P 921/49

NAKŁAD 10000 EGZEMPLARZY CENA ZESZYTU ZŁ. 60.—

WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE

CZASOPISMO DLA ELEKTRYKÓW—PRAKTYKÓW

Redaktor inż. el. Włodzimierz Kotelewski * Warszawa, Aleje Marsz. J. Stalina 27

ROK IX STYCZEŃ 1949 ZESZYT 1

TREŚĆ ZESZYTU 1-go. 1. ŁĄCZENIE PRZEWODÓW I KABLI ALUMINIOWYCH. 2. ROZDZIELNIE I PODSTACJE WYSOKIEGO NAPIĘCIA. 3. URZĄDZENIA OCHRONNE PRZED PORAŻENIAMI ELEKTRYCZNYMI. 4. POSTĘPY W DZIEDZINIE ENERGETYKI I PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO W POLSCE. 5. SPRAWY SZKOLENIOWE. 6. PORAŻENIA ELEKTRYCZNE W POLSCE. 7. POPULARNA ELEKTROTECHNIKA. 8. NOWINY ELEKTROTECHNICZNE. 9. SKRZYNKA TECHNICZNA.

Łączenie przewodów i kabli aluminiowych.

Inż. STANISŁAW BŁADOWSKI.

Niektóre właściwości aluminium.

Kable i przewody z żyłami aluminiowymi znajdują coraz szersze zastosowanie w urządzeniach elektrycznych. O ile wykonywanie przewodów i kabli aluminionych nie nastręcza fabrykom większych trudności, o tyle przy stosowaniu ich w urządzeniach elektrycznych należy zwrócić uwagę na odmienne właściwości aluminium w porównaniu z własnościami miedzi. Tablica I podaje zestawienie najważniejszych własności aluminium i miedzi.

Tablica I.

	Aluminium	Miedź
Przewodność właściwa przy 20° C $\frac{m}{\Omega\ mm^2}$	34,5	57
Oporność właściwa przy 20° C $\frac{\Omega\ mm^2}{m}$	0,0282	0,0172
Współczynnik wzrostu oporności z temperaturą przy 20° C	0,00408	0,00393
Ciężar właściwy g/cm³	2,7	8,9
Ciepło właściwe $\frac{cal}{g\ ^0C}$	0,22	0,95
Przewodność cieplna $\frac{cal}{cm\ s\ ^0C}$	0,5	0,9
Temperatura topliwości °C	658	1085
Współczynnik wydłużalności cieplnej	$24 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$
Wytrzymałość na rozciąganie kg/mm²	11 ÷ 15	22 ÷ 25
Moduł sprężystości kg/mm²	6000 ÷ 7000	12000 ÷ 15000

Wartości podane w tablicy I odnoszą się do miedzi miękkiej przewodowej i aluminium półtwardego przewodowego, stosowanych do wyrobu żył przewodów i kabli.

Aluminium miękkie ma cokolwiek większą przewodność elektryczną niż aluminium półtwarde, jednakże wytrzymałość jego jest tak mała, że druty wykonane z aluminium miękkiego mogłyby łatwo ulegać pęknięciu czy to podczas fabrykacji przewodów, czy też przy zakładaniu ich w instalacjach.

Aby móc zastąpić przewód miedziany takim przewodem aluminiowym, który by przy tym samym natężeniu prądu powodował ten sam spadek napięcia, musimy obrać przewód aluminiowy o tzw. „przekroju elektrycznie równoważnym". Uwzględniając mniejszą przewodność elektryczną aluminium w porównaniu z miedzią, równoważny przekrój przewodu aluminiowego [1]) musi być o jeden stopień wyższy niż przekrój przewodu miedzianego. Tak np. przewód miedziany o przekroju 10 mm² można zastąpić przewodem aluminiowym o przekroju 16 mm², przekrój 50 mm² w miedzi — przekrojem 70 mm² w aluminium itd. Zaleca się jednak, projektując instalację elektryczną, przeprowadzić bezpośrednie obliczenie przekroju przewodów **aluminiowych** na spadek napięcia, stosując znane wzory, w których w miejsce przewodności właściwej miedzi (57) należy wstawić przewodność właściwą aluminium (34,5).

Budowa i własności przewodów izolowanych oraz kabli aluminiowych zostały znormalizowane w przepisach wydanych przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich **PN/E-6** „Elektroenergetyczne kable obołowione miedziane i aluminiowe [2]) i **PN/E-106** „Elektroenergetyczne przewody aluminiowe" (w opracowaniu).

Przy stosowaniu przewodów aluminiowych szczególną uwagę należy zwrócić na **sposoby łączenia żył** aluminiowych ze sobą oraz z zaciskami odbiorników i przyrządów elektrycznych, a to ze względu na odmienne zachowanie się aluminium niż miedzi — zarówno pod względem mechanicznym, jak i chemicznym.

---

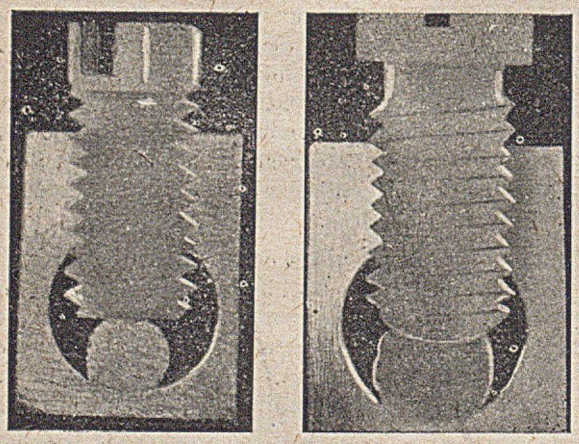
[1]) Mowa o normalnych przekrojach przewodów: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800; 1000 mm².

[2]) Skrót **PN** oznacza: Polskie Normy.

Aluminium wykazuje szczególną **łatwość utleniania się** i to w każdej temperaturze. Już po kilku sekundach — w zetknięciu z powietrzem — powierzchnia aluminiowa traci swój srebrzysty połysk i powleka się warstwą tlenku aluminium, przybierając barwę szarą. W miarę wzrostu temperatury szybkość utleniania się aluminium wzrasta. Tlenek aluminium wykazuje własności **izolacji** elektrycznej — tak dalece, że może być nawet stosowany, jako warstwa izolacyjna np. dla drutów nawojowych wykonanych z aluminium. Tlenek aluminium jest ponadto złym przewodnikiem ciepła; topi się on w temperaturze znacznie wyższej niż aluminim (przy około 2000° C) i powoduje poważne trudności podczas wykonywania połączeń drutów aluminiowych przy lutowaniu i spawaniu. Toteż istotnym zagadnieniem przy wykonywaniu połączeń żył aluminiowych jest usunięcie warstwy tlenku z powierzchni drutów i niedopuszczenie do wytworzenia się nowej jego warstwy, zanim nie nametaliczne połączenie żyły aluminiowej z zaciskiem lub ze złączką.

Aluminium, stykając się z innymi metalami, a szczególnie z miedzią — zwłaszcza w otoczeniu, gdzie panuje wilgoć — **ulega korozji.** Z tego powodu przewody aluminiowe należy stosować w zasadzie tylko w pomieszczeniach suchych, zaś miejsce łączenia aluminium z zaciskami wykonanymi z innego metalu (np. z mosiądzu) należy zabezpieczyć przed przenikaniem wilgoci przez owinięcie taśmą izolacyjną lub powleczenie warstwą lakieru izolacyjnego.

Pod względem **wytrzymałości mechanicznej** na rozciąganie i zginanie druty aluminiowe są znacznie słabsze aniżeli miedziane. Tak np. w zacisku łączącym



Rys. 1.

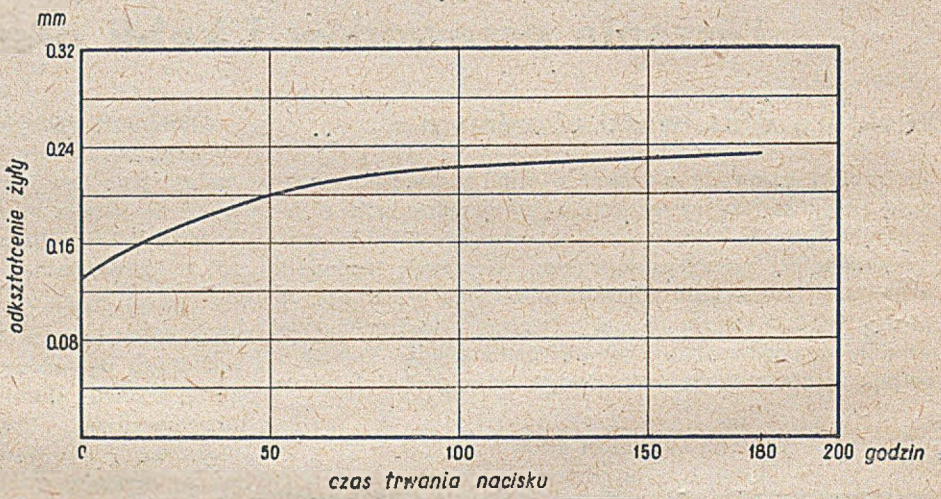
a. (moment dokręcenia śruby 10 cmkg). b. (moment dokręcenia śruby 15 cmkg).

Przekrój zacisku, z którego widoczne jest odkształcenie drutu aluminiowego pod wpływem nacisku śruby zaciskowej.

żyłę przewodu przez dokręcenie śruby zaciskowej drut aluminiowy ulega łatwo zgnieceniu tak, że przy nieznacznym nawet poruszaniu przewodami ulec może łatwo uła-maniu. Rys. 1 przedstawia w powiększeniu przekrój tulejki zaciskowej stosowanej często w zaciskach przyrządów, jak liczniki, przekładniki [1]) itp., w których drut aluminiowy o przekroju 25 mm² przymocowany jest przez dociśnięcie śrubą z gwintem metrycznym M5.

Przy dokręceniu śrubociągiem ręcznym, którego ostrze równe jest szerokości główki śruby, moment obrotowy śruby powodujący docisk wyniesie w danym przypadku 20 cmkg. Moment ten jest jednak zbyt duży i już przy dokręcaniu momentem 15 cmkg można spowodować odkształcenie drutu aluminiowego (rys. 1 — b). Przewód dokręcony śrubami przy momencie 10 cmkg daje, jak widać z przekroju (rys. 1 — a), dostateczną pewność umocowania i przylegania drutu do ścian złączki. Należy zwrócić uwagę, że końce śrub dociskających drut aluminiowy muszą być ścięte płasko.

Doświadczenia wykazały, że pod wpływem znacznego nacisku drut aluminiowy staje się plastyczny i odkształca się dalej nawet wówczas, gdy nacisk już nie wzrasta. Rys. 2 przedstawia wielkość odkształcenia w milimetrach (mm) drutu aluminiowego o przekroju 2,5 mm² pod wpływem stałego nacisku o wielkości 30 kg wywieranego w przeciągu 180 godzin.



Rys. 2. Wpływ stałego nacisku 30 kg na odkształcenie żyły aluminiowej o przekroju 2,5 mm².

Zjawisko ciągłego odkształcania się plastycznego pod wpływem nacisku nosi nazwę „płynięcia" metalu w stanie zimnym. W przypadku przewodów aluminiowych zjawisko to powoduje obluzowywanie się połączeń w zaciskach oraz dodatkowy wzrost nagrzania się miejsca łączenia przewodów aluminiowych skutkiem zwiększonego oporu przejścia. Aby zachować należyty stan styków w miejscach łączenia przewodów aluminiowych, odkształcenie, jakie występuje w aluminium pod wpływem nacisku, winno być wyrównane przez podłożenie pod śrubę zaciskową podkładki sprężynującej, która umożliwia dostateczny nacisk w miejscu połączenia — niezależnie od odkształcenia drutu aluminiowego.

Opisane wyżej właściwości aluminium, a mianowicie: szybkie utlenianie się na powierzchni oraz „płynięcie" pod wpływem nacisku — powodują wzrost oporu przejścia w miejscu łączenia. Przy przepływie prądu elek-

[1]) „Przekładnik" — obecnie wprowadzona przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrotechnicznego SEP nazwa w miejsce dotychczas używanej „transformator miernikowy".

trycznego o natężeniu **I** (amperów) przez połączenie o oporze stykowym **R** (omów) wywiązuje się w czasie **t** sekund ilość ciepła Q równa:

$$Q = 0{,}24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \quad \text{(cal.)},$$

które powoduje wzrost temperatury oraz związane z tym intensywniejsze utlenianie się aluminium.

Wzrost temperatury powoduje również rozszerzanie się aluminium, rozszerzalność zaś aluminim jest 1,5 razy większa od rozszerzalności miedzi oraz 2 razy większa od rozszerzalności żelaza. Gdy złączki wykonane są z mosiądzu lub z żelaza, różnice pomiędzy rozszerzalnością cieplną obu tych metali a rozszerzalnością cieplną aluminium powodują — po oziębieniu miejsca połączenia — rozluźnienie połączeń oraz dalszy wzrost oporów stykowych.

Przy przepływie prądu — skutkiem znacznych oporów stykowych — ulec mogą wytopieniu zarówno przewody, jak i zaciski, przy czym od rozgrzanego do wysokiej temperatury metalu żyły i złączki może się zapalić izolacja przewodu, powodując pożar urządzenia elektrycznego, a nawet całego pomieszczenia.

Wysokie opory stykowe przewodów elektrycznych w miejscach łączenia — i to zarówno przewodów miedzianych, jak i aluminiowych — stwarzają poważne **niebezpieczeństwo pożaru.** Jest ono tym groźniejsze, że pożar powstać może nawet przy przepływie niewielkiego prądu, przy którym urządzenia zabezpieczające obwód (stopki lub wyłączniki nadmiarowe) jeszcze nie działają.

Łączenie żył przewodów aluminiowych izolowanych.

Łączenie żył przewodów i kabli energetycznych aluminiowych wykonuje się przez:

a) zastosowanie specjalnych zacisków,

b) spawanie,

c) lutowanie.

Pierwszy sposób łączenia — przy pomocy zacisków — umożliwia wykonywanie połączeń rozbieralnych i stosowany jest z reguły tylko przy łączeniu żył jednodrutowych przewodów aluminiowych o przekroju od 2,5 do 16 mm².

Skręcone w linkę żyły wielodrutowe przewodów i kabli, jak również żyły jednodrutowe o przekroju ponad 16 mm² łączy się przez spawanie lub lutowanie żył ze sobą lub z mosiężną końcówką ocynowaną, która umożliwia normalne przyłączenie przewodu aluminiowego do szyn lub do miedzianych zacisków odbiorników.

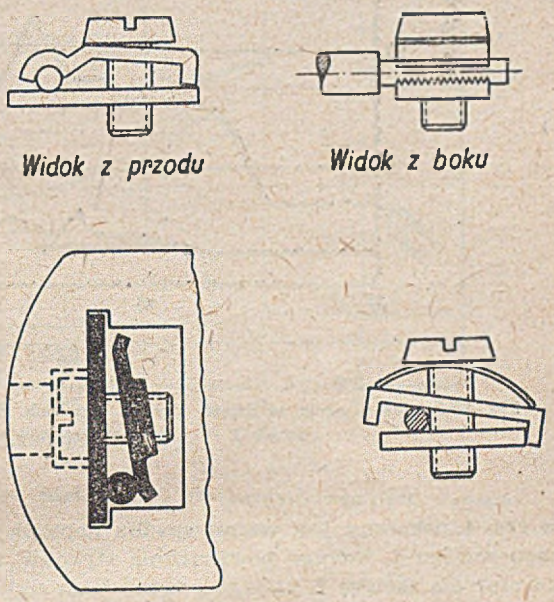
Jeżeli chodzi o przewody izolowane, to aluminium stosuje się tylko w żyłach przewodów izolowanych przeznaczonych do układania **na stałe**, a więc np. w przewodach **ADG, ALG, ADGa, ALGa** itd. [1]). Przewody te do przekrojów 16 mm² posiadają żyłę jednodrutową; dla przekrojów wyższych żyła wykonana jest jako linka skręcona z siedmiu względnie z dziewiętnastu drutów.

[1]) Poszczególne symbole (skróty) oznaczają: **ADG** — przewód aluminiowy ogumowany o żyle w postaci drutu; **ALG** — przewód aluminiowy ogumowany o żyle w postaci linki; **ADGa** — przewód aluminiowy (drut) ogumowany w odzieży odpornej na wpływy atmosferyczne i chemiczne; **ALGa** — przewód aluminiowy (linka) ogumowany w odzieży odpornej na wpływy atmosferyczne i chemiczne.

Tylko jednodrutowe przewody aluminiowe można łączyć ze sobą i z odbiornikami przy pomocy zacisków śrubowych. Przewody aluminiowe wielodrutowe, tj. powyżej 16 mm² łączy się w zasadzie tylko przez spawanie lub nalutowanie końcówki kablowej.

Przy zdejmowaniu powłoki izolacyjnej przewodu należy zwrócić szczególną uwagę, aby przy tej czynności nie skaleczyć żyły aluminiowej. Przecinanie izolacji gumowej nożem — prostopadle do osi przewodu — jest niebezpieczne, gdyż można przy tym bardzo łatwo naciąć żyłę aluminiową, która w tym miejscu w czasie montażu łatwo ulec może złamaniu.

Obnażoną z izolacji żyłę aluminiową należy starannie oczyścić z tlenku aluminium — przez oskrobanie nożem, pilnikiem lub papierem karborundowym. Nie zaleca się stosowanie płócien szmerglowych, gdyż niektóre kleje stosowane do ich wyrobu mogą później powodować ko-



Rys. 3. Zaciski dla przewodów aluminiowych ze sprężynującą podkładką.

rozję aluminium. Oczyszczona powierzchnia aluminium musi być natychmiast zabezpieczona przed wytworzeniem się nowego tlenku aluminium — pod wpływem działania powietrza — i z tego względu żyłę aluminiową po oczyszczeniu powleka się wazeliną. Aby w czasie samego oczyszczania żyły aluminiowej nie tworzyła się na niej warstwa nowego tlenku aluminium, pilnik wzgl. papier karborundowy winny być powleczone warstwą wazeliny.

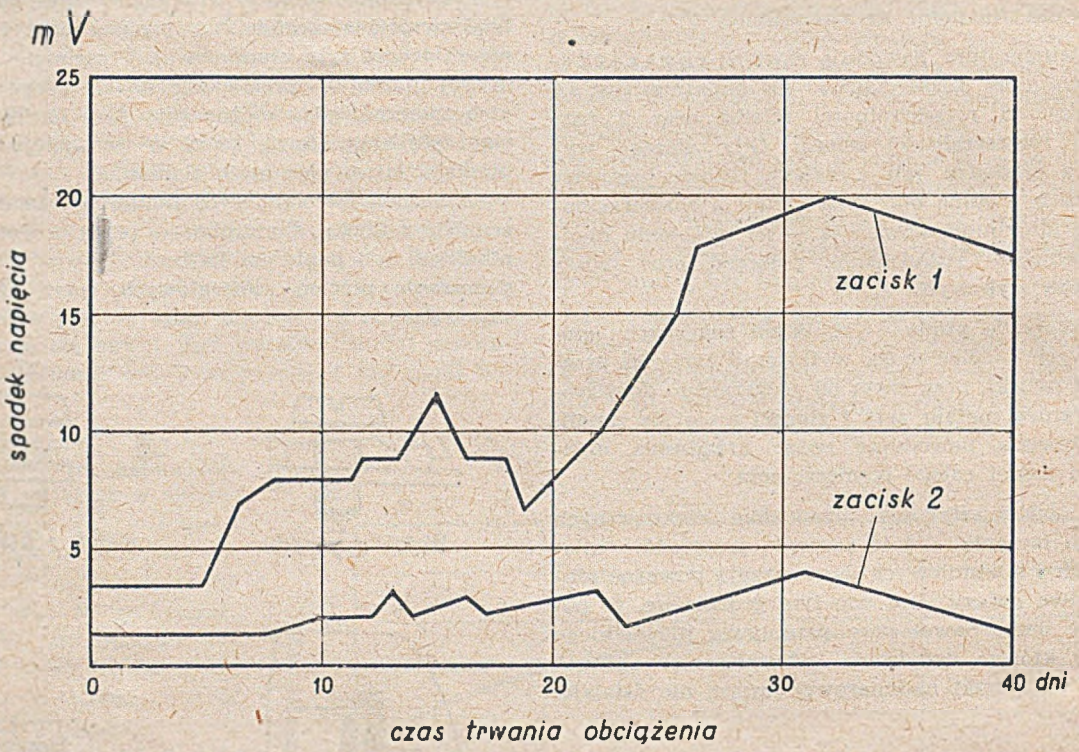
Zaciski używane do wykonywania połączeń żył aluminiowych powinny posiadać podkładki **sprężynujące,** które umożliwiłyby swobodne rozszerzanie się aluminium przy przepływie prądu elektrycznego i zapewniły stały nacisk, niezależnie od temperatury i stopnia plastycznego odkształcania aluminium. Zaciski te muszą być ponadto tak wykonane, aby przy przepływie normalnego prądu nie nagrzewały się ponad 80° C.

Na rys. 3 pokazanych jest kilka typów zacisków przeznaczonych do przewodów aluminiowych ze sprężynującą podkładką.

Doświadczenia wykazały, że gdy przewód aluminiowy dociskany jest do podkładki o powierzchni szorstkiej lub karbowanej, — opór przejścia jest znacznie mniejszy,

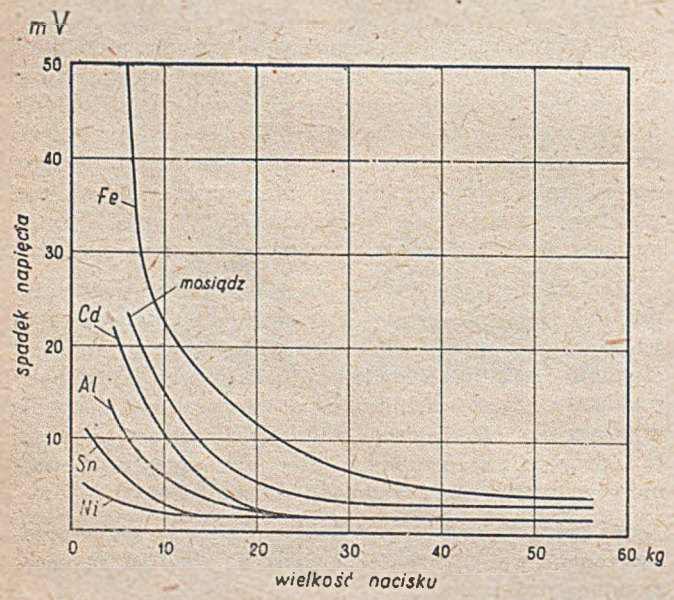
niż gdy powierzchnia podkładki jest gładka. Ostre nacięcia na powierzchni podkładki powodują bowiem przy ruchach przewodu aluminiowego (na skutek zmian temperatury podczas obciążenia), samoczynne oczyszczanie jego powierzchni z tlenków.

drut aluminiowy nie miał nawet powierzchni oczyszczonej. Przekrój drutu aluminiowego wynosił 6 mm², natężenie prądu 20 A; temperaturę otoczenia utrzymywano: przez dzień + 20° C, w nocy + 10° C. Po upływie półtora miesiąca spadek napięcia w zacisku 1 — mimo że



Rys. 4. Spadek napięcia na dwóch różnych zaciskach. Zacisk 1 — z gładką powierzchnią podkładek (drut oczyszczony), zacisk 2 — z rowkowaną powierzchnią podkładek (drut nieoczyszczony).

Na rys. 4 pokazany jest wzrost spadku napięcia dla pewnego zacisku 1, którego powierzchnia stykowa była gładka oraz dla zacisku 2, którego powierzchnia stykowa była n a c i ę t a, przy czym w tym drugim przypadku



Rys. 5. Spadek napięcia w miliwoltach w zaciskach wykonanych z różnych metali, dla przewodu aluminiowego o przekroju 2,5 mm² przy przepływie prądu 20 A — w zależności od wielkości nacisku.

ZACHĘCAJCIE
ZNAJOMYCH
ENERGETYKÓW
I ELEKTRYKÓW

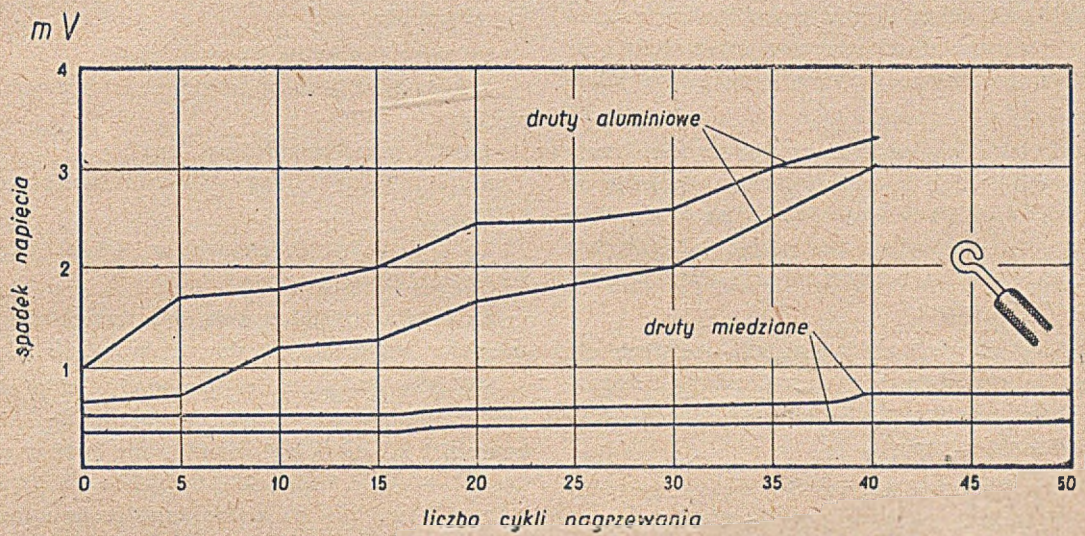
do prenumerowania
i rozpowszechniania

„WIADOMOŚCI
ELEKTROTECHNICZNYCH"

drut aluminiowy był starannie oczyszczony — wzrósł znacznie, natomiast zacisk 2, o powierzchni nacięte j wykazywał — skutkiem samoczynnego oczyszczania — mały opór przejścia.

Wpływ metalu, z którego wykonana jest złączka, na wielkość oporu przejścia podaje rys. 5. Zmierzono spadki napięć przy przepływie prądu o natężeniu 20 A przez przewód aluminiowy o przekroju 2,5 mm² w złączkach wykonanych z: żelaza (Fe), mosiądzu ocynowanego (Sn), mosiądzu niklowanego (Ni) i mosiądzu kadmowanego (Cd), a także dla złączki wykonanej z aluminium (Al) przy rozmaitych wartościach nacisku (wyrażonego w kilogramach). Okazuje się, że najniższy opór stykowy występuje, gdy złączki wykonane są z niklu (Ni) lub z cyny (Sn) albo też, gdy powierzchnie złączek pokryte są tymi metalami. Należy zaznaczyć, że metale te zachowują się bardzo korzystnie wobec aluminium także ze względu na korozję.

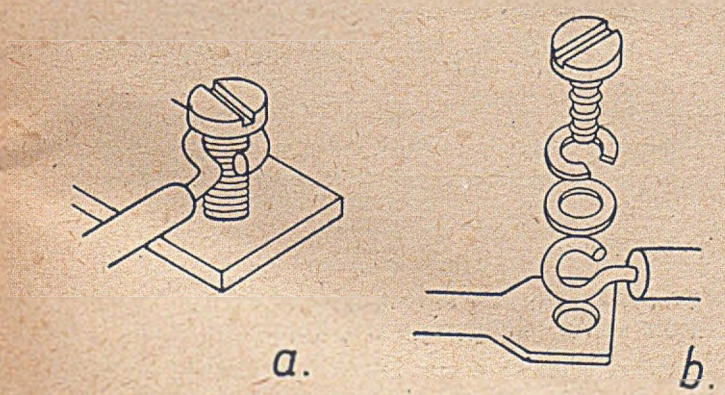
Poważny wpływ na zachowanie się połączeń drutów aluminiowych wywiera temperatura, a raczej zmiany temperatury zachodzące pod wpływem zmiennego obciążenia. W niektórych odbiornikach, jak np. bezpiecznikach, żarówkach itp. występują — w miejscu połączenia — dość znaczne temperatury skutkiem promieniowania lub przewodzenia ciepła z sąsiedztwa miejsca styku. Aby ocenić przydatność danego typu złączki dla przewodów aluminiowych, poddaje się je w laboratorium specjalnym próbom cieplnym. Złączki wraz z przewodami umieszcza się w termostacie, poddając je następnie 25 razy kolejno ogrzewaniu do temperatury 120° C przez 30 minut, a następnie oziębieniu do temperatury otoczenia. Równocześnie mierzy się na początku oraz po każdych pięciu okresach nagrzania i oziębienia spadek napięcia na złączce przy przepływie normalnego natężenia prądu dla danej złączki. Wielkość spadku napięcia na złączkach dla przekrojów przewodów do 16 mm² nie może przekraczać wartości 7 mV.



Rys. 6. Wzrost oporów przejściowych w zaciskach śrubowych dla drutów miedzianych i aluminiowych wygiętych w oczka.

Rys. 6 podaje wyniki próby cieplnej dwóch zacisków śrubowych łączących przewody miedziane oraz dwóch takich samych zacisków łączących druty aluminiowe.

Druty zostały wygięte w oczko i wsunięte pod śrubę zaciskową. Jak wynika z wielkości występującego spadku napięcia, przewody miedziane wygięte w oczka można bez zastrzeżeń łączyć przez zwyczajne dociśnięcie śrubą zaciskową (rys. 7-a), natomiast takie same połączenie dla przewodu aluminiowego jest nieodpowiednie i należy stosować wspomniane wyżej podkładki sprężynujące (rys. 7-b).



Rys. 7. Połączenie przy pomocy śruby stykowej:
a — bez podkładki sprężynującej (przewód miedziany),
b — z podkładką sprężynującą (przewód aluminiowy).

(Ciąg dalszy nastąpi).

Rozdzielnie i podstacje wysokiego napięcia.

Inż.-el. W. PAWŁOWSKI.

I. Wstęp.

1. Uwagi ogólne o rozdzielniach i podstacjach.

Urządzenia rozdzielcze (zwane potocznie r o z d z i e l n i a m i) stanowią jedną z tych dziedzin elektrotechniki silnoprądowej, które rozwinęły się bardzo wydatnie w ostatnich kilku dziesiątkach lat. Urządzenia rozdzielcze nie tylko nadążają za rozwojem takich, technicznie dość złożonych wyrobów elektrotechnicznych, jak różnego rodzaju maszyny elektryczne, transformatory, kable itp., lecz przybierają coraz to nowe, doskonalsze a zarazem prostsze formy przy jednoczesnym osiągnięciu lepszych wyników stosunkowo mniejszym nakładem środków.

Rozdzielnie, jako pewne zespoły przyrządów, mają swą własną technikę. Ich budowa i obsługa stanowią od pewnego czasu **specjalność zawodową** na wszystkich szczeblach zawodu elektryka, poczynając od montera i jego współpracowników, poprzez mistrza elektrycznego i technika — do inżyniera.

Jedną z głównych cech rozdzielni jest powszechność ich zastosowania oraz ogromny wprost zakres i różnorodność ich form technicznych — odpowiednio do przeznaczenia i warunków pracy.

Stosujemy rozdzielnie dla wszelkich napięć spotykanych w elektryfikacji, poczynając od niskiego napięcia w urządzeniach drobnych odbiorców energii elektrycznej, aż do bardzo wysokich napięć sieci państwowej, która służy do wymiany wielkich ilości energii pomiędzy poszczególnymi okręgami kraju.

Od małej tabliczki rozdzielczej zawieszonej w skromnym mieszkaniu a zawierającej licznik jednofazowy, transformatorek dzwonkowy oraz kilka par bezpieczników — topikowych lub samoczynnych, zabezpieczających obwody oświetleniowe i grzejne — aż do wielkiej rozdzielni napowietrznej na napięcie znamionowe 220 000 woltów, z której rozchodzi się energia elektryczna o mocach setek tysięcy kilowatów na odległości setek kilometrów, — są to wszystko **urządzenia rozdzielcze**, mające pewne w s p ó l n e c e c h y pomimo wprost ogromnej różnorodności ich form.

Każda większa rozdzielnia składa się z szeregu podstawowych e l e m e n t ó w. Pierwszy z nich stanowią:

a) szyny zbiorcze, do których energia elektryczna jest doprowadzana ze wszystkich źródeł i od których jest ona odprowadzana do miejsc odbioru za pomocą linii kablowych lub napowietrznych. Jako źródła energii mogą wchodzić w rachubę: baterie akumulatorów, prądnice, transformatory (przetwarzające energię elektryczną o danym napięciu na energię o napięciu wyższym lub niższym), prostowniki (przetwarzające prąd zmienny na stały) oraz falowniki (przetwarzające prąd stały na zmienny), wreszcie linie dopływowe z innych elektrowni.

Zespół trzech szyn odpowiadających trzem fazom prądu zmiennego nazywamy **systemem szyn zbiorczych.** Najprostsze układy rozdzielni posiadają jeden system szyn, duża jednak liczba urządzeń rozdzielczych dla napięć wysokich posiada dwa systemy szyn zbiorczych. W urządzeniach rozdzielczych bardziej złożonych stosujemy niekiedy — ze względów ruchowych — trzy a nawet cztery systemy szyn zbiorczych.

Następnym elementem rozdzielni są:

b) Przyrządy rozdzielcze, do których zaliczamy w pierwszym rzędzie wszelkiego rodzaju łączniki (wyłączniki, odłączniki i bezpieczniki). Należą tu również takie przyrządy, jak:

izolatory (wsporcze i przepustowe),

przekładniki (transformatory miernicze) prądowe i napięciowe,

dławiki przeciwzwarciowe oraz

odgromniki (przyrządy dla ochrony przeciwprzepięciowej).

Do podstawowych elementów każdej większej rozdzielni należy wreszcie:

c. Zespół wszelkich połączeń, najogólniej biorąc od zacisków źródła energii do zacisków linii odpływowych.

Dodać należy, że różne przyrządy, jakie służą do celów pomiarowych, sygnalizacyjnych, do zabezpieczeń, kontroli i in., mogą być zmontowane bądź w obrębie rozdzielni — na odpowiednich t a b l i c a c h, bądź też mogą stanowić zupełnie oddzielne urządzenie zwane **nastawnią.**

W ten sposób pomyślane i wyposażone rozdzielnie znajdują zastosowanie na wszystkich etapach wytwarzania i wędrówki energii elektrycznej; etapami tymi są:

— wytwarzanie energii w prądnicach elektrowni;
— zmiana napięcia w transformatorach;
— przetwarzanie w prostownikach lub falownikach;
— przesyłanie i rozdział energii za pomocą linii wysokich napięć, oraz
— odbiór energii.

Wyjaśniwszy porótce, co to jest rozdzielnia, dodamy jeszcze słów kilka o podstacji.

Nazwą **podstacji** obejmujemy pewną całość urządzenia, na którą składać się mogą:

— transformatory lub prostowniki względnie falowniki,
— rozdzielnia względnie kilka odrębnych rozdzielni — zależnie od liczby napięć i rodzajów zastosowanego prądu (np. prąd zmienny trójfazowy i prąd stały), oraz
— nastawnia.

2. Rozdzielnie wysokiego napięcia, jako temat niniejszego artykułu.

W budowie urządzeń rozdzielczych n i s k i c h napięć nie nastąpiły na ogół w ostatnich 20 latach żadne poważniejsze zmiany. Nadal są stosowane:

a. tablice rozdzielcze zmontowane na tabliczkach z materiałów izolacyjnych — jeżeli chodzi o małe obiekty;

b. rozdzielnie okapturzone (w obudowie żeliwnej lub blaszanej spawanej, rzadziej izolacyjnej); oraz

c. wielopolowe, wolnostojące otwarte z tyłu, tablice żelazne — dla dużych obiektów.

W dalszym ciągu niniejszego artykułu zajmować się będziemy wyłącznie urządzeniami dla **prądu** zmiennego **trójfazowego wysokich napięć.** Prąd stały używany jest, jak wiadomo, na większą skalę wyłącznie do celów specjalnych (np. elektrochemia, tramwaje i koleje elektryczne), nie odgrywa on natomiast prawie żadnej roli we współczesnej elektryfikacji naszych miast i wsi, warsztatów pracy w przemyśle i rolnictwie oraz gospodarstw domowych.

Istnieje dość duża rozmaitość napięć zastosowanych w naszych urządzeniach krajowych, a więc także w rozdzielniach. Złożyło się na to z biegiem czasu wiele przyczyn, jak zmiany terytorialne naszego państwa i pozostałości z okresów okupacyjnych, korzystanie w licznych wypadkach w międzywojennym dwudziestoleciu (1918 — 39 r.) z zagranicznych dostaw maszyn i przyrządów elektrycznych i in. Stosownie do zaleceń Stowarzyszenia Elektryków Polskich (SEP-u) ujętych w Polskie Normy Elektrotechniczne (PNE) obowiązuje nas używanie napięć uznanych za **normalne.** W zakresie wysokich napięć normalnymi są następujące napięcia wyrażone w kV (kilowoltach czyli tysiącach woltów):

6 — 15 — 30 — 60 — 110 kV

oraz 220 kV, które to napięcie zaczyna się pojawiać w urządzeniach naszej sieci państwowej.

Obok podanych wyżej spotykamy w rozdzielniach cały szereg napięć nieuznanych za normalne, jak np.: 2 — 3 — 5 — 8 — 10 — 20 — 35 — 40 — 50 kV. Dążymy do tego, aby nowe urządzenia elektryczne budowane były wyłącznie dla napięć normalnych. W niektórych okręgach energetycznych [1]) staramy się nawet przerobić istniejące urządzenia, nieodpowiadające temu warunkowi, celem ich przystosowania do pracy przy napięciach normalnych.

Jasne jednak jest, że wszystkich urządzeń w ten sposób przerobić się nie da i dlatego w praktyce w dziedzinie urządzeń elektrycznych wysokiego napięcia spotykać się zawsze będziemy z dużą rozmaitością napięć.

Przeważająca część naszych elektryków-praktyków ma do czynienia w swej pracy zawodowej wyłącznie z urządzeniami niższych i średnio-wysokich napięć, a więc z napięciami 6 — 15 — 30 kV. Zdaniem autora byłoby jednak niewłaściwym omawianie tematu tylko w tym, niezbyt szerokim zakresie. Nie są wprawdzie odległe czasy, kiedy fachowcy elektrotechniczni, pracujący w kraju przy budowie, obsłudze i konserwacji rozdzielni bardzo wysokich napięć, stanowili bardzo nieliczną grupę. Obecnie jednak posiadamy już sporą, jak na nasze warunki, liczbę podstacji oraz odcinków sieci na napięcie 110 kV, w ramach zaś sześcioletniego gospodarczego planu rozbudowy zamierzamy wybudować w latach 1950—55 m. in. ponad 60 podstacji i 2000 km linii przesyłowych na napięcie 110 kV. Toteż zagadnienie rozdzielni bardzo wysokich napięć znajdzie u nas niebawem tak szerokie rozpowszechnienie, że siłą faktu stać się musi w stosunkowo niedługim czasie udziałem licznej grupy elektryków-praktyków, w przeciwieństwie do stanu dotychczasowego.

Z powyższych względów w dalszych częściach artykułu zajmiemy się również rozdzielniami dla bardzo wysokich napięć, jakkolwiek główny nacisk położony zostanie, oczywiście, na urządzenia w zakresie do 30 kV — z uwagi na ich zastosowanie w znacznie większej liczbie wypadków.

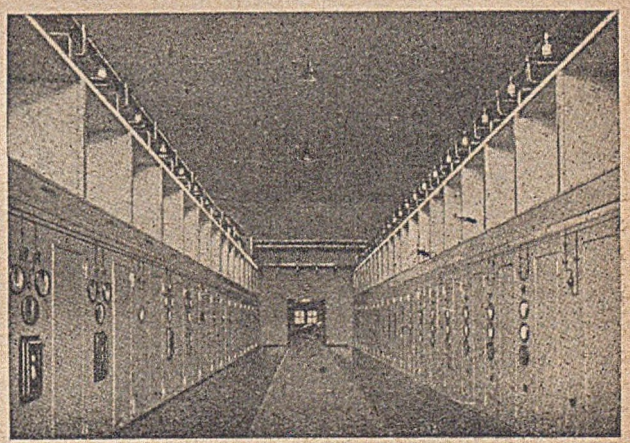
3. Rozdzielnie wnętrzowe i napowietrzne.

Rozdzielnie budowane są w dwóch zasadniczych wykonaniach, a mianowicie, jako:

wnętrzowe — zmontowane w pomieszczeniach krytych lub w specjalnie do tego celu przeznaczonych budynkach, zabezpieczone zatem od wszelkich wpływów atmosferycznych, — oraz jako rozdzielnie

napowietrzne — zmontowane pod gołym niebem, a więc narażone na wpływy atmosferyczne.

W niektórych przypadkach spotykamy również budowę rozdzielni **mieszaną.** Bardzo często np. w podstacjach transformatorowych obniżających napięcie z 30 na 6 kV transformatory ustawione są pod gołym niebem przy czym rozdzielnia po stronie 30 kV — wykonana jest jako napowietrzna, po stronie zaś 6 kV — jako wnętrzowa.



Rys. 1. Widok ogólny rozdzielni wnętrzowej na napięcie znamionowe 10 kV.

Rozdzielnie wnętrzowe (rys. 1) są na ogół budowane dla napięć stosunkowo niższych, a więc 6 — 15 kV, rzadziej 30 kV lub wyżej, napowietrzne — dla napięć wyższych, poczynając od 30 kV wzwyż.

O takim podziale zakresów — jeżeli chodzi o budowę — jednych i drugich decydują:

— koszty przyrządów rozdzielczych w różnych wykonaniach (wnętrzowym lub napowietrznym),

— koszty samych budynków, oraz

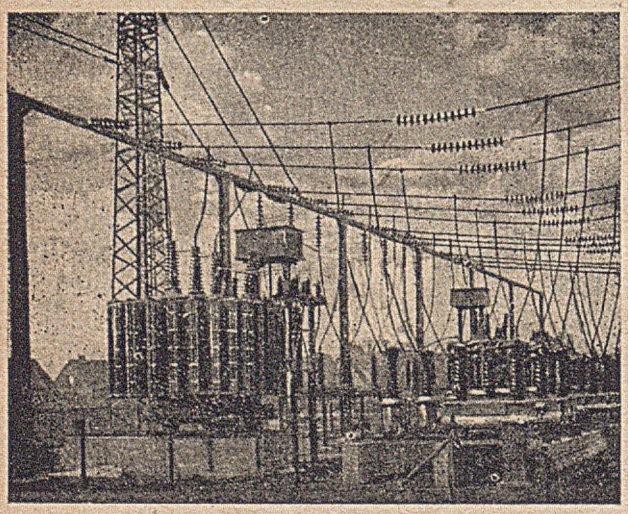
— otoczenie podstacji.

[1]) Obszar całego kraju podzielony jest na 14 okręgów energetycznych, którymi zarządzają Zjednoczenia Energetyczne podległe Centralnemu Zarządowi Energetyki.

Przyrządy rozdzielcze przeznaczone do pracy na zewnątrz, a więc w warunkach znacznie gorszych pod względem izolacji, niż w budynku, muszą mieć taką konstrukcję, aby były w stanie sprostać tym ostrzejszym wymaganiom. Przyrządy te wypadają wskutek tego większe, cięższe, a więc i kosztowniejsze.

Dla napięć 6 — 15 kV różnica kosztów pomiędzy przyrządami napowietrznymi a wnętrzowymi (łącznie z innymi kosztami wynikającymi ze stosowania budowy napowietrznej) wypada tak znaczna, że opłaci się stosować budowę wnętrzową, ponosząc przy tym koszt budynku. Wyjątek pod tym względem stanowią stosowane głównie w elektryfikacji wiejskiej małe stacje transformatorowe słupowe o mocach transformatorów nie przekraczających zwykle 100 kVA (kilowoltoamperów), wymagające małej liczby stosunkowo prostych przyrządów rozdzielczych.

Nieco inny charakter posiada to zagadnienie dla napięć od 30 kV wzwyż, dla których budynki urządzeń rozdzielczych wypadają obszerne i kosztowne. Znajduje to swoje uzasadnienie w tym, że dla wyższych napięć musimy dawać znacznie większe odstępy części gołych pozostających pod napięciem (zaciski przyrządów, połączenia z gołej miedzi) od ścian budynku, od żelaznych konstrukcji wsporczych itp. Łącznie ze wzrostem wymiarów samych przyrządów rozdzielczych powiększa się znacznie przestrzeń zajęta przez rozdzielnię, co pociąga za sobą konieczność wznoszenia obszernych budynków. Ponieważ dla napięć powyżej 30 kV przyrządy w wykonaniu napowietrznym są stosunkowo nieznacznie droższe od przyrządów wnętrzowych, opłaci się w tych warunkach budowa rozdzielni napowietrznych (rys. 2.).



Rys. 2. Widok ogólny rozdzielni napowietrznej na napięcie znamionowe 110 kV.

Obok względów natury gospodarczej istnieją również pewne względy natury technicznej, które przemawiają za budową rozdzielni **wnętrzowych** w okolicach silnie uprzemysłowionych z obfitą zawartością pyłów i wyziewów chemicznych w powietrzu oraz w okolicach nadmorskich — w atmosferze wilgoci o znacznej zawartości soli. Nadmierne osadzanie się pyłów przewodzących lub soli na izolatorach transformatorów i przyrządów napowietrznych mogłoby — łącznie z wilgocią atmosferyczną — powodować tworzenie się warstewek przewodzących i wywoływać na tych izolatorach już w warunkach normalnej pracy przeskoki od części będących pod napięciem do części uziemionych [1]).

Względy na otoczenie podstacji również mogą zadecydować, jeżeli chodzi o wybór budowy napowietrznej lub wnętrzowej. W warunkach wiejskich i w ogóle w okolicach w mniejszym stopniu zabudowanych, gdzie nie potrzebujemy się liczyć ani ze szczupłością miejsca pod podstację ani z otoczeniem, łatwiej decydujemy się na rozdzielnię napowietrzną.

W miastach natomiast oraz w okolicach ciasno zabudowanych nie tylko zupełnie małe podstacje dla napięć 5 — 6 kV muszą być budowane, jako wnętrzowe — w postaci tak dobrze znanych mieszkańcom miast kiosków i budek transformatorowych; również duże rozdzielnie i podstacje miejskie dla napięć 30 — 60 — 110 kV umieszczane są w odpowiednich do tego celu budynkach.

4. Ogólne wymagania stawiane rozdzielniom.

Aby urządzenie rozdzielcze dobrzę spełniało swą rolę i pozwalało na szybkie dokonywanie zmian w układzie połączeń — odpowiednio do każdorazowych potrzeb ruchu elektrycznego, — oraz, aby samo przez się nie stanowiło niebezpieczeństwa dla personelu obsługującego, musi ono odpowiadać całemu szeregowi warunków. Warunki te ujęte są między innymi przez:

„Przepisy budowy i ruchu urządzeń prądu silnego

PNE "[2])
10 — 1932/46

Jeśli idzie o wymagania stawiane samym przyrządom rozdzielczym, to są one ujęte przez:

„Przepisy oceny i badania przyrządów rozdzielczych wysokiego napięcia

PNE "[3])
17 — 1948

Poza tym rozdzielnie powinny być tak rozwiązane, aby posiadały takie zalety, jak:

— **Duża przejrzystość** — dla umożliwienia obsługującemu personelowi szybkiego orientowania się w zmianach, zachodzących w pracy urządzenia.

— **Łatwość obsługi** przez możność szybkiego i bez wysiłku dokonywania wszelkich czynności łączeniowych,

[1]) Izolatory są obliczone ze stosunkowo dużym stopniem **bezpieczeństwa**, który według Polskich Norm Elektrotechnicznych wynosi około 6 dla izolatorów przeznaczonych do pracy przy napięciu 6 kV oraz ok. 4 przy napięciu 15 kV. Znaczy to, że aby nastąpił przeskok (w postaci iskry lub łuku elektrycznego) od przewodu będącego pod napięciem do dolnego okucia lub kołnierza izolatora, napięcie w danej chwili winno wynosić ok. 6-krotną wartość napięcia roboczego w pierwszym wypadku, względnie ok. 4-krotną — w drugim. Przeskoki na izolatorach są zjawiskiem niepożądanym, gdyż mogą powodować zniszczenie izolatorów, a w następstwie — przerwy w zasilaniu większych obszarów w energię elektryczną.

[2]) Wyd. III — 1946 r.

[3]) Projekt pierwszy. Listopad 1948 r.

kontrolnych oraz — w razie potrzeby — szybkiej wymiany przyrządów względnie części zużytych lub uszkodzonych.

— **Uniemożliwienie błędnych łączeń.**

— **Zapewnienie bezpieczeństwa pracy personelowi.** Wymaganie to dotyczy nie tylko normalnej pracy rozdzielni, lecz także pracy jej w warunkach wywołanych np. zwarciem. Również wszelkie czynności naprawcze i konserwacyjne, jak praca obsługi w celce wyłączonej spod napięcia przy obu sąsiednich celkach czynnych, lub praca personelu na niepracującym systemie szyn zbiorczych przy drugim systemie pozostającym pod napięciem, — nie powinny same przez się powodować niebezpieczeństwa dla pracującego.

Od rozdzielni wymagamy również pełnego **bezpieczeństwa pożarowego.** W bardzo wysokim stopniu osiągamy ten warunek przez stosowanie przyrządów niezawierających oleju i mas izolacyjnych. Nawet drobne stosunkowo ilości oleju rzędu kilku lub kilkunastu kg w przekładniku (mierniczym transformatorze) prądowym lub napięciowym stać się mogą — w wypadku eksplozji — powodem pożaru, a co najmniej zadymienia, pociągającego za sobą konieczność oczyszczenia wszystkich izolatorów z sadzy, co może być uskutecznione tylko w czasie dłuższej przerwy w pracy rozdzielni.

Dla zapewnienia całkowitego bezpieczeństwa pożarowego rozdzielni pożądane jest stosowanie przyrządów w następujących wykonaniach:

wyłączniki małoolejowe lub całkowicie bezolejowe (w miejsce pełnoolejowych, tzn. o dużej zawartości oleju);

przekładniki (transformatory miernicze) prądowe i napięciowe z izolacją suchą (np. porcelanową) w miejsce oleju lub masy izolacyjnej;

mufy kablowe końcowe nawijane (niezalewane).

(Ciąg dalszy nastąpi).

Urządzenia ochronne przed porażeniami elektrycznymi.

Inż.-el. ZB. KARASIŃSKI.

1. Wstęp. Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki.

Badania nad działaniem prądu elektrycznego na organizm ludzki stanowią podstawę obliczania urządzeń ochronnych, o których mowa będzie w niniejszym artykule. Zarówno zasady stosowania urządzeń ochronnych, jak i podstawy ich działania, są oparte na tych badaniach, przeprowadzonych bądź w warunkach laboratoryjnych, bądź też będących wynikiem analizy konkretnych wypadków porażeń elektrycznych.

Ponadto badania nad działaniem prądu elektrycznego na organizm ludzki wskazują, od jakich czynników zależy stopień ciężkości porażenia elektrycznego, wyjaśniając, dlaczego zetknięcie się z tym samym napięciem w pewnych warunkach nie wywołuje żadnych poważniejszych skutków, a w innych znów może spowodować ciężkie, często śmiertelne porażenia.

Stwierdzono, że **natężenie prądu**, przepływającego przez organizm człowieka, gdy dotknie się on części urządzenia elektrycznego, będącej pod napięciem, wynika z prawa Ohma:

$$I = \frac{U}{R}$$

gdzie oznaczają w tym wypadku:

I — natężenie prądu (w amperach) przepływającego przez człowieka,

U — napięcie (w woltach), pod którym znajduje się urządzenie,

R — oporność (w omach) całego obwodu, utworzonego przez włączenie się człowieka.

Co do oporności **R**, to należy zaznaczyć, że prąd tylko wtedy przez organizm człowieka przepłynie, jeżeli człowiek zamknie sobą obwód prądu i właśnie **R** oznacza całkowity opór tego obwodu; opór ciała człowieka stanowi część całowitego oporu tego obwodu. O tym, jak mogą w praktyce wyglądać tego rodzaju obwody, utworzone przez włączenie się człowieka, mowa będzie dalej (dwa przypadki szczególne pokazane są na rys. 1 i 2).

Ciężkość porażenia organizmu ludzkiego zależy w pierwszym rzędzie od **natężenia** prądu **I**, który przez człowieka przepłynie.

Stwierdzono, że natężenie prądu do ok. 25 miliamperów nie powoduje na ogół poważniejszych skutków. Natomiast powyżej tej wartości prąd staje się coraz bardziej niebezpieczny; w szczególności w granicach od 75 do 1000 miliamperów (0,075 — 1 A) prąd jest niemal zawsze śmiertelny. Powyżej 1 ampera następuje pewien, niewielki spadek niebezpieczeństwa i ofiarę wypadku udaje się niekiedy uratować. Mowa tu o prądzie zmiennym normalnej częstotliwości (50 okr./s). Prąd stały jest może nieco mniej niebezpieczny i niektórzy autorzy twierdzą, że dopiero jego natężenia powyżej 1 A są śmiertelne.

Drugim ważnym czynnikiem jest **czas przepływu** prądu elektrycznego przez organizm człowieka. Im czas ten jest dłuższy, tym skutki przepływu prądu są poważniejsze. Przyjmuje się na podstawie doświadczeń, że jeżeli prąd elektryczny płynie przez człowieka krócej niż 0,2 sekundy, to nie powoduje on poważniejszych skutków.

Widzieliśmy z podanego wyżej prawa Ohma, że natężenie prądu, jaki płynie przez organizm ludzki, zależy od napięcia i od oporu obwodu zamkniętego przez ciało człowieka. Często się zdarza, że w łącznym tym oporze główną rolę odgrywa opór ciała człowieka (w tych wypadkach, gdy opór człowieka stanowi znaczną lub niekiedy nawet przeważającą część oporu obwodu). Rozpatrzmy więc, jak wielki opór **człowiek** przedstawia.

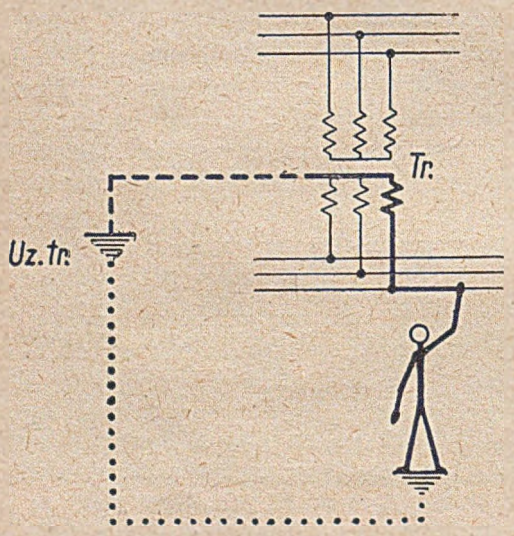
Główny opór w organiźmie ludzkim stanowi skóra wraz z naskórkiem. Opór ten może przybierać wartości b. znaczne, albowiem przy dość grubym naskórku, nieuszkodzonym i suchym wynosi on około 100.000 omów na centymetr kwadratowy styku z elektrodą, będącą pod napięciem.

Im powierzchnia styku skóry z elektrodą jest większa, tym opór elektryczny stawiany przez skórę jest mniejszy (opór skóry jest odwrotnie proporcjonalny do powierzchni styku).

Gdy jednak naskórek jest uszkodzony lub wilgotny (spocony!), opór skóry g w a ł t o w n i e maleje.

Ponadto pod działaniem napięcia skóra ulega stopniowo przebiciu, po czym naturalna ta osłona człowieka przestaje już go chronić. I tak np., gdy napięcie 220 woltów działa na człowieka, to już po upływie 3 sekund skóra przeciętnej grubości zostaje przebita. Im napięcie jest wyższe, tym przebicie skóry następuje szybciej i pozostaje już tylko **opór wewnętrzny** ciała człowieka, który wynosi zaledwie ok. 1000 omów. Tę właśnie wielkość bierzemy pod uwagę w obliczeniach urządzeń ochronnych.

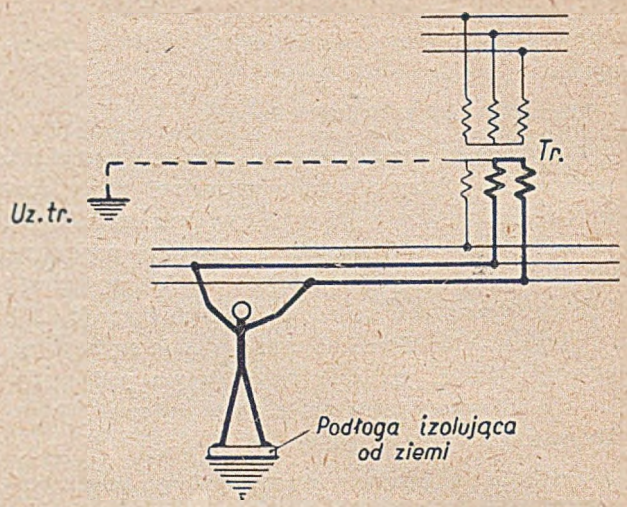
Droga, jaką płynie prąd, odgrywa również niepoślednią rolę; podane powyżej liczby dotyczą najczęściej spotykanych wypadków, a mianowicie: przepływu prądu od ręki do nogi (rys. 1) lub od ręki do ręki (rys. 2). Prąd płynący od nogi do nogi jest nieco mniej niebezpieczny, gdyż tylko bardzo mała jego część dostaje się do serca. Z tej samej przyczyny używane w lecznictwie krótkotrwałe (do 0,8 sekundy) przepuszczanie przez głowę pacjenta prądu o natężeniu kilkuset miliamperów nie powoduje skutków ujemnych.



Rys. 1. Prąd przepływa od ręki do nóg człowieka.

Uz. tr. — oznacza uziemienie punktu zerowego transformatora po stronie niższego napięcia.
Linia kropkowana oznacza drogę prądu w ziemi.

Szczególnie n i e b e z p i e c z n y dla człowieka jest przepływ prądu **od ręki do ręki**, gdyż często przebieg tego wypadku jest podobny do podanego na rys. 2, gdy na człowieka działa pełne napięcie międzyprzewodowe, prąd zaś jest ograniczony tylko oporem ciała, podczas



Rys. 2. Prąd przepływa od ręki do ręki człowieka.

gdy na przykład w wypadku przepływu prądu od ręki do nogi działają (w sensie obniżania prądu) d o d a t k o w e opory, jak np. buty, opór przepływu prądu do ziemi, opór uziemienia i in.

Przepływ prądu przez organizm ludzki powoduje w człowieku:

a) działanie elektrolityczne, wpływające na system nerwowy oraz na serce;

b) działanie cieplne.

Działanie elektrolityczne na system n e r w o w y wywołuje już przy małych natężeniach prądu, rzędu 15 miliamperów, skurcz mięśni. Jest to zjawisko groźne, ponieważ wskutek tego palce porażonego zaciskają się kurczowo wokół elektrody i porażony nie jest w stanie oderwać się od źródła prądu bez zewnętrznej pomocy.

To samo działanie e l e k t r o l i t y c z n e prądu wpływa także na serce i z chwilą, gdy natężenie prądu osiąga wartość mniej więcej ok. 75 miliamperów powstają drgania komór sercowych, powodujące niemal natychmiastową śmierć. Natężenia prądu szczególnie pod tym względem niebezpieczne powstają najczęściej przy napięciach sieci od 110 do 1000 woltów i ciężkie, często śmiertelne porażenia przy niezbyt wysokich napięciach tej właśnie przyczynie przypisać należy.

Zjawiska c i e p l n e wywołane przepływem prądu opierają się na prawie Joule'a

$$Q = 0{,}24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t,$$

gdzie oznaczają:

Q — ilość wydzielonego ciepła (w kaloriach);

R — opór ciała człowieka (w omach);

I — natężenie prądu, który przez człowieka przepływa (w amperach);

t — czas przepływu prądu w sekundach.

Napięcia niższe (do 1000 V) nie mogą wywołać przepływu natężeń prądu na tyle wysokich, aby działanie cieplne prądu mogło być szkodliwe (poza uszkodzeniami skóry).

Natomiast przy napięciach wysokich mogą powstać natężenia prądu, powodujące wydzielanie się tak dużej ilości ciepła, że człowiek może zostać nawet zwęglony. Jeżeli wypadek nie zaszedł nawet tak daleko, to przy wysokich napięciach można zawsze obawiać się powstania wewnątrz ciała człowieka produków spalania, które mogą wywołać następnie groźne zatrucie organizmu. Tym się tłumaczą wypadki, że porażony prądem wysokiego napięcia, a następnie pozornie uratowany — po kilku dniach niespodziewanie umiera, o ile nie był we właściwy sposób leczony.

Przy **wyższych częstotliwościach** prąd staje się mniej niebezpieczny, ponieważ już powyżej 10.000 okr./s prąd przestaje działać na system nerwowy i na serce. Trzeba jednak pamiętać, że działanie **cieplne** prądu istnieje w dalszym ciągu — bez względu na częstotliwość, wobec czego i przy wysokich częstotliwościach istnieje niebezpieczeństwo poparzeń. Mimo to jednak cięższe wypadki przy wysokich częstotliwościach są rzadkie, prądy wysokich częstotliwości nie oddziaływują bowiem na system nerwowy i dlatego nie wywołują skurczów mięśni, wobec czego porażony może bez zewnętrznej pomocy oderwać się od źródła prądu.

Pewien wpływ na podatność na porażenia elektryczne wywiera budowa ciała. Stwierdzono, że ludzie wysokiego wzrostu i otyli są bardziej podatni na porażenia, niż osobnicy niscy i szczupli o wydatnych stawach. Skóra cienka uławia porażenia, natomiast zgrubiały naskórek zwiększa znacznie oporność skóry.

Należy podkreślić, że wiele chorób wywiera duży wpływ na ciężkość wypadku, zmniejszając odporność organizmu; w pierwszym rzędzie wymienić tu należy choroby serca. Zdarza się bowiem, że człowiek chory na serce umiera pod wpływem niespodziewanego wstrząsu, wywołanego przez prąd, chociaż natężenie tego prądu nie było by wcale groźne dla człowieka zdrowego. Duża potliwość ciała zmniejszająca opór skóry oraz jej odporność na przebicie, również wywołuje zwiększoną podatność na porażenia.

Zdenerwowanie, pośpiech, działanie alkoholu, wypaczają zdolność reagowania pracownika i przez to niejednokrotnie powodują wypadki.

Porażenia elektryczne są niebezpieczne nie tylko ze względu na możliwość wypadków śmiertelnych lub też ciężkich poparzeń. Zdarza się często, że u osobnika uratowanego pozostają długotrwałe skutki np. w postaci zaburzeń zmysłu równowagi, zmniejszonej zdolności reagowania, przytępionego wzroku lub słuchu itd. Jest więc konieczne, aby porażony pozostawał pod obserwacją lekarską nawet wówczas, gdy pozornie wypadek nie wywołał na razie ujemnych skutków fizycznych.

W chwili porażenia elektrycznego następuje bardzo często omdlenie, nieraz tak głębokie, że świadkom wypadku wydaje się, że poszkodowany zmarł, występuje bowiem bladość skóry i zarówno oddech, jak i bicie serca nie są wyczuwalne. Tak głębokie omdlenie, znane pod nazwą „śmierci pozornej" przechodzi w stan śmierci rzeczywistej, jeżeli poszkodowanemu nie zostanie szybko udzielona pomoc.

Dlatego właśnie przepisy ratownictwa wymagają natychmiastowego zastosowania sztucznego oddychania przez świadków wypadku oraz niezwłocznego wezwania lekarza, celem dokonania dodatkowych zabiegów. Przenoszenie porażonego jest dozwolone w tych tylko wypadkach, gdy w miejscu wypadku jest zimno lub też znajdują się kałuże wody względnie woda kapiąca. Należy wówczas przenieść jak najprędzej poszkodowanego do najbliższego ciepłego i suchego pomieszczenia, — chodzi bowiem o to, aby warunki, w których odbywa się ratowanie, nie odbierały ciepła z ciała poszkodowanego, którego temperatura wewnętrzna i tak się obniża wskutek zredukowanego w wielkim stopniu krążenia krwi.

Z drugiej strony wspomnieć też trzeba o zdarzających się niekiedy przykładach wyjątkowej **odporności** na działanie prądu elektrycznego, — gdy np. pracownik potrafi przez sekundę lub nawet nieco dłużej trzymać w rękach dwa przewody, będące pod napięciem 220 V, bez żadnej dla siebie szkody. Odporność taka tłumaczy się wyjątkowo grubą skórą oraz obecnością suchego zrogowaciałego naskórka o dużej oporności i dużej wytrzymałości na przebicie. Niech jednak i ci pracownicy nie ufają zbytnio swej odporności na działanie prądu; wystarczy, aby ich naskórek uległ nawilgoceniu, względnie aby na skutek dłuższej przerwy w pracy fizycznej zrogowacenie naskórka ustąpiło, a podobny eksperyment z przewodami pod napięciem zakończyć się może dla nich tragicznie.

Z powiedzianego wyżej możemy wyciągnąć następujące wnioski:

a) ponieważ ciężkość porażenia prądem zależy od wielkości natężenia prądu płynącego przez ciało człowieka, należy dążyć, aby natężenie prądu w razie wypadku nie mogło osiągnąć wartości niebezpiecznych;

b) można również dążyć do tego, aby **wyłączenie prądu** w razie wypadku nastąpiło tak szybko, że prąd nie zdąży spowodować poważniejszych skutków dla organizmu człowieka.

Na tych dwóch zasadach oparte są wszystkie urządzenia ochronne zabezpieczające człowieka od porażeń elektrycznych. (C. d. n.)

Postępy w dziedzinie energetyki i przemysłu elektrotechnicznego w Polsce.

Reorganizacja w przemyśle elektrotechnicznym.

Od dnia 1 stycznia 1949 r. w Centralnym Zarządzie Przemysłu Elektrotechnicznego obowiązują nowe formy organizacyjne.

Zostały zniesione Zjednoczenia, jako organ pośredniczący między Centralnym Zarządem a podległymi Zakładami, zaś Centralny Zarząd został rozbudowany o 4 Dyrekcje Branżowe. Dzięki temu skrócono i uproszczono drogę służbową między Zakładami a CZPE, gdzie skupiono dyspozycje. Poza zakresem zagadnień technicznych i produkcyjnych dotyczy to spraw socjalnych, szkolnic-

twa zawodowego, pracy i płacy, jak również zagadnień personalnych oraz spraw natury finansowo-administracyjnej.

W skutkach swych reorganizacja ta przyniesie poważne oszczędności w aparacie administracyjnym Przemysłu Elektrotechnicznego.

W nowej organizacji CZPE służba techniczna nosi charakter specjalny. Cztery Dyrekcje Techniczne: Maszyn Elektrycznych, Aparatów Elektrycznych, Kablo-Chemiczna i Telekomunikacyjna, kierujące sprawami technicznymi i produkcyjnymi podległych im przedsiębiorstw i noszące zbliżony do siebie charakter, wchodzą w skład technicznego pionu Centralnego Zarządu. Dyrekcje Branżowe, podległe Dyrektorowi Technicznemu C. Z. P. E., mają za zadanie stworzenie ogólnej koncepcji rozwoju i działalności swej branży, kierowanie sprawami produkcji, przy zapewnieniu jej normalizacji i racjonalizacji, prowadzenie technicznej kontroli produkcji oraz nadzór i koordynację prac Biur Konstrukcyjnych. Poza tym współpracują one z innymi Dyrekcjami C. Z. P. E. w zakresie swych kompetencji.

Oddolnie skomasowano pokrewne fabryki w Przedsiębiorstwa Wytwórcze, które obecnie — bez żadnego ogniwa pośredniego — podlegają bezpośrednio C. Z. P. E. Z aparatu produkcyjnego podległego C. Z. P. E. wydzielono jeszcze w r. 1948 Centralę Handlową Przemysłu Elektrotechnicznego, podlegającą, jako oddzielne przedsiębiorstwo wyodrębnione, bezpośrednio Ministerstwu Przemysłu i Handlu.

W dziedzinie **handlu zagranicznego** nastąpił rozdział eksportu od importu. Eksport obejmuje „Metaleksport", import — „Elektrim".

Duże znaczenie w nowej organizacji posiada skupienie przy C. Z. P. E. zakładów tele- i radiotechnicznych podległych dotychczas Ministerstwu Poczt i Telegrafów oraz wydzielenie z administracji C. Z. P. E. zakładów remontowych i montażowych, przydzielonych obecnie ich właściwym Centralnym Zarządom.

W takiej — o wiele bardziej racjonalnej, a jednocześnie prostszej formie organizacyjnej, przystępuje przemysł elektrotechniczny do realizacji trzeciego roku planu trzyletniego, przygotowując się jednocześnie do planu 6-cioletniego. Nowa organizacja ułatwi stojące przed przemysłem elektrotechnicznym zadania — w pierwszym rzędzie powiększenie produkcji o 25% w stosunku do roku ubiegłego.

Ponadto organizacja ta ułatwi i przyspieszy produkcję nowych artykułów oraz kontynuowanie wytwarzania tych artykułów, których produkcję rozpoczęto już w roku ubiegłym.

Nowa forma organizacyjna weszła już w życie. Posiada ona wszelkie dane ku temu, aby wkład pracy personelu produkcyjnego w Zakładach i Przedsiębiorstwach był wykorzystany w pełni, bez marnotrawstwa energii ludzkiej oraz przy korzystnej formie administracji przemysłu.

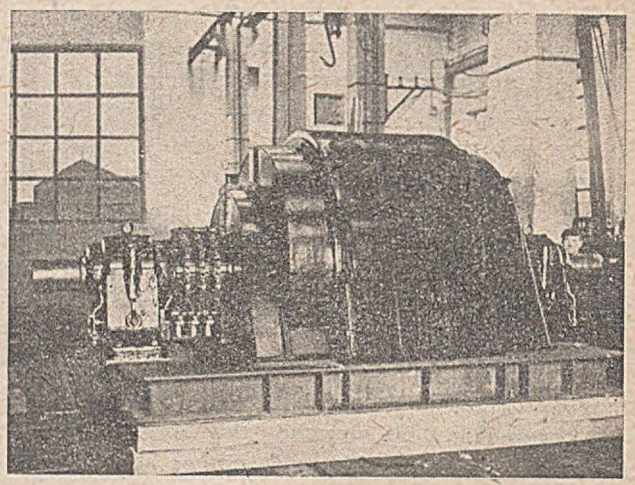
Rojkowa.

Nowe osiągnięcia przemysłu maszyn elektrycznych.

W ramach zobowiązań przedkongresowych Zakłady Wytwórcze Maszyn Elektrycznych i Transformatorów wyprodukowały największy z wykonanych kiedykolwiek w Polsce silnik walcowniczy prądu zmiennego (rys. 1).

Silnik posiada moc 3500 kW. Ciężar silnika wynosi 25000 kg. Został on wykonany dla jednej z hut w kraju i jest tysiącznym silnikiem, jaki Zakłady Wytwórcze Maszyn Elektrycznych i Transformatorów wyprodukowały dla odradzającego się przemysłu polskiego od chwili zakończenia działań wojennych.

Rojkowa.



Rys. 1. Silnik walcowniczy o mocy 3500 kW na stacji prób w Zakładach Wytwórczych Maszyn Elektrycznych i Transformatorów

Wyniki pracy działu Opieki nad Matką i Dzieckiem w r. 1948 w przemyśle elektrotechnicznym.

Opieka nad Matką i Dzieckiem wysuwa się, jako jedno z czołowych zagadnień pracy socjalnej w przemyśle elektrotechnicznym.

Udostępnić jak najszerszym rzeszom kobiet możliwości pracy zawodowej, tzn. zdobyć wiele milionów ludzi do twórczej pracy nad odbudową kraju, przyspieszyć dobrobyt mas robotniczych, przyspieszyć marsz ku socjalizmowi.

Aby rozwiązać to zagadnienie, tak bardzo ważne, musimy otoczyć jak najstaranniejszą opieką dzieci tych właśnie kobiet, które zmieniły całkowicie swe oblicze klasowe, kończąc z przedwojenną pozycją kobiety niezdolnej do niczego, prócz gospodarstwa domowego, i przeszły na twórczą pracę, pełną perspektyw, pracę dla dobra klasy robotniczej i przyszłości swoich dzieci.

Wyniki pracy działu Opieki nad Matką i Dzieckiem w przemyśle elektrotechnicznym w roku 1948 są następujące: globalna kwota wydatkowana wynosi około 60 milionów zł. Oddano do użytku 2 nowocześnie urządzone prewentoria w Józefowie i w Jastrzębiu Zdroju. Uruchomiono sanatorium w Rabce. Poprzez okresowe badania dzieci zapobiegamy w porę takim chorobom, jak gruźlica. Dzieci kierowane są natychmiast do prewentoriów i sanatoriów na leczenie, w których pozostają one tak długo, aż powrócą do zdrowia.

Otwarto 6 żłobków przyfabrycznych, 5 przedszkoli, 10 stacji Opieki nad Matką i Dzieckiem oraz 7 świetlic dziecięcych. Z kolonii letnich i zimowych skorzystało 2.700 dzieci.

Osiągnięcia te są jeszcze niewystarczające i nie zaspakajają wszystkich potrzeb. Lecz dotychczasowe wyniki stają się bodźcem do podwojenia wysiłków na tym odcinku pracy socjalnej. Przed aparatem socjalnym Centralnego Zarządu Przemysłu Elektrotechnicznego zostanie postawiony na rok 1949 taki plan pracy, który obejmie 100% dzieci opieką lekarską i wychowawczą.

Sprawy szkoleniowe.

Zagadnienia szkolnictwa.

Ostatnie półwiecze wprowadziło energię elektryczną i urządzenia elektryczne do wszystkich dziedzin przemysłu i życia codziennego.

Elektryczność wkroczyła, jako zwycięska siła, zarówno do hal przemysłowych, jak i pod strzechy wiejskie.

Oświetlenie elektryczne staje się jedyną niemalże postacią światła sztucznego, a przenoszenie energii za pośrednictwem prądu elektrycznego wyrugowuje inne sposoby jej przesyłania.

Plan sześcioletni, mający na celu budowę fundamentów socjalizmu w Polsce, poważnie zwiększy popyt na energię i urządzenia elektryczne dla potrzeb przemysłu i rolnictwa. Podniesienie poziomu życia klasy pracującej spowoduje również wzrost zapotrzebowania energii i urządzeń elektrycznych w życiu codziennym, choćby takich jak: urządzenia oświetleniowe, kuchenki, grzejniki, radio itd.

Planowany rozwój przemysłu energetycznego i elektrotechnicznego wywoła zwiększone zapatrzebowanie na wykwalifikowanych pracowników w dziale elektrotechniki. Zapotrzebowanie to będzie tym większe, że równocześnie i inne gałęzie przemysłu, wieś, a w szczególności spółdzielczość produkcyjna żądać będą specjalistów, umiejących obsłużyć zelektryfikowane maszyny i aparaty.

Przed szkolnictwem zawodowym stają poważne zadania uzupełnienia kadr już obecnie niewystarczających na pokrycie zapotrzebowania, jak również przygotowanie nowych kadr specjalistów w dostosowaniu do potrzeb Polski Ludowej. A pamiętać musimy, że rozwój przemysłu pociąga za sobą daleko posuniętą specjalizację. Przemysł żąda specjalistów wykwalifikowanych, znających biegle i dokładnie pewien dział elektrotechniki i mogących bez doszkalania praktycznego — brać udział w produkcji i obsłudze urządzeń.

Ta daleko posunięta specjalizacja nie może jednak wykluczać ogólnej znajomości pozostałych działów elektrotechniki. Nie należy tworzyć specjalisty pozbawionego wiedzy ogólnej, niezainteresowanego życiem społeczno-politycznym.

Przed szkolnictwem zawodowym stoi wobec tego trudne zadanie wykształcenia dobrego specjalisty, posiadającego odpowiednie wykształcenie ogólne oraz wychowanie go — w trakcie szkolenia — w duchu marksizmu-leninizmu na człowieka uczuciowo przywiązanego do rewolucyjnego ruchu robotniczego, na pracownika świadomego zadań, jakie ma on do spełnienia w ramach ustroju na odpowiednim etapie naszego marszu ku socjalizmowi.

Żądania przemysłu energetycznego i elektrotechnicznego wymagają stosowania **dwóch stopni** szkolenia technicznego. Wynika to z konieczności posiadania w produkcji i obsłudze dwóch zasadniczych typów pracowników wykwalifikowanych: **czeladników i techników.**

Czeladników, często nazywanych monterami, szkolą gimnazja przemysłowe. Nauka w nich trwa 3 lata i wypuszczają one pracownika wyspecjalizowanego w pewnym dziale elektrotechniki — przy czym w przemyśle elektrotechnicznym — z nastawieniem na produkcję urządzeń, a w innych gałęziach przemysłu — z przeznaczeniem do obsługi urządzeń elektrycznych.

Wieloletnie doświadczenia i praktyka wykazały, że specjaliście-elektrykowi potrzebny jest duży zasób wiadomości oraz praktyki ślusarsko-mechanicznej. Dlatego pierwszy rok nauki poświęcony jest szkoleniu ślusarsko-mechanicznemu. Zagadnienia elektrotechniki omawiane są na pierwszym roku raczej ogólnikowo. Wywołuje to wśród uczniów szkół elektrotechnicznych niezadowolenie; mówią oni często: „Jak to, w gimnazjum elektrotechnicznym uczą nas ślusarki zamiast elektrotechniki?!"

Młodzież musi jednakże zrozumieć, że czynności ślusarsko-mechaniczne występują stale w codziennej praktyce elektrotechnicznej. Urządzeń czysto elektrycznych, bez części mechanicznej, prawie że się nie spotyka i elektryk przy montażu czy w produkcji, w instalacji czy przy obsłudze styka się stale z zagadnieniami i czynnościami mechanicznymi. Sposób obróbki, odpowiednie użycie narzędzi, wybór odpowiedniej obrabiarki, użycie i ustawienie narzędzi w automatach, przy pomocy których najszybciej i przy najmniejszym zużyciu czasu i materiału osiąga się zamierzony cel, — wszystko to są zagadnienia, których elektryk nie jest w stanie w praktyce swej ominąć.

Spróbujmy zanalizować pracę elektryka jakiejkolwiek specjalności — choćby instalatora, który zakłada światło, czy naprawia piecyk elektryczny, a stwierdzimy, ile czynności ślusarsko-mechanicznych on wykonuje. Toteż nie będzie dobrym fachowcem - elektrykiem ten, kto nie opanował gruntownie obróbki ślusarsko-mechanicznej.

Równocześnie — w pierwszym roku — uczeń zaznajamia się z maszynoznawstwem i materiałoznawstwem oraz pogłębia i rozwija swe wiadomości w zakresie przedmiotów ogólnokształcących.

Po gruntownym przyswojeniu zasad obróbki uczeń — w drugim roku nauki — winien opanować **podstawy elektrotechniki** i zapoznać się z **urządzeniami elektrycznymi** oraz ze sposobami produkcji, montażu i naprawy.

Elektrotechnika z miernictwem elektrycznym — obok znajomości szerokiego wachlarza urządzeń elektrycznych — daje uczniowi podstawy do właściwej specjalizacji. Na bazie nabytej w drugim roku znajomości całości zagadnień elektrycznych przyszły pracownik **specjalizuje się** w roku trzecim, zapoznając się dokładnie z produkcją wzgl. obsługą urządzeń elektrycznych, z którymi spotyka się w swej pracy zawodowej po ukończeniu szkoły. W okresie tym szkolenie przybiera kierunek branżowy, przygotowując pracownika do pracy w ściśle określonej gałęzi przemysłu.

Na tym kończy się pierwszy etap szkolenia i absolwent - czeladnik, jako pracownik wykwalifikowany, może już rozpocząć swą pracę zawodową.

Potrzebny jest jednak drugi rodzaj pracownika kwalifikowanego — technika. Jest on pośrednikiem między biurem konstrukcyjnym a wykonawcą. Technicy pra-

cują we wszyskich działach: w produkcji, w laboratorium, w biurze konstrukcyjnym, w dziale odbioru i kontroli.

Szkolą się oni w dwuletnich liceach przemysłowych, do których wstępują najzdolniejsi i najwięcej uświadomieni absolwenci gimnazjów przemysłowych. W ciągu tych dwóch lat nauki pogłębiają oni swe wiadomości, stając się pracownikami, zajmującymi w przemyśle pośrednie miejsce między monterem a inżynierem. Ukończenie liceum przemysłowego — oprócz kwalifikacji zawodowych — daje absolwentom możność szkolenia się w szkołach wyższych, absolwent liceum przemysłowego uzyskuje bowiem świadectwo maturalne.

Zaznaczyliśmy niejednokrotnie, że uczeń po ukończeniu szkoły jest przygotowany do pracy w zakładzie, że przemysł otrzymuje pracownika, którego nie potrzebują już doszkalać i wprowadzać w tok produkcji.

Uzyskanie tak wyszkolonego pracownika zawdzięczamy **warsztatom szkolnym.** Stanowiąc charakterystyczną cechę gimnazjum przemysłowego, są one niezbędne w szkoleniu pracownika wykwalifikowanego, a od ich wyposażenia i organizacji pracy zależy poziom osiąganych wyników.

Warsztaty szkolne mają na celu nauczenie praktycznie pracy w przemyśle; umożliwiają one uczniom praktyczne wykorzystanie ich wiadomości i w ten sposób wiadomości te pogłębiają i utrwalają. W warsztacie uczeń winien nauczyć się nie tylko umiejętności wykonywania zleconej mu pracy, ale także zapoznać się w praktyce z organizacją produkcji w przemyśle. Warsztat szkolny winien być zatem zorganizowany na wzór zakładu wytwórczego, jego zaś regulamin pracy winien odpowiadać regulaminowi pracy zakładu wytwórczego. Przydział miejsca i pracy, wydawanie narzędzi, kontrola biegu pracy, odbiór wykonanych robót i in. winny być zorganizowane tak, jak to ma miejsce w zakładzie wytwórczym. Należy również korzystać z rysunków, kart naprawczych, montażowych oraz książeczek i marek narzędziowych — podobnie, jak to jest przyjęte w przemyśle. Uczniowie winni kolejno przechodzić przez wszystkie działy warsztatu i zapoznać się zarówno z produkcją, jak i z administracją — przez pracę w narzędziowni, w magazynie oraz na punkcie kontroil i odbioru.

Warsztat szkolny winien być nastawiony na p r o d u k c j ę. Plan prac warsztatowych winien uwzględniać wykonanie robót, których wynikiem będą wyroby, potrzebne szkołom lub sąsiednim zakładom wytwórczym. Wyrzucanie na złom fabrykatu lub półfabrykatu wykonanego przez ucznia i ocenionego, jako dobry, jest marnotrawstwem materiału i pracy; działa ono poza tym demoralizująco na uczni.

Uczeń musi mieć świadomość, że jego praca jest pracą produktywną i że wpływa ona na gospodarkę narodową, prace zaś jego, które zostaną wybrakowane, stanowią stratę gospodarczą. Świadomość pracy twórczej i celowej, możność oceny wyników tej pracy wpływa dodatnio na jej dokładność, a także zmniejsza ilość braków i zużycie narzędzi w warsztacie szkolnym.

Organizując pracę warsztatu szkolnego na wzór zakładu wytwórczego, nie powinno się zapominać o **współzawodnictwie pracy.** Warsztat szkolny winien mieć opracowane n o r m y pracy i ustalony regulamin współzawodnictwa pracy. Należy pamiętać, że, szkoląc, musimy zwracać uwagę nie tyle na czas wykonania, ile na inne czynniki. W okresie szkolenia dążymy przede wszystkim do dokładności, precyzji wykonania, do jak najmniejszego zużycia materiału i narzędzi, do celowości obróbki i sposobu wykonania, a mniej uwagi zwracamy na czas wykonania. Naturalnie, powinny być ustalone normy czasu, a ich przekroczenie winno pociągać za sobą nałożenie punktów karnych. Skrócenie natomiast czasu wykonania winno dawać małe stosunkowo korzyści, aby nie zachęcać uczniów do szybkiej, nieprzemyślanej pracy kosztem innych czynników wychowawczych. Bardzo ostro należy obciążać uczniów punktami karnymi za braki.

Współzawodnictwo w warsztatach szkolnych nie rozwinęło się jeszcze należycie. Ruch współzawodnictwa pracy, posiadający tak poważne walory wychowawcze, winien znaleźć należne sobie miejsce w warsztacie szkolnym. Wprowadzenie i propagowanie tego ruchu jest obowiązkiem nie tylko dyrekcji szkoły, lecz także i koła Z. M. P. w szkole.

Gdy ruch ten rozwinie się należycie, nadejdzie czas, by zorganizować współzawodnictwo między warsztatami różnych szkół.

Wychowując i szkoląc pracowników dla przemysłu, musimy pamiętać, że celem naszym jest wychowanie inteligencji robotniczej, związanej mocno z masami i ideologią robotniczą. Pobyt w szkole nie może doprowadzić do oderwania się od klasy robotniczej, nie może stać się okresem deklasowania. Szczególnie ostro należy zwalczać wypowiedzi i myśli o samodzielnej, rzemieślniczej pracy, o własnym przedsiębiorstwie. Wobec tych objawów wpływów drobno-mieszczańskich młodzież, a zwłaszcza członkowie Z. M. P., winni być szczególnie czujni, by objawy te zwalczać w zarodku.

Ideologia klasy robotniczej, marksizm-leninizm, musi tkwić silnie w szkole i być drogowskazem postępowania ucznia. Inteligencja robotnicza winna być wychowywana na bazie materializmu historycznego i dialektycznego. Uczniowie winni umieć rozważać zagadnienia ściśle naukowo, dialektycznie i po marksistowsku, nie powinni oni odrywać się od życia i mas. Młodzież winna zrozumieć nie tylko zagadnienia przeszłości i chwili obecnej, lecz wyciągając wnioski z doświadczeń W. K. P. (b) i Rosji Radzieckiej oraz w oparciu o marksizm-leninizm winna zrozumieć przyszłe podstawy ustroju Polski Socjalistycznej.

Przed klasą robotniczą stoi poważne zadanie zbudowania w Planie Sześcioletnim fundamentów ustroju socjalistycznego w Polsce. Inteligencja robotnicza, której częścią są uczniowie i absolwenci szkół zawodowych, musi pamiętać o słowach Stalina: „Kadry decydują", musi pamiętać, że do wykonania zadań Planu Sześcioletniego nie wystarczy elektrotechniczna wiedza fachowa, lecz zadecyduje ich uświadomienie ideologiczne i ścisłe związanie z klasą robotniczą.

Jerzy Dreszer
C. Z. P. E.

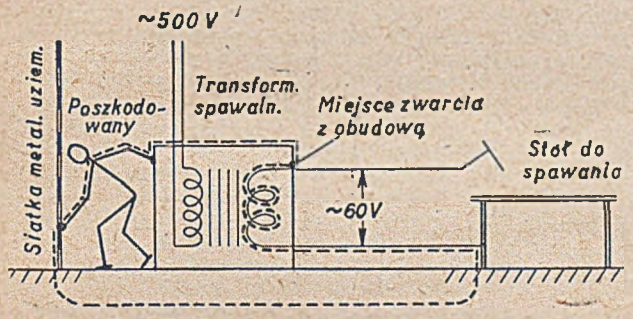
PORAŻENIA ELEKTRYCZNE w POLSCE

Komunikaty Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP (ciąg dalszy)

14. Transformator spawalniczy (woj. śląskie)

W fabryce chemicznej ślusarz N. schylając się, żeby podnieść z podłogi zawór metalowy, oparł się jedną ręką o uchwyt stojącego obok transformatora spawalniczego. Leżący na podłodze zawór stykał się z dobrze uziemioną siatką metalową. Ślusarz został porażony, gdy uchwycił zawór.

Przeprowadzone po wypadku badania wykazały, że po stronie wtórnej transformatora (60 V) koniec jednego z przewodów w skrzynce zaciskowej wystawał z zacisku i stykał się z pokrywą zacisków, wskutek czego cała obudowa transformatora była pod napięciem. Ponadto zacisk przewodu uziemiającego obudowę transformatora był rozluźniony, a więc w momencie wypadku połączenie z uziemieniem było przerwane. Transformator znajdował się na podłodze drewnianej. Na tejże podłodze drewnianej stał ślusarz, który wskutek tego nie odczuł wstrząsu dotykając uchwytu transformatora. Gdy jednak dotknął drugą ręką zaworu uziemionego przez siatkę metalową, zamknął sobą obwód, który pokazano przerywaną kreską na rys. 3.



Rys. 3. Sytuacja przy wypadku nr 14

W kilkadziesiąt minut po wypadku wezwany sanitariusz zastosował sztuczne oddychanie w ciągu około godziny, tj. do chwili nadejścia lekarza, który jednak stwierdził zgon.

Porażony był w podeszłym wieku (73 lata). Nie jest wykluczone, że odporność jego organizmu na działanie prądu była wskutek tego zmniejszona.

Wnioski.

Charakterystyczny dla niektórych wypadków, jak wyżej opisany, jest wyjątkowy zbieg okoliczności. W danym wypadku równocześnie: drut z zacisku stykał się z pokrywą, śruba uziemienia obluźniła się, w pobliżu była uziemiona siatka, transformator był dobrze odizolowany od ziemi podłogą, gdy opodal stojący stół spawalniczy był uziemiony należycie. W tych już skomplikowanych warunkach znalazł się robotnik tak stary, że aby się schylić, musiał uchwycić się transformatora. Brak choćby jednego z tych wielu elementów uniemożliwiłby wypadek. Z takimi więc zbiegami okoliczności trzeba się w praktyce liczyć.

Należy podkreślić dla przestrogi tych wszystkich, którzy lekceważą środki ostrożności przy niskich napięciach, że ten śmiertelny wypadek został wywołany napięciem zaledwie 60 V.

Nienależyte zamocowanie przewodów w zacisku transformatora było oczywiście spowodowane niedbalstwem lub niefachowością montera, ale szczegół, na który trzeba specjalnie zwrócić uwagę, to obluzowanie się śruby uziemienia.

Zbyt częste są wypadki spowodowane brakiem zrozumienia, że niekontrolowane uziemienie tworzy tylko pozór środka ochronnego, tym szkodliwszy, że obsługa na to zabezpieczenie liczy.

Sama podłoga izolująca nie stanowi zabezpieczenia przed porażeniem, jeżeli w zasięgu ręki znajdują się masy metalowe, mające dobre połączenie z ziemią.

I w tym wypadku pomoc była spóźniona, a świadkowie wypadku nie wiedzieli, że zwłoka kilku minut w udzieleniu pomocy może spowodować śmierć porażonego.

15. Upadek z drabiny (woj. krakowskie)

W fabryce elektrotechnicznej starszy monter B., wyłączywszy uprzednio instalację spod napięcia, zakładał lampę na suficie w odległości 80 cm od ściany, posługując się pojedyńczą drabiną, którą przystawił do ściany. W pewnym momencie stracił równowagę, spadł i doznawszy pęknięcia podstawy czaszki zmarł.

Wnioski.

Choć nie jest to porażenie elektryczne, warto ten wypadek przytoczyć, ponieważ wypadki spowodowane użyciem niewłaściwych drabin przy robotach monterskich są częste. Należało użyć drabiny podwójnej. Monterzy niejednokrotnie używają niewłaściwego sprzętu przez brawurę, albo licząc na swoje doświadczenie i narażają się niepotrzebnie na wypadki, które, jak widać z powyższego przykładu, mogą być tragiczne.

16. Zerwanie się przewodu na 220 V (woj. śląskie)

Na powierzchni kopalni robotnik U. przechodził w czasie burzy pod przewodami (16 mm²) linii napowietrznej na 220 V. W tym momencie silny wiatr zerwał z drzewa rosnącego o 30 m od linii gałąź i rzucił ją na przewody.

Jeden z przewodów pękł i spadł na robotnika owijając mu się wokół szyi. Nastąpiło ciężkie porażenie, ułatwione przez upadek robotnika pod wpływem wstrząsu na mokrą ziemię.

Porażonego w stanie nieprzytomnym przeniesiono do izby opatrunkowej, a następnie przewieziono do szpitala, gdzie lekarz stwierdził zgon.

Wnioski.

Jeszcze jeden z wielu przykładów przenoszenia i nawet przewożenia porażonego w stanie nieprzytomnym, zamiast zastosowania zaraz na miejscu sztucznego oddychania zgodnie z przepisami PNE-9. W danym wypadku jest to tym bardziej uderzające, że na miejscu był sanitariusz, który przede wszystkim powinien znać przepisy ratownictwa.

Wypadek powyższy wskazuje ponadto, że przechodzenie w pobliżu przewodów napowietrznych w czasie silnej burzy może być niebezpieczne, nawet gdy linia jest zbudowana prawidłowo.

17. Lampa karbidowa zawieszona na desce bezpiecznikowej w kopalni (woj. śl.)

Cieśla górniczy P., zawieszając lampę karbidową w dole kopalni na desce z bezpiecznikami, dotknął bezpiecznika hakiem lampy i uległ porażeniu. Pod wpływem porażenia upadł i doznał wstrząsu mózgu. Przewieziony do szpitala zmarł.

Wnioski.

Według PNE-17, § 7, p. 1, bezpieczniki powinny były być budowy okapturzonej (kopalnia bezpieczna pod względem wybuchowym). Celowość tego przepisu ilustruje w tak tragiczny sposób wyżej podany wypadek.

Wszyscy pracownicy powinni być pouczeni, że urządzenia elektryczne nie mogą służyć do zawieszania ubrań, narzędzi itp. Zwłaszcza w kopalniach często się o tym zapomina.

18. Przewód wiertarki elektrycznej w kopalni (woj. śląskie)

W kopalni górnik R., niosąc wiertarkę, rozwijał stopniowo połączony z nią przewód w oponie gumowej, leżący w zwoju w oknie filaru. W pewnym momencie przewód zahaczył o leżącą w pobliżu szynę. Gdy górnik, chcąc go odczepić, uchwycił przewód w miejscu zaczepienia, został porażony.

Okazało się, że opona oraz izolacja jednej z faz przewodu były uszkodzone i prowizorycznie naprawione taśmą izolacyjną, która przewilgła, bowiem miejsce pracy

było bardzo mokre. Nieszczęśliwym zbiegiem okoliczności górnik uchwycił właśnie za tę prowizorycznie naprawioną i mokrą część przewodu. Prąd przeszedł od żyły przewodu przez mokrą taśmę izolacyjną i ciało górnika — do ziemi. Napięcie względem ziemi wynosiło 125 V. Wezwany lekarz kopalni stwierdził zgon.

Wnioski.

Według PNE-17, § 40, p. 8 h stan izolacji przewodów ruchomych powinien być sprawdzony przez elektromontera raz na dobę. Uszkodzone przewody powinny być natychmiast fachowo naprawione lub wymienione na dobre.

Oczywiście nie jest fachową naprawą owinięcie taśmą izolacyjną uszkodzonej opony gumowej przewodu. Uszkodzona opona powinna być naprawiona przez wulkanizowanie, lub w miejscu uszkodzenia powinno być założone sprzęgło.

19. Odłączniki wysokiego napięcia (woj. łódzkie)

W podstacji rozdzielczej monter S. celem uzupełnienia oleju w wyłączniku, umocowanym na konstrukcji żelaznej w pobliżu szyn rozdzielczych, wszedł przy pomocy przenośnych schodków na konstrukcję, wyłączywszy uprzednio wyłącznik (sterowany z odległości) oraz odłączniki (6000 V). Odłączniki znajdowały się zaledwie o 0,5 m od konstrukcji, na której stanął monter, przy czym noże wyłączonych odłączników pozostawały nadal pod napięciem, gdyż uważano za zbyteczne wyłączenie na podstacji głównej kabla doprowadzającego prąd.

Schodząc monter zatoczył się i dotknął łokciem będących pod napięciem noży odłącznika. Porażony, spadł z wysokości 1,8 m na betonową podłogę, rozbijając sobie silnie głowę. Nie jest wykluczone, że do wypadku przyczyniła się wódka, którą, jak stwierzono, monter pił bezpośrednio przed pracą.

Towarzyszący mu drugi monter zastosował przez kilka minut sztuczne oddychanie, a nie widząc oznak życia przewiózł porażonego samochodem do szpitala, gdzie lekarz stwierdził zgon.

Wnioski.

Zapomina się często, że praca pod napięciem to nie tylko praca bezpośrednio przy częściach znajdujących się pod napięciem, ale także robota wykonywana tak blisko części będących pod napięciem, że zachodzi możność dotknięcia tych części (§ 58 PNE-10).

W danym przypadku odległość miejsca pracy zaledwie 0,5 m od noży odłącznika najwyraźniej nadawała pracy charakter roboty pod napięciem.

Ponieważ robota pod napięciem jest dozwolona tylko w przypadku nieodzownej konieczności (przy zachowaniu specjalnych środków ostrożności), a takiej konieczności w danym wypadku nie było, należało bezsprzecznie wyłączyć uprzednio na głównej podstacji kabel doprowadzający prąd do podstacji pomocniczej.

Ponadto opis wskazuje, że rozmieszczenie aparatów było nieodpowiednie. Aparaty były rozmieszczone zbyt ciasno, a noże odłącznika były zainstalowane po stronie kabla dopływowego, zamiast po stronie szyn.

Trzeba pamiętać, że alkohol nawet w małych ilościach zmniejsza zdolność reagowania, a więc w żadnym razie nie wolno pić wódki przed pracą i podczas pracy.

Ratującemu nie wolno zrażać się brakiem oznak życia i przerywać sztucznego oddychania. W wielu wypadkach sztuczne oddychanie dało wynik dopiero po godzinie stosowania i więcej.

20. Praca na słupie linii o napięciu 380 V (woj. śląskie)

Monter sieciowy K. wszedł na słup linii o napięciu 380 V, aby przyłączyć przewody silnika młockarni. Pomimo wyraźnego zwrócenia mu uwagi ze strony współtowarzyszy pracy nie wyłączył linii spod napięcia, chociaż budka transformatora z wyłącznikiem znajdowała się w pobliżu. Powiedział nawet współtowarzyszom, że z napięcia 380 V nic sobie nie robi.

W czasie zamocywowania przewodu na izolatorze linii łokciem lewej ręki dotknął się drugiego przewodu i uległ porażeniu. Prąd przeszedł od jednego z przewodów sieciowych przez prawą dłoń i ciało poszkodowanego do lewego łokcia i drugiego przewodu sieciowego.

Przy zdejmowaniu poszkodowanego ze słupa zdarzył się dodatkowy wypadek, mianowicie złamała się drabina, zerwał się przy tym pas bezpieczeństwa i ratujący wraz z porażonym spadli z wysokości 5 m. Nie miało to wpływu na skutki wypadku, ponieważ ratujący wyszedł bez szwanku, a wezwany lekarz stwierdził śmierć montera K. wskutek porażenia elektrycznego.

Wnioski.

Ten przykład niech będzie przestrogą dla monterów, którzy zaniedbują środków ostrożności licząc, że niskie napięcie nie jest dla nich niebezpieczne. Nie wiedzą o tym, że jeżeli kiedyś zetknięcie z niskim napięciem wywołało w nich tylko nieszkodliwy wstrząs, to w innym przypadku, w nieco zmienionych warunkach, które trudno jest z góry przewidzieć, to samo niskie napięcie może spowodować śmiertelne porażenie.

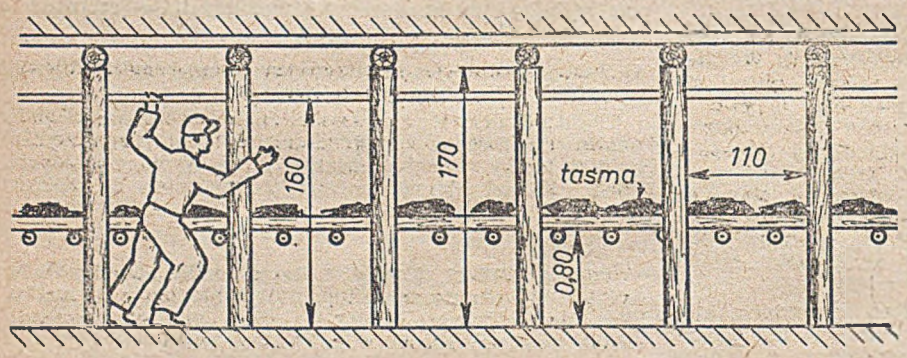
Dlatego według § 58 PNE-10 nie wolno pracować pod napięciem (z wyjątkiem wypadków konieczności ruchowych, ale wówczas trzeba zachować wszystkie środki ostrożności przewidziane w tymże paragrafie).

Załamanie się drabiny wskazuje na to, że monterzy posługiwali się sprzętem w złym stanie, co samo przez się prowadzi do nieszczęśliwych wypadków.

21. Przewód wrębówki w dole kopalni (woj. śląskie)

Ładowacz G., czyszcząc taśmę transportową, chwycił ręką za zawieszony przewód w oponie gumowej, doprowadzający prąd o napięciu 500 V do wrębówki. Ładowacz został śmiertelnie porażony.

Oględziny miejsca wypadku wykazały, że w tym miejscu przewodu, za które chwycił porażony, tkwił w oponie gumowej przewodu cienki drut stalowy wystający na ok. 2 mm.



Rys. 4. Sytuacja przy wypadku nr 22

Jak widać z rys. 4, prąd przeszedł od żyły przewodu przez drucik stalowy, tkwiący w oponie, do ręki porażonego, a następnie przez jego ciało do ziemi. Drucik pochodził z telefonicznego kabelka polowego użytego jako przewód do zapalania nabojów; został wtłoczony w oponę przy strzelaniu.

Wnioski.

Przypomnieć trzeba, że PNE-17, § 40, p. 8 c, wyraźnie nakazuje, aby przewody ruchome były ochronione od uszkodzeń mechanicznych wskutek strzałów.

Wypadek wskazuje też na to, że telekomunikacyjne przewody stalowe nie powinny być używane do zapalania nabojów.

Popularna elektrotechnika.

Rozpoczynając dział „Popularnej Elektrotechniki", pragniemy przyjść z pomocą tym spośród naszych Czytelników, którzy chcieliby systematycznie, bez pomocy nauczyciela, przerobić podstawowy kurs Elektrotechniki Ogólnej, przyswoić najważniejsze wiadomości teoretyczne i nauczyć się samodzielnie rozwiązywać prostsze zagadnienia spotykane w praktyce zawodowej.

Dział „Popularnej Elektrotechniki" obejmie w pierwszym rzędzie „Podstawy Elektrotechniki", które w miarę możności zamieszczać będziemy systematycznie w każdym zeszycie.

Poza tym — równolegle — zamieszczane będą artykuły z dziedziny miernictwa elektrycznego, obliczania przewodów, maszyn elektrycznych i in. Każda z tych dziedzin będzie omawiana w miarę przerabiania materiału z „Podstaw Elektrotechniki", co ułatwi jego zrozumienie i stworzy pewną ciągłość w nauce.

Omawiać będziemy w tych działach tylko t e o r e t y c z n ą stronę zagadnień popartą zadaniami i przykładami liczbowymi. Zastosowania praktyczne i część opisową znajdą Czytelnicy w innych działach „Wiadomości Elektrotechnicznych".

Dział „Popularnej Elektrotechniki" będzie utrzymany w formie jak najbardziej przystępnej — tak, aby przyniósł on korzyść nie tylko młodym naszym monterom-elektrykom, lecz i tym, którzy do tej pory nie mieli możności poznać tej gałęzi wiedzy, a nią się interesują i chcieliby ją poznać.

Mamy tu na myśli m. in. szerokie rzesze młodzieży studiującej w szkołach zawodowych, zwłaszcza przemysłowych, w których Elektrotechnika traktowana jest, jako przedmiot dodatkowy.

Podstawy elektrotechniki.

Inż. - el. T. KULISZEWSKI

I. Pojęcia wstępne.

1. Energia.

Elektrotechnika, jako jeden z wielkich działów techniki, zajmuje się badaniem zjawisk fizycznych, występujących w dziedzinie elektryczności oraz zastosowania tych zjawisk w praktyce codziennej. Jakkolwiek sama i s t o t a elektryczności nie jest dotychczas ściśle określona, przyjęto w elektrotechnice nazywać „elektrycznością" pewien **rodzaj energii**, która powstaje drogą zamiany innych postaci energii na energię elektryczną według powszechnej zasady zachowania energii.

Zarówno w świecie nieorganicznym (tak zwanym świecie przyrody martwej), jak i w organizmach żywych, możemy zauważyć niezliczoną liczbę zjawisk fizycznych, które nauka dzisiejsza w większej części zbadała i podzieliła na szereg wielkich działów, a mianowicie:

a) mechanika (czyli nauka o ruchach i siłach);

b) nauka o cieple;

c) nauka o elektryczności;

d) nauka o promieniowaniu;

e) chemia i in.

Jakkolwiek każdy z tych działów przedstawia odrębną naukę o pewnym rodzaju energii, to jednak zjawiska zachodzące w każdym z nich ściśle są ze sobą związane i podlegają ogólnym prawom czyli zasadom, ustalonym przez naukę. Rozróżniamy zasadniczo następujące rodzaje energii:

a) energia mechaniczna;

b) energia cieplna;

c) energia elektryczna;

d) energia promieniowania;

e) energia chemiczna i in.

Każdy z tych rodzajów energii może występować pod rozmaitymi postaciami.

Wszystkie wymienione wyżej rodzaje energii podlegają **ogólnemu prawu zachowania energii.** Zgodnie z tym prawem, żaden z tych rodzajów energii nie może powstać z niczego, jak również żaden z nich nie może zginąć. Nastąpić może jedynie p r z e m i a n a jednego rodzaju energii na inny i to w tej samej ilości. Z tego prawa wynika, że ogólna ilość rozmaitych rodzajów energii we wszechświecie jest stała, a życie w pojęciu ogólnym jest niczym innym, jak szeregiem zjawisk związanych z przemianami energetycznymi tj. z przemianą jednego rodzaju energii na inny jej rodzaj.

To samo odnosi się również do powstawania **energii elektrycznej.** Energia ta może powstać — na drodze przemiany — z innego rodzaju energii, jak np. chemicznej (ogniwa i akumulatory), mechanicznej (prądnice), cieplnej (termoogniwa) itp. I odwrotnie — możemy zamienić energię elektryczną na energię mechaniczną (silniki), cieplną (grzejniki elektryczne), chemiczną, na energię promieniowania i in.

Energią nazywamy zasób pracy, jaki posiada ciało lub układ ciał. Inaczej mówiąc: energią nazwiemy zdolność wytworzenia pewnej pracy. Ponieważ z pracy powstaje inny rodzaj energii, można powiedzieć, że energia powstaje z pracy i może być z powrotem w pracę przemieniona.

Najnowsze badania naukowe stwierdziły, że największy zasób energii posiada m a t e r i a. Są to zw. **energie jądrowe** skupione w masie jąder atomów [1]).

Energie te wyzwalają się z jąder atomów bądź samorzutnie — w postaci różnego rodzaju promieniowania (naturalne ciała promieniotwórcze, jak np. rad), bądź też wyzwalane są sztucznie — przy pomocy nowoczesnych metod rozbicia jądra atomu (np. tzw. bomba atomowa); energie te są olbrzymie.

Badacze dzisiejszej fizyki są zgodni co do poglądu o równoważności energii i masy. Prawo o równoważności energii i masy, sformułowane przeszło 40 lat temu przez prof. A. Einsteina, mówi, że każda energia posiada pewną masę i odwrotnie, każda masa równoważna jest pewnej ściśle określonej energii.

Przypomnijmy sobie teraz pewne podstawowe wiadomości z m e c h a n i k i.

2. Układy jednostek bezwzględny i praktyczny.

Wszystkie czynniki powodujące zjawisko fizyczne mogą być m i e r z o n e przy pomocy jednego układu jedno-

[1]) Pojęcie atomu wyjaśnimy w dalszym ciągu naszych rozważań.

POLITECHNIKA ŁÓDZKA BIBLIOTEKA

stek. Układ ten tworzą jednostki: **długości, masy i czasu,** a mianowicie:

centymetr, gram i sekunda

oznaczane w skrócie: cm, g, s.

Układ ten nazwano **układem cgs.** Układ cgs jest układem jednostek bezwzględnych i jest niezależny od żadnych czynników ubocznych.

Jednostka długości (cm) używana jest do wyznaczania drogi przebytej, gram — do określenia masy ciała, sekunda zaś — do określenia czasu trwania zjawiska.

Odpowiednie uzależnienie tych trzech jednostek zasadniczych układu cgs między sobą, tworzy tzw. jednostki pochodne układu cgs. Wielokrotności jednostek pochodnych układu bezwzględnego cgs tworzą jednostki praktyczne, posiadające przeważnie swe odrębne nazwy.

Niekiedy zamiast jednostki mocy we wspomnianym wyżej układzie cgs używana bywa jednostka ciężaru, która równa się jednemu gramowi. W ten sposób powstał tzw. układ ciężarowy jednostek cgs, przy czym w praktyce mogą być używane wielokrotności tych jednostek, jak np. metr, kilogram, minuta, godzina itp.

W elektrotechnice posługujemy się układem bezwzględnym jednostek cgs, z którego wyprowadzimy jednostki praktyczne, nie będziemy natomiast posługiwać się układem ciężarowym jednostek cgs, gdyż jest on niedokładny. Niedokładność układu ciężarowego polega na tym, że ciężar ciała zależny jest od wielu czynników, jak np. od szerokości geograficznej, od wysokości nad poziomem morza i in., podczas gdy wymiar masy od żadnych z tych czynników nie zależy i jest wobec tego niezmienny.

Należy poza tym nadmienić, że jednostki zarówno długości, jak i czasu, w układach jednostek bezwzględnym i ciężarowym są stałe i nie zależą od warunków, w jakich badane zjawisko się odbywa.

3. Określenie pojęcia siły.

W mechanice praktycznej **siłę** porównujemy do ciężaru i mierzymy ją w jednostkach ciężarowych (gramach lub kilogramach); powiedzieć zatem możemy, że ciężar ciała jest to siła, z jaką ciało to przyciągane jest przez ziemię.

W elektrotechnice jednak takie określenie siły należy uznać za niedokładne. Dla ścisłego określenia siły musimy wziąć pod uwagę nie ciężar ciała, lecz jego masę.

Jako jednostkę siły w układzie bezwzględnym cgs przyjmujemy taką siłę, która masie 1 g nadaje przyśpieszenie wynoszące 1 cm/s² *).

Siłę taką nazywamy **dyną.** Ogólny wzór na siłę jest następujący:

$$F = m \times a \qquad (1)$$

gdzie F — siła (w dynach), m — masa (w gramach), a — przyśpieszenie (w cm/s²). Wymiar dyny w układzie cgs wynosi:

$$\frac{g \cdot cm}{s^2}.$$

Jeżeli w powyższym wzorze zamiast dowolnego przyspieszenia a wstawimy wartość przyspieszenia ziemskiego $g = 981$ cm/s², to wzór ten określać będzie ciężar ciała G w tym miejscu, w którym to przyśpieszenie panuje, a zatem np. w Polsce.

A więc:

$$G = m \times g \qquad (2)$$

Jeżeli we wzorze (2), jako masę przyjmiemy $m = 1$ g, wówczas ciężar 1 g. w danym miejscu jest równy sile 981 dyn.

Przy takim założeniu siłę można określać w gramach lub kilogramach; będą to jednostki prakyczne siły.

4. Określenie pojęcia pracy.

Jeżeli na ciało działa siła F i jeśli ciało to doznaje przy tym przesunięcia l w kierunku działania tej siły, to mówimy, że **siła F wykonuje pracę** A Miarą pracy jest iloczyn siły przez drogę (tj. przez to przesunięcie)

$$A = F \times l \qquad (3)$$

Pracę uważamy jako dodatnią, gdy przesunięcie odbywa się zgodnie z kierunkiem działania siły; uważamy pracę za ujemną, gdy przesunięcie odbywa się w kierunku odwrotnym.

Jednostką pracy w układzie cgs jest **erg**; jest to praca, jaką wykonywa siła jednej dyny, gdy punkt przyłożenia tej siły przesuwa się w kierunku działania siły o jeden cm.

A więc

1 erg = 1 dyna × 1 cm.

Wymiar erga w układzie cgs wynosi:

$$\frac{g \cdot cm^2}{s^2}.$$

Ponieważ erg jest pracą znikomo małą, przyjęta została w praktyce jednostka pracy 10 milionów razy większa, zwana dżulem (J):

1 dżul = 10^7 ergów [1])

Jednostką pracy w układzie praktycznym jest **kilogramometr** (kgm). Jest to praca jaką trzeba wykonać, aby podnieść ciało o ciężarze 1 kg na wysokość 1 m. Jeżeli praca ta określona w jednostkach ciężarowych będzie wykonywana w miejscu, gdzie przyspieszenie ziemskie wynosi $g = 981$ cm/s², to możemy napisać:

1 kgm = 1000 × 981 dyn × 100 cm = 981 × 10^5 ergów

lub 1 kgm = 9,81 × 10^7 ergów = 9,81 dżuli,

gdyż, jak mówiliśmy poprzednio, 1 g odpowiada 981 dynom.

5. Określenie pojęcia mocy.

Mocą nazywamy stosunek pracy do czasu, w ciągu którego praca ta została wykonana; inaczej mówiąc, jest to praca, przypadająca na jednostkę czasu.

Ogólny wzór na moc będzie zatem:

$$P = \frac{A}{t} \qquad (4)$$

gdzie P jest to moc w jednostkach cgs, A — praca w jednostkach cgs, t — czas w sekundach.

Jeżeli we wzorze tym pracę A określimy w ergach, to moc otrzymamy w erg/s. Jest to moc bardzo mała, to-

*) Przyśpieszenie jest to przyrost szybkości $\triangle v$ (czytaj: „delta we") na jednostkę czasu, czyli na sekundę. Ponieważ szybkość v mierzymy w centymetrach na sekundę (cm/s), zatem i przyrost szybkości $\triangle v$ mierzymy również w cm/s, a ponieważ przyrost ten przypada — jeżeli chodzie o przyśpieszenie — na jednostkę czasu (czyli na sekundę), więc wymiar tego przyrostu (czyli przyśpieszenia) wyraża się jak następuje:

$$\left|\frac{cm}{s}\right| : \left|s\right| = \left|\frac{cm}{s^2}\right|$$

[1]) 10^7 = 10 000 000.

też w praktyce, zamiast określać pracę w ergach, podajemy ją w dżulach (J), wówczas moc otrzymamy w J/s.

Jeden J/s [1]) został nazwany **watem** (W). Jednostką 1000 razy większą jest kilowat (kW).

A więc:

$$1\ W = 1\ J/s; \qquad (5)$$

$$1\ kW = 1000\ W.$$

Podobnie, określając pracę we wzorze (4) w jednostkach ciężarowych (kgm) otrzymamy moc w kgm/s (w kilogramometrach na sekundę).

Porównując moc określoną w jednostkach ciężarowych z mocą określoną w układzie cgs, otrzymamy:

$$1\ J/s = 10^7\ erg/s;$$

$$1\ kgm/s = 9{,}81 \times 10^7\ erg/s = 9{,}81\ J/s;$$

$$\text{lub } 1\ kgm/s = 9{,}81\ W.$$

W praktyce bardzo często moc określana jest w koniach mechanicznych (KM):

$$1\ KM = 75\ kgm/s$$

czyli $1\ KM = 75 \times 9{,}81\ W = 736\ W = 0{,}736\ kW$;

i odwrotnie:

$$1\ kW = 1{,}36\ KM.$$

Ponieważ moc odgrywa w technice wogóle bardzo ważną rolę, a w szczególności w elektrotechnice, przyjęto również pracę określać w jednostkach mocy.

Ze wzoru (5) mamy:

$$1\ J = 1\ W \times 1\ s = 1\ Ws;$$

tak więc dżul może być nazwany watosekundą (Ws); jest to praca wykonywana w ciągu jednej sekundy przez urządzenie (np. silnik elektryczny) o mocy 1 W.

Większą jednostką pracy jest wielokrotność watosekundy, a mianowicie **kilowatogodzina** (kWh); jest to praca wykonywana w ciągu jednej godziny (h) np. przez silnik o mocy (mierzonej na wale) równej 1 kW.

Wobec tego:

$$1\ kWh = 1\ kW \times 1\ h = 1000\ W \times 3600\ s =$$

$$= 3{,}6 \times 10^6\ Ws = 3{,}6 \times 10^6\ J.$$

(C. d. n.)

[1]) Czytaj: dżul na sekundę.

Nowiny elektrotechniczne.

O WYBORZE RODZAJU UZWOJENIA STOJANA SILNIKA ASYNCHRONICZNEGO. — Budowa **uzwojenia stojana** silnika asychronicznego wpływa w znacznym — o ile nawet nie w decydującym — stopniu na eksploatacyjną pewność ruchu, na elektryczne własności oraz na koszt silnika. Toteż wybór tego uzwojenia powinien być dokonany na podstawie wszechstronnej oceny wszystkich własności porównywanych rodzajów uzwojeń. W szczególności należy wziąć pod uwagę następujące względy (wymienione wg ich doniosłości):

a) pewność ruchu pod względem eksploatacyjnym;

b) własności elektryczne silnika — w pierwszym rzędzie przebieg charakterystyki mechanicznej, wielkość strat dodatkowych, szumy oraz chłodzenie;

c) prostota pod względem technologicznym i koszty wykonania;

d) rozchód materiałów, oraz

e) wygodny remont.

Ze względu na swe zalety we wszystkich pięciu tych punktach uzwojenie dwuwarstwowe o cewkach sztywnych całkowicie wyrugowało w ciągu ostatnich 15—20 lat w maszynach na napięcie międzyprzewodowe powyżej 500 V, w maszynach na niskie napięcie powyżej 100 kW (przy 1500 obr./min.) oraz w większości mniejszych maszyn (o ile w stosunku do ich izolacji stawiane są specjalne wymagania), wszystkie dotychczas stosowane rodzaje uzwojeń cewkowych.

Tam natomiast, gdzie uzwojenie wykonywane jest z okrągłego drutu (tzw. uzwojenie „miękkie"), a więc w maszynach na napięcie międzyprzewodowe do 500 V dla mocy do 100 kW (przy 1500 obr./min.) uzwojenie dwuwarstwowe współzawodniczy z jednowarstwowym. To ostatnie posiada następujące zalety:

a) ponieważ w każdym żłobku leżą przewody jednej tylko fazy — uzwojenie to jest pod względem izolacji nieco pewniejsze od dwuwarstwowego;

b) liczba cewek przy uzwojeniu jednowarstwowym jest dwa razy mniejsza, niż przy dwuwarstwowym; czyni to wykonanie uzwojenia jednowarstwowego prostszym i tańszym;

c) pod względem elektrycznym uzwojenie jednowarstwowe posiada pełną rozpiętość, układane jest natomiast ze skróconą rozpiętością, wskutek czego rozchód miedzi przy tym uzwojeniu jest średnio o ok. 5% mniejszy, niż przy dwuwarstwowym;

d) uzwojenie jednowarstwowe jest wygodniejsze pod względem remontu (przy wymianie uszkodzonych cewek) i wreszcie

e) uzwojenie jednowarstwowe oddaje ciepło lepiej, niż dwuwarstwowe.

Obok niewątpliwych tych zalet uzwojenie jednowarstwowe posiada zdecydowaną wadę: ponieważ pod względem elektrycznym nie pozwala ono na skracanie rozpiętości (poskoku) — występują przy tym uzwojeniu wszystkie ujemne skutki wyższych harmonicznych: a więc załamania charakterystyki mechanicznej, wzrost strat dodatkowych (a zatem obniżenie współczynnika sprawności), wzrost nagrzania maszyny oraz możność wzrostu szumów. Dlatego właśnie zarówno teoria, jak i praktyka, skłaniają się coraz bardziej ku uzwojeniu dwuwarstwowemu.

Jasne jest, że główna zaleta uzwojenia dwuwarstwowego, a mianowicie możność (drogą skrócenia poskoku) jeżeli nie całkowitego wyeliminowania, to przynajmniej znacznego osłabienia wyższych harmonicznych (z wyjątkiem harmonicznych pochodzących od zębów) — winna być w pełni wykorzystana. I ten właśnie wzgląd a nie problematyczne zaoszczędzenie kilku procentów ciężaru miedzi, winien decydować przy obieraniu najkorzystniejszego skrócenia poskoku; skrócenie to, jak uczy długie doświadczenie, należy obierać bliskie 0,8.

Na zakończenie autor przytacza najkorzystniejsze rozpiętości dla kilku różnych wartości liczby żłobków na biegun i fazę. — (inż. E. D. Krawczik. O wyborie roda obmotki statora asinchronnawo dwigatiela i o najwygodniejszym ukaraczenii szaga. **Wiestnik Elektropromyszlennosti.** Zeszyt 4/1948 r.).

O WPŁYWIE WSPOŁCZYNNIKA WZROSTU SZEREGU MOCY SILNIKÓW NA PODSTAWOWE ICH WSKAŹNIKI TECHNICZNO-GOSPODARCZE. — Jak wiadomo, dla danej mocy można zbudować najkorzystniejszy — przy danym stanie techniki — silnik, zarówno jeżeli chodzi o zużycie materiałów i robocizny, jak również z punktu widzenia wskaźników eksploatacyjnych, technicznych i gospodarczych. Nie jest jednakże możliwe ani celowe — i to zarówno z punktu widzenia budowania silników, jak i ich eksploatacji ,— wykonanie bardzo dużej liczby typów (różniących się wymiarami) „najkorzystniejszych" silników. W praktyce ustala się zazwyczaj pewien określony szereg mocy, będący kompromisem pomiędzy wymogami pewnego konkretnego napędu a wymaganiami produkcji i eksploatacji silników.

Szereg mocy serii silników charakteryzuje tzw. „współczynnik wzrostu"; jest on bądź jednakowy dla całej rozpiętości tego szeregu, bądź też niejednakowy dla różnych jego odcinków. Im większa jest rozpiętość mocy silników, tym bardziej zwiększamy, projektując napęd i obierając najbliższy silnik większej mocy, koszty zakładowe oraz wydatki eksploatacyjne — w porównaniu z kosztami dla teoretycznego silnika o mocy ściśle dostosowanej do danego napędu (silnik taki można byłoby obrać, gdybyśmy mieli do dospozycji idealnie ciągłą, bezstopniową skalę mocy).

Współczynnik wzrostu szeregu mocy y, autor określa, jako **stosunek** najbliższej większej mocy znamionowej P_n silnika do najbliższej mniejszej mocy znamionowej P_{n-1}, czyli

$$y = \frac{P_n}{P_{n-1}}.$$

Dalej autor rozpatruje wpływ współczynnika wzrostu szeregu **y** na podstawowe techniczno-gospodarcze wskaźniki serii silników elektrycznych; wskaźnikami tymi są: rozchód materiałów (ciężar), koszt silników, współczynnik mocy, współczynnik sprawności i in. Porównywa on konkretny projekt nowej serii normalnych silników asynchronicznych o mocach od 0,6 do 7 kW ze starszą serią **ADO**, posiadającą dla tej samej rozpiętości mocy (0,8 ÷ 7,0 kW) osiem jednostek przy średnim spółczynniku wzrostu szeregu mocy $y' = 1{,}37$. Dane dotyczące nowej serii silników zawarte są w tablicy I; seria ta będzie obejmować 6 wielkości silników w oparciu o trzy średnice przy dwu długościach dla każdej ze średnic. Średnia wartość współczynnika wzrostu mocy wynosi dla nowej serii (jak łatwo obliczyć z tablicy I) 1,64, wobec czego współczynnik ten jest dla nowej serii silników większy.

TABLICA I.

Moc silnika (kW)	Współczynnik wzrostu mocy (y)	Ciężar silnika (kg)
0,6		11
	1,67	
1,0		16
	1,70	
1,7		23
	1,65	
2,8		30,5
	1,61	
7,0		61

Jeżeli chodzi o rozchód materiałów (ciężar) na skutek wzrostu współczynnika **y** dla nowej serii maszyn (w porównaniu ze starszą serią **ADO**), to dla silników o mocach do 2 kW średni wzrost rozchodu materiałów wynosi 5,2%, dla maszyn zaś od 2 kW wzwyż — 7,0%.

Co się tyczy **wskaźników energetycznych**, to autor podkreśla nie zawsze należycie docenianą konieczność ich rozpatrywania nie dla mocy znamionowej silników, lecz dla średniego ich obciążenia eksploatacyjnego; podaje on sposób obliczania odnośnych spółczynników w założeniu, że silniki nowej serii zostaną użyte głównie do napędu obrabiarek do metali. Autor podkreśla m. in. wpływ ustawienia przy obrabiarkach silników (podczas remontu wzgl. przy zamianie silników) o mocy większej od mocy wymaganej jakkolwiek podkreśla, że w ciągu ostatnich lat elektrycy w zakładach przemysłowych Związku Radzieckiego — pod naciskiem polityki taryfowej Ministerstwa elektrowni — uczynili bardzo wiele w kierunku obniżenia mocy zainstalowanej silników, częstokroć na drodze kosztownych zamian i przesunięć.

Wskaźniki energetyczne silników — to: współczynnik sprawności (η), współczynnik mocy ($\cos\varphi$) oraz tzw. współczynnik energetyczny ($\eta \times \cos\varphi$). Tzw. eksploatacyjny (zależny od obciążenia) współczynnik sprawności nowej serii nie wiele się różni od tegoż współczynnika dla dawnej serii silników, natomiast $\cos\varphi$ oraz „współczynnik energetyczny" różnią się w sposób istotny, gdyż o wielkość rzędu 3%.

Bezwzględna wartość eksploatacyjnego $\cos\varphi$ dla obu serii jest **niska**, co pociąga za sobą konieczność zastosowania w obu wypadkach sztucznych środków do **poprawienia współczynnika mocy** $\cos\varphi$. Najbardziej korzystne jest — wg panujących poglądów — zobojętnianie mocy biernej w pobliżu miejsc jej wytwarzania (a więc np. na punktach rozdzielczych w oddziałach fabrycznych lub w sieciach rozdzielczych) przy pomocy kondensatorów statycznych niskiego napięcia. W ogóle w nowoczesnych zakładach przemysłowych o dużej liczbie silników elektrycznych, użytych do napędu obrabiarek, dźwigów itp., **baterie kondensatorów statycznych są nieodzowne**.

Porównywując moce tych baterii kondensatorów dla obu rozpatrywanych serii silników, autor wnioskuje, że dla nowej serii silników moc baterii kondensatorów musi być o ok. 10% większa, niż dla serii **ADO** (dla osiągnięcia tych samych skutków co do poprawienia $\cos\varphi$).

Przechodząc do analizy kosztów związanych z ustawieniem kondensatorów statycznych, autor podkreśla, że wg cen w Z.S.R.R. z r. 1936 stosunek kosztów 1 kVAr baterii kondensatorów statycznych na napięcie 380 V (łącznie z montażem) do kosztów zainstalowanego (wraz z montażem) kilowata silnika serii ADO, 1500 obr./min., o mocy ok. 3 kW wynosił ok. 1,38. Należy podkreślić stosunkowo wysoki koszt kondensatorów na niskie napięcie (wg przedwojennych cenników koszt 1 kVAr tych kondensatorów był mniej więcej 3-krotnie wyższy od kosztu 1 kVAr kondensatorów na napięcie 6 kV). Przy takim stosunku cen wygodniejsze jest ustawienie kondensatorów statycznych na wysokim napięciu; łączny wzrost kosztów instalacji przy nowej serii silników można wówczas przyjąć w wysokości ok. 11% kosztów instalacji.

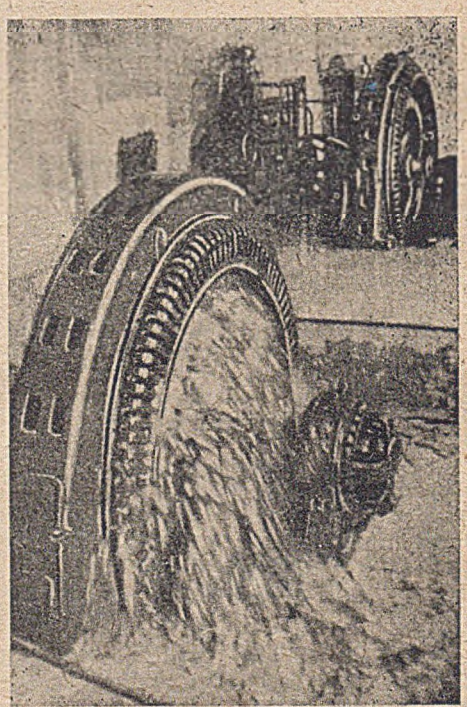
Autor podkreśla, że wybór kompensacji prądów biernych po stronie wysokiego napięcia uwarunkowany jest jedynie niekorzystnym dla kondensatorów niskonapięciowych stosunkiem cen. Przy masowej produkcji kondensatorów statycznych na niskie napięcie cena ich kilkakrotnie się obniży; uczyni to bardziej wygodną kompensację mocy biernych po stronie niskiego napięcia a jednocześnie zmniejszy koszty transformatorów ustawionych w poszczególnych oddziałach zakładu oraz koszty sieci niskiego napięcia. — (inż. S. M. Liwszic. O koefficientie narastanija szkały moszczności elektrodwigatielej. **Wiestnik Elektropromyszlennosti.** Zeszyt 4/1948 r.).

RZADKI WYPADEK „ZATOPIENIA" GENERATORA

W południowo-wschodniej Hiszpanii, w prowincji Murcja, wylała rzeka Segura, zalewając szerokie połacie kraju. Fala powodziowa wzrastała w tak szybkim tempie, że pracownicy pewnej elektrowni nie zdążyli zatrzymać będących w ruchu maszyn.

W elektrowni tej zainstalowany był generator prądu zmiennego o mocy 2 675 kVA, 4 500 V, 250 obr./min. O godzinie 5-tej rano poziom wody wzniósł się do wysokości wału maszyny, która mimo to (bez wzbudzenia) pozostawała nadal w ruchu przy normalnych swych obrotach. Unoszona przez wirujący rotor woda zalewała całą prądnicę (rys. 1). Prądnicę zatrzymano dopiero o godz. 1 min. 30 po południu.

Ogiędziny generatora — po opadnięciu wody — wykazały następujące uszkodzenia: woda wyrwała i uniosła ciężkie płyty osłaniające kanały kablowe; płyty te, krążąc przez pewien okres czasu po wodzie, obijały się o wirnik generatora, zamieniając się wreszcie w drzazgi pomiędzy wirnikiem a stojanem oraz przy czołach cewek wysokiego napięcia. Zniszczone zostały również kable doprowadzające prąd wzbudzenia, biegnące wzdłuż jednego z ramion wirnika.



Rys. 1. Woda unoszona przez wirujący rotor zalewa generator 2675 kVA, 4500 V, 250 obr./min.

U góry z prawej strony — widok tegoż generatora podczas postoju.

Łożyska, z których woda wyparła w 90% olej, rozmontowano. Pomimo, iż woda powodziowa naniosła duże ilości gliny, nie ucierpiały ani czopy wału, ani panewki łożyskowe.

Wystarczyło założyć nowe kable, które elektrownia posiadała na składzie, wysuszyć generator (prądem stałym w ciągu 12 dni) oraz pokryć cewki stojana lakierem izolacyjnym, wymieniając częściowo bandaże, aby prądnica — uruchomiona na nowo — działała nienagannie.

Opisany wypadek świadczy o dużej odporności generatora, który — mimo że znajdował się w ruchu już od 20 lat — przetrwał tak ciężką próbę i po stosunkowo niewielkim remoncie oddany został do dalszego użytku. — (A „water-driven" generator. — **Asea Journal.** Zeszyt 3—4/1948 r.).

Skrzynka techniczna.

OB. WOJTYNA WŁ., Surochów, p-ta Jarosław. W liście swym do Redakcji prosi Pan o wyjaśnienie kilku pojęć z dziedziny Techniki Oświetleniowej. Wysunięte w liście wątpliwości zgrupowaliśmy w trzy pytania, na które postaramy się odpowiedzieć w dwóch kolejnych zeszytach „Wiadomości". W bieżącym zeszycie odpowiadamy na pytanie **pierwsze**, a mianowicie: co to są lumeny i luksy?

Odpowiedź. Lumen jest to **jednostka**, w której wyrażamy (mierzymy) wielkość, zwaną **strumieniem świetlnym.** Luks zaś jest **jednostką** wielkości zwanej **jasnością** oświetlonej powierzchni. Oba te określenia a więc zarówno strumień świetlny, jak i jasność, wymagają bliższego wyjaśnienia. Pragnelibyśmy zaznaczyć, że wyjaśnienie to musi być z konieczności stosunkowo obszerne i że dla zrozumienia wszystkich pojęć — nie zawsze łatwych i prostych, — jakimi będziemy musieli posługiwać się w tym wyjaśnieniu, musi Pan poświęcić nieco czasu i sporo wnikliwej uwagi.

A więc, co to jest strumień świetlny?

Żarówka pobiera z sieci energię elektryczną, za którą płacimy elektrowni. Jednostką tej energii jest **kilowatogodzina** (kWh). Jednostką **mocy** tej energii jest **wat** (W) wzgl. **kilowat** (kW); jednostka ta wyraża energię zużywaną przez nasz odbiornik elektryczny (żarówkę lub silnik) w ciągu 1 sekundy.

Przypuśćmy, że posiadamy żarówkę o mocy $P = 100$ W; jest to moc, jaką żarówka pobiera z sieci. Z tej pobieranej przez żarówkę mocy zaledwie około 5 W zamienia się na **energię świetlną** — tj. na energię, na którą są wrażliwe światłoczułe ciałka ludzkiego oka. Pozostałe 95 watów są właściwie stracone z punktu widzenia celowości żarówki, gdyż zamieniają się na energię cieplną.

Światło nazywamy **promieniowaniem widzialnym** — w odróżnieniu od promieniowania niewidzialnego, jak np. promieniowanie radiowe, cieplne, rentgenowskie i in. Dzienne światło widzialne (tzw. białe) składa się z całego szeregu świateł składowych o różnych barwach. Ten szereg barw składowych obserwujemy np. w tęczy (widmo świetlne).

Gdyby nasza żarówka dawała światło białe, tj. takie, jak światło słoneczne (dzienne), to moc 5 watów energii światła byłaby prawie równomiernie rozłożona na poszczególne barwy. Lecz żarówka promieniuje światłem różowawym w porównaniu ze światłem dziennym. Pochodzi to stąd, że owa moc 5 W nie jest równomiernie rozłożona na barwy składowe światła żarówki; stosunkowo większa część mocy pobieranej przez żarówkę z sieci przypada na barwę czerwoną, położoną na skraju tęczy.

Oko ludzkie jest niejednakowo wrażliwe na różne barwy. Najbardziej jest ono wrażliwe na barwę żółtą z odcieniem zielonkawym, która to barwa leży w środku tęczy (widma światła słonecznego). Im jakaś barwa jest dalej położona od środka tęczy, tym oko nasze słabiej na nią reaguje, a tym samym światło tej barwy wydaje się nam słabsze. A więc poto, aby jednakowo widzieć w świetle o barwie jasno czerwonej i w świetle żółtym z odcieniem zielonkawym, trzeba, aby moc pierwszej była ok. 2 razy większa od mocy światła drugiego.

Została więc wyznaczona dla każdej z barw i odcieni tej barwy liczba, która wskazuje, jaką część wrażenia świetlnego wywiera moc 1 wata światła danej barwy (lub jej odcienia) w stosunku do mocy 1 wata światła żółtego z odcieniem zielonkawym, wywołującego najmocniejsze wrażenie świetlne. Liczbę tę nazwano **współczynnikiem widzialności światła jednobarwnego** i oznaczono symbolem literowym k_λ. Dla wszystkich barw k_λ jest liczbą ułamkową prócz światła żółtego z odcieniem zielonkawym, dla którego $k_\lambda = 1$. Przybliżone wartości współczynnika k_λ podane są w tablicy I.

W ten sposób utworzyliśmy pojęcie **mocy wrażenia świetlnego** wyrażonej w jednostkach zwanych **watami świetlnymi.** Zgodnie z tym pojęciem do wywołania pewnego wrażenia świetlnego — o mocy np. 2 watów świetlnych potrzebne jest światło żółte z odcieniem zielonkawym o mocy 2 watów, natomiast różowe — o mocy

$$\frac{2}{k_\lambda} = \frac{2}{0{,}4} = 5\,\text{W}.$$

TABLICA I.

Wartości liczbowe współczynnika k_λ dla różnych barw światła.

Barwa światła	Współczynnik k_λ
Fioletowa	od 0 do 0,01
niebieska	„ 0,01 „ 0,05
niebiesko - zielona	„ 0,05 „ 0,3
zielona	„ 0,3 „ 0,75
zielono - żółta	„ 0,75 „ 0,95
żółto - zielona	„ 0,95 „ 1,0
żółta	„ 1,0 „ 0,7
pomarańczowa	„ 0,7 „ 0,5
różowa	„ 0,5 „ 0,3
czerwona	„ 0,3 „ 0,1
wiśniowa	„ 0,1 „ 0

Do pomiarów wrażenia świetlnego w praktyce (w technice i fizyce) nie stosuje się jednostki wata świetlnego. Zamiast niego używa się jednostki **621** razy mniejszej zwanej **lumenem** (symbol: lm), a więc: 1 wat świetlny = 621 lumenów.

Strumień świetlny (symbol: F) jest właśnie tą wielkością, którą mierzymy (wyrażamy) w lumenach. Strumień świetlny wg definicji PNE jest to moc promieniowania oceniona według wrażenia świetlnego.

Np. żarówka 100-watowa o bańce szklanej koloru czerwonego wypromieniowuje światło tylko o barwie czerwonej. Żarówka ta, jak już zaznaczyliśmy, przetwarza na energię świetlną — z pobieranej z sieci mocy $P = 100$ W — tylko około 5 W; pozostałych 95 watów — to energia cieplna. Czerwone szkło bańki przepuszcza tylko światło czerwone o mocy około 1 W; reszta światła — o innych barwach o łącznej mocy ok. 4 W — pochłaniana jest przez szkło bańki żarówki i zamienia się w nim na ciepło, dodatkowo nagrzewając bańkę żarówki.

Przepuszczone przez bańkę światło czerwone o mocy 1 W wywiera wrażenie świetlne znacznie mniejszej mocy, a mianowicie 0,2 wata świetlnego (ponieważ $k_\lambda = 0{,}2$, więc $1 \times 0{,}2 = 0{,}2$ wata świetlnego), co odpowiada strumieniowi świetlnemu $F = 0{,}2 \times 621 = 124$ lumeny. Możemy więc o rozpatrywanej żarówce powiedzieć, że z mocy 1 wata pobranej (z sieci) energii elektrycznej wypromieniowuje ona strumień świetlny $F = 124$ lm.

Z powyższego przykładu nasuwa się określenie liczbowe tzw. **sprawności świetlnej źródła światła** wyrażonej przez iloraz, którego licznikiem jest strumień świetlny F wypromieniowany przez źródło światła, mianownikiem zaś — moc pobierana przez to źródło światła z sieci (P). Liczba określona tym ilorazem, wyrażonym w lumenach na wat ($\frac{\text{lm}}{\text{W}}$) charakteryzuje źródło światła pod względem jego wydajności świetlnej; przyjęto

ją nazywać **współczynnikiem sprawności świetlnej** źródła światła i oznaczać grecką literą ξ (ksi), a więc:

$$\xi = \frac{F}{P} = \frac{\text{strumień świetlny (w lumenach)}}{\text{moc pobrana (w watach)}}.$$

TABLICA II.

Minimalny strumień świetlny (w lumenach) i współczynnik sprawności (w lumenach/wat) nowych żarówek przezroczystych lub wewnątrz matowanych.

Żarówka o mocy (W)	Na napięcie 110V		Na napięcie 220V		Rodzaj żarówki
	Strumień świetlny F (lm)	Współczynnik sprawn. ξ (lm/W)	Strumień świetlny F (lm)	Współczynnik sprawn. ξ (lm/W)	
15	125	8,3	110	7,3	Próżniowa
25	225	9	200	8,0	„
40	410	10,3	325	8,1	Próżniowa lub gazowana „D" (Dekalumenowa)
ok.40	ok.440	ok.11,0	ok.400	ok.10	
40	—	—	ok.440	ok.11	Kryptonowa
60	710	11,8	565	9,4	Gazowana
75	950	12,6	780	10,4	„
100	1350	13,5	1140	11.4	„
150	2120	14,1	1820	12,1	„
200	2960	14,8	2600	13,0	„
300	4760	15,9	4230	14,1	„
500	8500	17,0	7700	15,4	„

Tablica II zawiera współczynniki sprawności (wydajności) ξ świetlnej źródła światła żarówek współczesnych. Dla porównania podajemy parę przybliżonych liczb, odnoszących się do niektórych źródeł światła:

żarówka 220 V z włóknem węglowym $\xi = 3{,}5 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$

lampa rtęciowa 220 V, 100 W $\xi = 35$ „

lampa sodowa 220 V, 100 W $\xi = 60$ „

nowoczesna rura fluoryzująca 220 V, 40 W $\xi = 40 \div 60$

Następnie postaramy się odpowiedzieć na pytanie, co to jest j a s n o ś ć.

Jeżeli wyobrazimy sobie, że na powierzchnię równą 1 metrowi kwadratowemu pada strumień świetlny $F = 1$ lumenowi, to powiemy, że powierzchnia ta jest oświetlona z j a s n o ś c i ą 1 luksa. Jeżeli ten sam strumień $F = 1$ lm pada na dwa razy większą powierzchnię (równą 2 m²), to jasność tej powierzchni wyniesie $\frac{1}{2}$ luksa. Jeżeli natomiast strumień np. o wartości $F = 4$ lm pada na powierzchnię 1 m², to jasność tej powierzchni wynosi 4 luksy Jeżeli więc na powierzchnię 3 m² pada strumień świetlny $F = 9$ lm, to będzie ona oświetlona jasnością: $\frac{9}{3} = 3$ luksom.

Pojęcie więc j a s n o ś c i odnosi się do oświetlonej powierzchni i możemy powiedzieć, że: jasność pewnej powierzchni równomiernie oświetlonej jest to strumień świetlny, przypadający na jednostkę tej powierzchni. Jasność mierzemy w jednostkach zwanych l u k s a m i (symbol: lx). Jednostkę jasności — l u k s określamy więc w następujący sposób:

$$1 \text{ luks} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2}$$

Odpowiedzi na dwa pozostałe pytania zamieścimy w następnych zeszytach.

inż. K. M.

L. M. P y t a n i e. W jakim celu stosuje się w transformatorach połączenie w zygzak i co dzięki temu połączeniu uzyskujemy. Proszę o podanie schematu tego układu.

O d p o w i e d ź. Układ w zygzak, którego schemat podany jest na rys. 1, stosuje się po stronie w t ó r n e j (niskiego napięcia) transformatorów zasilających sieci o ś w i e t l e n i o w e trój- lub cztero-przewodowe. Układ ten ma na celu **zmniejszenie nierównomierności** w obciążeniu (w prądach) poszczególnych faz po stronie pierwotnej oraz wyrównanie napięć wtórnych nawet przy znacznych nierównomiernościach w obciążeniu.

Przy układzie w z y g z a k każda z trzech faz wtórnego uzwojenia (na rys. 1 pokazane jest tylko wtórne uzwojenie transformatora) zostaje wykonana z d w ó c h połówek, nawiniętych na dwóch różnych słupach (kolumnach) transformatora, przy czym obie połówki tej samej fazy połączone są przeciw siebie; znaczy to, że koniec jednej z połówek łączymy z końcem drugiej, a nie z jej początkiem, jak to zazwyczaj ma miejsce przy łączeniu szeregowym cewek, wchodzących w skład tej samej fazy. Jedne początki tak utworzonych faz przyłączamy do przewodów fazowych **R**, **S**, **T** sieci, drugie zaś łączymy ze sobą, by uzyskać punkt z e r o w y **0** układu.

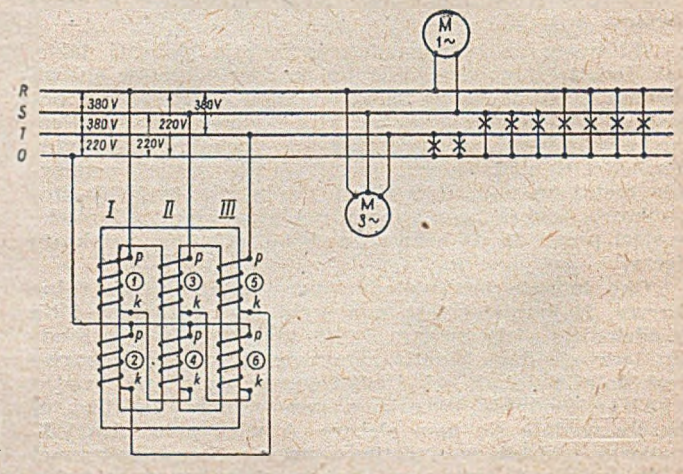
Na schemacie rys. 1 początki obu grup uzwojeń fazowych oznaczone są literami **p**, końce zaś — literami **k**. Jak widać ze schematu, w skład fazy pierwszej wchodzą cewki **1** i **4**, w skład fazy drugiej cewki **3** i **6**, trzecią zaś fazę tworzą cewki **5** i **2**.

Uzwojenie p i e r w o t n e transformatora (niepokazane na rys. 1), czyli uzwojenie wysokiego napięcia, jest w tym wypadku połączone zazwyczaj w gwiazdę. A ponieważ każda jego faza nawinięta jest na jednej kolumnie, więc za pośrednictwem strumienia magnetycznego znajduje się ona pod wpływem prądów płynących w d w u c h fazach wtórnych. Wskutek tego **nierówności obciążeń** poszczególnych trzech faz przy tym układzie są znacznie **mniejsze** po stronie pierwotnej (wysokiego napięcia), niż po stronie wtórnej (niskiego napięcia).

Z drugiej strony wskutek magnetycznego powiązania ze sobą poszczególnych trzech faz wtórnych (na strumień magnetyczny pewnej kolumny działają tu uzwojenia wtórne należące do dwóch różnych faz), napięcia tych faz nie różnią się między sobą tak wydatnie, jak to ma np. miejsce w układzie gwiazda/gwiazda z przewodem zerowym, który to układ nie nadaje się do ruchu przy nierównomiernym obciążeniu faz.

W sieciach oświetleniowych, w których olbrzymią większość stanowią odbiorniki jednofazowe, a mianowicie lampy żarowe, drobne silniki jednofazowe (indukcyjne lub komutatorowe) oraz różnego rodzaju grzejniki elektryczne (piecyki, kuchenki, żelazka itp.) o b c i ą ż e n i e poszczególnych faz jest, jak wiadomo, z natury rzeczy bardzo n i e r ó w n o m i e r n e. Nierównomierność obciążenia zależy przy tym od liczby i mocy odbiorników, załączonych jednocześnie u różnych abonentów w poszczególnych trzech fazach. Do zasilania takich właśnie sieci nadają się specjalnie transformatory połączone w zygzak.

Jednakże obok wspomnianych wyżej zalet, układ zygzakowy posiada również w a d y. Wymaga on bowiem przy tej samej mocy większej ilości miedzi nawojowej, aniżeli inne układy połączeń, wskutek czego układ ten wypada nieco droższy. Przyczyna tego tkwi w tym, że po to np., aby przy połączeniu w z y g z a k uzyskać napięcie fazowe: **U** = 220 woltów, należy w połówce (np. w grupie **1** rys. 1) uzwojenia fazowego wzniecić napięcie: $U_f = \frac{220}{1{,}73} = 127$ woltów, a nie $\frac{220}{2} = 110$ woltów, jakby



Rys. 1. Połączenie uzwojeń trzech faz transformatora (po stronie niskiego napięcia) przy układzie połączeń w zygzak.

to miało miejsce w wypadku normalnego połączenia szeregowego dwóch grup (połówek faz) tej samej kolumny transformatora. A zatem przy układzie w zygzak należy wzniecić w każdej z połówek faz napięcie o 15% większe, niż przy normalnym układzie połączeń, albowiem stosunek $\frac{127}{110} = 1{,}15$, skąd wniosek, że liczba zwojów oraz ciężar miedzi nawojowej uzwojenia połączonego w zygzak są o 15% w i ę k s z e, niż przy innych „normalnych" połączeniach.

Na rys. 1 pokazany jest schemat zasilania sieci czteroprzewodowej z przewodem zerowym **0**. Przy takiej sieci mamy, jak wiadomo, do dyspozycji dwa różne napięcia, np. 220 V między każdym z przewodów fazowych **R**, **S**, **T** a przewodem zerowym **0** oraz 380 V między każdymi dwoma przewodami fazowymi. Stosunek między tymi dwoma napięciami wynosi $\frac{380}{220} = 1{,}73$, jak to ma miejsce w każdym normalnym układzie gwiazdowym. Do celów oświetleniowych oraz do celów gospodarstwa domowego (grzejnictwo) korzystamy z napięcia 220 V, załączając żarówki oraz wszelkie inne odbiorniki j e d n o f a z o w e między jeden z przewodów fazowych a przewód zerowy. Natomiast silniki t r ó j f a z o w e przyłączamy do przewodów fazowych — na napięcie 380 V. Silniki jednofazowe indukcyjne czy też komutatorowe (uniwersalne lub repulsyjne) mogą być załączone bądź na 220 V. bądź na 380 V (jednofazowo) — zależnie od wielkości ich napięcia znamionowego.

Zaznaczamy, że na ogół instalacje elektryczne w mieszkaniach prywatnych są jednofazowe i że najwyższe stosowane dla nich napięcie wynosi ze względów bezpieczeństwa 220 V.

Ob. S. R-ski. Wałbrzych. P y t a n i e. Proszę o wyjaśnienie zasady działania aparatu Buchholza używanego do ochrony transformatorów olejowych.

Dlaczego czasami aparat ten uruchamia tylko sygnał alarmowy, a czasami powoduje wyłączenie transformatora, do którego ochrony jest on przeznaczony?

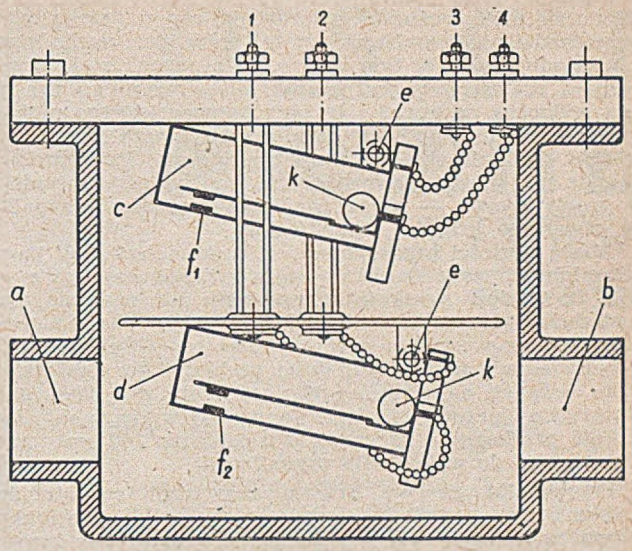
O d p o w i e d ź. Przekaźnik Buchholza, zwany również przekaźnikiem gazowym, znalazł powszechne zastosowanie do ochrony transformatorów olejowych większej i średniej mocy od uszkodzeń wewnętrznych.

Przekaźnik ten wykorzystuje zjawisko polegające na tym, że każde uszkodzenie i z o l a c j i uzwojeń lub żelaza w transformatorze powoduje miejscowy wzrost temperatury, co znów wywołuje — mniej lub bardziej intensywne — wydzielanie sie g a z ó w lub par z materiałów izolacyjnych otaczających uszkodzone miejsce.

Przekaźnik Buchholza jest wykonany w postaci niewielkiego zamkniętego naczynia zaopatrzonego w dwa przeciwległe boczne otwory **a** i **b** (rys. 1), przy pomocy których zostaje on wbudowany w przewód rurowy **r** (rys. 2) prowadzący z kadzi (skrzyni) **S** transformatora do konserwatora **K**. Wewnątrz przekaźnika **B** znajdują się dwa pływaki **c** i **d** (rys. 1) umieszczone jeden na drugim, w taki sposób, że mogą się obracać dokoła osi poziomych **e**.

Na rys. 1 pokazany jest schematycznie w przekroju przekaźnik Buchholza (w jednym ze starszych wykonań) zaopatrzony w styki f_1 i f_2 umieszczone wewnątrz pływaków. W celu uzyskania należytego docisku styków wewnątrz każdego z pływaków znajduje się szklana kula **k**, która przetaczając się, powoduje zamknięcie i należyte dociśnięcie styków.

Jeżeli w transformatorze powstanie np. uszkodzenie izolacji uzwojeń, uszkodzenie rdzenia, — ogólnie biorąc, dowolnie uszkodzenie, które powoduje rozkład oleju i wydzielanie się powstałych z rozkładu oleju, palnych gazów (np. metanu, etylenu, acetylenu i in.), gazy te zaczynają wędrować — jak to pokazane jest schematycznie na rys. 2 — ku górze, dostają się do przekaźnika gazowego (Buchholza), zbierają się w górnej jego części i powodują opuszczenie się w dół **górnego** pływaka **c**, wskutek czego zostają zamknięte styki f_1 obwodu sygnalizacyjnego, przyłączonego do zacisków **3 — 4** (rys. 1), co powoduje s y g n a ł a l a r m o w y akustyczny i ewent. optyczny, a więc np. uruchomienie syreny, zapalenie się czerwonego światła lub tp.



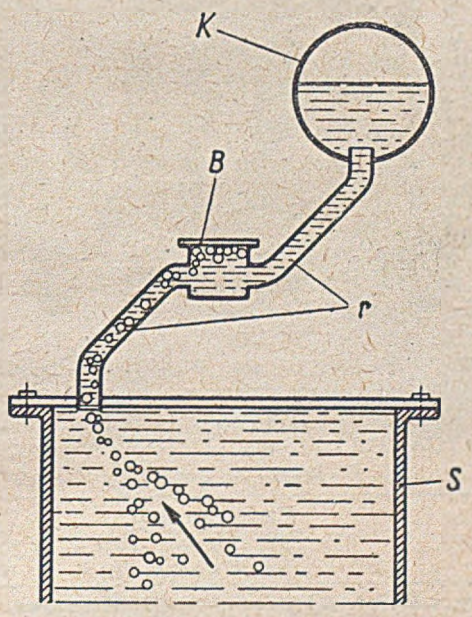
Rys. 1. Schemat przekaźnika Buchholza (w starszym wykonaniu). **a**, **b** — otwory boczne dla przyłączenia, **c**, **d** — pływaki, **e** — osie obrotu pływaków, f_1, f_2 — styki, **k** — kulki, **1—2** — zaciski obwodu wyzwalającego wyłączniki, **3—4** — zaciski obwodu sygnalizacyjnego.

O ile w przekaźniku zbierze się większa ilość gazów, co ma miejsce przy dłużej trwającym procesie rozkładu oleju lub przy bardzo intensywnym wydzielaniu się gazów (poważne uszkodzenie transformatora!), ulega również opuszczeniu pływak d o l n y, wskutek czego zostają zamknięte styki przyłączonego do zacisków 1 — 2 (rys. 1) obwodu wyzwalającego wyłączniki i transformator zostaje natychmiast obustronnie odłączony.

Przekaźnik gazowy działa również w przypadku, gdy poziom oleju w transformatorze z jakiejkolwiek przyczyny opadnie do poziomu, powodującego opuszczenie się któregokolwiek z pływaków.

Jeżeli do oleju w transformatorze dostanie się p o w i e t r z e — np. wskutek nieszczelności przewodów olejowych, łączących skrzynię transformatora z chłodnicą olejową (przy transformatorach ze sztucznym obiegiem chłodzenia), wskutek wymiany oleju w transformatorze lub przepompowywania oleju przez urządzenie oczyszczające (prasę do filtrowania, wirówkę itp.), — to powietrze to, przedostając się ku górze, powoduje również zadziałanie przekaźnika gazowego.

Dlatego też w przypadku zadziałania g ó r n e g o pływaka (sygnalizacyjnego) **c** w przekaźniku gazowym po-



Rys. 2. Uproszczony schemat włączenia przekaźnika Buchholza. **B** — przekaźnik Buchholza, **K** — konserwator olejowy, **r** — rury łączące, **S** — skrzynia transformatora.

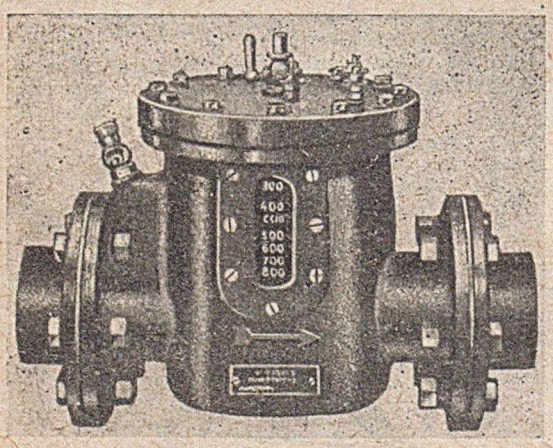
winno się mieć możność stwierdzenia, czy w przekaźniku nagromadziło się powietrze, czy też **palne** gazy pochodzące z rozkładu oleju. W tym celu u góry na pokrywie przekaźnika umieszczony jest **kranik** (niepokazany na rys. 1, lecz widoczny na rys. 3 i 4), przy pomocy którego można łatwo pobierać próbkę gazu z przekaźnika Buchholza w celu zbadania składu chemicznego gazu. Stwierdzenie, że gaz ten jest gazem palnym, można przeprowadzić w prosty sposób — przez przyłożenie zapalonej zapałki do otwartego kranika przekaźnika.

Miarą czułości przekaźnika jest najmniejsza ilość gazu potrzebna do zadziałania pływaka sygnalizacyjnego **c** — (rys. 1). Czułość przekaźnika gazowego nie powinna być zbyt duża, gdyż przekaźnik mógłby niepotrzebnie niepokoić obsługę rozdzielni w przypadku obecności w kadzi transformatora niewielkiej ilości pęcherzyków powietrza, które wskutek naturalnej cyrkulacji oleju stopniowo odrywają się i unoszą ku górze. Zazwyczaj wymaga się, aby czułość przekaźnika gazowego wynosiła ok. 100 cm³ gazu potrzebnego do zadziałania sygnalizacji.

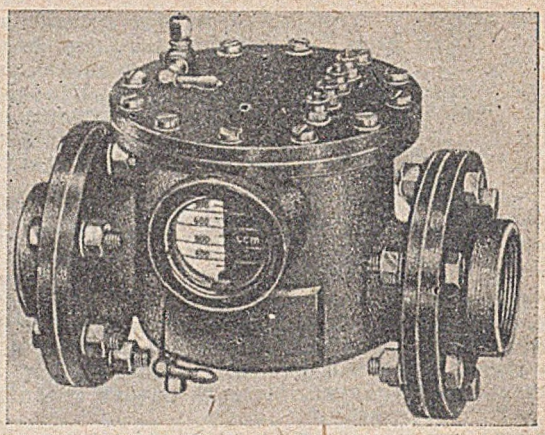
Przekaźniki gazowe bywają zazwyczaj zaopatrzone w dwa boczne przeciwległe umieszczone oszklone okienka wziernikowe (widoczne na rys. 3 i 4) zaopatrzone w podziałkę wyskalowaną w cm³ objętości gazu, który zebrał się nad poziomem oleju w przekaźniku. W ten sosób można wyznaczyć objętość gazu wydzielonego w przekaźniku oraz stwierdzić jego zabarwienie.

W przypadku gwałtownych zwarć w transformatorze występuje nie tylko intensywne wydzielanie się gazów w miejscu uszkodzenia, lecz powstaje również silny prąd oleju wytłaczanego — pod wpływem wzrostu ciśnienia — z kadzi transformatora do konserwatora. W celu wykorzystania tego ruchu oleju do uruchomienia przekaźnika **dolny** jego pływak bywa zazwyczaj umieszczony w taki sposób względem otworów wlotowego i wylotowego, że pod wpływem nacisku oleju wytłaczanego z kadzi do konserwatora pływak ten zostaje obrócony w kierunku odpowiadającym zamknięciu obwodu wyzwalającego.

Nowoczesne przekaźniki gazowe posiadają inną konstrukcję styków, niż podana na rys. 1, a mianowicie styki — wykonane w postaci rurek szklanych z rtęcią, umieszczoną na zewnątrz pływaków i sztywno z nimi połączone. Przechylenie pływaka powoduje obrócenie się rurki z rtęcią, wskutek czego obwód prądu pomocniczego



Rys. 3. Widok przekaźnika gazowego Buchholza dla transformatorów większej mocy.



Rys. 4. Przekaźnik Buchholza dla transformatora dużej mocy z okrągłym okienkiem wziernikowym.

zostaje zamknięty. Styki rtęciowe można w razie potrzeby w łatwy sposób przemontować tak, aby w przypadku zadziałania jednego z przekaźników następowało nie zamknięcie, lecz otwarcie obwodu. Styki, powodujące **otwarcie** obwodu noszą nazwę styków **spoczynkowych** — w odróżnieniu od poprzednio opisanych styków (f_1 i f_2 — rys. 1) — zwanych **roboczymi.**

Po zainstalowaniu przekaźnika Buchholza należy w określonych odstępach czasu przeprowadzać kontrolę działania przekaźnika. W tym celu do przekaźnika wprowadza się z zewnątrz powietrze przy pomocy np. pompki rowerowej, korzystając z górnego otworu z kranikiem.

Przekaźniki gazowe są wykonywane w kilku wielkościach (rozmiarach) w celu dostosowania do transformatorów o różnych mocach znamionowych.

Wskutek swej prostoty oraz wielkiej czułości przekaźnik gazowy przyczynia się do wykrywania najdrobniejszych uszkodzeń w transformatorze — już w stanie ich wywiązywania się, — zapobiegając w ten sposób powstawaniu poważniejszych uszkodzeń.

Przekaźniki syst. Buchholza wyrabiane już są w kraju, jako tzw. przekaźniki gazowo-podmuchowe typów B_1 i B_2. Przekaźniki typu B_1 przeznaczone są do zabezpieczania transformatorów o mocy od 100 do 1000 kVA, przekaźniki zaś typu B_2 — do transformatorów o mocy od 1001 do 10 000 kVA.

Jeżeli chodzi o niektóre charakterystyki przekaźników w wykonaniu krajowym, to liczba pływaków wynosi — w obu typach — po 2, przy czym w wykonaniu B_2 przykaźnik posiada płytkę podmuchową, zawieszoną na osi otworów przelotowych przekaźnika. Przy gwałtownym przepływie oleju ze skrzyni transformatora do konserwatora (powstawanie poważnego uszkodzenia) płytka podmuchowa poddana jest działaniu podmuchowemu strumienia oleju, wskutek czego odchyla się i uruchamia kontakt rtęciowy, powodując natychmiastowe odłączenie transformatora. Czułość działania płytki podmuchowej może być regulowana w granicach, odpowiadających szybkości przepływu oleju przez przelot od 50 cm³/s do 150 cm³/s.

Kontakty przy przekaźnikach mogą być wykonane jako czynne lub jako bierne; obciążalność kontaktów: 10 amperów; przybliżony ciężar przekaźników: typ B_1 — 5,5 kg, typ B_2 — 16,5 kg.

inż. J. Ż.

WYDAWCA: Przegląd Elektrotechniczny, Spółka z ogr. odp. Udziałowcy Spółki: Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Centralny Zarząd Energetyki oraz Centralny Zarząd Przemysłu Elektrotechnicznego.

Ceny ogłoszeń:

cała strona (1/1) — zł 30.000.— pół strony (1/2) — zł 17.000.—
ćwierć strony (1/4) — „ 9.000.— ósemka „ (1/8) — „ 5.000.—

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Al. Marsz. J. Stalina 27, tel. 8-53-40/41/42/43/44, wewn. 71.
Telefon Redakcji 8-10-09.

KONTO CZEKOWE W P.K.O. I — 4242.

P.W.Z.G. — Okr. Pld. Wrocław — Z.G. 260/49 — F 38750