

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XVI.

1 Sierpnia 1934 r.

Zeszyt 15.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Czackiego 5, tel. 690-23.

WIELKOŚCI FIZYCZNE I ICH WYMIARY

Dr. Witold Pogorzelski

Prof. Politechniki Warszawskiej.

501:531.7

Wstęp.

Pojęcie wymiarów i jednostek wielkości fizycznych, a szczególnie wielkości elektromagnetycznych, aczkolwiek wielokrotnie omawiane, niezawsze jest ujmowane w sposób właściwy i budzi liczne wątpliwości. W niniejszym artykule omawiam jeszcze raz powyższe kwestje, wskazując na istotne ich pojmovanie.

1. Wielkość i jej miara (wartość).

Nie wdając się w dokładną analizę pojęcia wielkości wogóle, zaznaczę, iż zasadniczą wielkością w nauce jest odcinek prostej, wielkości innego rodzaju odwzorujemy najchętniej (jeśli to jest możliwe) przy pomocy odcinków.

Wiadomo, że gdy przyjmiemy dowolny odcinek jako jednostkowy, to wtedy każdemu odcinkowi możemy podporządkować określoną liczbę, wymiarną lub niewymiarną, zwaną *miarą* lub *długością* odcinka, w ten sposób, aby były spełnione następujące warunki:

- odcinki równe mają miary równe;
- większy z dwóch odcinków ma większą miarę;
- miara sumy dwóch odcinków równa się sumie miar tych odcinków;
- jeżeli liczba l jest miarą odcinka A , gdy odcinek U obrano za jednostkowy, zaś liczba u jest miarą odcinka U , gdy nowy odcinek U' obrano za jednostkowy, to nowa miara l' tego samego odcinka A będzie równa iloczynowi

$$l' = lu \quad (1)$$

Analogicznie wprowadzamy pojęcie miary pewnych innych wielkości, jak np. czasu i masy; w razie zamiany jednostki tych wielkości, miara ich ulega zmianie według równania, analogicznego do równania (1).

W nauczaniu początkowym arytmetyki i fizyki, mówi się zwykle, jakoby istniały dwa rodzaje liczb rzeczywistych, mianowicie liczby oderwane i liczby mianowane. Otóż, ze względu na nasze późniejsze rozważania, musimy zaznaczyć, iż rozróżnienie takie jest całkowicie nieistotne, bo pojęcie t. zw. „liczby mianowanej”, np. pięciu złotych lub sześciu jabłek, nie jest wcale liczbą, lecz pewnym zbiorem przedmiotów; niema więc żadnych „liczb mianowanych” w nauce poważnej.

Jednakże w fizyce dopisywanie mianowań do liczby, wskazujących na rodzaj użytych jednostek, jest stosowane powszechnie; nawet do wzorów fizycznych podstawiamy liczby, łącznie z mianowaniami, aczkolwiek wzory fizyczne trzeba traktować zawsze, jako związki między liczbami. Postaramy się wskazać na treść istotną tego postępowania, zarówno w zastosowaniu do wielkości podstawowych,

za jakie obieramy długość, masę i czas, jak i do wielkości od nich pochodnych.

Niech N_0 będzie liczbą, przedstawiającą miarę pewnej wielkości podstawowej, gdy wielkość tego samego rodzaju, którą oznaczymy literą j , obrano za jednostkową. Otóż umówmy się teraz, aby symbol j traktować jako liczbę zmienną*) równą mierze wielkości j , gdy dowolną wielkość rozważanego rodzaju obierzemy za jednostkową; w razie takiej umowy, na zasadzie związku (1), iloczyn

$$N = N_0 j \quad (2)$$

przedstawiać będzie wyrażenie ogólne miary N wielkości danej przy dowolnym wyborze jednostki. Jeśli, zgodnie z tą samą powyższą umową, traktować będziemy symbol innej jednostki j' , to napiszemy związek

$$j = \alpha j' \quad (3)$$

gdzie α oznacza miarę wielkości j , gdy wielkość j' obrano za jednostkową. Jeżeli więc N_0 jest miarą danej wielkości, gdy wielkość j obrano za jednostkową, to $N_0 \alpha$ będzie miarą danej wielkości, gdy wielkość j' obierzemy za jednostkową i możemy napisać równość liczb

$$N_0 j = (N_0 \alpha) j' \quad (4)$$

zachowując dla liczb zmiennych j i j' znaczenie umówione powyżej, pod warunkiem, aby oba te symbole były miarami, gdy ta sama dowolna wielkość obrano jest za jednostkową. Gdy jednostka wielkości nazwana jest pewnym wyrazem, jak np. *gram*, *centymetr*, *sekunda* i t. d., to wtedy jako czynnik zmienny j przyjmiemy skrót odpowiedniego wyrazu (*cm*, *g*, *sek*). Przykładem związku (4) będzie np. równość

$$3 \text{ sek} = \left(3 \cdot \frac{1}{60}\right) \text{ min}$$

gdzie czynniki, oznaczone symbolem *sek* i *min*, mają to znaczenie, które umówione było dla czynników zmiennych j i j' . Jeśli np. liczba l_0 jest miarą odcinka, gdy centymetr obrano za jednostkę, to zmienna l , wyrażająca miarę tego samego odcinka, przy dowolnym wyborze jednostki, będzie miała postać $l = l_0 \text{ cm}$, z zachowaniem umowy co do czynnika zmiennego *cm*.

2. Wielkości pochodne i ich wymiary.

Jako wielkości podstawowe w fizyce obieramy długość, masę i czas**). Inne wielkości fizyczne, pochodne od

*) W matematyce nazywamy *zmienną* wszelki symbol, który oznacza dowolną wielkość, należącą do rozważanego zbioru wielkości.

**) W nauce o cieple do wielkości podstawowych zaliczamy nadto temperaturę.

powyższych, określamy przez wykonanie pewnych działań matematycznych nad miarami wielkości podstawowych.

Przypuśćmy, iż obserwujemy pewne zjawisko przyrody, w którym występują grupy wielkości podstawowych, o znaczy długości, masy i przedziały czasu. Niech symbole

$$l', l'', l''', \dots \quad (5)$$

oznaczają miary występującej grupy odcinków przy dowolnej, lecz tej samej jednostce długości; niech następnie symbole

$$m', m'', m''', \dots \quad (6)$$

oznaczają miary mas występujących ciał, wyrażone w tej samej lecz dowolnej jednostce masy, wreszcie niech symbole

$$t', t'', t''', \dots \quad (7)$$

oznaczają miary rozpatrywanych przedziałów czasu przy dowolnej jednostce czasu. Otóż, obserwując dane zjawisko, określamy wielkość pochodną w charakterystyczną dla danego zjawiska, jako wynik pewnych działań matematycznych nad powyższymi miarami zmiennymi (l', l'', \dots); (m', m'', \dots); (t', t'', \dots) wielkości podstawowych, wynik tych działań oznaczmy symbolicznie w ten sposób:

$$w = F(l, m, t) \quad (8)$$

Zaznaczamy, iż wyrażenie matematyczne $F(l, m, t)$, określające daną wielkość pochodną, może zawierać, oprócz działań elementarnych wykonanych nad wielkościami (5), (6), (7), również pochodne i całki pewnych z tych wielkości traktowanych jako funkcje innych.

W razie zmiany jednostek długości, masy i czasu, zmieniać się będą miary wielkości l, m, t i wobec tego zmieniać się będzie wartość wyrażenia (8); otóż wartości wyrażenia (8) w różnych układach jednostek długości, masy i czasu, nazywać będziemy *miarami* wielkości pochodnej w , odpowiadającymi poszczególnym układom jednostek. Niech litera L będzie symbolem pojęcia długości, litera M symbolem pojęcia masy i litera T symbolem pojęcia czasu. *Wymiarem* wielkości pochodnej w , określonej przez wzór (8), nazywamy wyrażenie symboliczne

$$L^\alpha M^\beta T^\gamma \quad (9)$$

które wskazuje, iż miara wielkości pochodnej w ulega pomnożeniu przez czynnik

$$\lambda^\alpha \mu^\beta \tau^\gamma \quad (10)$$

gdy, wskutek zmiany jednostek, miary długości l ulegają pomnożeniu przez czynnik dowolny λ , miary masy m przez czynnik dowolny μ i miary czasu t przez czynnik dowolny τ . Wymiar jest prosto pewną *własnością matematyczną* wyrażenia (8), określającego wielkość pochodną, własność tę wyrazimy w sposób następujący:

$$F(\lambda l, \mu m, \tau t) = \lambda^\alpha \mu^\beta \tau^\gamma F(l, m, t); \quad (11)$$

wykładniki α, β, γ występujące w wyrażeniu wymiaru, są to pewne liczby wymierne stałe, charakterystyczne dla określonej wielkości pochodnej (8), symbole zaś λ, μ, τ mają wartości dowolne.

Niech l_0, m_0, t_0 (z dodatkiem odpowiedniego przedziałka) będą miarami rozważanych wielkości podstawowych w pewnym szczególnym układzie jednostek np. w układzie C. G. S., podstawiając te wartości do wyrażenia (8), otrzymamy miarę w_0 wielkości pochodnej w układzie C. G. S.:

$$w_0 = F(l_0, m_0, t_0)$$

Jeśli teraz symbole jednostek cm, g, sek , zgodnie z poprzednią umową oznaczać będą *zmiennie od siebie niezależne, mianowicie miary jednostek o tej samej nazwie w dowolnym układzie jednostek*, to wtedy, według wzoru (2), wyrażenia *miar zmiennych* l, m, t wielkości podstawowych, rozważanych w dowolnym układzie jednostek, będą miały postać iloczynów

$$l = l_0 \text{ cm}; \quad m = m_0 \text{ g}; \quad t = t_0 \text{ sek}; \quad (12)$$

A zatem wyrażenie ogólne określonej wielkości pochodnej (8) będzie miało postać

$$w = F(l_0 \text{ cm}, m_0 \text{ g}, t_0 \text{ sek}) \quad (13)$$

Na podstawie jednak własności (11), określającej wymiar wielkości w , napiszemy

$$F(l_0 \text{ cm}, m_0 \text{ g}, t_0 \text{ sek}) = \text{cm}^\alpha \text{g}^\beta \text{sek}^\gamma F(l_0, m_0, t_0) \quad (14)$$

znaki bowiem cm, g, sek są istotnymi czynnikami liczb l_0, m_0, t_0 .
Mamy więc następujące, stosowane stałe wyrażenie ogólne wielkości pochodnej w o wymiarze (9), z którego można obliczyć miarę tej wielkości przy dowolnym wyborze jednostek podstawowych:

$$w = w_0 \text{cm}^\alpha \text{g}^\beta \text{sek}^\gamma; \quad (15)$$

we wzorze powyższym w_0 jest miarą danej wielkości w układzie C. G. S., to znaczy wartością $F(l_0, m_0, t_0)$, którą przybiera wyrażenie ogólne $F(l, m, t)$, gdy za jednostkę długości oberzemy centymetr, za jednostkę masy — gram i za jednostkę czasu — sekundę. Podkreślamy, pamiętając o umówionym sensie znaków cm, gr, sek , iż wyrażenie $\text{cm}^\alpha \text{g}^\beta \text{sek}^\gamma$ jest istotnym iloczynem potęg czynników zmiennych cm, g, sek .

Jeśli miara w_0 wielkości pochodnej w układzie C. G. S. równa się *jedności*, wtedy wielkość taka, w dowolnym innym układzie jednostek, wyraża się przez iloczyn

$$\text{cm}^\alpha \text{g}^\beta \text{sek}^\gamma \quad (16)$$

oto dłaczego wyrażenie (16) jest symbolem jednostki pochodnej o wymiarze $L^\alpha M^\beta T^\gamma$ w układzie C. G. S.

Zaznaczamy, iż *umówiona niezależność* od siebie dowolnych jednostek (a więc i czynników cm, g, sek) *wielkości, uznanych za podstawowe* w wyrażeniu wielkości pochodnej, jest najbardziej charakterystyczną cechą, wyróżniającą wielkości podstawowe.

Weźmy dla przykładu wielkość pochodną v , zwaną prędkością ruchu jednostajnego i określoną jako stosunek drogi przebytej l do odpowiedniej miary czasu t , a więc przez wzór

$$v = \frac{l}{t}$$

gdzie zmiennie l i t są miarami przy dowolnych jednostkach długości i czasu. Jeśli l_0 i t_0 są miarami drogi i czasu w układzie C. G. S., to

$$l = l_0 \text{ cm}; \quad t = t_0 \text{ sek}$$

i zgodnie z umową o znaczeniu czynników cm i sek napiszemy wyrażenie prędkości w dowolnym układzie jednostek

$$v = \frac{l_0 \text{ cm}}{t_0 \text{ sek}} = \frac{l_0}{t_0} \text{ cm sek}^{-1}$$

wyrażenie cm sek^{-1} będzie więc miarą prędkości w dowolnym układzie, której miara $\frac{l_0}{t_0}$ w układzie C. G. S. równa się *jedności*. W przypadku ruchu, w którym droga l jest pewną funkcją czasu:

$$l = f(t)$$

prędkość określamy jako pochodną wielkości l względem czasu t i otrzymamy wyrażenie o tym samym wymiarze

$$v = \lim \frac{\Delta l}{\Delta t} = \lim \frac{\Delta l_0}{\Delta t_0} \cdot \frac{\text{cm}}{\text{sek}} = \frac{d l_0}{d t_0} \text{ cm sek}^{-1}$$

gdyż czynniki cm, sek , aczkolwiek zmiennie ze względu na dowolność jednostek, są jednak stałe w procesie różniczkowania. Podobnie dla przyspieszenia otrzymamy

$$a = \frac{d^2 l}{d t^2} = \frac{d^2 l_0}{d t_0^2} \text{ cm} \cdot \text{sek}^{-2}$$

Zaznaczamy, iż samo wyrażenie (15), chociaż pozwala obliczyć miarę wielkości w dowolnym układzie jednostek,

gdy dana jest miara w_0 , nie określa jednoznacznie sensu fizycznego wielkości w , jeżeli wyrażenie matematyczne (8) nie jest podane, oraz jeśli nie jest wskazany czynnik fizyczny, którego ono dotyczy; wynika to z faktu, iż *dwie różne wielkości pochodne, to znaczy dwa różne wyrażenia matematyczne (8) mogą mieć ten sam wymiar* i wobec tego jednakowe wyrażenia miar (15) oraz jednostki (16). Samo np. wyrażenie miary 5 sek^{-1} , nie określa jednoznacznie sensu fizycznego wielkości, może ono bowiem być zarówno częstotliwością drgań ν , to znaczy odwrotnością okresu, jak również pulsacją $2\pi \nu$.

Z powyższego powodu, jak również dla skrócenia, pożądanym jest, aby wyrażenie jednostki $\text{cm}^\alpha \text{g}^\beta \text{sek}^\gamma$ pewnej określonej wielkości pochodnej, często używanej, oznaczyć krótkim symbolem, np. skrótem odpowiedniego wyrazu, wyłączenie obranego dla danej wielkości, skojarzonej z pewnym czynnikiem fizycznym. Określając np. siłę, jako iloczyn masy przez przyspieszenie:

$$f = m a = (m_0 \text{ g}) (a_0 \text{ cm sek}^{-2}) = (m_0 a_0) \text{ cm g sek}^{-2}$$

otrzymujemy dla jej jednostki wyrażenie cm g sek^{-2} , które oznaczamy krótko symbolem *dyna*:

$$\text{dyna} = \text{cm} \cdot \text{g} \cdot \text{sek}^{-2}$$

i zachowujemy ten symbol tylko dla pojęcia siły. Oczywiście wyraz *dyna*, który wyżej ma znaczenie czysto formalne, może być też użyty jako *nazwa czynnika fizycznego*, który masie grama nadaje przyspieszenie cm sek^{-2} . Aczkolwiek nie jest wykluczone, przez wprowadzenie odpowiednich aksjomatów i definicji, operowanie *bezpośrednie* pewnymi wielkościami, które nie są liczbami, jak np. odcinki, pola, to jednak takie postępowanie ma znaczenie czysto logiczne i niema tej rozległości co działania nad miarami; dlatego też podkreślamy, iż *istota główna wielkości fizycznej pochodnej tkwi w samym umówionym wyrażeniu matematycznym (t. j. funkcji), określającym daną wielkość, jako wynik działań matematycznych nad miarami zmiennymi wielkości podstawowych*. Był fizyczny mają obserwowane zjawiska przyrody*), wielkości natomiast pochodne, które tym zjawiskom podporządkowujemy, nie są „objawione”, lecz są utworami teoretycznymi naszego umysłu i mają pewne cechy dowolności. Wiąc np. istota prędkości lub przyspieszenia tkwi w pewnym wyrażeniu matematycznym, natomiast był fizyczny ma sam ruch, dla którego pojęcie prędkości i przyspieszenia zostały utworzone. Podobna uwaga dotyczy może np. pojęcia potencjału, natężenia prądu i t. d. W myśl tej uwagi, wprowadzenie pojęcia jednostki wielkości pochodnej przedstawia się inaczej, niż jednostki wielkości podstawowej np. jednostki długości, którą w pierw obieramy i następnie tworzymy pojęcie miary odcinków. Wielkość pochodna mianowicie jest określona bezpośrednio przez działanie matematyczne nad miarami wielkości podstawowych, a jej jednostka w danym układzie np. C. G. S. wynika wtedy z tej definicji, jako odpowiadająca takiemu zbiorowi miar wielkości podstawowych, dla którego wyrażenie, określające daną wielkość pochodną, równa się jedności. O tej okoliczności zapomina się często w fizyce i określa nieistotnie jednostkę wielkości pochodnej przed definicją właściwą samej wielkości.

3. Jednorodność związków fizycznych.

Niech będzie związek fizyczny między pewną grupą miar wielkości podstawowych i pochodnych w_1, w_2, w_3, \dots , zawierający sumę kilku składników o postaci

*) Chociaż i one też zależą w pewnym stopniu od naszego ujęcia.

$$f_1(w_1, w_2, w_3, \dots) + f_2(w_1, w_2, w_3, \dots) + \dots + f_n(w_1, w_2, w_3, \dots) = 0 \quad (16)$$

gdzie f_1, f_2, \dots, f_n oznaczają wyniki pewnych działań matematycznych, wykonanych nad miarami w_1, w_2, w_3, \dots .

Wykażemy, że, aby związek fizyczny (16) był prawdziwy w dowolnym układzie jednostek wielkości podstawowych L, M, T , trzeba i wystarcza, żeby wszystkie składniki f_1, f_2, \dots, f_n danego związku miały ten sam wymiar. Istotnie, przypuśćmy, iż wyrażenie $L^{\alpha_1} M^{\beta_1} T^{\gamma_1}$ jest wymiarem składnika f_1 , wyrażenie $L^{\alpha_2} M^{\beta_2} T^{\gamma_2}$ jest wymiarem składnika f_2 i t. d., wreszcie wyrażenie $L^{\alpha_n} M^{\beta_n} T^{\gamma_n}$ jest wymiarem składnika f_n ; otóż zgodnie z definicją wymiaru, jeśli, wskutek zmiany jednostek długości, masy i czasu, miary długości ulegną pomnożeniu przez czynnik λ , miary masy pomnożeniu przez czynnik μ i miary czasu przez czynnik τ , to składnik f_1 ulegnie pomnożeniu przez czynnik $\lambda^{\alpha_1} \mu^{\beta_1} \tau^{\gamma_1}$, składnik f_2 pomnożeniu przez czynnik $\lambda^{\alpha_2} \mu^{\beta_2} \tau^{\gamma_2}$ i t. d. Wobec tego, wskutek zmiany jednostek, lewa strona związku (16) przybierze postać

$$\lambda^{\alpha_1} \mu^{\beta_1} \tau^{\gamma_1} \cdot f_1 + \lambda^{\alpha_2} \mu^{\beta_2} \tau^{\gamma_2} \cdot f_2 + \dots + \lambda^{\alpha_n} \mu^{\beta_n} \tau^{\gamma_n} \cdot f_n$$

Aby więc związek (16), prawdziwy w pewnym szczególnym układzie jednostek, był prawdziwy w dowolnym układzie jednostek długości, masy i czasu, to znaczy dla dowolnych wartości czynników λ, μ, τ , trzeba i wystarcza, żeby zachodziła równość wykładników

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n$$

$$\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n$$

$$\gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_n$$

a to właśnie oznacza tożsamość wymiarów składników f_1, f_2, \dots, f_n równania fizycznego (16).

Cechę powyższą nazywamy *jednorodnością równania fizycznego*.

Wzory fizyczne jednorodne są bardzo dogodne, gdyż nie wymagają nadmienienia, w jakim układzie jednostek są prawdziwe. We wzorach jednorodnych można oczywiście podstawić na miejsce symboli ogólnych miar, liczby pomnożone przez czynniki o postaci $\text{cm}^\alpha \text{g}^\beta \text{sek}^\gamma$ i nad temi czynnikami wykonywać wskazane działania. Np. wzór na okres drgania wahadła

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{\gamma}}$$

jest jednorodny i podstawiając $l = l_0 \text{ cm}$; $\gamma = \gamma_0 \text{ cm} \cdot \text{sek}^{-2}$ otrzymamy, po wykonaniu wskazanych rachunków, czynnik sek:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l_0 \text{ cm}}{\gamma_0 \frac{\text{cm}}{\text{sek}^2}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{\gamma_0}} \cdot \text{sek}$$

Większość wzorów fizycznych, którymi operujemy, ma cechy jednorodności, nie należy jednak sądzić, aby ta jednorodność była charakterystyczna dla zjawisk przyrody, jest ona bowiem własnością przez nas samych nadaną, wskutek odpowiedniej definicji wielkości fizycznych.

Jeśli związek fizyczny, wyrażający pewne prawo przyrody, nie jest jednorodny, to możemy go uczynić jednorodnym, wprowadzając do niego nowe wielkości uzupełniające. Np. nie jest jednorodny wzór Newtona

$$f = 6,67 \cdot 10^{-8} \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

wyrażający w układzie C. G. S. siłę, z jaką przyciągają się dwie masy o miarach m_1 i m_2 w odległości r .

Można go jednak uczynić jednorodnym, to znaczy prawdziwym w dowolnym układzie jednostek, pisząc go w postaci

$$f = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

przez wprowadzenie nowej wielkości fizycznej k , zwanej stałą grawitacji, mającej pewien wymiar i zmieniającej się ze zmianą jednostek według wzoru

$$k = 6,67 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ sek}^{-2}$$

Mówiliśmy iż związek fizyczny, z powodu swej jednorodności, zawiera symbole ogólne miar w dowolnym ukła-

dzie jednostek, otóż niektórzy autorowie interpretują tę własność w ten sposób, iż twierdzą jakoby związek fizyczny nie wyrażał zależności między miarami wielkości, lecz między „samymi” wielkościami¹⁾; według naszych uwag, co do istoty wielkości fizycznej pochodnej, pogląd powyższy nie jest rzeczowy.

(C. d. n.).

¹⁾ Wallot. Zeitschrift für Physik, 1922.

WŁASNOŚCI I WYRÓB IZOLACJI GUMOWEJ PRZEWODÓW ELEKTRYCZNYCH.

Inż. Stanisław Bładowski.

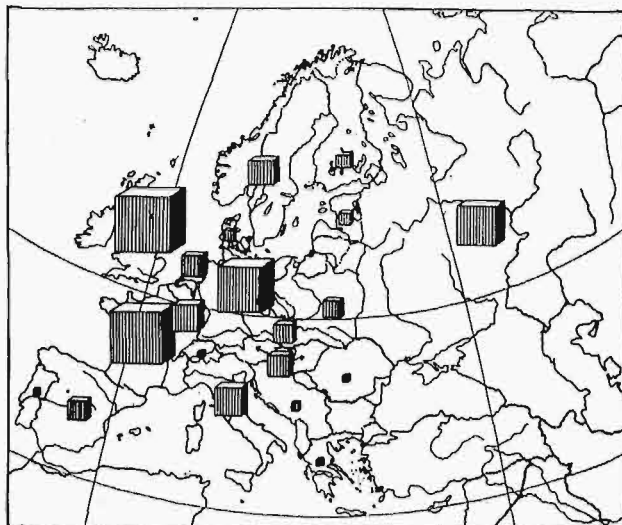
[678.1 + 678.022/9] : (677.732 + 621.315.2)

Przewody elektryczne, stosowane w urządzeniach prądu silnego, posiadają najczęściej izolację gumową. Mimo znacznego rozpowszechnienia przewodów ogumowanych w polskiej literaturze technicznej brak wiadomości o zasadniczych własnościach i wyrobie izolacji gumowej. W artykule niniejszym pragnąłbym omówić w zarysach najogólniejszych charakterystyczne własności izolacji gumowej oraz niektóre procesy fabrykacji przewodów ogumowanych.

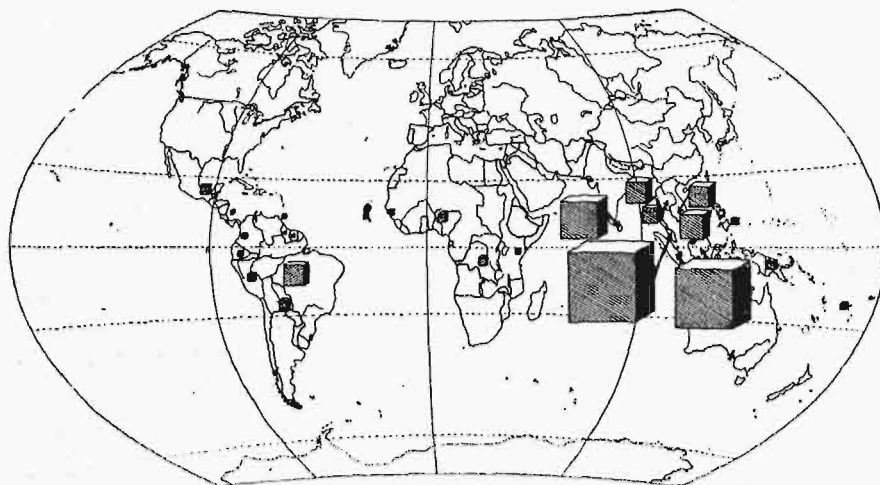
Normy na przewody i kable elektryczne prądu silnego P. N. E. 5 określają nie tylko grubość izolacji gumowej, ale też i zasadnicze własności chemiczne oraz niektóre własności fizyczne gumy. Najważniejszym i zasadniczym składnikiem izolacji gumowej jest kauczuk. W warstwach izolacyjnych przewodów ilość kauczuku wynosić musi według ustalonych norm przynajmniej 33 $\frac{1}{3}$ %, zaś w oponach zewnętrznych kabli oponowych dochodzi nawet do 60% całkowitej wagi gumy. Kauczuk odgrywa ważną i podstawową rolę przy fabrykacji izolacji gumowej dlatego zajmujemy się nim bliżej.

Kauczuk otrzymujemy po nacięciu kory drzewa kauczukowego. Wówczas w miejscu nacięcia wypływa ciecz, w rodzaju żywicy, o wyglądzie mleka. Nosi ona nazwę lateksu. Pod nacięciem krajowcy zakładają na drzewie naczynia blaszane, gdzie zbiera się wypływająca ciecz, poczem po napełnieniu ich wlewają zawartość do większego zbiornika. Drzewo kauczukowe najlepszego gatunku, n. p. „*hevea brasiliensis*”, może dać

w czasie sezonu zbioru około 20 litrów lateksu. Ilość ta zależy jednak jeszcze od pory roku, sposobu nacinania i uprawy drzewa. Początkowo spotykano drzewa kauczukowe,



Rys. 2.



Rys. 1.

a — drzewa, dziko rosnące; b — plantacje.

rosnące dziko w dorzeczu rzeki Amazonki w Brazylii. Dały one najlepszy surowiec. Dziś plantacje drzew kauczukowych rozciągają się po obu stronach równika w Ameryce, Afryce, Archipelagu Malajskim i na Cejlonie. Z ostatnich zwłaszcza krajów pochodzi dziś większa część produkcji kauczuku. Rys. 1 przedstawia nam mapkę produkcji światowej kauczuku, zaś rys. 2 — spożycie kauczuku w poszczególnych państwach Europy według dr. Gustawa Hübnera^{*)}.

Bardzo interesującą jest wewnętrzna budowa lateksu. Początkowe badania były utrudnione, gdyż lateks w dość krótkim czasie zmienia swój stan koloidalny. Dopiero w ostatnich latach, gdy poznano, iż przez dodanie alkalii, można lateks zakonserwować

^{*)} Kautschuk. Dr. Gustav Hübner 1933 Verlag dr. Bodenbender. Berlin — Steglitz.

badania zyskały wielce na systematyczności i jednostajności.

Badając pod mikroskopem¹⁾ lateks, pochodzący z drzew kauczukowych, zauważymy znaczną ilość drobnych kuleczek, cząsteczek owalnych lub jajowatych, które wykonują ruchy Browna. Są to właśnie cząsteczki kauczuku. Wymiary ich zależnie od wieku drzewa wynoszą mniej więcej: długość około 4 do 5 μ zaś szerokość od 0,5 do 3 μ . Ponieważ znaczna ilość cząsteczek kauczuku posiada jednak wymiary jeszcze mniejsze, widzialną jest dopiero pod ultramikroskopem.

Kształt cząsteczek kauczuku, zawartych w lateksie drzew kauczukowych, jest różny. Tak n. p. pochodzące z drzewa *hevea brasiliensis* mają kształt owalny, z drzew *ficus elastica* posiadają kształt okrągły, zaś ciecz mleczna drzewa *manihot glaziovii* wygląda jak gęsta lepiała się masa, posiadająca cząsteczki kauczuku w kształcie przecinka.

Lateks możemy uważać za dyspersję mikroskopijnie małych cząsteczek kauczuku w wodnistym serum. Zawiera ono oprócz kauczuku, jako medjum dyspersyjne wodę, dalej inne składniki, jak: białko, cukier, żywice, tłuszcze, woski, sole mineralne, garbniki, enzymy i barwniki.

Ilość kauczuku w lateksie drzew „*hevea brasiliensis*” zależna jest od czasu i sposobu nacięcia drzewa i wynosi średnio dla drzew 10 letnich od 32 do 38%.

Składniki, zawarte w lateksie, wpływają w dużym stopniu na własności uzyskanego kauczuku.

Cząsteczka kauczuku składa się z elastycznej osłony z trudno rozpuszczalnych węglowodorów oraz plastycznej a nawet płynnej zawartości jądra. W cząsteczce kauczuku rozróżniamy więc dwa rodzaje węglowodorów, różniące się wybitnie własnościami fizycznymi oraz rozpuszczalnością w benzolu. Pumererowi udało się oba te rodzaje węglowodorów w cząsteczce kauczuku rozdzielić i zbadać z osobna.

Każda cząsteczka kauczuku o strukturze opisanej otoczona jest jeszcze nazewnątrz warstwą adsorbacyjną, utworzoną z substancji proteinowych.

Koagulacja lateksu nazywamy wydzielanie się cząsteczek kauczuku z lateksu. Występuje ona już częściowo wówczas, gdy lateks zostawimy w spokoju, pod wpływem powietrza.

Najstarszym sposobem otrzymywania kauczuku z lateksu było wędzenie. Krajowcy wykonywali to w sposób następujący: rozpalali ognisko z orzechów palmowych, po czym do znajdującego się w zbiorniku lateksu zanurzali kij, oblepiony gliną. Po wyjęciu go ze zbiornika wolno obracali na ogniu. Pod wpływem ciepła, woda, zawarta w lateksie, parowała, a na drzewcu pozostawała cienka warstwa kauczuku. Proces ten powtarzano wiele razy, aż utworzył się na kiju gruby bal gumy. Wówczas rozcimano go i sprzedawano jako surowiec do dalszej przeróbki. Wiele cennych własności, jakie posiada kauczuk, produkowany tym sposobem, przypisać należy antyseptycznym własnościom dymu, a zwłaszcza znajdującemu się w dymie orzechów palmowych kwasowi octowemu i kreosotowemu. Kauczuk otrzymany w ten sposób ma zapach wędzonki i dlatego nazywany bywa kauczukiem wędzonym (po angielsku „*smoked sheets*”). Ma on barwę wybitnie brązową.

Na plantacjach kauczuk otrzymuje się z lateksu w sposób rozmaity, n. p. przepuszcza się dym pod ciśnieniem do zbiornika z lateksem, względnie uzyskuje się silną koagulację przez dodanie rozcieńzonego kwasu mrówczanego lub octowego. Wówczas lateks koagulując tworzy na swej po-

wierzchni kożuch, który się zbiera i poddaje dalszym przeróbkom czyszczenia. Tak powstały kauczuk ma kolor jasny i nosi nazwę „*crepe*”.

Kauczuk surowy, otrzymany w jeden z wielu znanych dzisiaj sposobów, poddaje się procesom mycia na walcach przy użyciu wody i pary, celem usunięcia wszelkich możliwych zanieczyszczeń, poczem wałcuje się na walcach żebrowych na płaty. W tej formie dostaje się kauczuk do przemysłu kablowego jako składnik do wyrobu gumy.

Kauczuk surowy jest materiałem miękkim, stosunkowo mało elastycznym w temperaturze pokojowej. Rozciągając go, zauważono ciekawe zjawisko t. zw. „kryształizacji” kauczuku (H. Mark). Badając kauczuk przy pomocy promieni Röntgena, zauważymy, iż w stanie nierozciągniętym przedstawia się on nam jako bezładna masa cząstek. Tymczasem rozciągnięty — daje wyraźne widmo interferencyjne promieni Röntgena podobnie jak kryształy lub włókna celulozy. Kryształizacja kauczuku wzrasta w miarę rozciągania pasma, po skurczeniu zanika.

Równoległe z pojawieniem się widma promieni Röntgena, charakterystycznych dla ciał o strukturze krystalicznej, zauważono jeszcze podczas rozciągania t. z. „efekt Joula” wydawania ciepła podczas rozciągania pasma kauczuku i odwrotnie, — pobierania przy kurczeniu się, co odpowiada ciepłu kryształizacji roztworów, pobieranemu podczas rozpuszczania się kryształów, a oddawanemu przy kryształizacji. Hauser i Mark zauważyli dalej, iż widmo interferencyjne rozciągniętego kauczuku ze wzrostem temperatury maleje i przy plus 60° C zupełnie zanika. Po oziębieniu zjawia się jednak z powrotem. Kauczuk rozpuszczania się w płynach pochodzenia organicznego, jak: benzol, benzyna, trójchlorek węgla, tworząc kolloid, przy czem wiskoza tych roztworów zależną jest od rodzajów kauczuku.

Elastyczność surowego kauczuku jest niewielka, dopiero pod wpływem t. z. procesu wulkanizacji kauczuk staje się bardzo elastyczny i rozciągliwy oraz zmienia swe własności elektryczne.

Wulkanizacja polega na dodaniu do surowego kauczuku odpowiedniej ilości siarki i poddaniu tej mieszaniny przez pewien określony czas, działaniu ciepła w temperaturze około 150° C. Jest to t. z. „wulkanizacja na gorąco”, stosowana również przy wyrobie gumy w przemyśle kablowym.

Zależnie od ilości dodanej siarki, czasu i temperatury wulkanizacji możemy po wulkanizacji uzyskać produkt twardy lub miękki.

Przy dodaniu n. p. 30 do 40% siarki do kauczuku i dłuższym czasie wulkanizacji otrzymujemy kauczuk twardej, nierozciągliwej, tymczasem przy dodaniu 1 do 5% siarki tworzą się kauczuki miękkie, elastyczne i nieplastyczne.

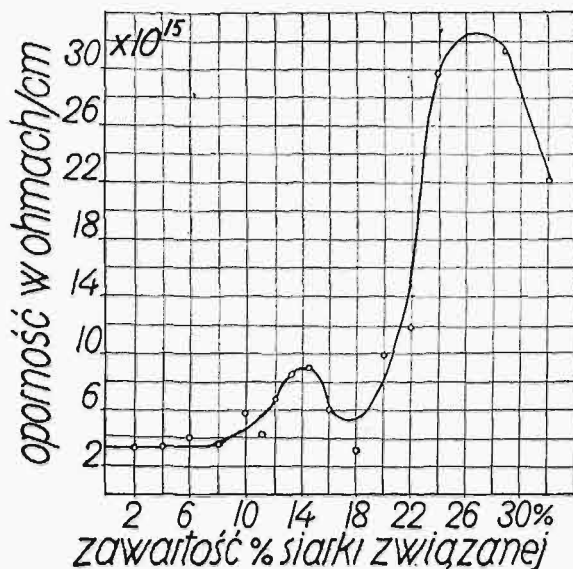
Kauczuk zwulkanizowany jest odporny na działanie wilgoci oraz ciepła i mrozu. Oporność elektryczna kauczuku skutkiem wulkanizacji również wybitnie wzrasta. Wzrost oporu elektrycznego bardzo jednak zależy od ilości dodanej siarki czyli od produktu końcowego wulkanizacji. Tab. I

Tabela I

Kauczuki surowe	Oporność w megomach na cm ³
Jasne Crepy	30 × 10 ³
	40 × 10 ³
	50 × 10 ³
Sheets	3 × 10 ³
	10 × 10 ³
	60 × 10 ³
Paraguma	35 × 10 ³

¹⁾ por. E. A. Hauser — Latex — Drezno, 1927.

podaje nam wartości oporności izolacji elektrycznej kauczuków surowych, zaś na rys. 3¹⁾ mamy zależność oporności od zawartości siarki według Curtisa i Mc Phersona. Widzimy, iż oporność izolacji zwulkanizowanego kauczuku może prawie 7-krotnie przewyższyć oporność kauczuku surowego.



Rys. 3.

Chociaż proces wulkanizacji kauczuku znany jest od dawna²⁾, nie posiadamy jeszcze jednoznacznego wytłumaczenia naukowego tego zjawiska. Obecnie wiemy napewno tylko tyle, iż nie jest to proces wyłącznie chemiczny, jak utrzymywano dawniej, ale raczej proces kolloidalno-chemiczny o bardzo skomplikowanym przebiegu. Warto wspomnieć w tym miejscu, iż identyczne własności kauczuku zwulkanizowanego, otrzymywali Le Blanc i Kröger³⁾ w surowym kauczuku, a więc bez dodatku siarki w temperaturach niższych od minus 50° C. Z tego względu uważają oni wulkanizację za pewien proces reagregacyjny, który jedynie pod wpływem katalitycznego działania siarki lub połączeń siarki, przełożony został do temperatur wyższych.

Skutkiem procesu wulkanizacji guma względnie kauczuk uzyskuje znane już własności fizyczne. Jeżeli jednak będziemy przydłużać działanie ciepła bez równoczesnego dodatku wolnej siarki, nastąpi proces odwrotny, t. j. utrata cennych własności mechanicznych: guma stanie się twarda i krucha. Zjawisko to znane jest pod nazwą „przewulkanizowania”.

Oprócz procesów kolloidalnych, mających wybitny wpływ na mechaniczne własności kauczuku, podczas wulkanizacji, odbywa się również i proces chemiczny tworzenia końcowych związków (C₅H₈)_xS⁴⁾.

Można tu wspomnieć, iż oprócz procesów wulkanizacji na gorąco znane są też i inne sposoby wulkanizacji, np. „wulkanizacja na zimno” przy użyciu roztworów chlorku siarki lub siarczku węgla. Metody te jednak szerszego zastosowania w przemyśle kablowym nie znalazły.

¹⁾ Na rys. 3 zamiast cm winno być cm².

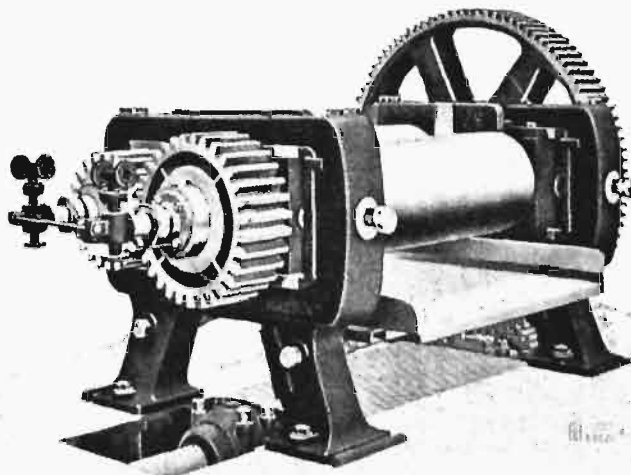
²⁾ Curtis, Mc Pherson; Scott. Scient. Pap. Bur. Stand. Nr. 560.

³⁾ Wynalazek wulkanizacji zawdzięczamy prawie równoczesnym odkryciom Hanckeka w Anglii i Godeyera w Ameryce w r. 1843.

⁴⁾ Kolloid-Zeitschrift 33, 267 (23), 37, 205 (26).

Czysty kauczuk, posiada stosunkowo małe zastosowanie do wyrobu izolacji. W przemyśle kablowym stosuje się go najczęściej jako główny składnik do wyrobu gumy.

Gumy są to mieszaniny, które oprócz kauczuku i siarki posiadają jeszcze cały szereg składników innych, zwanych „napelniającami”. Dodatki te w postaci prosz-



Rys. 4.

ków lub płynów miesza się razem z kauczukiem przed wulkanizacją. Ponieważ jednak kauczuk jest ciałem stałym, zaś przy wyrobie gumy wszelkie domieszki muszą być należycie i jaknajdokładniej rozmieszane w kauczuku, kauczuk poddaje się w pierw procesowi mastykacji czyli młynienia.

Mastykację czyli młynienie wykonuje się na walcach stalowych (rys. 4), ogrzewanych od wewnątrz a obracających się w przeciwnych kierunkach z różną szybkością obwodową. Nieplastyczny, surowy kauczuk, dostawczy się na wałce mieszankowe, po pewnym czasie skutkiem działania ciepła i zgniotu staje się zupełnie plastyczny i ciastowaty.

Proces mastykacji również nie posiada jednolitej teorii, tłumaczącej nam zmiany, zachodzące wówczas w kauczuku. Według v. Roseema podczas mastykacji ma występować częściowe uszkodzenie mechaniczne cząsteczek kauczuku, powodowane zgniotem, skutkiem czego kuleczki kauczuku pękają, a płynne jądro wylewa się na zewnątrz. Im więcej cząsteczek kauczuku zostanie uszkodzonych, tem kauczuk staje się plastyczniejszy. Jednak tylko nieznaczna ich część ulega zgniotowi, reszta prześlizguje się łatwo między walcami dzięki temu, iż masa adsorbcyjna, otaczająca kuleczki kauczuku, pod wpływem ciepła staje się rzadsza i ze swej strony uplastycznia kauczuk. Proces mastykacji winien być tak prowadzony, by utrata elastyczności kauczuku pod wpływem młynienia była zjawiskiem odwracalnym. Jeżeli jednak skutkiem długiego walcowania zbyt wiele cząstek kauczuku zostaje porozrywanych, wówczas uplastycznienie kauczuku staje się trwałe; mówimy, iż kauczuk został „zawalcowany na śmierć”.

Podobny wypadek zdarzyć się może, gdy mastykację kauczuku wykonujemy na walcach zimnych. Wówczas masa adsorbcyjna, otaczająca kuleczki kauczuku, pozostając gęsta, uniemożliwia prześlizgiwanie się cząsteczek kauczuku podczas młynienia, zostają one przeto masowo uszko-

dzone i porozrywane, skutkiem czego tu również występuje zjawisko zawalcowania. Celem ułatwienia pracy na walcach dodajemy podczas mastykacji t. zw. „zmiękczaczy”.

Zmiękczacze, dodawane podczas walcowania kauczuku, możemy podzielić wedle Burbridga na dwa zasadnicze rodzaje:

- 1) zmiękczacze prawdziwe,
- 2) pseudozmiękczacze.

Zmiękczacze prawdziwe wpływają bezpośrednio na komórkę kauczuku. Pod ich wpływem cząsteczka kauczuku pęcznieje i łatwo pęka. Stąd też wniosek, iż przy dodaniu zmiękczaczy tego typu czas mastykacji może być krótszy. Do tej grupy należą: tery drzew szpilkowych, mineral-rubber, bitumy i t. p.

Pseudozmiękczacze, działając jako smar, umożliwiają łatwiejsze przesuwanie się cząstek kauczuku podczas mastykacji. Chronią one przed niebezpieczeństwem zawalcowania kauczuku oraz zmniejszają wielkość energii, potrzebnej do mastykacji. Do nich należą: oleje mineralne, kwasy tłuszczowe, wazelina, olej lniany i t. p.

Pod wpływem mastykacji kauczuk staje się plastyczny i ciastowaty i w takim stanie nadaje się lepiej do przyjęcia innych domieszek w postaci proszków lub płynów przy wyrobie gumy.

Napełniacze, jakie dodajemy podczas wyrobu gumy na walcach mieszankowych, mają na celu:

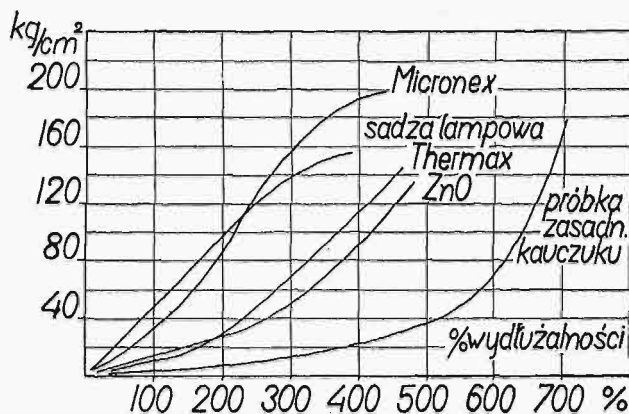
- 1) uzyskanie lepszych własności mechanicznych gumy, jak: wysoka wytrzymałość na zerwanie, zużycie i t. p.,
- 2) uzyskanie lepszej odporności na starzenie się gumy,
- 3) skrócenie lub ulepszenie procesów fabrykacji gumy (przyspieszacze wulkanizacji, zmiękczacze),

4) potanie gumy przez dodanie napełniaczy neutralnych, nie wpływających na własności gumy, ani też na sam przebieg fabrykacji.

Sprawa mieszania i tworzenia mieszanek gumowych była doniedawna terenem bezładnych prób i tajemniczych recept, strzeżonych zazdrośnie przez fabryki. Dopiero w ostatnich latach, zamiast alchemicznego tworzenia mieszanek wprowadzono metody, oparte na zbadaniu naukowym wpływu poszczególnych napełniaczy; tworzenie mieszanek na ich podstawie umożliwiło uzyskanie optimum żądanych własności, które doniedawna jeszcze były jedynie dziełem przypadku.

Chcąc ustalić wpływ napełniaczy na własności mechaniczne gumy, porównujemy je według W. B. Wieganda z własnościami mechanicznymi kauczuku zwulkanizowanego. Wykreślając krzywą rozciągania i siły zrywającej kauczuku zwulkanizowanego i próbek gumy o rozmaitych procentach napełniacza, zwulkanizowanych w jednakowych warunkach, możemy otrzymać wartości porównawcze (rys. 5). Powierzchnia, zajęta przez krzywą oraz osie współrzędnych, będzie proporcjonalna do energii sprężystości danej próbki. Im ta powierzchnia będzie większa w porównaniu z próbką czystego zwulkanizowanego kauczuku, tem energia sprężystości się zwiększy, tem bardziej wzmacniająco wpływać będzie dodatek danego napełniacza na mechaniczne własności gumy. Im bardziej stromy przebieg krzywej rozciągania, tem większa będzie wytrzymałość mechaniczna gumy na zerwanie w porównaniu z próbką czystego kauczuku. Domieszki, których dodanie ulepsza własności mechaniczne gumy np.: zwiększa energię sprężystości lub podwyższa przebieg krzywej zrywania i rozciągania, nazywamy napełniaczami aktywnymi, w przeciwieństwie do nieaktywnych, które nie mają wpływu na własności mechaniczne; do tych ostatnich należy np. kreda, szpat ciężki i w. in.

Typowym przykładem napełniacza aktywnego jest aktywna sadza. Zależnie od rodzaju i ilości stosowanej sadzy zwiększają się wybitne własności mechaniczne gumy, jak np. wytrzymałość na zerwanie i zużycie. Według badań W. Escha¹⁾, sadze gazowe, stosowane do wyrobu gumy, zawierają cząsteczki szaro-niebiesko



Rys. 6.

i brązowo-czarne w stosunku 30:20:50. Aktywność sadzy czyli jej wzmacniające działanie na gumę zależy od ilości cząstek brązowo-czarnych, np. najbardziej aktywny gatunek sadzy „Arrow” posiada około 95% cząstek brązowo-czarnych.

Inne związki chemiczne również wykazują wysoką aktywność, np. niektóre rodzaje amerykańskich tlenków cynku, pewne rodzaje kaoliny (Dixie Clay), koloidalne kwasy krzemowe i t. p.

Znaczny wpływ na aktywność posiada stan rozdrobnienia cząstek i ich wielkość. Np. cząstki bardzo aktywnych tlenków cynku posiadają wielkość około 0,15 μ , gdy tymczasem cząsteczki zwyczajnego nieaktywnego tlenku cynku posiadają wymiary 0,4 do 0,6 μ . Cząsteczki wysoko aktywnych gatunków sadzy posiadają wielkość 0,1 μ i mniej²⁾.

Zwiększenie wytrzymałości przez dodanie napełniaczy tłumaczy nam wiele teorii. Fizycznie możemy sobie wyobrazić w ten sposób, iż przez dodanie napełniacza siły przylegania między cząsteczkami napełniacza a cząsteczkami kauczuku stają się większe, aniżeli kohezja samych molekuł kauczuku, przez co guma staje się wytrzymalsza.

Znam jest przecież analogiczne zjawisko, iż drzewo odpowiednio sklezione bywa znacznie silniejsze, aniżeli sam klej lub drzewo, i w miejscu dobrze sklejonem nigdy nie pęka.

Wzmacniające działanie napełniaczy na gumę zwiększa się przez powiększenie jego dodatku jedynie do pewnej granicy, po przekroczeniu której zauważymy nawet obniżenie własności mechanicznych gumy. Zjawisko to możemy sobie tłumaczyć tem, iż przy większym dodatku napełniacza następuje miejscowa aglomeracja cząstek, przez co skutkiem niejednostajności budowy wytrzymałość gumy maleje.

Optimum własności uaktywniających spotykamy w pewnym stosunku objętościowym, np. dla niektórych gatunków sadzy przy 15%, tlenku cynku 20% uzyskujemy maksymalny wzrost wytrzymałości na zerwanie. Maksimum wytrzymałości na zużycie otrzymujemy znowu przy użyciu np. sadzy „micronex” w 20%, kaoliny i tlenku cynku 10%, kwaśnym węglanu wapnia 7% i t. d.

¹⁾ Gummi - Zeitung, T. 42, str. 82.

²⁾ Kautschuk, str. 196 (1927).

Uzyskanie najlepszych wyników zależy nietylko od utrzymania pewnej procentowości dodatku napelnacza, ale i od sposobu rozmieszczenia jego cząsteczek w gumie. Im wymieszanie i dyspersja domieszek w kauczuku będą lepsze, tem własności gumy będą korzystniejsze.

Ważnem jest, by podczas dodawania domieszek uaktywniających wiskoza kauczuku nie wzrosła. Z tego względu zawsze okaże się korzystnem zastosowanie zmiękczaczy. Najczęściej postępujemy tak, iż pewną część zmiękczaczy dodajemy podczas mastykacji na walcach mieszankowych, przed dodaniem napelniaczy aktywnych, resztę zaś — już po dodaniu wszystkich domieszek do gumy przy samym końcu mieszania. Ta druga porcja ma na celu uzyskanie miękkiej mieszanki gumowej, dla ułatwienia pracy na dalszych maszynach, jak kalander, natryskawka i t. d.

Uniknięcie wszelkiej aglomeracji domieszek jest jednym z ważniejszych zadań przy wyrobie mieszanki gumowej. W tym celu cząsteczki domieszek już przed dostaniem się na walce mieszankowe muszą mieć postać jaknajdrobniejszego pyłu, wolnego od grudek. W tym celu suszy się je w próżni celem usunięcia śladów wilgoci i przesiewa w specjalnie gęstych siewnikach.

Ważną jest również kolejność dodawania poszczególnych napelniaczy. Cząstki poszczególnych napelniaczy posiadają rozmaite naboje elektryczne, to też nie będzie obojętnem, czy je się dodawać będzie razem, czy osobno, czy też przy dodaniu jakiegoś kolloidu ochronnego. Np. siarka posiada nabój ujemny, zaś sadze i tlenki metali — dodatni. Zazwyczaj siarkę i t. zw. „przyspieszacze“ dodajemy na końcu mieszania; uzyskuje się przez to nietylko lepsze rozmieszczenie cząsteczek, ale jednocześnie unikamy początkowego wulkanizowania się mieszanki gumowej już na walcach, pod wpływem ciepła podczas mieszania.

Przyspieszacze wulkanizacji stanowią osobną grupę domieszek kauczuku. Dopiero w ostatnim dziesiątku lat znalazły one szersze zastosowanie w przemyśle kablowym. Są to przeważnie związki organiczne, których dodatek wpływa przyspieszająco na proces wulkanizacji gumy. Niektóre z nich pozwalają na zmniejszenie ilości siarki potrzebnej do wulkanizacji gumy. Przy fabrykacji izolacji przewodów zależy nam przedewszystkiem na uzyskaniu t. z. gumy miękkiej, tymczasem, jak wiadomo, zależnie od ilości dodanej siarki oraz temperatury i czasu wulkanizacji, może utworzyć się podczas wulkanizacji jako produkt końcowy guma miękka, względnie guma twarda. Wedle doświadczeń C. R. Boggs'a i T. J. Bła'ca dla otrzymania po wulkanizacji gumy miękkiej wystarczyłoby teoretycznie już 0,5% siarki. W praktyce ilość ta musi być wielokrotnie większa, gdyż wykluczone jest uzyskanie w mieszance idealnego rozdziału i rozmieszczenia atomów siarki i kauczuku. W mieszankach przeto posiadamy zawsze pewien nadmiar siarki. Podczas wulkanizacji zależnie od koncentracji lokalnej cząsteczek siarki może się wytworzyć oprócz gumy miękkiej, jeszcze w pewnych miejscach silniejszej aglomeracji siarki guma twarda, która wpływa wybitnie na mechaniczne własności gumy (rozciąganie). Wreszcie pozostaje nadmiar, który wogóle podczas wulkanizacji nie wziął udziału jako t. z. „wolna siarka“. Ta, wędrując w gumie podobnie jak w roztworach kolloidalnych do miejsc o mniejszej koncentracji, dostać się może nawet na powierzchnię przewodnika, powodując czernienie drutu. W początkach, kiedy nie umiano należycie cynować drutów miedzianych, starano się uchronić je przed działaniem wolnej siarki, dając dookoła żyły miedzianej warstwę czystego kauczuku (paragumy). Tymczasem okazało się, iż cząsteczki siarki mogą wędrować

w izolacji gumowej i przedostać się do paragumy, a nawet do przewodnika, czyniąc ochronę zupełnie iluzoryczną.

Wolna siarka reaguje dalej nawet w temperaturze otoczenia z napotykanymi cząsteczkami kauczuku, powodując t. z. „zjawisko powulkanizacji“, które jest z jednym objawów starzenia się gumy.

Przyspieszacze wulkanizacji, zmniejszając ilość siarki, potrzebne do wulkanizacji, skracają czas wulkanizowania, ułatwiają tworzenia się gumy miękkiej oraz wpływają korzystnie na zjawisko starzenia się gumy.

Oprócz składników nieorganicznych, znanych i stosowanych oddawna, jak: wapno, tlenek magnezu, biel ołowiana, ostatnio rozpowszechniły się bardzo przyspieszacze organiczne, jak: hexametylentetramina, heptaldehyd, anilina, guanidyny, acetylaldehydy i pochodnie z butyraldehydów, mercaptobenzothiazol i pochodnie, thiuramy, xantaty i w. innych. Wybór odpowiedniego przyspieszacza musi być dostosowany do napelniaczy, jakie mają wejść do mieszanki gumowej i odwrotnie. Przeważnie wszystkie przyspieszacze mają pewien określony czas i temperaturę wulkanizacji, przy których wykazują optimum swych własności. Warunki te muszą być jaknajdokładniej zachowane, jeżeli bowiem n. p. pewien przyspieszczacz daje wyniki zadawalniające przy 130° C i 1 godzinnej wulkanizacji, to, podwyższając temperaturę wulkanizacji do 138° C, musimy skrócić czas wulkanizacji do 1/2 godziny, przy 145° C do 15 minut i t. p. Zależnie od stosowanego przyspieszacza muszą być dobrane też ilości siarki, potrzebnej do wulkanizacji gumy. Niektóre domieszki, jak kwasy, produkty kwasowe, a także i sadza wpływają hamująco na przyspieszacze wulkanizacji; odwrotnie — większość przyspieszaczy wymaga stosowania w mieszankach bieli cynkowej, celem uzyskania efektu przyspieszenia.

Nowoczesne recepty są opracowywane na ścisłych podstawach naukowych, oparte na doświadczeniu wielkich koncernów i fabryk chemicznych, gwarantują optimum wyników, jeżeli wszelkie dalsze warunki, jak: temperatura i czas wulkanizacji, zostaną ściśle zachowane.

Niektóre z omawianych domieszek wpływają na starzenie się gumy. Zjawisko to odgrywa ważną rolę w zachowaniu się i jakości izolacji gumowej podczas pracy, dlatego omówimy je pokrótce. Nazwą starzenia się gumy obejmujemy cały szereg zjawisk chemicznych i fizycznych, jakie zachodzą w gumie z biegiem czasu. Niektóre z nich powstają samorzutnie, inne — dopiero pod wpływem pewnych zjawisk zewnętrznych. Pomijamy tu przypadki uszkodzeń, jakie zdarzyć się mogą skutkiem nieumiejętnej obsługi lub braku uwagi, n. p. w przewodach do odbiorników ruchomych i t. p.

Starzenie się gumy może być spowodowane przyczynami następującymi:

- 1) utlenianiem się gumy,
- 2) depolimeryzacją,
- 3) powulkanizacją.

Zjawiska te mogą występować osobno, ale najczęściej i razem, powodując zmiany własności fizycznych i wyglądu gumy. Proces utleniania polega na łączeniu się tlenu n. p. z powietrza z gumą względnie z kauczukiem, co daje produkty utleniające, będące związkami żywicznymi. Również ozon, znajdujący się nierzadko w bliskości przewodów elektrycznych wysokiego napięcia, a powstający skutkiem wyładowań jarzących w powietrzu, daje związki utleniania, t. z. ozonidy.

Depolimeryzacja jest to rozpad cząsteczek kauczuku na mniejsze cząsteczki, które dalej już łatwiej ulec mogą utlenieniu. Depolimeryzacja może zachodzić nawet w nieobecności ciepła i powietrza, pod wpływem promieni świe-

tych. Najsilniej depolimeryzująco działają promienie o krótkiej fali, a więc nadfioletowe, nieszkodliwe są natomiast fale czerwone i żółte. Przyspieszają na depolimeryzację, jakoteż i na proces utleniania, wpływają:

- a) ciepło, które może się wywiązywać w przewodach elektrycznych pod wpływem przeciążenia. Przyjmując, iż utlenienie się kauczuku jest reakcją chemiczną, możemy doń stosować prawo, iż utlenianie wzrasta dwukrotnie, jeżeli temperaturę podniesiemy o $8,3^{\circ}\text{C}$;
- b) światło słoneczne;
- c) pochodzenie botaniczne kauczuku i środki, stosowane przy koagulacji lateksu.
- d) niektóre związki chemiczne, jak: sole miedzi, manganu, kwas siarkowy, miedź i t. p.

Powulkanizacją nazywamy proces powolnego łączenia się siarki z cząsteczkami kauczuku w produkcie zwulkanizowanym. Jak już wspomnieliśmy, występuje ona zwłaszcza wówczas, gdy mieszanka gumowa jest zbudowana wadliwie i posiada nadmiar wolnej siarki.

Guma, starzejąc się, staje się początkowo plastyczną i lepka, poczem twardnieje i kruszy się przy zginaniu lub rozciąganiu. Na powierzchni takiej gumy występują wyraźne rysy pęknięcia. Wytrzymałość na zerwanie jakoteż wydłużalność wydatnie się zmniejsza.

Aby uodpornić gumę przeciwko szybkiemu starzeniu, stosuje się dzisiaj cały szereg domieszek, które nie tylko utrudniają utlenianie się gumy (antyutleniacze), ale równocześnie przez umożliwienie zmniejszenia ilości siarki, utrudniają powulkanizację. Środki przeciw starzeniu się gumy można podzielić na dwie zasadnicze kategorie, a mianowicie: produkty kondensacji aldehydaminów oraz same aminy.

Do pierwszej klasy należą znane oddawna domieszki, jak V. B. G. związki, powstały z kondensacji acetylodehydu i aniliny, „Resistex”; do drugiej — fenil-aldolnaitylaminy, Age Rite, — środek powstały z kondensacji aldołu i naftylaminy; ze zwykłych produktów aminowych mamy aminofenole, thioaminy, ostatnio silnie rozpowszechnione fenyl-naftylaminy i wiele innych.

Środki te, stosowane do wyrobu mieszanki gumowej, wymagają również, jak i przyspieszacze, odpowiedniego doboru innych składników gumy. Długość i temperatura wulkanizacji musi być również odpowiednio zachowana, gdyż wiele środków przeciw starzeniu się gumy ulec może rozkładowi pod wpływem dłuższej wulkanizacji.

Przedstawiliśmy pokrótce technologiczne procesy, zachodzące w czasie wyrobu mieszanki gumowej, oraz zasadnicze składniki, jakie wchodzi w nowoczesnie ujęte recepty gumy. W naszych warunkach musi ona jednak jeszcze być tak zbudowana, by odpowiadała dodatkowo przepisom P. N. E. 5, które w paragrafie 26 wymagają:

„Powłoka z gumy wulkanizowanej ma zawierać co najmniej $33\frac{1}{3}\%$ kauczuku. Żywicy nie powinno być więcej, niż 6% wagi kauczuku. Z innych składników organicznych są dopuszczalne tylko takie, które nie oddziałują szkodliwie na gumę. Wraz z parafiną nie może być ich więcej ponad 7% wagi wszystkich przymieszek do kauczuku.

Ciężkość właściwa powłoki gumowej ma wynosić co najmniej 1,5 przy zawartości $33\frac{1}{3}\%$ kauczuku.

Wytrzymałość mechaniczna ma wynosić co najmniej 50 kg., a wydłużenie przy zerwaniu co najmniej 250% długości początkowej, przy długości początkowej 2 cm.

Powłoka ma tworzyć rurkę współśrodkową względem żyły”.

Przepis ten, wzorowany na analogicznym przepisie niemieckim, nie jest bynajmniej receptą na wyrób mieszanki gumowej, ale wprowadzony został jeszcze przed wojną w Niemczech pod kątem możliwości określenia drogą analizy chemicznej ilości kauczuku w izolacji gumowej.

W miarę bowiem wzrostu cen surowego kauczuku zauważono tendencję do obniżenia ilości kauczuku w mieszance gumowej, oczywiście ze szkodą dla izolacji. Aby temu zapobiec, ustalono jako minimum ilości kauczuku w gumie $33\frac{1}{3}\%$ wagi gumy, oraz uznano za dopuszczalne stosowanie jako domieszek tylko takich składników, których dodanie nie uniemożliwiłoby określenia drogą analizy chemicznej ilości kauczuku.

W ten sposób wyeliminowano już z góry użycie całego szeregu domieszek, których stosowanie mogłoby korzystnie wpłynąć na własności izolacji gumowej. Wystarczy wspomnieć, iż doniedawna nie było wolno stosować do wyrobu izolacji gumowej przyspieszaczy organicznych i faktysu*). O znaczeniu przyspieszaczy w nowoczesnym przemyśle gumowym mówiliśmy już obszernie. Dodatek faktysu wpływa korzystnie na własności elektryczne izolacji gumowej; działa on konserwująco na gumę i ułatwia mieszanie; mimo to jednak dodatek jego jest wzbroniony, gdyż dotychczas znanymi sposobami trudno byłoby określić ilość kauczuku w izolacji gumowej.

Z tego względu uważamy, iż określenie składu mieszanki gumowej jedynie pod kątem możliwości wykonania analizy chemicznej kauczuku jest przesadzone i wiele pożytku odbiorcy nie przyniesie, tembardziej, iż analiza taka jest bardzo trudna i uciążliwa i możliwa do wykonania jedynie w odpowiednio urządzonych laboratorjach. Jestem przekonany, iż byłoby korzystniej podać w normach raczej żądane mechaniczne i fizyczne własności izolacji gumowej, jak: wytrzymałość na zerwanie, zużycie, odporność na starzenie, wytrzymałość elektryczną i t. p. Dotrzymanie warunków paragrafu 26 co do składu mieszanki gumowej nie gwarantuje nam jeszcze żadnych własności mechanicznych ani elektrycznych izolacji.

Przypuszczamy, iż obecnie odmienne ujęcie paragrafu 26 byłoby tembardziej ułatwione, iż niskie ceny kauczuku nie zmuszają konkurentów do potaniania gumy drogą obniżania zawartości kauczuku w izolacji.

Mimo zachowania ścisłej tajemnicy, co do składu mieszanki gumowych, jesteśmy przekonani, iż recepty poszczególnych fabryk mało różnią się między sobą. Dla przykładu przytoczymy recepty, podane przez znanego chemika gumowego dr. Escha (G. Z. str. 80 1928). Najtańszą mieszanką, odpowiadającą normom V. D. E. zawiera:

guma szara		guma czarna	
100 kg kauczuku	108,00 l	100 kg kauczuku	108,00 l
10 „ siarki	5,00 l	10 „ siarki	5,00 l
10 „ magnezji palonej	3,10 l	10 „ magnezji palonej	3,10 l
15 „ parafiny	16,10 l	15 „ parafiny	16,10 l
30 „ bieli cynkowej	5,40 l	30 „ bieli cynk.	5,40 l
135 „ kredy	50,60 l	3 „ sadzy gazowej	1,71 l
		132 „ kredy	49,35 l
300 kg mieszanki	188,20 l		188,66 l
ciężar właściwy	1,593		1,59
ilość kauczuku	33,33%		33,33%
„ „ objętościowo	57,37%		57,24%

Dzisiaj żąda się jednak od izolacji gumowej lepszych własności, aniżeli można byłoby uzyskać zapomocą po-

*) Apt. Erläuter. Isol. Leit. und Kabel str. 55.

wyższej mieszanki. Wewnętrzną warstwę gumy dajemy wybitnie białą dla lepszej oceny czy przewod leży dokładnie centrycznie w środku izolacji, co przy mieszankach parafinowych jest trudniej do uzyskania podczas fabrykacji, zwłaszcza jeżeli za mało dodamy bieli cynkowej. Dalej wymagamy, by obie powłoki — biała i czarna — były ze sobą razem zwulkanizowane. Wreszcie zewnętrzna powłoka, czarna, musi wykazywać nie tylko znaczną odporność na zużycie, ale równocześnie podobnie, jak i wewnętrzna, musi być wytrzymała na przegrzanie skutkiem chwilowego przeciążenia, odporna na starzenie i t. p.

W tym celu wspomniany autor podaje kilka mieszanek, wykonywanych przy zastosowaniu nowoczesnych metod fabrykacji gumy, a więc tych domieszek, jakie korzystnie oddziałują na produkt oraz sam proces fabrykacji, jak: przyspieszacze, antyutleniające, zmiękczacze i t. p. Dla przykładu podajemy ich skład:

Dla białej warstwy izolacyjnej:

Wyszczególnienie	w kilogramach			
kauczuk	100,00	100,00	100,00	100,00
biel cynkowa	30,00	30,00	30,00	30,00
kwas stearynowy	2,00	3,00	2,00	3,00
siarka	4,00	3,00	4,00	3,00
difenilguanidyna	0,8	—	0,8	—
„Captax”	—	0,5	—	0,5
„Age-Rite”	1,5	1,5	1,5	1,5
magnezja palona	2,00	2,00	2,00	2,00
„Litopon”	30,00	30,00	50,00	50,00
kredek	160,00	160,00	100,00	100,00
„Dixie Clay”	—	—	60,00	60,00
razem	330,30	330,00	325,30	325,00
objętość w litrach	187,13	187,29	187,93	188,09
ciężar właściwy	1,765	1,762	1,731	1,726

Odpowiednie mieszanki dla gumy czarnej:

Wyszczególnienie	w kilogramach			
kauczuk	100,00	100,00	100,00	100,00
biel cynkowa	30,00	30,00	5,00	5,00
kwas stearynowy	2,00	3,00	2,00	3,00
siarka	4,00	3,00	4,00	3,00
difenilguanidyna	0,8	—	0,8	—
„Captax”	—	0,5	—	0,5
„Age-Rite”	1,00	1,00	1,00	1,00
„Vandex” selen	1,5	1,5	1,5	1,5
sadza „Arrow”	3,00	3,00	3,00	3,00
„Mineral-Rubber”	10,00	10,00	10,00	10,00
kredek	156,00	156,00	106,00	106,00
„Dixie Clay”	—	—	60,00	60,00
razem	308,30	308,00	293,30	293,00
objętość w litrach	189,13	189,29	188,93	189,09
ciężar właściwy	1,63	1,628	1,552	1,550

Jako przyspieszacze zastosowano tutaj difenilguanidynę (DPG), względnie Mercaptobenzothiazol (Captax) do wyboru.

Mieszanki te przytoczyliśmy dla przykładu, celem zorientowania się, jak zawzięte bywa niekiedy zestawienie poszczególnych recept pod względem technologicznym, pomijając już kwestię handlową, kosztów, która będzie też odgrywać nie małą rolę w doborze składników.

Właściwości fizyczne izolacji gumowej zależą w wysokim stopniu od doboru mieszanki gumowej.

Proces wulkanizacji zwiększa odporność na wodę warstwy gumy z tym jednak zastrzeżeniem, iż w skład gumy nie wchodzi domieszki, pochłaniające łatwo wilgoć. N. p. Beaver podaje, iż dodatek kredy, barytu, kaoliny i tlenku cynku w większych ilościach zwiększa absorbującą wodę,

gdy tymczasem dodatek sadzy czyni gumę odporną na wilgoć.

Dobór mieszanki ma również znaczny wpływ na oporność elektryczną izolacji gumy. Zauważono, iż dodatek szpatu ciężkiego obniża wartość izolacji. Dodatek bieli cynkowych również może wpłynąć niekorzystnie, gdy zawiera ją one oprócz czystego tlenku cynku jeszcze zanieczyszczenia w postaci siarczanów baru i siarczków cynku.

Ciekawy jest natomiast wpływ sadzy. Sadza jest dobrym przewodnikiem elektryczności, tymczasem okazało się, iż niewielkie jej ilości w mieszance podwyższają wartości elektryczne gumy, jak wytrzymałość na przebicie i oporność izolacji.

Według Wieganda i Boggsa możemy to sobie tłumaczyć tem iż sadza absorbuje wilgoć i elektrolity, zawarte w gumie, przez co podwyższa się wytrzymałość na przebicie. Podobne zjawisko zauważono po dodaniu sadzy do olejów izolacyjnych. Jednak większe ilości sadzy wpływają już szkodliwie. Według Curtisa i Mc. Phersona (Tech. Pap. Bur. of. Stand. 299), jeżeli 25% dodatku sadzy do gumy wykazuje jeszcze oporność izolacji 1×10^{13} oma/cm², to zwiększając ilość sadzy do 35%, obniżamy oporność izolacji od razu o kilka potęg, bo do wartości 1×10^6 oma/cm². Według doświadczeń Wieganda ilość sadzy w izolacji gumowej przewodów elektrycznych może wynosić do 10%.

Przez dodanie domieszek przy wyrobie gumy stała dielektryczna wzrasta bardzo znacznie. N. p. 20% dodatku sadzy zwiększa stałą dielektryczną kauczuku do 6, zaś przy zastosowaniu innych napełniaczy podnieść ją możemy według doświadczeń amerykańskich w Bureau of Standards aż do 9,8. Wysoka stała dielektryczna gumy może wpłynąć niekorzystnie na wytrzymałość elektryczną izolacji, jeżeli do wnętrza izolacji dostaną się w jakikolwiek sposób banieczki powietrza. Wówczas pod wpływem pola elektrycznego warstwy powietrza, zawarte w izolacji gumowej, będą tyle razy więcej naprężane od równej co do grubości warstwy gumy, ile razy większą jest stała dielektryczna gumy od stałej powietrza, równej 1. Wskutek silnego naprężenia pola elektrycznego w bańce powietrznej powodować to może zjawisko jonizacji, jarzenia, a nawet przebicia izolacji. Dzięki wysokiej stałej dielektrycznej zjawiska wstępne przed przebiciem, jak jarzenie i jonizacja, trwają stosunkowo krótko, tak, że krzywa czasowa przebicia, t. z. napięcie przebicia, wykreślone jako funkcja czasu, ma przebieg stosunkowo krótki, o wiele szybszy, aniżeli n. p. w kablach, izolowanych papierem nasyconym. Według doświadczeń Kinzbrunera (The Electr. 55 s. 809 i 978) t. z. „napięcie asymptotyczne” czyli końcowe napięcie przebicia ustala się w czasie stosunkowo krótkim, bo już po kilku minutach trwania prądu, w przeciwieństwie do kabli papierowych, gdzie czas ten rozciąga się na kilkadziesiąt, a nawet kilkaset godzin.

Z tego względu badania wytrzymałości elektrycznej przewodów ogumowanych według przepisów P. N. E. 5 przez przyłożenie zwiększonego napięcia przez czas 30 minut miałyby już pewne umotyowanie.

Mając w rękę możliwość stopniowania stałej dielektrycznej przez ilościowe lub jakościowe dodawanie napełniaczy do kauczuku, próbowano budować kable wysokiego napięcia w izolacji gumowej o jednostajnym rozkładzie pola elektrycznego, który uzyskiwano przez nakładanie warstw gumy o coraz to mniejszej stałej dielektrycznej, posuwając się w kierunku zewnętrznym od żyły.

Niestety, w praktyce spotyka się nierzadko przewody wysokiego napięcia w izolacji gumowej, budowane wręcz przeciwnie, niżby tego wymagały podstawowe wiadomości

z elektrotechniki. Wspomnę tylko o t. z. kabelkach zapłonowych do świec silników samochodowych lub lotniczych. Napięcie probiercze tych kabelków wynosi od 20 do 40 kV, przekrój żyły — 1,5 do 2,5 mm². Według przepisanych przez rozmaite normy i warunki konstrukcji kabelek taki winien posiadać dookoła żyły miedzianej warstwę paragumy (czystego kauczuku), zaś dalej winny następować warstwy gumy zwulkanizowanej, odpowiedniej grubości, zależnie od wielkości napięcia. Ponieważ stała dielektryczna czystego kauczuku wynosi około 2,68, a więc jest o wiele mniejsza, niż stała dielektryczna gum wulkanizowanych, warstwa paragumy, znajdując się poza tym jeszcze w najsilniejszym polu elektrycznym dookoła żyły, ulega szybko przebiciu. To też nie dziwnego, iż kabelki tego typu nie tylko sprawiają wytwórcy znaczne trudności fabrykacyjne jeżeli chce on dać produkt dobry, ale mierzadko przebijają podczas pracy.

Stosowanie paragumy, jak już mieliśmy możność stwierdzić, jest zabytkiem archaicznym z zeszłego stulecia w czasach, gdy nie umiano jeszcze fabrykować gumy o pożądanym własnościach fizycznych, i spotyka się dziś jeszcze gdzieś w przepisach wskutek konserwatyizmu.

Otrzymane przez cały szereg badaczy wyniki wytrzymałości elektrycznej na próbkach grubości 1 mm przedstawiają się, jak następuje.

kauczuki czyste: smoked sheets od 14 do 25 kV/mm średnio 17,5 kV/mm,

kauczuki czyste: jasne crepy od 13 do 20 kV/mm średnio 16 kV/mm,

mieszanki zależnie od składu od 6 do 26 kV/mm.

Przeliczanie wytrzymałości elektrycznej płytek kauczuku o znacznych grubościach na grubość 1 mm i odwrotnie jest, jak udowodnił v. Retzow, stosunkowo utrudnione ze względu na rozmaite zachowanie się elektryczne gumy w różnych grubościach; z tego względu do celów porównawczych należy stosować zawsze próbki jednakowej grubości, n. p. 1 mm.

Niepewność uzyskiwanych wyników prób na przebicie i rozstrzelone bardzo silnie wartości wytrzymałości elektrycznej gumy stwarzają stan, który trzeba brać pod uwagę, projektując izolację gumową w urządzeniach wysokiego napięcia.

Tabela II.

Wpływ wydatku sadzy do mieszanki gumowej na własności elektryczne.*)

Dodatek sadzy %	Ilość próbek	stała dielektryczna przy 1000 Hertz			Spółcz. mocy			Oporność elektr.	
		min.	maks.	śred.	min. %	maks. %	śred. %	min. Om — cm ³	maks. Om — cm ³
0	6	2,58	2,74	2,68	0,23	0,41	0,29	80 × 10 ¹⁴	150 × 10 ¹⁴
0,2	5	2,66	2,82	2,73	0,35	0,56	0,44	70 × 10 ¹⁴	170 × 10 ¹⁴
2	6	2,81	2,94	2,89	0,40	0,58	0,48	100 × 10 ¹⁴	190 × 10 ¹⁴
10	4	4,01	4,23	4,11	3,0	3,9	3,4	7 × 10 ¹³	190 × 10 ¹³
20	3	5,73	6,22	5,97	6,9	9,8	8,8	2 × 10 ¹³	4 × 10 ¹³
25	6	—	—	—	—	—	—	1 × 10 ¹²	11 × 10 ¹²
35	5	—	—	—	—	—	—	3 × 10 ⁸	30 × 10 ⁸

Tabela III.

Wpływ dodatku innych napełniaczy na własności elektryczne gumy.

Napełniacz	Ilość prób	stała dielektryczna przy 1000 H %	spółcz. mocy przy 1000 H %	opór izol. Om-cm ³
zaden	4	2,7	0,32	90 × 10 ¹⁴
45% szpatu ciężkiego	4	3,37	1,1	20 × 10 ¹⁴
50% bieli tytan . .	4	3,77	1,1	13 × 10 ¹⁴
46% tlenku żelaza .	4	3,61	1,39	30 × 10 ¹⁴

Wytrzymałość na przebicie warstw gumowych zależy od składu mieszanki i od tych wszystkich innych czynników, które wpływają na wartości przebicia przy próbach dielektrycznych, jako to: grubość próbki, czas naprężenia, kształt elektrod i t. p. Przy wykonywaniu pomiarów należy zwrócić uwagę na to, aby uniknąć wyładowań powierzchniowych, które dzięki wywiązywaniu się ozonu i wyładowań smurzastych mogłyby uszkodzić badaną próbkę gumy. Celem uniknięcia tego zjawiska, stosuje się cały szereg sposobów, jak: zalanie badanej próbki gumowej płynem półprzewodnym, składającym się według propozycji H. Heerina (Kautschuk 1930, str. 135) z roztworu 90% oleju rycynowego i 10% alkoholu 96%. Inni badacze, jak: Inge i Walter (Arch. F. Elektrotech. 1928, str. 257), proponują użycie mieszaniny kwasu i acetonu.

*) według Bureau of Standards.

Ciężar właściwy gumy zależy przede wszystkim od napełniaczy, jakie zostały zastosowane. Według P. N. E. 5 ciężar właściwy izolacji gumowej o 33 procentach kauczuku ma wynosić przynajmniej 1,5. Przepisy amerykańskie są jeszcze ostrzejsze, gdyż wymagają ciężaru właściwego dla gumy o zawartości 30% kauczuku 1,76, gumy o zawartości 40% kauczuku 1,4.

Trzeba zaraz na wstępie zaznaczyć, iż ciężar właściwy izolacji gumowej nie świadczy bynajmniej o jakichkolwiek procentach zawartości kauczuku. Ilość kauczuku ustalić możemy jedynie drogą analizy chemicznej. Zachowanie jednak pewnego minimalnego ciężaru właściwego, jak tego przepisy i normy nakazują, ma na celu zachowanie w obojętności n. p. 1 cm³ pewnej minimalnej ilości kauczuku. Ponieważ zawartość kauczuku określana jest w procentach wagi całej mieszanki, przeto przy 30% (wagowo) kauczuku na jednostkę objętości gumy wypadnie więcej kauczuku w gumie, której ciężar właściwy będzie większy. Ponieważ ilość kauczuku w izolacji gumowej bardzo wpływa na jej własności elektryczne, utrzymanie minimalnych ciężarów właściwych gumy ma swoje głębsze znaczenie.

Przy innych zawartościach procentowych czystego kauczuku w gumie ciężar właściwy będzie inny. Według doświadczonego wzoru, przyjętego przez przepisy holenderskie i niemieckie, można obliczyć ciężar właściwy gumy przy ilościach procentowych kauczuku wzorem:

$$i = \frac{100}{0.65R + 45}$$

gdzie R oznacza procent zawartości czystego kauczuku.

Ogółem ciężar właściwy gumy o wyższych zawartościach kauczuku będzie mniejszy. Nie można jednak wnioskować odwrotnie, jakoby guma o mniejszym ciężarze właściwym miała kauczuku procentowo więcej.

Konstrukcje przewodników ogumowanych sięgają połowy zeszłego stulecia. Początkowo stosowano żyły miedziane, owinięte taśmą z czystego kauczuku (parażumy), oplecione bawełną nasycaną. Wkrótce jednak przekonano się, iż parażuma jest mało odporna na wilgoć. To też w roku 1860 Hooper zaproponował konstrukcje przewodników ogumowanych, które oprócz warstwy parażumy posiadały jeszcze 2 warstwy gumy wulkanizowanej. Zewnętrzna warstwa gumy nosiła nazwę „jacket” i miała kolor czarny, zaś wewnętrzna warstwa, „separator”, była biała; dookoła żyły miedzianej znajdowała się warstwa czystego kauczuku, parażumy. Trudności, jakie napotymano początkowo przy wyrobie gum podczas wulkanizacji i zachowaniu się fabrykatu, zdecydowały, iż zachowano jeszcze warstwę parażumy. Miała ona na celu stanowić właściwą izolację kabla, gdy tymczasem warstwy gumy wulkanizowanej stanowić miały powłokę, utrudniającą dostęp wilgoci. Z powodu małego doświadczenia przy ich wyrobie warstwy te szybko ulegały starzeniu, kruszyły się i odpadały, pozatem wytrzymałość elektryczna warstw wulkanizowanych skutkiem nieumiejętności fabrykacji z powodu licznych porów była nieznaczna i mało pewna. W takich warunkach stosowanie warstwy parażumy miało swoje uzasadnienie. Dzisiaj natomiast, dzięki uświadomieniu sobie przebiegów, jakie zachodzą podczas fabrykacji gumy, oraz naukowemu ujęciu wyrobu mieszanek gumowych, stosowanie warstwy parażumy należy uważać za nieumotywowany konserwatywizm. Jak już wspominaliśmy, przez odpowiedni dobór mieszanki gumowej możemy uczynić ją w wysokim stopniu odporną na starzenie, posiadającą pożądane własności elektryczne i mechaniczne. Zarazem przez staranne ocynowanie przewodników miedzianych usuwamy niebezpieczeństwo katalitycznego oddziaływania mie-

dzi na gumę podczas procesu starzenia względnie utrudniamy zjawisko tworzenia się związków chemicznych miedzi i siarki. Toteż nowoczesne przewody ogumowane posiadają wyłącznie jako izolację warstwy gumy wulkanizowanej.

Zastosowana przez Hoopera podwójna warstwa gumy wulkanizowanej miała na celu uzyskanie większej pewności w wykonywaniu izolacji; kolor biały, względnie czarny był początkowo zupełnie przypadkowy, gdyż do warstwy zewnętrznej dodawano w mieszance litarg, zaś przy wewnętrznej — biel cynkową. Sposób ten zachował się jednak do dziś dnia, gdyż przy zachowaniu dwu warstw gumy o odmiennych kolorach można łatwo ocenić okiem centryczne położenie przewodnika. Warstwy te muszą być jednak ze sobą zwulkanizowane i tworzyć jedną powłokę, nie mają poza tem żadnego innego znaczenia i pod względem technicznym przewodniki w gumie jednowarstwowej należy uważać za pełnowartościowe, o ile wszelkie inne własności fizyczne gumy odpowiadać będą stawianym wymaganiom.

Przepisy polskie P. N. E. 5 wymagają dookoła warstw gumowych owinięcia taśmą nagumowaną. Ma ona na celu przedewszystkiem uniemożliwienie zlepiania się przewodów przed wulkanizacją lub podczas wulkanizacji. Utrudnia ona też przedostanie się do gumy niektórych szkodliwych składników, jakie zawarte mogą być w impregnacji oplotu bawełnianego. Stwierdzono bowiem, iż guma w przewodach w taśmie i oplotcie nasycanym miała mniejszą liczbę żywiczną, aniżeli w przewodach bez taśmy, wykonanych pozatem w tych samych warunkach.

Ostatnio daje się zauważyć zagranicą tendencję usunięcia w konstrukcji przewodów ogumowanych wszelkich materiałów włóknistych, jak taśmy i oplotu. Tak wykonane przewody mają trzy warstwy gumy wulkanizowanej przyczem zewnętrzna warstwa jest specjalnie odporną mechanicznie. Przewody tego typu noszą w handlu nazwę „Trigum”.

POSTĘPY W PRODUKCJI OLEJÓW IZOLACYJNYCH DLA PRZEMYSŁU KABLOWEGO Z SUROWCA KRAJOWEGO.

Dr. Stefan Suknarowski — Jedlicze

(Dokończenie)

66 (621.315.615 : 621.315.2.22) (438)

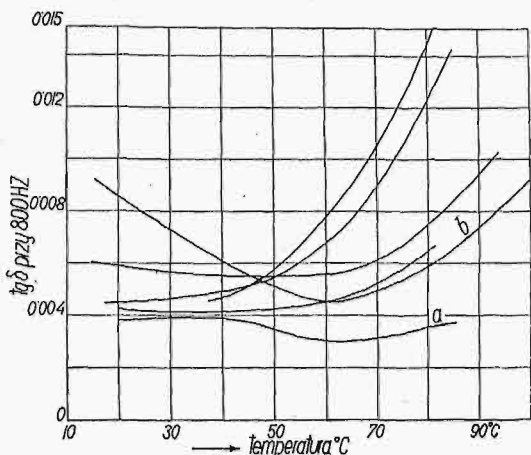
Spółczynnik strat dielektrycznych zależy przede wszystkim od charakteru oleju, t. j. jego składu i budowy chemicznej, ale związki te są dotychczas mało zbadane i nie pozwalają na żadne przewidywania, n. p. często oleje z tego samego surowca i z tej samej fabryki a tylko z różnych dostaw wykazują bardzo różny współczynnik tg δ . Również nie wiemy, dlaczego nieraz w czasie ogrzewania przy stosunkowo nieznacznych zmianach własności chemicznych poszczególnych olejów ich tg δ wykazuje bardzo duże odchylenia. Badania nad zależnością strat dielektrycznych od charakteru chemicznego oleju, względnie wprost od pewnych grup węglowodorów, wchodzących w jego skład, mogą dać ciekawe wyniki tak z punktu widzenia teoretycznego, jak i praktycznego.

6) *Własności chemiczne.* Własności chemiczne olejów kablowych, muszą odpowiadać wszystkim wymaganiom, stawianym wogóle olejom izolacyjnym; muszą więc być starannie oczyszczone (rafinowane), wolne od wilgoci, popiołu i nie mogą zawierać żadnych kwasów ani zasad.

7) Wreszcie jako ostatni postulat, ale może najważniejszy, należy wymienić jaknajwiększą *odporność oleju na starzenie* się, polegającą na tem, że wszelkie zmiany chemiczne i w następstwie ich pogarszanie się własności elektrycznych są jak najmniejsze i zachodzą jaknajwolniej, ponieważ kabel musi wypełniać swoje zadania przez dziesiątki lat. Starzenie się olejów kablowych powodują następujące czynniki:

- a) warunki pracy przy fabrykacji kabli, t. j. długotrwałe ogrzewanie wobec powietrza,
- b) mieszanie oleju z żywicą,
- c) działanie pola elektrycznego, powodujące ciche wyładowania w gazach, zawartych w masie nasycającej, zjawiska jonizacji i powstawanie promieni nadtlenkowych, chemicznie bardzo czynnych,
- d) wreszcie działanie tychże gazów, zaktywowanych wpływem pola, zwłaszcza tlenu, przyczem metale kabla: miedź i ołów odgrywają rolę katalizatorów przyśpieszających.

Charakterystycznym przykładem silnego działania chemicznego cichych wyładowań na oleje mineralne są znane oleje smarowe „woltole”, odznaczające się dużą wiskozą wskutek zawartości ciał o ogromnym ciężarze drobinowym, a powstających z mieszaniny olejów mineralnych i tłuszczowych pod wpływem tych wyładowań.



Rys. 2.

Krzywe kąta stratn. kabli nasyconych różnemi olejami.

Wymienione czynniki wywołują w olejach następujące reakcje chemiczne:

- 1) polimeryzacji, polegającej na wiązaniu się kilku drobin w ciała o odpowiednio większej cząsteczce,
- 2) kondensacji, która połączona z rozkładem prowadzi też do ciał o większym ciężarze drobinowym, ale równocześnie do wydzielania się gazów,
- 3) reakcje utlenienia, dające ciała o charakterze kwaśnym, a więc zdolne do dysocjacji elektrolitycznej.

Jako wynik tych reakcyj tworzą się zwolna w masie nasycającej wysoko-drobinowe „x-woski”, zwane także „serami kablowymi”, gazy takie, jak: wodór, metan, zwiększające niepożądaną zawartość gazu w kablu, i kwasy organiczne, które obok zjonizowanych gazów wskutek ich przewodności elektrolitycznej uważamy za główną przyczynę strat dielektrycznych.

Zjawiska starzenia się oleju sygnalizują szybciej i widoczniej, niż reakcje chemiczne, zmiany jego własności dielektrycznych, bardzo czułych na wszelkie odchylenia od jednorodności dielektryku. Toteż technicy kablówi przez pomiar kąta stratności stwierdzają nieraz szybciej zmiany oleju, niż drogą metod chemiczno-analitycznych, n. p. przez wyznaczenie liczby kwasowej lub t. p. Często cytowany jest w literaturze przykład, podany przez Riley'a i Scott'a, że w jednym z olejów po ogrzewaniu w temperaturze 100° C przez 500 h przy dostępie powietrza wiskozą zmieniła się tylko o 4.5%, gęstość o 0.05%, powstania szlamu wogóle nie zauważono, ale kąt stratności w porównaniu z olejem pierwotnym zwiększył się o 507%. Nie można jednak zbyt uogólniać znaczenia tego przykładu, ponieważ ci sami autorzy podają:

„W każdym razie pomiar tg δ w czasie kilku godzinowego nagrzewania oleju do 100° pozwala wyraźnie odróżnić dobre oleje od niezdatnych. Podobne wyniki uzyskuje się przez badanie liczby zesmalania”.

Jeszcze silniej zależność zmiany własności dielektrycznych od zmian chemicznych podkreśla Smouroff¹⁾,

¹⁾ Elektrotechnische Isoliermaterialien Dr. H. Stäger, Stuttgart 1931, str. 98.

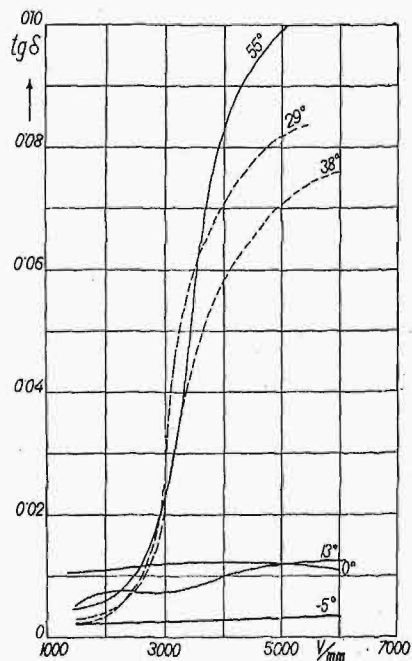
który przypisuje wzrost strat dielektrycznych w czasie starzenia się oleju głównie wzrostowi przewodności elektrycznej, wskutek tworzenia się ciałek, mogących ulegać jonizacji, przede wszystkim kwasów. Przez ułlenie oleju powietrzem, przepuszczanem przezeń w temperaturze 100 do 110° C, stwierdził dużą równoległość między tworzeniem się kwasów, a zmianami kąta strat. Spółczynniki

$$\frac{\text{liczba kwas. ol. utlenionego}}{\text{„ ol. świeżego}} \\ i \quad \frac{\text{tg } \delta \text{ ol. utlenionego}}{\text{„ ol. świeżego}}$$

charakteryzują szybszy przyrost kwasoty oleju, niż kąta stratności.

	liczba kwas. ol. utlen.	tg δ ol. utlen.
	„ ol. śwież.	„ ol. śwież.
Bezbarwny olej parafinowy	386	152
Olej z ropy Emba	7.5	5.7
Olej z ropy Baku	8.9	5.3

Badania nad starzeniem się oleju nie mogły pominąć jego charakteru chemicznego, z którym musiały powiązać wyniki, uzyskane przy pomiarach szybkości i kierunku zmian. Olej z ropy parafinowej, poddany naświetlaniu promieniami katodowymi w ciągu 20h, wydzieliał dużo gazu, składającego się w 90% z wodoru, przyczem tworzyły się w nim produkty bardzo podobne do „wosków-X”. Schoepfle i Connel¹⁾, badając przy pomocy tej metody różne oleje amerykańskie, stwierdzili, że z olejów naftenowych tworzy się pod wpływem promieni katodowych mniej gazu, aniżeli z parafinowych. Stäger²⁾ więc twierdzi, że:



Rys. 3.

Krzywe kąta stratn. olejów w zależności od napięcia.

„Oleje mineralne z rop parafinowych nie nadają się dobrze do nasykania kabli dla wysokich napięć ponieważ powodują one stosunkowo obfite wydzielanie się gazów i tem samym stwarzają więcej sposobności do przebicia, aniżeli to zachodzi przy olejach z rop naftowych”.

¹⁾ Według Stägera, str. 89.
²⁾ str. 91.

Fr. Frank³⁾ stwierdził, że głównym czynnikiem, powodującym starzenie się olejów transformatorowych, jest tlen (procesy utlenienia), bo oleje w atmosferze gazów obojętnych n. p. azotu, nie zmieniają się zupełnie nawet wobec katalizatorów, jak: Cu, Fe, Pb. Powtórnie — przez dokładne określenie składu chemicznego olejów i rozdziału ich na poszczególne grupy węglowodorów, t. j. olefinowe, aromatyczne, parafinowe i naftenowe, drogą żmudnych destylacji w próżni i traktowanie rozpuszczalnikami wykazała, że najtrudniej utleniają się oleje naftenowe. Po zbadaniu przeszło 200 olejów wyciąga on wniosek następujący:

„Na wielu olejach, pochodzących z ruchu, okazało się, że najtrwalsze i najoporniejsze są oleje o charakterze wybitnie naftenowym”.

Powyższe rozważania pozwalają ustalić własności dobrego oleju kablowego. Musi on mieć odpowiednią:

- a) wiskozę, której krzywa temperatury wyraża się przebiegiem stromym.
- b) jaknajniższy punkt krzepnięcia,
- c) jaknajmniejszy kąt stratności także i w czasie starzenia się i możliwie niską stałą dielektryczną dla małej pojemności elektrycznej,
- d) musi odznaczać się dużą odpornością na starzenie.

Dalsze własności, jak: rozszerzalność cieplna, przewodność cieplna i elektryczna, mało różnią się między sobą dla wszystkich olejów mineralnych i wahają się w wąskich granicach, praktycznie więc są bez znaczenia. Ostatnia grupa własności: odporność na przebicie, zawartość wilgoci, popiołu, kwasów, zasad i t. p. nie stanowi istotnych cech materiału, a tylko jest miarą stopnia oczyszczenia oleju. Najłatwiej zaś uzyskać produkt, odpowiadający wszystkim wymaganiom, z rop naftenowych przez odpowiednio troskliwą rafinację.

Mimo licznych prac badawczych, które wyświetliły już szereg problemów, związanych z produkcją i zastosowaniem oleju izolacyjnego kablowego, dotąd nie można trafić na ślady norm dla tego oleju; jedyny konsument, jakim tu był przemysł kablowy, nie zdradzał dotąd nigdzie zainteresowania dla normalizacji własności tego przetworu, a trudno wymagać od producenta, żeby sobie sam dobrowolnie narzucał ograniczenia.

Skoro uprzytomnimy sobie ogrom pracy i badań, włożonych w ustalenie norm dla olejów transformatorowych tak na terenie międzynarodowym, jak i w Polsce, to w dziwnym świetle przedstawia się stanowisko przemysłu kablowego, w którym poszczególne przedsiębiorstwa ukrywają przeważnie swoje doświadczenia i badania, a często nawet markę używanego oleju. Na rynku zagranicznym spotyka się dlatego ogromny chaos, mnóstwo różnych produktów i pojawiające się stale nowości, z których oleje bezparafinowe uważa się obecnie za najodpowiedniejsze. Mimo to szereg firm forsuje nadal oleje o charakterze wazelinowym (o punkcie krzep. 40° C i wyżej), przemysł zaś kablowy stosuje oba typy olejów z równym powodzeniem.

Na tle tych stosunków Polska, mająca rodzimy surowiec i dobrze postawiony przemysł naftowy, zaopatrywała się dotąd w oleje kablowe tylko zagranicą. Zupełnie tak samo przedstawiała się przed kilku laty sprawa zaopatrywania się w oleje transformatorowe, zanim krajowe przedsiębiorstwa nie podjęły produkcji tego oleju izolacyjnego. Po nawiązaniu kontaktu ze sferami elektryków udało się zorganizować ścisłą współpracę, która doprowadziła do wyrobu polskiego oleju transformatorowego, nie ustępującego pod żadnym względem najlepszym zagranicznym i szybko rozproszyła wszelkie obawy i za-

strzeżenia. Dzisiaj już nikt nie wystąpi z żądaniem importu tego oleju, bo pracujące od kilku lat transformatory o najrozmaitszym napięciu i sprawności, napełnione krajowym olejem, bez zarzutu spełniają swoje zadania. Dodam w tem miejscu, że na długo przed zdobyciem rynku krajowego wysyłałiśmy krajowy olej transformatorowy za granicę do Skody, Asei i t. p. Czy nie uderza tu wielka analogja i w obecnem zagadnieniu?

W Polsce przy szczupłości naszych pól naftowych i stosunkowo małej ich wydajności, może jako rekompensatę mamy bardzo dużo różnych gatunków rop. Podczas gdy ropa zagłębia borysławskiego stanowi typowy surowiec parafinowy, nadający się doskonale do wytwarzania — w razie potrzeby — wazelinowych olejów kablowych, to ropy bezparafinowe krośnieńskie są znowu naftenowe i zbliżają się najwięcej do rop kaukaskich, uważanych na typ naftenowy. Posiadamy odpowiedni surowiec, mamy przemysł rafineryjny, nie gorszy od zagranicznego, istnieją więc wszystkie warunki, konieczne dla podjęcia produkcji olejów kablowych, a że przystępujemy tak późno do tego zagadnienia, to tylko z powodu opóźnionego zainteresowania się ze strony przemysłu kablowego i jego nastawienia, cechującego się do niedawna dużą rezerwą, pewnym konserwatyżmem i brakiem warunków do podjęcia prób.

Z rop bezparafinowych, dających olej transformatorowy, odporny na starzenie nie gorzej od najlepszych rosyjskich, podjęto produkcję olejów kablowych, a wobec ogromnej rozpiętości skali własności olejów zagranicznych nie pozostało nam nic innego, jak dostosować się do pewnego typu, uważanego przez przedstawicieli przemysłu kablowego za gatunek pierwszorzędny. Miarą trudności przy podejmowaniu takich pionierskich prac jest szczegół, że do obecnej chwili nie mogliśmy w Polsce wykonać technicznych pomiarów kąta stratności oleju. Badania odporności na starzenie możemy przeprowadzać we własnych pracowniach przy pomocy metod chemicznych, a dla zbadania własności elektrycznych musimy przesyłać próbki do laboratoriów zagranicznych. W ostatnim roku udało nam się zetknąć bliżej z przemysłem kablowym i dzięki temu uzyskaliśmy warunki techniczne dla dostaw oleju kablowego, jako podstawę dla podjęcia produkcji.

Tablica pierwsza podaje niektóre własności kilku olejów zagranicznych dla przedstawienia dużych odchyłeń własności poszczególnych gatunków, a dla porównania obejmuje kilka polskich olejów¹⁾. Tablica druga ujmuje w pierwszej kolumnie wymagania Przedstawicieli Fabryk Kabli w Polsce, druga — odpowiednie własności oleju obcego¹⁾, uważanego przez nich za jeden z najlepszych, trzecia zaś — odpowiednik polski.

Podjęcie produkcji olejów kablowych w kraju stanowi duży krok naprzód w kierunku oparcia przemysłu kablowego na surowcu krajowym, a pomijając znaczenie ogólnogospodarcze, może dać dużo korzyści obu stronom. Dla przemysłu naftowego każdy nowy produkt, szlachetniejszy, a przez to droższy, poprawia rentowność przeróbki ropy, przemysł zaś kablowy będzie miał zawsze do dyspozycji produkt znormalizowany i wystandaryzowany, z gwarancją stałości dostaw, bo najważniejsze własności oleju zależne są od charakteru chemicznego surowca, stopień zaś rafinacji bardzo łatwo ustalić i zawarować ściśle określonymi normami.

Jestem też najmocniej przekonany, że — podobnie jak przy oleju transformatorowym — współpraca elektryków

³⁾ E. T. Z. 1929, str. 1309.

¹⁾ Analizy wykonano w Laboratorium Rafinerji Nafty Tow. „Karpaty” w Jedliczu.

Tablica I.
Oleje kablowe.

	Pochodzenie	Konsystencja	D 15	VE/50	VE/100	Pkt krzep.	Pkt zapłon.	L. kwas.	L. zmydl.
1	zagraniczny	płynny	0.943	25.9	2.62	-11°C	230°C	0.03	0.1
2	"	"	0.951	46.08	3.06	0°C	247°C	0.27	0.48
3	"	"	0.914	43.65	4.37	-11°C	280°C	0.06	0.44
4	"	"	0.914	42.3	4.12	-14°C	278°C	0.06	0.14
5	"	"	0.926	26.46	2.70	-13°C	244°C	0.06	0.29
6	"	"	0.924	47.5	4.56	-12°C	262°C	0.06	0.34
7	"	"	0.924	28.86	3.22	-12°C	259°C	0.06	0.38
8	polski XXIV.J	"	0.935	25.68	2.72	-11°C	251°C	0.03	0.1
9	polski V 15	"	0.938	28.—	2.88	- 8°C	244°C	0.03	0.1
10	polski 285/15	"	0.950	31.2	3.29	- 3°C	280°C	0.03	0.1
11	polski 285/R	"	0.950	59.5	4.8	- 4°C	285°C	0.05	0.12
12	zagraniczny	pół-stały	0.909	23.41	3.68	+37°C	258°C	0.065	0.15
13	"	"	0.903	29.86	3.37	+40°C	263°C	0.06	0.43
14	polski 2992	"	0.928	22.37	3.65	+36°C	257°C	0.05	0.14

Tablica II.

Olej kablowy obcy i krajowy w porównaniu z warunkami technicznymi Przedstawicieli Fabryk Kabli.

	Warunki techniczne		Nr. 4911/I	Olej kablowy „GALKAR” Br. St.
	określenie	wartość liczbowa		
1	wiskoza/50° C	30 — 35° E	zagraniczny	polski
2	" /100° C	3 — 3,5° E	c. gat. 0,937	0,927
3	pkt krzepn.	— 5 a — 10	25 50° E	25,65° E
4	pkt zapłonu	minimum 250° C	2,74° E	2,84° E
5	spółcz. rozszerz.	— 5 a — 10	— 11° C	— 11° C
6	l. smołowa	minimum 250° C	234° C	251° C
7	l. kwasowa	6 — 8 x 10 ⁻⁴	poniżej 7 x 10 ⁻⁴	poniżej 7 x 10 ⁻⁴
8	popiół	nie wyżej 0,06%/o	0,018%/o	0,058%/o
9	mieszanie z kalafonią	nie wyżej 0,05 mg KOH/gr	0,06 mg KOH/gr	0,06 mg KOH/1 gr
10	wytrzymałość na przebicie	nie wyżej 0,01%/o	0%/o	0%/o
		minim. 250 kV/cm przy temp. 15 — 20° C	odpowiada	odpowiada
		maksimum 0,002	powyżej 250 kV/cm	powyżej 250 kV/cm
		" 0,005		
Wytrzymałość na starzenie 500 godz. w 130° C				
11	{ tg δ przy 50° C	maksimum 0,2		
	l. kwasowa oleju	nie wyżej 0,5 mg KOH/gr	1,115 mg KOH/gr	0,47 mg KOH/1 gr.
	l. zesmalania	nie wyżej 0,4%/o	0,75%/o	0,48%/o
Oznaczenia, nieobjęte wymaganiami Przed. Fabr. Kabli,			l. kwas smoły 96,49 mg KOH/gr	74,56 mg KOH/gr
			zawart. tward. asfaltu 0,65%/o	0,14%/o
			zawartość koksu 0	0

z chemikami naftowymi zakończy się pełnym sukcesem i doprowadzi do powszechnego stosowania krajowego oleju w kablach na najwyższe nawet napięcia, choćby i 220 kV.

Dyskusja.

Na podniesione w czasie dyskusji zarzuty i wątpliwości udzielił referent następujących wyjaśnień.

1) Przy rozpatrywaniu stosunków polskich, przyczyną lekkiej nuty polemicznej jest fakt, że sprawa zastosowania krajowych olejów kablowych stała się aktualna dopiero obecnie, chociaż wytwórnie kabli pracują już w Polsce kilka lat, a przemysł naftowy, oddawna wytwarzający oleje izolacyjne, nie mógł dotychczas mimo wielu starań nawiązać stosunków z wytwórniami kabli, z wyjątkiem jednej fabryki. Zjazd S. E. P., zajmujące się prócz za-

gadnień teoretycznych i sprawami technicznymi, stanowią najodpowiedniejszą platformę, na której mogą się spotkać technicy, pracujący w różnych gałęziach zainteresowanych przemysłów i przez referaty i dyskusje wyjaśnić istniejące wątpliwości i nawiązać ścisłą współpracę, która zawsze musi doprowadzić do pomyślnego rezultatu. Stąd pewne zastrzeżenia co do stosowania olejów kablowych w Polsce miały na celu wzbudzenie zainteresowania treścią odczytu i wywołanie żywej dyskusji, co też najzupełnie się powiodło.

2) Zdanie na stronie 1-szej „Rozwój w kierunku stosowania coraz wyższych napięć napotyka na granicę, jaką jest wytrzymałość dielektryczna materiałów izolacyjnych...”, według intencji autora miało wyrazić myśl, że nie tylko — dosłownie biorąc — odporność na przebicie olejów mine-

ralnych stanowi granicę dielektrycznej wytrzymałości kabli, a tylko ogólnie zaznaczało (co zresztą wyraźnie wynika z dalszego ciągu), że cały kompleks własności dielektryków a zwłaszcza oleju uwarunkowuje ich zastosowanie w budowie kabla i od nich tylko zależą granice stosowania coraz wyższych napięć kabli.

3) Zachowanie się masy w kablu w czasie jego pracy, więc wszelkie zjawiska zmiany objętości, ciśnienia i ruchu mas, są wciąż jeszcze tematem różnych opinii. Samo zresztą pytanie, czy masa pod wpływem wahań temperatury ulega pewnym przesunięciom, czy też wahania te wywołują tylko zmiany ciśnienia, miało dla referatu znacznie dość podrzędne. Warunki bowiem pracy oleju w kablu wymagały oświetlenia tylko jako punkt wyjścia dla poszczególnych postulatów co do własności fizycznych i chemicznych, z których pewne należy uważać za wymagania istotne dla olejów kablowych, a pozostałe sprowadzić do ogólnej grupy własności wszelkich olejów izolacyjnych.

4) Stratność dielektryczna mimo wyczerpującego opracowania teoretycznego, mimo dokładnego zbadania zależno-

ści od temperatury, napięcia, częstotliwości prądu i t. p., jest z punktu widzenia chemicznego dotychczas zupełnie niezbadana i nasuwa cały szereg pytań i wątpliwości: jak wyraża się zależność między budową chemiczną oleju a jego stratnością, jaki wpływ mają poszczególne grupy węglowodorów, jak: parafinowe, naftenowe i t. d., czy istotnie w kablu tworzą się połączenia tlenowe o charakterze kwaśnym, które mogą ulegać dysocjacji elektrolitycznej, czy też te związki tlenowe mają raczej charakter obojętny ketonów, aldehydów lub t. p. Pytań tego rodzaju można postawić bardzo wiele, ma więc pełne uzasadnienie wyrażenie, że własność ta przedstawia się „dotychczas dosyć tajemniczo”, bo w sensie chemicznym nie znamy żadnej zależności między stratnością elektryczną a własnościami chemicznymi i pochodzeniem oleju, nie mówiąc już o tem, jak komplikuje się całe to zagadnienie, kiedy przejdziemy na teren zależności stratności od procesów starzenia się.

5) Do ostatnich czasów trzeba było dla określenia kąta stratności badane oleje wysyłać do pracowni zagranicznych, ponieważ Zakłady naukowe dość niechętnie wykonywały bieżące oznaczenia technologiczne, a żadna z fabryk kabli nie chciała wykonywać tych pomiarów.

ZASTOSOWANIE ELEKTRYCZNOŚCI W LECZNICTWIE

Inż. Kazimierz Kwiatkowski

(Streszczenie odczytów, wygłoszonych w Oddziale Warszawskim S.E.P.)

(Dokończenie)

612.014.428

Leczenie elektrycznością rozpoczyna się w w. XVIII, gdy niemieccy i francuscy uczeni zaczęli stosować do tego celu elektryczność statyczną. W miarę ogólnych postępów elektrotechniki w ciągu XIX stulecia i dzięki badaniom uczonych Duchenne'a, de Boulogne'a, Birda, Remaka i inn., elektroterapia została ujęta w ścisłe ramy naukowe. Elektrollecznictwo rozróżnia i stosuje następujące rodzaje prądów:

1. prąd stały, czyli tak zwany galwaniczny,
2. prąd indukcyjny — faradyczny,
3. prąd zmienny o wysokiej częstotliwości i napięciu, dochodzącym do kilkuset woltów, przy natężeniu kilkuset mA i przy ilości wyładowań do 100 iskier na sek.; ten rodzaj nazwano prądem d'Arsonvala;
4. prąd zmienny wysokiej częstotliwości o napięciu kilkuset woltów i natężeniu, wynoszącym niekiedy ponad trzy ampery i przy ilości wyładowań od 10 000 do 20 000 iskier na sek.; ten rodzaj prądu nazwano termopenetracyjnym lub diatermicznym;
5. prąd tak zwany statyczny — franklinizacja.

Prócz powyższych rodzajów prądów, olbrzymie zastosowanie w elektrollecznictwie ma światło sztuczne, które obejmuje dział, zwany aktinoterapią, oraz promienie Roentgena, obejmujące działy: roentgenodiagnostyka oraz roentgenoterapia.

Źródła prądu, z którego korzystamy przy elektrollecznictwie lub elektrodagnostyce, powinny posiadać napięcie jaknajbardziej niezmiennie. Stosuje się baterje ogniw galwanicznych lub akumulatorów (np. 30 ogniw o pojemności 4÷5 Ah), prądnice (60 V, 1,5 A) lub lampy prostownikowe.

Pozatem źródło prądu nie powinno posiadać uziemienia i nie może mieć ani bezpośredniego, ani pojemnościowego połączenia z siecią miejską.

Niżej podam w krótkości poszczególne zabiegi elektrollecnicze i urządzenia, jakie do tego celu są stosowane.

Galwanizacja. Do ciała ludzkiego doprowadza się prąd stały o natężeniu do 100 miliamperów przy napięciu nie większym, niż 60 V. Źródło prądu — bateria akumulatorów, względnie prądnica prądu stałego. Elektrody stosują się różne. Najpospolitsza składa się z drewnianej rękójści z umocowaną na niej płytką metalową, obciążoną płótnem. Elektroda taka zwana metalową, ma postać szczoteczki, pendzla i t. d. Elektrody zwykłą zwilżamy wodnym roztworem soli lub ciepłą wodą; metalową stosujemy na sucho. Pozatem bywają używane rozmaite elektrody specjalne.

Prąd, wchodząc do ciała, rozchodzi się wielu rozgałęzionymi drogami, prowadzącymi od jednej elektrody do drugiej.

Dawkowanie nie jest jeszcze ściśle ustalone. Niektórzy lekarze stosują elektryzację w ciągu kilkunastu minut, inni — w ciągu zaledwie kilku.

Ponieważ prąd galwaniczny wywołuje miejscowe przekrwienie, podniesienie ciepłoty, uspakajające bóle, lekarze stosują go w przypadkach nerwobólu w zanikach mięśniowych. Takie podniety elektryczne mają tę zaletę, że nie niszczą tkaniki żywej, a następnie można je najłatwiej mierzyć oraz dowolnie zmieniać ich natężenie. Rozpoczynając zabieg od prądów słabych, leżących poniżej progu pobudliwości i wzmacniając je powoli, dojdziemy wreszcie do tego, że w chwili zamykania prądu będziemy otrzymywali tylko chwilowe kurczenie się mięśnia w postaci jednego drgnięcia, a przez cały czas przepływu prądu mięsień będzie w spoczynku. Jeżeli jednak prąd jeszcze trochę wzmocnimy, to otrzymamy także skurcz i podczas otwarcia obwodu elektrycznego. Z tego wynika, że zmiana prądu pobudza mięsień.

Istnieje pewna najniższa granica natężenia prądu, poza którą prąd słabszy nie wywiera żadnego wpływu na nerw; zamykanie lub otwieranie obwodu pozostaje bez naj-

mniejszego skutku. Natężenie takiego prądu waha się od 0,0000001 do 0,000001 ampera. Prąd tego natężenie jest miarą prądu pobudliwości.

Próba pobudliwości zależy od czasu działania prądu.

Nernst podaje następujący wzór dla prądu pobudliwości: $I \sqrt{t} = \text{Const}$, gdzie I — prąd, t — czas trwania prądu, wynoszący od dziesiątych do tysięcznych części sekundy.

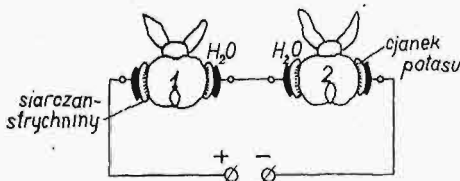
Specjalne zastosowanie ma prąd stały w elektrolizie i jontoforezie.

Elektroliza — polega na rozkładzie elektrolitów zapomocą prądu. Produkty rozkładu przesuwają się do elektrod. Kwasy, zasady i sole rozpadają się z jednej strony na kationy, które wędrują do katody, z drugiej — na aniony, wędrujące do anody. Ponieważ ciało ludzkie jest elektrolitem, możemy więc wywołać zniszczenie lub roztwór tkanki. Zawartość tkanek ludzkich przeważnie składa się z tak zwanych elektrolitów amfoterowych, które posiadają zdolność występowania jako kwas i jako zasada, na przykład: lecytyna, proteiny i t. d. Wskutek wytwarzania się tlenu na biegunie dodatnim przy wkłuwaniu igły z metalu szlachetnego (igła jest elektrodą) następuje w miejscu tem ścinanie białka i tkanka staje się twarda. Rozmięczenie tkanki następuje na biegunie ujemnym przy użyciu takiej samej igły przez wytwarzanie w tem miejscu wodoru. Metodę elektrolityczną stosuje się do niszczenia drobnych nowotworów i do różnych zabiegów laryngologicznych. Natężenie prądu — od 0,5 do 100 mA. Należy zaznaczyć, iż pod wpływem prądu łącznie z jonami przemieszczają się adsorbowane do nich drobiny białkowe.

Jontoforeza polega na wprowadzeniu do organizmu przez skórę lub błonę śluzową leków za pośrednictwem prądu galwanicznego.

Leki, wprowadzone zapomocą elektryczności, pozostają w organizmie dłużej, niż wprowadzone do wewnątrz przez usta, względnie przez skórę w postaci różnych smarowań i wcierań.

Opiszę doświadczenie, wykonane przez Leduc'a, które pozwoli na zorientowanie się w przenikaniu roztworów do organizmu (rys. 1).



Rys. 1.

Włączył on w szereg prądu stałego dwa króliki. Wprowadzał prąd przez elektrodę gąbczastą, umieszczoną z lewej strony pierwszego królika. Elektroda była nasyoną siarczanem strychniny. Prąd wychodził przez drugą elektrodę, umieszczoną z prawej strony drugiego królika i nasyoną cjanek potasu króliki były połączone ze sobą zapomocą dwóch tamponów, zwilżonych zwykłą wodą. Przepuszczono prąd o natężeniu około 100 mA. W chwili włączenia prądu pierwszy królik z elektrodą, nasyoną strychniną, począł drgać konwulsyjnie wskutek wnikania strychniny (katjon) do organizmu, drugi królik zginął natomiast wskutek wprowadzenia jonu cjanowego, który, jako anion, podążył do anody.

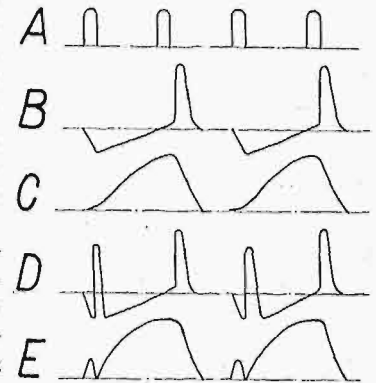
Przy zmianie biegunów, t. j. po umieszczeniu strychniny na katodzie, a cjanu — na anodzie, żadnych skutków zębnych na królikach nie stwierdzono.

Z powyższego doświadczenia wynika, że wprowadza-

nie środków chemicznych odbywa się tylko skutkiem przepływu prądu, a nie przez osmozę.

Nie mogąc w ramach niniejszego artykułu podać dokładnego opisu przebiegu zjawisk fizjologicznych, zachodzących podczas jontoforezy, zaznaczę, iż jako leki są wprowadzane: jodek potasu, chlorki wapnia i sodu, sole sodowe kwasu salicylowego, siarczan magnezu oraz niektóre alkaloidy, jak: atropina, kokaina, chinina, morfina i strychnina.

Faradyzacja. Ponieważ dla pobudzenia mięśnia główne znaczenie ma zmiana natężenia prądu, więc jedną z najlepszych podnień, pospolicie używaną, stanowią krótkotrwałe prądy indukcyjne o specjalnym kształcie krzywej, wytwarzane przez cewkę indukcyjną. Przyrząd do faradyzacji składa się z dwóch cewek i przerywacza. Zasilany jest on prądem jednokierunkowym, przerywanym zapomocą przerywacza młoteczkowego Wagnera-Neffa lub inn. W ten sposób w cewce wtórnej otrzymujemy prąd indukcyjny, w którym przewagę ma jeden kierunek. Natężenie prądu wynosi około 50 mA. Właściwy kształt krzywej zmienności prądu stanowi tu najbardziej istotną cechą dla elektrolecznictwa. W celu osiągnięcia odpowiednich kształtów krzywej prądu używany t. zw. deformatorów; rytm nadaje metronom - przerywacz.



Rys. 2.

Najbardziej rozpowszechnionym deformatorem prądu jest wyżej wymieniony przerywacz młoteczkowy Wagnera oraz przerywacz automatyczny (od 3—12 tysięcy razy na minutę) systemu Leduc'a.

Rys. 2 podaje kształt krzywych prądu, otrzymywanych zapomocą przerywacza Leduc'a oraz przerywacza młoteczkowego Wagnera.

Nernst, stosując prądy indukcyjne o wielkiej częstotliwości przerw, przyszedł do wniosku, że istnieje pewna stała zależność pomiędzy natężeniem prądu a częstotliwością przerw, jeżeli bierzemy jako kryterjum jeden i ten sam skurcz mięśnia, np. minimalny. Zależność ta wyraża się dla nerwów ruchowych wzorem

$$\alpha = \frac{i}{\sqrt{m}} = \text{const. } m \text{ — ilość przerw na 1''}$$

$$\text{skąd } m = \frac{i^2}{\alpha^2}$$

Rozbrojenia kondensatorów, wprowadził do elektroterapii polski badacz Zanietowski. Umożliwiają one zastosowanie ściśle określonych ilości elektryczności dla wywołania minimalnych podrażnień. Części składowe aparatu są następujące: kondensator, odmiana przerywacza młoteczkowego Wagnera, służącego do rytmicznych przerw prądu. Zakres zastosowania rozbrojeń kondensatorów jest analogiczny do zakresu stosowania prądu faradycznego, jednak ma tę wyższość, że charakter zmian natężenia prądu dla każdego przypadku można obliczyć i, biorąc kondensatory rozmaitej pojemności, można czas rozbrojenia dowolnie zmieniać. Czas rozbrojenia waha się pomiędzy 0,001 — 0,002". Pojemność kondensatorów około 0,02 mikrofaradów.

Franklinizacja polega na zastosowaniu elektryczności, wytwarzanej przez maszynę influencyjną Whim-

shursta. Stosuje się maszyny, dające do 100 kV napięcia i $150 \div 170$ mA (do 1μ A). Silnik takiej maszyny posiada moc ok. $0,1 \div 0,2$ kW przy $600 \div 1400$ obr./min. Maszyna ta winna znajdować się obowiązkowo w szafie szklanej — z umieszczeniem w niej środkami osuszającymi. Jeden biegun maszyny łączy się z ziemią, a do drugiego przyłącza się różne ostre elektrody, które zbliża się do pacjenta tak, aby występował przepływ elektryczności bez powstawania isker, w postaci t. zw. wyładowań snopiastych. Chory w czasie zabiegu doznaje uczucia chłodnego wiatru, włosy mu się jeżą. Stosuje się jednak niekiedy franklinizację z iskrzeniem.

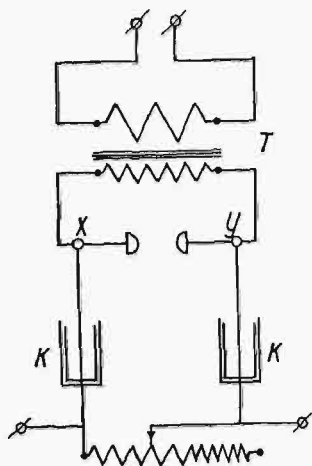
Darsonwalizację, t. j. stosowanie w lecznictwie prądów szybkozmiennych, wprowadził fizjolog francuski d'Arsonval.

Częstotliwość tych prądów jest równa częstotliwości prądów w iskrze.

Przy przeskoiku iskry mamy wahnięć prądu od 15 — 20, czas trwania jednej iskry wynosi $1/50\,000$ sek., a przerwa między iskrami trwa około $1/500$ sek. Częstotliwość drgań prądu zależy od pojemności kondensatorów i samoindukcji cewki.

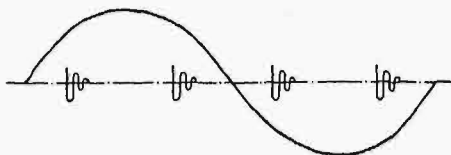
Przyrząd d'Arsonvala jest przedstawiony schematycznie na rys. 3.

Regulacja prądu w tym aparacie odbywa się dwójako: po pierwsze możemy zwiększać odległość między biegunami iskiernika, powtórę — przesuwając punkt ruchomy D — zmieniać przekładnię autotransformatora.



Rys. 3.

kiernika, powtórę — przesuwając punkt ruchomy D — zmieniać przekładnię autotransformatora.



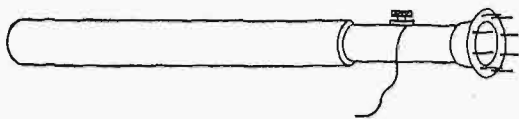
Rys. 4.

Na rys. 4 podana jest krzywa natężenia prądu przy darsonwalizacji.

W praktycznym zastosowaniu darsonwalizacja bywa pośrednią lub bezpośrednią, miejscową lub ogólną.

Bezpośrednia — gdy elektrody dotykają do ciała, przy pośredniej — elektroda znajduje się w pewnej odległości od ciała. Pozatem bywa stosowane umieszczanie ciała ludzkiego wewnątrz wielkiej cewki, w której przebiegają prądy wysokiej częstotliwości.

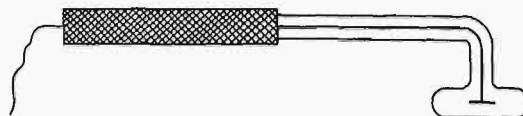
Miejscową — stosujemy na określonym odcinku ciała z pomocą elektrod. Może być ona jedno lub dwubieguno-



Rys. 5.

wa. Elektroda, przedstawiona na rys. 5-ym, jest zakończona ostremi kolcami, z których łatwo odbywają się wyładowania. Elektrode taką utrzymuje na odległości kilku centymetrów od ciała, aby nie występowało iskrzenie, a tylko wyładowanie snopiaste za pośrednictwem jonów powietrza,

co powoduje wiatr elektryczny. Pozatem bywają jeszcze stosowane elektrody kondensatorowe, np. przedstawiona na rys. 6.



Rys. 6.

Jest to szklana rurka, rozszerzona na końcu, przez którą przeprowadzony jest metalowy prętek, zakończony metalową płytką, stanowiącą wewnętrzną okładzinę kondensatora; zewnętrzną okładziną będzie ciało pacjenta, którego dotkniemy elektrodą.

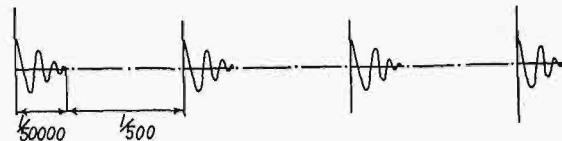
Darsonwalizację nazywamy ogólną, jeżeli chory znajduje się wewnątrz dużego solenoidu; wtedy wielka szybkość zmian prądu sprawia, że w ciele człowieka powstają wirowe prądy indukowane tak, jak we wtórnej cewce transformatora.

W darsonwalizacji ogólnej można stosować tak zwane łożo kondensatorowe Apostolego. Jest to leżak z czterema dużymi elektrodami. Wszystkie te elektrody pokrywa się dwiema kauczukowymi płytami, na których dopiero kładzie się chorego. Obu rękami trzyma on inną elektrodę w postaci grubego pręta, połączoną z jednym biegunem; elektrody łoża łączy się z drugim biegunem. Otrzymujemy kondensator, którego okładziny stanowią płyta oraz ciało chorego. Natężenie prądu wynosi około 0,5 A. Zabieg trwa od 15 do 25 minut.

Obecnie rzadko stosuje się arsonwalizację ogólną, a częściej miejscową (Radjolux, Radjostar, Vio).

Prądy szybkozmiennne tracą zdolność pobudzania nerwów czuciowych i ruchomych, gdy częstotliwość przekroczy pewną granicę. Działanie prądu szybkozmiennego zaczyna słabnąć już od częstotliwości 2000 okr. sek. Przy częstotliwości ok. 100 000 na sek. prąd nie wywiera prawie żadnego wpływu na nasze nerwy i mięśnie, wywołuje tylko podniesienie ciepłoty.

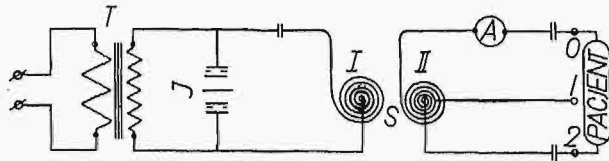
Po każdym 10—20 drganiach w ciągu $1/50\,000$ sek otrzymujemy przerwę wolną od drgań, która jest niezbędna dla ochłodzenia iskiernika i trwa 500 razy dłużej, niż okres drgań. Okresowe wyładowania kondensatora przy pomocy iskry wytwarzają prąd szybkozmienny, który się składa z oddzielnych silnie stłumionych grup drgań, oddzielonych długimi pauzami (rys. 7).



Rys. 7.

W aparatach d'Arsonvala jako kondensatory stosuje się butelki lejdejskie, samoindukcją jest spirala z grubego drutu. Iskiernik składa się z dwóch małych płytek metalowych, jednej stałej, drugiej zaś ruchomej; odległość wzajemna elektrod może zmieniać długość iskry. Prądy wyżej wymienione nie nadają się do przegrzewania, ponieważ wskutek długich pauz pomiędzy poszczególnymi grupami drgań przeciętne natężenie prądu jest niskie. Wogóle działanie fizjologiczne prądów d'Arsonvala dotąd nie zostało wyjaśnione w całej pełni, nie ulega jednak wątpliwości, że wywierają one wpływ na przemianę materji, na układ nerwowy i t. d.

Diatermia. Aby osiągnąć największą sprawność prądów wysoko-częstotliwych należy zwiększyć ilość zmian na sekundę, a więc zwiększyć ilość iskier i zmniejszyć pausy pomiędzy poszczególnymi grupami drgań. Osiąga się to

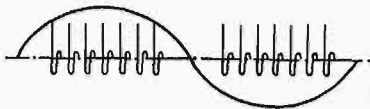


Rys. 8.

technicznie zapomocą zmiany w budowie iskiernika, t. j. elektrody w kształcie ostrza, kuli lub płytek zastępujemy metalowymi tarczkami, a jednocześnie odległość pomiędzy elektrodami zmniejszamy do 0,1 — 0,2 mm.

Tarczki obecnie są wykonywane z wolframu ze względu na wysoką temperaturę jego topliwości.

Na rys. 8 podaje schemat urządzenia do diatermji. Jak zaznaczyłem, prąd diatermiczny ma wyższą częstotli-



Rys. 9.

wość, niż d'Arsonvala, i wynosi ona ok. 1 000 000, okr./sek., poza tem staramy się zmniejszyć przerwy do minimum, wobec czego krzywa prądu różni się od krzywej prądu d'Arsonvala (rys. 9).

Drugim typem urządzenia, używanego w diatermji, jest urządzenie według pomysłu Bordier'a (rys. 10). Rolę iskiernika spełnia lampa katodowa.

Na rys. 11 przedstawiony jest wykres prądu, otrzymany w omówionym aparacie. Co się zaś tyczy działania prądu diatermicznego na ustrój ludzki, to chodzi tu przede wszystkim o ciepło, są jednak zapewne działania chemiczne, które wpływają znów na podniesienie żywotności komórek. Poniżej podaję zestawienie charakterystyk prądu d'Arsonvala i diatermicznego.

D'Arsonval.

- 1) ilość iskier do 100 na sek.
- 2) silnie tłumione drgania z dużymi przerwami;
- 3) napięcie wysokie do 100 kV;
- 4) natężenie prądu małe około 0,6 A.

Diatermja.

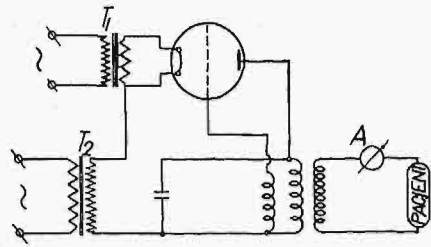
- 1) ilość iskier wielka, kilkaset tysięcy;
- 2) drgania z małymi przerwami;
- 3) napięcie do kilkuset woltów;
- 4) natężenie prądu duże, do 5 A.

Kąpiel wodno-elektryczna. — polega na wprowadzeniu prądu do ciała nie bezpośrednio przez elektrody, lecz pośrednio przez wodę; w kąpeli pełnej lub częściowej, w której znajdują się elektrody. Gęstość prądu w ciele jest tu o wiele mniejsza, niż przy stosowaniu zwykłych elektrod tak, że można korzystać z prądów o natężeniu znacznie większem. Odróżniamy kąpiele wodno-elektryczne pełne lub częściowe czyli komorowe. Rys. 12 przedstawia kąpiel czterekomorową.



Rys. 12.

Do galwanizacji, faradyzacji, elektrolizy, jontoforezy, kąpeli endoskopji, kaustyki i t. d. stosuje się zwykle przyrząd elektryczny uniwersalny, zwany multostatem (pantostatem) (rys. 13).



Rys. 10.

Taki poprzeczny aparat posiada przetwornicę (silnik i prądnica) na 110 V do 3 A, cewkę Ruhmkorffa oraz serje oporów, włączonych potencjometrycznie.

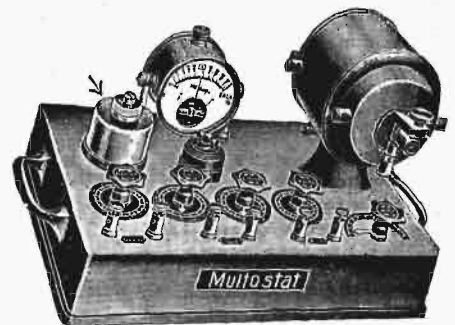
Regulacja prądu w obwodzie pacjenta odbywać się winna płynnie bez jakichkolwiek skoków.



Rys. 11.

Opornice stanowią dość ważny szczegół w budowie przyrządów leczniczych. Bywają one następujących typów:

- 1) metalowe (nikielinowe lub reotanowe) o opornościach poszczególnych gałęzi od 1 do 2000 Ω z odpowiednią skalą; są one dość drogie i zamiast nich stosują często opory suwakowe bez skali;



Rys. 13.

- 2) opory grafitowe; składają się z dwóch pałeczek grafitowych stożkowych, umieszczonych równolegle, po których przesuwają się suwaki; posiadają oporności od 1000 — do 200 000 Ω; opory włącza się stopniowo; są one dogodne w użyciu;
- 3) wodnych opornic prawie nie używa się, chociaż opornica syst. Bergonié posiada kilka ulepszeń, usuwających parowanie cieczy oraz dość równomierną skalę.

LITERATURA.

- 1) Kowarschik. Elektrotherapie.
- 2) Windscheid. Die Anwendung des Elektrizität in der medizinischen Praxis.
- 3) Axmann. Ein kleiner Apparat für Hochfrequenzbehandlung.
- 4) Bordier. Appareil nouveau pour la diathermie et l'étincelage.
- 5) Shirby. An experimental investigation into the action of certain electrical treatments on the blood.

Z ŻYCIA ORGANIZACYJ

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

ODDZIAŁ WARSZAWSKI

Zgłoszenia na członków zwyczajnych:

Muszkat Halina, Warszawa, ul. Polna 26 m. 7.
Pawłowski Władysław, Warszawa, ul. Sien-
na 19 m. 12.
Plewako Jerzy, p. Iwieniec, woj. Nowogrodzkie,
maj, Dziakowszczyzna.

Rybczyński Witold, Warszawa, ul. Langiewi-
cza 4.
Walentek Emiljan, Warszawa, ul. Polna 50
m. 25.
Żarnecki Tadeusz, Warszawa, ul. Marymonc-
ka 1-c.
Żelazo Jerzy, Warszawa, ul. Karmelicka 27 m. 8.

PRZEMYSŁ I HANDEL

Produkcja i zbył artykułów elektrotechnicznych w kwietniu 1934 r.

Produkcja 25-ciu głównych artykułów elektrotechnicznych w kwietniu 1934 r. oceniona została na 3840 tys. złotych, a więc stanowiła 77% produkcji marcowej, a 86% przeciętnej miesięcznej produkcji ub. roku. W poniższym zestawieniu pierwsza kolumna oznacza wartość produkcji w kwietniu b. r., druga — procentowy stosunek wartości

Nazwa towaru	1000 zł	%	%
Maszyny elektryczne	323	75	132
Przetwornice	18	82	67
Transformatory	89	207	86
Akumulatory i ich części	330	83	94
Ogniwa i części	165	73	65
Urządzenia rozdzielcze	29	46	69
Skrzynki przyłączowe	53	120	136
Wyłączniki olejowe	27	75	66
Bezpieczn., drobna armatura rozdziel. i instalacyjna	281	104	118
Liczniki energii elektrycznej	134	85	149
Rury izolacyjne i części	106	93	92
Świeczniki, żyrandole i t. p.	126	68	78
Urząd. i przyrządy domow. użytku	24	63	55
Przyrządy elektromedyczne	1,8	13	5,6
Aparaty telefonicz. i centralki	112	118	48
Sprzęt pomocn. i części zapasowe	74	40	105
Żarówki elektryczne	603	75	89
Przewodniki gołe	159	100	130
Przewodniki izolow. nieobowiązione	477	72	122
" obojętne	364	64	73
Porcelana elektrotechniczna	139	112	155
Radjosprzęt:			
Aparaty detektorowe	—	—	—
" lampowe	125	50	61
Kondensatory	50	74	91
Transformatory	30	62,5	55
Razem	3819,8		

tej produkcji do produkcji marcowej, trzecia — to samo w stosunku do wartości przeciętnej produkcji ub. roku.

Spadek produkcji w miesiącu sprawozdawczym przypisać należy przede wszystkim świętami Wielkiejnocy w krótszym zresztą i tak miesiącu. Dotknięta nim została produkcja aparatów elektromedycznych, przyrządów el. domowego użytku i transformatorów radiowych. Wzrosła, i to znacznie, produkcja porcelany el.-technicznej, liczników, skrzynek przyłączonych i maszyn elektr.

Zbył artykułów el.-technicznych w kwietniu wyniósł 3640 tys. zł., czyli 95% produkcji, a więc 5% towarów pozostało na składzie.

Zatrudnienie i stan zamówień w maju 1934 r.

Czynnych zakładów elektrotechnicznych o ilości robotników 20 i więcej było w miesiącu sprawozdawczym 58, t. j. tyleż, co w miesiącu poprzednim, o 10 więcej, niż w odpowiednim miesiącu 1933 r. Zatrudnionych robotników było ogółem 5529, z tego przy produkcji 91,5%. Liczba ogólna robotników wzrosła nieznacznie od poprzedniego miesiąca, zatrudnionych przy produkcji — pozostała na poprzedniej wysokości. Przepracowano ogółem 221.406 godzin tygodniowo — o 5% więcej, niż w kwietniu b. r. Na 1 robotnika przypadało 43,7 godzin pracy tygodniowo, to zn. że pod względem wyzyskania sił roboczych przemysł el.-techniczny stał w szeregu 16 głównych gałęzi przemysłu no ósmym miejscu, mając poza sobą fabryki porcelany, przemysłu: metalowy, maszynowy, włókienniczy, garbarnie, tartaki, fabryki mebli i browary.

Stan zamówień pogorszył się w maju znacznie: dwa razy mniej robotników było zajętych w fabrykach i zakładach, wykazujących zły stan zamówień, niż w zakładach o średnim stanie zamówień. W liczbach względnych stosunek ten przedstawia się jak następuje: maj 1933 — 145,4; kwiecień 1934 — 166,7; maj 1934 — 137,2.

PRZEDPŁATA:

kwartalnie zł. 9.—
rocznie zł. 36.—
za zmianę adresu
(znaczkami pocztowymi) gr. 50

Biurowisko Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego № 5 m. 24, I piętro
(Gmach Stowarzyszenia Techników), telefon № 690-23.

Administracja otwarta oodz. od godz. 9 do 15 w soboty od 9 do 13
Redaktor przyjmuje we wtorki i piątki od godziny 19-ej do 20-ej.

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

Ceny ogłoszeń
podaje administracja
na zapytanie.

Wydawca: Wydawnictwo czasopisma „Przeгляд Elektrotechniczny”, spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.

S. A. Z. G. „Drukarnia Polska”, Warszawa, Szpitalna 12. Tel. 5.87-98.