

## Pomiar odkształconych napięć probierczych o częstotliwości technicznej\*)

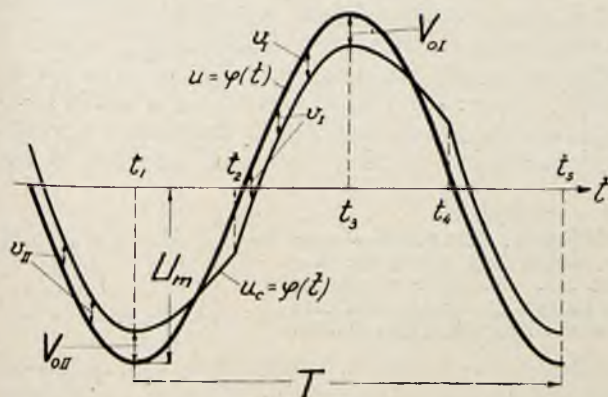
Dr. inż. J. L. Jakubowski

(Messung der verzerrten Prüfspannungen technischer Frequenz)

### II. TEORIA I SPRAWDZENIE TEORII DZIAŁANIA UKŁADU Z PROSTOWNIKAMI ŚWIETLĄCYMI.

#### 1. Teoria dla napięcia ze skokami bez następujących oscylacji.

Teorię, którą podałem w referacie na CIGRE [16], omówię niżej jeszcze raz, przy czym zostanie ona znacznie rozszerzona. Rys. 27 pokazuje znany schemat UPS [11]. Na rys. 28 krzywa napięcia mierzonego  $u = \varphi(t)$  jest jednowierzchołkowa, bez skoków i nałożonych oscylacji. PS II (napięcie działania  $v_{II}$ ) jest czynny do chwili  $t_1$ . Następuje pojemnościowy rozkład napięć na C i  $C_k$  aż do  $t_2$ . Od  $t_2$



Rys. 28.

Krzywa  $u = \varphi(t)$  jednowierzchołkowa; krzywa  $u_c = \varphi(t)$ .

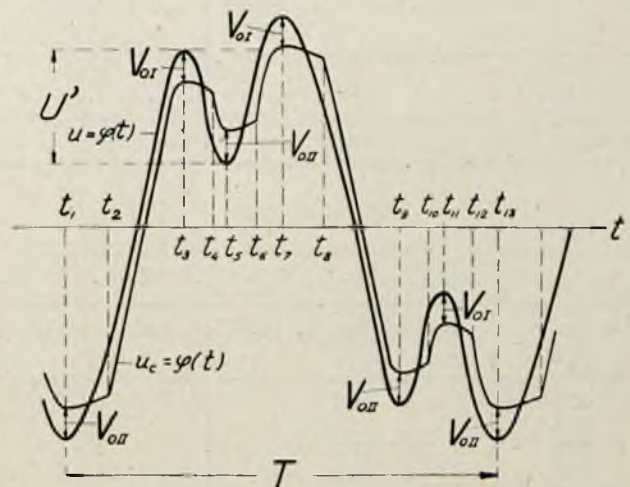
do  $t_3$  działa PS I (napięcie działania  $v_I$ ), po czym następuje znów pojemnościowy rozkład napięć. Ładunek, jaki przepływa przez mikroamperomierz A (rys. 27) w ciągu okresu, jest równy różnicy ładunków na C w końcu ( $t_3$ ) i na początku ( $t_1$ ) przepływu prądu, minus różnica ładunków na  $C_k$  w tych samych chwilach (tzn. równy ładunkowy, jaki ubył z C z wyjątkiem części, która pozostała na  $C_k$ ). Stąd wskazanie mikroamperomierza:

$$I = f [C (U_m - V_{oI}) - C (-U_m + V_{oII})] - f C_k [V_{oI} - (-V_{oII})] = 2CfU_m - (C + C_k) f (V_{oI} + V_{oII}) \dots (1)$$

Wielkość  $(C + C_k) f (V_{oI} + V_{oII})$  stanowi stałą uchyb UPS, niezależny od wartości szczytowej napięcia mierzonego [11]. Dodając go do wskazań UPS, otrzymuje się wielkość, jakąby dał układ z prostownikami idealnymi.

Krzywą napięcia mierzonego wielowierzchołkową (ze skokami) przedstawia rys. 29. Jest ona stylizowana (stro-

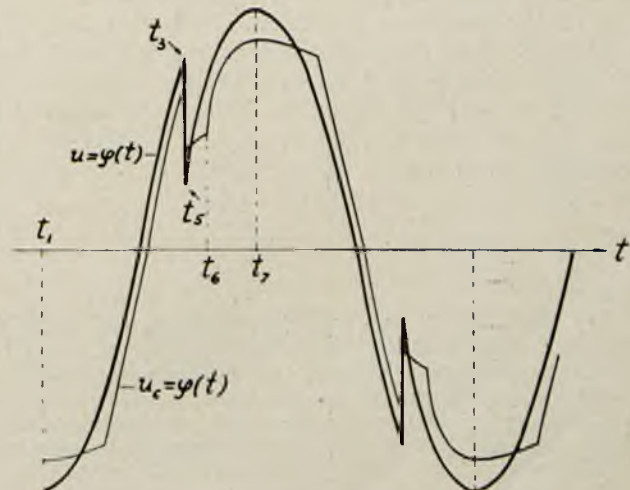
mość skoku oddano niewłaściwie), a to w celu większej przejrzystości rysunku. Krzywa bardziej odpowiadająca rzeczywistości podana jest na rys. 30. Rozpatrzmy w tym przypadku przebiegi napięć w czasie od  $t_3$  do  $t_7$ . Po  $t_3$



Rys. 29.

Krzywa  $u = \varphi(t)$  wielowierzchołkowa; krzywa  $u_c = \varphi(t)$ .

(zgaśnięcie PS I) następuje pojemnościowy rozkład napięć, trwający do  $t_4$ . Z kolei działa PS II do chwili  $t_5$ , początku nowego pojemnościowego rozkładu napięć, który kończy się w  $t_6$ . Od  $t_6$  do  $t_7$  działa PS I.



Rys. 30.

Krzywa  $u = \varphi(t)$  wielowierzchołkowa, przy czym siodła są skutkiem skoków.

\*) Dokończenie artykułu do str. 141 „P. E.” Nr. 6 r. b.

Ładunek, przechodzący przez PS II w czasie od  $t_4$  do  $t_5$  jest równy

$$C(u_5 - u_3) + (C + C_k)(V_{0I} + V_{0II}).$$

Gdy pojemność  $C_k$  jest tak duża, że

$$(C + C_k)(V_{0I} + V_{0II}) \gg |C(u_5 - u_3)| \quad (2)$$

prąd w czasie  $t_3 \div t_5$  nie przechodzi przez PS II. Gdy  $|u_{11} - u_0|$  jest  $\ll |u_5 - u_3|$ , to również dla takiego  $C_k$  PS I nie będzie czynny w czasie między  $t_0$  i  $t_{11}$ . W tych warunkach wzór (1) jest w dalszym ciągu słuszny<sup>8)</sup>. Dobierając więc dostatecznie dużą pojemność  $C_k$ , unika się uchybów wskutek wielowierzchołkowości.

Wzór (2) podaje odrazu największą dopuszczalną głębokość siodła ( $u_5 - u_3$ ), jaka nie powoduje uchybów UPS przy danych  $C$  i  $C_k$ . Jako przykład służy tablica XIII i XIV dla układów, stosowanych w niniejszej pracy.

TABLICA XIII.

Największa dopuszczalna głębokość siodła dla  $C = 2,76 \mu\text{F}$ ,  $V_{0I} + V_{0II} = 278 \text{ V}$ .

$C_k$ $\mu\text{F}$	Max. głębokość siodła kV	Uchyb stały kV
64	6,7	3,4
114	11,8	5,9
171	17,4	8,7
370	37,6	18,8

TABLICA XIV.

Największa dopuszczalna głębokość siodła dla  $C = 8 \mu\text{F}$ ,  $V_{0I} + V_{0II} = 278 \text{ V}$ .

$C_k$ $\mu\text{F}$	Max. głębokość siodła kV	Uchyb stały kV
250	9,0	4,5
350	12,4	6,2
560	19,7	9,8
640	22,5	11,2
850	29,8	14,9

Ściśle biorąc, wzór (2) jest warunkiem wystarczającym, aby prąd przez PS II nie płynął w czasie  $t_3 \div t_5$  (rys. 29), ale nie jest warunkiem koniecznym (w ref. na CIGRE [16] sprawa ta nie była omówiona). Przy jego wyprowadzeniu właściwie przyjęto, że PS II między  $t_3$  i  $t_5$  zapala się, aby, w przypadku granicznym, zaraz zgasnąć. Prąd przez PS II nie popłynie jednak również i wtedy, gdy PS w ogóle nie zapali się. Pojemnościowy rozkład napięć będzie trwał wówczas od  $t_3$  do  $t_0$ . Właściwy warunek nieczynności PS II w tym czasie, a więc prawidłowości pomiaru napięcia przez UPS będzie<sup>9)</sup>:

(napięcie zapłonu  $V_{zII}$ ) > (max. napięcie na PS, wynikające z pojemnościowego rozkładu napięć)

$$V_{zII} > \frac{C}{C + C_k}(u_3 - u_5) - V_{0I} \dots \dots (3)$$

<sup>7)</sup> Wielkość  $C(u_5 - u_3)$  jest ujemna. Jej wartość bezwzględna jest to t.zw. głębokość siodła krzywej  $u = \varphi(t)$ .

<sup>8)</sup> Prąd płynie przez PSI i mikroamperomierz tylko między  $t_1$  i  $t_7$  (rys. 29), a ponadto w tym czasie nie działa PS II. Ładunek, jaki przepływa w ciągu okresu przez mikroamperomierz, jest równy zatem różnicy ładunków na  $C$  minus różnica ładunków na  $C_k$  w chwilach  $t_7$  i  $t_1$ .

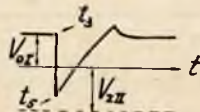
<sup>9)</sup> Punkt wyjścia wyprowadzenia — zależność:

$$Cu_c - C(u_3 - V_{0I}) = C_k u_k - C_k V_{0I}$$

Dla  $t_5$  (rys. 29),  $u_k = \text{max.}$ ,  $u = u_5$ .

Wobec tego, że napięcie zapłonu  $V_z$  jest tylko niewiele większe od napięcia zgaszenia  $V_0$  (ok. 150 V i 139 V), wartości z tablic XIII i XIV pozostają w praktyce słuszne.

Wzór (3) można wyprowadzić w sposób prosty, unaczyniający jego znaczenie fizyczne. Przypuśćmy, że  $t_3$  (rys. 31) odpowiada początkowi skoku napięcia mierzonego.



Rys. 31.

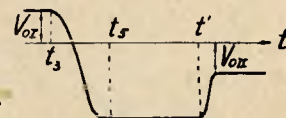
Przebieg napięcia na PS w czasie skoku, gdy nie następuje zapłon PS II. Przebieg napięcia mierzonego, jak na rys. 30.

PS I gaśnie w tej chwili i następuje pojemnościowy rozkład napięć na  $C$  i  $C_k$ . Skokowi napięcia  $u_5 - u_3$  (z rys. 30) odpowiada skok napięcia na PS:  $[C/(C + C_k)](u_5 - u_3)$ . Z rys. 31 jasno widać, że, jeśli ten ostatni skok jest mniejszy od  $V_{zII} + V_{0I}$ , PS<sub>II</sub> nie zapali się.

Tablica XIII jest oparta na stwierdzonej doświadczalnie wartości napięcia zgaszenia  $V_0 \approx 139 \text{ V}$  (patrz [11]). Tablice I — XII i odpowiadające im oscylogramy napięć mierzonych wskazują jednak, iż wartość  $C_k = 114 \mu\text{F}$  była naogół wystarczająca do prawidłowego działania UPS, mimo iż wielkości skoków były większe niż w tabl. XIII. Np. stosownie do tabl. Ia i VII wystarcza  $C_k = 114 \mu\text{F}$  (dopuszczalna głębokość siodła 11,8 kV), a z oscylogramów na rys. 4 i 14 wynika, że wielkość skoków wynosiła do 34 kV i 27 kV. Wskazuje to, że mechanizm zjawisk musi być dla  $C_k = 114 \mu\text{F}$  inny, niż opisany wyżej. Najprostsze narzucające się przypuszczenie jest następujące. Można się spodziewać (potwierdzają to dalsze badania), że współczynnik impulsu PS jest b. duży, to znaczy, że przy uderzeniach napięcie zapłonu jest dużo większe niż w normalnych warunkach działania UPS. A więc PS mógłby wytrzymać bez zapłonu skoki napięcia na PS dużo większe, niż np. 150 V i nie zapalać się w czasie  $t_3 \div t_0$ . Pogląd ten nie jest słuszny. Aby to uwidocznić, wystarczy narysować rys. 31 w dużej skali czasu (rys. 32). W myśl

Rys. 32.

Przebieg napięcia na PS w czasie skoku, gdy następuje zapłon PS. Napięcie mierzone, jak na rys. 30. Duża skala czasu w porównaniu z rys. 30 i 31.



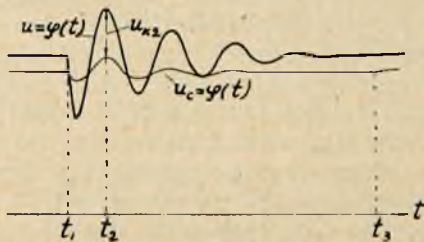
powyższych uwag, niech w  $t_3$  będzie początek dużo większego skoku napięcia na PS, niż  $V_{0I} + V_{zII}$ . Przypuśćmy, że oba PS mają tak duży współczynnik impulsu, iż skok ten wytrzymały. Następuje więc, stosownie do pojemnościowego rozkładu napięć, wzrost napięcia. Wzrost ten jest tak powolny (czas  $t_0 \div t_3$  wynosi ok.  $10^{-7}$  sek, a wzrost odpowiada orientacyjnie sinusoidzie 50 okr./sek), że na rys. 32 napięcie można przedstawić za pomocą linii prawie równoległej do osi czasu. Przepięcie na PS trwa więc stosunkowo b. długo, tak że bezpośrednio po skoku zapłon (np. PS II) musi wystąpić (chwila  $t'$ ). W czasie (prawdopodobnie b. krótkim) działania PS II  $C_k$  wyładowuje się do wartości  $V_0$ , po czym PS II gaśnie. Następuje więc pojemnościowy rozkład napięć, który trwa aż do zapłonu PS I. UPS oczywiście mierzy w takim przypadku nieprawidłowo, gdyż w czasie siodła płynie prąd przez inny PS, niż przed skokiem.

Rys. 32 pozwala jednak wysnuć przypuszczenia co do przyczyny nieodpowiadania tabl. XIII rzeczywistości. Mianowicie, jeśli założyć, że w chwili  $t'$  zapala się PS I, a nie PS II, przyczyna ta staje się jasna, gdyż wtedy podczas siodła działa ten sam PS, co przed skokiem. Jest to wystarczający warunek, aby UPS zachował się tak, jakby skoku wcale nie było<sup>8)</sup>.

Jest jasne, że zapłon w  $t'$  (rys. 32) PS I, a nie PS II musi zależeć od wielkości napięć zapłonu obu PS w obu kierunkach. Te ostatnie są uwarunkowane zarówno konstrukcją, jak i prawdopodobnie stanem jonizacji PS (wynikającym z tego, czy dany PS działał bezpośrednio przed zjawieniem się udaru, czy nie). Ponieważ dla PS innego typu, niż stosowany w niniejszej pracy, mechanizm działania UPS według rys. 32 (z zapłonem PS I) może nie funkcjonować, w dalszym ciągu będę się zajmował głównie napewno prawidłowym zakresem działania UPS, tj. gdy  $C_k$  odpowiada tablicy XIII i XIV. Również sprawdzenie teorii dla  $C_k$  mniejszych, a wystarczających do zapewnienia prawidłowego pomiaru przez UPS (zapłon PS w czasie skoku lub bezpośrednio po nim) nie będzie w niniejszej pracy przeprowadzone w sposób zupełny.

**2. Teoria dla napięcia ze skokami i następującymi oscylacjami.**

Teoria dla napięć z oscylacjami wielkiej częstotliwości ( $10^6$  okr./sek), nałożonymi na krzywą w ten sposób, iż zwiększając wartość szczytową, musi się liczyć z faktem, że UPS daje takie wskazania, jakby tych oscylacji nie było. Najprostszym przypuszczeniem jest założenie, że PS mają b. duże napięcia zapłonu nie tylko przy udarach, ale również przy tłumionych ciągach fal sinusoidalnych o wielkiej częstotliwości. Przebiegi napięć byłyby w tym przypadku, jak na rys. 33. Ma on celowo b. dużą skalę czasu; krzywa podstawowa 50 okr./sek jest tutaj prawie że prostą, równoległą do osi czasu, za to drgania są dobrze widoczne.



Rys. 33.

Krzywa  $u = \varphi(t)$  z oscylacjami wielkiej częstotliwości; krzywa  $u_c = \varphi(t)$ . Duża skala czasu.

Przed  $t_1$  działa PS I. W chwili  $t_1$ , jak widać na rys., następuje początek pojemnościowego rozkładu napięć. O ile w czasie niego żaden PS nie ulegnie zapłonowi, zapłon następuje dopiero w chwili  $t_3$ ; w takim przypadku istnienie lub nieistnienie oscylacji nie ma wpływu na wskazanie UPS. Największa możliwość zapłonu występuje w chwili  $t_2$  (napięcie na PS —  $u_{k2}$ ). Warunek, jaki winno spełnić dynamiczne napięcie zapłonu PS, jest analogiczny do (3):

$$V_{zd} > \frac{C}{C + C_k} (u_2 - u_1) + V_{01} \dots \dots (4)$$

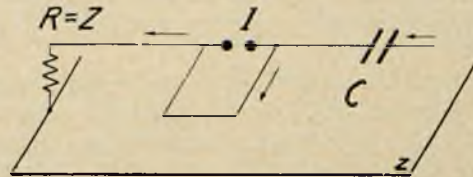
( $V_{zd}$  — dynamiczne napięcie zapłonu). Z rys. 20 wynika, że przepięcia wywołane oscylacjami dochodzą do 17 kV; w tych warunkach wystarcza (tabl. IX b i X)  $C_k = 171 \mu\text{F}$ , aby UPS mierzył prawidłowo. Z wzoru (4) otrzymuje się  $V_z > 409 \text{ V}$ . Sprawdzenie, czy wielkości takie występują w rzeczywistości (byłoby to zupełnym potwierdzeniem niniejszej teorii) należy do badań doświadczalnych (patrz cz. II, 6).

Gdy napięcie mierzone ma nałożone oscylacje o średniej częstotliwości (kilkaset, kilka tysięcy okr./sek), mechanizm działania UPS nie różni się niewątpliwie od określonego przez teorię dla krzywych z siodłami

(rozważania dotyczące rys. 29). Oscylacje te są tak wolne, że nie można przewidywać występowania specjalnie dużych dynamicznych napięć zapłonu PS.

**3. Teoria dla układu z połączeniami o długości nierównej zeru.**

Dotychczas zakładałem, że w UPS nie występują w ogóle połączenia przewodami, lub też iż przewody takie mają wpływ całkowicie pomijalny. Wpływ ten można przewidzieć. Wiadomo, że długość skoków napięcia jest rzędu  $10^{-7}$  sek; zakładając przebieg skoku sinusoidalny ([29], str. 203), otrzymuje się spadki napięcia, jak w tabl. XV, na przewodzie, uziemiającym okładzinę kondensatora, którego druga okładzina jest pod napięciem. Są to spadki, jakiby występowały, gdyby kondensator C UPS połączyć długim przewodem napowietrznym z ziemią, a nie włączyć PS (rys. 34).



Rys. 34.

Układ, do którego odnoszą się dane z tablicy XV. W tablicy tej  $l$  jest długością pętli, między końce której załączono iskiernik I. Oznaczenia: z—ziemia, I—iskiernik.

Tablica XV ma znaczenie ogólne o tyle, że w rzeczywistym UPS prąd kondensatora, powstający pod wpływem skoku, b. mało zależy (dopóki nie nastąpi odbicie fal od ziemi) od wielkości  $C_k$ , oporności falowej przewodu uziemiającego, a nawet tego, czy PS zapala się, czy nie. Np. dla  $C = 2,76 \mu\text{F}$ ,  $C_k = 171 \mu\text{F}$ , oporności falowej  $Z = 500 \Omega$  oraz przy skoku, jak w tabl. XV, oporności po-

TABLICA XV.

Spadki napięcia na przewodzie o oporności falowej  $Z = 500 \Omega$  (rys. 34), łączącym kondensator C z ziemią.

Skoki napięcia mierzonego 34 kV w czasie  $10^{-7}$  sek<sup>10</sup>).

l — długość pętli cm	$C = 2,76 \mu\text{F}$	$C = 8 \mu\text{F}$
	Napięcie na pętli V	Napięcie na pętli V
10	8	22
30	23	67
50	39	114
80	62	178
100	77	223
200	153	443
500	368	1068
1000	638	1850
1500	736	2135

zorne w obwodzie wyładowania są następujące:  $11\,500 \Omega$  ( $1/\omega C$ ),  $186 \Omega$  ( $1/\omega C_k$ ) i  $500 \Omega$ . Główną rolę gra oczywiście  $1/\omega C$ . Jeśli zatem w zwykłym UPS włączyć odcinek przewodu napowietrznego uziemiającego, o oporności falowej  $500 \Omega$ , to na nim zjawia się napięcia tego rzędu, co w tablicy XV. Oczywiście, włączając odcinek kabla powietrznego o oporności falowej np.  $50 \Omega$ , otrzyma się napięcia

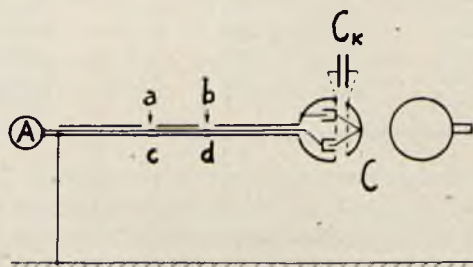
<sup>10</sup> Przy obliczaniu danych z tablicy nie uwzględniono wpływu oporności Z na całkowity prąd fali, co jest w pierwszym przybliżeniu dopuszczalne (patrz niżej).

mniejsze w stosunku 50/500. Występowanie napięć tak dużych, jak w tablicy XV, stwierdzałem niejednokrotnie doświadczalnie; kilka pomiarów zreferowałem na CIGRE [16] (np. pomiar napięcia rzędu 200 V na długości 1 m<sup>11</sup>). Również rys. 9 należy do tej kategorii.

O ile stosować UPK i doprowadzenie od kondensatora C do kenotronów długości kilku, kilkunastu m (rys. 25), należy oczywiście liczyć się z falami krążącymi tam i z powrotem po doprowadzeniu. To samo dotyczy UPS; odległość PS od C jest tu wprawdzie pomijalna (kilka cm), ale za to odległość PS od mikroamperomierza jest znaczna (rys. 26). Uwzględnienie fal jest b. kłopotliwe. Przede wszystkim przebieg ich zależy od długości i oporności falowej zastosowanego doprowadzenia; z drugiej strony teoria wyprowadzona wyżej jest, ściśle biorąc, niesłuszna wobec tego, że na PS występuje inne napięcie przy skokach, niż wynikające z pojemnościowego rozkładu napięć. Jest to przypadek, w którym mówiąc o napięciu należy podać drogę całkowania, a więc uwzględnić dokładnie przebieg fal [51] [61].

Wzmiankowane trudności można ominąć. Sprawa fal w doprowadzeniu UPK nie ma znaczenia praktycznego, gdyż UPK i tak wtedy działa nieprawidłowo (dlatego kwestia ta nie była poruszana w pracy [10] Zajmijmy się działaniem UPS, gdy PS nie zapalają się pod wpływem skoków lub bezpośrednio po skokach. Mogą tu zajść dwie możliwości: albo osłona doprowadzenia styka się na całej swej długości z ziemią odniesienia, albo nie styka (ziemia odniesienia = masa przewodząca uziemiona, połączona z jedną okładziną kondensatora, na którym panuje napięcie mierzone). W pierwszym wypadku (odpowiadałby mu rys. 26, gdyby osłona na całej długości leżała na podłodze P i gdyby ta podłoga była idealnie przewodząca i uziemiona) napięcie na PS jest praktycznie takie, jakby długie doprowadzenie nie istniało. Wynika to stąd, że doprowadzenie z osłoną tworzy kabel o niewielkiej oporności falowej. Oporność ta jest załączona między jeden PS a osłonę tego PS. Gdy na C<sub>k</sub> zjawia się napięcie udarowe (pole występuje wtedy także wewnątrz kuli, zawierającej PS), powstaje fala między doprowadzeniem a jego osłoną. Fala ta ma b. małą wartość szczytową w stosunku do napięcia na C<sub>k</sub> (dla udarów oporność pojemnościowa PS jest np. rzędu 5000 Ω, a oporność falowa doprowadzenia — 50 Ω). Wobec tego napięcie na PS można przyjąć za praktycznie równe napięciu na C<sub>k</sub> i nie uwzględniać wpływu wzmiankowanej fali i jej odbić.

Jako drugą możliwość rozpatrzymy przypadek skrajny, gdy doprowadzenie w ogóle nie styka się z ziemią odniesienia, a jest z nią połączone dopiero na końcówce mikroamperomierza (rys. 35). Ponieważ osłona jest połączo-



Rys. 35.

UPS z osłoną doprowadzenia, izolowaną od ziemi odniesienia.

na z ziemią na swym końcu, oporność falowa, ograniczająca prąd wyładowywania się C przy pierwszym przebiegu fali, jest opornością falową układu „osłona—ziemia odniesienia”. Po osłonie idzie więc fala, która przedostała się przez kondensator C<sub>k</sub>. W układzie „doprowadzenie—osłona” fali indukowanej nie ma; zawiązujemy to działaniu ekranowemu osłony<sup>12</sup>). Napięcie na PS, połączonym z doprowadzeniem, będzie praktycznie równe napięciu, jakoby było w razie zastosowania w obwodzie wyładowania oporności falowej równej zero, ale tylko do chwili, dopóki nie wróci fala odbita od ziemi odniesienia. Wpływ tej fali będzie przy tym inny, gdy doprowadzenie jest krótkie wobec czoła fali (= 15 m), inny gdy długie. W pierwszym przypadku, któremu powinien prawie zawsze odpowiadać UPS w praktyce, może zajść eliminacja wpływu przewodu falowego drogą kolejnych odbić fal. Napięcie na C<sub>k</sub> odpowiada wtedy napięciu według teorii, z małymi tylko różnicami (porównaj [26] str. 473, [41] str. 19, [62], [63]), polegającymi na powstaniu „schodków” na krzywej. W drugim przypadku napięcie na C<sub>k</sub> będzie miało postać ciągu udarów (pojęcie analogiczne do ciągu fal) o coraz mniejszych wartościach szczytowych. Skoro PS nie uległ zapłonowi przy pierwszym udarze, prawdopodobnie nie zapali się i przy następnych o coraz mniejszej wielkości.

Rozważania powyższe miały na celu bliższe poznanie warunków działania PS, praktyczne znaczenie ich jest jednak niewielkie. Przede wszystkim w praktyce zawsze trzeba dobierać odpowiednią wartość C<sub>k</sub> drogą pomiarową (wielkość skoków nie jest a priori znana). Jeśli z jakichkolwiek względów UPS mierzy napięcie nieprawidłowo, przypadek taki jest eliminowany. Ponadto rozważania omawiane dotyczą pojemności C<sub>k</sub>, przy której PS nie zapala się w czasie skoków lub bezpośrednio po nich, a znaczenie praktyczne mają również C<sub>k</sub> mniejsze. W takich warunkach powstają wskutek zapłonu PS fale dodatkowe w układzie „doprowadzenie—osłona”<sup>13</sup>). Najważniejszy dla prawidłowego pomiaru napięcia przez UPS jest zresztą (o ile przyjąć dużą dynamiczną wartość napięcia zapłonu PS) raczej przebieg napięcia bezpośrednio po skoku, gdyż on warunkuje ew. zapłon PS.

O ile rozpatrzenie napięć na C<sub>k</sub> i PS przy skokach było konieczne, o tyle już bez specjalnych rozważań można przyjąć słuszność teorii przy oscylacjach o wielkiej częstotliwości (10<sup>6</sup> okr./sek). Długość przewodów łączących UPS, nawet najdłuższych, mogących występować w praktyce, jest zawsze pomijalna wobec długości fali (300 m). Sprawa oscylacji średniej częstotliwości tym bardziej nie nasuwa wątpliwości.

Teoria UPS, podana wyżej, tłumaczy całkowicie zachowanie się układu pomiarowego, opisane w cz. I, 3. Sprawdzenie doświadczalne teorii musi wykazać, czy również inne wnioski, wynikające z niej, poza dotyczącymi wychyleń mikroamperomierza, są słuszne.

<sup>12</sup>) To, że napięcie między a i b (rys. 35) jest 0 (nie ma fali prądu w doprowadzeniu), a jednocześnie napięcia między a i c oraz między b i d są równe 0, przy napięciu c—d nierównym zero (np. 1 kV) — nie jest sprzeczne. Wszystko zależy od drogi całkowania przy określaniu napięcia.

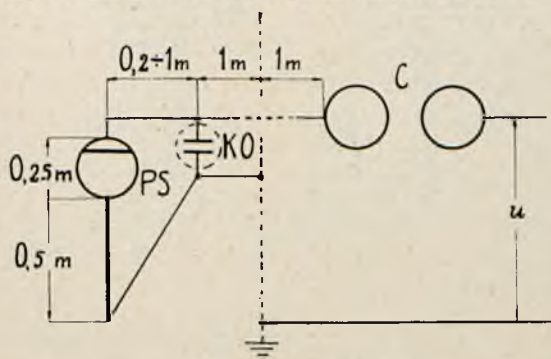
<sup>13</sup>) Rozpatrując ściśle przebieg napięcia na C<sub>k</sub> i PS, należałoby uwzględnić jeszcze, iż fale w układzie „osłona—ziemia” występują również wskutek pojemności równoległej do C, będącej często od C większej. Wpływowi tej pojemności przypisują np. możliwość dwóch różnych wskazań UPS dla C<sub>k</sub> = 64 μμF w tabl. VII.

<sup>11</sup>) Jako wartość napięcia zapłonu lampy świetlającej, użytej do pomiaru, podałem (l. c.) wartość statyczną. Według nowych badań wartość dynamiczna przekracza 200 V (patrz również [60]).

#### 4. Sprawdzenie doświadczalne teorii. Układy badane i pomiarowe.

Sprawdzenie teorii UPS przy odkształceniach szybkozmiennej napięcia mierzonego może polegać bądź na stwierdzeniu zgodności z teorią prądów, płynących w UPS, bądź napięć, panujących na PS. Pierwsza droga jest trudna z tego względu, że nie można stosować do określenia prądu oscylografu katodowego bez amplifikatora, gdyż napięcia, potrzebne dla płyt oscylografu, powodowałyby modyfikację działania UPS. Z drugiej znów strony stosowanie amplifikatora, oddającego prawidłowo przebiegi udarowe, stanowi zagadnienie, wymagające dopiero opracowania.

Oscylograficzne badanie przebiegu napięcia na PS nie nastęca trudności. Do tego celu użyto oscylografu wysokiego napięcia Rogowskiego, przy pomocy którego otrzymano również uprzednio oscylogramy z rys. 4 ÷ 24. Pochodzi stąd stosunkowo mała skala napięć oscylogramów (odstęp między kreskami poziomymi na rys. 44 ÷ 54, odpowiadającymi napięciom palenia się PS, wynosi ok. 278 V). Płyty odchyłowe oscylografu posiadały pojemność ok. 110  $\mu\text{F}$ , która przy badaniu napięcia na PS zwiększała  $C_k$ <sup>14)</sup>. Wobec tego nie można było określić tego napięcia dla  $C_k$ , niewystarczających do uniknięcia uchybu UPS, o ileby stosować  $C = 2,76 \mu\text{F}$ , jak przy pomiarach, prowadzących do tabl. I ÷ XII. Aby móc prowadzić badania we wszystkich warunkach, stosowano  $C = 8 \mu\text{F}$ . Gdy stosunek  $C_k/C$  był przy tym taki sam jak dla UPS z  $C = 2,76 \mu\text{F}$ , oba układy mogły, stosownie do teorii, mierzyć prawidłowo wartość szczytową tej samej krzywej ze skokami lub oscylacjami. Nie tylko wielkość  $C$ , ale i rodzaj kondensatora oraz jego połączenie z PS były z konieczności inne, niż uprzednio (rys. 26). Kondensator był utworzony przez kule (niezielone) o średnicy 25 cm i w odstępnie 10 cm (rys. 36); prowadziło



Rys. 36.

Rozmieszczenie przestrzenne C i KO przy doświadczalnym sprawdzaniu teorii UPS (KO — płyty oscylografu katodowego). PS znajdują się w tej samej osłonie kulowej (z uchwytem długości 0,5 m), co na rys. 26,  $u$  — napięcie mierzone przez UPS.  $C = 8 \mu\text{F}$ .

od niego połączenie drutem ogumowanym o długości ok. 2 m do oscylografu. PS znajdowały się w osłonie, którą stanowiła kula z rys. 26, przy czym odstęp kuli od płyt oscylografu wahał się od 20 do 100 cm. Mikroamperomierz nie włączano, z wyjątkiem przypadku, który będzie specjalnie omówiony i w którym wywoływał on inny przebieg napięcia na PS. Odprowadzenie od PS, normalnie idące do mikroamperomierza, łączono z przewodem uziemniającym przy wyjściu z uchwytu (rys. 26 i 36).

<sup>14)</sup> Po odłączeniu PS powstawał z C i  $C_k$  dzielnik napięcia, identyczny z tym, przy pomocy którego zdjęto oscylogramy z rys. 4 ÷ 24.

Umieszczenie PS w pobliżu oscylografu, a zdala od wysokiego napięcia, umożliwiało obserwację sposobu palenia się PS przez szparę przy nieszczelnym zamknięciu osłony kulowej lub przez specjalnie wykonane otwory. W układzie z rys. 26 obserwacje takie były niebezpieczne dla obserwatora (bliskość wysokiego napięcia).

W czasie działania UPS przy pojemności  $C_k$  zbyt małej, aby uniknąć przepływu prądu udarowego przez PS a więc i mikroamperomierz, oporność mikroamperomierza musi grać rolę. Oporność rzeczywista przyrządu użytego (firmy Hartmann i Braun,  $1^\circ = 0,93 \mu\text{A}$ ) wynosiła 73  $\Omega$ ; oporność pozorną mierzone przy częstotliwości  $0,7 \cdot 10^6$  okr/sek (ciągi fal tłumionych, jak na rys. 20). Pomiar wykonano w sposób następujący. Mikroamperomierz załączono (zamiast PS) możliwie krótkimi przewodami do płyt oscylografu; napięcie na płytach (180  $\mu\text{F}$ ) mierzone w dwóch przypadkach: a) z mikroamperomierzem, b) bez mikroamperomierza. Oscylogram b) pozwalał określić wielkość prądu wielkiej częstotliwości (praktycznie niezależną od włączenia lub usunięcia mikroamperomierza)<sup>15)</sup>. Wynosiła ona 0,55 A. Oscylogram a) dawał napięcie na układzie „pojemność 180  $\mu\text{F}$  — indukcyjność mikroamperomierza” w połączeniu równoległym. Obliczona stąd indukcyjność wyniosła ok. 110  $\mu\text{H}$ ; wielkość ta zależy niewątpliwie w dużym stopniu od częstotliwości, przy której robi się pomiar (wpływ pojemności uzwojenia), w danym razie ma znaczenie orientacyjne. Warto zanotować, że oporność indukcyjna 110  $\mu\text{H}$  przy częstotliwości  $0,7 \cdot 10^6$  okr/sek wynosi 480  $\Omega$ , a przy częstotliwości zastępczej dla skoków napięcia  $0,5 \cdot 10^7$  okr/sek — 3450  $\Omega$ <sup>16)</sup>.

Napięcie zapłonu PS przy udarach badano, posługując się małym generatorem syst. Marxa o pojemności wypadkowej 0,06  $\mu\text{F}$  i napięciu 15 kV. Napięcie generatora przykładano do dzielnika oporowego o nawinięciu wężykowym wg Zdraleka, o oporności ok. 3400  $\Omega$  ([41], konstrukcja S. Szpora [60]). Zaczepy opornika pozwalały przyłączać badany PS na dowolne napięcie z zakresu dostarczanych przez dzielnik. Długość grzbietu udaru regulowano przez zmianę całkowitej oporności dzielnika, który służył jednocześnie jako opór, rozładowujący generator. Pojemność badanych prostowników modyfikowała tylko nieznacznie przebiegi napięcia na dzielniku, o czym można się było przekonać rachunkowo i doświadczalnie<sup>17)</sup>. PS badany był osłonięty. Jako osłona służyła kula z rys. 26, przy czym na obserwowanie zapłonów pozwalały specjalnie przewidziane w niej otwory ( $u$  dołu, w pobliżu przyłączenia uchwytu). Stosowanie osłony było celowe zarówno ze względu na zależność napięcia zapłonu PS od pól obcych, jak i od oświetlenia. Np. próby w ciemności i przy oświetleniu dziennym wykazały, że może ono wywołać w pewnych przypadkach 10 zapłonów na 10 zastosowanych udarów, podczas gdy w ciemności jest zaledwie 1 ÷ 2 zapłonów na 10 udarów. Przy użyciu omówionej osłony PS był w ciemności, a więc w warunkach takich, jak w UPS. Określając napięcie zapłonu przyjmowałem, jak zwykle przy badaniach udarowych, że występuje ono wtedy, gdy na 10 udarów zastosowanych zjawia się ok. 5 zapłonów PS.

<sup>15)</sup> W tym celu mierzone również spadki napięcia na oporniku wężykowym 400  $\Omega$  wg Zdraleka.

<sup>16)</sup> Jest charakterystyczne, jak się zmienia stosunek oporności pozornej  $C_k$  (np. 180  $\mu\text{F}$ ) i mikroamperomierza (110  $\mu\text{H}$ ), w zależności od częstotliwości. Przy 50 okr/sek wynoszą one odpowiednio 17,7 M $\Omega$  i 0,035  $\Omega$ , a przy  $0,5 \cdot 10^7$  okr/sek — 180  $\Omega$  i 3450  $\Omega$ .

<sup>17)</sup> Zwiększenie tej pojemności nawet dwukrotne nie wpływało na wynik pomiarów.

Opisana wyżej metoda określania napięcia zapłonu PS przynosi cenne przyczynki, ma jednak poważne wady (brak jonizacji gazu PS wskutek niepalenia się pod wpływem napięcia 50 okr/sek). Metodą idealną byłaby następująca. UPS, działający pod wpływem napięcia probierczego 50 okr/sek, nie odkształconego przez wyładowania, byłby poddawany udarom z generatora, sprzężonego z UPS pojemnościowo. Napięcie udarowe na PS byłoby zdejmowane przy pomocy oscylografu katodowego (duża skala czasu). Synchronizację działania obwodu czasowego i odchylowego oscylografu należałoby uzyskać przy pomocy t. zw. układu komenderującego (patrz np. [98]), polegającego na uruchamianiu generatora udarów i obwodu czasowego przy pomocy błysków świetlnych, wywołanych przez specjalne fale wędrowne pomocnicze. Jednocześnie napięcie na PS winno być oscylografowane drugim oscylografem katodowym, przy zastosowaniu małej szybkości pisania w kierunku osi czasu. Oscylogram tak otrzymany pozwoliłby określić fazę napięcia 50 okr/sek, w której nastąpił udar.

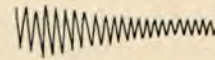
Nie dysponując opisanym wyżej urządzeniem pomiarowym, wykonałem jednak szereg oscylogramów napięcia na UPS, posługując się innym układem, nasuwającym jednak zastrzeżenia. PS załączyłem mianowicie wprost na płyty oscylografu, bez dawania na PS napięcia 50 okr/sek. Płyty były jednocześnie zbocznikowane opornikiem 120  $\Omega$ , który stanowił człon niskiego napięcia dzielnika oporowego generatora udarowego. Połączenie między obu członami dzielnika wykonano przy pomocy kabla opóźniającego o długości kilkuset m. Stwierdzony w ten sposób przebieg napięcia na PS jest miarodajny tylko do chwili zapłonu; po zapłonie napięcie na PS jest uwarunkowane przebiegiem fal po kablu.

##### 5. Sprawdzenie doświadczalne teorii. Wpływ połączeń.

Długość połączeń C, PS i oscylografu (rys. 36) podają celowo ze szczegółami, gdyż od niej zależy w sposób istotny przebieg napięcia udarowego na PS. Układ z rys. 36 z konieczności wykazuje większe odchylenia od wymagań teorii, niż układ z rys. 26. Skutki tych odchylen omawiam w specjalnym rozdziale, gdyż należą do dziedziny wpływu metod pomiaru na zjawiska badane i są tylko luźno związane ze sprawdzaniem teorii UPS. Tym nie mniej wyciągnięte stąd wnioski mogą być cenne przy zestawianiu UPS w praktyce.

Najważniejszym odstępstwem od UPS idealnego w układzie z rys. 36 było załączenie części  $C^k$  przez przewody o długości nierównej 0; mowa o pojemności płyt oscylografu. Powstawał w ten sposób obwód skłonny do drgań pasożytniczych. Niewątpliwie skutkiem tych drgań była np. okoliczność, że w układzie z rys. 36 trzeba było stosować większe stosunki  $C_k/C$ , niż w UPS z rys. 26, aby uzyskiwać prawidłowy pomiar napięcia. Zmieniając odstęp PS od oscylografu w granicach, jak na rys. 36, można było wywoływać przy tej samej pojemności  $C_k$  zapalenie się PS pod wpływem skoków, lub niezapalenie się. Często już kilkanaście cm gra tu rolę. Dla dwóch przypadków drgania w obwodzie, utworzonym przez część  $C_k$  i przewody łączące, z oscylografowałem (rys. 37 i 38)<sup>18)</sup>. Rys. 37 odpowiada krzywej napięcia mierzonego (probierczego) bez oscylacji, ale ze skokami (napięcie odkształcone

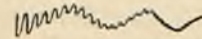
przez układ „iskiernik — kondensator”, rys. 12). Częstotliwość drgań wynosi ok.  $0,7 \cdot 10^7$  okr/sek. O pochodzeniu drgań z obwodu LC koło oscylografu, a nie z obwodu probierczego<sup>19)</sup> świadczy niewystępowanie ich, gdy odłączy przewody prowadzące do PS. Na oscylogramie zjawiały się wtedy linie proste (przebieg w pierwszej chwili



Rys. 37.

Napięcie na płytach oscylografu (rys. 36), wywołane drganiami w obwodzie: „płyty — przewody łączące — PS i część  $C_k$ ”.  $C_k = 850 \mu\text{F}$ , a więc PS nie zapalają się pod wpływem skoków napięcia. Częstotliwość drgań ok.  $0,7 \cdot 10^7$  okr/sek, amplituda do 700 V. Kopia ręczna oscylogramu w tej samej skali, co inne oscylogramy.

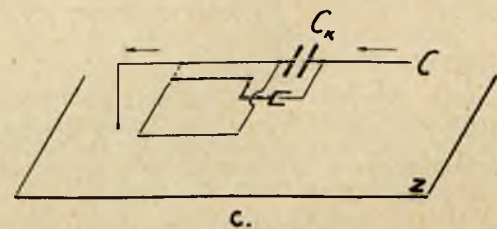
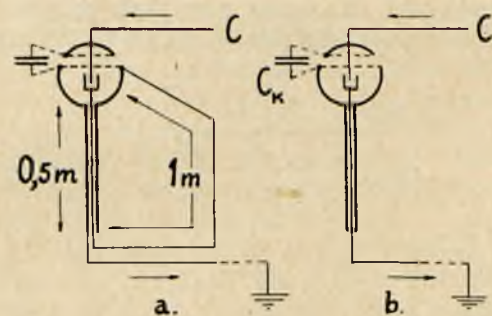
po skoku niewidoczny). Drugi oscylogram z drganiami pasożytniczymi jest przedstawiony na rys. 38. Widać tu drgania również o częstotliwości ok.  $0,7 \cdot 10^7$  okr/sek, nakładające się na oscylacje  $0,7 \cdot 10^6$  okr/sek. Pierwsze pochodzą z lokalnego obwodu (obwodu z pojemnością  $C_k$  podzieloną), drugie są cechą istotną napięcia probierczego.



Rys. 38.

Jak rys. 37, z tą tylko różnicą, że drgania  $0,7 \cdot 10^7$  okr/sek nakładają się na oscylacje  $0,7 \cdot 10^6$  okr/sek, stanowiące cechę istotną napięcia probierczego.

Inny wpływ połączeń UPS polegał na występowaniu dużo większych napięć udarowych (przy skokach) na PS w układzie, jak na rys. 39a, niż jak na rys. 39b. Układ pierwszy zastosowałem przypadkowo, nie przypu-



Rys. 39.

Określenie wpływu połączeń: a. PS zapala się pod wpływem skoków, b. PS nie zapala się, c. obwód uproszczony (linia pełna odnosi się do przypadku a., linia przerywana — do b). Oznaczenie: z — ziemia,  $C_k$  znajduje się wewnątrz osłony. Jeden PS nie zaznaczony.

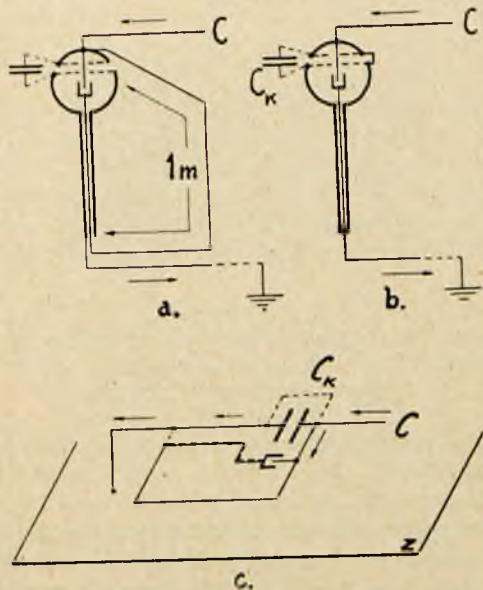
szczając, iż przewód o długości 1 m ma duży wpływ; tymczasem można (przy odpowiedniej pojemności  $C_k$ ) uzyskać, że PS na rys. 39 b nie zapala się pod wpływem uda-

<sup>18)</sup> Technika oscylograficzna taka sama, jak dotychczas rys. 18. Podobne oscylacje, jak na rys. 37, występują również, gdy końcówki PS (rys. 36) zewrzeć. Świadczy to także, że przy pomocy posiadanego oscylografu nie można określać napięć pętli Bindera.

<sup>19)</sup> Sprawdzono to również, dając na UPS fale z generatora udarów, o których wiadomo było, że nie miały nałożonych oscylacji  $0,7 \cdot 10^7$  okr/sek.

rów (nie migocze<sup>20</sup>), podczas gdy zapłony w układzie z rys. 39a są b. wyraźne i powodują silne świecenie się PS. Wytłumaczenie jest jasne, o ile się rozpatrzy układ uproszczony z rys. 39c, nie zawierający zbędnych szczegółów. Gdy PS jest załączony na  $C_k$  wprost lub za pośrednictwem przewodu dobrze osłoniętego (linia przerywana), napięcie na nim jest takie, jak na  $C_k$ . W razie długiego przewodu łączeniowego nieosłoniętego (linia pełna), fala po przejściu przez  $C_k$  rozgałęzia się i dochodzi do PS z pewnym opóźnieniem. Wskutek tego napięcie na PS jest inne niż na  $C_k$ ; doświadczenie wskazuje, że jest ono większe. (Rozważań analitycznych nie przeprowadzam, gdyż byłyby niewątpliwie b. skomplikowane, o czym świadczy np. już przebieg przy trafieniu fali samotnej na kondensator [62]). Przypadek omawiany nie różni się istotnie pod względem zachowania się PS od dużo prostszego teoretycznie przypadku z rys. 40. Tłumaczy się to tym, że pojemność  $C_k$  (rys. 39) jest tak duża, iż dla częstotliwości zastępczej udaru stanowi niewielki opór (np.  $C_k = 470 \mu\text{F}$  odpowiada przy  $f = 0,5 \cdot 10^7$  okr/sek oporność pojemnościowa  $68 \Omega$ ). Z rys. 40c widać, że PS na rys. 40a gra właściwie rolę podobną do miernika napięcia w pętli Bindera [41] w przypadku linii otwartej na końcu.

Sposób włączenia z rys. 39a nie odpowiada teorii UPS, jako wprowadzający dodatkowe napięcia na jednym z PS. Z tego względu unikano go przy wszystkich badaniach doświadczalnych.



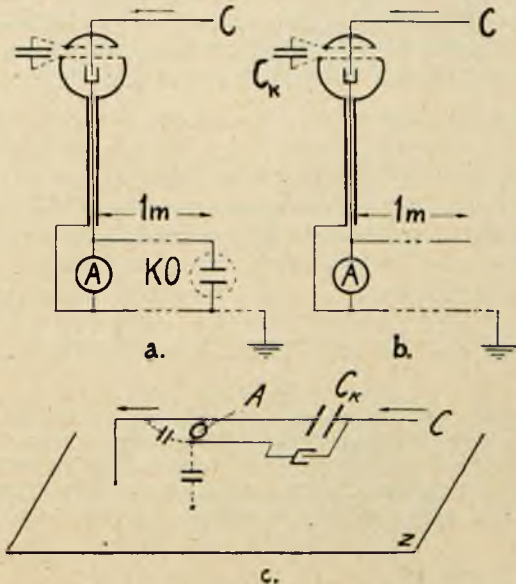
Rys. 40.

Określenie wpływu połączeń. a. PS zapala się pod wpływem skoków, b. PS nie zapala się, c. obwód uproszczony (linia pełna odnosi się do przypadku a, linia przerywana — do b). Oznaczenie: z — ziemia.  $C_k$  znajduje się wewnątrz osłony. Jeden PS nie zaznaczony.

Wpływ połączeń czasem b. utrudnia lub wprost uniemożliwia wykonanie pewnych pomiarów. Nie można było np. zoscylografować napięcia, występującego na mikroamperomierzu w układzie z rys. 41a, gdyż dołączenie płyt oscylografu wywoływało b. jasne zapłony PS, który uprzednio na udary nie reagował (pojemność  $C_k$  dostatecznie duża). Wytłumaczenie zjawiska można dać na podstawie schematu uproszczonego z rys. 41c. Dla udarów mikroamperomierz stanowi b. duży opór (np.  $3450 \Omega$ );

<sup>20</sup>) Przy badaniach, dotyczących rys. 39 i 40, bocznikowano często PS opornikiem  $10 \text{ k}\Omega$ . Zapalenie się PS pod wpływem udarów było wtedy b. widoczne, gdyż napięcie  $50 \text{ okr/sek}$  w ogóle na PS nie zjawiało się.

w pierwszym przybliżeniu można go traktować, jako przerwę obwodu. Płyty oscylografu natomiast, stanowiące w pierwszym przybliżeniu zwarcie (np. oporność pojemnościowa  $140 \Omega$ ), włączają w obwód PS napięcie pętli np. o długości  $1 \text{ m}$ . Analogiczny przypadek występuje również przy zastosowaniu anteny o długości  $1 \div 2 \text{ m}$ , wychodzącej z jednego zacisku mikroamperomierza (rys. 41b), lub przy połączeniu tego zacisku z masą metalową nieuziemioną.



Rys. 41.

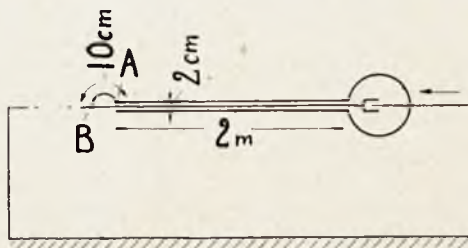
Określenie wpływu dołączenia płyt oscylografu KO (a.) lub anteny (b.). W obu przypadkach PS zapala się, mimo iż bez dołączenia wzmiankowanych obiektów na udary nie reagował. c. Obwód uproszczony. Oznaczenia: z — ziemia, A — mikroamperomierz. Jeden PS nie zaznaczony.

Naogół już b. krótkie przewody łączeniowe mają wpływ, dający się zaobserwować przy pomocy stosowanych PS (dynamiczne napięcie zapłonu rzędu  $1 \text{ kV}$ ). W następującym przypadku wpływ przewodów już długości  $10 \text{ cm}$  rzucił się w oczy. Chcąc określić, czy rzeczywiście na PS, osłoniętym razem z doprowadzeniem, nie zjawiają się napięcia, gdy między osłoną a ziemią przebiega fala, zestawiono układ z rys. 42a. Stwierdzono przy tym, że PS zapalał się już przy zastosowaniu między przewodem wewnętrznym a osłoną połączenia A — B długości  $10 \text{ cm}$ . Gdy połączenie zrobiono na najkrótszej drodze, PS pozostawał ciemny. Przewód AB wystarczał więc, aby wprowadzić falę do układu „przewód wewnętrzny — osłona”. Być może, że również przy możliwie krótkim połączeniu nieszczelność osłony [67] wystarcza, aby niewielka fala dostała się do wzmiankowanego układu (prostownik nie pozwolił stwierdzić tego, gdyż miał b. duże napięcie zapłonu). Jak mnie poinformował prof. W. Rogowski, zagadnienie to nie doczekało się jeszcze definitywnego ilościowego rozwiązania na drodze doświadczalnej\*), a bez

\*) Już po przygotowaniu niniejszej pracy do druku ukazała się notatka L. Bindera (ETZ, 1937/58, str. 1187), dotycząca pola wewnątrz kuli metalowej przy udarach. Układ badany różnił się tylko nieistotnie (wymiarom i kształtem) od podanego wyżej na rys. 42a. Prof. W. Rogowski u mnie jest specjalnie wdzięczny za wskazanie mi podstawowej pracy H. Hertza „Ueber die Fortleitung elektrischer Wellen durch Drähte” (Wiedemann's Ann. 1889, str. 395, Gesammelte Werke, Barth, Lipsk, 1894, t. II, str. 171), w której dziwnym zbiegiem okoliczności stosowany jest elektrycznie identyczny układ, jak u mnie na rys. 42a (patrz rys. 42b). Część opisanych tam badań Hertza a powtórzyłem, nie wiedząc o istnieniu tej pracy.

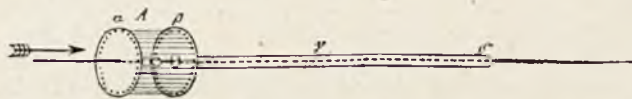
specjalnych badań trudno powiedzieć o nim cośkolwiek pewnego. Nie rozwijam go dalej, stosownie do wyrażonego uprzednio stanowiska, iż o prawidłowości działania metody z prostownikami świetlącymi należy się zawsze przekonać doświadczalnie w nowych warunkach jej działania (tj. z reguły przy zestawianiu nowego układu pomiarowego).

Wszystkie omawiane przypadki wpływu połączeń są jasne po ich dokładnym zbadaniu. Spotkane przy pierwszych doświadczeniach, gdy się ich nie spodziewa (występują w obwodzie napięcia o częstotliwości technicznej!), robią wrażenie wywołanych przez niestałość własności PS. Wpływ b. krótkich przewodów jest jasny, o ile się zważy,



Rys. 42a.

Określenie wpływu połączeń. Przy falach o wartości szczytowej kilka kV i długości rzędu 30 m (wytworzonych przez skoki napięcia probierczego) PS zapala się przy połączeniu A — B, jak na rys. (10 cm), a nie zapala się przy zwarciu przewodu wewnętrznego z osłoną na krótszej drodze.



Rys. 42b.

Układ stosowany przez H. Hertza w r. 1889, identyczny elektrycznie z układem z rys. 42a.

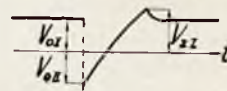
że częstotliwość zastępcza skoków napięcia jest rzędu  $0,5 \cdot 10^7$  okr./sek dla największych skoków, a dla mniejszych skoków — nawet większa. Są to więc, według terminologii radiotechnicznej, fale krótkie. Wytłumaczenia, podane wyżej, odnoszące zjawiska do zachodzących w pętli Bindera, stosują się właściwie tylko do pierwszej fazy zjawisk. Fale na krótkich odcinkach przewodów ulegają ciągłym odbiciom i ostatecznie w szeregu przypadków przechodzą niewątpliwie w drgania obwodów LC w stanie nibyustalonym. Nie należy również zapominać o możliwości oddziaływania poszczególnych części obwodu na inne za pomocą fal elektromagnetycznych, nie prowadzonych przez przewody.

## 6. Sprawdzenie doświadczalne teorii. Wyniki i wnioski.

Przebiegi napięcia na PS określono dla  $C = 8 \mu\mu\text{F}$ ,  $C_k = \text{od } 250 \text{ do } 850 \mu\mu\text{F}$  (rys. 44 ÷ 54). W niniejszym rozdziale omówię tylko oscylogramy, odnoszące się do prawidłowych pomiarów przy pomocy UPS (rys. 44, 48, 53, 54). Działanie nieprawidłowe UPS nie wchodzi w zakres teorii, dlatego będzie omówione w osobnym rozdziale.

Typowe przebiegi napięcia na PS w przypadku skoków napięcia mierzonego bez oscylacji (rys. 4 i 12) podane są na rys. 44 i 48. Oba oscylogramy odnoszą się do pojemności  $C_k$  zbyt małej, aby PS nie zapalały się w czasie skoków lub bezpośrednio po nich. Wobec tego, że UPS mierzy napięcie prawidłowo, należy przy tym liczyć się, iż zapala się zawsze ten sam PS, który działał przed skokiem (porównaj cz. II, 1). Na kliszach oryginalnych do rys. 44 i 48 przebieg napięcia na PS podczas skoku (uda-

ru) jest prawie niewidoczny. Wynika to z niemożności prawidłowego (pod względem intensywności pisania) odtworzenia przez oscylograf przebiegów b. szybkich i wolnych na tym samym zdjęciu. Wobec zastosowania małej skali czasu oscylogramów przebieg podczas uda-

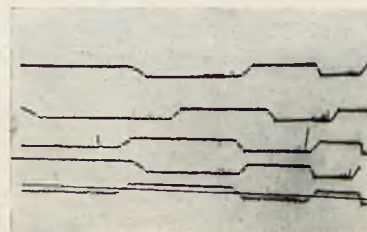


Rys. 43.

Teoretyczny przebieg napięcia na PS w czasie skoku, gdy następuje zapłon PS. Rys. odpowiada rys. 32, ale posiada małą skalę czasu. Część kreskowana krzywej jest niewidoczna lub b. słabo widoczna na oscylogramach (na reprodukcjach niewidoczna bez retuszu).

rów, podany na rys. 32, winien uwidocznić się, jak na rys. 43 (część kreskowana krzywej — prawie niewidoczna wskutek krótkiego czasu pisania). Rys. 44 i 48 (krzywe retuszowane) rzeczywiście wykazują zgodność z rys. 43.

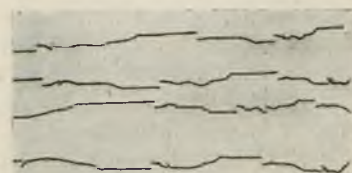
Oscylogramy dla przypadków, w których pojemność  $C_k$  wystarcza, aby na PS nie zjawiały się napięcia wystarczające do zapłonu, nie różniły się zasadniczo od podanych wyżej. Różnica polegała właściwie na tym, że wszystkie skoki krzywej napięcia na PS były mniejsze, niż na rys. 44 i 48 (krzywe nieretuszowane). Dlatego nie dają reprodukcji tych oscylogramów.



Rys. 44.

Napięcie na PS podczas wyładowań na izolatorze przepustowym (rys. 4).  $C = 8 \mu\mu\text{F}$ ,  $C_k = 250 \mu\mu\text{F}$ . Krzywa środkowa retuszowana (skoki).

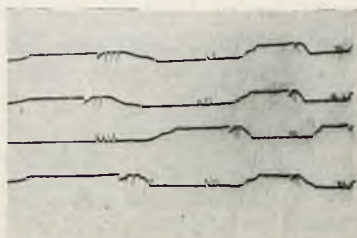
Aby stwierdzić, niezależnie od rys. 44 i 48, fakt występowania dużych dynamicznych napięć zapłonu PS (dużego spólczynnika impulsu), mierzone w UPS napięcie na PS iskiernikiem. Stwierdzono napięcia rzędu 1 kV (pomiar niedokładny). Ponadto posłużono się udarami z generatora, nie dając jednak na PS napięcia o częstotliwości 50 okr./sek (patrz cz. II, 4). Wyniki pomiarów są zebrane w tabl. XVI. Wszystkie napięcia są większe, wobec normalnie (t. zn. bez udarów) występującego w UPS ( $V_z = \text{ok. } 150 \text{ V}$ ). Spólczynnik impulsu dochodzi do 10. Oczywiście również opóźnienie zapłonu musi osiągać w



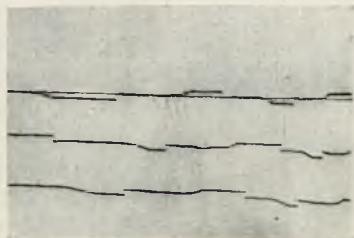
Rys. 45.

Napięcie na PS podczas wyładowań na iskierniku, załączonym przez kondensator. Napięcie probiercze bez oscylacji (rys. 12).  $C = 8 \mu\mu\text{F}$ ;  $k = 250 \mu\mu\text{F}$ .

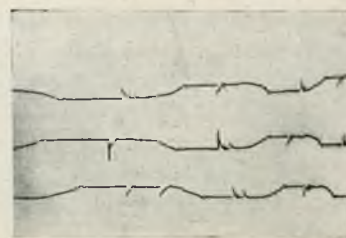




Rys. 46.  
Jak rys. 45, z tą różnicą że jeden PS usunięty.



Rys. 47.  
Jak rys. 45, z tą różnicą, że  $C_k = 350 \mu\mu F$ .



Rys. 48.  
Jak rys. 45, z tą różnicą, że  $C_k = 560 \mu\mu F$ . Krzywa środkowa retuszowana (skoki).

TABLICA XVI.  
Napięcia zapłonu PS.

a. Napięcia zapłonu PS, zastosowanych w UPS przy udarach 0,14 µ sek.			
	PS Nr. 4	PS Nr. 2	
Udar dodatni	1500 V	800 V	
Udar ujemny	1150 V	1400 V	
b. Napięcia zapłonu PS przy różnych udarach (PS Nr. 3, egzemplarz zapasowy)			
Rodzaj udaru	0,1/150 µ sek	0,1/20 µ sek	0,1/4 µ sek
Udar dodatni	490 V	880 V	1540 V
Udar ujemny	600 V	820 V	1320 V

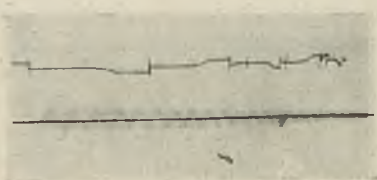
pewnych przypadkach duże wartości; potwierdza to rys. 49. Strony ujemne metod pomiarowych, użytych do otrzymania tabl. XVI i rys. 49, zostały omówione w cz. II, 4. Porównanie wyników z tabl. XVI z literaturą nie jest możliwe, wobec braku danych w literaturze (upewnił mnie co do tego listownie prof. A. Güntherschulze).



Rys. 49.

Napięcie na PS pod wpływem impulsu z generatora udarów. Wartość szczytowa udaru 1,7 kV, opóźnienie przeskoku ok. 3 µsek.

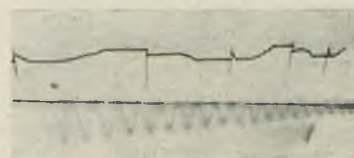
Teorię UPS przy pomiarze napięcia ze skokami, a bez oscylacji można uważać za sprawdzoną doświadczalnie dla  $C_k$ , wystarczających do niepowstawania zapłonów PS przy skokach lub bezpośrednio po nich. Teoria dla  $C_k$



Rys. 50.

Napięcie na PS podczas wyładowań na iskierniku, załączonym przez kondensator. Napięcie probiercze z oscylacjami, zwiększającymi wartość szczytową (rys. 20).  $C = 8 \mu\mu F$ ,  $C_k = 250 \mu\mu F$ . Oscylacje (pionowe kreski na rys. górnym) retuszowane. Rys. dolny: same oscylacje napięcia na PS przy zastosowaniu dużej skali czasu.

mniejszych jest b. prawdopodobna, jednak aby mieć pewność co do jej słuszności, należałoby stwierdzić, że zawsze zapala się w czasie siodła ten PS, który działał przed skokiem. Próby, które przeprowadziłem, nie pozwoliły wyciągnąć definitywnych wniosków. Z jednej strony próbowałem obserwować zapłony PS w UPS pod wpływem udarów jednego znaku (napięcie mierzone, jak na rys. 4). Metoda ta zawodzi w odnośnym zakresie, gdyż b. trudno tutaj zauważyć wzrokowo zapłon udarowy. Z drugiej stro-



Rys. 51.

Jak rys. 50, z tą różnicą, że jeden PS usunięto.

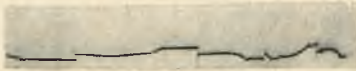
ny użyłem zwykłego oscylografu pętlicowego do określania prądów udarowych (pętla typu V f. Siemens na prąd rzędu 1 mA daje przy udarach charakterystyczne drgnięcia). Sposób ten, na pozór b. celowy, zdaje się być niewłaściwym, gdyż przewody do oscylografu modyfikują działanie UPS. Za słusznością teorii dla pojemności  $C_k$ , przy której występują zapłony PS przy skokach, świadczy, poza tym że oscylogramy jej nie przeczą, niemożność znalezienia innego rozwiązania teoretycznego.

Typowe oscylogramy dla przypadku skoków napięcia mierzonego z oscylacjami  $0,7 \cdot 10^6$  okr/sek, zwiększającymi wartość szczytową (rys. 20), dane są na rys. 53 i 54, odnoszących się do dwóch wartości  $C_k$ . W obu przypadkach pojemność  $C_k$  była wystarczająca, aby nie nastąpił zapłon PS bezpośrednio po zaniku oscylacji. Na krzywych tych widać, że na PS zjawiają się napięcia wielkiej częstotliwości, przekraczające normalne napięcie zapłonu (tj. napięcie zapłonu przy 50 okr/sek). Fakt ten, łącznie ze stwierdzonym doświadczalnie prawidłowym pomiarem napięcia przez UPS, całkowicie potwierdza teorię. Istnieje inna możliwość interpretacji rys. 53 i 54, którą jednak należy odrzucić. Można by mianowicie przyjąć, że pod wpływem oscylacji zapala się ten sam PS, który działał przed ich zjawieniem się, i że napięcie palenia się PS jest duże<sup>21)</sup>. Przeczy temu amplituda oscylacji na rys. 53 (220 V), odpowiadająca dość dokładnie wynikającej z rozkładu pojemnościowego napięcie na C i  $C_k$  ( $17000 C / (C + C_k) = 210 V$ ).

Rys. 54 wymaga specjalnego omówienia ze względu na amplitudę oscylacji. Widać na nim ślady oscylacji

<sup>21)</sup> Napięcie mogłoby wystąpić duże, gdyż prąd może być duży. Np. prąd pojemnościowy ( $C = 8 \mu\mu F$ ) przy napięciu 17 kV o częstotliwości  $0,7 \cdot 10^6$  okr/sek wynosi 0,6 A.

dwóch rodzajów, które w sposób niejednakowy zaczerniły kliszę (retusz wzmacnia tylko kreski, istniejące na oryginalnie, nie zmieniając stosunku zaczernienia). Kreski krótkie, ciemniejsze, odpowiadają rozkładowi pojemności-



Rys. 52.

Jak rys. 50, z tą różnicą, że  $C_k = 560 \mu\mu\text{F}$ . Oscylacje (pionowe kreski) nie retuszowane.

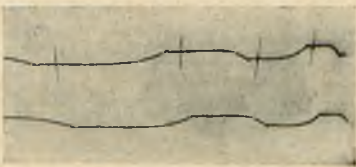
wemu napięcia  $0,7 \cdot 10^6$  okr/sek na C i  $C_k$  (amplituda zmierzona 120 V, obliczona  $17\,000 C/(C+C_k) = 160$  V). Kreski dłuższe, jaśniejsze są wywołane przez szybko tłumione oscylacje pasożytnicze o częstotliwości  $0,7 \cdot 10^7$  okr/sek (porównaj rys. 38). Ponieważ ostatnie oscylacje nie powodują zapłonu PS, wystąpienie ich nie zmienia wniosków, wyciągniętych z oscylogramu.



Rys. 53.

Jak rys. 50 z tą różnicą, że  $C_k = 640 \mu\mu\text{F}$ . Oscylacje retuszowane.

W wyniku powyższych rozważań teorię UPS można uważać za całkowicie sprawdzoną dla skoków, przy których nie zapala się PS, i dla oscylacji o wielkiej częstotliwości. Nieprawidłowy pomiar napięcia przez UPS, nie wchodzący w zakres teorii, zostanie omówiony w następnym rozdziale.



Rys. 54.

Jak rys. 50, z tą różnicą, że  $C_k = 850 \mu\mu\text{F}$ . Krzywa górna retuszowana.

## 7. Uzupełnienie. Działanie UPS przy zbyt małej pojemności $C_k$ .

Przypadek, gdy UPS mierzy napięcie nieprawidłowo, ma znaczenie podrzędne dla interesującego nas zagadnienia, dlatego potraktuję go fragmentarycznie. Zajmę się najpierw działaniem UPS przy napięciu ze skokami, a bez oscylacji. Gdy  $C_k$  ma wartość nieznacznie mniejszą od wystarczającej, oscylogramy napięcia na PS nie różnią się w sposób istotny od reprodukowanego na rys. 48. Daje się to wytłumaczyć przy założeniu, że wielkość napięcia udarowego wystarcza, aby zapalił się inny PS, niż działający przed skokiem (wychylenie mikroamperomierza jest za duże). Pozostaje do rozstrzygnięcia, czy zapala się tylko inny PS, czy też oba. Za drugą alternatywą zdają się świadczyć następujące fakty: 1. obserwacja wzrokowa PS przy  $C = 8 \mu\mu\text{F}$  i napięciu z udarami jednego znaku (rys. 4) wykazuje zapłon obu PS (nie wiadomo, czy równoczesne); 2. pod wpływem pojedynczych dużych impulsów (np. z generatora udarowego lub wywo-

lanych przez przeskokki na obiekcie, będącym pod napięciem probierczym) zapalają się oba PS jednocześnie. W drugim przypadku PS paliły się przed udarem pod wpływem napięcia 50 okr/sek.

Gdy  $C_k$  ma wartość dużo za małą, przebieg napięcia na PS jest zupełnie inny (rys. 45, 47). Napięcie to ma wielkość normalną (ok. 139 V) tylko do chwili wystąpienia pierwszego skoku napięcia probierczego; od tej chwili ma wartość 0 lub b. bliską 0 (mała skala napięciowa oscylogramu nie pozwala na dokładne określenie). Napięcie 0 panuje na PS aż do początku pojemnościowego rozkładu napięć, odpowiadającego normalnemu przejściu napięcia probierczego przez ekstremum. Na podstawie oscylogramów wydaje się, że jeden skok napięcia wystarcza, aby napięcie na PS znikło na czas stosunkowo krótki w stosunku do półokresu (tj. do 0,01 sek). Ponieważ skoków następuje zwykle kilka po sobie w niewielkich odstępach, napięcie 0 może trwać stosunkowo długo. Na rys. 45 widać charakterystyczne przejścia do napięcia normalnego działania PS; na rys. 47 częstość następowania po sobie skoków była widocznie wystarczająca, aby napięcie PS zupełnie zniknęło na dłużej.

Aby stwierdzić, że zjawisko omawiane ma przyczynę we własnościach PS, a nie w nieprawidłowym działaniu innych elementów, przeprowadzono następujące badania. Wzmocniono tak izolację  $C_k$ , że wyładowania w  $C_k$  były zupełnie wykluczone. Napięcie, panujące na PS, załączono na oscylograf za pośrednictwem dzielnika pojemnościowego (przekładnia 0,5), aby uniknąć ewentualnych wyładowań między płytami oscylografu, które mogłyby być przyczyną napięć zerowych na rys. 45 i 47. Mimo tych ostrożności, krzywa napięcia była, jak na rys. 47; należy więc uznać rzeczywistość zjawiska.

Wytłumaczenie przebiegów z rys. 45 i 47 jest, jak się wydaje, następujące. Skutkiem skoku napięcia mierzonego przepływa przez PS prąd udarowy b. wielki w stosunku do normalnego prądu w PS<sup>22</sup>). Powstaje przy tym w PS rodzaj dynamicznego wyładowania łukowego, połączonego z silną jonizacją gazu PS. Jonizacja ta nie znika od razu po przemianieniu prądu udarowego, lecz pewien czas pozostaje. Dzięki niej prąd rzędu dziesiątków  $\mu\text{A}$  może przepływać przez PS, nie wywołując dostrzegalnego spadku napięcia. W dalszym ciągu będę nazywał ten prąd *połukowym*. Stosownie do powyższego wytłumaczenia, zjawisko wyładowania połukowego byłoby podobne do zachodzącego w prostownikach rtęciowych przy prądzie wstecznym (A. Güntherschulze [64], M. Wolfke [65]). Zjawisko to dla prostowników neonowych świetlanych nie zostało dotychczas zanotowane w literaturze. Potwierdził mi to listownie Prof. A. Güntherschulze, który prowadzi wykaz prac dotyczących prostowników. Stosownie do uzyskanych od niego informacji, również sprawa prądu wstecznego po wyładowaniu łukowym w omawianych prostownikach nie była zbadana.

Wyładowanie połukowe udało mi się również wytworzyć niezależnie od skoków napięcia probierczego. Napięcie udarowe (fale 0,1/5  $\mu$  sek, o wartości szczytowej nieco większej, niż wystarczająca do zapłonu PS) dawałem z generatora udarowego na PS, działające pod wpływem napięcia probierczego sinusoidalnego. Sprzężenie zastosowałem pojemnościowe. Charakter krzywych napięcia na PS wypadł identyczny z rys. 47, z tą różnicą, że,

<sup>22</sup>) Normalny prąd PS jest rzędu dziesiątków  $\mu\text{A}$ . Pojemnościowy ( $C = 8 \mu\mu\text{F}$ ) prąd udarowy przy skoku napięcia mierzonego 27 kV, odpowiadającym częstotliwości  $0,5 \cdot 10^7$  okr/sek, jest 3,4 A.

gdy udar wypadł zaraz po normalnym zapłonie PS, napięcie 0 nie trwało do chwili normalnego przejścia napięcia probierczego przez ekstremum.

Do rozstrzygnięcia, czy pod wpływem udaru, poprzedzającego wyładowanie połukowe, zapalają się oba PS, czy jeden, i przez który PS płynie prąd połukowy — mam za mało danych<sup>23)</sup>. O tym, że zachodzić tu musi współdziałanie obu PS, świadczy oscylogram z rys. 46, odnoszący się do przypadku, gdy zastosowano tylko jeden PS. Wyładowania połukowe tutaj nie wystąpiły. Rola mikroamperomierza (duża indukcyjność) też musi być wielka<sup>24)</sup>. Rys. 45 i 47 odnoszą się do UPS bez tego przyrządu. Włączenie go powoduje występowanie wyładowań połukowych tylko po udarach jednego znaku.

Przy skokach napięcia mierzonego z oscylacjami, zwiększającymi wartość szczytową, zasadniczo warunki występowania prądu połukowego są te same, jak wyżej (rys. 50 i 52). Różnica w stosunku do rys. 45 i 47 jest tu taka, że widać bezpośrednio po skoku oscylacje napięcia na PS o wielkiej częstotliwości. Fakt ten można wytłumaczyć. Jonizacja po łuku jest tego rodzaju, że tylko prąd rzędu dziesiątków  $\mu\text{A}$  (50 okr/sek) może przepływać przy spadku napięcia 0; prądy związane z oscylacjami są stosunkowo b. duże<sup>21)</sup>; przy ich przepływie mogą powstawać napięcia, przekraczające nawet normalne napięcia palenia się PS.

Omawiane oscylacje napięcia na PS pozwalają wniknąć nieco głębiej w mechanizm działania UPS. Gdy PS nie zapalają się pod wpływem skoków i drgań (rys. 53 i 54), oscylacje są symetryczne w stosunku do linii, odpowiadającej napięciu, od którego począwszy następuje wzrost (malenie), wolny w stosunku do drgań. Gdy PS zapalają się pod wpływem drgań, napięcie oscylacyjne jest (po zapłonie) symetryczne w stosunku do osi czasu (rys. 50). Przeciwnie jest, gdy w tym samym przypadku włączyć tylko jeden PS (rys. 51). Oscylacje przebiegają tutaj tak, że krzywa napięcia jest styczna do osi czasu. Przebieg ten można wytłumaczyć zakładając, że PS przepuszcza wyłącznie, lub prawie wyłącznie prąd tylko w jednym kierunku i przedstawia dla tego prądu opór zero. W takim przypadku występuje na C i  $C_k$  pojemnościowy rozkład napięcia oscylacyjnego, a oprócz tego na  $C_k$  zjawia się składowa stała, równa amplitudzie składowej zmiennej [66]. Za przyjęciem tego wytłumaczenia świadczy wielkość amplitudy drgań na rys. 51 taka sama, jak przy rozkładzie pojemnościowym napięcia probierczego na C i  $C_k$  (stwierdzono oscylograficznie, usuwając oba PS) oraz istnienie napięcia 0 na PS po zaniknięciu drgań. Gdy w układzie są dwa PS, amplituda drgań jest dużo mniejsza (rys. 50).

Rozważania niniejszego rozdziału dają szereg przyczynków do działania PS i wskazują zarazem na duże skomplikowanie zjawisk. Prawie wszystkie zaobserwowane fakty świadczą przy tym o jednoczesnym działaniu PS w pewnych chwilach.

<sup>23)</sup> Jedynie dla przypadku  $C_k = 64 \mu\text{F}$  w tablicy VII (mniejsza wartość wskazania UPS, niż przy pomiarze prawidłowym) można stosunkowo łatwo znaleźć wytłumaczenie. Wystarczy założyć, że w czasie, gdy napięcie jest 0, prąd płynie przez inny PS, niż przed zjawieniem się napięcia 0.

<sup>24)</sup> Świadczy o niej także np. jaśniejsze zapalenie się pod wpływem skoków PS, włączonego w szereg z mikroamperomierzem, gdy mikroamperomierz zbocznikować dużą pojemnością.

#### IV. WNIOSKI OGÓLNE.

1. Metoda z prostownikami świetlącymi nadaje się do bezbłędnego pomiaru wartości szczytowej napięcia ze skokami, wywołanymi przez wyładowania na obiektach badanych. Stanowi ona zatem ulepszenie w stosunku do metody z dwoma kenotronami.

2. Metoda powyższa mierzy ze stosunkowo niewielkimi uchybami wartość szczytową w przypadku drgań własnych transformatora, podczas gdy stosowanie iskiernika według przepisów polskich lub międzynarodowych prowadzi do wyników fałszywych (uchyby np. do 32%).

3. Metoda powyższa nie określa zwiększenia wartości szczytowej napięcia probierczego, wywołanego przez drgania o wielkiej częstotliwości (rzędu 10<sup>6</sup> okr/sek). Pod tym względem jest ona równoważna z metodą iskiernikową, stosowaną według przepisów polskich, lub międzynarodowych.

4. Prawidłowy pomiar napięcia w przypadku 3. można uzyskać przy pomocy iskiernika, załączonego za pośrednictwem krótkich przewodów, bez opornika szeregowego (połączenie nie według przepisów). Metoda z prostownikami świetlącymi pozwala także łatwo wykryć, czy oscylacje występują. Pomiar napięcia w przypadku 2. jest ważny praktycznie, jako mogący często występować. Przypadek 3. należy prawdopodobnie do niezwykle rzadkich.

5. Wnioski powyższe opierają się na sprawdzonej doświadczalnie teorii działania układu z prostownikami świetlącymi. Przy prawidłowym pomiarze napięcia prostowniki nie zapalają się wskutek skoków zupełnie, lub też w czasie skoku albo bezpośrednio po nim zapala się prostownik, który działał przed skokiem. Prostowniki nie reagują na tłumione oscylacje wielkiej częstotliwości.

6. Przy skokach zaobserwowano szereg zależności, charakterystycznych dla fal krótkich (krótkich według terminologii radiotechnicznej). Należą tutaj m. i. wpływy kilkunastocentymetrowych nawet połączeń, często b. złożone. Zależności te nie mają dużego znaczenia praktycznego dla układu prostownikowego, o ile przy jego zestawianiu uniknięto stosowania połączeń o długości niepotrzebnie dużej.

7. Przy doświadczalnym sprawdzaniu teorii natrafiono na dwa zjawiska nienotowane w literaturze, a mogące mieć znaczenie w innych przypadkach: występowanie b. dużych współczynników impulsu prostowników świetlanych i nowa forma wyładowania w tych prostownikach, charakteryzująca się napięciem palenia równym zero.

#### Podziękowania.

Część doświadczalna niniejszej pracy została wykonana w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej, którego Kierownikowi Prof. K. Drewnowskiemu składam gorące podziękowanie za podzielenie się ze mną szeregiem cennych poglądów na sprawy w niej poruszane oraz za zgodę do jej wykonania. Szczególna moja wdzięczność należy się ponadto Panom: Prof. J. Groszkowskiemu, prof. W. Rogowskiemu i Adj. S. Ryżce za cenne uwagi, dotyczące fal krótkich; Dr. K. Bergerowi, Kierownikowi stacji badań przepięciowych w Lavorgo (Szwajcaria) za przesłanie i omówienie oscylogramów, odnoszących się do drgań obwodów o stałych skupionych; Prof. A. Güntherschulzemu z Drezna za informacje bibliograficzne oraz Dr. W. Weickero wi, Dyrektorowi fabryki izolatorów w Hermsdorfie, na którego wartościowe informacje powołuję się w pracy.

## LITERATURA.

Pozycje od [1] do [57] znajdują się na str. 1034 „Przegl. E.“ z r. 1937,

[58] Polskie Normy Elektryczne 35 — 1932. Pomiar wysokiego napięcia iskiernikiem kulowym.

[59] VDE — przepisy 0430/1926, ETZ 1926/47, str. 594 i 862.

[60] Szpor S. — Rozprawa doktorska. Warszawa 1934.

[61] Fryze S. — Elektrotechnika ogólna (skrypt) t. III. Lwów, 1933.

[62] Rüdénberg R. — Elektrische Schaltvorgänge. Berlin 1933.

[63] Rogowski W., Wolff O., Klemperer H. — Arch. f. Elektr. 1930/23, str. 667.

[64] Güntherschulze A. — Elektrische Gleichrichter und Ventile. Berlin, 1929.

[65] Lubodziecki S., Suk R. — Przegląd El. 1935, str. 1.

[66] Jakubowski J. L. — Przegląd El. 1933, str. 145.

[67] Küpfmüller K. — Z. f. techn. Phys. 1933, zes. 11.

## Materiały syntetyczne w budowie kabli i przewodów elektrycznych

Inż. chem. **Tadeusz Brzozowski**  
Inż. elektr. **Stanisław Bładowski**

W technologii chemicznej przeżywamy obecnie gwałtowny rozwój jednego z działów syntezy organicznej — wyrobu mas sztucznych, który rozmachem swym przypomina okres szybkiego wzrostu produkcji barwników syntetycznych w drugiej połowie ubiegłego stulecia. Jak wtedy, tak i obecnie, zaczęło się od naśladowania produktów naturalnych, w krótkim jednak czasie okazało się, iż otrzymane drogą syntezy produkty, nie tylko dorównują swoim pierwowzorom, lecz je pod wieloma względami nawet przewyższają.

Grupy materiałów syntetycznych, które zamierzamy omówić, nie mają jeszcze właściwie ustalonej nazwy ogólnej. Zależnie od swych własności technologicznych, postaci lub sposobu przeróbki nazywane są masami sztucznymi, plastycznymi, tłoczywem, sztuczną gumą albo też materiałami zastępczymi, ze względu na to, iż w wielu wypadkach pozwalają zastąpić dotychczas stosowane materiały. Nie są to jednak żadne „namiastki“ dotychczas stosowanych materiałów, a więc może jakiś materiał gorszy, zastępczy, do którego stosowania zmuszałyby nas rozmaite względy gospodarcze.

Jak pozwoli stwierdzić bliższe zapoznanie się z własnościami nowych mas syntetycznych, materiały te nie tylko nie ustępują dotychczas stosowanym, lecz wykazują nawet szereg takich zalet i własności, które daremno starano się uzyskać w materiałach stosowanych dotychczas do wyrobu kabli i przewodów elektrycznych. Nowe surowce syntetyczne musimy więc rozpatrywać, jako nową osobną grupę materiałów o szeregu wybitnych własności fizycznych i chemicznych, które ponadto możemy dowolnie zmieniać i udoskonalać zależnie od doboru składników, tworząc całe rodziny nowych materiałów o żądanych własnościach.

Materiały syntetyczne ze względu na surowce podstawowe, z których one pochodzą możemy podzielić na:

- 1) pochodne celulozy,
- 2) pochodne kazeiny oraz
- 3) pochodne węgla, wapna, wody i powietrza.

W tej ostatniej grupie pochodnych węgla, wapna, wody i powietrza możemy rozróżnić produkty otrzymane drogą:

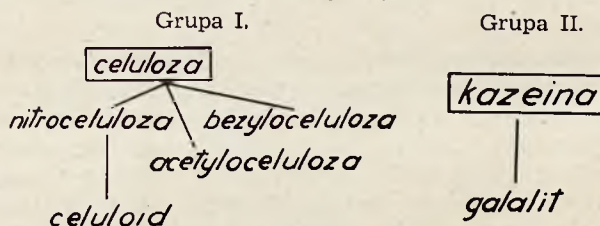
- a) kondensacji związków prostych,
- b) polimeryzacji związków prostych,

(tablice I i II).

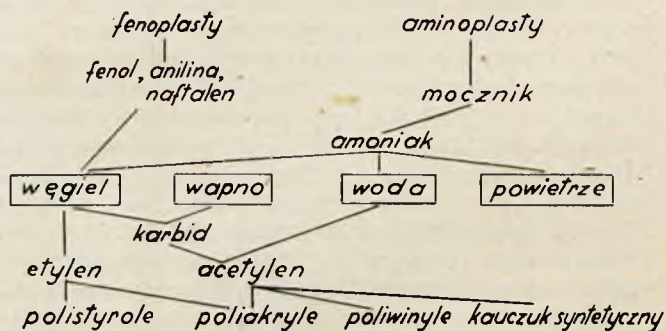
Ograniczając się wyłącznie do omówienia materiałów syntetycznych, jakie w obecnej chwili mogłyby znaleźć zastosowanie w przemyśle kablowym, zauważymy, iż z grupy pochodnych celulozy znajdują obecnie zastosowanie: acetyloceluloza i benzyloceluloza, zaś z grupy

trzeciej, t. j. pochodnych węgla, wapna, wody i powietrza jedynie produkty powstałe na drodze polimeryzacji. W tej grupie znajdujemy kauczuk syntetyczny, poliwinyle, poliakryle i t. p., które interesują dziś przemysł kablowy, jako materiały do wyrobu izolacji względnie płaszczy ochronnych w miejsce dotychczas stosowanych płaszczy ołowianych.

Tablica I.



Tablica II.



Oznaczenie materiałów syntetycznych przy pomocy wzorów chemicznych ze względu na wielce skomplikowaną budowę tych materiałów, mogłoby dla niechemików raczej utrudnić orientację, niż ją ułatwić, pozatem musimy zaznaczyć, iż często na ten sam produkt w rozmaitych krajach używane są różne oznaczenia handlowe, co jeszcze bardziej komplikuje orientację wśród niezliczonych już dzisiaj produktów syntetycznych. Podział i klasyfikacja materiałów syntetycznych mogą być różne, zależnie od zasad, jakie przyjmujemy za podstawę. Możemy bowiem podzielić materiały syntetyczne wedle produktów wyjściowych, składu chemicznego, własności termoplastycznych, elektrycznych i t. p. W miarę rozwoju syntezy poszczególne grupy materiałów syntetycznych zaczynają się zalecać między sobą, tworząc rozmaite produkty mieszane o pewnych ściśle określonych własnościach, którą tą drogą zamierzamy uzyskać.

Wychodząc ze składu chemicznego materiałów syntetycznych, mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle kablowym, możemy materiały syntetyczne wyrabiane obecnie zagranicą podzielić na następujące grupy:

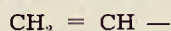
Tablica III \*)

Węglowodory	Związki zawierające tlen	Związki zawierające chlor	Związki zawierające siarkę	Pochodne celulozy
Buna	Poliakryle	Poliwinylole	Perduren	Acetyloceluloza Geaphan
Ker	Plexigum	Mipolam	Thiokol	
Oppanol	Stabol	Igelit		
Polistyrol	Poliwinylole	Chloropren		Etyloceluloza
Trolitul	Vinnapas	(Neopren)		Benzylceluloza
Styroflex	Movolith			

Najwięcej materiałów syntetycznych mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle kablowym, otrzymać możemy z pochodnych etylenu i acetyleny. Podstawowymi surowcami do ich otrzymania są: węgiel, wapno i woda a więc materiały, które znajdują się w każdym niemal kraju pod dostatkiem. Z węgla i wapna w piecu elektrycznym otrzymujemy karbid, który pod działaniem wody daje acetylen o wzorze chemicznym:

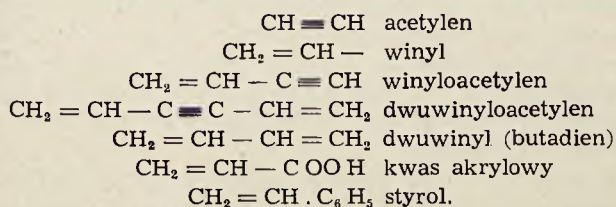


Związek ten przechodzi łatwo w pochodne związku o wzorze:



zwanego winylem. Następnie drogą dalszego wiązania grup acetylenowych względnie winylowych, otrzymujemy ciała o coraz to dłuższych łańcuchach jak to wskazuje tablica IV.

Tablica IV.



W ten sposób możemy uzyskać znaczną ilość związków o rozmaitej długości łańcuchów, które, łącząc się w większe skupienia, dają t. z. związki wielocząsteczkowe czyli polimeryczne.

Właśnie w tej grupie związków rozróżniamy trzy wielkie rodziny związków polimerycznych mających znaczne zastosowanie a mianowicie: związki poliwinylowe, poliakrylowe i polistyrolowe. Są one wyrabiane obecnie zagranicą w znacznej ilości i znajdują rozmaite praktyczne zastosowanie.

Zależnie od sposobu prowadzenia reakcji możemy otrzymać związki o rozmaitych własnościach fizycznych, które niekiedy można nawet z góry przewidzieć.

W grupie węglowodorów pochodnych acetyleny znajdującej szereg materiałów syntetycznych znanych ogólnie pod rozmaitymi nazwami handlowymi. Jednym z najbardziej rozpowszechnionych produktów syntetycznych, pochodnych acetyleny, jest sztuczny kauczuk znany w Niemczech pod nazwą „Buna“, produkowany zaś w Polsce figurować będzie w handlu pod nazwą „Ker“.

\*) Dla ułatwienia orientacji podano nazwy handlowe używane w Niemczech.

Jest to materiał stosowany obecnie między innymi na opony samochodowe. Ze względu na swe własności fizyczne i elektryczne mógłby on znaleźć zastosowanie do izolacji przewodów elektrycznych, podobnie jak dotychczas używana do tego celu guma wulkanizowana. Kauczuk syntetyczny, produkowany w Niemczech, „Buna“ wyrabiany jest w 4 gatunkach, których własności fizyczne przedstawia nam tabl. V.

Tablica V.

Materiał	Wytrzymałość na zerwanie kg cm <sup>2</sup>	Wydłużenie przy zerwaniu %	Obciążenie przy 300% wydłużeniu w kg.cm <sup>2</sup>	Twardość wedle sk. Shore'a	Elastyczność
Buna N	300	600	90	70	45
Buna S	275	650	80	65	50
Buna 115	200	700	55	60	40
Buna 85	175	600	60	65	30
Kauczuk natur.	260	600	70	65	50

Materiały syntetyczne mogłyby znaleźć zastosowanie w produkcji kabli i przewodów elektrycznych, jako

- 1) materiał izolacyjny, otaczający żyłę metalową,

- 2) materiał do warstw ochronnych, służących dla ochrony izolowanej żyły przed wpływami zewnętrznymi, a więc działaniem kwasów, płynnych węglowodorów, jako ochrona mechaniczna i td.

Nowe surowce syntetyczne pojawiają się na terenie fabrykacyjnym w czasie, gdy stosowane dotychczas materiały do wyrobu kabli i przewodów uzyskały bezsprzecznie wysoki poziom swych własności fizycznych, i gdy metody fabrykacyjne zostały znacznie ulepszone. Papier nasycony olejem mineralnym jest dziś doskonałym materiałem izolacyjnym dla kabli na wysokie napięcia. Guma wulkanizowana stosowana do izolacji przewodów elektrycznych ma już dziś znaczenie lepsze własności niż dawniej, i jest bardziej odporna na starzenie. Nowoczesne prasy hydrauliczne umożliwiają prasowanie szczelnych płaszczy ołowianych o nieznacznych grubościach, bez ryzyka pęknięcia lub nieszczelności. Wreszcie, cały przemysł kablówkowy zainwestowany jest bogato w maszyny, dostosowane do przeróbki dotychczasowych materiałów podstawowych. Nowe surowce syntetyczne muszą więc nie tylko górować nad materiałami stosowanymi dotychczas pod względem swych własności fizycznych, ale winny także dać się przerabiać na urządzeniach maszynowych stosowanych obecnie w przemyśle kablówkowym.

Są to warunki niewątpliwie ciężkie, jakie stawiamy surowcom syntetycznym, nie mniej jednak inaczej być nie może, — o ile chcemy aby rozwój przemysłu i techniki był synonimem postępu i doskonalenia i jeżeli wprowadzenie surowców syntetycznych do przemysłu kablówkowego na szerszą skalę ma mieć widoki trwałego powodzenia.

Zależnie od własności materiałów syntetycznych i sposobu ich przeróbki w przemyśle kablówkowym możemy podzielić je na:

- a) materiały termoplastyczne, t. j. takie, które pod wpływem ciepła mięknią, dają się więc wyprasowywać w tym stanie, w postaci szczelnej powłoki dokoła przewodu.

- b) materiały nietermoplastyczne, t. j. takie, które nie mięknią przy podwyższonej temperaturze a więc mogłyby być jedynie nawijane na żyłę metalową, jako taśmy lub nitki w postaci obwoju lub oplotu.

c) lakiery, które наносimy na przewód w postaci płynnego roztworu, który po wyschnięciu tworzy na powierzchni przewodu cienki film z materiału syntetycznego, stanowiący warstwę ochronną.

Zależnie od charakteru termoplastyczności materiałów syntetycznych możemy je podzielić na:

1) materiały odwracalnie - termoplastyczne miękające po ogrzaniu, przy czym proces ten jest odwracalny t. z. po ostudzeniu materiały te przechodzą w masę mniej lub więcej twardą, gdy natomiast po ogrzaniu występuje u nich zawsze zjawisko plastyczności, a nawet płynności.

2) materiały nieodwracalnie - termoplastyczne, przy których proces obróbki termicznej powoduje przejście nieodwracalne ze stanu plastycznego w stan elastyczny, podobnie zupełnie, jak proces wulkanizacji w kauczuku naturalnym, względnie w innych materiałach syntetycznych, jak np. fenoplastach (bakelitach), w których ma miejsce przejście pod wpływem wyższej temperatury w stan twardy nie ulegający zmianom pod wpływem powtórnego nagrzania.

Tablica VI przedstawia nam podział poszczególnych materiałów syntetycznych pod względem ich własności termoplastycznych.

Tablica VI.

materiały termoplastyczne		materiały nietermoplastyczne
odwracalnie termoplastyczne	nieodwracalnie termoplastyczne	
Poliwinyle	Buna	Etery celulozy
Igelit	Perduren	Acetyloceluloza
Mipolam	(Thiokol)	
Vinifol		
Oppanol		
Polistyrole	Chloropren	
Styroxflex	Stabol 512	
Trolitul		
Poliakryle		
Plexigum		
Stabol 503		

W przemyśle kablowym mogłyby znaleźć zastosowanie wszystkie wymienione grupy materiałów syntetycznych, przy czym temperatura plastyczności materiałów termoplastycznych winna w górnej granicy odpowiadać warunkom fabrykacyjnym, w dolnej zaś granicy być wyższą od najwyższej dopuszczalnej temperatury ruchu, ażeby uniknąć mięknięcia izolacji kabli w czasie ruchu na skutek nagrzewania się pod obciążeniem. Określając te granice cyfrowo, uważamy, iż ze względu na umożliwienie przeróbki materiałów syntetycznych na natryskawkach i walcach mieszkankowych stosowanych obecnie do wyrobu gumy, temperatura mięknięcia winna się znajdować w granicach od 80° do 150°C przy czym w temperaturach ruchu — przy 50° do 60°C, materiały syntetyczne wykazywać winny dostateczną sztywność.

Plastyczność i temperaturę mięknięcia mas termoplastycznych możemy dowolnie zmieniać przez mieszanie kilku surowców syntetycznych ze sobą, względnie przez dodawanie t. z. „zmiękczaczy“ lub „napelniaczy“. Dobór odpowiedniego zmiękczacza jest sprawą ważną i trudną. Przede wszystkim nie dla wszystkich surowców syntetycznych można dobrać odpowiednio zmiękczacze; tak np. dla polistyrolu, wykazującego doskonałe własności elektryczne, nie znaleziono jeszcze odpowiedniego zmiękczacza, któryby nadał temu materiałowi miękkość i elastyczność potrzebną do wyrobu powłok

przewodów i kabli, oraz usunął kruchość i twardość jaką wykazuje polistyrol, zwłaszcza w niższych temperaturach, nie wpływając przy tym ujemnie na jego własności elektryczne. Niektóre zmiękczacze mają tendencję do wydzielania się z masy z biegiem czasu. Dyfundując na zewnątrz, wydzielają się one na powierzchni masy w postaci kropelek. Wydzielający się zmiękczacze, np. płynny węglowodór, może działać szkodliwie na znajdujące się w sąsiedztwie jego inne części przewodnika np. gumę wulkanizowaną, powodując jej pęcznienie, ponadto sam materiał syntetyczny po wydzieleniu się zmiękczacza staje się kruchy i łatwo pęka przy zginaniu. Jasnym jest, iż masy syntetyczne stosowane do wyrobu kabli i przewodów nie mogą wykazywać podobnych szkodliwych objawów.

Odwrotny proces, t. j. utwardzanie mas syntetycznych uzyskujemy znowu przez dodatek t. z. „napelniaczy“. Są to przeważnie ciała stałe, których dodatek powoduje zwiększenie się tarcia cząsteczek wewnątrz materiału syntetycznego w czasie jego zginania lub rozciągania.

Przez odpowiedni dobór składników mas syntetycznych możemy uzyskać wszystkie żądane stopnie miękkości i plastyczności gotowego materiału syntetycznego. O ile jednak plastyczność mas syntetycznych pozwala nam na stosunkowo proste naprasowanie ich dokoła przewodów lub na żyły metalowe, o tyle plastyczność masy w gotowym kablu lub przewodzie będzie zjawiskiem raczej niepożądanym. Warstwy izolacyjne względnie ochronne przewodów i kabli elektrycznych winny natomiast wykazywać dostateczną elastyczność, aby nie ulegały odkształceniom trwałym w czasie zginania podczas ruchu. Z materiałów syntetycznych jedynie kauczuki syntetyczne (Buna, Ker) oraz Neopren pod wpływem procesu termicznego, podobnie jak guma, podczas wulkanizacji, — przechodzą ze stanu plastycznego w stan elastyczny i dają się wyciągać elastycznie, podobnie jak kauczuk wulkanizowany. Inne natomiast materiały syntetyczne posiadają pewne tylko pośrednie własności między plastycznością a elastycznością t. j. iż tylko do pewnego stopnia są elastyczne, zaś przy dalszym wydłużaniu podlegają odkształceniom plastycznym.

Musimy w tym miejscu zaznaczyć, iż dla budowy przewodów i kabli elastyczność warstw izolacyjnych i ochronnych tej miary co kauczuku wulkanizowanego, wynosząca około 600% długości początkowej nie jest wcale konieczną. Wymogi stawiane izolacji gumowej, przypisują tak znaczne nieraz granice wydłużenia (od 300 do 400%) jedynie tylko z tego powodu, iż próba wydłużalności kauczuku lub gumy wulkanizowanej może nam dać sprawdzian jakości i stanu świeżości warstw gumowych. Guma wulkanizowana, która uległa starzeniu, tak znacznych wartości wydłużenia zazwyczaj wykazać nie może. Budowa przewodu elektrycznego wymagałaby ze względu na odkształcenia w czasie zginania jednolitych warstw z materiału izolacyjnego, wydłużenia elastycznego w granicach od 5 do 8%, które to wartości już dzisiaj można uzyskać w większości mas syntetycznych. Oprócz dostatecznego stopnia elastyczności w temperaturach ruchu i plastyczności w temperaturze prasowania, materiały syntetyczne, które by miały znaleźć zastosowanie w przemyśle kablowym, muszą ponadto wykazywać odporność na niskie temperatury. Okazuje się, iż niektóre z nowych surowców syntetycznych w temperaturach niskich stają się bardzo kruche, inne natomiast wykazują zjawisko t. z. „Cold flow“ czyli płynność nawet w temperaturach niskich, podobnie jak niektóre bitumy stosowane na szerszą

skalę do wyrobu kabli i przewodów elektrycznych w Anglii. Zwłaszcza pod wpływem nacisku następuje w takich razach nieznaczne, lecz jednak systematyczne wyciekanie materiału izolacyjnego z kabla. W takich miejscach, gdzie izolacja żył narażona jest na nacisk, jak np. w skręcie między żyłami w kablu wielożyłowym, wypłynięcie izolacji mogłoby spowodować zjawisko zwarcia.

Materiały syntetyczne, stosowane do wyrobu kabli jako materiał izolacyjny, wykazywać winny szereg własności elektrycznych jak:

- a) wysoką oporność elektryczną,
- b) niską stratność dielektryczną,
- c) wysoką wytrzymałość na przebicie oraz
- d) niską stałą dielektryczną.

Zależnie od typu kabla, niektóre z wymienionych własności posiadać będą znaczenie decydujące, inne poboczne. Dla kabli niskiego napięcia, posiadających na zewnątrz płaszcz ochronny np. płaszcz ołowiany, wymagania, jakie byśmy stawiali materiałom syntetycznym pod względem elektrycznym, będą stosunkowo skromne. Wielkość pola elektrycznego w kablach niskiego napięcia jest tak znikoma, iż nie może samorzutnie wytworzyć żadnego zjawiska groźnego dla izolacji. W przewodach i kablach nie posiadających specjalnego płaszcza ochronnego przed wnikaniem wilgoci do wnętrza, materiały syntetyczne winny być odporne na wnikanie wilgoci i wytrzymać n. zdaniem przynajmniej te próby, jakie przypisujemy obecnie przewodom izolowanym gumą wulkanizowaną t. j. próbę napięciową, po 24-godzinnym leżeniu w wodzie.

Z pobieżnego przeglądu własności materiałów syntetycznych okazuje się, iż prawie wszystkie one wykazują pewne własności izolacyjne t. z. są dielektrykami, mniej lub więcej doskonałymi i o ile inne względy, jak giętkość i odporność na wnikanie wilgoci oraz uszkodzenia mechaniczne nie stoją na przeszkodzie, mogły by być stosowane bez zastrzeżeń pod względem elektrycznym, jako materiał izolacyjny dla przewodów i kabli elektrycznych niskiego napięcia.

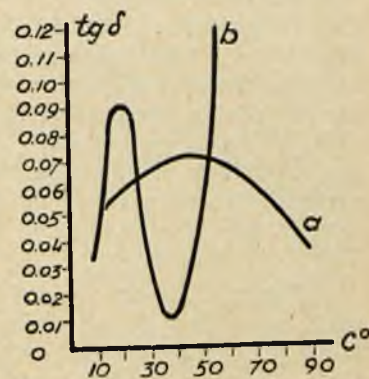
O ile by jednak nowe surowce syntetyczne miały być stosowane do wyrobu izolacji kabli wysokiego napięcia, to wymagania stawiane im pod względem własności elektrycznych musiałyby być już znacznie ostrzejsze. Materiały syntetyczne, stosowane jako materiał izolacyjny kabli na wysokie napięcia, winny wykazywać niską stratność dielektryczną i wysoką wytrzymałość na przebicie. Ze wszystkich grup, jakie zestawiliśmy w tablicy III, najkorzystniejsze wartości elektryczne przedstawiają materiały syntetyczne złożone z węgla i wodoru. Wykazują one najniższe wartości kąta stratności. Tak np. dla polistyrolu w temperaturze otoczenia przy częstotliwości 800 okr./sek. tangens kąta stratności dielektrycznej wynosi  $2 \div 3 \times 10^{-4}$  dla oppanolu,  $3 \times 10^{-3}$ . Znacznie gorzej przedstawiają się już materiały syntetyczne zawierające chlor, dla których współczynnik stratności dielektrycznej jest wielokrotnie wyższy, przy czym rośnie on znacznie z temperaturą.

Wartości kąta stratności materiałów złożonych z kilku składników lub z dodatkami zmiękczaczy, przedstawiają się dość niejasno i tutaj nie możemy ustalić żadnej reguły, jak zachowywać się będą wartości kąta stratności przy rozmaitych domieszkach i w różnych temperaturach. Rys. 1 przedstawia nam wykres współczynnika stratności dielektrycznej  $\text{tg } \delta$ , dla masy poliakrylowej czystej (krzywa a) oraz dla tej samej masy z dodatkiem napelnacza, (krzywa b) — w zależności od temperatury. Wahania wielkości kąta stratności w zależności

od temperatury wskazują na pewne procesy zachodzące wewnątrz materiału syntetycznego, a bliżej nam nieznanne, które przebiegają w czasie nagrzewania go do wyższych temperatur.

Ze względu na to, iż materiały syntetyczne są dopiero u progu swego rozwoju i wiele ich własności tak pod względem elektrycznym, jak i starzenia się, nie są jeszcze szczegółowo zbadane, stosowanie ich w obecnej chwili do wyrobu izolacji kabli na napięcie powyżej 15 kV uważać należy na razie za przedwczesne.

Niektóre materiały syntetyczne, zwłaszcza zaś nietermoplastyczne, dają się nawijać w postaci taśm i folii. Pochodzą one najczęściej z przerobu celulozy a ostatnio z mas poliwinylowych. Stosowane początkowo taśmy z acetylocelulozy, ze względu na zawartość zmiękczaczy, były znacznie hygroskopijne i z tego powodu nie nadawały się na szerszą skalę, jako materiał izolacyjny przewodów elektrycznych, zwłaszcza, iż ponadto były mało odporne na starzenie. Wyrabiane obecnie taśmy z trójoctanu celulozy są już znacznie odporniejsze na wnikanie wilgoci; ponadto wykazują one praktycznie stałe wartości dielektryczne ze wzrostem temperatury. Stosuje się je dzisiaj w Niemczech w miejsce bawełny i jedwabiu do owijania drutów nawojowych. Własności taśmy wykonanych z trójoctanu celulozy przedstawia nam tabela VII.



Rys 1.

Tablica VII.

	Trójoctan celulozy bez dodatku zmiękczaczy	Trójoctan celulozy z dodatkiem 15% zmiękczacza
grubość taśmy . . . . .	0,04 mm	0,04 mm
doraźna wytrzymałość na zerwanie . . . . .	9–10 kg/mm <sup>2</sup>	9–10 kg/mm <sup>2</sup>
wydłużenie przy zerwaniu	4–8%	10–15%
ilość przegięć . . . . .	300–400	400–500
wzrost ciężaru w powietrzu o 60% wilgotności . . .	0,5%	3%
wytrzymałość na przebicie stała dielektryczna . . . .	145 kV/mm	115 kV/mm
stratność dielektryczna przy 20° C . . . . .	2,8–3	4,2
40° C . . . . .	0,9%	0,8%
60° C . . . . .	0,8%	0,8
80° C . . . . .	1,0%	0,9%
	1,2%	1,5%

Dzięki nieznacznej grubości taśmy, wyrażającej się w setnych częściach milimetra, można stopień wykorzystania miejsca w maszynach elektrycznych podnieść do 60% przez co moc maszyn — ze względu na lepsze chłodzenie — może wzrosnąć o 35%.

Materiały syntetyczne, przerabiane w postaci taśm dla owijania nimi żył przewodów i kabli, muszą wykazywać dostateczną wytrzymałość na zerwanie i wydłużenie poniżej naprężeń zrywających, aby je można było z łatwością nawijać na używanych obecnie owijkach i opłatkach, bez obawy ustawicznego zrywania się taśmy na maszynie, co mogłoby powodować niedokładności w budowie izolacji i przerwy w pracy. Ponadto, warstwy folii muszą być odporne na rozdarcie i ścieranie, na

jakie są narażone z powodu drgań blach maszyn elektrycznych, zwłaszcza prądu zmiennego.

W zastosowaniu do wyrobu izolacji kabli prądu słabego, obok niskiej stratności dielektrycznej, wybitną rolę odgrywać będzie niska wartość stałej dielektrycznej materiałów syntetycznych. Związkiem niezależności obu tych wartości elektrycznych od częstotliwości będzie decydującym czynnikiem przy ocenie materiałów syntetycznych, jako izolacji kabli słaboprądowych o częstotliwościach nośnych. Niektóre materiały syntetyczne wykazują właśnie tak wielką niezależność obu tych wartości w szerokich granicach częstotliwości, iż dopiero ich zastosowanie umożliwiło zbudowanie kabli dla telewizji. Jako materiału izolacyjnego używa się dziś w kablach telewizyjnych taśmy ze Styroflexu, należącego do grupy materiałów polistyrolowych.

Szereg dalszych własności materiałów syntetycznych, jak odporność na wnikanie wilgoci, odporność na działanie kwasów i zasad, ozonu i płynnych węglowodorów, — nasuwa szerokie możliwości praktycznego zastosowania tych materiałów, jako powłok ochronnych dla kabli i przewodów elektrycznych. W pierwszym rzędzie nasuwa się możliwość zastosowania materiałów syntetycznych, jako ochrony przed wnikaniem wilgoci do wnętrza kabla, a więc w miejsce dotychczasowego płaszczu ołowianego. Z pośród wielu znanych surowców syntetycznych najbardziej do tego celu nadają się materiały poliakrylowe, które — naprasowane na gorąco na rdzeń kabla — stanowią mogą dostateczną ochronę przed wnikaniem wilgoci.

Możliwość zastąpienia płaszczu ołowianego przez inny materiał ochronny posiada znaczenie zwłaszcza w urządzeniach elektrycznych na okrętach i statkach morskich, gdzie zmniejszenie ciężaru martwego przez usunięcie z kabli i przewodów płaszczu ołowianego stanowi poważną korzyść. Jeżeli porównamy ciężar właściwy ołowiu, który wynosi 11,4 i ciężar mas poliakrylowych — około 1,5, — zysk na ciężarze staje się oczywisty.

Materiał syntetyczny stosowany w miejsce płaszczu ołowianego musi być absolutnie odporny na wnikanie wody. Nie wszystkie jednak materiały syntetyczne wykazują powyższą własność w jednakowym i dostatecznym stopniu. Równocześnie musimy zaznaczyć, iż niebezpieczeństwo wnikania wody do wnętrza kabla występować będzie w różnym stopniu, zależnie od sposobu ułożenia kabla. Kable ułożone w ziemi narażone są na stałe przenikanie wody, która drogą dyfuzji zwolna ale systematycznie wnikać może do wnętrza, o ile tylko płaszcz ochronny nie jest tak absolutnie nieprzepuszczalny dla wody, jak np. płaszcz ołowiany. Inaczej natomiast przedstawia się proces wnikania wilgoci do wnętrza kabli, gdy one ułożone są po wierzchu i wystawione nie tylko na działanie wody, lecz i powietrza. Wówczas po zawilgoceniu kabla, które może być tylko przejściowe, następować mogą okresy, w których, dzięki działaniu powietrza — woda, która dostała się na powierzchnię kabla — może odparować i nie dyfunduje do wnętrza. W takich wypadkach niebezpieczeństwo przenikania wody do wnętrza kabla staje się już mniej groźnym, aniżeli wówczas, gdy kable ułożone są bezpośrednio w ziemi. Zjawiska te należy brać pod uwagę przy wyborze odpowiedniego materiału syntetycznego, który miałby zastąpić płaszcz ołowiany.

Dla kabli, dla których utrzymanie absolutnej szczelności przed wnikaniem wody do wnętrza jest kwestią życia kabla, — np. kabli wysokiego napięcia, robione są obecnie próby zastosowania płaszczu kombinowanych a

mianowicie b. cienkiego płaszczu ołowianego, tak cienkiego jak tylko w ogóle dla danej średnicy kabla można wyprasować, poczem na cienki płaszcz ołowiany naprasowuje się warstwę materiału syntetycznego, np. stobolu, który ma za zadanie ochronić płaszcz ołowiany przed wpływami chemicznymi.

Możliwość zastąpienia płaszczu ołowianych przez nowe materiały syntetyczne usuwa odrazu szereg trudności, z jakimi dotychczas walczone. Przypominamy, iż płaszcz ołowiany są mało odporne na wstrząsy i pod wpływem drgań ulegają t. zw. „korozji międzykrystalicznej“; tworzą się wówczas znaczne kryształy ołowiu, przy czym płaszcz ołowiany łatwo pęka. Płaszcz wykonane z materiałów syntetycznych są odporne na wstrząsy, to też kable posiadające tego rodzaju płaszcz można układać na mostach, okrętach itp. wszędzie tam, gdzie ołów mógłby być narażony na niebezpieczeństwo korozji międzykrystalicznej. Pewna elastyczność powłok zewnętrznych wykonanych z materiałów syntetycznych, daje pierwszeństwo przed płaszczami ołowianymi, które będąc plastyczne, lecz nieelastyczne, łatwo ulegają uszkodzeniu w czasie zginania kabla.

Odporność materiałów syntetycznych na działanie ozonu, specjalnie wysoka u mas poliakrylowych, umożliwia stosowanie ich, jako materiału izolacyjnego i ochronnego, w rozmaitego rodzaju kabelkach wysokiego napięcia, jak np. kabelkach zapłonowych do świateł samochodowych, silników lotniczych, dalej kabelków neonowych, dla aparatów Roentgena itp.

Tablica VIII.

Nazwa	Składnik podstawowy	Obróbka *)	Zastosowanie
Benzyl- celuloza	benzyl- celuloza	r. w. p. wtr.	lakiery, płaszcz ochronne kabli
Geaphan	acetylo- celuloza	w. owijanie taśm.	izolacja drutów nawojowych
Igelit	poliwinyl	w. p. wtr.	izolacja przewodów
Mipolam	„	„	płaszcz ochronne, rury
Oppanol	„	„	izolacja, płaszcz ochronne odporne na dział. chem.
Stabol 503	poliakryl	wtr.	izolacja i płaszcz ochronne
Stabol 512	„	„	„
Styroflex	polistyrol	taśmy i nici w. wtr.	izolacja, opłoty, dielektryk w kablach telewizyjnych
Thiokol	polisiar- czki ety- lenu	w. wtr.	izolacja, rury, płaszcz ochr.
Trolit F	nitroce- luloza	obr. mechan.	izolatory
Trolit W	acetylo- celuloza	wtr.	izolacja
Vinifol	poliwinyl	taśmy	„
Vinoflex	„	roztwór	lakiery
Vinnapas	„	„	„

\*) p = prasowany, w = wytłaczany, wtr. = wtryskiwany, r = roztwór.

Tablica VIII przedstawia zestawienie niektórych materiałów syntetycznych według nazw handlowych stosowanych w Niemczech, z podaniem podstawowego składnika, jaki jest użyty do wyrobu tego materiału. Inne dodatki wchodzące w skład poszczególnych materiałów syntetycznych, oraz sposób ich polimeryzacji są przeważnie tajemnicą fabrykacyjną. W ostatniej rubryce podane są w najogólniejszej formie możliwości zastosowania poszczególnych materiałów w przemyśle kablowym, przy czym niewymienione są inne dziedziny, w których dane materiały syntetyczne znajdują już swe zastosowanie.



Tablica IX.

Rozpuszczalność rozmaitych materiałów syntetycznych w różnych rozpuszczalnikach chemicznych.

	alkohol etylowy	octan etylu	aceton	eter etylowy	chlerek metylu	benzyna	olej transform.
Polistyrol . . . . .	+	-	-	-	-	-	+
Poliwinylny . . . . .	+	-	-	+	-	+	+
Mieszanka poliwi- nylu i poliakrylu	+	-	-	-	-	+	+

+ nierozpuszczalne  
- pęczniące lub rozpuszczalne.

Przeglądając rozwój materiałów syntetycznych mających zastosowanie w przemyśle kablowym za granicą, widzimy, że ostatnio ustala się tam tendencja do pewnego rodzaju „specjalizacji“ własności tych materiałów. Producenci mas syntetycznych nie zamierzają — przez odpowiednie mieszanie lub dodatki — uzyskiwać materiału uniwersalnego mogącego równocześnie spełniać rolę dielektryka i ochrony zewnętrznej kabla, ale raczej, idąc w kierunku wykorzystania wysokich własności elektrycznych niektórych surowców syntetycznych, stosują taki materiał wyłącznie, jako dielektryk kabla czy przewodu. Inne natomiast materiały, które nie posiadają tak doskonałych własności elektrycznych, spełniają rolę powłok ochronnych o ile wykazują wymagane właściwości ochronne. Przez zastosowanie kilku materiałów względnie uwarstwienie różnych materiałów syntetycznych lub dotychczas stosowanych w budowie kabli i przewodów, można będzie uzyskać optimum własności kabli.

Np. możnaby przewody wysokiego napięcia w izolacji gumowej oprasować materiałem syntetycznym, odpornym na działanie ozonu lub płynnych węglowodorów i tym sposobem uzyskać należytą ochronę izolacji z gumy wulkanizowanej. W miejsce płaszczy ołowianych możnaby stosować na rdzenie kabli, wykonywanych w sposób dotychczasowy, płaszcze z mieszanek poliakrylowych, uzyskując w ten sposób przewody kablowe znacznie lżejsze, bardziej giętkie a równocześnie dostatecznie zabezpieczone przed działaniem wilgoci, kwasów itp. Również izolację żył kabli i przewodów możnaby zastąpić przez naprasowanie mas poliwinylowych względnie owinięcie taśmami z trójoctanu celulozy. Tak wykonane kable mogą posiadać nazewnątrz płaszczy ochronny z mieszanek poliakrylowych np. Stabolu; tego rodzaju konstrukcje kabli lansowane są ostatnio w Niemczech.

Dodatnie wyniki uzyskane przy zastosowaniu sztucznego kauczuku, np.: Buni i Keru do wyrobu opon samochodowych pozwalają się spodziewać, iż materiały te mogłyby być z równym skutkiem użyte do wyrobu zewnętrznych opon kabli oponowych.

Kwestia odpowiedniego doboru materiału syntetycznego do izolacji, względnie wyrobu powłok ochronnych kabli i przewodów sprowadza się do szeregu prób fa-

brykacyjnych i doświadczeń laboratoryjnych, mających na celu sprawdzenie, jak zachowywać się będzie dany materiał w czasie pracy.

Niektóre z badań będą miały na celu wykonanie odpowiedniej mieszanki materiałów syntetycznych o zamierzonych własności końcowych, inne natomiast wykonywane będą na gotowych kablach i przewodach celem stwierdzenia, czy żądane zalety jak np. własności elektryczne, nieprzepuszczalność wilgoci, odporność na działanie ozonu czy węglowodorów — zostały uzyskane w dostatecznym stopniu.

Do najważniejszych badań należy będą próby starzenia się własności materiałów syntetycznych a przede wszystkim stwierdzenie, na czym polega proces starzenia danego materiału syntetycznego oraz wyciągnięcie wniosków i opracowanie sposobów, celem usunięcia tego szkodliwego zjawiska. Może nigdzie indziej chemicy nie mają tak wolnej ręki w kombinowaniu rozmaitych własności, jak przy otrzymywaniu mas syntetycznych, bądź to przez mieszanie kilku składników lub doprowadzanie procesu polimeryzacji do pewnej ściśle określonej granicy. Z drugiej jednak strony, w żadnym innym materiale konstrukcyjnym nie mamy tylu niespodzianek i nieprzewidzianych zależności w końcowym produkcie, co właśnie tutaj.

To też prace nad zastosowaniem surowców syntetycznych do fabrykacji kabli i przewodów to równoległa praca laboratoriów fabryk chemicznych z przemysłem kablowym, który stawiać im będzie swe postulaty fabrykacyjne. Tak np. dotychczasowe surowce syntetyczne po większej części można, jak wspominaliśmy, wyprasowywać na natryskawkach. Wiadomo jednak z praktyki fabrykacyjnej, iż uzyskanie idealnie centrycznej powłoki przy natryskiwaniu jest bardzo trudne, dlatego też prace laboratoriów i fabryk kablowych za granicą idą właśnie w tym kierunku, aby wyprodukować materiał syntetyczny, któryby dawał się nakładać dookoła przewodnika na t. zw. nakładarkach, i żeby można było przytem usunąć niebezpieczeństwo otwarcia się szwów bocznych nałożonej w ten sposób powłoki.

Prace laboratoriów chemicznych muszą iść wobec tego ściśle z próbami i współpracą fabryk przemysłu kablowego i tylko tą drogą można będzie osiągnąć pozytywne wyniki.

W chwili obecnej wyrób mas syntetycznych w Polsce stoi dopiero u progu swego powstania. Zarysowują się projekty realizacji wyrobu niektórych materiałów syntetycznych, które m. in. mogłyby znaleźć również zastosowanie w przemyśle kablowym. Produktów początkowych, z których powstają najbardziej cenne materiały syntetyczne, jak węgiel, wapno, woda i powietrze posiadamy pod dostatkiem w kraju. Wyrób drogą syntezy szeregu nowych materiałów mogących znaleźć zastosowanie w przemyśle kablowym, mógłby stanowić nie tylko pewien postęp w tej gałęzi przemysłu elektrotechnicznego, ale równocześnie uniezależniłyby nas od wielu produktów sprowadzanych dotychczas z zagranicy.

## Sprawozdanie z posiedzeń Komisji Nr. 21 Kabli Elektrycznych, Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych w Paryżu, lipiec 1937 r.

Na posiedzenie Komisji Nr. 21 Kabli Elektrycznych zgłoszono 9 referatów, które można podzielić ze względu na poruszone tematy na 2 grupy: konstrukcyjną i prób kabli.

Do grupy poruszającej zagadnienie konstrukcyjne należą przede wszystkim:

Dwa referaty, N. 204 C. J. Beaver i El. Davey (Anglia) i Nr. Dr. Kirch (Niemcy, A. E. G.) — omawiające konstrukcję i charakterystykę pracy kabli wykonanych z izolacją z papieru uprzednio impregnowanego (przed nałożeniem na żyłę), a następnie wypełnionych wewnątrz płaszcza ołowianego neutralnym gazem o ciśnieniu 3 —

15 at. Autorzy, jak również członkowie Konferencji, którzy zabierali głos w tej sprawie, są zdania, że kable gazowane mają wielką przyszłość przed sobą i obok kabli wypełnionych olejem (Emanuelli) będą użyte w sieciach wysokiego i najwyższego napięcia. Referaty te odnoszą się do problemu zasadniczego i z tego powodu są najbardziej ważnymi referatami z Konferencji 1937 roku. Do grupy konstrukcyjnej należy zaliczyć referat Nr. 228 S. M. Bragina (ZSRR), traktujący o żyłach wykonanych z pełnych przekroi.

Do grupy referatów poruszających badania kabli trzeba zaliczyć referat Nr. 229 G. J. Bakker'a (Holandia) zawierający opis i specyfikację prób podjętych w Holandii dla ustalenia, jaką konstrukcję kabli należy zastosować dla linii 150 kV. Autor jest przewodniczącym Komisji Kabli w Międzynarodowym Komitecie Elektrycznym, i wywarł wielki wpływ na wydane przed rokiem międzynarodowe przepisy prób kabli wysokiego napięcia. Z referatu wynika, że autor znacznie rozszerzył badania za pomocą cykli termicznych i ustalenia krzywej życia kabla. W referacie Nr. 211 p. E. Scheneberger (Szwajcaria) przedstawił próby kabli falami uskokowymi i aczkolwiek referat ten posiada charakter opisowy i nie zawiera syntezy, jednakże poruszenie tego zagadnienia jest godne uwagi.

Raport Nr. 233 nadesłany przez K. S. Wyatta (Stany Zjednocz.) omawia stopniowe psucie się oleju wewnątrz kabla następujące wskutek oddziaływania w polu elektrycznym metali zawartych w kablu (miedź, ołów), na olej. Rezultaty osiągniętych badań są bardzo interesujące.

W raporcie Nr. 206 p. Ed. Evrard (Belgia) uzupełnił raport zgłoszony na poprzedniej konferencji (1935 r.) nowymi próbami pomiarów nagrzewania się kabli ułożonych w ziemi pod wpływem obciążenia. Jest to dalszy krok na drodze do ustalenia rzeczywistego rozkładu temperatur wewnątrz kabla, a stąd i oceny dopuszczalnego maksymalnego obciążenia.

Dr. L. Tschiasny (Czechosłowacja) w raporcie Nr. 217 przedłożył matematyczne obliczenia problemów magnetycznych w kablach; jednakże założenie upraszczające przyjęte przez autora uczyniły z jego pracy rozprawę nieco odległą od warunków rzeczywistych.

Wreszcie wymienić należy nadzwyczaj ciekawy raport Nr. 214 złożony przez p. M. E. Laborde (Francja) o kablach podziemnych regionu paryskiego na 220 kV. P. Laborde opisuje konstrukcję zasady układania i wyniki osiągnięte podczas rocznej eksploatacji tego kabla.

Poniżej podane są streszczenia referatów oraz omówienia i dyskusje dotyczące każdego z poruszonych tematów. Zacniemy od referatu najciekawszego, omawiającego kable wypełnione gazem.

#### Referat Nr. 204 „Kable napełnione gazem”.

C. J. Beaver i E. L. Davy, z fabryki W. J. Glover et Co Manchester, Anglia.

Kabel składa się z ekranowanego przewodnika izolowanego taśmami papieru uprzednio impregnowanego; na to nałożony jest ekran. Następnie kabel jest obojętny i owinięty taśmami metalowymi (mosiądz lub brąz) wzmacniającymi płaszcz ołowiany, po czym następuje drugi płaszcz ołowiany lub opancerzony.

Przestrzenie gazowe powstają między brzegami taśm papierowych nawiniętych w otwartą spiralę.

Po zainstalowaniu linia kablowa jest napełniona osuszonym azotem, przyczem nie potrzeba żadnych dodatkowych armatur w postaci zbiorników z gazem i t. p. urządzeń. Z punktu widzenia elektrycznego przy projektowaniu postawione jest zadanie, żeby nie nastąpiła joni-

zacja gazu przy ogrzewaniu żyły do 100° C i podniesieniu napięcia do dwukrotnej wysokości roboczej.

Z punktu widzenia fizycznego dobrany jest taki stosunek przestrzeni gazowych, żeby przy największym nagrzaniu kabla ołów płaszcz wytrzymał wzrastające ciśnienie gazu, a przy ochłodzeniu kabla, aby ciśnienie gazu nie spadło poniżej obliczonego minimum. Kabel może być ułożony w każdej pozycji, a więc i pionowo, ponieważ kwestia spływania oleju nie wchodzi w rachubę.

Kable wypełnione gazem powstały dlatego, że ze względów ekonomicznych dążymy do podniesienia maksymalnego gradientu pola elektr. t. zn. lepszego wyzyskania izolacji. Na przeszkodzie powiększeniu obciążenia izolacji, a więc zmniejszeniu jej grubości, stała dotychczas, jonizacja przestrzeni gazowych, która zależy głównie od dwu czynników: wymiarów bańki gazowej w kierunku pola elektr. i to w ten sposób, że napięcie potrzebne do zjonizowania maleje ze wzrostem grubości bańki, oraz gęstości i rodzaju gazu, przy czym napięcie jonizacji rośnie ze wzrostem ciśnienia. Przez ograniczenie wymiarów baniek gazowych w kierunku promienia kabla oraz powiększenie gęstości gazu podnosimy napięcie jonizacji kabla a w ten sposób możemy poddać izolację kabla wyższemu niż dotąd naprężeniom.

Pożądanym jest gaz mało rozpuszczalny w oleju i neutralny w stosunku do składowych kabla. Najlepszy będzie azot, który ponadto ma wysokie napięcie jonizacji. Dążymy zdecydowanie do ograniczenia przestrzeni gazowych do wymiarów grubości taśm papierowych, tak grubych, jak w zwykłym kablu. Taśmy muszą mieć wysoką wytrzymałość elektryczną, małą stratność, mały opór termiczny i małą przewodność elektr. Najlepiej tym warunkom odpowiada papier impregnowany. Suchy papier ma małą przewodność termiczną, przepuszcza gaz, jest słaby mechanicznie i zawilgnie przy wykonywaniu łącz. Praktycznie rzecz biorąc, — ryzyko, względy fabrykacyjne i kosztu decydują o wyborze grubości papierów.

Ciśnienie gazu będzie w każdym wypadku zależało od strony ekonomicznej. Większe ciśnienie gazu powoduje lepsze wyzyskanie izolacji a więc zmniejszenie się średnicy kabla, — z drugiej jednak strony wymaga ono odpowiedniego wzmocnienia płaszczu. Niepożądanym jest naprzykład zastosować dla 38 kV duże naprężenie dielektryka (duże ciśnienie gazu) ze względu na trudności elektryczne w łączach i końcówkach. Ogólnie — ze wzrostem napięcia ekonomicznym jest podnosić ciśnienie gazu.

Autorzy uważają, że dla napięcia 33 kV najekonomiczniejszy będzie kabel o żyłach o ekranowawych, we wspólnym płaszczu ołowianym i ciśnienie gazu 3,6 kg/cm<sup>2</sup>, dla 66 kV i 132 kV trzy kable jednożyłowe będą najekonomiczniejsze, lecz dla 66 kV może być wykonany również kabel składający się z trzech żył we wspólnym płaszczu ołowianym. Dla tych napięć odpowiednim będzie ciśnienie gazu 10 do 18 kg/cm<sup>2</sup>, a gradient maks. 7,5 do 8,5 kV/mm. Taśmy papierowe posiadają grubość od 0,045 do 0,14 mm.

Wykonanie tego kabla odbywa się w sposób nieco odmienny od wykonania kabli zwykłych. Żyłę miedzianą po sprasowaniu na okrągło owija się papierem metalizowanym, a następnie papierem impregnowanym. Impregnacja papieru odbywa się w patentowanym urządzeniu. Papier z rolki odwija się do przestrzeni posiadającej próżnię; przechodząc przez walce ogrzewane elektrycznie, następnie przez uszczelniające walce gumowe dostaje się do kotła impregnacyjnego. Po zaimpregnowaniu papier na gorąco oskrobywany jest z nadmiaru oleju i zwijany w

krążki. Impregnowane w ten sposób taśmy nawijają się w otwartą spiralę z pozostawieniem przerwy o wielkości 3 — 6% szerokości taśmy a następnie ekranuje się taśmą miedzianą o grubości 0,08 mm; specjalna patentowana izolarka umożliwia takie nakładanie taśm papierowych, że każda następna taśma kryje szparę powstałą między brzołkami poprzedniej taśmy.

Autorzy opisują mufę łączącą i podają jej szkic. W zasadzie jest ona wykonana podobnie do mufy kabli o izolacji ściślej i zalana gęstą zalewą kablową. Dla umożliwienia swobodnego przepływu gazu w mufie umieszczona jest rurka ołowiana łącząca oba płaszcze ołowiane, łożący te miejsca końców kabli, które nie są zalane gęstą zalewą kablową. Mufa końcowa jest również podobna do mufy innych kabli — z tą różnicą, że zawiera dwie porcelany: jedną w postaci cylindra wewnętrznego, który jest uszczelniony przeciwko upływowi gazu, oraz drugą nałożoną na poprzednią i wykonaną, jako normalny izolator. Poniżej mufy końcowej do płaszcza ołowianego dolutowana jest rurka, przez którą następuje napełnianie kabla gazem. Napełnianie gazem odbywa się po kompletnym zmontowaniu linii kablowej przez wpuszczenie z jednego końca azotu o ciśnieniu 3,5 kg/cm<sup>2</sup> i otwarciu drugiego końca dla wypuszczenia powietrza. Po wypłukaniu powietrza napełnia się kabel gazem o potrzebnym ciśnieniu.

Próby kabli na odcinku kompletnie uzbrojonym dały bardzo dobre wyniki. Autorzy opisują szereg prób dłużej trwających niekiedy całe miesiące z szeregiem codziennych cykli termicznych. Z dokonanych prób wynika, że kable gazowane wytrzymują bez dostrzegalnych zmian gradienty dochodzące do 14 kV/mm, ciśnienie gazu do 25 at. oraz temperatury miedzi do 100° C.

Kabel na 132 kV wytrzymał surowe próby przez 7 mies.; obecnie jest w próbach kabel na 220.000 V.

Bardzo ciekawe jest zdanie autorów, że nie ma granic technicznych co do użycia tych kabli do najwyższych napięć, a więc 220 kV. Dolną granicę zastosowania określili koszt dodatkowych urządzeń potrzebnych dla tego kabla. Ponieważ jednak odstąpiono w niektórych wypadkach od względów ekonomicznych, stosując kable olejowe dla napięcia 33 kV, przeto w takich wypadkach zastosowanie kabli gazowych byłoby nadzwyczaj racjonalne. Dla napięcia 66 kV, t. zn. najwyższego, przy którym kable o izolacji ściślej mogą być jeszcze stosowane — kable gazowe będą najlepsze technicznie i najekonomiczniejsze.

Autorzy twierdzą, że konstrukcja kabli gazowych oparta jest na precyzyjnej obserwacji zjawisk fizycznych i elektrycznych zachodzących w kablach. Dlatego też zachowanie się kabla może być dokładnie obliczone, z obmyśleniem wystarczającego stopnia bezpieczeństwa, a produkcja i łączenia nie są specjalnie trudne. Według autorów wprowadzenie kabli gazowych stanowi wyraźny krok w postępie technicznym, ponieważ kable te łączą w sobie wysoką wytrzymałość elektryczną i termiczną, właściwą kablom olejowym, z taniością, prostotą produkcji i instalacji oraz brakiem potrzeby akcesoriów pomocniczych, — charakterystycznymi dla kabli zwykłych.

Następny referat dotyczy tego samego tematu wobec czego dyskusję omówimy dla obu raportów łącznie.

**Raport Nr. 232 — Studium retrospektywne kabli wysokiego napięcia i możliwości do osiągnięcia.**

Dr. E. Kirch, dyrektor fabryki kabli AEG, Niemcy. Studium obszernie rozważa postępy w fabrykacji kabli wysokiego napięcia od r. 1905 i w końcu doprowadza do analizy kabli gazowanych.

Po okresie stosowania kabli zwykłych dopiero kable Hochstädtera pozwoliły na podniesienie maks. gradientu

do 4,5 kV/mm<sup>2</sup>. Kable te uzyskały duży rozpowszechnienie, jednakże obciążanie ich do granic ich termicznej wytrzymałości (60 — 80° C dla przewodnika) powodowało powstanie uszkodzeń. Szczególnie ważne to było dla Stacji Zjednoczonych, gdzie kable wyzyskuje się bardziej niż w Europie.

Trudności te wystąpiły szczególnie przy wykonywaniu kabli na 60 kV. Z początku zwalczano je przez obniżenie gradientu do 3,5 ÷ 4 kV/mm<sup>2</sup> dla kabli bardziej obciążonych termicznie obok zastosowania nowoczesnej próżni i odgazowywania oleju. Prócz tego przez użycie masy impregn. o możliwie stałej płynności w całym zakresie temperatur kabla osiągnięto tak znaczne polepszenie, że dziś wypadki z kablami 60 kV zdarzają się dość rzadko.

Reasumując można określić, że kable zwykłe dla napięcia do 30 kV są dostatecznie pewne w ruchu, o ile nie są przeciążone termicznie.

Dla napięcia 60 kV sytuacja staje się bardziej poważna i same powiększenie wymiarów dla kabli przeciążonych nie wystarcza. Zrozumiano, że dla napięć 60 kV i wyżej należy poprawić właściwości dielektryka.

Poprawa mogła pójść dwiema drogami: albo przez usunięcie przestrzeni gazowych, powstających podczas pracy kabla, albo też przez wytworzenie w nich takiego ciśnienia, aby powstanie jonizacji było niemożliwe.

Pierwszemu warunkowi odpowiadają kable olejowe wprowadzone przez Emanuellię. W tej konstrukcji kabel jest stale wypełniony olejem (dla wszystkich praktycznie zachodzących temperatur kabla), który stale dopływa lub odpływa do zbiorników kompensacyjnych umieszczonych w pewnych odstępach wzdłuż trasy kabla.

Do tejże grupy należy odnieść linie kablów wykonane w postaci szczelnego rurociągu stalowego, wypełnionego gazem pod ciśnieniem, w którym znajdowały się kable o kształcie pryzmatycznym (Socasso) lub owalnym dla żył pojedynczo obołowionych. Taki kształt kabli umożliwiał płaszczeni ołowianemu spełnienie roli membrany. Gaz w rurze kompensował zmiany objętości kabla zachodzące pod wpływem zmian temperatury i utrzymywał ciśnienie oleju wewnątrz kabla na stałej wysokości. Ciśnienie gazu musiało być większe (15 at) niż oleju w kablach olejowych (0,5 do 2 at.), ponieważ ołów nie jest odpowiednim materiałem na czułą membranę.

W praktyce kable w rurach stalowych nie znalazły szerszego zastosowania; były użyte do 60 kV, wyjątkowo do 100 kV (60 km). Poniżej 60 kV kable te nie były ekonomiczne, dla wyższych zaś napięć krótkość odcinków spowodowana ciężarem kabla w takim stopniu powiększała trudności przy wykonywaniu złącz, że budowę takich linii uznano za niecelowe.

W przeciwieństwie do tego kable olejowe znalazły szerokie zastosowanie dla napięć od 60 do 220 kV. W różnych krajach pracuje obecnie 1700 km tych kabli.

Na rynku kablowym już od 4 — 5 lat spostrzeżono, że wcale, albo prawie wcale, nie spotyka się zapytań na kable 60 kV w wykonaniu zwykłym („H”).

Należy podkreślić, że aczkolwiek statystyka wypadków dla kabli zwykłych jest raczej przychylna, to jednak przemysł nie chce mieć do czynienia z kablami, o których wiadomo, że ulegają stopniowemu pogarszaniu się i w wypadku przeciążeń mogą być uszkodzone; dąży on do takich kabli, dla których dokładne obliczenia i możliwość przeprowadzenia wyczerpujących prób dają większą pewność co do wartości kabli.

Wyżej omówione kable można zaliczyć ostatecznie do jednej grupy, ponieważ konstruktorzy różnymi droga-

mi dążą do jednego celu — ścisłego wypełnienia olejem wnętrza kabla i uniemożliwienia powstawania przestrzeni próżniowych.

Drugą możliwością jest wypełnienie wnętrza kabla sprężonym gazem.

Autor referatu opisuje kable wykonane przez Baevera; zwalcza on koncepcję Huntera o zastosowaniu papieru nieimpregnowanego, zgadza się jednak, że obok papieru impregnowanego można poszukiwać innych surowców.

Autor przypuszcza, że kable gazowane będą b. dobre na napięcie do 60 kV, wątpi jednak, by zastąpiły one kable olejowe dla wyższych napięć. Następnie obszernie wywodzi, jak powinny być według niego wykonane kable gazowe i uzasadnia swe poglądy. W tej części swego referatu p. Kirch pod wieloma względami powtórzył wywody podane w poprzednim referacie odnośnie konstrukcji kabli, natomiast dział prób potraktował znacznie obszerniej.

Obaj referenci nie są zgodni co do szeregu kwestii, i tak Kirch wymienia na równi azot i dwutlenek węgla, jako nadające się do wypełniania kabla, podczas, gdy autorzy referatu 204 wołają wyłącznie azot. Pozatem są oni zdania, że kable wypełnione gazem mogły być użyte aż do najwyższych napięć podczas, gdy p. Kirch nie podziela tej opinii.

Sprawozdawca generalny p. Bakker (Holandia) zwraca uwagę Komisji na szczególnie ciekawe problemy. Oba referaty ustalają zgodnie, że kable o izolacji ścisłej są bardziej odpowiednie, jednakże od 60 kV bardziej pożądane są kable nowoczesne. Jest rzeczą ważną ustalić granicę zastosowań różnych typów kabli, jednakże zdaniem p. Bakker'a należy pamiętać o wielkiej prostocie kabli zwykłych. Zasługuje więc na uwagę opinia p. Kircha, że dla napięć 20 — 60 kV najtańszymi będą kable gazowane. Ciekawa jest w raporcie p. Kircha propozycja próby napięcia niezależnie od napięcia ruchu kabla, — zawsze napięciem wytwarzającym 10 kV/mm maks. gradienta pola. W ten sposób wyniki otrzymane na różnych kablach byłyby porównywalne. Również oryginalna jest propozycja badania kabli prądem stałym równoległe do prób prądem zmiennym.

W dyskusji p. Kirch nie zgodził się na użycie wyłącznie azotu i sądzi, że dopiero praktyka w warunkach ruchu wyjaśni, który z gazów będzie najodpowiedniejszym. Na pytanie, jakiego materiału należy użyć do izolowania żyły, powołuje się na wykonane przez niego doświadczenie, które wykazało, że przy 15 atm. ciśnienia gazu, papier impregnowany wytrzymuje gradient 9, a suchy 6 kV/mm. W sprawie optymalnego ciśnienia gazu trudno jest dziś dyskutować, czy dla takich napięć należy używać 5 — 7 atm., czy też 3,5, jak proponuje Beaver. W zasadzie przy wyższych napięciach dążymy do lepszego wyzyskania izolacji i dlatego powiększamy ciśnienie wraz ze wzrostem napięć roboczych. Co do granicy zastosowalności kabli gazowych, to indywidualne wypadki same narzucają wybór systemu; i tak na przykład ostatnio zapytano o kabel 33 kV, ale o tak niezwykle wrażliwym obciążeniu, że na jeden dzień wypadało 8 cykli termicznych. Oczywiście, że w tych warunkach nie może być mowy o innym kablu, jak o kablu napełnionym gazem. Przy próbach kabli gazowych stanowczo opowiada się za nieprzekraczaniem gradienta 10 kV/mm, ponieważ wyższy gradient łatwo może nadwyrężyć kabel podczas samej próby.

P. Dunsbeath jest zdania, że jest zupełnie jasnym, iż gaz musi mieć odpowiednie ciśnienie, dobierane zresztą

do pożądanych warunków pracy. Kable gazowe były przed dwoma laty w stadium prób dziś stanowią one fakt realny, ale z przeprowadzeniem obszerniejszej dyskusji należy zaczekać do czasu otrzymania wyników praktyki przemysłowej.

P. Brazier mówi, że przy pomiarach jonizacji mostek Schering'a nie jest dość czuły i proponuje dokonywanie pomiaru za pomocą wysokiej częstotliwości.

#### Raport Nr. 228 — Kable o przewodniku ścisłym.

S. Bragin, szef Sekcji Kabli przy Komisariacie Przemysłu w Z. S. R. R.

Autor omawia znane zjawisko rozszerzania się oleju podczas cykli termicznych i dochodzi do wniosku, że trzeba możliwie ograniczyć ilość oleju w kablu. Dużo oleju znajduje się w przestrzeni między drutami w wypadku skręcenia żyły z drutów okrągłych, to też należy zastosować pełny drut, — dla większych przekrojów — przewodnik wykonany z tak skombinowanych drutów profilowych, żeby po skręceniu stanowiły one pełny przekrój kołowy. Sowiecki typ O. S. B. pozwala na zaoszczędzenie około 30% ołowiu przez zmniejszenie średnicy kabla, przyczem giętkość kabli ulega tylko nieznacznemu pogorszeniu.

Następnie autor w długim wywodzie, posługując się matematyką niższą, dowodzi że przewodność termiczna styku izolacji z pełnym przewodem będzie lepsza niż z przewodem z drutów, a co za tym idzie — chłodzenie jest lepsze i kable tego typu mogą być przeciążane bardziej niż normalne.

W tym miejscu należy zaznaczyć, że nie jest to całkowicie słuszne, bo mniejsza średnica kabla powoduje gorsze odprowadzenie ciepła z kabla do ziemi, tak że dla każdego wypadku istnieje właściwe optimum.

W końcu rozpatruje, również za pomocą wzorów i założeń uproszczających — spływ oleju w wypadku nierównego terenu i dochodzi do słusznego wniosku, że spływ ten w kablach O. S. B. będzie mniejszy. Dyskusji nad tym referatem nie było.

#### Raport Nr. 229 — Próby porównawcze kabli na napięcie 150 kV.

G. J. Th. Bakker, prezes komitetu studiów nad kablami Konferencji W. S. E., Holandia.

Dla połączenia Hagi z Rotterdamem zaprojektowano kabel 150 kV i w celu wybrania systemu kabla przeprowadzono studia. Praca została wykonana przy współudziale prof. van Staverena, który jest drugim czołowym specjalistą kablowym w Holandii. Prace i opinie obu specjalistów są bardzo cenione na terenie międzynarodowym.

Wobec nieukończenia prac raport podaje jedynie zasady przyjęte przy zamierzonym badaniu typów.

Fabrykom wchodzącym w rachubę dla tak wielkiego zamówienia, zaproponowano dostarczyć próbne odcinki 100 m długości, zaopatrzone w mufy przelotowe i końcowe. Nie ograniczono przytem fabrykantów przepisaniem jakichkolwiek wymiarów lub typów, żądano natomiast uwzględnienia następujących warunków:

- a) dostosowanie się do warunków lokalnych,
- b) pewność ruchu,
- c) ekonomia,
- d) możliwości przepięć i przeciążeń oferowanego systemu,
- e) przewidzenie koniecznych ostrożności i urządzeń specjalnych dla transportu lub montażu kabla.

Na wszystkie te punkty oferujący musiał złożyć dokładne opisy, podkreślając zalety swego systemu i gwarantując osiągnięcie tych zalet.

Autor obszernie punkt po punkcie wyjaśnia, jakie względy należało brać pod uwagę przy opracowywaniu postawionych zapytań.

Nadesłane kable zostały zainstalowane przy laboratorium Politechniki w Arnheim i pod kierunkiem prof. van Staverena przystąpiono do porównawczych prób. Autor opisuje teren, użyte przyrządy i urządzenia oraz sposoby połączeń i obliczenia.

Próby stabilności, uważane przez autora za podstawowe, rozpoczęto w lecie 1935 r. na pięciu różnych kablach o systemach: olejowym i napełnionych gazem i ułożonych w rurze stalowej wypełnionej gazem. Dotychczasowe rezultaty wykazały, że dzisiejszy stan techniki pozwala bez wątpliwości gwarantować pewność ruchu dla kabli 150 kV. Większość systemów wytrzymała próby równorzędnie, natomiast trudności, i to z winy wadliwej konstrukcji, wynikły z mufami.

Przy próbach stwierdzono niesłuszność tezy, propagowanej w Ameryce, iż wystarczy kilkanaście cykli termicznych dla oceny kabla. Okazało się, że mufy do stu cykli miały absolutną stabilność termiczną, ale po 120 lub 130 cykli następowało gwałtowne pogarszanie się, prowadzące do przebiccia.

Również wbrew idei propagowanej przez wielu autorów, że dla kabli nowoczesnych „krzywa życia” już po kilku godzinach osiąga wartość asymptotyczną, — stwierdzono niezbitie, że pomimo ustalenia się charakterystyki po kilku godzinach, — po kilku dziesiątkach godzin następowało pogorszenie.

W dyskusji dr. Dunsheath wieszował osiągniętych wyników, a co do oceny kabli radził zacząć na ukończeniu linii, ponieważ próby na krótkich odcinkach nie zawezają są miarodajne.

#### **Raport Nr. 211 — Próby przepięcia falą udarową w zastosowaniu do techniki kabli podziemnych.**

P. E. Schenneberger — Fabryka kabli w Brougg, Szwajcaria.

Próba przepięcia przez zastosowanie fali udarowej ma na celu stwierdzenie, w jaki sposób zachowuje się instalacja pod wpływem przepięć b. krótkotrwałych pochodzenia atmosferycznego.

Dotychczas nie badano tego, gdyż dla jasnego zdania sobie sprawy z zachodzących zjawisk potrzebny jest oscylograf katodowy.

Pewność ruchu sieci kablowej jest b. wielka, lecz dołączenie do niej linii napowietrznych zmienia sytuację i badanie falami udarowymi staje się konieczne. Referent nie zamierza zbadać skutków działania fali w kablu, lecz ustalić serie prób ogólnych.

Autor opisuje obszernie, lecz nie dość dokładnie, instalacje i trudności, które były pokonane, a w końcu, podając kilka krzywych i zdjęć oscylograficznych, rozważa przeskok powstałe na izolatorach muf końcowych.

Okazuje się, że biegunowość fali ma znaczenie; występują opóźnienia przeskoku przy podłączeniu do izolatora odcinka kabla. Na podstawie osiągniętych wyników autor dochodzi do wniosku, że armatury kablowe powinny być badane nie na kilkakrotne napięcie robocze, lecz na napięcie próby kabla a ponadto falami uskokowymi na b. wysokie napięcia, ponieważ konstrukcja zabezpieczająca przed przebicciem będzie inna dla przepięć atmosferycznych, inna zaś dla przepięć prądu przemysłowego.

Referent generalny w dłuższym wywodzie, podkreślając znaczenie wysiłków badawczych autora, doszedł do wniosku — na podstawie badań holenderskich — że kable o gradience 5, 6 i 7 kV wytrzymują z łatwością ude-

zenie falą podnoszącą gradient maks. do 80 i 90 kV/mm czyli do wysokości, którą określił, jako graniczną, autor referatu.

Ze swej strony zaznaczę, że problem nie został należycie postawiony. Owszem, ciekawe są próby izolatorów końcowych, nie stanowi to jednak nowości; natomiast prześledzenie wzdłuż kabla za pomocą oscylografu katodowego, jak zmienia się kształt i amplituda fali udarowej w miarę oddalania się od końcówki, może być bardzo cenne. Dowiedzielibyśmy się, jaka długość kabla jest narażona na udary niebezpieczne, co pozwoliłoby na poszukiwanie środków neutralizujących działanie przepięć atmosferycznych. Nie wątpię, że prace tego rodzaju będą w przyszłości przeprowadzone.

#### **Raport Nr. 233 — Zniszczenie oleju izolacyjnego przez oddziaływanie na metale kabla.**

K. S. Wyatt — Elektrownia Detroit, U. S. A.

Jednym z najtrudniejszych problemów jest wybór oleju. Łatwo jest oczywiście wybrać jeden z rynkowych, jednakże wybór oparty na dokładnych wiadomościach o oleju jest znacznie trudniejszy. O ile wiadomo dziś, jakie warunki powinien posiadać olej, aby kabel na początku pracy miał dobrą charakterystykę, o tyle bardzo niepewne są wiadomości o tym, jakim warunkom powinien odpowiadać olej, żeby kabel po dłuższej pracy był dobry.

Przyczyny psucia się izolacji w kablu są dwu rodzajów. Pierwszą przyczyną jest jonizacja baniek próżniowych powstałych na skutek cykli termicznych; — problem ten jest dobrze znany, wiadomo, że pod wpływem zjonizowanych gazów olej się polimeryzuje, wydzielając gaz i stałe związki w postaci wosku. Zdaje się, że przy tym procesie olej b. dobrze chroni papier przed rozkładem. Chemiczne zmiany, powstałe podczas rozkładu jonizacyjnego, nie wpływają na stały wzrost strat w izolacji, tym nie mniej jonizacja jest przyczyną większości wypadków z kablami.

Poza jonizacją, występują jeszcze trwałe i stopniowe zmiany chemiczne oleju. Zadaniem referatu jest wykazanie stałego postępu tych zmian i opisanie ich pomiaru.

Uproszczając przypuszcza się, że izolacja jest w całej swej grubości jednakowa, jednakże pomiary wykonane przez autora dały nader ciekawe wyniki. Zdejmując po kolei pojedyncze papiery z odcinka kabla mającego za sobą kilka lat pracy, autor mierzy na każdym z nich kąat stratności. Okazuje się, że wtedy, gdy w środku warstwy izolacji stratność zgodnie z obliczeniami wynosi 0,5 — 1%, to w pobliżu metali, t. j. miedzi i ołowiu stratność podnosi się do niezwykle wysokich wartości jak 5, 6 a nawet 17%.

Zmudne badania chemiczne pozwoliły w końcu ustalić, że wzrostowi stratności towarzyszą zanieczyszczenia na powierzchni papieru, zawierające organiczne związki miedzi, przy papierach bliskich miedzi i związki ołowiu w papierach przy płaszczu. Udało się ustalić związek funkcjonalny tych zjawisk, t. zn. że wzrostem tych zanieczyszczeń gwałtownie rośnie stratność w papierach. Stwierdzono dalej, że omawiane zjawisko, potęguje się razem ze wzrostem napięcia roboczego kabla i ilości cykli termicznych.

Dla powstania związków organicznych metali potrzebna jest obecność tlenu. Tlen znajduje się w kablu w postaci warstewki utlenionego metalu, na powierzchni drutu, w powietrzu zawartym w oleju, włóknach papieru i t. d. i t. d.

Drugim czynnikiem powinna być wilgoć, jednak wyniki doświadczeń wskazują na to, że pole elektryczne działa tu w sposób podobny — powstają związki organiczne miedzi nawet wtedy, gdy nie wykryto obecności wilgoci.

Rodzaj oleju wpływa na powstawanie związków organicznych metali, czyli na zmydlanie oleju, ponieważ różne oleje są w różnym stopniu aktywne względem metali. Nie udało się jednak dotychczas wykryć w tym kierunku jakiejś konkretnej zależności. Można jedynie powiedzieć, że obróbka chemiczna oleju wpływa na jego jakość, szczególnie pozostałości estrów kwasu siarkowego znakomicie ułatwiają zmydlanie.

Autor stwierdził na kilku wypadkach, że powstawanie zmydlania ma ścisły związek z długością życia kabla. Stale wzrastający współczynnik stratności dla papierów szczególnie obciążonych (w pobliżu miedzi) już po 10 latach doprowadzał do takiego wydzielania się ciepła, że przy nadarżającym się przeciążeniu kabla następowały przebicia.

Autor opisuje szereg zbadanych wypadków, podaje metodę chemiczną do wykrywania związków zmydlonych i w konkluzji twierdzi, że we wszystkich kablach następuje stopniowe utlenianie się oleju. Utlenianiu towarzyszy powstawanie zmydlania, które nader podnosi stratność. Staranne odtlenienie we wszystkich fazach fabrykacji jest dobrym środkiem zapobiegawczym.

Obserwowane zjawisko nie jest niebezpieczne (poza indywidualnymi wypadkami) dla kabli do 30, a nawet 60 kV, ma jednak ogromne znaczenie dla kabli b. wysokich napięć.

Właściwej dyskusji nad referatem nie było, prawdopodobnie dlatego, że zawierał on rzeczy nowe, wymagające rozważania. Pp. Emanuelli, van Stavern i Laborde zgodnie uznali, że badania są bardzo poważne i zasługują na największą uwagę.

#### Raport Nr. 206 — Nowe próby ogrzewania kabli ułożonych w ziemi.

E. Evrard, naczelny inżynier Elektrowni w Painaut, Belgia.

Kontynuując pracę opisaną w raporcie złożonym na poprzedniej Konferencji, autor opisuje próby dokonane nad kablami  $3 \times 50$ , 30 kV,  $3 \times 95$  mm<sup>2</sup> 30 kV i  $3 \times 120$ , 6 kV ułożonymi w rowie w różnych warunkach przykrycia. Kable poddawano obciążeniu w ciągu 96 godzin, mierząc temperatury ołowiu i miedzi. Po dokładnym opisaniu próby i podaniu wykresów wzrostu temperatur autor dochodzi do wniosku, że można przeciążać kable w stosunku do liczb podanych przez przepisy, zależy to jednak od przewodnictwa cieplnego ziemi. W każdym wypadku specjalne badanie może ustalić dopuszczalne dla danych warunków trwałe lub zmienne obciążenie kabla.

Metoda pomiaru jest opisana dokładnie i może być bardzo przydatna dla pracowni prowadzących podobne badania.

#### Raport 217 — Problemy magnetyczne w przewodach równoległych, specjalnie zaś w kablach silnoprądowych.

Dr. Tschiasny, Bratislava, Czechosłowacja.

Autor dowodzi, że wszystkie problemy magnetyczne zachodzące w kablu, można traktować łącznie i podaje obliczenia matematyczne samoindukcji, oporu pozornego, efektu Kelvina, efektu zbliżenia i strat dodatkowych w płaszczu ołowianym.

Po wysłuchaniu wyjaśnień referenta, przewodniczący dziękując wyraził nadzieję, że raport zostanie uzupełniony przykładami obliczenia rzeczywistych kabli.

#### Referat Nr. 214 — Kable na 220 kV regionu paryskiego. M. Laborde, Szef służby elektrycznej związku Elektrowni Paryża, Francja.

Raport zaopatrzonej w liczne ilustracje i wykresy jest nadzwyczaj interesujący. W pierwszej części referatu autor omawia trasę, kabel, zasady ułożenia i montażu, w drugiej — wyniki rocznej eksploatacji.

Na linii obwodowej ułożono między Clichy — Sous — Bois i centralą Saint — Denis kabel długości 18,3 km i dalej do centrali w Gennevillers — 8 km.

Zastosowano kabel olejowy systemu Pirelli. Autor podaje dokładną specyfikację wymiarów poszczególnych części kabla. Przekrój żyły wynosi 350 mm<sup>2</sup>, średnica 89,5 mm i waga 27,3 t/km. Zastosowano podwójny płaszcz ołowiany.

Użyte akcesoria składają się z muf złączowych zwykłych i przegrodowych przecinających swobodny przepływ oleju, końcówek, zbiorników ciśnieniowych oleju, manometrów i kontaktów manometrycznych. Wszystkie te części poddano przed ułożeniem próbom typu w wytwórni. Autor podaje szkice tych urządzeń i zasady wykonywania montażu muf. Wszystkie trzy żyły razem ułożono w korytku betonowym przykrytym płytą. Na trasie spotkano szereg przeszkód jak mosty, torowiska, ulice. Faliistość terenu spowodowała, że największa różnica poziomów dochodzi do 50 m. Całą trasę podzielono na 12 sekcji, niezależnie zasilanych olejem. Rezerwoary ciśnieniowe umieszczono w schronach znajdujących się pod złączami przedzielającymi przepływ oleju w kablu. Zależnie od ciśnienia hydrostatycznego wywołanego spadkami terenu zastosowano 270 zbiorników niskiego i 30 wysokiego ciśnienia.

Podczas odbioru wszystkie kable poddano próbom podwójnego napięcia roboczego, a jeden odcinek wypróbowano ponadto 350 kV w ciągu 24 godz., następnie usiłowano — bez powodzenia — przebić go napięciem 450 kV. Statność wahała się zależnie od temperatury w granicach 0,0045 — 0,0035.

Autor opisuje następnie regulację przenoszenia energii i sposób kolejnego włączania urządzeń rozdzielni.

Dla zabezpieczenia się przed niezauważonym upływem oleju w wypadku uszkodzeń kabla założono odpowiedni system alarmowy, który autor opisuje nieco obszerniej.

W pierwszym roku eksploatacji obciążono kabel stopniowo tak pod względem czasu włączenia po pod napięcie, jak i pod względem termicznym.

W czasie pracy zaszyły dwa wypadki z kablem, które jednak nie spowodowały przerwy ruchu.

W konkluzji autor stwierdza: 1) że w ciągu roku kabel pracował nadzwyczaj dobrze. 2) Obciążenie maksymalne nie było zastosowane. 3) Lokalizacja błędów i ich usuwanie jest łatwe. 4) Kable dają b. duże bezpieczeństwo ruchu.

Przy dalszych zamówieniach należy dążyć do obniżenia ceny kabla, a w związku z tym rozważyć zastosowanie jednego tylko płaszcza ołowianego; z drugiej strony należy dążyć do zmniejszenia rocznych strat elektrycznych w kablu.

W dyskusji p. Emanuelli, naczelny inżynier kablowni Pirelli, w sprawie stosowania jednego czy też dwóch płaszczy ołowianych nie może dać odpowiedzi opartej na wiadomościach naukowych. Kwestia dwu płaszczy jest kwestią bezpieczeństwa przed korozją, jest kwestią praktyki.

Podczas produkcji kabla napotkano na trzy następujące ciekawe sprawy. W końcówkach i złączach okazało

się niemożliwym przeimpregnowanie papieru taką masą, to też tylko część tego papieru została dobrze zaimpregnowana. Olej użyty do wypełnienia kabla wydziela gazy. Studiowano bardzo starannie sposoby pozbycia się tego zjawiska. Papier do kabla wykonano po dłuższych studiach. Okazało się, że papier nie jest jednolity, oraz że sole zawarte w wodzie użytej do fabrykacji papieru wpływają na jego właściwości. Laboratoryjnie wytworzono w końcu taką celulozę, która posiadała dość niski kąat stratności, możliwie stały w zakresie temperatur zachodzących w kablu. Następnie znaleziono taką papiernię, która mogła wytworzyć pożądaną papier. Był to jeden z najważniejszych problemów przy produkcji kabla.

Na podstacji w Saint - Denis pokazano urządzenie rozdzielcze na 220 kV, a z kabli — jedynie izolatory muf końcowych.

Krótki film z montażu tego kabla pozwolił zorientować się w ogólnym charakterze robót, które były prowadzone intensywnie i z użyciem szeregu dobrze przemyślanych przyrządów i narzędzi.

Reasumując wrażenia, odniesione z posiedzeń Komisji Kablowej, sądzę, że referaty o kablach gazowych były najciekawszym zagadnieniem tegorocznej Sesji, atrakcyjny był pokaz kabla 220 kV; specjalistów zainteresował referat o stopniowym psuciu się oleju w kablach.

Próby czynione przez Holendrów nad wyborem kabla dla trasy Haga — Rotterdam, przyniosą z pewnością na najbliższą sesję garść dobrze opracowanych wiadomości o właściwościach kabli nowoczesnych.

*inż. Ludwik Jachimowicz.*

## Z DZIEDZINY ELEKTRYFIKACJI

### Uprawnienia rządowe

Urząd Wojewódzki Białostocki podaje do publicznej wiadomości:

o otrzymaniu skierowanego do Ministra Przemysłu i Handlu podania Komunalnej Kasy Oszczędności Powiatu Łomżyńskiego o udzielenie uprawnienia rządowego na wytwarzanie i rozdzielanie energii elektrycznej w celu zawodowego jej zbytu na obszarze m. Kolna pow. Łomżyńskiego.

Urząd Wojewódzki Kielecki podaje do publicznej wiadomości:

o wpłynięciu podania w sprawie zatwierdzenia planów odcinka Starachowice — rzeka Pilica k/Warki — napowietrznej przesyłowej linii elektrycznej o napięciu 150 kV Starachowice — Warszawa. Celem zbadania dopuszczalności zatwierdzenia planów powyższej linii elektrycznej Urząd Wojewódzki Kielecki wyznaczył rozprawę ustną na dn. 26 marca b. r. w Starostwie Powiatowym w Radomiu, na dn. 29 marca w Starostwie Powiatowym w Wierzbniku i na dn. 31 marca b. r. w Starostwie Powiatowym w Koźlicach.

## 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 SEP w postaci nitki rozpoznawczej lnianej barwy żółtej poniższym przedsiębiorstwom, członkom zbiorowym Stowarzyszenia Elektryków Polskich:

**1. Fabryka Przewodów i Sznurów Elektrycznych Izrael M. Finkelstein, Warszawa,** w zastosowaniu do następujących wyrobów:

1. Przewody ogumowane w odzieży odpornej na wpływy atmosferyczne i chemiczne: DGa i LGa.
2. Przewody kablkowe KGao KGap.  
Nitka fabryczna zielona.

**2. Fabryka Przewodów Elektrycznych „Virunit“ Sp. z o. o., Warszawa,** w zastosowaniu do następujących wyrobów:

1. Przewody w gołej powłoce ołowianej: KGp i KGo.  
Nitka fabryczna niebiesko-czerwona (skręcona).

### KOMUNIKAT CENTRALNEJ KOMISJI NORMALIZACJI ELEKTROTECHNICZNEJ \*).

**11. Państwowe Przepisy techniczne na linie napowietrzne prądu silnego.** Prace nowelizacyjne nad powyższymi przepisami były prowadzone przez Komisję we Lwowie pod przewodnictwem p. prof. G. Sokolnickiego oraz przez Komisję w Warszawie pod przewodnictwem p. inż. K. Straszewskiego. Redakcja pierwsza nowelizacji przepisów państwowych, które były ogłoszone jako rozporządzenie Ministra Robót Publicznych w roku 1932, została opracowana przez p. inż. J. Dreszera. Komisja w Warszawie rozpatrzyła „Przepisy na linie napowietrzne“ oraz „Przepisy na skrzyżowania“. Obecnie pierwsza część tych przepisów, tj. „Przepisy na linie elektryczne“ została rozpatrzona przez Komisję Redakcyjną C. K. N. E. i część tą postanowiono ogłosić drukiem jako projekt I nowelizacji. „Przepisy na skrzyżowania linii elektrycznych“ zostały rozpatrzane przez Komisję linii napowietrznych w Warszawie; uchwalone zmiany polecono zredagować wyłonionej w tym celu specjalnej Podkomisji Redakcyjnej. Obecnie przewidziane jest zwołanie posiedzenia Komisji Linii Napowietrznych w Warszawie, celem przejrzania opracowanej redakcji przepisów na skrzyżowania.

**12. Stupy drewniane złożone oraz żelazne części składowe sieci elektrycznych** opracowywane są w biurze Stowarzyszenia. Po zakończeniu prac Komisji nad

\*) Początek p. „Przeł. Elektr.“ Nr 6/1938 r.

liniami napowietrznymi zostaną rozpoczęte prace nowelizacyjne nad przepisami na słupy drewniane oraz na żelazne części sieci elektrycznych.

**13. Przepisy budowy anten odbiorczych.** Prace w Podkomisji antenowej prowadzone są pod przewodnictwem p. mjr. S. Mrazka. Podkomisja opracowuje 1-szy projekt nowelizacji „Przepisów budowy anten odbiorczych“.

**14. Kondensatory stałe i zmienne.** Projekt 1-szy przepisów został opracowany w Podkomisji pod przewodnictwem p. inż. W. Rabęckiego. Projekt ten został przesłany do rozpatrzenia Komisji Redakcyjnej C. K. N. E.

**15. Piece, piecyki, nagrzewacze, grzałki nurkowe, urządzenia wtykowe.** Odpowiednie projekty tych przepisów, opracowywane przez Komisję pod przewodnictwem p. inż. St. Gołębiowskiego, zostały rozpatrzone przez Komisję Redakcyjną C. K. N. E. i ogłaszane są obecnie w „Przeglądzie Elektrotechnicznym“.

**16. Akumulatory stacyjne i wagonowe.** Prace powyższe prowadzone są w Komisji Akumulatorów pod przewodnictwem p. inż. S. Muszyńskiego. Dotychczas zostały rozpatrzone i ogłoszone w „Przeglądzie Elektrotechnicznym“ „Przepisy ogólne“, dotyczące budowy i badania akumulatorów, i przepisy szczegółowe, na akumulatory stacyjne i wagonowe; przepisy powyższe zostały przesłane do rozpatrzenia, jako projekt 1-szy, Komisji Redakcyjnej C. K. N. E.

**17. „Przepisy budowy i obsługi akumulatorni“.** Opracowano projekt 1-szy, który obecnie rozpatrywany jest przez Komisję Redakcyjną C. K. N. E.

**18. Suche i mokre ogniwa.** Prace nad powyższymi przepisami prowadzone są przez Oddział Toruński S. E. P. Przypuszczalnie na X Walne Zebranie S. E. P. opracowany będzie projekt 1-szy tych przepisów.

**19. Przepisy na przyrządy wysokiego napięcia.** Projekt przepisów został opracowany przez p. prof. A. J. Morawskiego i przesłany do Komisji Przepisowej przy Oddziale Zagłębia Węglowego S. E. P. Prace nad powyższymi przepisami prowadzone są pod przewodnictwem p. inż. R. Sobka.

**20. Przewody i kable okrętowe.** Dotychczas opracowano III-cią redakcją 1-go projektu przepisów. Po ustaleniu wymiarów konstrukcyjnych opracowane przepisy zostaną przesłane, jako projekt 1-szy, do rozpatrzenia Komisji Redakcyjnej C. K. N. E. Prace nad powyższymi przepisami prowadzone są pod przewodnictwem p. komandora Aleksandra Sadowskiego. Niezależnie od powyższego prowadzone są w Komisji Urzędów Elektrycznych na Okrętach prace nad „Przepisami budowy i obsługi urządzeń elektrycznych na okrętach“.

**21. Wskazówki badania ochronników przepięciowych.** Wskazówki powyższe opracowywane są przez Komisję Przepięć i Zakłóceń Sieciowych, pod przewodnictwem p. inż. L. Junga. Obecnie rozpatrywana jest sprawa badania ochronników przepięciowych przy zastosowaniu oscylografów katodowych.

**22. Przepisy na urządzenia elektryczne w schronach** opracowane zostały przez Komisję Elektrotechniczną O. P. L. G. pod przewodnictwem p. inż. W. Pućłaty, delegata Ministerstwa Spraw Wojskowych. Projekt 1-szy tych przepisów, rozpatrzony i zatwierdzony przez C. K. N. E., został przesłany do Zarządu Głównego L. O. P. P. do opublikowania i zebrania tą drogą uwag, które posłużą do opracowania 2-go projektu przepisów.

**23. Przepisy na cewki zapłonowe, samochodowe oraz Przepisy na prądnice samochodowe i rozruszniki,** opracowywane są w Komisji Urzędów Elektrycznych na

Samochodach, pod przewodnictwem p. mjr. K. Majkowskiego. Pierwsze projekty tych przepisów będą opracowane po wykonaniu potrzebnych prób, które organizowane są w Państwowych Zakładach Inżynierii. Przeprowadzeniem potrzebnych prób zajmuje się sekretarz Komisji p. inż. Stanisław Lubodziecki, który pełni jednocześnie funkcje referenta Komisji.

**24. Karty instrukcyjne o bezpieczeństwie.** Opracowywaniem tych kart zajmuje się nowoutworzona Komisja Bezpieczeństwa pod przewodnictwem p. inż. St. Bładowskiego. Obecnie opracowywane są karty instrukcyjne o bezpiecznikach oraz o obsłudze silników elektrycznych. Oprócz powyższego zamierzone jest wydanie w czasie najbliższym, w postaci tablic, przepisów o uruchamianiu silników prądu stałego i zmiennego. Opracowywane karty instrukcyjne o bezpieczeństwie oraz tablice mają być rozpowszechniane przy współudziale „Wzorcowni“ przy Muzeum Techniki i Przemysłu oraz Zakładu Ubezpieczeń Społecznych.

## II ZJAZD ELEKTRYKÓW WOJEWÓDZTW LUBELSKIEGO I POLESKIEGO.

Dnia 27 lutego r. b. odbył się w Lublinie II Zjazd Elektryków Województw Lubelskiego i Polskiego zorganizowany przez Lubelski Oddział S. E. P.

Uroczyste otwarcie Zjazdu, poprzedzone nabożeństwem odprawionym w kościele O. O. Kapucynów, odbyło się o godz. 10 w sali konferencyjnej Urzędu Wojewódzkiego Lubelskiego.

W otwarciu wzięli udział: Pan Radca inż. Zieliński, jako przedstawiciel M. P. i H., p. Nacz. inż. Bolcewicz — jako przedstawiciel Urzędu Wojew. Lub., p. Prezydent m. Lublina — Liszkowski, p. inż. Szrot — przedst. Stowarz. Techników Woj. Lubelskiego, p. inż. Szumilin — jako przedstawiciel Zarządu Głównego S. E. P., oraz uczestnicy Zjazdu w liczbie 30 osób. W Zjeździe wzięli udział, oprócz elektryków pracujących na terenie woj. lubelskiego i poleskiego, przedstawiciele następujących przedsiębiorstw i instytucji: „Fabryki Aparatów Elektrycznych K. Szpotański“ — inż. Rutkowski, „Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Warszawie“ — inż. K. Węclawski i „Wielkopolskiego Tow. Elektrycznego“ — inż. K. Rychard.

Zjazd otworzył Prezes Lubelskiego Oddziału S.E.P. — inż. Czerwiński, witając przedstawicieli władz, organizacji oraz uczestników.

Na wniosek Prezesa Oddziału wybrano przez akklamację Prezydium Zjazdu w składzie:

Przewodniczący — inż. W. Szumilin, Członkowie — inż. Szrot i p. Szlagowski, Sekretarz — inż. Kacejko.

Przemówienia powitalne wygłosił:

p. Radca inż. Zieliński,  
p. Nacz. inż. Bolcewicz,  
p. Prezydent m. Lublina Liszkowski,  
p. inż. Szrot oraz  
p. inż. Szumilin.

Następnie inż. Wł. Habiniak wygłosił referat p. t. „Elektryfikacja Województwa Lubelskiego w ostatnim dziesięcioleciu“. Prelegent stwierdził w ostatnich 3 latach szybkie postępy elektryfikacji. W tym okresie na terenie woj. Lubelskiego, na obszarze objętym przez uprawnienie „ZEORK-u“ (dwa zachodnie powiaty) oraz „Lubzelu“ (dziewięć powiatów południowych) wybudowano pokaźną liczbę linii przesyłowych wysokiego napięcia, przeważnie 30 kV i sieci rozdzielczych niskiego napięcia, oraz stworzono związek elektryfikacyjny północnej części województwa.



Ponadto szereg elektrowni lokalnych powiększyło moc zainstalowaną i sieci rozdzielcze.

Z kolei p. inż. K. Białkowski wygłosił referat p. t. „**Propaganda grzejnictwa**“. Referat zaznajomił słuchaczy z metodami propagandy stosowanymi w Elektrowni Zamorskiej, jej organizacją i wynikami. Poza dorywczymi pokazami używalności grzejników za najskuteczniejszy sposób rozpowszechniania grzejników uważa prelegent akwizycję i to stosowaną przez stały personel elektrowni, przy czym pracownicy — akwizytorzy otrzymują pewien procent od sumy uzyskanej ze sprzedaży grzejników. W uzupełnieniu referatu zabrał głos p. inż. Czerwiński, oświadczając, że propaganda w formie przenośnej wystawy, zastosowana w „Lubzeli“ dała nawet we wsiach nadspodziewanie dobre rezultaty. Omawiając konieczność posiadania do tego odpowiednio wykwalifikowanego personelu, stwierdza dobre rezultaty przy powierzaniu tego zajęcia wacacyjnym praktykantom. W dalszym ciągu dyskusji, która zeszła na temat wyboru najodpowiedniejszej taryfy dla światła i grzejnictwa, zabrali głos: inż. inż. Zieliński, Bolcewicz, Sieńkowski, Węclawski i Ostrowski. Dyskusja oświetliła dokładnie wady i zalety poszczególnych taryf, a przede wszystkim taryfy blokowej. Ta ostatnia zdaniem inż. Sieńkowskiego ma szereg

wad, przy oparciu jej o liczbę izb. Wobec przeciągania się dyskusji nad taryfami zamknięto ją po przemówieniu radcy Zielińskiego, który dowodził, że w chwili obecnej taryfa blokowa jest najodpowiedniejsza przy należyтым określeniu wysokości bloków. Wysokość bloków nie może przy tym być ustalana dla każdego odbiorcy indywidualnie, gdyż byłoby to krzywdą dla abonenta.

W przerwie uczestnicy zjazdu zwiedzili w Cukrowni „Lublin“ nowoczesną elektrownię przemysłową.

Po południu inż. H. Bielski wygłosił referat p. t. „**O małych elektrowniach lokalnych i ich pionierskiej roli w ogólnej elektryfikacji kraju**“. Po przypomnieniu głównych zasad programu ogólnej elektryfikacji kraju, przedstawieniu jej dotychczasowych wyników, omawiał prelegent trudności w rozwoju elektryfikacji okręgowej wynikające wskutek nieprzygotowania terenu. Małe elektrownie lokalne nie spełniają naogół należycie swej pionierskiej roli, skutkiem braku należytego kierownictwa, odpowiedniego dozoru technicznego oraz trudnych warunków finansowych, w jakich się one znajdują. Możliwość poprawy tych stosunków widzi prelegent przez zastosowanie przymusowego dozoru technicznego oraz oddzielenie ogólnej gospodarki samorządów od gospodarki elektrowni.

Sprawa dozoru technicznego nad zakładami elektrycznymi wywołała dłuższą dyskusję, w której zabrali głos inż. inż. Węclawski, Habiniak, Rutkowski i Golla. Na terenie województw Śląskiego, Poznańskiego i Pomorskiego sprawa dozoru unormowana jest w ten sposób, że jest on wykonywany przez Stow. Dozoru Kot-

łów, które jednocześnie, jako posiadające odpowiednio wykwalifikowany personel, sprawuje rolę doradcy technicznego w sprawach rozbudowy lub przebudowy urządzeń. Na terenie pozostałych województw sprawa ta nie jest ujęta ustawowo i dozór stosowany jest jedynie przez niektóre przedsiębiorstwa, rozumiejące jego znaczenie.

Dotychczasowy nadzór techniczny sprawowany przez Urzędy Wojewódzkie uważany jest za niewystarczający.



Uczestnicy II Zjazdu Elektryków Województw Lubelskiego i Poleskiego.

P. inż. Nowakowski w referacie p. t. „**Oświetlenie w przemyśle**“, ilustrowanym bogato przezroczkami, należycie przekonał obecnych o korzyściach racjonalnego oświetlenia warsztatów pracy, podał główne zasady rozwiązywania tego zagadnienia i przedstawił liczne przykłady z różnych gałęzi przemysłu wzorowo oświetlonych miejsc pracy.

P. inż. Rutkowski wygłosił komunikat na temat ochronników i zastosowania do nich specjalnych bezpieczników. Następnie poruszył sprawę stosowania dla rozrachunków z większym odbiorcą dokładnych transformatorów mierniczych, podkreślając wynikające z tego korzyści.

Rezolucji żadnych nie uchwalono. Na zakończenie zebrani jeszcze raz pokrótce omówili najważniejsze sprawy poruszane na Zjeździe:

1. Propagandę grzejnictwa.
2. Stosowanie racjonalnego oświetlenia.
3. Wydzielenie gospodarki zakładów elektrycznych z ogólnej gospodarki samorządów.
4. Unormowanie zagadnienia należytego dozoru technicznego.

Prezes Oddziału Lubelskiego S. E. P. zwrócił się z apelem do zebranych, aby wciągali do współpracy resztę elektryków, którzy nie przybyli na Zjazd, zwłaszcza kolegów pracujących na terenie woj. Poleskiego.

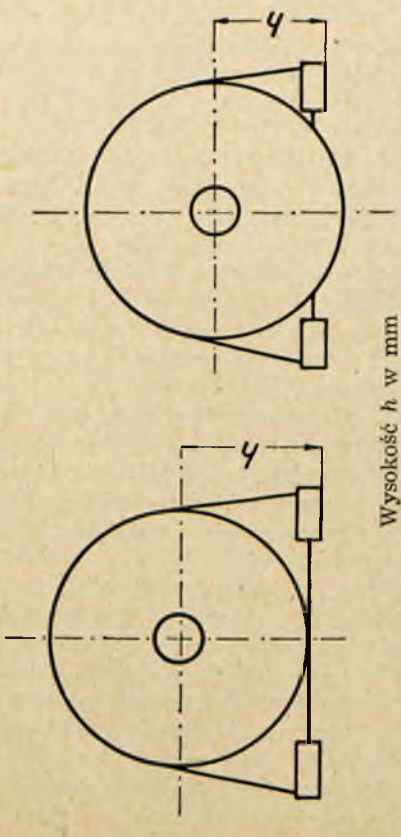
Następnie podziękował wszystkim przybyłym na Zjazd i przewodniczącemu za sprężyste prowadzenie obrad.

Po zamknięciu Zjazdu — uczestnicy udali się na kolację koleżeńską do Resursy Kupieckiej.

PROJEKT 1-szy\*)  
**PNE**  
 63 — 1938  
**WYMIARY MASZYN ELEKTRYCZNYCH\*\*)**

Uwaga: Wszelkie prawa przedrukowe zastrzeżone przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

**Tablica 1.**  
 Wysokość osi maszyn elektrycznych.



Kolumna I	Wysokość h w mm			
	Kolumna II	Kolumna III	Kolumna IV	Kolumna I
100	100	100	100	400
	112	112	112	400
	125	125	125	450
	140	140	140	500
160	160	160	160	500
	170	170	170	530
	180	180	180	560
	190	190	190	605
200	200	200	200	630
	212	212	212	630
	225	225	225	710
250	250	250	250	750
	265	265	265	800
	280	280	280	800
	315	315	315	850
	335	335	335	900
	355	355	355	900
	375	375	375	950
				1000
				1000
				1000

Wyjaśnienia do tablicy 1.

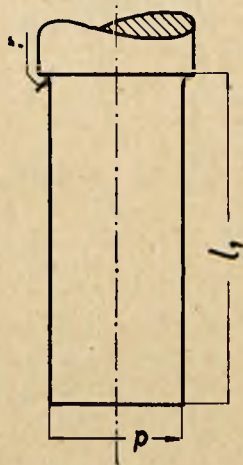
1. Kolumna I — liczby szeregu piątkowego.  
 Kolumna II — liczby szeregu dziesiątkowego.  
 Kolumna III — liczby szeregu dwudziestkowego.  
 Kolumna IV — liczby szeregu czterdziestkowego.
2. Używać przede wszystkim wysokości z kolumny I, następnie z kolumny II i tylko w wypadkach gęstego stopniowania — wysokości z kolumny III i IV.
3. Dla wysokości poniżej 100 mm i powyżej 1000 mm zalecane są te same liczby, jak między 100 i 1000, podzielone lub mnożone przez 10.
4. Dla maszyn do bezpośredniego napędu montowanych na wspólnych płytach z innymi maszynami dla wysokości „h” mierzonych po stronach czotowych wałów, stosują się następujące tolerancje w dół:

Wysokość h w mm	Tolerancje w mm
od 50 do 250	— 0,5
ponad 250 do 600	— 0,1
ponad 600 do 1000	— 1,5

\*) Uwagi do niniejszego projektu nadsyłać do dnia 15 maja 1938 r. p. a. Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa 1, Królewska 15.  
 \*\*) Opracowane przez Podkomisję Normalizacji Wymiarów Maszyn Elektrycznych, Komisji II Maszyn Elektrycznych SEP. W pracach brali udział pp. Dubicki Bolesław, Roman Jerzy (przewodniczący), Reutt Antoni (referent) i Tuzinkiewicz Józef.

**Tablica 2.**

Trzony wałów maszyn elektrycznych.  
Trzony cylindryczne.



Wymiary w mm

Srednica $d$	Długość $l_1$	Promień $r$	Pasowanie dla $d$
6	16	0,6	k 6
6	20		
10	23	1,0	
12	30		
14	30	1,5	
16	40		
18	40	2,5	
19 <sup>1)</sup>	50		
20	50	k 6	
22	40		
24 <sup>1)</sup>	60	k 6	
25	60		
28	60	k 6	
30	80		
32	80	k 6	
35	80		
38	80	k 6	

<sup>1)</sup> Do łożysk kulkowych 20 lub 25 mm.

Srednica $d$	Długość $l_2$	Promień $r$	Pasowanie dla $d$
40	110	2,5	k 6
42	110		
45	110		
48	110		
50	110		
55	119	3	
60	140		
65	140		
70	140		
75	140	4	
80	170		
85	170		
90	170		
95	170	5	m 6
100	210		
110	210		
120	210	6	
130	250		
140	250		
150	250	8	
160	300		
170	300		
180	300	8	
190	350		
200	350		

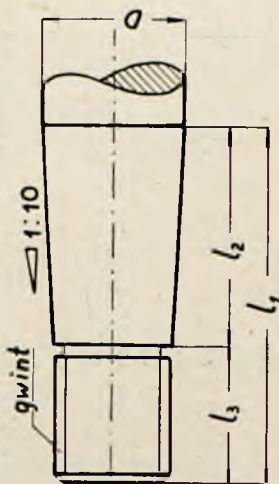
1. Wymiary podane tłustym drukiem są najbardziej zalecane.

2. Wartości podane w rubryce „Promień  $r$ ” należy traktować, jako orientacyjne.

3. Pasowanie wg układu tolerancyjnego PN/N-1. Trzon K 6 w skojarzeniu z otworem H7, daje pasowanie lekko wciskane, natomiast trzon m6 z tymże otworem H7 daje pasowanie wciskane (zwykłe). Dla uzyskania pasowań mocno wciskanych, wtlaczanych lub osadzeń skurczonych należy stosować ciśniejsze otwory.

Tablica 3.

Trzony wałów maszyn elektrycznych.  
Trzony długie stożkowe.



Wymiary w mm

Większa średnica stożka D	G w i n t metryczny drobny	Długość całkowita $l_1$	Długość części stożkowej $l_2$	Długość części nagwintowanej $l_3$
6	M 4 × 0,35	16	10	6
8	M 6 × 0,75	20	12	8
10	M 6 × 0,75	23	15	8
12	M 8 × 0,75	30	18	12
14	M 10 × 1	30	18	12
16	M 10 × 1	40	28	12
18	M 10 × 1	40	28	12
19	M 12 × 1,5	50	36	14
20	M 12 × 1,5	50	36	14
22	M 12 × 1,5	50	36	14
24	M 16 × 1,5	60	42	18
25	M 16 × 1,5	60	42	18
28	M 16 × 1,5	60	42	18
30	M 20 × 1,5	80	58	22
32	M 20 × 1,5	80	58	22
35	M 22 × 1,5	80	58	22
38	M 22 × 1,5	80	58	22

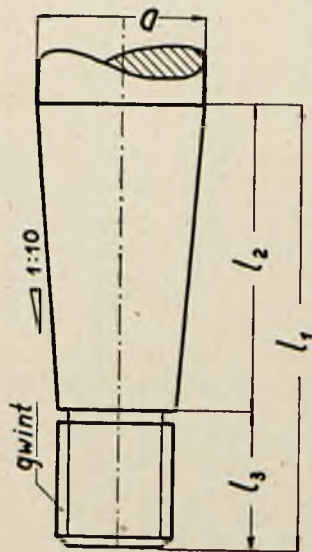
Większa średnica stożka D	G w i n t metryczny drobny	Długość całkowita $l_1$	Długość części stożkowej $l_2$	Długość części nagwintowanej $l_3$
40	M 27 × 1,5	110	82	28
42	M 27 × 1,5	110	82	28
45	M 27 × 1,5	110	82	28
48	M 33 × 1,5	110	82	28
50	M 33 × 1,5	110	82	28
55	M 33 × 1,5	110	82	28
60	M 42 × 1,5	140	105	35
65	M 42 × 1,5	140	105	35
70	M 48 × 1,5	140	105	35
75	M 48 × 1,5	140	105	35
80	M 60 × 2	170	130	40
85	M 60 × 2	170	130	40
90	M 60 × 2	170	130	40
95	M 60 × 2	170	130	40
100	M 76 × 2	210	165	45
110	M 80 × 2	210	165	45
120	M 80 × 2	210	165	45
130	M 100 × 2	250	200	50
140	M 100 × 2	250	200	50
150	M 110 × 3	250	200	50
160	M 130 × 3	300	240	60
170	M 130 × 3	300	240	60
180	M 130 × 3	300	240	60
190	M 150 × 3	350	280	70
200	M 150 × 3	350	280	70

Wymiary podane tłustym drukiem są najbardziej zalecane.

Gwinty: metryczny drobny podług PN/G — 208, 209, 210, 211.

Tablica 4.

Trzony wałów maszyn elektrycznych.  
Trzony krótkie stożkowe.



Wymiary w mm

Większa średnica stożka D	G w i n t metryczny drobny	Długość całkowita l <sub>1</sub>	Długość części stożkowej l <sub>2</sub>	Długość części nagwintowanej l <sub>3</sub>
6	M 4 × 0,35	12	6	6
8	M 6 × 0,75	16	8	8
10	M 6 × 0,75	18	10	8
12	M 8 × 0,75	24	12	12
14	M 10 × 1	26	14	12
16	M 10 × 1	28	16	12
18	M 10 × 1	30	18	12
19	M 12 × 1,5	33	19	14
20	M 12 × 1,5	34	20	14
22	M 12 × 1,5	36	22	14
24	M 16 × 1,5	42	24	18
25	M 16 × 1,5	43	25	18
28	M 16 × 1,5	46	28	18
30	M 20 × 1,5	52	30	22
32	M 20 × 1,5	54	32	22
35	M 22 × 1,5	57	35	22
38	M 22 × 1,5	60	38	22

Większa średnica stożka D	G w i n t metryczny drobny	Długość całkowita l <sub>1</sub>	Długość części stożkowej l <sub>2</sub>	Długość części nagwintowanej l <sub>3</sub>
40	M 27 × 1,5	68	40	28
42	M 27 × 1,5	70	42	28
45	M 27 × 1,5	73	45	28
48	M 33 × 1,5	76	48	28
50	M 33 × 1,5	78	50	28
55	M 33 × 1,5	83	55	28
60	M 42 × 1,5	95	60	35
65	M 42 × 1,5	100	65	35
70	M 48 × 1,5	105	70	35
75	M 48 × 1,5	110	75	35
80	M 60 × 2	120	80	40
85	M 60 × 2	125	85	40
90	M 60 × 2	130	90	40
95	M 60 × 2	135	95	40
100	M 76 × 2	145	100	45
110	M 80 × 2	155	110	45
120	M 80 × 2	165	120	45
130	M 100 × 2	180	130	50
140	M 100 × 2	190	140	50
150	M 110 × 3	200	150	50
160	M 130 × 3	220	160	60
170	M 130 × 3	230	170	60
180	M 130 × 3	240	180	60
190	M 150 × 3	260	190	70
200	M 150 × 3	270	200	70

Wymiary podane tłustym drukiem są najbardziej zalecane.  
Gwinty: metryczny drobny podług PN/G 208, 209, 210, 211.

Definicje elektryczne ciąg dalszy  
do str. 162 Nr. 6 „P. E.” 1938 r.

03.01.17 — 03.01.19

03.01.17	<b>Ladunek statyczny</b> Charge statique Statische Ladung Static charge	Ladunek pozostający w spoczynku.
.18	<b>Gęstość ładunku</b> Densité de charge Ladungsdichte Density of charge	Ladunek rozłożony na elemencie linii, powierzchni, lub przestrzeni, podzielony przez wielkość tego elementu.
.19	<b>Elektryzacja</b> Électrisation Elektrisierung Electrification	Działanie mające na celu wytworzenie ładunków elektrycznych.

03.02.01 — 03.02.10

### 03.02. POLE ELEKTRYCZNE

#### CHAMP ÉLECTRIQUE — ELEKTRISCHES FELD ELECTRIC FIELD

Oznaczenie	Pojęcie	Określenie
03.02.01	<b>Pole elektryczne</b> Champ électrique Elektrisches Feld Electric field	Obszar przestrzenny, gdzie istnieje stan fizyczny zdolny do przejawiania się z mocą sił elektrycznych.
.02	<b>Pole elektrostatyczne</b> Champ électrostatique Elektrostatisches Feld Electrostatic field	Pole elektryczne nie zmieniające swych własności w czasie.
.03	<b>Nateżenie pola elektrycznego</b> Intensité de champ électrique Elektrische Feldstärke Electric field strength	Iloraz siły działającej na ładunek elektryczny, umieszczony w kanaliku podłużnym (o kierunku zgodnym z kierunkiem polaryzacji danego środowiska w danym punkcie), przez ten ładunek.
.04	<b>Indukcja elektryczna</b> Induction électrostatique Elektrische Induktion Electrostatic induction	Iloraz siły działającej na ładunek elektryczny, umieszczony w szczelinie poprzecznej (prostopadłej do kierunku polaryzacji w danym punkcie), przez ten ładunek.
.05	<b>Linia nateżenia pola elektrycznego</b> Ligne de champ électrique Elektrische Feldlinie Electric field line	Linia pola, którego wektorem jest natężenie pola elektrycznego.
.06	<b>Rurka nateżenia pola elektrycznego</b> Tube de champ électrique Elektrische Feldröhre Electric field tube	Rurka pola, którego wektorem jest natężenie pola elektrycznego.
.07	<b>Strumień nateżenia pola elektrycznego</b> Flux de champ électrique Elektrischer Fluss Electric flux	Strumień pola, którego wektorem jest natężenie pola elektrycznego.
.08	<b>Linia, rurka, strumień</b>	Analogicznie do I - 03.02.05, 03.02.06,
.09	<b>— indukcji elektro-</b>	03.02.07.
.10	<b>statycznej</b>	

03.03. DIELEKTRYK

DIELECTRIQUE — DIELEKTRIKUM — DIELECTRIC

Oznaczenie	Pojęcie	Określenie
03.03.01	<b>Dielektryk</b> Diélectrique Dielektrikum Dielectric	Srodowisko materialne, w którym może istnieć pole elektryczne w stanie statycznym.
.02	<b>Dielektryk doskonały</b> Diélectrique parfait Vollkommenes Dielektrikum Perfect dielectric	Dielektryk, w którym cała energia potrzebna do wytworzenia w nim pola elektrycznego powraca do układu elektrycznego (źródła), kiedy pole to znika.
.03	<b>Dielektryk niedoskonały</b> Diélectrique non-parfait Unvollkommenes Dielektrikum Imperfect dielectric	Dielektryk, w którym część energii potrzebnej do wytworzenia pola elektrycznego nie wraca do układu elektrycznego (źródła), kiedy pole to znika, lecz zamienia się w ciepło.
.04	<b>Dipol</b> Dipôle Dipol Dipole	Zespół dwu równych ładunków o znaku przeciwnym, bardzo blisko siebie leżących.
.05	<b>Moment dipola</b> Moment d'un dipôle Dipolmoment Dipol moment; electric moment	Wektor zwrócony od ładunku ujemnego do dodatniego, którego miarą jest iloczyn ładunku dipola przez odległość tych ładunków.
.06	<b>Polaryzacja dielektryczna</b> Polarisation diélectrique Dielektrische Polarisation Dielectric polarisation	Stan, jaki osiąga dielektryk pod wpływem pola elektrycznego, określony wektorem równym ilorazowi momentu dipola, jaki przedstawia element danego dielektryka, przez objętość tego elementu.
.07	<b>Polaryzować (dielektryk)</b> Polariser Polarisieren To polarize	Przeprowadzać polaryzację dielektryka.
.08	<b>Przenikalność dielektryczna; stała dielektryczna</b> Constante diélectrique Dielektrizitätskonstante Dielectric constant	Stosunek indukcji do natężenia pola elektrycznego w danym punkcie dielektryka w przypadku, gdy kierunek wektorów indukcji i natężenia pola elektrycznego jest identyczny.

03.02.11	<b>Potencjał elektryczny</b> Potential électrique Elektrisches Potential Electric potential	Skalar, którego gradientem z odwrotnym znakiem jest natężenie pola elektrycznego w danym punkcie pola. W polu elektrostatycznym jest on równy pracy, jaką wykonają siły pola przy przesuwanii jednostki elektryczności z danego punktu do nieskończoności.
.12	<b>Różnica potencjałów elektrycznych</b> Différence de potentiel Potentialdifferenz Potential difference	Całka linijowa natężenia pola elektrostatycznego wzdłuż drogi łączącej dane punkty.
.13	<b>Napięcie elektryczne</b> Tension électrique Elektrische Spannung Electric voltage	Całka linijowa natężenia pola elektrycznego wzdłuż drogi łączącej dane punkty.
.14	<b>Energja pola elektrycznego; energja elektryczna</b> Énergie du champ électrique Energie des elektrischen Feldes Energy of the electric field	Całkowita energia potencjalna, jaką posiadają ładunki elektryczne w danym ich ugrupowaniu w polu.
.15	<b>Równowaga elektryczna</b> Équilibre électrique Elektrisches Gleichgewicht Electric equilibrium	Rozkład ładunków elektrycznych, przy którym natężenie pola elektrycznego nie powoduje ruchu ładunku.
.16	<b>Cisnienie elektrostatyczne</b> Pression électrostatique Elektrostatischer Druck Electrostatic pressure	Iloraz siły odpychającej, jaką wywiera cały ładunek pewnego ciała na ładunek elementarny powierzchni tego ciała, przez powierzchnię tego elementu.
.17	<b>Wyladowanie elektryczne</b> Décharge électrique Elektrische Entladung Electrical discharge	Zjawisko wyrównania się potencjałów dwóch punktów układu elektrycznego.

03.03.17 — 03.03.25

03.03.17	<b>Prąd absorpcji</b> Courant d'absorption Absorptionsstrom Absorption current	Prąd odpowiadający gromadzeniu się ładunków elektrycznych w dielektryku nie-doskonałym, poddany działaniu pola elektrycznego.
.18	<b>Prąd dielektryczny</b> Courant diélectrique Dielektrischer Strom Dielectric current	Prąd powstający w dielektryku poddanym działaniu pola elektrycznego. Składa się on z prądu przewodzenia, prądu przesunięcia i prądu absorpcji.
.19	<b>Straty dielektryczne</b> Pertes diélectriques Dielektrische Verluste Dielectric loss	Energia, lub moc, stracone w dielektryku poddanym działaniu zmiennej polaryzacji.
.20	<b>Stratność dielektryczna</b> Pertes diélectriques spécifiques Dielektrische Verlustziffer Coefficient of loss	Stosunek strat dielektrycznych elementu dielektryka do objętości tego elementu.
.21	<b>Kąt strat dielektrycznych</b> Angle des pertes diélectriques Dielektrischer Verlustwinkel Dielectric phase angle	Przesunięcie fazowe pomiędzy prądem dielektrycznym a prądem przesunięcia w danym dielektryku, w przypadku, gdy te dwa prądy są sinusoidalne.
.22	<b>Spółczynnik strat dielektrycznych</b> Facteur des pertes diélectriques Dielektrischer Verlustfaktor Power factor of dielectrics	Tangens kąta strat dielektrycznych.
.23	<b>Oporność dielektryczna</b> Résistance diélectrique Dielektrischer Widerstand Dielectric resistance	Stosunek różnicy potencjałów, występującej na odcinku rurki indukcji dielektrycznej, do strumienia indukcji elektrycznej objętego przez tę rurkę.
.24	<b>Pojemność (elektryczna)</b> Capacité Kapazität Capacity	Własność układu przewodników i dielektryków, polegająca na zdolności gromadzenia ładunków elektrycznych.
.25	<b>Pojemność przewodnika</b> (odosobnionego) Capacité d'un conducteur séparé Kapazität eines Leiters Capacity of a conductor	Stosunek przyrostu ładunku elektrycznego przewodnika do odpowiedniego przyrostu potencjału tego przewodnika.

(C. d. n.)

03.03.09 — 03.03.16

03.03.09	<b>Przenikalność dielektryczna względna; stała dielektryczna względna</b> Pouvoir inducteur spécifique Relative Dielektrizitätskonstante Specific inductive capacity	Stosunek pojemności kondensatora o pewnym dielektryku do pojemności tego samego kondensatora, mającego jako dielektryk próżnię (a praktycznie powietrze).
.10	<b>Ładunek szcztkowy</b> Charge résiduelle Restladung Residual charge	Ilość elektryczności pozostająca w dielektryku po ustaniu przyczynny polaryzacji.
.11	<b>Histeresa dielektryczna</b> Hystérésis diélectrique Dielektrische Hysterese Dielectric hysteresis	Zjawisko polegające na tym, że polaryzacja dielektryka zależy nie tylko od tej wartości napięcia pola, jakie w danej chwili istnieje, lecz także od jego wartości poprzednich.
.12	<b>Wiskoza dielektryczna</b> Viscosité diélectrique Dielektrische Nachwirkung Dielectric viscosity	Zjawisko polegające na tym, że zmiany polaryzacji dielektryka postępują z pewnym opóźnieniem za zmianami napięcia pola, zależnie od szybkości tych zmian.
.13	<b>Absorbcja dielektryczna</b> Absorption diélectrique Dielektrische Absorption Dielectric absorption	Własność niedoskonałego dielektryka gromadzenia w sobie rzeczywistych ładunków elektrycznych, gdy znajduje się on w polu elektrycznym.
.14	<b>Przesunięcie dielektryczne</b> Déplacement électrique Dielektrische Verschiebung Electric displacement	Wektor mający ten sam kierunek, co indukcja elektrostacyjna, a miarę $4\pi$ razy mniejszą.
.15	<b>Prąd przesunięcia</b> Courant de déplacement Verschiebungsstrom Displacement current	Pochodna strumienia przesunięcia dielektrycznego względem czasu.
.16	<b>Gęstość prądu przesunięcia</b> Densité du courant de déplacement Verschiebungsstromdichte Displacement current density	Pochodna przesunięcia dielektrycznego względem czasu.

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 № 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 „Przeгляд Elektrotechniczny”, Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.