego jej zbytu na obszarze m. Mościsk woj. Lwowskiego.

Urząd Wojewódzki Tarnopolski podaje do publicznej wiadomości:

o otrzymaniu skierowanego do Ministerstwa Przemysłu i Handlu podania firmy „Elektrownia R. i N. Rosenblatt w Borszczowie“ o udzielenie uprawnienia rządowego na wytwarzanie, przetwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej w celu zawodowego jej zbytu na obszarze, objętym dzisiejszymi granicami powiatu borszczowskiego.

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH



KOMUNIKAT BIURA ZNAKU PRZEPISOWEGO SEP.

UDZIELENIE UPRAWNIENIA DO ZNAKU SEP.

Zarząd Główny S. E. P. na podstawie wyników badania zgłoszonych wyrobów oraz wyniku wizytacji wytwórni, udzielił uprawnienia do używania Znak Przepisowego S. E. P. w postaci nitki rozpoznawczej lnianej barwy żółtej poniższym przedsiębiorstwom, członkom zbiorowym Stowarzyszenia Elektryków Polskich:

1. **Fabryka Kabli, Clement Zahm Sp. z o. o., Dziezice** w zastosowaniu do następujących wyrobów:

1. Przewody w odzieży włóknistej: **NDPa, NLPa.**
2. Przewody odporne na wpływy atmosferyczne:

NDGa, NLGa, NPa, NSda.

Nitka fabryczna różowa.

2. **Warszawska Fabryka Kabli i Przewodników „Centrokabel“ Sp. z o. o., Warszawa** w zastosowaniu do następujących wyrobów:

1. Przewody ogumowane: **NDG i NLG** do 10 mm².
2. Przewody w płaszczu ołowianym: **NKGp i NKGo.**

Nitka fabryczna brązowo-biało-czerwona (skręcana).

3. **Fabryka Kabli I. M. Finkelstein, Warszawa**, w zastosowaniu do następujących wyrobów:

1. Przewody w panczerzu: **NDGu, NLGu, NKGaup, NKGauo.**

Nitka fabryczna zielona.

XI WALNE ZGROMADZENIE S. E. P.

XI Walne Zgromadzenie S. E. P. odbędzie się w dniach od 26 do 31 maja 1939 roku w Katowicach i w Cieszynie. Projekt programu Zjazdu jest następujący:

Czwartek, 25 maja.

Godz. 20.00. Nieoficjalne zebranie towarzyskie w lokalu Stowarzyszenia Inżynierów i Techników w Katowicach, Plac Wolności 8.

Piątek, 26 maja.

Godz. 8 — 10. Punkt zborny uczestników zjazdu w Biurze Zjazdowym w gmachu Śląskich Technicznych Zakładów Naukowych. Załatwienie formalności, przydział kwater, odbiór teczek zjazdowych itp.

10 — 14. Wycieczki techniczne. Odjazd autobusami z przed gmachu Śląskich Technicznych Zakładów Naukowych.

14 — 16. Przerwa obiadowa.

16 — 19. Wycieczki techniczne j. w.

20. Teatr. Przedstawienie regionalne (Wesele Śląskie).

Program dla Pań. 10 — 14. Wycieczka do Fabryki Porcelany Giesche w Bogucicach. Zwiedzenie Fabryki i wystawy zastaw stołowych.

16 — 19. Zwiedzanie miasta Katowic i okolic.

Sobota, 27 maja.

Godz. 9 — 13. Wycieczki techniczne j. w.

13 — 15. Przerwa obiadowa.

15 — 17. Uroczyste otwarcie XI Walnego Zgromadzenia S. E. P. w auli Śląskich Technicznych Zakładów Naukowych.

17. Otwarcie „Wystawy Elektromechanicznej SEP.“ i Targów Katowickich. Zwiedzanie Wystawy i Targów.

21. Raut w Województwie (lub bankiet koleżeński).

Niedziela, 28 maja.

Godz. 9. Nabożeństwo na intencję Zjazdu.

10 — 13. Posiedzenie grup Referatowych w gmachu Śląskich Technicznych Zakładów Naukowych.

13 — 15. Przerwa obiadowa.

15 — 18. Posiedzenie Grup Referatowych.

18 — 20. Posiedzenie dla załatwienia spraw organizacyjnych (wstęp mają tylko członkowie S. E. P.).

21. Bankiet Koleżeński (lub Raut w Województwie).

Program dla Pań. Rano po nabożeństwie zwiedzanie Wystawy.

Godz. 14. Po wczesnym obiedzie wyjazd autobusami na wycieczkę do lasów pszczyńskich i rezerwatu żubrów. Spacer po lesie. W powrotnej drodze zwiedzenie browaru Tychy i podwieczorek w browarze. Powrót ok. godz. 19.

Poniedziałek, 29 maja (święto).

Ok. godz. 7. Odjazd pociągiem specjalnym do Cieszyna.

10 — 11. Posiedzenie plenarne w Cieszynie z udziałem przedstawicieli władz miejskich i powiatów zaolzańskich. Referaty o Śląsku Cieszyńskim. Przemówienia.

11 — 14. Posiedzenie Grup Referatowych.

14 — 16. Przerwa obiadowa.

16 — 18. Dodatkowe posiedzenie Grup Referatowych. Redakcja rezolucyj i wniosków poszczególnych Grup.

18 — 20. Plenarne posiedzenie zamknięcia Zjazdu. Uchwały Grup Referatowych.

Wieczór wolny lub wdg. później ustalonego programu.

Program dla Pań. Godz. 11 — 14. Zwiedzenie miasta i okolic (seria I).

16 — 18. Zwiedzanie miasta i okolic (seria II).

Wtorek, 30 maja i środa, 31 maja.

Wycieczka pojazdowa autobusami na Śląsk Zaolzański i Cieszyński (Karwina. Frysztat, Trzyniec, Jabłonków, Istebna, Wisła).

REFERATY.

Czynne będą następujące Grupy Referatowe:

Elektryfikacyjna, Przemysłowa, Trakcyjna, Górniczo - Hutnicza, Telekomunikacyjna i Szkolnictwa Elektrotechnicznego.

Na otwarciu Zjazdu w Katowicach wygłoszone będą referaty dotyczące zagadnień Śląska pod względem gospodarczym i przemysłowym oraz elektryfikacji

Województwa. Prócz tego zostanie wygłoszony przez literata Gustawa Morcinka referat o charakterze ogólnym.

Na posiedzeniu plenarnym w Cieszynie wygłoszone będą referaty dotyczące zagadnień Śląska Cieszyńskiego i jego walk o wolność.

Podczas trwania Wystawy S. E. P. w Katowicach zorganizowany będzie cykl odczytów popularnych z dziedziny elektrotechniki, mechaniki i fizyki, przeznaczony dla szerokiego ogółu, specjalnie zaś dla wycieczek robotników kopalń, hut i fabryk.

WYCIEZKI TECHNICZNE.

Wycieczki techniczne odbywać się będą przed właściwym Zjazdem — ze względu na to, że Zjazd będzie obradował w okresie Zielonych Świąt, kiedy zwiedzanie fabryk nie jest możliwe. Zwiedzane będą kopalnie, huty, elektrownie i fabryki — grupami w ten sposób, aby jednocześnie odbywało się 5 — 6 wycieczek, tak aby grupy nie były zbyt liczne.

BIURO ZJAZDOWE.

Biuro Zjazdowe czynne będzie prawdopodobnie w lokalu Stowarzyszenia Inżynierów i Techników w Katowicach, Plac Wolności 8. Od czwartku 25 maja czynne będzie w Śląskich Techn. Zakładach Naukowych, a prócz tego czynne będzie Biuro Informacyjne na Dworcu Kolejowym. Oddział Biura Zjazdu funkcjonować będzie w Cieszynie.

R Ó Ż N E**Wzorcownia urządzeń ochronnych i poradnia bezpieczeństwa pracy.**

We wszystkich krajach, w których przeprowadzana jest akcja walki z wypadkami i chorobami zawodowymi, znajdują się muzea bezpieczeństwa pracy, w których przedstawione są wzorowe zabezpieczenia maszyn, środki ochrony osobistej, jak maski, okulary, odzież ochronna, przybory ratownicze oraz urządzenia higieniczne dla robotników.

W Polsce oddawna dawał się odczuwać brak podobnej instytucji, a tym bardziej w ostatnich czasach, gdy akcja bezpieczeństwa pracy osiągnęła tak szybki rozwój. Luka ta została ostatnio zapełniona, kiedy z inicjatywy Ministerstwa Opieki Społecznej, przy poparciu finansowym Zakładu Ubezpieczeń Społecznych w r. ub. powołano do życia Wzorcownię Urządzeń Ochronnych i Poradnię Bezpieczeństwa Pracy. Uruchomiona prowizorycznie już na wiosnę 1937 r. została ona uroczystie zainaugurowana przez p. Ministra Opieki Społecznej w czasie obrad Kongresu Bezpieczeństwa Pracy w kwietniu b. r.

Instytucja ta jest Fundacją Zakładu Ubezpieczeń Społecznych. Będąc ze względów praktycznych związana organizacyjnie z *Muzeum Techniki i Przemysłu* w Warszawie, Wzorcownia posiada ustrój autonomiczny: swój statut, budżet, zarząd i dyrekcję. Z jednej strony jest

ona czymś w rodzaju muzeum bezpieczeństwa pracy, z drugiej strony zajmuje się także badaniem i zalecaniem urządzeń technicznych z zakresu bezpieczeństwa pracy. Ponadto jest jakby biurem techniczno-doradczym, udzielającym porad z zakresu techniki bezpieczeństwa pracy wszystkim zainteresowanym czynnikom, tj. zarówno organizacjom i instytucjom, jak i firmom prywatnym. Wzorcownia udziela porad handlowych, w jakich firmach, po jakiej cenie i w jakiej jakości dany artykuł z zakresu urządzeń ochronnych jest do nabycia. Współpracuje ona w akcji wydawniczej z zakresu bezpieczeństwa pracy i w urządzaniu kursów z Instytutem Spraw Społecznych.

Będąc instytucją stosunkowo młodą, Wzorcownia jednak rozporządza już bogatą biblioteką dzieł i czasopism specjalnych oraz warsztatem, gdzie uruchomione są najbardziej typowe rodzaje maszyn do obróbki metali i drzewa wzorowo zabezpieczone. Poza tym posiada ona bogatą kolekcję krajowych i zagranicznych urządzeń ochronnych, a wreszcie sztab inżynierów specjalistów z różnych gałęzi przemysłu.

Opierając się na życzliwym przyjęciu, jakiego doznaje Wzorcownia ze strony przemysłu, należy mieć nadzieję, że zadania swe będzie ona spełniać w coraz szerszym zakresie.

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 codz. od godz. 8 do 15, w soboty od 8 do 13
Redaktor przyjmuje we środy 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.