Polecamy ze składu w Warszawie

WYŁĄCZNIKI CZASOWE (AUTOMATY ZEGAROWE)

DO SAMOCZYNNEGO ZAPALANIA I GASZENIA

LAMP ULICZNYCH
REKLAM NEONOWYCH
WYSTAW SKLEPOWYCH
KLATEK SCHODOWYCH

PRECYZYJNE WYKONANIE ● SOLIDNA BUDOWA ● NISKIE CENY

Wytwórcy:
FABRYKA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH
Fr. SAUTER, Tow. Akc. w Bazylei
Szwajcarja

Wyłączne przedstawicielstwo:
TOWARZYSTWO TECHNICZNO - HANDLOWE
„POLAM", Sp. z o. o.
Warszawa, Hoża 36. Tel. 9-27-64

Administracja „Wiadomości Elektrotechnicznych" podaje do wiadomości P. P. Prenumeratorów,

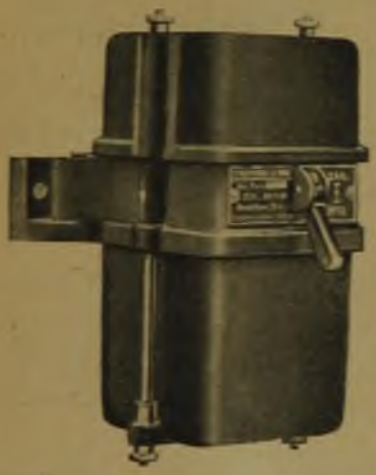
że w myśl przepisów Ministerstwa Poczt i Telegrafów

REKLAMACJE

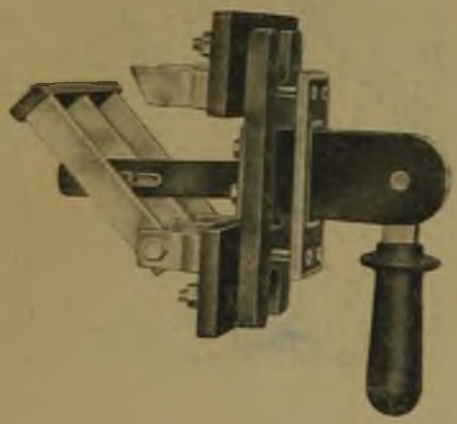
dotyczące nieotrzymanych egzemplarzy czasopisma, opatrzone widocznym napisem **„Reklamacja gazetowa"**

WOLNE SĄ OD OPŁATY POCZTOWEJ

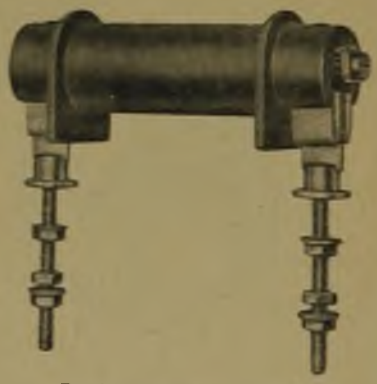
o ile zostały nadane w stanie otwartym (karta pocztowa lub pismo w niezaklejonej kopercie).



Termiczno-elektromagnetyczny automat olejowy



Wyłącznik zatablicowy



Bezpiecznik rurowy bakelitowy

Odgromnik płytkowy

Aparaty wysokiego i niskiego napięcia.
Okapturzone aparaty i urządzenia rozdzielcze.
Nastawniki, rozruszniki, regulatory.
Mufy, złącza i masa kablowa.

Fabryka Aparatów Elektrycznych

S. KLEIMAN i S-WIE

Warszawa: Okopowa 19, tel. 734-26, 683-77, 734-53

Bezpiecznik napowietrzny (słupowy)

ŠKODA

Kompletne wyposażenie elektrowni i zakładów przemysłowych aparatami i przyrządami własnej konstrukcji produkcji krajowej

Centrala: Warszawa, Królewska 23. Telefony 260-05 i 610-44

ODDZIAŁY I PRZEDSTAWICIELSTWA:

Król. Huta, Wolności 19, tel. 785
Łódź, Kilińskiego 96, tel. 205-84
Lwów, Kadecka 9, tel. 107-40
Bydgoszcz, Chodkiewicza 5/6, tel. 11-17
Wilno, Bosaczkowa 5, tel. 12-77
Kraków, Gertrudy 2, tel. 34-34

Silniki
Generatory
Transformatory
Aparaty do rozdzielni w. n.
Kable silno- i słaboprądowe

Nakład 5 000 egzemplarzy

Cena zeszytu 70 groszy

WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE

MIESIĘCZNIK POD NACZELNYM KIERUNKIEM PROF. M. POŻARYSKIEGO

Redaktor: Inż. elektr. Włodzimierz Kotelewski

Warszawa, ul. Czackiego 5 tel. 690-23

ROK I MARZEC 1933 R. ZESZYT 3

TREŚĆ ZESZYTU 3:

1. O porażeniu prądem elektrycznym — *inż. Wł. Kotelewski i inż. J. Skowroński.*
2. Automatyczna zwrotnica elektryczna — *inż. B. Dubicki.*
3. Co elektrotechnik o grzejnikach wiedzieć powinien — *inż. T. Todtleben.*
4. Zasady techniki oświetleniowej — *inż. F. S. Piasecki.*
5. Światło migocące.
6. Popularna elektrotechnika.
7. Nowiny elektrotechniczne.
8. Skrzynka pocztowa.
9. Porcelana i bakelit, jako materjały konstrukcyjne w elektrotechnice.

O porażeniu prądem elektrycznym.

Inż. WŁ. KOTELEWSKI i inż. J. SKOWROŃSKI.

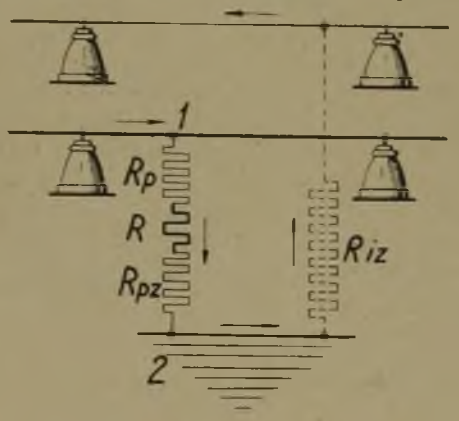
(Ciąg dalszy)

W poprzednim zeszycie omówiliśmy wypadek porażenia prądem elektrycznym spowodowany dotknięciem przewodów obiema rękami. Gdy jednak przyjrzymy się statystyce porażeń prądem, to zauważymy, że wypadki porażenia przez dotknięcie dwu przewodów jednocześnie są naogół dość rzadkie; olbrzymia natomiast ich większość ma miejsce przy dotknięciu jednego z przewodów linji elektrycznej. Dlatego też zajmiemy się obecnie szczegółowem omówieniem tego rodzaju wypadków.

Aby prąd mógł przepłynąć przez ciało człowieka powstać musi, jak wiadomo, zamknięty **obwód elektryczny.** Wielkość tego prądu (I) zależy zarówno od wielkości napięcia (V), jak i od wielkości oporności omowej (R) obwodu zamkniętego: **sieć — ciało ludzkie — ziemia — sieć.** Bardzo ważną rolę odgrywać będzie w tym wypadku stan izolacji linji względem ziemi. Zależność pomiędzy prądem,

Rys. 1

napięciem i opornością wyrazi się w postaci znanego nam już wzoru Ohm'a: $I_{(A)} = V_{(V)} : R_{(\Omega)}$. Poza temi jednak wielkościami odgrywać zacznie rolę pewien nowy czynnik, a mianowicie **pojemność (C)** przewodów względem ziemi; wpływ pojemności wystąpi jednak w całej pełni dopiero przy rozległych sieciach prądu zmiennego wysokiego



Rys. 2.

napięcia. W mniejszych natomiast sieciach prądu zmiennego niskiego napięcia, a przedewszystkiem w sieciach prądu stałego (niezależnie od ich rozpiętości), pojemność sieci wzgl. ziemi roli nie odgrywa.

W wypadku, gdy człowiek — stojąc na ziemi — dotknie ręką do przewodu, który jest pod napięciem, (rys. 1), prąd **I**, jaki popłynie przez jego organizm, możemy obliczyć — jak zaznaczyliśmy — na podstawie prawa Ohm'a, a mianowicie:

$$I_{(\text{amperów})} = \frac{V_{(\text{woltów})}}{(R_p + R + R_{pz} + R_{iz})_{(\text{omów})}}$$

We wzorze tym, który na pierwszy rzut oka wydaje się skomplikowany, w istocie zaś jest b. prosty, widzimy w mianowniku kilka oporności dodanych do siebie; oporności te na schemacie zastępczym (rys. 2) połączone są w szereg jedna za

drugą i dlatego też należy je we wzorze dodać do siebie.

R_p — jest to wielkość oporności przejścia pomiędzy przewodem a ręką człowieka w miejscu styku;

R — wyobraża oporność (wewnętrzną) ciała ludzkiego pomiędzy dłonią ręki i stopami nóg;

R_{pz} — oznacza oporność przejścia pomiędzy stopami a ziemią z uwzględnieniem oporności obuwia, i wreszcie

R_{iz} — jest to oporność izolacji pomiędzy ziemią a przewodem (ami) przeciwnej biegunowości (przeciwnego znaku) w stosunku do przewodu dotkniętego ręką.

Oporność ziemi pomijamy, jako znikomo małą wobec powyższych oporności; pominąć również możemy oporność przewodów linji (kilka omów wobec paru tysięcy!).

Oporności powyższe odgrywają ważną rolę, gdyż przy danem napięciu **V** stanowią o wielkości prądu **I**, jaki popłynie przez organizm człowieka. Dlatego też zasługują one na bliższe omówienie.

Oporność styku R_p znana nam jest z poprzednich rozważań; wiemy że wielkość jej zależy od wielkości powierzchni styku między dłonią a przewodem, od stanu wilgotności skóry, od rodzaju prądu (stały czy zmienny), od czasu trwania przepływu prądu przez skórę i t. d.

Oporność wewnętrzną ciała ludzkiego **R** pomiędzy ręką a stopami uważać można za równą w przybliżeniu ok. 1 000 omów (wg. danych Kath'a).

Według przeprowadzonych przez autorów w Zakładzie Miernictwa Elektrotechnicznego Politechniki Warszawskiej pomiarów oporność wewnętrzna organizmu ludzkiego **R** — przy prądzie zmiennym 50 okr/sek i natężeniach prądu od 2 do 10 mA wynosi:

— pomiędzy dłonią jednej ręki a stopą — ok. 1 500 omów,

— pomiędzy dwiema rękami a stopami — ok. 950 omów, oraz

— pomiędzy dłonią jednej ręki a stopami nóg — ok. 1 150 omów (ten ostatni przypadek najczęściej się zdarza).

Przy wykonywaniu powyższych pomiarów oporność stykową rąk wzgl. nóg starano się usunąć przez stopniowe zanurzanie kończyn w słabym rozczynie kwasu siarkowego lub sody (powierzchnia dłoni, dłoń do kostki, przedramię do łokcia, powierzchnie stóp, stopy do kostek, — stojąc na blaszanem dnie napełnionego rozczynem naczynia).

Prąd, jaki płynie od ręki poprzez tułów i nogi do ziemi, spotyka na swej drodze szereg organów, które dlań stanowią większą lub mniejszą oporność. Wg. Wildermuth'a największą oporność omową wykazują kości, następnie idą (coraz to mniejsza oporność): tłuszcz, mięśnie, nerwy i wreszcie krew; arterje i weny oraz nerwy tworzą jakgdyby sieć dobrych przewodników otoczonych naokoło układem gorszych przewodników.

Oporność przejścia pomiędzy stopami a ziemią R_{pz} odgrywa w wypadkach porażenia prądem elektrycznym doniosłą, nieraz wprost decydującą rolę; wielkość jej zależy w pierwszym rzędzie od oporności **obuwia** i dlatego też omówimy ją nieco bliżej. Dokładne określenie zarówno oporności samej zelówki, jak i oporności przejścia pomiędzy zelówką a ziemią, nastręcza duże trudności; decydującą rolę odgrywa w tym wypadku stopień wilgotności zarówno samej podeszwy, jak i ziemi. Z przeprowadzonych przez inż. Kammerer'a doświadczeń wynika, że oporność zwykłej skóry używanej do wyrobu zelówek o grubości 5 mm wynosi w stanie zupełnie suchym powyżej 1 miljona omów na decymetr kwadratowy (1 MΩ/dcm²) *). Po lekkiem obustronnem zwilżeniu skóry oporność jej spadła do 5 000 omów/dcm², jakkolwiek wewnątrz skóra była zupełnie sucha. Zmoczona następnie przez dłuższe leżenie w wodzie ta sama skóra wykazała oporność wynoszącą zaledwie 100 omów/dcm² — czyli dziesięć tysięcy razy mniej niż pierwotnie w stanie suchym. Przeprowadzone przez tegoż autora bezpośrednie pomiary oporności przejścia przez suche zelówki pomiędzy stopami a czystym cementem wykazały, że oporność ta waha się w granicach od 50 000 do 200 000 omów; gdy zelówki zostały lekko zwilżone, oporność ta spadła do wielkości 3 000 — 5 000 omów; wreszcie przy silnem zmoczeniu zelówek powyższa oporność spadła prawie do zera. Dochodzimy więc do wniosku, że w stanie normalnej wilgotności obuwie przedstawia naogół oporność wynoszącą zaledwie ok. 3 000 omów. Niektórzy autorzy uważają nawet tę wielkość za zbyt wysoką, i tak np. Löbl przyjmuje oporność przejścia do ziemi za równą około 900 omów. Dlatego też w pomieszczeniach wilgotnych (kopalnie węgla, cukrownie, obory i t. d.) zachować należy specjalną ostrożność w obchodzeniu się z przyrządami elektrycznemi, w tych bowiem warunkach oporność obuwia jest bardzo mała i to niezależnie od tego, czy zelówki są ze skóry, czy też z drzewa. Pozatem b. niebezpieczne pod względem elektrycznym są zelówki podarte oraz podbite metalowemi gwoździami.

Olbrzymie znaczenie obuwia, jako czynnika chroniącego człowieka przed porażeniem, zostało w elektrotechnice już dawno uznane; dlatego też wskazane jest, by elektryk obsługujący urządzenia pod napięciem nosił gumowe podeszwy. Z tegoż względu korytarze w rozdzielniach wysokiego napięcia wyściełane są częstokroć gumowemi chodnikami; guma bowiem, jako doskonały materjał izolacyjny posiada b. wysoką wartość oporności, będąc niehygroskopijną t. j. zupełnie nie wchłania wilgoci. Należy jednak zwrócić uwagę, że przy zmoczeniu gumy prąd płynąć może po jej powierzchni; dlatego też w wilgotnych pomieszczeniach używać należy zamiast gumowych podeszew — kaloszy. Jak zobaczymy, przy wysokiem napięciu może i to nie zapobiec porażeniu.

Czwarta wreszcie z rzędu oporność, jaka występuje w mianowniku podanego wzoru Ohm'a — R_{iz} przedstawia wartość **oporności izolacji** linji

*) Litera **M** przed daną jednostką elektryczną oznacza miljon tych jednostek, a więc 1 MΩ (czytaj: megom) = 1 000 000 omów.

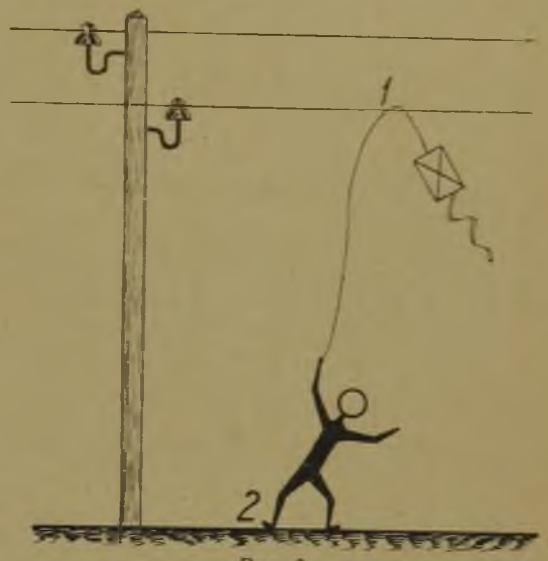
względem ziemi; wielkość oporności tej wahać się może w szerokich granicach, a więc od 0 — dla przewodów uziemionych — do wielkości b. znacznych, wynoszących miljony omów. Wielkość oporności R_{iz} izolacji linji względem ziemi odgrywa w wypadkach dotknięcia jednego przewodu niezwykle doniosłą rolę, gdyż od wartości jej zależy w znacznym stopniu wielkość prądu **I**, jaki popłynie przez organizm człowieka. Oporność izolacji odgrywa jednak decydującą rolę jedynie przy prądzie stałym oraz w niezbyt rozległych sieciach prądu zmiennego niskiego napięcia. W sieciach natomiast wysokiego napięcia liczyć się musimy, jak już zaznaczyliśmy, z pojemnością sieci względem ziemi.

Rozpatrzmy obecnie kilka typowych wypadków porażenia prądem, jakie mogą zajść w praktyce. W pierwszym rzędzie rozpatrzymy te wypadki, w których pojemność sieci względem ziemi nie odgrywa roli; w celu obliczenia prądu **I**, przepływającego przez organizm człowieka, stosować będziemy wzór Ohm'a w podanej wyżej postaci.

Przypadek 1. **Linja elektryczna jest doskonale odizolowana od ziemi, przyczem pojemność** jej względem ziemi **nie odgrywa roli.** Przypadek taki rzadko zachodzi przy linjach elektrycznych; zdarzyć się natomiast może przy źródle prądu (np. prądnicy lub transformatorze) nie przyłączonem do sieci. Jeżeli oporność izolacji tego rodzaju układu jest doskonała, wówczas R_z posiada wartość nieskończenie wielką; po podstawieniu wielkości tej do mianownika podanego wyżej wzoru Ohm'a otrzymamy na prąd **I** wartość równą zeru — niezależnie od wielkości pozostałych oporności R_p, **R** oraz R_{pz}, — każda bowiem liczba podzielona przez liczbę nieskończenie wielką równa się zeru. Jeżeli więc pominiemy prąd ładowania— znikomy przy napięciu niezbyt wysokiem — to przekonamy się, że w tym wypadku człowiekowi nie grozi żadne niebezpieczeństwo, gdyż broni go skutecznie przed porażeniem właśnie owa oporność izolacji R_z lub też dobra izolacja własna $R_p + R + R_{pz}$. Wypadek ten, jakkolwiek najzupełniej możliwy, a tak bardzo pożądany dla elektryka, posiada niestety znaczenie raczej teoretyczne. W praktyce bowiem, nawet w najstaranniej wykonanej i utrzymywanej instalacji, wartość oporności izolacji w stosunku do ziemi posiada pewną wartość skończoną, zależną od szeregu czynników (stan izolacji, ilość równolegle włączonych odbiorników i t. d.); jakkolwiek wartość ta może być nieraz duża, to jednak nie bywa nigdy nieskończenie wielka. Dlatego też bardziej życiowy jest przypadek 2-gi.

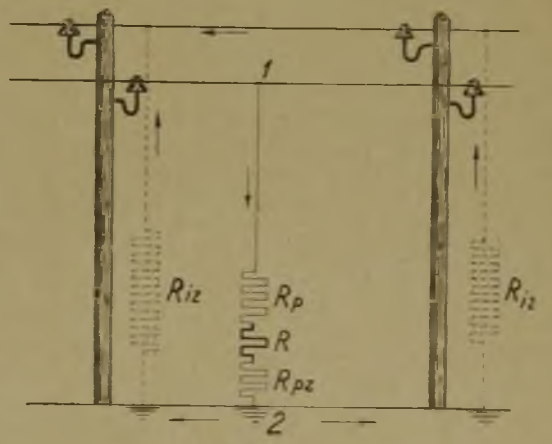
Przypadek 2, **gdy oporność izolacji linji względem ziemi posiada** pewną **wartość skończoną** (większą lub mniejszą) przyczem wielkość pojemności linji względem ziemi nie odgrywa roli.

Rozpatrzmy pewien przypadek konkretny. Przypuśćmy, że chłopiec stojąc na ziemi trzyma w ręku umocowany na cienkim drucie lub lince antenowej latawiec, który zaczepił za dolny przewód linji, jak to widzimy na rys. 3. Jest oczywiste, że z chwilą tą utworzy się zamknięty obwód elektryczny, podobny do tego, jaki widzimy na rys. 4. przez który to obwód popłynie pewien prąd **I**. Obwód prądu przebiega od dolnego przewodu linji elektrycznej poprzez styk ręki chłopca z drutem (oporność R_p), przez ciało chłopca (oporność **R**) oraz poprzez jego obuwie i styk z ziemią (oporność R_{pz}) — do ziemi; oporność ziemi, przewodów i drutu latawca możemy dla prostoty pominąć, jako znacznie mniejsze od oporności izolacji. Z ziemi prąd **I** będzie się starał wrócić poprzez przewód górny do źródła prądu. Stoi temu na przeszkodzie oporność



Rys. 3.

izolacji górnego przewodu względem ziemi — R_{iz}; oporność tę stanowią: oporności słupów, izolatorów i t. d. Na rys. 4 oporności te oznaczyliśmy linjami kropkowanemi (nie należy, oczywiście, rozumieć tego w ten sposób, by wzdłuż kropkowanych linij istniały w rzeczywistości jakieś przewodniki metalowe! — jest to jedynie schematyczne oznaczenie wszystkich dróg, po których prąd może przepływać z sieci do ziemi — lub naodwrót).



Rys 4

By móc przeprowadzić przybliżone obliczenie prądu **I**, jaki popłynie przez ciało chłopca, przyjąć musimy pewne dane liczbowe. Przypuśćmy więc, że napięcie między przewodami linji wynosi 220 woltów; pozatem załóżmy normalną wilgotność rąk i obuwia. Wielkość oporności styku między dłonią chłopca a przewodnikiem (poprzez drut) — R_p = 2 000 omów; oporność wewnętrzna organizmu R = 1 000 omów i oporność obuwia oraz przej-

ścia do ziemi R_{pz} = 3 000 omów. Pozatem przypuśćmy, że oporność izolacji jednego przewodu sieci względem ziemi R_{iz} wynosi 1 000 omów. Nie jest to wielkość zbyt mała, jeżeli zważymy, że wg. przepisów wymagana oporność izolacji jednego obwodu prądowego wynosi 1 000 omów/wolt, co przy napięciu 220 woltów wynosi 220 000 omów pomiędzy przewodem a ziemią. Jeżeli do sieci przyłączonych jest np. 220 tego rodzaju obwodów (instalacyj) — wówczas oporność wypadkowa izolacji R_{iz} każdego z przewodów linji względem ziemi wynosi — ze względu na to, że obwody te połączone są ze sobą równolegle $R_{iz} = \frac{220\,000}{220} = 1\,000$ omów. Przy większej ilości równoległych obwodów oporność ta może być nawet mniejsza.

Po podstawieniu wartości tych do podanego wyżej wzoru Ohm'a otrzymamy wielkość prądu **I**, jaki popłynie przez ciało chłopca

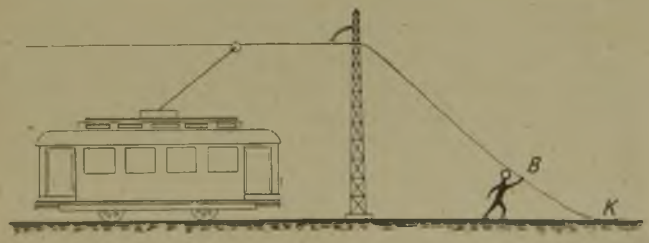
$$I = \frac{V}{(R_p + R + R_{pz} + R_{iz})} =$$

$$= \frac{220}{2\,000 + 1\,000 + 3\,000 + 1\,000} = \frac{220}{7\,000} \simeq 0{,}033\text{A}.$$

Gdyby chłopiec był bosy, w podartych lub podkutych butach, lub też stał na terenie błotnistym, wówczas prąd I byłby znacznie większy (R_{pz} mniejsze!), a więc i niebezpieczeństwo byłoby znacznie większe. Ale i w rozpatrzonym wypadku natężenie prądu wynoszące 33 mA może zagrażać życiu chłopca. Prócz tego pod wpływem prądu następuje skurcz ręki; chłopiec nie jest w stanie puścić drutu, który mocno zaciska w dłoni. Wskutek pocenia się ręki, oporność R_p maleje, prąd wzrasta i t. d. W ten sposób może wreszcie nastąpić porażenie dróg oddechowych i śmierć.

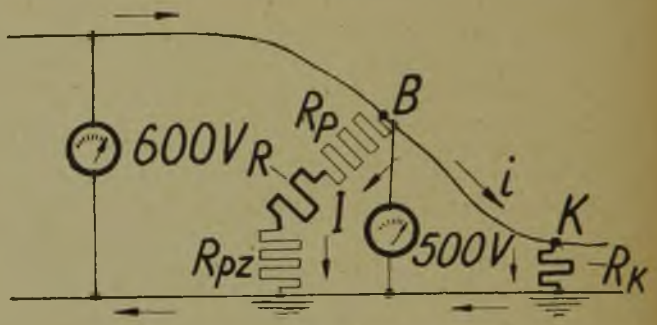
Rozpatrzmy z kolei:

Przypadek 3, gdy **jeden z przewodów sieci elektrycznej jest uziemiony.** Ma to m. in. miejsce w sieciach trakcyjnych (tramwaje, koleje elektryczne i t. d.) oraz niekiedy w sieciach oświetleniowych niskiego napięcia. W tym wypadku dotknięcie do nieuziemionego przewodu grozi poważnem niebezpieczeństwem, gdyż biegun przeciwny połączony jest wprost z ziemią i prąd od bieguna nieuziemionego popłynie przez ciało człowieka i ziemię wprost do uziemionego bieguna przeciwnego znaku. Oporność izolacji R_{iz}, która poprzednio chroniła nas przed porażeniem, spada w tym wypadku do zera. Z tego też względu wielkość prądu **I**, przepływającego przez ciało człowieka — przy tem samem napięciu — będzie znacznie większa, a zatem bardziej niebezpieczna.



Rys. 5.

W tem miejscu należy wspomnieć o pewnym wypadku porażenia, który się zdarza w razie dotknięcia leżącego na ziemi, a więc pozornie nieszkodliwego, przewodu. Naprzykład przewód jezdny linji tramwajowej o napięciu 600 woltów zerwał się i upadł, dotykając końcem K ziemi (rys. 5). Wielkość oporności pomiędzy przewodem tym a ziemią zależeć będzie od wielkości powierzchni zetknięcia z ziemią, nacisku przewodu na ziemię, od stopnia jej wilgotności, od prądu, jaki przez miejsce zwarcia płynie do ziemi, i t. d. Jeżeli do leżącego przewodu dotknie się człowiek (w punkcie B), to z pewnością zostanie on porażony. Wynika to z następującego rozumowania (patrz rys. 6):



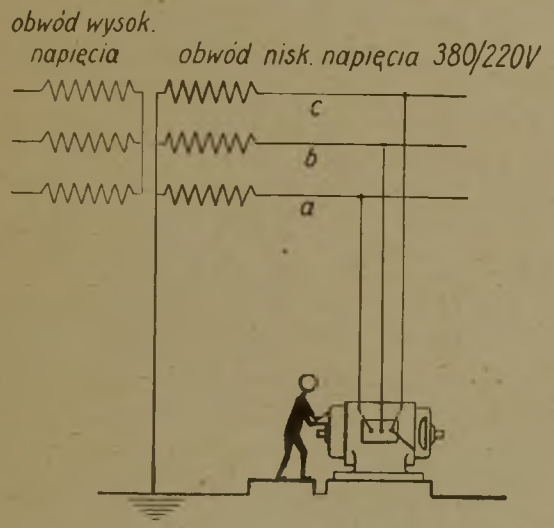
Rys. 6.

prąd **i**, jaki popłynie z przewodu przez punkt K do ziemi (a stąd do uziemionego przewodu przeciwnego znaku) wynosi na zasadzie prawa Ohm'a: $i = \frac{V}{R_k + R}$ gdzie R jest to oporność przewodów, której w tym wypadku pominąć nie można, gdyż wielkość ta nie jest znikomo mała w porównaniu z innemi opornościami w obwodzie. Oporność R_k niech wynosi 10 omów (przypuśćmy np. że przewód upadł na wilgotną ziemię). Przyjmujemy tu wypadek korzystniejszy dla człowieka; gdy bowiem oporność R_k jest większa (kamień, asfalt, suchy piasek i t. p.), — człowiekowi grozi większe niebezpieczeństwo. Jeżeli przypuścimy, że oporność przewodów R = 2 omy, wówczas prąd **i**, jaki popłynie przez punkt K równać się będzie:

$$i = \frac{V}{R_k + R} = \frac{600}{10 + 2} = 50\text{ A},$$

czyli przez punkt K płynąć będzie do ziemi prąd o natężeniu 50 amperów; prąd ten jest stosunkowo niewielki i przewód może być pod napięciem przez czas dłuższy (wyłącznik nie wyłączy!). Przepływając przez oporność R_k, prąd ten wytworzy na niej spadek napięcia **v** wynoszący **v** = i R_k = 50. 10 = 500 woltów. Stojąc więc na ziemi i dotykając przewodu w punkcie B, człowiek znajdzie się pod napięciem 500 V! O ile chroniące go przed porażeniem oporności R_p, **R** oraz R_{pz} (rys. 6) będą takie same, jak poprzednio, prąd **I**, który popłynie przez organizm człowieka osiągnie b. niebezpieczną dla życia wielkość. Dlatego też, stojąc na ziemi, nie wolno dotykać gołemi rękami nieizolowanych przewodów, leżących jednym końcem na ziemi, a więc pozornie uziemionych. Liczne wypadki śmiertelnych porażeń, jakie miały tu miejsce, są najwymowniejszą ku temu przestrogą.

Przypadek 4, gdy **punkt zerowy sieci niskiego napięcia prądu zmiennego jest bezpośrednio uziemiony.** Na rys. 7 widzimy sieć prądu trójfazowego niskiego napięcia 220/380 V, przyczem punkt zerowy uzwojenia dolnego napięcia transformatora jest uziemiony; do sieci tej przyłączony jest trójfazowy silnik. Jeżeli kadłub silnika nie jest przyłączony do starannie wykonanego uziemienia, lecz ustawiony np. na murowanym fundamencie, do którego przytwierdzony jest zapomocą sań i śrub fundamentowych, — wówczas jest on prawie że uziemiony, jednakże przez pewną oporność R_{zs}. Na wielkość oporności tej (R_{zs}) składają się: oporność przejścia od sań do fundamentu, oporność samego fundamentu i oporność przejścia od fundamentu do ziemi. Wielkość oporności R_{zs} wahać się może w b. szerokich granicach. Nawet gdy wielkość oporności tej jest stosunkowo nieznaczna w porównaniu z opornością ciała ludzkiego (np. kilkadziesiąt omów), to i wówczas, jak się zaraz przekonamy, mogą zachodzić wypadki porażenia. Wyobraźmy sobie, że w silniku powstało uszkodzenie izolacji, powodując zwarcie fazy c z korpusem silnika (rys. 8). Z chwilą tą pomiędzy kadłubem silnika a ziemią popłynie prąd i, którego wielkość, jak wynika z prawa Ohm'a, wynosi:



Rys 7

$$i = \frac{V}{R_{zs} + R_c},$$

gdzie V jest to napięcie fazy **c** względem ziemi, R_{zs} — oporność przejścia pomiędzy silnikiem a ziemią, R_c — oporność przewodu c.

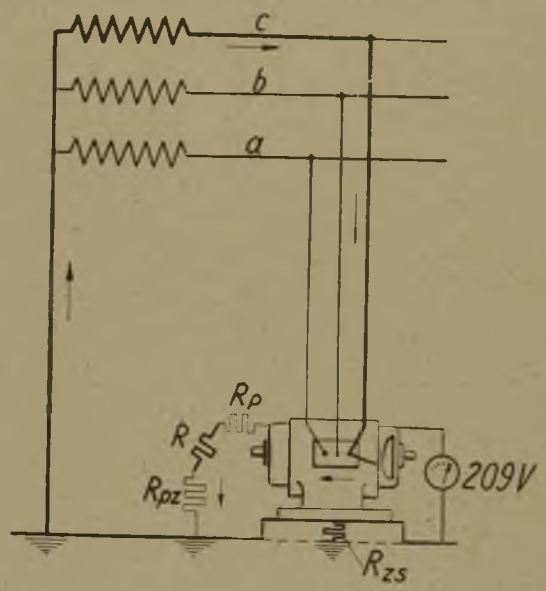
Przyjmując wielkość oporności R_{zs} = 40 omów oporność zaś przewodu **c** = 2 omy (w tym wypadku nie możemy jej pominąć, gdyż w porównaniu do wielkości R_{zs} nie jest ona b. małą) — otrzymamy po podstawieniu wartości tych do powyższego wzoru

$$i = \frac{V}{R_{zs} + R_c} = \frac{220}{40 + 2} \cong 5{,}24\ A.$$

A zatem przez korpus silnika do ziemi popłynie prąd o natężeniu 5,24 A; jest to wielkość prądu, która nie spowoduje ani przepalenia bezpieczników, ani też wyłączenia samoczynnego wyłącznika. Spadek napięcia v na kadłubie silnika wynosi w myśl prawa Ohm'a:

$$v = i \,.\, R_{zs} = 5{,}24 \,.\, 40 \cong 209\ V.$$

Będzie to napięcie korpusu silnika względem ziemi. Jeżeli przy tym stanie silnika człowiek (stojąc na ziemi lub nawet na tym samym fundamencie!) dotknie dłonią do jego korpusu, powstanie zamknięty obwód elektryczny pokazany schematycznie na rys.8, przyczem ciało człowieka znajdzie się pod napięciem **v** (między kadłubem silnika a ziemią) i popłynie przez nie pewien prąd **I**. Chcąc go obliczyć,



Rys. 8.

musimy znów się uciec do wzoru Ohm'a, podstawiając doń wskazane na rys. 8 oporności R_p, **R** i R_{pz}. Ściśle biorąc, należałoby uwzględnić także oporność uziemienia punktu zerowego transformatora, wielkość ta jest jednakże tak mała w porównaniu do wielkości oporności R_p, R i R_{pz}, że można ją pominąć.

Ponieważ wg. przypuszczenia człowiek dotyka korpusu silnika całą dłonią, a przytem mamy do czynienia z obwodem prądu zmiennego, możemy więc w myśl tego, co powiedzieliśmy w poprzednim zeszycie, założyć, że wartość oporności stykowej R_p dłoni z korpusem silnika wynosi 200 omów. Oporność wewnętrzna organizmu R oraz oporność przejścia do ziemi R_{pz} pozostawiamy bez zmiany. Suma więc oporności tych wynosi: $R_p + R + R_{pz} = 200 + 1000 + 3000 = 4200$ omów. Prąd **I**, jaki popłynie przez organizm człowieka wynosi wg. wzoru Ohm'a

$$I = \frac{V}{R} = \frac{209}{4200} \cong 50\ mA.$$

Jest to wielkość prądu niebezpieczna dla życia ludzkiego. W pewnych warunkach ruchu (np. w fabrykach chemicznych, cukrowniach i t. d.) wielkość oporności R_{pz} może spaść do wartości np. 800 omów; wówczas natężenie prądu I, jaki przepływa przez ciało człowieka, osiągnie wiel-

kość $I = \frac{209}{200+1000+800} = \frac{209}{2000} \cong 104$ mA, która, jak wiemy, powoduje śmiertelne porażenie.

Na zakończenie omówienia wypadków zachodzących w sieciach niskiego napięcia, należałoby zwrócić uwagę na możliwość porażenia prądem przy stosowaniu t. zw. **autotransformatów** (np. w instalacjach dzwonkowych i t. p.).

Sprawę tę omówimy w następnym zeszycie.

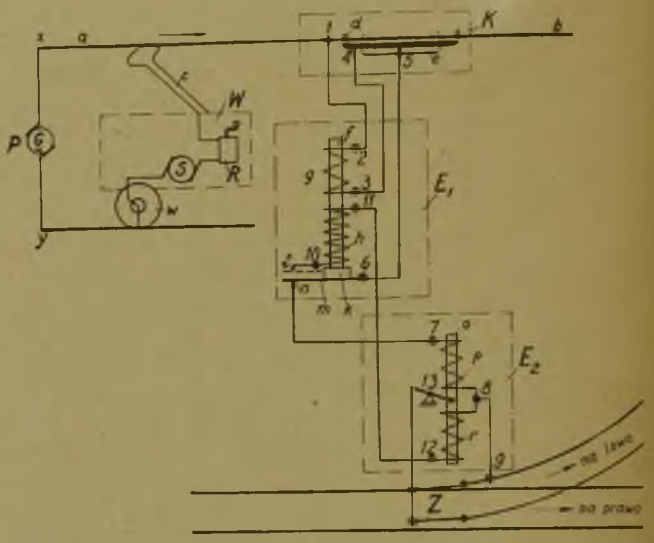
(C. d. n.).

Automatyczna zwrotnica elektryczna.

Inż. BOLESŁAW DUBICKI.

Aby wóz, jadący po szynach mógł przejechać na odgałęzienie toru, należy, jak wiadomo, odpowiednio przestawić zwrotnicę. Zwykle — przy obsłudze ręcznej — dokonywa tej czynności zwrotniczy, który albo, — jak to ma miejsce na kolejach żelaznych, przestawia zwrotnicę przy pomocy dźwigni, albo, jak to czasami bywa na linjach tramwajowych, — przekłada drągiem iglicę zwrotnicy. Na linjach tramwajowych zwrotnice najczęściej nie posiadają specjalnej obsługi; celem przestawienia zwrotnicy motorniczy musi wpierw zatrzymać wóz poczem — wychylając się z wozu — sam przestawia zwrotnicę. Jeżeli w miejscu ustawienia zwrotnicy znajduje się jednocześnie przystanek, to tego rodzaju czynność nie powoduje straty czasu dla ruchu, gdyż motorniczy ma dość czasu na przestawienie zwrotnicy — podczas gdy pasażerowie wysiadają. Gdy jednak, jak to często bywa, zwrotnica znajduje się daleko od przystanku, to dla jej przestawienia należy specjalnie zatrzymać wóz. Często jednak tego rodzaju przestawienie zwrotnic, nawet znajdujących się tuż przy przystankach,—przysparza motorniczemu wiele kłopotu; musi on bowiem zatrzymywać wóz tuż przy zwrotnicy. Zdarzają się przytem często wypadki, że motorniczy mija zwrotnicę, zapomniawszy ją przestawić i wjeżdża na niewłaściwy tor; powoduje to konieczność cofnięcia wozu, a co za tem idzie stratę czasu i zatamowanie całego ruchu ulicznego. Samo przestawienie zwrotnicy utrudniają motorniczemu wysiadający z wozu pasażerowie; jeżeli wóz jest zamknięty — motorniczy musi specjalnie w tym celu otwierać drzwi, a nawet schodzić z wozu.

Wszystkie te niedogodności przestawianych ręcznie zwrotnic przyczyniły się do wynalezienia zwrotnic automatycznych. W obecnej chwili istnieje cały szereg tego rodzaju zwrotnic. Uproszczony schemat jednej z najczęściej stosowanych elektrycznych zwrotnic automatycznych widzimy na rys. 1.



Rys. 1.

Na rysunku tym poszczególne litery oznaczają: **a** — **b** przewód jezdny, z którego wóz czerpie prąd; **K** — kontakt dla przełączania zwrotnicy. Składa się on ze sztywnego kontaktu **d** oraz z elastycznego kontaktu **e**; kontakty **d** oraz **e** są izolowane zarówno od siebie, jak i od przewodu jezdnego **a** — **b**;

E_1 — elektromagnes dla przełączania prądu,
E_2 — elektromagnes dla przestawienia zwrotnicy,
W — wóz elektryczny (elektrowóz),
c — ślizgacz i zbieracz prądu,
R — regulator,
S — silnik,
w — koło elektrowozu,
Z—zwrotnica.

Jak wiadomo, wóz elektryczny porusza się dzięki temu, że ustawiona w elektrowni tramwajowej prądnica **P** połączona jest jednym swym zacis-

Elektromagnes hamulcowy

Samoczynne rozruszniki do silników

Aparaty elektryczne do suwnic, dźwigów, (nastawniki, elektromagnesy hamulcowe i t. p.)

Rozruszniki i regulatory

Transformatory mniejszych mocy, szczególnie transformatory do specjalnych celów

Maszyny prądu stałego i przetwornice małej mocy

Naprawy maszyn elektrycznych

WYTWÓRNIA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH

K. i W. PUSTOŁA

WARSZAWA, MAZOWIECKA 11. TEL. 343-30

kiem z siecią przewodów jezdnych (punkt X), drugim zaś — z siecią szyn (w punkcie Y). Silnik S (względnie parę silników) pobiera prąd z przewodu jezdnego przy pomocy ślizgacza c; prąd ten regulować można regulatorem R. Mamy więc tu następujący zamknięty obwód prądu: punkt Y — prądnica P — przewód jezdny a-b — ślizgacz c — regulatorR—silnik S—koło w — szyny — punkt Y.

Ażeby przestawić zwrotnicę Z motorniczy postępuje w następujący sposób:

1) dla przestawienia zwrotnicy **na lewo** musi on przejechać ślizgaczem c przez kontakt K, tak aby w tym czasie nie pobierać z przewodu jezdnego prądu. W tym celu motorniczy musi nastawić rączkę regulatora R na zero (w położeniu tem w regulatorze jest przerwa). W chwili tej wóz **nie czerpie prądu** z sieci, gdyż wskutek przerwy w regulatorze opisany wyżej obwód jest przerwany.

Samoczynne przestawienie zwrotnicy odbywa się w tym wypadku w następujący sposób:

z początku ślizgacz c wejdzie na sztywny kontakt d, a następnie na elastyczny kontakt e. Kontakt e ugnie się tak, że ślizgacz oprze się na kontakcie d, przyczem oba kontakty (d i e) połączone będą ze sobą przez ślizgacz c. Prąd popłynie od przewodu jezdnego a — b, przez punkt 1 — 2, cewkę g, punkt 3 — 4 do kontaktu d, następnie przez ślizgacz do kontaktu e, stąd przez punkt 5 — 6 do styku n poczem przez punkt 7 popłynie do cewki p, stąd zaś poprzez punkty 8 i 9 do szyn; w ten sposób obwód prądu zostanie zamknięty. Widzimy zatem, że z przewodu jezdnego a — b prąd — poprzez cewki g i p popłynie do szyn. Przez inne cewki prąd nie popłynie, gdyż obwody ich są przerwane. Wiemy, że cewka, przez którą płynie prąd, działa, jak magnes, przyczem siła takiego magnesu jest tem większa, im większy płynie przez niego prąd i im więcej zwojów cewka posiada; rdzeń z żelaza powiększa siłę działania tego rodzaju cewki (elektromagnesu). W danym wypadku oporności obwodu tak są dobrane, że prąd, płynący w nim, jest mały. Ponieważ przytem cewka g ma małą ilość zwojów — siła jej działania jest b. mała. Natomiast cewka p ma wielką ilość zwojów, działa więc z wielką siłą i wciąga ruchomy rdzeń o do góry. Tem samem — zapomocą obracającej się dokoła nieruchomego punktu 13 dźwigni **zwrotnica Z przestawia się na lewo.**

Stąd wynika, że wystarczy, aby zwrotniczy, przejeżdżając pod kontaktami d i e, nie **pobierał** prądu z sieci, a zwrotnica **samoczynnie** przestawi się na lewo.

2) Dla przestawienia zwrotnicy **na prawo** motorniczy musi przejechać ślizgaczem c przez kontakt K, pobierając przytem prąd. Jadąc pod kontaktami, motorniczy przestawia rączkę regulatora R na drugi jego stopień; wówczas silnik pobiera prąd z sieci.

W pierwszej chwili, gdy wóz wjeżdża na kontakt d, obwód prądu zamyka się w sposób następujący: od przewodu jezdnego a — b, przez punkt 1 — 2, cewkę g, punkt 3 — 4, przez ślizgacz c, regulator R, przez silnik S i koła do szyn, a stąd poprzez prądnicę P do przewodu jezdnego a — b. Prąd, płynący w tym obwodzie, jest duży, gdyż oporność obwodu jest niewielka; namagnesuje on wobec tego cewkę g oraz rdzeń f, skutkiem czego kotwiczka k zostanie przyciągnięta do góry i języczek jej m stykać się będzie z kontaktem l, (a nie, jak przedtem, z n). W następnej chwili ślizgacz c wjedzie na kontakt e, czyli połączy — jak poprzednio kontakty d i e. Wobec tego zarówno przez cewkę g, jak i przez regulator R popłynie ten sam prąd, co przed chwilą. Niezależnie od niego popłynie prąd w następującym obwodzie: punkt 1 — 2, cewka g, punkt 3 — 4, kontakt d, ślizgacz c, kontakt e — punkt 5 — 6, kotwiczka k — kontakt l — punkt 10 — cewka h — punkt 11 — punkt 12 — cewka r — punkt 8—9 — szyny — prądnica P — przewód jezdny a—b — punkt 1. Przez inne cewki prąd nie popłynie, gdyż obwody ich są przerwane.

Jest widoczne, że przez cewkę g przepływają jednocześnie dwa prądy. Ich działanie będzie się wzmacniać. Popłynie także prąd przez cewkę h; posiada ona dużo zwojów i jest tak nawinięta, że wzmacnia działanie cewki g. Kotwiczka k jest zatem przyciągana bardzo silnie ku górze. Gdyby nawet cewka g przestała działać, wystarczy działanie cewki h, aby języczek m stykał się mocno z kontaktem l. Gdyby zatem w następnej chwili — po wjechaniu na kontakt K — motorniczy przez nieuwagę przestawił regulator R na punkt zerowy, to kotwiczka k i tak nie opadnie. Prąd, płynący przez cewkę r wywoła strumień magnetyczny, który wciągnie rdzeń o ku dołowi, a **dźwignia przestawi zwrotnicę na prawo.**

Widzimy zatem, że aby przestawić zwrotnicę, musi motorniczy jedynie przejeżdżać przez kontakt d z przestrzeganiem pewnych czynności. Natomiast przed przejechaniem kontaktu nie ma on potrzeby obserwować zwrotnicy, gdyż bez względu na to, w jakiem położeniu zwrotnica się znajduje (przed ewentualnem przestawieniem), to — o ile tylko motorniczy w prawidłowy sposób przejedzie przez kontakt d — zwrotnica samoczynnie nastawi się w pożądanym kierunku. Jeżeli np. zwrotnica stoi w położeniu **na prawo** i motorniczy chce jechać w tym kierunku, — musi on zachować się w myśl podanej wyżej instrukcji, przyczem, jak to w łatwy sposób wynika ze schematu połączeń, — zwrotnica pozostanie w pierwotnem swem położeniu.

Oczywiście, że do prawidłowego wykonania powyższych czynności potrzebna jest pewna wprawa i nieco uwagi. Gdyby jednak — wskutek roztargnienia — motorniczy w czasie przejeżdżania pod kontaktem nie przestawił zwrotnicy elektrycznie — musi on przestawić ją ręcznie.

Na rys. 2 przedstawiony jest widok urządzenia. Elektromagnes do przestawiania zwrotnicy

Rys. 2.

(E_2) znajduje się w skrzynce ukrytej w ziemi tuż przy rozjeździe szyn. Elektromagnes E_1 umieszczony jest na najbliższym słupie. Kontakt **K** umocowany jest na przewodzie jezdnym w takiej odległości od samej zwrotnicy, aby motorniczy, — o ile przez nieuwagę nie przestawił zwrotnicy elektrycznie — mógł zatrzymać wóz przed rozjazdem.

Co elektrotechnik o grzejnikach wiedzieć powinien.

Inż. T. TODTLEBEN.

Grzejnictwo elektryczne — jedna z najmłodszych gałęzi elektrotechniki prądów silnych — znajduje coraz więcej zastosowań, zajmując powoli obok oświetlenia i siły napędowej poczesne miejsce.

Ponieważ w grzejnikach wykorzystujemy ciepło, uważane w innych urządzeniach elektrycznych za szkodliwe i zaliczane do strat, — z natury więc rzeczy używane przy budowie grzejników środki techniczne muszą być odmienne od stosowanych w innych aparatach i maszynach elektrycznych. Stąd poznanie w ogólnych zarysach konstrukcji aparatów grzejnych, a w pierwszym rzędzie używanych do ich wyrobu materjałów staje się koniecznością dla każdego elektrotechnika.

Coraz szersze rozpowszechnianie się grzejników w Polsce powoduje, że z każdym dniem coraz więcej klientów poszukuje fachowców, którzy mogliby im ten lub inny przyrząd naprawić, udzielić porady fachowej przy wyborze grzejnika i t. p. W ten sposób staje się aktualną sprawa zarówno należytego uskuteczniania **naprawy** grzejników elektrycznych, jak i gruntownej znajomości zasad budowy grzejników. Popełniane wskutek nieświadomości w warsztatach reparacyjnych błędy, prowadzące w konsekwencji do ponownego uszkodzenia po krótkim czasie, lub zgoła zniszczenia grzejnika, odstręczają publiczność i od używania aparatów grzejnych i od danego warsztatu, — ze szkodą, oczywiście dla instalatora. Z tych względów prowadzące propagandę na korzyść elektryczności elektrownie zmuszone są zakładać własne warsztaty reparacyjne, które jednak nie są w stanie obsłużyć objętych koncesjami dużych terenów. Niezbędnem jest więc, aby wszyscy elektrotechnicy zajmujący się i prowadzący odpowiednie warsztaty reparacyjne zapoznali się z grzejnikami i sami zaopatrywali się w niezbędne przy naprawie materjały. Leży to nie tylko w ich własnym interesie, lecz i w interesie elektrowni oraz wytwórni grzejników.

Grzejniki elektryczne do użytku domowego wyrabiane są w obecnej chwili wyłącznie jako t. zw. **oporowe.** Prąd płynący przez umieszczone wewnątrz przyrządu uzwojenie oporowe, nagrzewa je, a uzyskane stąd ciepło zostaje zużyte dla określonych celów.

Ogrzewanie oporowe jest w większości wypadków t. zw. ogrzewaniem pośredniem; ciepło uzyskujemy w tym wypadku w miejscu odsuniętem nieco od punktu jego użytkowania. Tak np. w żelazku elektrycznem opór grzejny oddzielony jest od oddającego użyteczne ciepło spodu żelazka przez wkładkę izolacyjną oraz przez spód żeliwny lub żelazny. Obie te warstwy — wkładka i spód — przedstawiają pewien opór dla przepływu ciepła i wywołują pewien spadek temperatury; jest to zjawisko podobne do spadku napięcia, powstającego na oporności elektrycznej przy przepływie prądu. Przy zadanej temperaturze użytkowej na powierzchni grzejnej przyrządu, temperatura samego oporu musi być oczywiście odpowiednio wyższa (podobnie, jak źródło prądu winno posiadać większe napięcie niż to, jakie panuje przy odbiorniku).

Tak np. w żelazku elektrycznem — poto, by normalna temperatura spodu wynosiła ok. 220° C, opór grzejny musi mieć temperaturę ok. 450° C.

Panująca na oporach grzejnych wysoka temperatura wymaga używania do ich budowy specjalnych metali, które nie utleniają się przy tak silnem nagrzaniu. Tak np. opór miedziany lub żelazny przepaliłby się w grzejniku elektrycznym po b. krótkim czasie. Z drugiej zaś strony mała przestrzeń, jaką rozporządzamy normalnie w grzejnikach domowych, wymaga stosowania materjałów oporowych o dużej oporności właściwej. Obu tym warunkom czyni zadość **chromonikielina**, — stop chromu (20%) z niklem (80%) z dodatkiem żelaza lub bez; poddany odpowiedniej obróbce stop ten wykazuje dużą odporność na działanie wysokich temperatur (do 1.000° C.). Jednocześnie chromonikielina posiada dużą oporność właściwą wynoszącą ok. 1,05—1,12 $\frac{\Omega\ mm^2}{m}$ (ok. 60 razy większą od oporności właściwej miedzi). Z tych też względów chromonikielina jest powszechnie stosowana do wyrobu oporów grzejnych .

Drugą równie ważną kwestją w grzejnictwie elektrycznem jest sprawa **izolacji elektrycznej** części przewodzących prąd od osłony metalowej. Odporność na wysoką temperaturę bez utraty zdolności izolacyjnych, a także ogólna właściwość izolatorów elektrycznych, polegająca na złym przewodnictwie cieplnem (np. porcelana, azbest i t. p.) znacznie ogranicza ilość nadających się do powyższego celu materjałów izolacyjnych. Stosowane są tu najczęściej: mika, lub tańszy od niej mikanit, steatyt, szamota i t .p.

Niektóre gatunki miki (np. mika magnezowa, czyli t. zw. „phlogopit") są b. odporne na działanie wysokiej temperatury i zachowują swe własności zarówno izolacyjne, jak i mechaniczne do temperatury ok. 900° C; mika jest jednakże b. droga i dlatego też zastępują ją w grzejnikach zwykle specjalnym gatunkiem mikanitu odpornym na wysoką temperaturę. Wykonywa się go z płatków miki o grubości ok. 0,3 — 0,4 mm (grubość ta powinna być możliwie mała, by wypromieniowane przez drut oporowy ciepło mogło być możliwie bez strat oddawane korpusowi metalowemu grzejnika), związanych ze sobą szellakiem lub inną substancją wiążącą.

Steatyt jest pochodzenia mineralnego o składzie chemicznym dość złożonym. Wykonane ze stetytu przedmioty ulegają wypaleniu w temperaturze ok. 950° C i posiadają dobre własności izolacyjne obok wielkiej wytrzymałości mechanicznej.

Materjały te, stosunkowo rzadko używane poza grzejnictwem elektrycznem, winny zatem znaleźć się **w każdym warsztacie reparacyjnym** elektrotechnicznym, o ile ma on zamiar przeprowadzać solidnie reparacje grzejników.

Co się tyczy najczęściej spotykanych w grzejniku **uszkodzeń** to są niemi: przepalenie się dopływu od opornika do kołków, przepalenie się oporu grzejnego i, wreszcie, uszkodzenie izolacji mikowej lub mikanitowej.

W pierwszych dwu wypadkach należy pamiętać, że na oporze grzejnym mamy zawsze do czynienia z temperaturą wynoszącą ok. 500° C. lub wyżej, że każda zatem dodatkowa oporność styku powoduje dalszy wzrost temperatury w danem miejscu i prowadzi w krótkim czasie do całkowitego utlenienia miejsca styku. Dlatego też niedopuszczalne jest łączenie chromonikieliny — po przepaleniu — na samym oporniku grzejnym; konieczna jest wymiana całego oporu aby stanowił on jedną całość. W wypadku przepalenia się dopływu musimy go zmienić, przyczem należy zwracać bacz-

ną uwagę na połączenie dopływu z właściwym oporem: wzajemne ich zaciśnięcie musi być wykonane b. starannie, — najlepiej zanitować je na t. zw. „oczko szewskie". Sam dopływ musi mieć przekrój znacznie większy od przekroju oporu grzejnego i musi być bezwzględnie wykonany z materjału odpornego na utlenianie (nikiel, t. zw. nowe srebro i t. p.).

Przy wymianie dopływu w oporniku mikanitowym należy zawsze liczyć się z koniecznością wymiany zewnętrznych okładzin mikanitowych, które rozpadają się pod wpływem działania gorąca. Mikanit wypalony izoluje dostatecznie tylko przy dobrym dociśnięciu opornika na całej powierzchni, gdy luźne jego części nie mają możności wzajemnego przesuwania się.

Uwagi powyższe wymagają **szeregu uzupełnień;** podamy je w następnych artykułach przy szczegółowem omawianiu najczęściej spotykanych na naszym terenie konstrukcyj grzejników.

Technika oświetleniowa.

Zasady techniki oświetleniowej.

Inż. F. S. PIASECKI
z „Organizacji Gospodarki Świetlnej".

Przystępując do omówienia zasad techniki oświetleniowej, podawać je będziemy systematycznie, zaczynając od podstaw teoretycznych oraz ogólnie używanych w nauce o świetle jednostek i przechodząc następnie do zagadnień **praktycznych.**

Doprowadzona przewodami do żarówki energja elektryczna zamienia się w niej na energję cieplną oraz energję świetlną. Widzimy więc, że światło jest podobną formą energji jak ciepło i t. p. Wszelkie urządzenia, których zadanie polega na przetwarzaniu energji elektrycznej w energję świetlną nazywamy **źródłami światła.** Świecąca żarówka wytwarza światło, którego moc określa się t. zw. **strumieniem świetlnym.** Strumień świetlny **jest to ilość światła** wypromieniowanego przez źródło światła **w ciągu jednej sekundy.** Strumień świetlny oznaczać będziemy literą **F.** Z dwóch źródeł światła te jest mocniejsze, które daje większy strumień świetlny. Strumień świetlny określa więc moc świetlną żarówki lub lampy łukowej podobnie, jak liczba koni mechanicznych określa moc mechaniczną silnika. Aby móc **mierzyć** wielkość strumienia świetlnego należy posługiwać się dla porównania jakąś jednostką. Taką jednostką jest **lumen** (skrót „lm").

Każde nieosłonięte źródło światła (a więc i żarówka) wysyła promienie we wszystkich kierunkach. W wielu jednak wypadkach źródło światła wysyła promienie tylko w pewnym kierunku, przyczem strumień świetlny przybiera wówczas kształt stożka. Taki stożek świetlny (snop światła) obejmuje pewną przestrzeń, której wielkość jest zależna od rozwartości (szerokości) tego stożka. Ta rozwartość (szerokość) stożka nosi w technice świetlnej nazwę kąta bryłowego. Dla lepszego zrozumienia istoty kąta bryłowego zatrzymamy się nieco dłużej nad nim. Wyobraźmy sobie kulę o promieniu $r = 1$ m (średnica jej wynosi 2 m) (rys. 1). Z geometrji wiadomo, że powierzchnia takiej kuli wynosi $4\pi r^2$ (gdzie π — czytaj: pi $= 3{,}14$) metrów kwadratowych. Ponieważ promień kuli r wynosi, według założenia, 1 m, więc powierzchnia jej będzie równa $4\pi = 4.3{,}14 = 12{,}57$ m^2 Wytnijmy teraz na tej kuli pole o dowolnym kształcie o powierzchni równej 1 metrowi kwadratowemu, wówczas stożek mający wierzchołek w środku kuli a za podstawę

!
PRODUKCJA
1933 r.
PATRONY BEZP. Typ D IV – H
80 – 100 A / 500 V.
NAPOWIETRZNE ZŁĄCZA FALISTE
dwudzielne
dla linki

FABRYKA ART. ELEKTR.
Inż. ST. CISZEWSKI i S^KA
Sp. z o. o.
BYDGOSZCZ

Rys. 1.

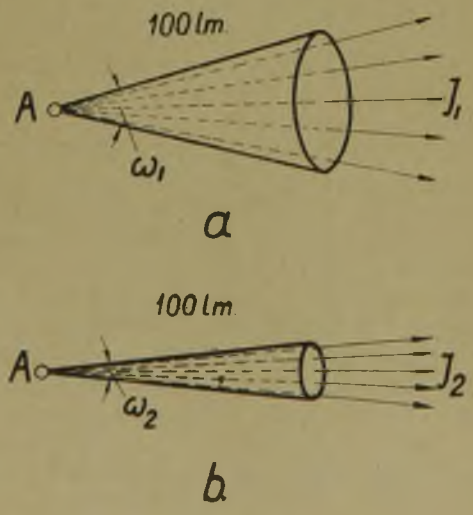
powyższe pole będzie zawierał kąt bryłowy jednostkowy. Ponieważ kąt ten opiera się na powierzchni kuli o pole $S = 1\ m^2$, a pól takich jest na powierzchni kuli, jak już wiemy, 12,57, dochodzimy więc stąd do wniosku, że zajęta przez kulę przestrzeń zawiera 12,57 czyli 4π jednostkowych kątów bryłowych (przestrzennych). Ze względu na to, że dowolny punkt znajdujący się wewnątrz kuli obejmuje ona ze wszystkich stron dookoła, — wynika stąd, że wielkość największego kąta bryłowego nie może przekraczać liczby 4π czyli 12,57. Kąt bryłowy oznaczać będziemy literą ω (czytaj: omega), mierząc go w t. zw. steradjanach.

Im większy jest strumień światła oraz im mniejszy jest kąt bryłowy (im węższy jest stożek (snop) światła), wewnątrz którego biegnie strumień, tem większą będzie **siła światła** w tym kierunku. Siła światła, nazywana dawniej także natężeniem światła, nosi obecnie ustaloną już nazwę **„światłości"**; oznaczamy ją literą **I**. Istota jej da się określić następującym wzorem:

$$I = \frac{F}{\omega};$$

gdzie **I** oznacza światłość (w świecach), **F** strumień świetlny (mierzony w lumenach), ω kąt bryłowy (w steradjanach).

Jest ona więc jakgdyby ilością promieni światła zawartych w jednostkowym kącie bryłowym (stożku). Z tego wzoru widać, że np. z pośród dwóch źródeł światła wysyłających strumienie świetlne o tej samej wielkości, to będzie miało większą światłość, które będzie świeciło tym samym strumieniem świetlnym przy węższym snopie światła. Uwidocznione to jest na rysunku 2. Mamy tu w obu wypadkach (a i b), dwa jednakowe strumienie świetlne po 100



Rys. 2.

a) Źródło światła o mniejszej światłości.

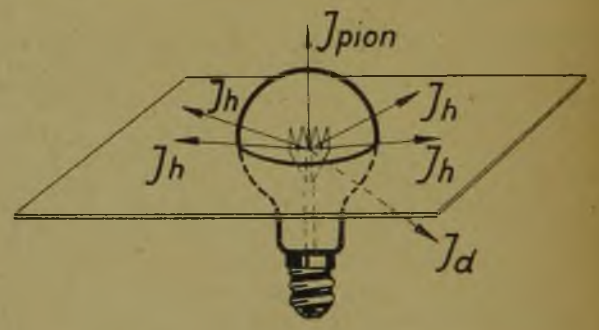
b) Źródło światła o większej światłości.

lm (lumenów), ponieważ jednak w wypadku b strumień ten przypada na kąt bryłowy ω_2 mniejszy od kąta bryłowego ω_1, dlatego też światłość I_2 jest większa od światłości I_1.

Światłość jest więc jakgdyby gęstością promieni świetlnych biegnących w danym snopie światła (wewnątrz danego stożka). Im większą jest ta gęstość tem większa jest światłość danego źródła. (na rys. 2 gęstość promieni I_2 jest większa od I_1.). Do zwiększenia światłości służą między innemi reflektory i soczewki skupiające promienie w jednym, dokładnie określonym kierunku (a więc wewnątrz pewnego ściśle określonego stożka).

Podczas gdy strumień światła jest pojęciem nie związanem z żadnym kierunkiem w przestrzeni, światłość w myśl tego co powiedzieliśmy wyżej wiąże się ściśle z pewnym dokładnie określonym kierunkiem świecenia.

Gdy będziemy mierzyć światłość jakiegokolwiekbądź źródła światła, używanego w technice świetlnej, np. **światłość** zwyczajnej **żarówki** elektrycznej, to okaże się, że nie jest ona jednakową we wszystkich kierunkach. Pochodzi to stąd, że drucik świetlny żarówki nie jest



Rys. 3.

punktem, lecz zajmuje określoną przestrzeń, posiada pewien kształt i wymiary; że bezpośrednio z nim, styka się cały system drucików podtrzymujących go i t. d. Wskutek tego drucik ten w różnych miejscach na całej swej długości, w rozmaity sposób ochładzany jest przez otoczenie; w jednych mniej, w innych znów więcej, wobec czego jego temperatura nie jest wszędzie jednakowa. Również odległość jednego odcinka drucika świetlnego od sąsiedniego wpływa na utrzymanie tej lub innej temperatury. Wskutek powyższego te części drucika, które są rozżarzone do wyższej temperatury, dawać będą większe i silniejsze światło, czyli wysyłać będą większy strumień świetlny. Mierząc np. światłość żarówki próżniowej w kierunku prostopadłym do jej osi geometrycznej (osi idącej wzdłuż żarówki), przekonamy się, że jest ona większa od światłości mierzonej w innych kierunkach. Dlatego też należy przy badaniu siły światła (światłości) żarówek, podać zawsze kierunek, w jakim światłość należy zmierzyć. Dla żarówek węglowych i próżniowych o druciku długim, gładkim (nie zwiniętym w spiralkę) przyjęto podawać najczęściej światłość w kierunku prostopadłym do osi geometrycznej żarówki. Przy normalnem ustawieniu żarówki, t. j. trzonkiem wdół lub wgórę, kierunek ten będzie leżał w płaszczyźnie poziomej, przechodzącej przez środek (ciężkości) drucika świecącego (rys. 3). Dlatego też światłość mierzoną w tym kierunku nazywamy **światłością poziomą**, w odróżnieniu od światłości promieni nachylonych pod takim lub innym kątem względem osi żarówki (np. I_d na rys. 3). Światłość poziomą przyjęto oznaczać literą I_{poz} lub I_h (gdzie h oznacza kierunek poziomy czyli horyzontalny).

Sama światłość bez podania kierunku, nie wystarcza dla scharakteryzowania źródła światła, przeciwnie może nawet często wprowadzić nas w błąd. Za czasów gdy używano powszechnie żarówek próżniowych (o długim gładkim druciku), wielkość żarówki oznaczano właśnie pg. jej światłości poziomej i^h. Tak więc istniały żarówki na 5, 10, 16, 25, 50 i 100 świec. Oznaczanie wielkości żarówek w świecach pg. ich światłości poziomych nie jest jednakże wygodne dla wszystkich typów żarówek. I tak np. bardzo rozpowszechniony typ żarówki z drucikiem zwiniętym w spiralkę i napełnionej gazem posiada największą światłość nie w kierunku prostopadłym do osi geometrycznej żarówki, lecz przy nachyleniu względem tej ostatniej o kąt 60°—70°. Kąt ten zmienia się zależnie od wytwórni, rodzaju żarówki i t. d. Utrudnia to w wysokim stopniu porównywanie światłości nawet żarówek tego samego typu, lecz różnych fabrykatów. Z drugiej strony trudno jest wnioskować z samej tylko ilości świec o zużyciu prądu, a więc i o kosztach świecenia.

Z tego też względu wszystkie wywtórnie zarzuciły oznaczanie „wielkości" żarówek w świecach, przechodząc do jednolitego na całym świecie sposobu oznaczania wielkości żarówek pg. pobieranej przez nie mocy elektrycznej. Obecnie więc „siłę" elektryczną żarówki określamy jej mocą, podobnie jak „siłę" silnika określamy jego mocą. Moc tę mierzymy w watach lub kilowatach (skrót kW) przyczem 1 kW=1000 watów (1 kW=1,36 KM). Znajdujący się w biegu silnik oraz świecąca żarówka pobiera pewną pracę, którą łatwo określić, pomnożywszy odpowiednią moc przez ilość godzin pracy. W ten sposób otrzymuje się t. zw. kilowatogodzinę, (skrót kWh) jako jednostkę pracy prądu elektrycznego czyli jednostkę energji elektrycznej. Tak np. żarówka o mocy 60 watów (0.06 kW) świecąc się bez przerwy w ciągu 8 godzin, zużywa energję w ilości 0.06 × 8 = 0.48 kWh. Znając zużycie energji, łatwo już określić jej koszt, gdyż większość taryf tak jest ułożona, że podaje cenę za kWh. Tak np. przy taryfie 60 gr. za 1 kWh, koszt palenia się powyższej żarówki wyniesie: 0.48 kWh × 60 gr. = 28.8 groszy.

(C. d. n.)

Światło migocące.

Światło migocące stanowi bardzo ciekawy wynalazek w dziedzinie techniki oświetleniowej. Efekt, którego wywołanie wymagało dotychczas skomplikowanej i drogiej aparatury, można obecnie osiągnąć zapomocą prostego przyrządu — w kształcie krążka wielkości jednego złotego, — umieszczonego w oprawce pod trzonkiem żarówki. Wystarczy to, by żarówka zaczęła rytmicznie zapalać się i gasnąć. Żywe i atrakcyjne światło migocące zdobywa prawo obywatelstwa w dziedzinie reklamy świetlnej oraz sygnalizacji na kolejach i drogach publicznych; jest ono b. efektowne i łatwo się wyróżnia zarówno wśród powodzi świateł na głównej arterji wielkiego miasta, jak i wśród kolorowych sygnałów na torach kolejowych.

Jakież są zalety owego krążka, który celowością swej konstrukcji i swą taniością przyczynił się do szybkiego rozpowszechnienia świateł migocących? Główne jego zalety są następujące: nie wymaga on silnika ani żadnej dodatkowej aparatury; zainstalowanie krążka nie pociąga za sobą żadnych zmian w istniejącej instalacji. Nie wymaga on regulacji ani obsługi, koszty zaś jego konserwacji są znikome; nie niszczy on żarówek, lecz przeciwnie przedłuża ich żywotność. Każdy krążek jest pewny w użyciu i wytrzymuje przeszło tysiąc godzin roboczych. Konstrukcja krążka, powodującego rytmiczne przerywanie obwodu prądowego żarówki jest bardzo prosta. Na małej płytce umieszczony jest t e r m o s t a t, który rozszerza się pod wpływem nagrzania przepływającym przez niego prądem elektrycznym i przerywa obwód prądu; następnie termostat stygnie i kurczy się, by automatycznie włączyć prąd zpowrotem. W ten sposób zaopatrzona w krążek żarówka samoczynnie zapala się i gaśnie.

Istnieją dwa rodzaje krążków z termostatem: **migocący i sygnałowy.**

Typ migocący (około 20-tu przerw i włączeń prądu na minutę) stosuje się zarówno przy pojedyńczych żarówkach i transparentach, jak i przy każdej migocącej reklamie świetlnej.

Typ sygnałowy (około 80-ciu przerw i włączeń prądu na minutę), — nadaje się przedewszystkiem dla wszelkiego rodzaju celów synalizacyjnych i alarmowych (np. dla straży pożarnych, dla ostrzeżenia przed niebezpieczeństwem, dla fabryk, hut i kopalń, dla kolei żelaznych, do celów sygnalizacji na statkach, drogach automobilowych i t. p.). Nadaje się on zresztą również do celów reklamy świetlnej.

Spotykane na rynku krążki z termostatem przeznaczone są dla dwóch rodzajów napięć: od 100 do 160 woltów oraz od 200 do 250 woltów — bez względu na rodzaj prądu (stały czy zmienny). Zakres ich stosowania jest jednakże ograniczony pod względem mocy, tak że krążek z umieszczonym wewnątrz termostatem może być używany tylko przy żarówkach o mocy do 60 watów włącznie.

Drugim ciekawym wynalazkiem w dziedzinie reklamy i sygnalizacji świetlnej jest **ż a r ó w k a m i g o c ą c a** samoczynnie. Zaleta jej polega na tem, że nie wymaga ona specjalnego przyrządu do przerywania prądu, a mimo to zapala

NADSYŁAJCIE
ZAPYTANIA
do
SKRZYNKI
POCZTOWEJ

„AWIL"
ZAKŁADY ELEKTRYCZNE
INŻ. ALFRED WILCZEWSKI
WARSZAWA, SKIERNIEWICKA 33, TEL. 11-82-21
KOLBY ELEKTRYCZNE
DO LUTOWANIA
WYRÓB KRAJOWY. WŁASNA KONSTRUKCJA

się i gaśnie w krótkich odstępach czasu (czas świecenia ok. 2,4 sek. przerwa: 1,5 — 2 sek.). Żarówka migocąca nie różni się od zwykłej żarówki ani wyglądem, ani sposobem użycia. Charakterystyczną jej cechą jest umieszczony w bańce termostat z uzwojeniem grzejnem.

Istnieją żarówki migocące białe i kolorowe (czerwone, niebieskie, zielone, żółte i pomarańczowe), co daje możność osiągnięcia pożądanych efektów świetlnych. Podana niżej tabela zawiera kilka danych liczbowych dotyczących żarówek migocących.

Napięcie w woltach	Kształt bańki	Pobór mocy w watach	Średnica bańki w m/m	Długość żarówki w m/m	
				trzonek Edisona	trzonek Swana
100—125	rurka	25	22	160	tylko z trzonkiem Edisona
100—250	gruszka	40	58	138	142
220	rurka	40	26	170	tylko z trzonkiem Edisona

Ky.

POPULARNA ELEKTROTECHNIKA.

O indukcji magnetycznej.

Uwaga. Do wzoru (2) na wielkość strumienia Φ (zeszyt 2 „W. E." str. 41) wkradł się błąd: **zamiast 12,54 winno być** — zarówno we wzorze (2), jak i w następujących po nim wzorach; — **1,256, albo** — zaokrąglając do setnych — **1,25** — co niniejszem prostujemy. Dlatego też w przykładzie liczbowym (str. 41, prawa kolumna 4-ty wiersz od góry) wynik: 289,1 ≈ 289 linij sił.

Zależność wielkości natężenia pola magnetycznego H od ilości amperozwojów zwojnicy, przypadających na 1 cm jej długości wyraża wzór następujący:

$$H = \frac{\Phi}{S} = 1{,}25 \quad \frac{I \cdot z}{l} \text{ (linij sił/cm}^2\text{)}.$$

Załóżmy że liczba amperozwojów zwojnicy wynosi 3 000; długość zwojnicy 150 cm. Czemu się równa natężenie pola magnetycznego H wewnątrz zwojnicy? By odpowiedzieć na to pytanie, należy — w myśl podanego wyżej wzoru — podstawić na miejsce wyrażenia **Iz** (amperozwoje) liczbę 3 000, na miejsce zaś długości l-150 cm; w ten sposób natężenie pola **H** w myśl podanego wzoru wyrazi się, jak następuje:

$$H = 1{,}25 \cdot \frac{3000}{150} = \underline{25 \text{ linij sił/cm}^2}.$$

Podobnież łatwo obliczyć można z powyższego wzoru ilość amperozwojów, o ile znane jest natężenie pola magnetycznego H zwojnicy oraz jej długość **l**.

Rozpatrywaliśmy dotychczas zwojnicę bez rdzenia żelaznego; tego rodzaju zwojnice są jednak stosunkowo rzadko stosowane w elektrotechnice i np. wcale ich się nie używa przy budowie maszyn elektrycznych. Znacznie częściej spotykamy się natomiast ze zwojnicami nawiniętemi na rdzeń żelazny. Zwojnicę z umieszczonym wewnątrz niej rdzeniem żelaznym lub stalowym nazywamy elektromagnesem. Czem usprawiedliwiona jest obecność powyższego rdzenia? Otóż okazuje się, że z chwilą umieszczenia wewnątrz zwojnicy żelaznego rdzenia — ilość wytwarzanych przez jej amperozwoje linij sił (a więc jej działanie magnetyczne) wzrasta niepomiernie; prosta więc czynność, polegająca na umieszczeniu wewnątrz zwojnicy żelaznego rdzenia pozwala wykorzystać magnesujące działanie jej amperozwojów w znacznie większym stopniu, niż to ma miejsce w zwojnicy bez rdzenia. Z chwilą bowiem umieszczenia w zwojnicy żelaznego rdzenia znajdujące się poprzednio wewnątrz jej (w powietrzu) magnetyczne linje sił wywołują **(indukują)** w rdzeniu bez porównania większą ilość tychże linij.

Dla lepszego zrozumienia tego zjawiska weźmy pod uwagę podany w zeszycie 2-im „W. E." przykład liczbowy. Jak obliczyliśmy tam, w zwojnicy o długości l = 25 cm, o przekroju S = 12 cm² i ilości zwojów z = 120, przy natężeniu prądu w zwojnicy wynoszącem 4 ampery, wielkość strumienia Φ wynosiła 289 linij sił, przyczem natężenie pola magnetycznego wewnątrz cewki

$$H = \frac{\Phi}{S} = \frac{289}{12} \cong \underline{24 \text{ linij sił/cm}^2}.$$

Gdy umieścimy wewnątrz zwojnicy rdzeń z miękkiego żelaza, to przy tych samych amperozwojach ilość linij sił, przypadająca na jednostkę powierzchni (na 1 cm²) przekroju cewki, nie będzie już wynosiła, jak dotychczas, H lecz wzrośnie do pewnej wartości **B**, przyczem

$$B = \mu \cdot H.$$

Wielkość **B**, która wyraża ilość linij sił, powstałych, jak zaznaczyliśmy drogą indukowania ich przez linje sił poprzednio istniejące, — nazywamy **indukcją magnetyczną.** Liczba μ (czytaj: mi), która wyraża — ile razy liczba linij sił w żelaznym rdzeniu **(B)** jest większa od ilości linij sił w powietrzu **(H)** przy tych samych amperozwojach magnesujących zwojnicy nazywa się **przenikalnością magnetyczną.**

Przenikalność magnetyczna wyraża własność danego rdzenia — w tym wypadku z miękkiego żelaza — do wchłaniania, jakgdyby, w siebie magnetycznych linij sił przy jednoczesnem powiększaniu ich ilości.

Jak widzimy ze wzoru: **B** = μ . **H**, wielkość indukcji B przy danej wielkości natężenia pola **H** zależy od wartości przenikalności magnetycznej μ. Wielkość ta nie jest jednak wielkością stałą i łatwą do określenia. Zależy ona od dwóch czynników:

od rodzaju **materjału**, z jakiego wykonany jest rdzeń elektromagnesu, oraz

od wielkości **natężenia** pola magnetycznego **H**, przy którem obliczamy wartość indukcji **B**.

Zależność przenikalności μ, od rodzaju materjału, z jakiego wykonany jest rdzeń elektromagnesu, tłumaczy się tem, że nie wszystkie materjały jednakowo przepuszczają przez siebie linje magnetyczne. Podobnie, jak różne metale stawiają różnorodną oporność dla przepływu prądu elektrycznego (t. zw. oporność omową), jedne większą (np. aluminium), inne mniejszą (np. miedź i srebro), — tak samo stawiają różne materjały pod względem magnetycznym niejednakową oporność dla przepływu magnetycznych linij sił. Jedne, jak np. żelazo i stal mają oporność magnetyczną b. małą (dużą **przenikalność!**) inne, jak powietrze, mają oporność magnetyczną b. dużą (małą **przenikalność!**). Pozatem nawet ciała należące — zdawałoby się — do tej samej grupy metali, posiadają całkowicie odmienne własności przepuszczania i powielania magnetycznych linij sił, innemi słowy mają odmienną przenikalność magnetyczną. Tak np. przenikalność magnetyczna stali lanej różni się od przenikalności miękkiego żelaza; przenikalność magnetyczna żeliwa jest inna, niż stali hartowanej i t. d. Słowem, by móc

powiedzieć, jaka jest przenikalność magnetyczna μ, musimy przedewszystkiem znać dokładnie rodzaj materjału, z którego wykonany jest rdzeń elektromagnesu.

Jednakże sam rodzaj materjału, z którego wykonany jest rdzeń elektromagnesu, nie określa ściśle wielkości przenikalności. Przenikalność bowiem magnetyczna nawet dla tego samego materjału ulega zmianom, a to zależnie od natężenia pola **H**, w jakiem się rdzeń znajduje. Tłumaczy się to tem, że zdolność np. żelaza do przepuszczania magnetycznych linij sił — w miarę coraz silniejszego jego magnesowania (przy pomocy wzrastających amperozwojów) stopniowo maleje. Przy małej ilości amperozwojów przenikalność magnetyczna żelaza jest wielka, stopniowo jednak — w miarę zwiększania liczby amperozwojów — (np. przez zwiększanie natężenia prądu w zwojach otaczającej rdzeń cewki) przenikalność ta się zmniejsza. Wzrastająca wraz z prądem (a więc z amperozwojami) liczba magnetycznych linij sił nasyca jakgdyby rdzeń żelazny, tak że zdolność jego do przepuszczania coraz to nowych linij sił (przenikalność) stopniowo maleje. W miarę dalszego zwiększania ilości amperozwojów dochodzimy do takiego stanu, że żelazo już niemal nie jest w stanie przepuszczać nowych linij sił: następuje stan t. zw. **nasycenia** żelaza.

Z chwilą tą rdzeń żelazny z trudnością przepuszcza nowe linje sił i gdybyśmy zwiększali natężenie prądu w zwojach otaczającej rdzeń zwojnicy ilość magnetycznych linij sił w rdzeniu żelaznym będzie wzrastała b. powoli. (Dla miękkiego żelaza stan ten następuje przy ilości linij sił, wynoszącej ok. 16 000 — 18 000 na 1 centymetr kwadratowy przekroju rdzenia).

Widzimy więc, że do określenia wielkości przenikalności magnetycznej μ, która w tym wypadku nas interesuje, koniecznie trzeba znać rodzaj materjału, z jakiego wykonany jest rdzeń elektromagnesu, oraz natężenie pola magnetycznego **H**. Odpowiednie wartości przenikalności μ wyznaczono doświadczalnie z wielką dokładnością dla różnych materjałów i natężeń pola **H**, wyniki zaś tych doświadczeń ujęto w postać odpowiednich wykresów (t. zw. krzywych przenikalności magnetycznej). Mając pod ręką tego rodzaju wykresy, można łatwo i szybko odczytać z nich — dla każdej wartości natężenia pola **H** i dla każdego materjału rdzenia — wartość przenikalności magnetycznej μ. O wykresach tych pomówimy bliżej w następnym zeszycie.

Na zakończenie dzisiejszego rozdziału podajemy, że według odpowiedniego wykresu wartość przenikalności magnetycznej μ dla wielkości natężenia pola **H** = 24 linij sił/cm² i dla żelaza miękkiego—wynosi ok. 640 wobec czego po podstawieniu odpowiednich liczb do podanego wyżej wzoru $B = \mu . H$ otrzymamy

$$B = \underline{15\,360 \text{ (linij sił/cm}^2\text{)}}.$$

Widzimy więc, że skutkiem obecności w zwojnicy rdzenia z miękkiego żelaza ilość magnetycznych linij sił wytwarzana przez tę samą, co i poprzednio, ilość amperozwojów wzrosła 640 razy.

NOWINY ELEKTROTECHNICZNE.

NOWA ELEKTROWNIA W POZNANIU. Ponieważ elektrownia, która dotychczas zaopatrywała Poznań i okolice w energję elektryczną, okazała się niewystarczającą dla potrzeb tego — położonego w najbogatszej okolicy rolniczej kraju — miasta, postanowiono wybudować nową elektrownię parową o mocy ogólnej 100.000 kW. Jakkolwiek narazie zdecydowano zainstalować 2 turbozespoły po 10.000 kW każdy, to jednak zarówno miejsce, jak i wszelkie aparaty w elektrowni uwzględniają przyszłą jej rozbudowę do mocy 100.000 kW. I tak np. odłączniki i wyłączniki dla sprzęgania obu systemów szyn zbiorczych wykonane zostały dla prądu nominalnego 2.000 A. Wyłączniki olejowe generatorów zbudowane zostały dla mocy zwarcia wynoszącej 250.000 kVA i t. d.

Nowa elektrownia uruchomiona została w r. 1930. Do budowy rozdzielni użyto w jaknajszerszym zakresie materjałów krajowych, przyczem cały materjał instalacyjny, jak szyny miedziane, przewodniki, kable i t. p. wykonane zostały w kraju. Nastawnia nowo-wybudowanej elektrowni posiada tablicę wysokiego napięcia 6.000 V, której środkowa część przeznaczona jest dla 6-ciu generatorów; między in. nastawnia zaopatrzona została — oprócz telefonu — w specjalną aparaturę nadawczą, zapomocą której dyżurny może nadać do sali maszynowej sześć różnych rozkazów, i otrzymać stamtąd sygnał meldujący, że rozkaz został zrozumiany. Umieszczono tu także schemat połączeń wykonany z taśmy niklowanej i zaopatrzony we wskaźniki elektromagnetyczne, wskazujące stan poszczególnych odłączników i wyłączników.

Generatory 6 kV posiadają ochronę różnicową bez uziemionego punktu zerowego, oraz ochronę przetężeniową i przepięciową; są one pozatem zaopatrzone w automatyczne pośpieszne regulatory napięcia, które współdziałają przy ograniczaniu prądów zwarcia.

Na rys. 1 widzimy gmach nowej elektrowni w czasie budowy.

(Przegląd Asea, zesz. 8—1931).

Rys. 1.
Nowa elektrownia w Poznaniu.

EUROPEJSKA SIEĆ WYSOKIEGO NAPIĘCIA. Żywe zainteresowanie w świecie elektrotechnicznym wzbudził w ostatnich czasach projekt Dr. Olivena stworzenia ogólnoeuropejskiej sieci wysokiego napięcia. Napięcie sieci ma wynosić 400.000 woltów; jest to wielkość nigdzie w Europie dotychczas w praktyce nie spotykana. (Najwyższe napięcie spotykane w chwili obecnej w Europie przy przenoszeniu energji elektrycznej na znaczne odległości wynosi 220.000 woltów. Przyp. Red.). Łącząc ze sobą najodleglejsze punkty Europy, projektowana sieć miałaby przedewszystkiem na celu wzajemne wyrównywanie obciążeń między poszczególnemi krajami oraz łagodzenie szczytów obciążeń, które są dziś prawdziwą plagą elektrowni; byłaby ona pozatem drogą zbytu nadmiaru energji elektrycznej wyprodukowanej w krajach zasobnych w siły wodne lub węgiel — do krajów pozbawionych naturalnych bogactw energetycznych.

Projektowana sieć obejmuje pięć linij wysokiego napięcia przecinających cały kontynent europejski z północy na południe i ze wschodu na zachód. Niewyczerpane siły wodne Norwegji i Szwecji znalazłyby tą drogą zbyt w Niemczech, a połączone z zakładami o sile wodnej Alp dobiegałyby linją napowietrzną do Rzymu. Energja elektryczna elektrowni Zagłębia Dąbrowsko-Śląskiego współdziałałaby z energją zakładów wodnych Austrji, docierając do Jugosławji. Wspólna sieć niemieckich zagłębi węglowych połączona byłaby z okręgami przemysłowemi północnej Francji i Paryża, wzniesiona zaś u brzegów kanału La Manche wielka elektrownia opalana angielskim węglem połączona była-

POLSKIE ELEKTROWNIE

spółdzielnia z ograniczoną odpowiedzialnością
zainicjowana przez
ZWIĄZEK ELEKTROWNI POLSKICH

WARSZAWA
KOPERNIKA Nr. 8
tel. 651-76, 741-75, 405-60

Składy przy ul. Żórawiej 12
telef. 9-29-82

zaopatruje elektrownie

użyteczności publicznej oraz przemysłowe, własności państwowej, komunalnej i prywatnej

w następujące artykuły:

- przewody miedziane gołe i izolowane
- kable ziemne
- izolatory do wszelkich napięć
- olej gazowy i transformatorowy
- szczotki do prądnic i silników
- liczniki i inne aparaty miernicze
- drut przepisowy do plombowania
- silniki, rozruszniki i oporniki
- żarówki normalne i specjalne
- taśmy izolacyjne, mikanit, bakelit i azbest
- tabliczki ostrzegawcze cynkowe i emaljowane
- żelazka, kuchenki i piecyki elektryczne
- armatury oświetleniowe uliczne i świeczniki
- rurki bergmanowskie
- pakunki azbestowe, klingeritowe i grafitowane

zawiera umowy na stałe dostawy wszelkich materjałów potrzebnych elektrowniom

Wyczerpujące oferty na żądanie

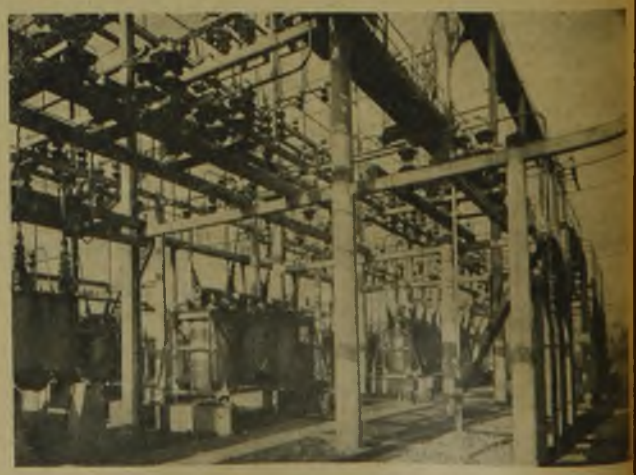
by linją napowietrzną z elektrowniami francuskiemi, hiszpańskiemi i portugalskiemi.

Biegnąca ze wschodu na zachód najdłuższa linja zaczynałaby się w Zagłębiu Donieckiem i połączyłaby olbrzymią elektrownię o sile wodnej — Dnieprostroj z opalanemi ropą elektrowniami rumuńskiemi; poprzez zakłady wodne Dunaju w Żelaznych Wrotach oraz elektrownie o napędzie wodnym Austrji, Szwajcarji i Francji linja ta kończyłaby się w Lionie.

Mimo, że jesteśmy dziś już świadkami lokalnej współpracy sieci elektrycznych szwajcarskich z francuskiemi oraz niemieckich z austrjackiemi, trudno w obecnej chwili przewidzieć, kiedy pomysł ogólno-europejskiej sieci elektrycznej nabrałby charakteru realnego. Na drodze do wykonania tego napozór dość fantastycznego projektu stoją na przeszkodzie względy raczej polityczne i finansowe niż techniczne. Z pośród trudności technicznych przesyłania energji na tak znaczne odległości na pierwszy plan wybija się kwestja wyboru rodzaju prądu. Mimo wysokiego stopnia rozwoju przesyłania energji elektrycznej prądem trójfazowym wysokiego napięcia, wydaje się, że dla sieci europejskiej pomysłu Dr. Olivena należałoby zastosować prąd stały wysokiego napięcia, pozbawiony — jak wiadomo — całego szeregu zasadniczych wad prądów zmiennych, jak indukcyjność, prądy pojemnościowe i t. d. (Co do trudności, na jakie napotkałoby połączenie tego rodzaju sieci prądu stałego z istniejącemi już sieciami prądu zmiennego, to ostatnie postępy elektrotechniki w dziedzinie przemiany prądu stałego na zmienny zapomocą sterowanych rtęciowych zaworów elektronowych czyli t. zw. przemienników — pozwalają przypuszczać, że już w niedługim czasie rozwiązanie tego zagadnienia nie nastręczałoby większych trudności. Przyp. Red.).

ELEKTRYFIKACJA FRANCUSKICH OKRĘGÓW ROLNYCH. Prawdziwą chlubą Francji jest niewątpliwie elektryfikacja jej okręgów rolnych. W 1920 r. posiadała Francja zaledwie 6.000 gmin zaopatrzonych w prąd elektryczny; obecnie liczba ta wynosi 28.100 na ogólną liczbę 38.000 gmin, czyli ok. 75%. Elektryfikacja dokonywa się w tempie wynoszącem około 2.500 gmin rocznie, co pozwala oczekiwać pełnej elektryfikacji kraju w roku 1934. Zasilająca zelektryfikowane okręgi energja elektryczna dostarczana jest z odległych naogół elektrowni cieplnych lub wodnych za pośrednictwem linij wysokiego napięcia (60, 90 lub 150 kV) do napowietrznych podstacyj transformatorowych, gdzie po obniżeniu napięcia prądu do 15 kV — rozchodzi się ona gęstą siecią do poszczególnych gmin oraz większych odbiorców. Na rys. 2 widzimy fragment jednej z takich podstacyj transformatorowych. Transformowanie z 15 kV na niskie napięcie do siły i światła następuje w budkach transformatorowych ustawionych w każdej wsi.

Pobór energji elektrycznej przez odbiorców w ciągu dnia nie jest jednostajny; to też w celu zapewnienia pracującym elektrowniom możliwie równomiernego obciążenia zastosowano w północnych okręgach Francji trzy taryfy za prąd; szczytową — najwyższą, średnią i nocną — najniższą. Do rejestrowania zużytej przez odbiorcę energji w zależności od czasu trwania tej lub innej taryfy służą liczniki o potrójnem liczydle zaopatrzone w zegar, który w odpowiednim



Rys. 2.
Fragment napowietrznej podstacji transformatorowej.

momencie przełącza liczydła. Zegary te jednak przy bardzo znacznej ilości liczników, sięgającej kilku tysięcy dla okręgu, okazały się kłopotliwe i zbyt kosztowne. Obecnie dokonywane są próby, mające na celu zastosowanie aparatu, któryby zapomocą prostych urządzeń, zastąpił działanie skomplikowanych zegarów.

NOWY SPOSÓB SUSZENIA OLEJU TRANSFORMATOROWEGO. Dotychczas stosowany był powszechnie sposób suszenia olejów transformatorowych zapomocą podgrzewania ich do temperatury nieco powyżej 100° C; chodzi tu bowiem o usunięcie wody, która nawet w znikomych ilościach jest dla oleju wysoce szkodliwa i obniża jego własności izolacyjne oraz wytrzymałość elektryczną (na przebicie). Przy tej temperaturze zawarta w oleju woda zaczyna parować i po dłuższem podgrzewaniu może być z oleju usunięta. Badania wykazały, że podgrzewanie nawet do temperatur niższych od 100° C (przy zastosowaniu próżni), jest dla oleju szkodliwe, gdyż powoduje spalanie drobnych jego cząsteczek co wywołuje przedwczesne starzenie się oleju oraz tworzenie się t. zw. osadu. Dla uniknięcia szkodliwych następstw podgrzewania opracowany został ostatnio przez jedną z firm niemieckich sposób, polegający na suszeniu oleju bez podgrzewania, lecz jedynie drogą wytwarzania wysokiej próżni (od 90 do 95%). Oparty jest on na zasadzie zależności temperatury parowania wody od ciśnienia: temperatura ta jest bowiem tem niższa im ciśnienie jest mniejsze. Podobno sposób ten daje b. dobre wyniki i wytrzymałość na przebicie wysuszonego tą drogą oleju dochodzi do 250 000 V/cm. (AEG Mitteilungen, zeszyt 1/1933.)

ŻARÓWKA ŚWIETLĄCA DLA ODNAJDYWANIA WYŁĄCZNIKA. Każdy dobrze wie, jak trudno bywa czasami odnaleźć w ciemności wyłącznik: próby zastosowania substancyj fosforyzujących dla uwidocznienia wyłącznika okazały się naogół niedostateczne. Ostatnio inż. Lulki w Berlinie wynalazł tani i prosty sposób, zapomocą którego każdy wyłącznik można zaopatrzyć w małą żarówkę neonową, znaną w handlu pod nazwą „LKL Switch — Light". Żaróweczka ta pobiera znikomą moc — 1/20 wata, zużywa więc 1 kWgodzinę w ciągu 20.000 godzin. Tego rodzaju wyłączniki świetlące nadają się specjalnie dla klatek schodowych, biur, budek telefonicznych, szpitali, hoteli, magazynów i wogóle wszędzie tam, gdzie pożądane jest szybkie odszukanie wyłącznika w ciemności. Żarówka neonowa tak jest urządzona, że sama gaśnie z chwilą, gdy zapali się światło. (Lighting Development 1932).

POMYSŁOWA SYGNALIZACJA ŚWIETLNA. W olbrzymich magazynach towarowych f-my Macy w Nowym Yorku zainstalowano przyrząd sygnalizacyjny, który w sposób dyskretny daje znać kierownikowi oddziału, że obecność jego w oznaczonem miejscu magazynu jest pożądana. Przyrząd zawiera 100 watową żarówkę projekcyjną, której światło przepuszczone przez czerwony filtr — skierowane jest zapomocą reflektorów na sufit, gdzie tworzy ono czerwoną plamę o średnicy ok. 15 cm; jednocześnie działa dzwonek elektryczny, który zwraca uwagę kierownika oddziału na plamę świetlną. Przyrząd funkcjonuje bez zarzutu: sygnał dzwonkowy jest krótki, ruch zaś promieni świetlnych uchodzi uwagi klientów, nie zdających sobie sprawy, że plamy świetlne na suficie sygnalizują ich obecność w sklepie.

(Das Licht, 7—1932).

ZAPALANA AUTOMATYCZNIE REKLAMA ŚWIETLNA. Na jednym z drapaczy chmur w East Pittsburgh w Ameryce Północnej umieszczono reklamę świetlną o mocy ogólnej 108 kW. Aby uzyskać lepszą wydajność tej olbrzymiej reklamy, jest ona sterowana przez umieszczoną nazewnątrz komórkę fotoelektryczną. Gdy oświetlenie dzienne osłabnie poniżej pewnej jasności (zmierzch, mgła lub silne zachmurzenie), światłoczuła komórka uruchamia specjalny przekaźnik, który zapala 4 300 żarówek. Reklama ta o długości 78 metrów i literach o wysokości 4.8 metra każda posiada konstrukcję żelazną, spawaną elektrycznie i waży 52 tony. (L u x, IX 30)

AUTO CIĘŻAROWE, JAKO ŚRODEK REKLAMY ŚWIETLNEJ. Od dłuższego czasu ukazują się na ulicach Londynu i Berlina auta ciężarowe, posiadające okna wystawowe oraz reklamy świetlne. W ten sposób, uskuteczniając codzienną dostawę towarów, służą one jednocześnie, jako potężny środek reklamy świetlnej. (L u x, IX 30)

SKRZYNKA POCZTOWA.

p. ST. JĘDRUSIK, Knurów G. Śl. Stowarzyszenie Elektryków Polskich, w którego kompetencji leży ustalanie prawidłowego słownictwa elektrotechnicznego, nie zamierza wydać tablicy, o którą WPan zapytuje. Trudnem byłoby zresztą zestawić — obok poprawnych wyrazów elektrotechnicznych w języku polskim — używane najczęściej przez monterów - elektryków wyrazy niemieckie, a to chociażby dlatego, że te ostatnie nie są ściśle ustalone i częstokroć używane są przez różnych monterów w odmiennem znaczeniu. Chcąc natomiast przyczynić się do ustalenia wśród elektrotechników polskich prawidłowego słownictwa elektrotechnicznego i wprowadzenia w życie codzienne ustalonych wyrażeń elektrotechnicznych — Stowarzyszenie Elektryków Polskich podjęło perjodyczne publikowanie wydawnictwa p. t. „Słownictwo Elektrotechniczne Polskie" z odpowiednikami w językach niemieckim i francuskim, w opracowaniu Centralnej Komisji Słownictwa Elektrotechnicznego. Całość wydawnictwa zawierać będzie 15 działów, jak: pojęcia podstawowe i ogólne, maszyny elektryczne i transformatory, urządzenia łączeniowe i regulacyjne, miernictwo elektrotechniczne, wytwarzanie i przesyłanie energji, kolejnictwo elektryczne, zastosowania mechaniczne, zastosowania cieplne, oświetlenie elektryczne i t. d. Wydawnictwo słownika ukazywać się będzie zeszytami, wychodzącemi mniejwięcej co 4 miesiące w objętości 1 — 3 arkuszy; całość obejmie około 30 arkuszy druku i zawierać będzie przeszło 5 000 wyrazów. Dotychczas ukazały się: zeszyt I-szy, zawierający pojęcia podstawowe i ogólne elektrotechniki oraz początek działu: maszyny elektryczne i transformatory, — oraz zeszyt II — maszyny elektryczne i transformatory (ciąg dalszy). Zeszyt III — ukaże się niebawem. Cena zeszytu w prenumeracie wynosi 1 zł. 25 gr. Do nabycia w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich, Warszawa, Czackiego 3/3.

p. F. N. w Łodzi. Pytanie. Dlaczego przy prądzie trójfazowym nie można przenosić obciążenia na daną prądnicę zapomocą powiększania jej wzbudzenia podobnie, jak to ma miejsce przy prądzie stałym?

Odpowiedź. By sprawę wyjaśnić, zastanówmy się bliżej nad przenoszeniem obciążenia przy prądnicach prądu stałego. Gdy chcemy przenieść obciążenie na daną prądnicę — zwiększamy, jak wiadomo, jej wzbudzenie. Wskutek tego wzrasta wytwarzana przez prądnicę siła elektromotoryczna **E** (gdyż wielkość jej przy danych obrotach zależy od wielkości strumienia magnetycznego, a zatem od wielkości prądu wzbudzenia), — przyczem powstaje chwilowo pewna nadwyżka siły elektromotorycznej **E** prądnicy ponad napięcie sieci **V**, czyli jakgdyby pewne dodatkowe napięcie: **E — V.** Działając w obwodzie zamkniętym o pewnej oporności **R**, spowoduje ono wg. prawa Ohm'a — przepływ prądu $i = \frac{E-V}{R}$, przyczem obciążenie prądnicy wzrośnie o wielkość **i** amperów. O tę samą wielkość **i** spada jednocześnie obciążenie pracujących równolegle z rozpatrywaną prądnic, — o ile oczywście, nie nastąpi w międzyczasie wzrost obciążenia elektrowni przez włączenie nowych odbiorników.

Wzrost obciążenia prądnicy wywoła spadek ilości obrotów napędzającego ją silnika (turbiny, maszyny parowej, silnika Diesel'a lub t. p.), gdyż wytwarzany przez prądnicę moment elektryczny hamujący uzyska — skutkiem wzrostu obciążenia prądnicy — przewagę nad rozwijanym przez silnik napędowy momentem kręcącym (napędowym). Spowoduje to odpowiednie przestawienie regulatora maszyny napędowej oraz zwiększenie dopływu energji do silnika napędowego (w postaci większej ilości pary, paliwa i t. p.).

Jak widzimy więc, przy prądzie stałym podaż (dopływ) energji mechanicznej (w postaci pary i t. p.) do napędzającego prądnicę silnika odbywa się samoczynnie zależnie od zapotrzebowania jej przez daną prądnicę, przyczem ilość energji tej dostosowuje się ściśle do wymagań prądnicy. Tego rodzaju proces możliwy jest dzięki temu, że przy prądzie stałym każdy wzrost obciążenia pociąga natychmiast za sobą spadek ilości obrotów napędzającego prądnicę silnika (i naodwrót), co się odbija na regulatorze.

Inaczej ma się rzecz przy prądzie trójfazowym. Tu powiększenie wzbudzenia pracującej równolegle z innemi prądnicy nie spowoduje spadku ilości jej obrotów, gdyż pomiędzy pracującemi równolegle prądnicami prądu trójfazowego występują prądy wyrównawcze powodujące siły elektryczne (t. zw. siły synchronizujące),—nie pozwalające żadnej z prądnic opóźniać się względem innych ani też przyśpieszyć biegu (tą właśnie drogą utrzymywany jest bieg prądnic ściśle odpowiadający częstotliwości prądu, czyli bieg synchroniczny). Gdybyśmy więc zwiększyli wzbudzenie prądnicy synchronicznej, — wówczas—jakkolwiek wytwarzana przez nią siła elektromotoryczna wzrosłaby, to jednak prąd, jaki popłynąłby wskutek powyższego przyrostu siły elektromotorycznej, — nie byłby prądem watowym (mocnym), gdyż powstaniu jego nie towarzyszyłby spadek ilości obrotów prądnicy a więc i przestawienie regulatora na silniku napędowym, a co zatem idzie dopływ energji mechanicznej. Prąd ten jest więc prądem bezwatowym (bezmocnym) i nie obciąża prądnicy pod względem mechanicznym; płynie on wewnątrz elektrowni pomiędzy prądnicami, starając się drogą powstałego w ten sposób spadku napięcia wyrównać siły elektromotoryczne poszczególnych prądnic (dlatego też prąd ten nazywamy także prądem wyrównawczym). Jakkolwiek prąd wyrównawczy nie stwarza żadnego dodatkowego obciążenia mechanicznego dla prądnicy, to jednak jest on szkodliwy, gdyż bezużytecznie obciąża uzwojenia pracujących równolegle prądnic, a tem samem obniża granicę ich wyzyskania. Tak więc drogą zmiany wzbudzenia nie osiągniemy pożądanego skutku: obciążenie prądnicy pozostanie bez zmiany, — powstanie jedynie pewien dodatkowy prąd bezwatowy, który — oprócz wspomnianych wyżej skutków — spowoduje zmianę t. zw. cos φ prądnicy (nie cos φ zewnętrznej sieci!).

Jeżeli natomiast wpłyniemy w jakikolwiek sposób na regulator napędzającego prądnicę silnika, wówczas dopiero osiągniemy pożądany skutek w postaci zwiększenia obciążenia danego alternatora. Można to wytłumaczyć w następujący sposób: przestawienie regulatora w silniku napędowym (np. w turbinie parowej zapomocą t. zw. serwomotoru) powoduje chwilowe przyśpieszenie prądnicy, a stąd przesunięcie siły elektromotorycznej. To przesunięcie siły elektromotorycznej (napięcia), które wytwarza znowu dodatkową różnicę siły elektromotorycznej i napięcia pociągnie za sobą wzrost prądu w uzwojeniu prądnicy; ponieważ jednak wzrost ten spowodowany został przez dopływ pewnej ilości energji mechanicznej, nadwyżkę tę stanowić będzie prąd watowy (mocny). Innemi słowy wskutek przestawienia regulatora przy silniku napędowym w kierunku zwiększenia ilości dopływu pary, prądnica zostanie odpowiednio obciążona. Jednocześnie — o ile ogólne obciążenie elektrowni pozostanie bez zmiany — pozostałe prądnice (pracujące równolegle z rozpatrywaną) zostaną w tym samym stosunku odciążone, — wskutek czego chwilowo cokolwiek przyśpieszą biegu i zaraz zrównają się z rozpatrywaną prądnicą, biegnąc względem niej w dalszym ciągu już synchronicznie.

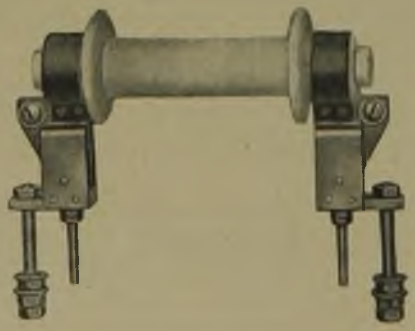
KONIEC CZĘŚCI REDAKCYJNEJ.

DZIAŁ OPISOWO-KONSTRUKCYJNY.

Porcelana i bakelit, jako materjały konstrukcyjne w elektrotechnice.

W konstrukcji aparatów elektrycznych materjał izolacyjny spełnia rolę pomocniczą. Musi on z jednej strony posiadać dobre własności izolacyjne oraz dużą wytrzymałość elektryczną, mechaniczną i cieplną, z drugiej zaś winien dawać się kształtować w myśl życzeń konstruktora tak, by działanie pozostałych części było najpewniejsze i najprostsze. Współczesna technika, posługująca się dokładnemi metodami obróbki, wymaga wreszcie od materjału izolacyjnego ścisłego zachowania wymiarów, możliwie łatwej obróbki, umożliwienia łatwej wymiany poszczególnych części składowych i t. d. Rozpatrzmy z tego punktu widzenia i porównajmy ze sobą dwa czołowe materjały izolacyjne współczesnej elektrotechniki: **porcelanę i bakelit.**

PORCELANA, jako materjał izolacyjny zajmuje, dotychczas, w elektrotechnice przodujące stanowisko. Posiada ona dużą oporność właściwą oraz wielką wytrzymałość na przebicie (płytka o grubości 10 mm wytrzymuje napięcie do 100.000 woltów). Porcelana nie ulega starzeniu się i jest ognio



Rys. 1.
Porcelanowa osłona paska topikowego do bezpiecznika 350 A. Wyrób firmy K. Szpotański i S-ka. F. A. E.

trwała — o ile chodzi o krótkotrwałe działanie wysokiej temperatury. I tak np. iskra na jej powierzchni nie pozostawia śladu, natomiast łuk dłużej trwający uszkodzić może jej polewę. Powleczona polewą (glazurą) porcelana jest niehygroskopijna (nie wchłania wody). Pod względem mechanicznym cechuje ją b. duża wytrzymałość na ściskanie, wynosząca — zależnie od rodzaju próbki — od 1.000 do 4.000 kg/cm², wytrzymałość natomiast na rozerwanie jest znacznie mniejsza i wynosi — zależnie od wielkości naprężanego przekroju, od rodzaju naprężenia i t. d. — od 200 do 250 kg/cm². Wytrzymałość na zginanie porcelany wynosi od 400 do 450 kg/cm².

Porcelana nie jest jednak wytrzymała na wszelkie szybko zmieniające się naprężenia, zarówno mechaniczne, jak i cieplne, co dla konstruktora jest już nieraz poważnym brakiem. Gdy spojrzymy na porcelanę z tego punktu widzenia, jaki podaliśmy na wstępie, spostrzeżemy tych braków znacznie więcej. Przedewszystkiem każda część wykonana z porcelany wymaga uciążliwego wypalania w piecu przy wysokiej temperaturze, przyczem od właściwego przebiegu tego procesu zależy w wysokim stopniu jej dobroć; wypalanie i następujące po niem zjawiska ograniczają dowolność kształtów wykonanej części. I tak np. ścianki nie mogą być zbyt grube, rury zbyt długie i t. d. Znacznie gorzej przedstawia się sprawa ścisłości wymiarów. Porcelana bowiem przy wypalaniu i następującem po niem stygnięciu zmniejsza różnorodnie swą objętość — zależnie od składu, temperatury i t. d., do 20%. Nieuniknione to zjawisko ujęte nawet zostało w formę przepisów, które pozwalają na wahania wymiarów w granicach $\pm$ 5%; jest to tolerancja niespotykana w żadnej dziedzinie techniki. To też każdy izolator, kurcząc się indywidualnie, posiada — rzecz prosta — indywidualne wymiary i skrzywienia. Bez przesady więc można powiedzieć, że niema na świecie dwóch zupełnie jednakowych wyrobów porcelanowych.

Uprzytomnijmy sobie teraz, jak powyższe odchylenia w granicach $\pm$ 5% wyglądają w cyfrach realnych. Weźmy dla przykładu rurę porcelanową do patronu bezpiecznikowego na 350 A o całkowitej długości, wynoszącej 250 mm. (Rys. 1). Tolerancja $\pm$ 5% pozwala na wahania długości rury w granicach od 238 mm (250 mm — 5%) do 262 mm (250 + 5%); różnica pomiędzy krańcowemi odchyleniami — dopuszczalnemi przez normy, a więc najzupełniej możliwemi, — wynosi 262 — 238 = 24 mm. Jak więc będą wyglądały dwa obok siebie postawione patrony, posiadające jednakową odległość

między kontaktami przy różnej długości rur porcelanowych? Różnica wymiarów, wynosząca ok. 24 mm musi być wyrównana na obu końcowych częściach bezpiecznika — za kołnierzami. Przypuśćmy teraz, że rura porcelanowa wykrzywiła się nieco, a przecież noży kontaktowych krzywo ustawić nie wolno, by nie zepsuć styku. Trzeba więc wyrównywać krzywiznę przy zakitowaniu części metalowych, lub też wyrzucić poprostu rurę na szmelc, mimo, że od fabryki porcelany trzeba ją było przyjąć, bo przecież wymiary jej były zgodne z dopuszczalną przez przepisy tolerancją.

Weźmy inny jeszcze przykład. W seryjnym aparacie niskiego napięcia mamy rurę porcelanową, odizolowującą dwa punkty o różnym potencjale, odległe od siebie np. o 300 mm. Wykonywamy części metalowe przyrządu, skrupulatnie je wymierzając co do ułamka milimetra, by styk był jaknajlepszy, — a tu naraz brak nam 15 mm (5% od 300 mm) porcelany, co jest przecież — jak wiemy — zupełnie możliwe. Gdyby jej było o kilka mm za dużo, to nie jest to także pożądane, gdyż obrabianie porcelany jest bardzo trudne i połączone z niebezpieczeństwem pęknięcia.

Przesadzając możnaby powiedzieć, że biuro konstrukcyjne wytwórni aparatów elektrycznych powinno najpierw otrzymać do dyspozycji części porcelanowe, a potem dopiero indywidualnie do każdej z nich „podorabiać" wymiary. Na dowód tego można przytoczyć chociażby drobne materjały instalacyjne, jak wyłączniki pokrętne i t. p. przy których każdy elektryk spotyka sę z wypadkami, gdy jedna część porcelany nie pasuje zupełnie do drugiej, leży krzywo i przy mocniejszym dokręceniu śrub grozi pęknięciem.

Zobaczmy obecnie, jak się przedstawia przy porcelanie kwestja umocowania części metalowych — co przy budowie aparatów elektrycznych jest sprawą b. ważną. Przy wyrobach porcelanowych używamy w tym celu najczęściej kitu. Dobroć kitu zależy od jego wyrobienia oraz od ilości i jakości użytych składników, czego sprawdzić prawie że nie można; pozatem źle wyrobiony kit prędko kruszeje. Samo zakitowanie też niezawsze może być skontrolowane, gdyż nigdy nie wiadomo, czy dosyć spoiwa wtłoczono do środka. W dodatku kit, jak wiadomo, daje konstrukcję niezamienną: uszkodzenie jednej z jej części czyni całość nieużyteczną. Pozatem spoiwo rozszerza się inaczej niż porcelana, wywołując w niej dodatkowe naprężenia. W tych warunkach — rzecz jasna — fabryka nie jest w stanie udzielić na kitowane wyroby porcelanowe pełnej gwarancji.

Jeżeli weźmiemy dalej pod uwagę, że po uformowaniu porcelana musi się przed wypaleniem, przez dłuższy czas „odstać" — gdyż przedwcześnie wstawiona do pieca narażona jest na głębokie pęknięcia i szczeliny, — nie zdziwi nas wówczas jej długi termin dostawy, wynoszący od 2 do 3 miesięcy. Stanowi on dla fabryki wielką niedogodność, zmuszając ją do trzymania na składzie surowca odpowiadającego kilkomiesięcznej produkcji.

O ile wymienione wyżej **wady porcelany** nie odgrywają zbyt wielkiej roli przy fabrykacji izolatorów linjowych i instalacyjnych, o tyle **przy budowie aparatów elektrycznych**, zarówno brak ścisłości wymiarów, jak i niemożliwość obróbki części porcelanowych, — odczuwane są b. niemile. To też konstruktorzy przyrządów elektrycznych oddawna poszukiwali bardziej odpowiedniego dla swych celów materjału izolacyjnego. Wielka ilość materjałów tych zjawiła się na rynkach pod najrozmaitszemi nazwami; wymienimy z pośród nich chociażby: stabilit, tenacit, ambroin, adit, asolit, gummon i t. d.

Tam, gdzie chodzi głównie o zachowanie własności izolacyjnych w trudnych warunkach atmosferycznych oraz w dziedzinie wysokiego napięcia, — porcelana pozostała materjałem przodującym, gdyż własności te, jak widzieliśmy, — posiada ona w wysokim stopniu.

Jednakże w dziedzinie niskich napięć zwycięsko wypiera porcelanę nowszy materjał izolacyjny, a mianowicie t. zw. **prasowany bakelit**, — a to dzięki temu, że poza doskonałemi własnościami izolacyjnemi posiada on ową wybitną podatność do formowania wszelkich konstrukcyj, której tak brakuje porcelanie.

Przerabiany inną metodą, jako t. zw. papier bakelizowany sięga bakelit również w dziedzinę wysokich napięć (kilkudziesięciu tysięcy V), jakkolwiek — narazie — stosowany bywa przy tych napięciach w łatwiejszych warunkach pracy np. w oleju. Tłomaczy się to tem, że pod względem odporności na wpływy atmosferyczne ustępuje on porcelanie. Przyszłość jednakże przyniesie prawdopodobnie i w tej dziedzinie duże zmiany, rozszerzając zakres stosowania wyrobów bakelitowych.

BAKELIT PRASOWANY. Omawiając podatność bakelitu dla celów konstrukcyjnych, nie będziemy omawiali sposobów jego fabrykacji, ani też sposobów prasowania. Ograniczymy się wyłącznie do omówienia **własności bakelitu** z punktu widzenia **konstrukcyjnego**. Dla wyjaśnienia podajemy, że używany do budowy aparatów elektrycznych bakelit jest to mieszanka, zawierająca sztuczne żywice z różnemi domieszkami mineralnemi lub roślinnemi. Żywice nadają tym mieszankom dobre własności izolacyjne, domieszki zaś nadają całości szereg innych cech, jak trudnopalność, dużą wytrzymałość mechaniczną i t. d. Tak np. przez dodanie tlenków ołowiu otrzymać można materjał nieprzepuszczający promieni Röntgena.

Proszek bakelitowy nakłada się do stalowych form i prasuje się pod wysokiem ciśnieniem wewnętrznem wynoszącem ok. 250 kg/cm² (atmosfer) przy temperaturze ok. 180° C. Po takiem sprasowaniu otrzymujemy materjał o dużej twardości, dobrych własnościach izolacyjnych oraz gładkiej i lśniącej powierzchni; można go obrabiać, a co ważniejsze, zachowuje on wielką precyzję nadanych mu przez formę wymiarów. Patrząc na partję wyrobów bakelitowych, trudno wykryć pomiędzy niemi różnicę w wymiarach. Wszelkie brzegi i rowki mogą być ostre, niezaokrąglone — i to bez względu na ich wielkość.

Odpowiednio celowe skonstruowanie form pozwala nadać wyrobom bakelitowym kształt zupełnie dowolny. Możemy w samym bakelicie wyprasowywać gwinty śrubowe, jak również wprasowywać różne części metalowe, przez co w wysokim stopniu upraszcza się nieraz konstrukcję aparatu elektrycznego.

Zbędność wszelkich kitów upraszcza znakomicie montaż przyrządu elektrycznego, daje dobrą kontrolę wyrobu, a przez to samo pewność dla fabryki, że wypuszczony przez nią przyrząd nie zawiedzie w pracy. Produkcja części bakelitowych odbywać się może na miejscu w fabryce, wobec czego odpada konieczność utrzymywania większego zapasu półfabrykatów i związane z tem koszty.

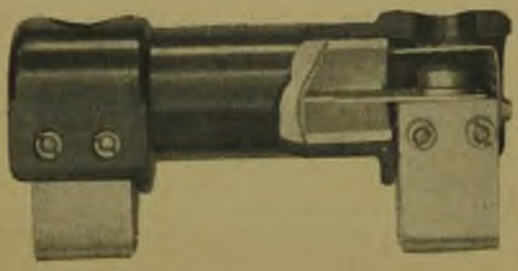
Zalety te czynią z bakelitu materjał o wybitnych własnościach fabrykacyjnych i konstrukcyjnych. Równolegle z tem jednak strona zarówno izolacyjna, jak i wytrzymałościowa odpowiadają w zupełności wymogom — stawianym dla niskich napięć. Oporność właściwa prasowanego bakelitu jest dostatecznie duża, wytrzymałość na przebicie waha się — zależnie od temperatury i składu mieszanki — zachowując jednak wartość w zupełności wystarczającą. Tak np. przy 20° C wynosi ona dla przeciętnej mieszanki bakelitowej od 10 do 18 kV/mm (od 10 do 18 tysięcy woltów na 1 mm grubości płytki). Wytrzymałość mechaniczną na zginanie posiada mieszanka bakelitowa w granicach od 500 do 600 kg/cm². Na szybką zmianę obciążenia bakelit jest znacznie wytrzymalszy od porcelany, a odpowiednie dodatki czynią go trudnopalnym.

Jakkolwiek przeskok iskrowy na powierzchni bakelitu znacznie zmniejsza jego oporność powierzchniową, — co w połączeniu z pewną nieznaczną zresztą hygroskopijnością przeszkadza stosowaniu prasowanego bakelitu do wyższych napięć (szczególnie w urządzeniach zewnętrznych), — to jednak w dziedzinie konstrukcji aparatów elektrycznych niskiego napięcia bakelit w zupełności odpowiada stawianym mu wymaganiom. Przy wyrobie drobnych materjałów instalacyjnych jest on wprost bezkonkurencyjny; pozatem i przy urządzeniach rozdzielczych daje on wielkie możliwości konstrukcyjne, o jakich przy porcelanie nie można było marzyć.

Najlepiej zobrazuje słowa te garść konkretnych przykładów.

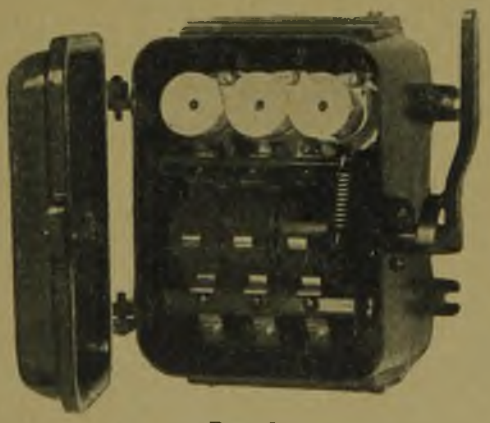
OSŁONY DO PASKÓW TOPIKOWYCH. Bezpieczniki rurowe, wykonywane doniedawna wyłącznie z porcelany zostają ostatnio wypierane przez analogiczne bezpieczniki rurowe bakelitowe. Wspomniane własności bakelitu pozwoliły konstruktorowi nadać jednakże osłonie odmienny wygląd zewnętrzny. (Rys. 2). A więc przedewszystkiem zupełna dowolność kształtów, jakie można otrzymać przy bakelicie, nakazała osłonić wszystkie części prowadzące prąd. Uniknięto zginania paska topikowego i usunięto kołnierz, który bynajmniej nie był ozdobą konstrukcji, a raczej zachęcał do utłuczenia go. Umocowujące części kontaktowe śruby ukryto w grubszej warstwie bakelitu, wobec czego porażenie prądem jest niemożliwe. W osłonie porcelanowej wszystkie części miedziane są widoczne. Zachowana przez bakelit dokładność wymiarów umożliwia mechaniczne umocowanie części składowych i uniknięcie niepewnego w pracy kitu,

utrudniającego w dodatku rozbieralność aparatu. Przy porcelanie — ze względu chociażby na wykrzywianie się rur umocowanie takie nie było możliwe. Dokładne umocowanie szczęk i nadanie im pewnego luzu ułatwiło ich dobre dopasowanie się do noży, a co za tem idzie, polepszyło styk. Zarówno montaż całości, jak i wymiana poszczególnych części,



Rys. 2.
Przekrój osłony bakelitowej bezpiecznika 200 A wg. zastrzeżenia patentowego Nr. 2683 wyrobu firmy K. Szpotański i S-ka. F. A. E.

są bardzo proste i mogą być dokonane szybko i bez użycia szablonów. W razie uszkodzenia jednej części, po zamianie jej reszta może być używana w dalszym ciągu. Wytrzymałość cieplna bakelitu jest dobra, przyczem dodatkowa rurka azbestowa daje całkowite bezpieczeństwo; wypadków pękania i kaleczenia rąk niema. Praktyka niejednokrotnie wykazała, że nawet gwałtowny wybuch paska, nie mógł jednak uszkodzić samej rurki bakelitowej. Dużą korzyścią dla fabryki jest zbędność trzymania na składzie zapasów gotowych rur, gdyż w każdej chwili może je, jak zaznaczyliśmy, wyprodukować. Wszystko to sprawia razem, że mimo droższego surowca osłona bakelitowa kalkuluje się taniej.



Rys. 3.
Skrzynka przyłączowa firmy K. Szpotański i S-ka F. A. E.

Wreszcie wygląd zewnętrzny rur bakelitowych — pod względem estetyki, jest znacznie korzystniejszy niż przy porcelanie. Rury porcelanowe są bowiem zazwyczaj mniej lub więcej powykrzywiane, metalowe ich części są niejednakowo osadzone, kształt ich wreszcie jest mniej zgrabny. Prasowane wyroby bakelitowe są wszystkie jednakowe pod względem wymiarów; czynią one wrażenie porządku, a czarna lśniąca ich powierzchnia i estetyczny kształt sprawiają miłe dla oka wrażenie.

WALEC SKRZYNKI PRZYŁĄCZOWEJ. Krążek stanowiący podstawową część walca kontaktowego skrzynki przyłączowej (rys. 3) doskonale ilustruje możliwości kształtów, jakie uzyskać można z bakelitu. Doskonała prostopadłość ścianek, równe i ostre brzegi wycięć, w których poruszają się kontakty, oraz dokładne zachowanie wymiarów pozwoliło stworzyć konstrukcję pewną i prostą. Klockowe kontakty mają zupełną swobodę ruchu w kierunku promienia, przy jednoczesnej sztywności w innych kierunkach. Ścisłe odtworzenie kształtów formy umożliwiło wykonanie na wewnętrznych pionowych powierzchniach konstrukcji rowków o głębokości 1 mm przy tejże szerokości; mimo znikomych wymiarów brzegi ich są najzupełniej proste i równo wykrojone. Wzajemne położenie rowków dokładnie wzdłuż promienia walca pozwala na umieszczenie przegródek, które widać na rysunku 4 pod kontaktami. Całość daje dobre i proste rozwiązanie konstrukcyjne.

Rys. 4.
Walec bakelitowy do skrzynki przyłączowej.

ZAPRASOWANIE METALI. Ważną wreszcie cechą bakelitu, jako materjału konstrukcyjnego, jest **możność zaprasowywania części metalowych** przez odpowiednie ich umieszczenie w formie. Ma to m. in. zastosowanie przy wyrobie rączek do wyłączników, zacisków laboratoryjnych, tabliczek zaciskowych do liczników i innych aparatów.

W ten sposób otrzymujemy proste i pewne zamocowanie. Przy porcelanie tego rodzaju konstrukcja byłaby niemożliwa.

Podobnych przykładów możnaby przytoczyć b. dużo. W chwili obecnej opłaci się wykonywać z bakelitu większość części przeznaczonych do wyrobów masowych. Nieraz bowiem prasowanie wymaga skomplikowanych i kosztownych form, koszt których opłaci się jedynie przy większej produkcji. Tam stanowi on znikome odsetki i pozwala na stosowanie podobnych wyrobów prasowanych nie tylko w elektrotechnice, lecz prawie we wszystkich działach techniki, a nawet w galanterji.

S. i J.

PISMO PRZECZYTAJ SAM I DAJ DO PRZEJRZENIA ZNAJOMEMU ELEKTROTECHNIKOWI

WYDAWCA: Wydawnictwo czasopisma „PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY" Sp. z ogr. odp.

Warunki prenumeraty: kwartalnie — **2 zł.** półrocznie **4 zł.** rocznie **8 zł.** za zmianę adresu (znaczkami pocztowemi) 50 gr.
Ceny ogłoszeń podaje Administracja na zapytanie.

Adres Redakcji i Administracji:
Warszawa, ul. Czackiego 5 m. 24, tel. 690-23.
Biuro administracji
czynne codziennie od 9—15-ej, w soboty do 13-ej.
Redaktor przyjmuje we środy od 19-ej do 20-ej.

KONTO CZEKOWE W P. K. O. Nr. 255

S. A. Z. G. „Drukarnia Polska", Warszawa, Szpitalna 12. Tel. 717-98.