NAKŁAD 7500 EGZEMPLARZY CENA ZESZYTU ZŁ. 60.—

WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE

CZASOPISMO DLA ELEKTRYKÓW—PRAKTYKÓW

Redaktor inż. el. Włodzimierz Kotelewski * Warszawa, Czackiego 3/5

ROK IX LIPIEC—SIERPIEŃ—WRZESIEŃ 1949 ZESZYT 7/8/9

TREŚĆ ZESZYTU 7/8 9-go 1. ELEKTRYCZNE PIECE KRYPTOLOWE. 2. NOWOCZESNA OCHRONA TRANSFORMATORÓW. 3. NOWOCZESNA SIEĆ ELEKTRYCZNA W BUDYNKACH. 4. USUWANIE USZKODZEŃ SPOWODOWANYCH PRZEZ WILGOĆ W MASZYNACH ELEKTRYCZNYCH. 5. ŁĄCZENIE PRZEWODÓW I KABLI ALUMINIOWYCH. 6. KILKA UWAG O ELEKTROWNIACH WODNYCH. 7. URZĄDZENIA OCHRONNE PRZECIW PORAŻENIOM ELEKTRYCZNYM. 8. PORAŻENIA ELEKTRYCZNE W POLSCE. 9. POPULARNA ELEKTROTECHNIKA. 10. TEMAT DLA RACJONALIZATORÓW. 11. NOWINY ELEKTROTECHNICZNE. 12. SKRZYNKA TECHNICZNA. 13. W SPRAWIE ROZWOJU WYNALAZCZOŚCI ROBOTNICZEJ. 14. BIBLIOGRAFIA.

Elektryczne piece kryptolowe

Inż. B. SOCHOR.

Uwagi wstępne.

Przemysł, a przede wszystkim laboratoria badawcze, mają stale duże zapotrzebowanie na **urządzenia grzejne do wysokich temperatur.** Przeważnie chodzi tu o przestrzenie niewielkich rozmiarów ogrzewane do temperatury powyżej 1000° C.

W piecach elektrycznych o temperaturach do 1000 °C stosujemy z powodzeniem grzejniki wykonane z drutu, względnie z taśmy chromoniklowej.

Powyżej tej temperatury, lecz nie wyżej 1350° C, możemy stosować grzejniki będące stopem chromu, żelaza, glinu i kobaltu. Używanie drutów oporowych w tak bądź co bądź wysokiej temperaturze wiąże się zawsze z pewnym ryzykiem powstania przerwy w działaniu urządzenia grzejnego, mogącej nastąpić na skutek bądź miejscowego przegrzania drutu, bądź też szkodliwego oddziaływania otaczającej atmosfery czy też materiałów izolujących. Poza tym grzejniki oporowe — na skutek pracy w tak wysokiej temperaturze — stają się najczęściej bardzo kruche (np. tzw. „Kanthal"), co powoduje ich pękanie w stanie zimnym pod wpływem wstrząsów.

Temperaturę do 1400° C można także uzyskać w piecach z grzejnikami wykonanymi z drutu platynowego. Ze względu jednak na b. wysoką cenę, tego rodzaju grzejniki mają wyjątkowe tylko zastosowanie (np. w małych piecykach do wypalania porcelany dentystycznej). W dalszym ciągu należy jeszcze brać pod uwagę fakt, że zarówno platyna, jak i wymienione metaliczne grzejniki oporowe, są pochodzenia zagranicznego.

W tych warunkach wynalezienie materiału, któryby umożliwił budowę urządzeń grzejnych do wysokich temperatur, a przy tym był łatwo dostępny, jest sprawą ważną i pilną.

Kryptol i jego właściwości.

Materiałem, który spełnia wymienione wymagania jest węgiel, poddany odpowiednim procesom technologicznym.

Węgiel może być stosowany w postaci prętów, rur, względnie drobnego łomu pod nazwą kryptol. Kryptol otrzymujemy przez rozkruszenie elektrod węglowych używanych normalnie do pieców lub do lamp łukowych i następne ich przesianie. Pył węglowy, jako nienadający się do celów grzejnych, usuwamy całkowicie. Produkt rozkruszenia przesiewamy i sortujemy według grubości ziaren. Normalnie używane grubości ziaren wynoszą od 0,5 do 5,0 mm (wyjątkowo więcej). Od grubości ziaren zależy wartość oporności elektrycznej stawianej przez warstwę ziaren węgla, a tym samym i wysokość napięcia, jakie możemy zastosować. Od grubości ziaren zależy poza tym moc pobierana przez piec oraz temperatura osiągana w piecu.

Elektrody są produkowane w dwóch zasadniczych gatunkach, a mianowicie jako węglowe oraz jako grafitowe, toteż i kryptol — zależnie od tego czy jest wykonany z elektrod węglowych czy też grafitowych — wykazywać będzie odmienne właściwości.

Jako surowiec, na elektrody węglowe używany jest rozdrobniony **antracyt**, z którego usuwa się po-

OD REDAKCJI.

Pragnąc wyrównać opóźnienie w ukazywaniu się czasopisma, Redakcja „Wiadomości Elektrotechnicznych" wydaje niniejszy zeszyt, jako potrójny w objętości 58 stron.

Brakujących 14 stron wyrównamy w dalszych zeszytach.

piół i zanieczyszczenia. Środkiem wiążącym jest smoła. Antracyt — sprasowany w odpowiednich formach — nagrzewany jest do temperatury 1000° C bez dostępu powietrza, a to w celu uchronienia go przed utlenianiem. W czasie tego nagrzewania lotne części smoły ulatniają się, poszczególne zaś kawałki antracytu zostają trwale ze sobą związane. Wykonane w ten sposób elektrody węglowe wykazują następujące właściwości:

— opór właściwy . . . . 30 — 100 Ω mm²/m,
— ciężar właściwy . . . 1,5 — 1,6 kg/dm³
— ciepło właściwe przy 100° C ok. 0,20 kcal/kg °C
— najniższa temperatura, przy której zaczyna się proces utleniania (przy wolnym dostępie powietrza) ok. 400 °C.

Elektrody węglowe, przy zastosowaniu ich w piecach łukowych, można obciążać prądem o gęstości od 4 — do 8 A/cm².

Elektrody grafitowe wyrabiane są zasadniczo w sposób identyczny, jak węglowe; podlegają one jedynie dodatkowemu procesowi przemiany węgla w grafit. Odbywa się to w temperaturze ok. 2000° C, osiąganej na skutek przepływu prądu przez elektrodę szczelnie otuloną w celu uniemożliwienia dostępu powietrza. Własności techniczne elektrod grafitowych są następujące:

— opór właściwy . . . . 8 — 15 Ω mm²/m,
— ciężar właściwy . . . . ok. 1,4 kg/dm³
— ciepło właściwe przy 100° C ok. 0,3 kcal/kg° C
— najniższa temperatura, przy której zaczyna się proces utleniania przy wolnym dostępie powietrza ok. 700 °C.

Dopuszczalne obciążenie elektrod grafitowych wynosi od 15 do 30 A/cm² przy zastosowaniu ich do pieców łukowych.

Elektrody, stosowane jako doprowadzenia prądu w piecach kryptolowych obciążamy w tym samym stopniu jak i przy użyciu ich w piecach łukowych, względnie — w miarę możności — w mniejszym stopniu, a to dla uniknięcia nadmiernego nagrzewania się połączeń.

Wysokość obciążenia kryptolu prądem zależy od gatunku surowca użytego do jego wyprodukowania oraz od grubości ziaren. Oprócz kryptolu, będącego produktem elektrod węglowych lub grafitowych, używać można również odpowiednio przygotowanego koksu. Koks musi mieć ziarna jednakowej wielkości; nie powinien on zawierać więcej niż 2% popiołu. Porównawcze dane kryptolu otrzymanego z elektrod węglowych oraz z koksu podaje tablica I.

TABLICA I.

Dane techniczne kryptolu.

Nazwa materiału	Średnica ziarna mm	Ciężar 1 dm³ w kg	Opór właściwy Ω cm w temperaturze 20°C	Opór właściwy Ω cm w temperaturze 1500°C
kryptol z elektrod węglowych	0,5 - 3,0	ok. 1,1	15	2,8
	1,0 — 4,0	„ 1,0	10	2,5
	2,0 — 6,0	„ 0,95	3,5	1,2
kryptol z koksu	0,5 — 3,0	0,6 — 0,9	17	7
	3,0 - 10,0	0,5 — 0,7	5,3	2

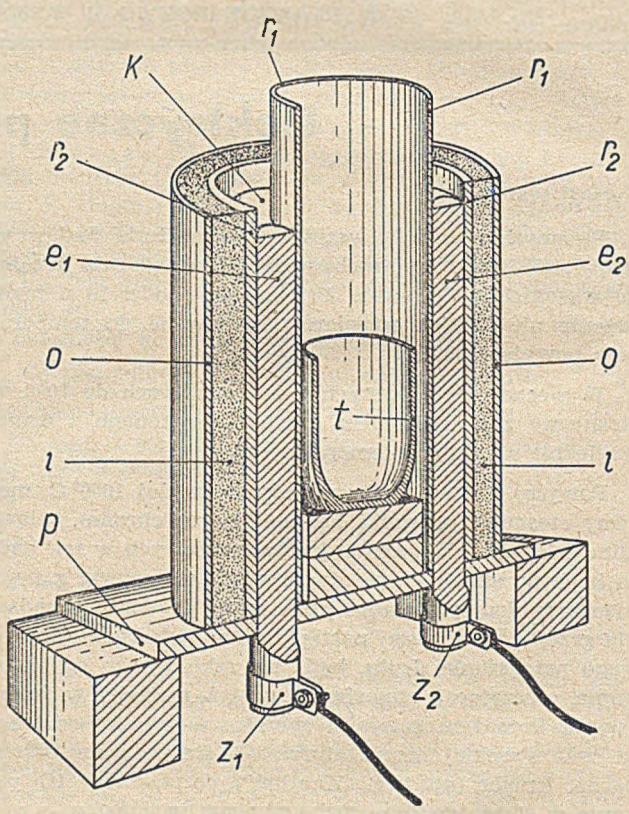
Opór elektryczny stawiany przez warstwę kryptolu jest sumą oporów przejścia prądu przez ziarna oraz oporów na stykach ziaren. Te ostatnie opory — zależne m. in. od stopnia ubicia ziaren — są dość duże, wobec czego między ziarnami powstają drobne wyładowania elektryczne.

Zmiana gatunku kryptolu pociąga za sobą często konieczność zmiany sposobu zasilania pieca oraz zmiany wysokości doprowadzanego napięcia. Zmieniają się również warunki pracy, gdyż np. szybkość wypalania się kryptolu koksowego jest znacznie większa niż kryptolu wykonanego z elektrod węglowych lub grafitowych.

Wykonanie pieców kryptolowych.

Najprostsze wykonanie piecyka kryptolowego pokazane jest na rys. 1. Dwie rurki r_1 i r_2 wykonane z materiału ceramicznego o odpowiedniej wytrzymałości na wysoką temperaturę, ustawione są współosiowo na podstawie ogniotrwałej p. Pomiędzy te rurki są ułożone dwie elektrody e_1 i e_2; przestrzeń między elektrodami wypełniona jest kryptolem k.

Z żewnątrz rurki ceramiczne otulone są materiałem izolującym cieplnie l. Elektrody połączone są przy pomocy zacisków z_1 i z_2 ze źródłem prądu, którego na-



Rys. 1. Piec kryptolowy (w przekroju) z elektrodami węglowymi. r_1 i r_2 — rurki ceramiczne, p — podstawa ogniotrwała, e_1 — e_2 — elektrody, k — kryptol, l — materiał izolacyjny, o — osłona z blachy żelaznej, t — tygielek, z_1 i z_2 — zaciski.

pięcie musi być odpowiednio dobrane. Dla piecyka o średnicy wewnętrznej rurki 40 mm i długości 100 mm oraz o grubości warstwy kryptolu wynoszącej 5 mm, źródło prądu musi dać prąd o napięciu regulowanym w granicach od 20 V do 60 V przy natężeniu od 10 do 30 A.

Zasilanie pieców kryptolowych odbywa się przy pomocy transformatorów obniżających napięcie i umożliwiających regulowanie napięcia w odpowiednich granicach, a to ze względu na zmianę oporu ze wzrostem temperatury.

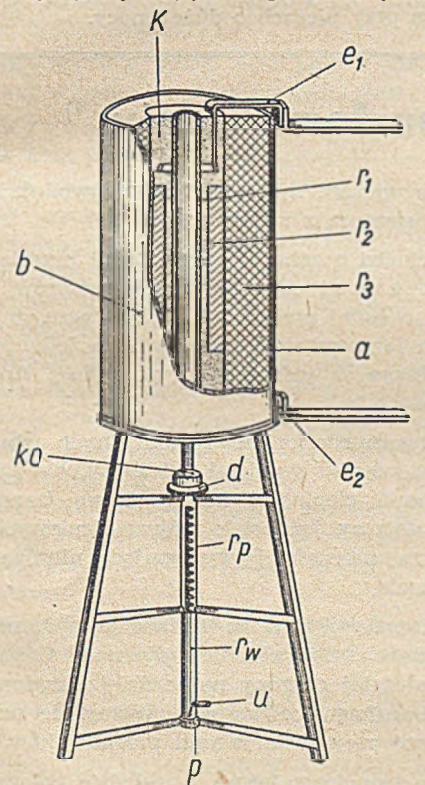
Opisywany piecyk (rys. 1) stanowi najprostsze rozwiązanie i jest łatwy do wykonania. Trudności mogą wyniknąć przy doborze materiału ceramicznego na rurki, tak by wytrzymywały wysoką temperaturę, oraz przy umocowywaniu przewodów doprowadzających prąd do

elektrod. Elektrody — o ile są zbyt krótkie i cienkie — nagrzewają się nadmiernie. Zaciski łączące przewody w braku dostatecznego docisku nagrzewają się.

Natężenie prądu płynącego przez kryptol zależy od stopnia jego ubicia oraz od wielkości ziaren. Im ziarna te są mniejsze i ściślej ubite, tym natężenie prądu przy tym samym napięciu jest większe i tym równiomierniej piec się nagrzewa. Niejednakowe ubicie kryptolu powoduje duże nierównomierności nagrzewania się pieca, co wpływa niekorzystnie na pracę pieca.

W czasie pracy piece kryptolowe wydzielają znaczne ilości tlenku węgla, toteż przy piecach o większych rozmiarach należy stosować urządzenia wentylacyjne dla ochrony osób pracujących. Wydzielający się tlenek węgla oddziaływuje szkodliwie na urządzenie pomiarowe temperatury, niszcząc ogniwa termoelektryczne (termopary). Nawet druty ogniw Pt — PtRh (platyna — platynarod) ulegają szybkiemu zniszczeniu, toteż nie mogą one być umieszczane na stałe w piecu.

Piece większych rozmiarów budujemy w odmienny sposób, najczęściej tak, jak to pokazane jest na rys. 2.



Rys. 2. Piec kryptolowy z elektrodami żelaznymi. r_1 — rura ceramiczna, e_1 i e_2 — elektrody żelazne, r_2 — rura ceramiczna, k — kryptol, r_3 — rura ceramiczna, a — azbest, b — osłona z blachy żelaznej, d — dno ruchome pieca, ko — korek ceramiczny, r_p — rura żelazna, r_w — rura żelazna, p — podstawa, u — uchwyt.

Przestrzeń ogrzewaną stanowi rura r_1 sporządzona z materiału ceramicznego o dużej wytrzymałości na wysoką temperaturę (np. z karborundu). Na obu końcach rury r_1 znajdują się elektrody e_1 i e_2 w kształcie stożkowych pierścieni wykonanych z żelaza z dospawanymi szynami żelaznymi dla doprowadzenia prądu. Rura ceramiczna r_2, również o dużej wytrzymałości na wysoką temperaturę, ogranicza z drugiej strony przestrzeń, w której znajduje się kryptol.

Kryptol k zakrywa całkowicie obie elektrody. Ponieważ jednak przekroje kryptolu przy elektrodach oraz powierzchnie elektrod są duże, ilość ciepła wydzielanego przy elektrodach jest niezbyt wielka. Największa ilość ciepła jest uzyskiwana w zwężeniu spowodowanym rurą r_2 i tu właśnie występuje najwyższa temperatura. Rura r_3 wykonana z materiału ceramicznego (np. z szamoty) zamyka kryptol od zewnątrz, stanowiąc izolację cieplną. Dodatkową izolację cieplną daje warstwa azbestu a, uchwycona płaszczem b z blachy żelaznej.

Piece kryptolowe są z zasady budowane jako pionowe. Kryptol, wypalając się w wysokiej temperaturze, stopniowo obsuwa się ku dołowi. Przy położeniu poziomym rury mogłyby — wskutek jej obsuwania się — powstać przerwy w warstwie kryptolu, powodujące trudności w pracy.

Gęstość prądu w kryptolu nie powinna być większa od 1,5 A/cm², zaś na powierzchni elektrod żelaznych — nie większa od 0,1 A/cm². Na tej podstawie, uwzględniając równocześnie wyniki uzyskiwane w praktyce, można ustalić orientacyjne dane co do mocy pieców kryptolowych w zależności od ich rozmiarów. Dane te zawarte są w tablicy II.

TABLICA II.

Zależność mocy od wymiarów przestrzeni grzejnej pieca kryptolowego:

Przestrzeń grzejna		Najwyższa osiągalna temperatura °C	Moc pobierana przy najwyższej temperaturze (kVA)
średnica mm	długość mm		
60	100	1800	4 — 8
80	120	1800	6 — 10
100	150	1800	10 — 15
120	200	1700	12 — 20
150	250	1700	15 — 25

Dalsze zwiększanie długości pieca czyli odległości pomiędzy elektrodami wymaga znacznego podwyższenia mocy. Taki sam wpływ na pobór energii elektrycznej wywiera zwiększanie średnicy pieca, przy czym liczyć się należy z trudnością przy uzyskaniu wyższych temperatur. Piece kryptolowe pracują przy cos $\varphi = 0{,}8$.

Możliwość uzyskiwania temperatury 2000° C zależy przede wszystkim od dysponowania odpowiednim materiałem na rurki (r_1, r_2, i r_3). Szamotowe rurki wytrzymują temperaturę jedynie do ok. 1400° C. (karborundowe do 1800° C). Powyżej tej temperatury należy stosować rurki wykonane z tlenku cyrkonu.

Pionowy sposób ustawienia pieca kryptolowego sprawia, że materiał wkładany jest do pieca przeważnie od dołu — poprzez dno ruchome, jak to widzimy na rys. 2. Dno ruchome d pieca jest zakończone korkiem ko z materiału ceramicznego, na którym ustawiamy ogrzewany przedmiot, np. tygiel. Dno ruchome umieszczone na rurze żelaznej r_w jest przesuwane pionowo wewnątrz rury żelaznej r_p, posiadającej wycięcia dla ustalenia różnych położeń tej rury. Podstawa p ogranicza dolne położenie dna ruchomego. Przesuwanie dna dokonujemy przy pomocy uchwytu u.

Dobra praca pieca kryptolowego w dużym stopniu zależy od równomierności jego nagrzewania się. Wpływ na to ma dokładnie współosiowe ustawienie rur — tak, by przekrój warstwy kryptolu był wszędzie jednakowy, oraz równomierne ubicie kryptolu.

Elektrody zarówno węglowe jak i żelazne muszą być ustawione w ten sposób by rozpływ prądu był równy i nie występowały miejscowe przegrzania. Pokrycie elektrod kryptolem musi być całkowite.

Praca w piecach kryptolowych dla nieobznajmionego personelu jest kłopotliwa, gdyż piece te są dość kapryśne. Każdy niemal wstrząs pieca powoduje zmiany oporu warstwy kryptolu, a więc i wahania w natężeniu prądu. Tym nie mniej — wobec trudności w budowaniu pieców laboratoryjnych z innymi grzejnikami (pochodzenia zagranicznego) — konieczną jest rzeczą rozpowszechnienie tego typu pieców. Jedna z fabryk krajowych już rozpoczęła produkcję pieców kryptolowych.

Wnioski końcowe.

Powodzenie w pracy pieców kryptolowych zależy jedynie od umiejętności posługiwania się oraz od umiejętności przebudowywania pieców. Piece kryptolowe pracują bez przebudowy najwyżej do 100 godzin i to w dużym stopniu zależnie od wysokości stosowanej temperatury. Po tym czasie kryptol ulega znacznemu wypaleniu i musi być odnowiony, przy czym elektrody muszą być na nowo ustawione w prawidłowym ich położeniu.

Wskazówki dla budowy i obsługi pieców kryptolowych dadzą się ująć w następujące punkty:

1. piece kryptolowe należy budować z rurą pionową;
2. rury obejmujące kryptol muszą być wykonane z materiału ceramicznego wytrzymałego na odpowiednio wysoką temperaturę;
3. elektrody winny być o możliwie dużej powierzchni i przekroju;
4. kryptol pokrywający elektrody winien być jak najdrobniejszy, natomiast w części grzejnej grubszy (zależnie od wymiarów pieca);
5. piec należy zasilać z transformatora o odpowiednio regulowanym napięciu wtórnym;
6. moc pieca należy przyjmować stosunkowo wysoką, a to ze względu na duże straty cieplne;
7. nagrzewanie pieca kryptolowego powinno następować wolno dla uniknięcia pękania materiałów ceramicznych;
8. gdy piec nagrzewa się nierównomiernie, należy go przebudować;
9. pozostawianie na stałe ogniw termoelektrycznych do pomiaru temperatury w piecu jest niewskazane;
10. należy stosować wentylację pomieszczenia, zwłaszcza przy piecach o dużej mocy.

Nowoczesna ochrona transformatorów [1]

Uwagi wstępne.

Przy obecnym stanie techniki budowy transformatorów olejowych są one jednym z najpewniejszych elementów sieci elektrycznych.

Transformatory są jednak obiektami tak wartościowymi, a zwłaszcza transformatory o dużej mocy zbudowane na wysokie napięcie, że przy ich instalowaniu konieczne jest **uwzględnienie możliwości nastąpienia uszkodzeń.** Dlatego przy planowaniu rozdzielni konieczne jest zastanowienie się nad zastosowaniem właściwego zabezpieczenia dostosowanego do ważności danego obiektu.

Każde zabezpieczenie maszyn elektrycznych czy transformatorów ma za zadanie, jak wiadomo, jednoznaczne **ustalenie uszkodzonego miejsca i spowodowanie odłączenia** wszelkich połączeń między uszkodzoną maszyną a źródłem energii, aby w ten sposób przerwać dopływ energii elektrycznej do miejsca uszkodzonego.

Dla właściwego wyboru systemu zabezpieczenia transformatorów zasadnicze znaczenie mają ruchowe własności transformatorów i sieci, w których transformatory pracują, oraz własności elementów zabezpieczających i ich układów.

Transformatory budowane w ostatnich latach mogą znieść bez uszkodzenia przejściowe (przemijające) przepięcia i przetężenia o ile nie przekraczają one zbyt wysokich wartości. Dlatego konieczne są właściwie tylko zabezpieczenia ochronne transformatorów przed przepięciami **atmosferycznymi** oraz przed nadmiernym nagrzaniem uzwojeń, spowodowanym **długotrwałymi przetężeniami.**

Wysokość przepięć atmosferycznych ograniczana jest przy pomocy odgromników. Ponieważ ze wzrostem **napięcia znamionowego** (nominalnego) **uzwojeń** transformatora maleje znacznie liczba przepięć niebezpiecznych dla izolacji jego uzwojeń, istnieje dążność do niestosowania odgromników w miarę wzrostu napięcia nominalnego (powyżej np. 60 kV). Z drugiej jednakże strony im wyższe jest napięcie, na które transformator jest zbudowany, tym większe są straty, jakie powoduje wypadnięcie transformatora z ruchu.

Jeżeli chodzi o zabezpieczenie przed przeciążeniem, to dla termicznej ochrony transformatorów dwuuzwojeniowych o stałej przekładni i symetrycznym obciążeniu wszystkich faz wystarczy zastosowanie jednego **przekaźnika cieplnego** w jednej fazie po jednej stronie transformatora.

Przy transformatorach regulacyjnych zbudowanych dla dużego zakresu regulacji należy zwykle zabezpieczyć przekaźnikami cieplnymi każdą stronę transformatora. To samo dotyczy jednostek trójuzwojeniowych, a to ze względu na najczęściej występującą nierównomierność ich obciążenia.

O ile spodziewamy się obciążenia niesymetrycznego, należy zawsze zastosować zabezpieczenie trójfazowe. W celu należytej ochrony najbardziej narażonych części uzwojeń transformatorów, posługujemy się następującymi zasadami przy instalowaniu przekaźników cieplnych:

a) Przy transformatorach o układzie połączeń gwiazda/trójkąt należy przekaźniki cieplne zainstalować po tej stronie transformatora, która połączona jest w gwiazdę.

b) Przy tansformatorach o uzwojeniach połączonych w gwiazdę lub w zygzak z wyprowadzonym punktem zerowym włączamy przekaźniki po stronie tych uzwojeń.

O ile prąd znamionowy (nominalny) transformatora I_n po stronie zasilanej ze źródła energii jest stosunkowo

---

[1]) Zarówno niniejszy artykuł, jak i artykuł pt. „Urządzenia ochronne generatorów“ (zeszyt 5/6 1949 r. „Wiadomości Elektrotechnicznych“, str. 91) są opracowane na podstawie artykułów zawartych w zeszytach 5/1945 oraz 8—9/1947 r. czasopisma „Brown-Boveri Mitteilungen“ oraz innych broszur opublikowanych przez Wytwórnię BBC, a także na podstawie niektórych rozdziałów książki inż. Waltera pt. „Relaisbuch“.

niewielki w porównaniu z prądem zwarcia I_{zw}, sieci, do której transformator jest przyłączony, począwszy

$$\text{od} \quad \frac{I_n}{I_{zw}} = \frac{1}{250} \quad \text{do} \quad \frac{I_n}{I_{zw}} = \frac{1}{1000}$$

to przekaźniki cieplne instalujemy po stronie odbioru energii. Przy zwarciach bowiem na zaciskach pierwotnych istnieje tu niebezpieczeństwo uszkodzenia samych przekaźników oraz przekładników (transformatorków) prądowych, do których te przekaźniki są przyłączone. Sposób ten ma zastosowanie zwłaszcza przy transformatorach dla własnych potrzeb elektrowni oraz przy transformatorach przyłączonych do miejskich sieci kablowych, zasilających małe zakłady przemysłowe.

Wybór systemu zabezpieczenia.

Zasadniczy wpływ na wybór systemu zabezpieczenia ma **wielkość** oraz **znaczenie ruchowe** transformatora.

Przy dużych i ważnych jednostkach należy instalować czułe, selektywne i szybkodziałające urządzenia ochronne. Małe natomiast jednostki można zabezpieczać „prostymi" przekaźnikami nadmiarowymi lub nawet bezpiecznikami.

Oddzielną ochronę przed zwarciami z ziemią stosuje się tylko dla wyjątkowo ważnych jednostek.

Przy wyborze zabezpieczeń należy ponadto uwzględnić następujące zagadnienia:

a. **Liczbę uzwojeń oraz ich układ.** Od tych czynników zależy sposób połączenia jednego z najważniejszych urządzeń zabezpieczających — tzw. zabezpieczenia różnicowego. Układ połączeń uzwojeń transformatora ma również wpływ na liczbę przekaźników nadmiarowych.

b. **Kierunek przepływu energii** w wypadku **uszkodzenia** transformatora. O ile transformator zasilany jest jednostronnie, wystarczy zastosowanie przekaźników nadmiarowych lub bezpieczników zabudowanych w przewodach doprowadzających energię. Natomiast jednostki sprzęgające sieci, zasilane z różnych źródeł, lub też jednostki pracujące równolegle z innymi, należy zabezpieczyć po obu stronach.

c. **Sposób przyłączenia punktu zerowego sieci.** Przed zwarciami z ziemią uzwojeń transformatorów przyłączonych do sieci o bezpośrednio uziemionym punkcie zerowym zabezpieczają przekaźniki różnicowe. Natomiast w sieciach z izolowanym punktem zerowym lub w sieciach z cewkami gasikowymi konieczne jest zastosowanie specjalnych urządzeń dla ochrony przed zwarciami z ziemią uzwojeń transformatorów.

d. **Rodzaj urządzeń ochronnych** zabudowanych **na sieciach,** do których przyłączony jest transformator, ma wpływ na nastawienie czasowe przekaźników nadmiarowych zabezpieczających transformator.

Transformatory stanowią zawsze elementy o dużej indukcyjności, sprzęgające różne sieci, i dlatego zabezpieczenie ich musi być umiejętnie dostosowane do systemu ochronnego sieci połączonych przez te transformatory.

Urządzenia zabezpieczające.

Urządzenia zabezpieczające dzielimy na dwie zasadnicze grupy — w zależności od wypełnianych przez nie funkcji, a mianowicie na urządzenia zapobiegawcze oraz na urządzenia chroniące przed uszkodzeniami wewnątrz transformatora.

Grupy te zawierają następujące zabezpieczenia:

Grupa I: — urządzenia zapobiegawcze:
- a. odgromniki;
- b. przekaźniki przetężeniowe; oraz
- c. zabezpieczenia należytego obiegu czynnika chłodzącego uzwojenia.

Grupa II: — urządzenia dla ochrony przed uszkodzeniami wewnątrz transformatora:
- a. przekaźniki Buchholza;
- b. przekaźniki różnicowe, oraz
- c. przekaźniki nadmiarowe i bezpieczniki.

Stosownie do powyższego podziału omówimy obecnie poszczególne urządzenia.

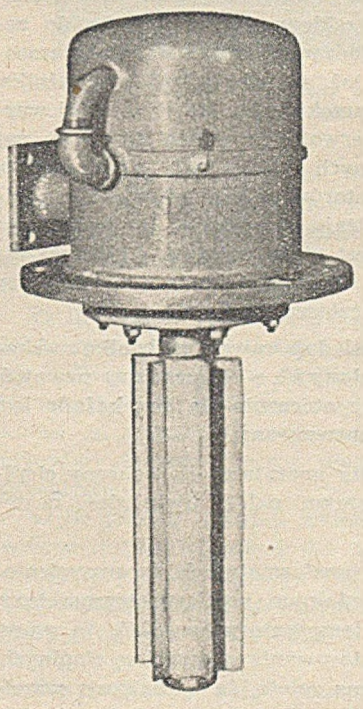
Grupa I. a. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi (odgromniki).

Ze względu na wysokie właściwości izolacyjne uzwojeń transformatorowych nasyconych olejem można je budować na tę samą wytrzymałość elektryczną, jaką posiadają pozostałe urządzenia rozdzielcze wysokich napięć.

Odgromniki należy zabudowywać przy wejściu do rozdzielni linii wysokiego napięcia. O ile w rozdzielniach konieczne są długie połączenia wewnętrzne — wskazane jest stosowanie odgromników również dla ochrony szyn zbiorczych.

b. Ochrona przetężeniowa.

Zadaniem ochrony przetężeniowej jest zabezpieczenie izolacji uzwojeń przed uszkodzeniami, jakie mogą być spowodowane na skutek długotrwałego niedopuszczalnego nagrzania uzwojeń. Trwałe i częste przetężenia powodują przedwczesne zniszczenie izolacji uzwojeń i stają się przyczyną wewnętrznych zwarć. Ze względu na niskie wartości napięcia zwarcia transformatorów może się zdarzyć, że temperatura ich uzwojeń wzrośnie — wskutek zwarć w sieciach — przejściowo powyżej dopuszczalnej granicy.



Rys. 1. Widok aparatu cieplnego do ochrony transformatorów.

Zadaniem ochrony przed zwarciami jest dostatecznie szybkie odłączenia transformatora, aby zapobiec uszkodzeniom jego uzwojeń. Ochrona przetężeniowa winna działać w zakresie przetężeń, które mogą wystąpić w czasie ruchu, a więc winna być nastawiona w granicach od 1 do 3 × prąd nominalny transformatora.

Przy nominalnym obciążeniu transformatora **przyrost temperatury** Δt powyżej otoczenia może wynosić:

u góry w oleju:
$\Delta t = 50 \div 60^0$ C;
dla miedzi w stosunku do oleju:
$\Delta t = 10 \div 20^0$ C.

Do ochrony przed przetężeniami służą specjalne aparaty cieplne dla kontroli temperatury uzwojeń oraz przekaźniki cieplne.

Na rys. 1 pokazany jest aparat cieplny w wykonaniu szwajcarskiej wytwórni Brown Boveri.

Aparaty cieplne umieszcza się w specjalnych osłonach wypełnionych olejem i przymocowanych do pokrywy transformatora. Składają się one z wewnętrznego naczynia olejowego, w którym znajdują się oporniki grzejne oraz z termometru odległościowego. Grzejnik aparatu zasilany jest poprzez transformatorek prądowy o natężeniu proporcjonalnym do natężenia prądu jaki płynie przez uzwojenia transformatora.

Gdy transformator nie jest obciążony, olej w naczyniu ma temperaturę taką samą, jak olej w skrzyni transformatora. W miarę wzrostu obciążenia transfomatora rośnie natężenie prądu przepływającego przez grzejnik wskutek czego wzrasta temperatura oleju w zbiorniku, co odpowiada wzrostowi temperatury oleju w skrzyni transformatora. Przez odpowiedni dobór wewnętrznego naczynia olejowego aparatu cieplnego uzyskuje się **przepływ ciepła** od niego do oleju transformatorowego z tą samą stałą czasową, jaką wykazuje przepływ ciepła z miedzi uzwojeń do oleju transformatorowego. Do pomiaru temperatury służy termometr oporowy, którego wskazania przeniesione są na aparat pomiarowy umieszczony na tablicy rozdzielczej.

Praktyczniejsze niż termometry oporowe są termostaty nastawialne na jedną lub dwie wartości temperatury. Zwykle osiągnięcie temperatury niższej powoduje zadziałanie sygnału akustycznego i optycznego, a osiągnięcie temperatury wyższej — wyłączenie wyłącznika transformatora.

Przekaźniki cieplne wykonywane są, jako przekaźniki pierwotne, przez które przepływa prąd transformatora chronionego, lub też, jako wtórne, które zasilane są prądem z przekładników prądowych, włączonych do obwodu transformatora.

Przy odtwarzaniu nagrzania transformatorów należy rozróżnić dwie stałe czasowe — mniejszą dla przepływu ciepła z uzwojeń do oleju — oraz większą — dla transportu ciepła w oleju i oddawania tego ciepła do zewnętrznego czynnika chłodzącego. Pierwsza stała czasowa uwzględniona jest już w konstrukcji przekaźnika, druga — nastawiona na przekaźniku. Najwyższa jej wartość dla przekaźników pierwotnych wynosi 45 minut, zaś dla przekaźników wtórnych 110 minut. Odpowiednia stała czasowa transformatorów zależy od wielu czynników, a najwięcej od rodzaju chłodzenia. Im lepsze jest chłodzenie, tym niższa jest stała czasowa. Orientacyjnie można podać, że stała czasowa transformtorów mocy waha się od jednej do czterech godzin.

Przekaźniki cieplne posiadają zawsze podziałkę z wskazówką, która podaje n a d w y ż k ę temperatury uzwojeń, gdyż wpływ temperatury otoczenia na przekaźnik jest już konstrukcyjnie skompensowany.

Przy w y b o r z e między aparatami dla ochrony cieplnej a przekaźnikami cieplnymi należy uwzględnić następujące wskazówki:

jeżeli w d u ż y c h transformatorach dwuuzwojeniowych zależy nam na zdalnym pomiarze temperatury, a nawet na rejestracji temperatury uzwojeń, to wówczas wskazane jest zastosowanie aparatów cieplnych. Mają one ponadto tę cenną zaletę, że sygnalizują wszelkie zakłócenia w systemie chłodzącym, gdyż wówczas temperatura całego transformatora wzrasta. Natomiast przy zastosowaniu przekaźników cieplnych dla transformatorów, których olej chłodzony jest sztucznie wodą lub powietrzem, trzeba obieg czynnika chłodzącego oddzielnie nadzorować.

Transformatory regulacyjne wyposażone są czasami w zabezpieczenia cieplne obu uzwojeń. Ponieważ jest to sposób kosztowny, zabudowuje się przekaźniki cieplne dla tego uzwojenia, które w danych warunkach ruchowych najbardziej jest narażone na wpływ temperatury.

Transformatory ś r e d n i e j i d u ż e j mocy, które nie zostały odrazu przy budowie wyposażone w aparaty dla cieplnej ochrony, zabezpiecza się przy pomocy przekaźników cieplnych — najchętniej wtórnych — o ile moc transformatora jest wyższa od 1 MVA.

Transformatory m a ł e, ustawione w nieobsługiwanych podstacjach, wyposaża się w przekaźniki cieplne pierwotne zabudowane na wyłączniku transformatora.

O ile transformator jest symetrycznie obciążony, wystarczy zainstalowanie przekaźnika cieplnego w jednej fazie. Jeśli natomiast poszczególne prądy fazowe wykazują stale nierównomierne obciążenie powyżej 10% średniej wartości, to wówczas należy zabudować trzy przekaźniki cieplne.

Transformatory w układzie trójkąt/gwiazda lub w układzie trójkąt/zygzak z przewodem zerowym po stronie połączenia w gwiazdę lub w zygzak a obciążone silnie jednofazowo w stosunku do przewodu zerowego winny mieć przekaźniki cieplne załączone po stronie uzwojenia połączonego w gwiazdę lub w zygzak.

W transformatorach t r ó j u z w o j e n i o w y c h należy stosować trzy aparaty dla ochrony cieplnej umieszczone pod pokrywą i przeznaczone po jednym dla każdego uzwojenia. Wprawdzie przekaźniki cieplne oddzielne dla każdego uzwojenia równie dobrze chronią transformator, to jednak gdy jedno uzwojenie jest nieczynne, to pozostałe możnaby obciążyć wyżej, na co jednakże ich przekaźniki cieplne nie pozwalają.

Tak samo nieodpowiednio działają przekaźniki cieplne, gdy po pracy dwoma uzwojeniami nagle zostanie silnie obciążone trzecie uzwojenie transformatora trójuzwojeniowego. Przekaźnik cieplny tego uzwojenia jest na razie zimny, podczas gdy uzwojenie, które on zabezpiecza, jest pośrednio nagrzane przez oba pozostałe uzwojenia, normalnie poprzednio pracujące. W ten sposób trzecie uzwojenie może być do czasu wyrównania temperatur niebezpiecznie przeciążone.

Przekaźniki cieplne wyposażone są w tzw. wyzwalanie graniczne czyli w nastawialne natychmiastowe wyzwalanie w wypadku zwarcia. W małych podstacjach zasilających sieci niskiego napięcia, posiadających po stronie niskiego napięcia ochronę zwarciową w postaci bezpieczników, wskazane jest stosowanie po stronie wysokiego napięcia przekaźników cieplnych pierwotnych z wyzwalaczami zależnymi od natężenia prądu. Czas wyzwalania ich leży w granicach 0,5 do 0,08 sekund, przez co uzyskuje się przy zwarciach w sieci niskiego napięcia stopniowanie czasowe dostosowane do pracujących w sieci tej bezpieczników topikowych, a w razie zwarć w transformatorze — momentalne zadziałanie przekaźnika i wyłączenie transformatora.

W podstacjach bez obsługi przekaźnik cieplny wyłącza bezpośrednio wyłącznik transformatora. Natomiast w podstacjach z obsługą praktyczniejsze jest zastosowanie sygnałów alarmujących obsługę, która ma czas na poczynienie ewentualnych przełączeń w układzie połączeń. Oczywiście temperatura, przy której przekaźnik uruchamia sygnał, musi być wybrana, jako odpowiednio niższa od temperatury niebezpiecznej dla transformatora.

N a j l e p s z y m wskaźnikiem obciążenia transformatora jest **temperatura oleju,** jednakże sama tylko kontrola jego temperatury nie wystarcza jeszcze do uzyskania

należytego obrazu o każdorazowym obciążeniu, gdyż np. przy silnych krótkotrwałych obciążeniach uzwojenia mogą się bardzo silnie nagrzać, a temperatura oleju, którego masa ma znaczną pojemność cieplną, wzrasta powoli. Dla kontroli temperatury oleju stosuje się termometry rtęciowe lub wskazówkowe.

Termometry oporowe zabudowane w rdzeniu i w uzwojeniach transformatora dawałyby wprawdzie najlepszy obraz temperatury, jednakże nie są one chętnie stosowane przez konstruktorów, gdyż stanowią elementy obce, utrudniające racjonalną i przejrzystą izolację wewnątrz jednostki. Praktyka wykazała ponadto, że wskutek drgań rozluźniają się zwykle połączenia termometrów oporowych, co w rezultacie daje wskazania wyższe od temperatury rzeczywistej, wprowadzając w ten sposób w błąd obsługę rozdzielni.

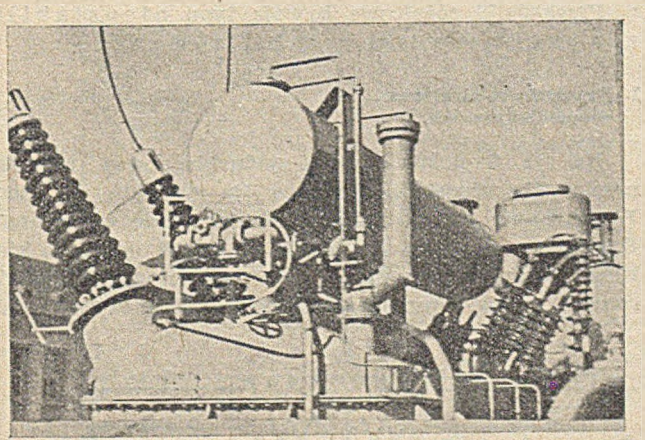
c. Kontrola obiegu chłodzącego.

Kontrola obiegu chłodzącego w transformatorach z chłodzeniem sztucznym oleju ma podrzędniejsze znaczenie. Aby w razie uszkodzeń w obiegu chłodzącym nie trzeba było odstawiać transformatora, dzieli się zwykle system chłodzący na kilka samodzielnych części. System chłodzenia wodnego składa się zwykle z kilku chłodnic rurkowych oraz z pompy dla tłoczenia wody obiegowej. Silniki napędzające pompy zabezpieczone są przekaźnikami zanikowymi z opóźnieniem czasowym i wyposażone w styki sygnalizacyjne.

Grupa II. a. Ochrona przed uszkodzeniami wewnętrznymi.

Do ochrony transformatorów olejowych posiadających konserwatory przed uszkodzeniami izolacji wewnętrznej służą przekaźniki Buchholza.

Na rys. 2 pokazany jest sposób zabudowania przekaźnika Buchholza. Jest on zabudowywany między pokrywą transformatora a konserwatorem oleju i posiada dwa oddzielne styki.



Rys. 2. Sposób zabudowania aparatu Buchholza (aparat ten oprowadzony jest dokoła białą ramką).

Jeden z nich uruchamiany jest przez silny strumień oleju, który przepływa do konserwatora przepychany przez gazy wytwarzające się wewnątrz skrzyni przy **uszkodzeniu izolacji uzwojeń.** Zamknięcie styków, powodujące odłączenie transformatora, następuje tym szybciej, im większa ilość gazu wytworzy się wewnątrz skrzyni.

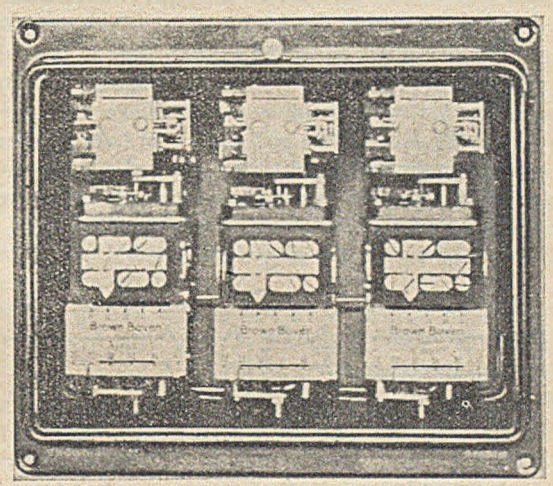
W przeciwieństwie do tego drugi styk pracuje jako pływak. Gazy wytwarzające się wewnątrz skrzyni transfomatora wskutek uszkodzeń wewnętrznych zbierają się powoli w przekaźniku, powodując opadanie pływaka i zamknięcie styku.

Ponieważ niewielkie ilości gazu wystarczają już do zamknięcia styków, można przy pomocy przekaźników Buchholza uchwycić zakłócenia wewnętrzne już w momencie ich powstawania, przez co unikamy poważniejszych uszkodzeń [1]).

Przekaźnik Buchholza chroni transformator przed wszelkimi uszkodzeniami izolacji wewnątrz skrzyni, przed pęknięciami połączeń między uzwojeniami poszczególnych faz oraz przed złym stykiem przełączników zaczepów. Ponadto sygnalizuje on przedostanie się powietrza do skrzyni oraz szkodliwe dla pracy transformatora opadnięcie poziomu oleju. Ilość i rodzaj gazu, zbierającego się w aparacie dają obraz co do zakresu i rodzaju uszkodzenia wewnętrznego.

b. Zabezpieczenie różnicowe.

Na rys. 3 pokazany jest trójfazowy przekaźnik różnicowy dla ochrony transformatorów. Zasadę działania przekaźników różnicowych przedstawia schematycznie rys. 4-a, b, c i d.



Rys. 3. Widok trójfazowego przekaźnika różnicowego do ochrony transfomatorów.

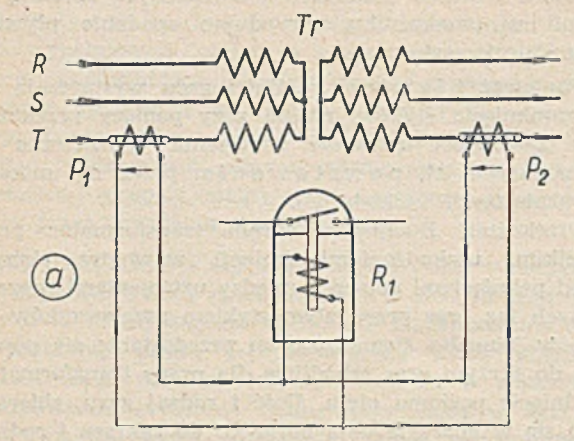
Przekaźnik różnicowy jest tam narysowany dla przejrzystości, jako jednobiegunowy. Jest on przyłączony do przekładników (transformatorków) prądowych. Na rys. 4 strzałki podają kierunek przepływu energii elektrycznej.

O ile prądy wtórne transformatorków prądowych są jednakowe co do wielkości i zgodne w fazie, a przekaźnik umieszczony jest w środku przewodów łączących oba transformatorki, wówczas przekaźnik leży między punktami o jednakowym potencjale, wobec czego przez przewody łączące i przez cewkę przekaźnika prąd nie przepływa.

O ile jednak wskutek jakichkolwiek uszkodzeń prądy wtórne transformatorków nie są równe, — poprzez połączenie mostkowe, jakie tworzy przekaźnik wraz z przewodami łączącymi go z transformatorkami, **popłynie** prąd, który przy odpowiednio dużym natężeniu spowoduje zadziałanie przekaźnika.

Dla zrozumienia pracy przekaźnika różnicowego pokazane są na rys. 4 cztery charakterystyczne przypadki: **a, b, c,** i **d.** Omówimy je pokrótce.

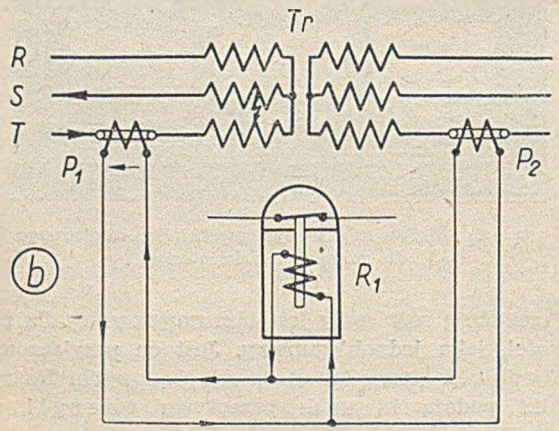
[1]) Dokładny opis zasady działania tych przekaźników podany jest na str. 23 w zeszycie 1/1949 r. „Wiadomości Elektrotechnicznych".



Rys. 4-a. Zasada działania przekaźników różnicowych. W tym stanie żaden prąd przez przekaźnik nie przepływa.
Tr — chroniony transformator, P_1 i P_2 — transfomatorki (przekładniki) prądowe, R_1 — przekaźnik różnicowy.

a. **Transformator nie jest uszkodzony.** Prądy wtórne transformatorków prądowych przed i za chronionym transformatorem są jednakowe co do wielkości i kierunku. Przez przekaźnik różnicowy żaden prąd nie przepływa. (rys. 4-a).

b. **Transformator ma zwarcie i zasilany jest tylko z jednej strony** Prąd wtórny lewego transformatorka (P_1 — rys. 4-b) przepływa prawie całkowicie przez przekaźnik R_1, którego opórność pozorna jest znacznie mniejsza, niż opórność uzwojenia wtórnego prawego transformatorka P_2. Wskutek tego przekaźnik R_1 zaczyna działać.



Rys. 4-b. Zasada działania przekaźników różnicowych. Prąd wtórny przekładnika P_1 przepływa przez przekaźnik różnicowy R_1.

c. **Transformator ma zwarcie i zasilany jest z obu stron.** W tym wypadku (rys. 4-c) przez oba transformatorki prądowe przepływają prądy o przeciwnych kierunkach i zwykle o różnym natężeniu. Wskutek tego do przekaźnika dopływa prąd będący geometryczną sumą obu prądów wtórnych transformatorków prądowych; prąd ten powoduje zadziałanie przekaźnika R_1.

d. **Zwarcie następuje poza transformatorkami prądowymi** (na linii) **a więc za zakresem ochrony.** Przepływ prądów w transformatorkach prądowych i w przekaźniku jest taki sam, jak w wypadku a, i przekaźnik R_1 nie działa (rys. 4-d).

W pewnych okolicznościach mogą również w normalnym ruchu przedstawionym na rys. 4-a popłynąć przez przekaźnik różnicowy R_1 prądy, powodujące zadziałanie przekaźnika. Ma to np. miejsce, gdy transformatorki prądowe, umieszczone po obu stronach chronionego transformatora, wykazują różne uchyby prądowe i kątowe lub gdy opory po obu stronach przekaźnika różnicowego nie są jednakowe.

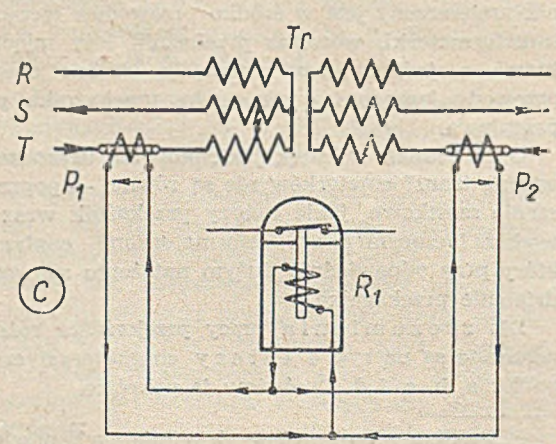
Większe prądy popłyną przez przekaźnik różnicowy — nawet bez uszkodzeń w chronionym transformatorze **Tr**, gdy zabezpieczony transformator regulowany jest przy pomocy przełącznika stopniowego, gdyż wówczas prądy wtórne transformatorków ulegają silnym wahaniom zarówno co do wielkości, jak i co do przesunięcia fazowego.

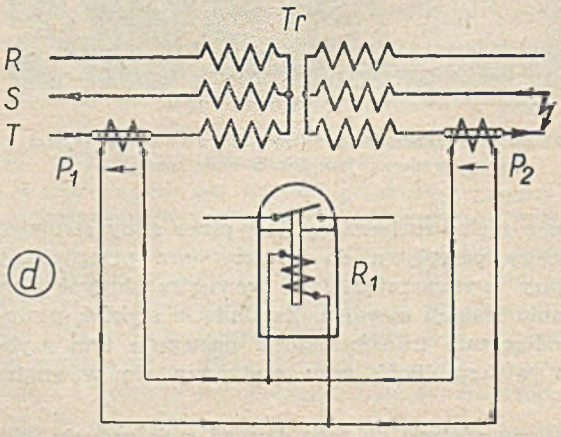
W normalnym ruchu prądy wtórne przekładników (transformatorków) prądowych są stosunkowo małe. Jednakże w razie zwarć poza zakresem ochrony, mogą one w pewnych warunkach uzyskać tak wysoką wartość, że spowodują błędne wyłączenia chronionego transformatora. Można temu zapobiec, zmniejszając czułość nastawienia przekaźników różnicowych lub też uzupełniając przekaźnik specjalnym układem hamującym. Ten typ przekaźników różnicowych nazywany jest przekaźnikami ustabilizowanymi.

Przekaźniki różnicowe bywają typu nieustabilizowanego oraz typu ustabilizowanego.

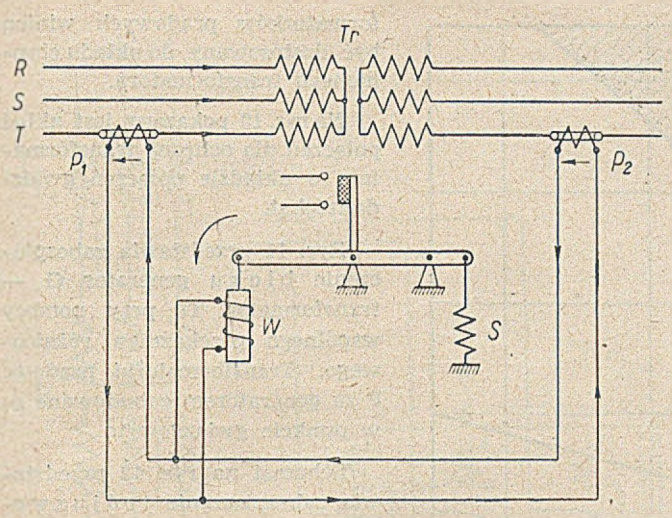
1. Przekaźniki różnicowe nieustabilizowane.

Na rys. 5 pokazany jest jednobiegunowy schemat przekaźnika nieustabilizowanego. Na rysunku tym literą **W** oznaczona jest cewka przekaźnika różnicowego, literą **S** sprężyna odciągająca. Strzałki na rys. 5 oznaczają kierunek przepływu energii przy normalnym (niezakłóconym) ruchu chronionego transformatora. W wypadku





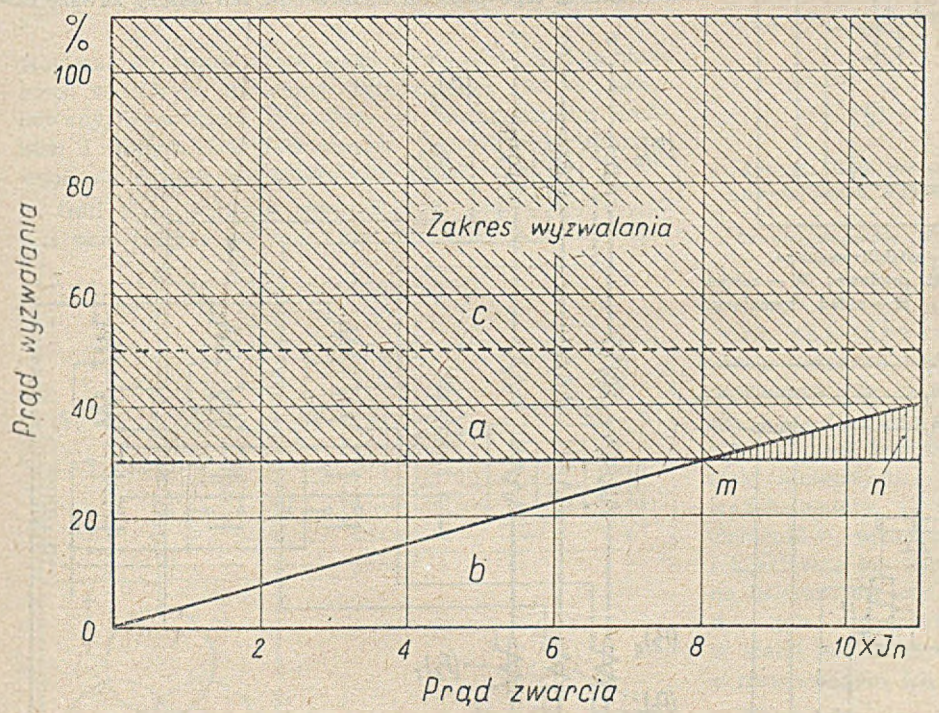
Rys. 4 — c i d. Wytłumaczenie zasady działania przekaźników różnicowych (ciąg dalszy).



Rys. 5. Układ połączeń przekaźnika nieustabilizowanego Tr — transformator, W — cewka przekaźnika, S — sprężyna.

zakłócenia w ruchu transformatora prądy po obu jego stronach nie są już równe i prąd stanowiący różnicę ich wielkości przepływa przez cewkę przekaźnika różnicowego, powodując jego zadziałanie Działaniu temu przeciwdziała dobrana w odpowiedni sposób sprężyna **S** umieszczona na końcu dźwigni przekaźnika.

Prąd, który powoduje zadziałanie przekaźnika, nastawiany zwykle w wysokści 30—50% prądu znamionowego chronionego transformatora **Tr** ma wartość stałą (na wykresie pokazanym na rys. 6 oznaczony jest literą a). Natomiast prąd powodujący b ł ę d n e zadziałanie przekaźnika wzrasta prawie proporcjonalnie z wielkością obciążenia (krzywa b). Gdy prąd ten przekroczy wartość, na jaką nastawiony jest przekaźnik, następuje f a ł s z y w e wyłączenie transformatora **Tr**.



Rys. 6. Charakterystyki pracy przekaźników nieustabilizowanych.

Na rys. 6 punkt **m** przecięcia linii **a** i **b** wskazuje, że przy uszkodzeniach powstałych nazewnątrz zakresu ochranianego, o ile prądy zwarcia powstałe wtedy przekroczą ośmiokrotną wartość prądu znamionowego — nastąpi fałszywe zadziałanie przekaźnika i błędne odłączenie transformatora. Aby temu zapobiec, należy obrać tak wysoki prąd powodujący zadziałanie przekaźnika, aby nie nastąpiło przecięcie się charakterystyk **a** i **b** (linia **c**). Wskutek tego ochrona transformatora staje się niedostatecznie czuła i z tego względu nieustabilizowane przekaźniki różnicowe są bardzo rzadko stosowane.

2. Przekaźniki różnicowe ustabilizowane.

Przekaźniki te posiadają dodatkowy układ hamujący. Zaletą ich jest pewność zabezpieczenia również przy zwarciach poza zakresem ochrony przy transformatorkach prądowych o niejednakowych przekładniach względnie przy jednostkach różnego wyrobu oraz duża czułość działania również i przy ochronie transformatorów regulacyjnych.

Natężenie prądu, jaki powoduje zadziałanie przekaźnika, nie ma wartości stałej, lecz rośnie prawie proporcjonalnie z obciążeniem chronionego transformatora (rys. 7 krzywa **a**). W ten sposób unikamy przecięcia się tej krzywej z linią **b**, przedstawiającą prąd powodujący błędne zadziałanie przekaźnika.

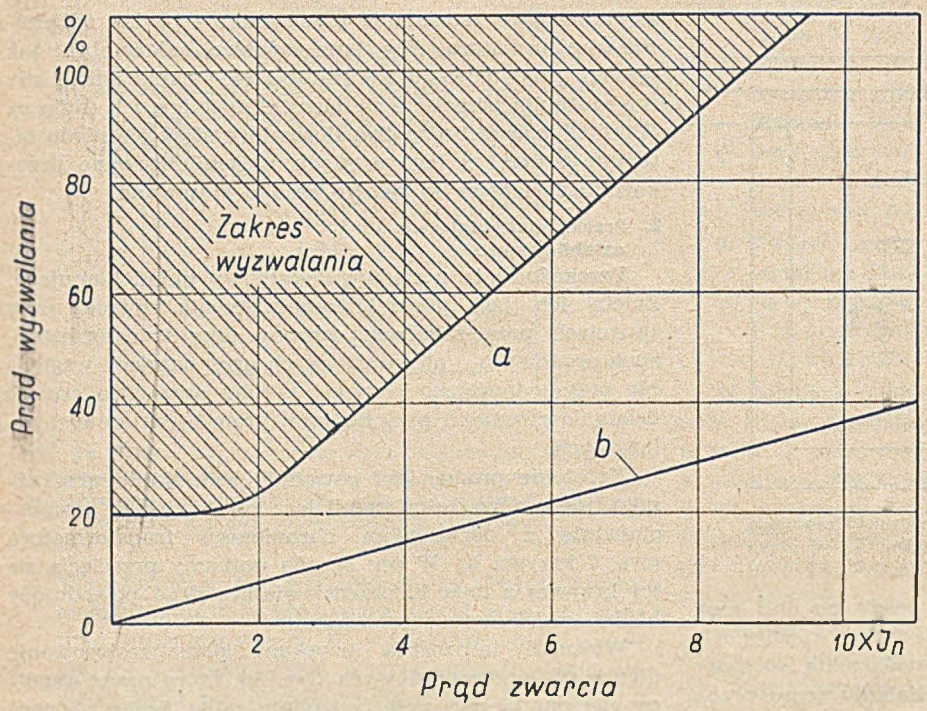
Własność ta została uzyskana przez zastosowanie dwóch systemów prądowych (rys. 8.), które przez wspólny element łączący przeciwdziałają sobie. Jeden z systemów — elektromagnes **H** — połączony jest w szereg z wtórnymi uzwojeniami przekładników (transformatorków) prądowych P_1 i P_2; drugi elektromagnes **W** — wyzwalający — załączony jest równolegle do obwodu wtórnych uzwojeń trasformatorków i przez niego przepływa prąd będący r ó ż n i c ą obu prądów we wtórnych uzwojeniach transformatorków. Sprężyna **S** wzmacnia działanie układu hamującego **H**.

Przekaźnik ten działa, jak d ź w i g n i a, na której ramiona działają siły przeciwdziałające. Wahnięcie dźwigni (to znaczy **zadziałanie przekaźnika**) może nastąpić dopiero wtedy, gdy magnes wyzwalający **W** przezwycięży przeciwnie działający moment obrotowy magnesu **H**, powiększony jeszcze działaniem sprężyny **S**. Wielkość natężenia prądu powodującego zadziałanie przekaźnika rośnie więc równomiernie z wielkością prądu przepływającego przez chroniony transformator **Tr**.

Układ hamujący **H** otrzymuje zawsze mniejszą liczbę zwojów niż system wyzwalający **W** (stosunek 1 : 3 lub 1 : 4), a to w tym celu, aby zapewnić zadziałanie przekaźnika przy jednakowych natężeniach prądu w obu systemach.

Na rys. 9 pokazany jest układ hamujący, z zaczepem w środku cewki **H**. W ten sposób wykonany przekaźnik działa równie dokładnie także przy jednostronnym zasilaniu chronionego transformatora **Tr** — bez względu na to, czy w razie zakłócenia transformator ten jest zasilany z jednej, czy z drugiej strony.

Przechodząc do **schematów połączeń przekaźników różnicowych** dla ochrony t r a n s f o r m a t o r ó w, trzeba zaznaczyć, że układ połączeń wtórnych obwodów trans-



Rys. 7. Charakterystyki pracy przekaźników ustabilizowanych (z układem hamującym).

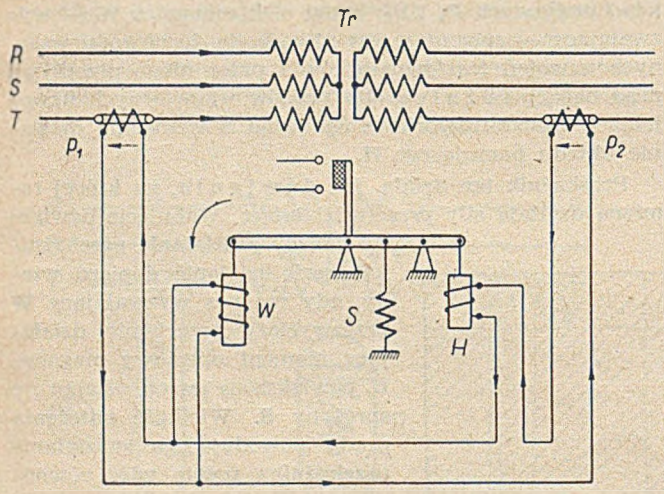
formatorków prądowych winien być dostosowany do układu chronionego transformatora.

Na rys. 10 pokazany jest układ połączeń dla ochrony transformatora o układzie połączeń gwiazda/trójkąt.

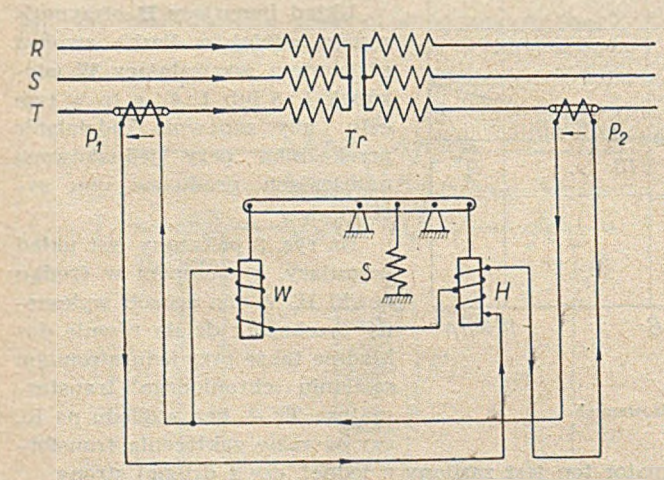
Rys. 11 przedstawia zabezpieczenie bloku generator **G** — transformator **Tr** przy pomocy wspólnego przekaźnika różnicowego. Transformatorki prądowe **P** za generatorem zabudowane są w punkcie gwiazdowym.

Schemat na rys. 12 przedstawia zabezpieczenie trójuzwojeniowego transformatora **Tr** przy pomocy dwóch przekaźników w jednej fazie (układ jednobiegunowy).

W specjalnych przypadkach, gdy istnieje stałe zasilanie jednego z trzech uzwojeń transformatora **Tr**, można zastosować jeden przekaźnik na fazę (rys. 13).



Rys. 8. Układ połączeń przekaźnika ustabilizowanego.
Tr — transformator, P_1 i P_2 — przekładniki prądowe, **W** — cewka przekaźnika różnicowego, **S** — sprężyna, **H** — układ hamujący.

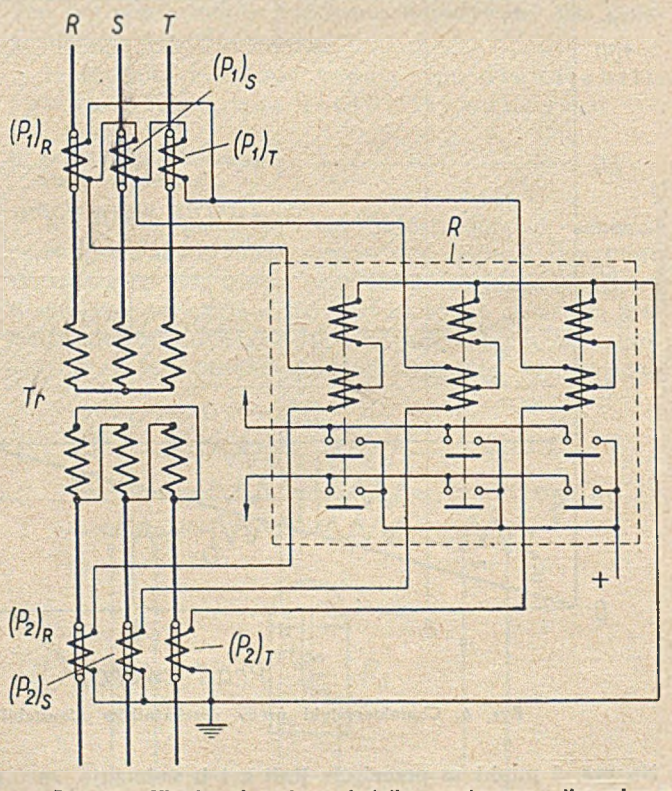


Rys. 9. Układ połączeń przekaźnika ustabilizowanego ze specjalnym połączeniem układu hamującego.
Tr — transformator, P_1 i P_2 — przekładniki prądowe, **W** — cewka przekaźnika różnicowego, **S** — sprężyna, **H** — układ hamujący.

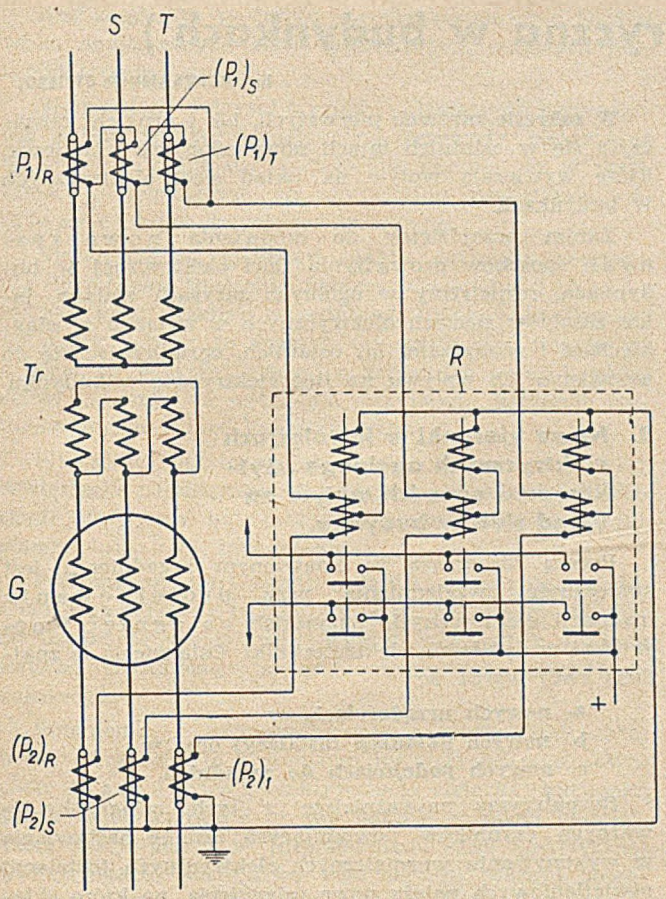
Przekaźniki nadmiarowe i bezpieczniki.

Zadaniem przekaźników nadmiarowych i bezpieczników jest ochrona przed zwarciami.

Najprostszą ochronę transformatorów stanowią przekaźniki nadmiarowe i bezpieczniki, które mają jednak znaczenie tylko, jako ochrona przed zwarciami, a bynajmniej nie zabezpieczają transformatora przed przeciążeniami. Z tego powodu nastawienie ich należy zawsze do-



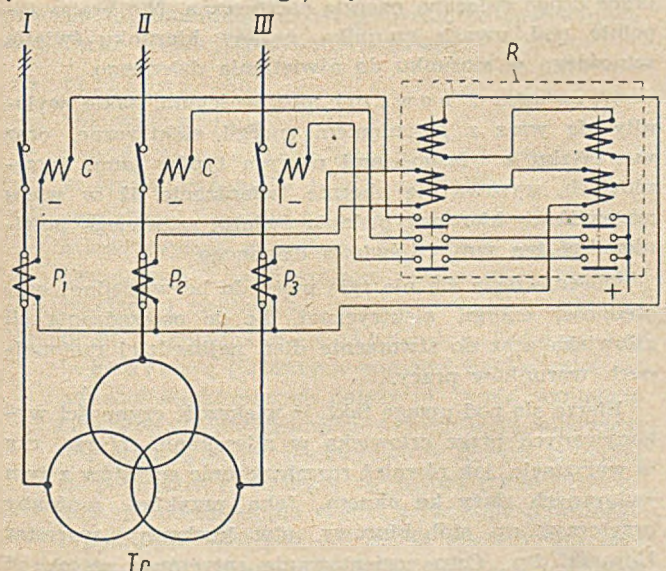
Rys. 10. Układ połączeń przekaźnika różnicowego dla ochrony transfomatora o układzie połączeń gwiazda/trójkąt.
Tr — transformator, $(P_1)_R$, $(P_1)_S$ i $(P_1)_T$ — przekładniki prądowe, **R** — przekaźnik różnicowy.



Rys. 11. Układ połączeń przekaźnika różnicowego dla ochrony bloku generator — transformator.
Tr — transformator, G — generator, R — przekaźnik różnicowy, $(P_1)_R$, $(P_1)_S$ i $(P_1)_T$ — przekładniki prądowe. $(P_2)_R$, $(P_2)_S$, $(P_2)_T$ — przekładniki prądowe po stronie generatora.

stosować do zwarć, które mogą wystąpić w tym punkcie sieci, w którym chroniony transformator ma być zabudowany. Zasadniczo stosowane są one tylko dla średnich i małych transformatorów. Bezpieczniki zabudowuje się zawsze we wszystkich trzech fazach.

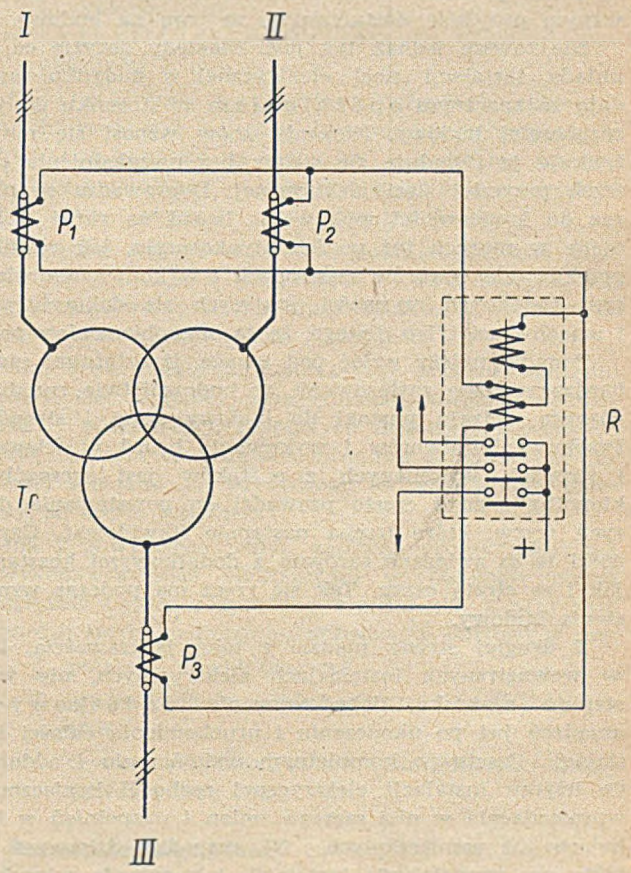
Jeśli idzie o liczbę przekaźników nadmiarowych, to jest ona zależna od tego, czy chroniony transformator



Rys. 12. Układ połączeń przekaźnika różnicowego dla ochrony transformatora trójuzwojeniowego.
Tr — transformator, R — przekaźnik różnicowy, P_1, P_2 i P_3 — przekładniki prądowe, C — cewki wyzwalające wyłącznik mocy.

połączony jest z obu stron ze źródłami energii, czy też jego zasilanie jest jednostronne. Na ogół przekaźniki nadmiarowe i bezpieczniki stosujemy tylko przy zasilaniu jednostronnym.

Przekaźniki nadmiarowe nie powinny działać przy niedużych przeciążeniach, a tylko przy zwarciach. Z tego względu są one nastawiane tak, aby zadziałały dopiero przy prądzie zwarcia przynajmniej dwa razy wyższym od prądu nominalnego transformatora.



Rys. 13. Układ połączeń przekaźnika różnicowego dla ochrony transformatora trójuzwojeniowego o stałym zasilaniu jednego z trzech uzwojeń.
Tr — transformator, R — przekaźnik różnicowy, P_1, P_2 i P_3 — przekładniki prądowe.

Na zakończenie należy dodać, że przy projektowaniu urządzeń ochronnych rozmiar ich musi być rozpatrywany nie tylko z punktu widzenia technicznego, ale i gospodarczego. Ochrona musi być pewna, ale **nie może być zbyt kosztowna**, zwłaszcza dla jednostek mniejszych. Jak już na wstępie powiedziano, transformatory są obecnie jednymi z najpewniejszych elementów urządzeń elektrycznych, przesadne więc i kosztowne ich zabezpieczanie nie zawsze jest konieczne. Nieraz jest ono nawet szkodliwe, a zwłaszcza wtedy, gdy urządzenia ochronne nie są utrzymywane w stałej gotowości do ruchu, a obsługa przekonana jest o niezawodnym ich działaniu.

Zachęcajcie
ELEKTRYKÓW i ENERGETYKÓW
do prenumerowania
„WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNYCH"

Nowoczesna sieć elektryczna w budynkach*)

Inż. ALEKSANDER BIBIEŁO.

1. Roboty przygotowawcze.

Ażeby wykonać instalację elektryczną tego co dotychczas typu w budynku, muszą być na czas ukończone wszystkie roboty przygotowawcze, jak: przebicie otworów przelotowych w ścianach, wykucie bruzd w murach na ułożenie rurek izolacyjnych i in. Wszystkie te prace powinny opierać się na szczegółowo opracowanym projekcie dostarczonym w porę na budowę.

Nie zawsze jednak tak jest. Niekiedy decyzje co do układu instalacji sieci elektrycznej w budynku zapadają ze znacznym opóźnieniem w stosunku do już rozpoczętej budowy. Niekiedy znów wznosi się mury, tynkuje je i buduje się stropy bez uwzględnienia potrzeb przyszłej sieci elektrycznej. Doprowadza to nieraz do konieczności wykuwania bruzd na rurki izolacyjne w murach już po ich otynkowaniu, jak również przekuwania otworów w stropach i wykonywania wielu tym podobnych czynności, stających się dokuczliwymi i uciążliwymi tylko dlatego, że są one robione nie w porę.

Ponadto należy wziąć pod uwagę, iż ostatnimi czasy bardzo szerokie zastosowanie w budownictwie znajdują różnego rodzaju pustaki do budowy ścian i stropów. Przekuwanie otworów i wykuwanie bruzd w ścianach i stropach wykonanych z pustaków jest szczególnie kłopotliwe, gdyż często prowadzi do powstawania dużych wyrw, które trzeba następnie likwidować. Czynności te są związane zarówno z dodatkowymi kosztami, jak i ze stratą czasu. Tak się rzecz ma podczas wznoszenia budowy.

Z drugiej strony nigdzie z taką jaskrawością, jak w wewnętrznych instalacjach elektrycznych, nie występuje zjawisko dobudowywania dodatkowych urządzeń już po ukończeniu i uruchomieniu całości instalacji. Często po kompletnym wykończeniu i oddaniu do użytku instalacji elektrycznej zachodzi konieczność wprowadzenia w niej szeregu zmian i uzupełnień w lokalach już zamieszkałych. Na porządku dziennym są takie np. uzupełnienia instalacji, jak gniazdo wtyczkowe do grzejnika (kuchni, garnka lub żelazka), zainstalowanie punktu świetlnego stałego lub gniazda wtyczkowego do lampy przenośnej itp. Uzupełnienia te wykonywa się szybko, jak tego wymaga życie. Stąd ustawiczna nieraz „dłubanina" w instalacjach elektrycznych, oszpecanie lokali pajęczyną instalacyj natynkowych, konieczność rozbijania tynków pod bruzdy na rurki izolacyjne.

Z drugiej strony z chęci ograniczenia liczby metrów rozbijanych tynków płyną często niewłaściwe technicznie rozwiązania konstrukcyjne samej sieci.

Wynika stąd, że już w czasie projektowania sieci elektrycznej w budynkach należy uwzględnić możliwość zmian, przewidując ewentualne uzupełnienia w instalacjach bez potrzeby rozbijania tynków i przebijania murów niejednokrotnie w lokalach już zamieszkałych.

Uzupełnienia i zmiany, jakich możemy spodziewać się w poszczególnych liniach elektrycznych sieci budynkowej zależą od tego, jaki zespół instalacyj obsługiwany jest przez daną linię.

Instalacje wewnętrzne w budynkach możemy podzielić na:

1. instalacje ogólnego użytkowania oraz na
2. instalacje specjalne.

*) Artykuł ten zamieszczamy, jako dyskusyjny.

W zakresie zarówno pierwszych, jak i drugich, zaznaczyły się w ostatnich latach nowe zdobycze techniczne, które wywierają wpływ na układ sieci elektrycznych w budynkach.

Zanim przejdziemy do omówienia nowoczesnych sposobów prowadzenia sieci elektrycznej w budynkach, rozpatrzmy w ogólnych zarysach zmiany, jakie zaszły w sieciach elektrycznych w związku z osiągnięciami i zdobyczami lat ostatnich, ograniczając się do omówienia ich wpływu na sieć elektryczną w budynku.

2. Nowe kierunki w instalacjach elektrycznych ogólnego użytkowania oraz ich wpływ na układ sieci w budynku.

Rzeczą zasadniczą w omawianym zagadnieniu jest konieczność uwzględnienia przy projektowaniu instalacji elektrycznych wszystkich osiągnięć i nowości w dziedzinie elektrotechniki. Osiągnięcia te znajdują swój wyraz w:

a. **nowych urządzeniach,** w
b. **nowych układach instalacyj** oraz w
c. **nowych podejściach do zagadnień.**

Rozpatrzymy najważniejsze z tych osiągnięć. Do ważnych czynników powodujących zmianę nastawienia w wykonywaniu wewnętrznych elektrycznych instalacyj oświetleniowych należą nowe osiągnięcia, na które składają się:

a. wzrost ilości wytwarzanej i postawionej do dyspozycji odbiorców energii elektrycznej, a także wybitne jej potanienie;
b. system nowych taryf na energię elektryczną, prowadzący do jej upowszechnienia, oraz
c. ukazanie się nowych typów źródeł światła „dziennego" w postaci lamp jarzeniowych.

Do niedawna, instalując oświetlenie ogólne lokalu umieszczano punkt świetlny — żarówkę czy żyrandol — u sufitu w środku pokoju. Chodziło o jak najoszczędniejsze wyzyskanie strumienia świetlnego wytwarzanego przez drogo opłacaną energię elektryczną. Nie brano zupełnie pod uwagę czynnika zmiany kierunku światła sztucznego w stosunku do oświetlenia dziennego.

W związku z nowymi możliwościami, jakie wyłoniły się wraz z potanieniem energii elektrycznej oraz w związku z własnościami nowych typów lamp jarzeniowych, wysuwa się obecnie twierdzenie, iż w wielu przypadkach kierunek padania światła sztucznego powinien być ten sam, co światła dziennego.

Obecnie dąży się nie tyle może do bezwzględnej oszczędności energii elektrycznej, ile do oszczędzania sił człowieka oraz do stworzenia dlań najbardziej racjonalnych warunków pracy.

Bierze się pod uwagę fakt, iż większość czynności wykonywanych przez człowieka w mieszkaniu, biurze, czy w warsztacie, jak również rozmieszczenie sprzętów z tym związanych **ciąży ku oknom.** Jako przykład, możnaby przytoczyć np. stół biurowy, stół kuchenny, warsztat ślusarski itp. Owo zorientowanie sprzętów „na okno" prowadzi do wniosku, iż rozmieszczenie źródeł światła sztucznego powinno właściwie wypadać bądź nad oknem, bądź też obok okna.

Realizacji tego postulatu sprzyja kształt oraz właściwości nowoczesnych lamp jarzeniowych, mających najczęściej postać rurek.

Wymienione powyżej względy skłaniają do prowadzenia rurek czy też kanałów na przewody elektryczne w sposób pozwalający — jeśli nie obecnie, to w przyszłości — dostosować się do układu oświetlenia odmiennego niż dotychczas stosowane.

Niezależnie od instalacji światła ogólnego szerszego, niż dotychczas, znaczenia nabiera oświetlenie lokalne miejsca pracy. Lampy warsztatowe, biurowe, kreślarskie, lekarskie, lampy do maszyn do szycia itp. stosuje się o coraz to większej mocy i o armaturze coraz bardziej celowej. Lampy te wymagają, oczywiście, należycie rozmieszczonych gniazd kontaktowych.

Większość przytoczonych wyżej rozważań dotyczy oświetlenia pomieszczeń stosunkowo niewielkich. Oświetlenie dużych hal fabrycznych, sal teatralnych itp. stanowi osobne zagadnienie.

Podobnie odrębny temat techniki oświetleniowej stanowi rozmieszczenie źródeł światła w dążeniu do uzyskania specjalnych efektów, właściwych źródłom światła sztucznego, a odmiennych od oświetlenia dziennego.

Potanienie i upowszechnienie energii elektrycznej wiąże się poza tym z szerszym niż dotychczas stosowaniem grzejnictwa elektrycznego (żelazka, kuchenki, garnki itp.). Znajduje to swe odbicie zarówno w wielkości mocy, jak i w rozplanowaniu sieci elektrycznej w budynkach. Następstwa tego samego rodzaju powoduje stosowanie domowych urządzeń elektromedycznych, jak sztuczne słońca, lampy kwarcowe itp., które są nieraz odbiornikami o znacznej mocy.

Odrębne zagadnienia w instalacjach elektrycznych znajdują różnego rodzaju ozdoby neonowe, linie podkreślające umieszczone na fasadach budynków, strzałki kierunkowe itp.

Wszystkie wymienione fragmenty dotyczą tzw. urządzeń „silnoprądowych“ (energetycznych).

Urządzenia „słaboprądowe“ wykazują w ostatnich latach również znaczny wzrost wszelkiego rodzaju nowych rozwiązań konstrukcyjnych, znaczne rozszerzenie zakresu, oraz daleko idące upowszechnienie. Do tych urządzeń telekomunikacyjnych powszechnie spotykanych, wzgl. coraz częściej stosowanych należą:

a. telefony,
b. zbiorowe anteny,
c. sieć radiowęzłów (znajduje ona swój wyraz w projektowaniu sieci w budynkach),
d. sygnalizacja świetlna (tzw. biurowo-hotelowa), która wypiera stosowaną dotychczas sygnalizację dzwonkową z numeratorem zwłaszcza w biurach, hotelach i szpitalach,
e. tanie i wygodne domofony i telefony selektorowe (w dużych budynkach). Do zalet telefonów selektorowych należy to, iż nie wymagają one prowadzenia skomplikowanych sieci, albowiem wszystkie telefony selektorowe w danym budynku są połączone równolegle na jednej parze przewodów. Mimo to jednak sygnał wywołania dowolnego z aparatów (dzwonek) — dzięki specjalnemu mechanizmowi umieszczonemu w każdym aparacie — odbierany jest tylko przez żądany numer; dzwoni jedynie aparat wywoływany (pozostałe nie dzwonią — mimo, że są równolegle połączone). Para przewodów realizująca połączenia sektorowe obiega dany budynek czy też kompleks budynków i znajduje swój wyraz w układzie rurek na przewody;
f. elektryczne zamki drzwiowe uruchomiane zdalnie (często w połączeniu z instalacją małych głośników tzw. „kto tam“?);
g. dokładne zegary elektryczne zasilane ze specjalnej sieci „zegarowej“ sterowanej przez zegar główny (jeden dla dużego budynku lub kompleksu budynków), oraz
h. sygnalizacja przeciwpożarowa, sieć głośników i inne.

Jakkolwiek część wymienionych urządzeń „słaboprądowych“ może być zaliczona do urządzeń specjalnych, to jednak sieć kanałów na przewody — o ile nie ma być ona stale przerabiana — musi być wykonana z uwzględnieniem tzw. „płynności zmian“ w instalacji.

Wszystkie wspomniane wyżej rodzaje urządzeń elektrycznych znajdują — oczywiście — swe odpowiedniki przy projektowaniu sieci w budynku oraz w potrzebnych dla tych sieci rurkowaniach i kanałach.

Poza tymi instalacjami muszą być przy prowadzeniu budowy sieci ogólnej uwzględniane również niektóre szczegóły późniejszych dachowych instalacyj neonowych (mimo, iż dachowe instalacje neonowe zaliczamy do instalacyj specjalnych), gdyż drogi, którymi biegną przewody, są często wspólne.

Jak z powyższego widać, zarówno projektujący, jak i wykonawca sieci elektrycznej w budynku muszą uwzględnić bardzo różnorodne zagadnienia, a przy tym w bardzo szerokim zakresie, wchodzą tu bowiem w grę:

1. potrzeby chwili bieżącej,
2. przewidywania systematycznej rozbudowy oraz
3. czynnik płynności zmian i umożliwienie dokonywania tych zmian.

3. Instalacje specjalne.

Do instalacji specjalnych w budynkach ogólnego przeznaczenia (nieprzemysłowych) zaliczyć należy: dźwigi towarowe i osobowe, ogrzewanie elektryczne lokali, różnego rodzaju wentylatory oraz instalacje sztucznego klimatu, instalacje neonowe zewnętrzne (umieszczone na ścianach i dachach budynków), oświetlenie dużych hal (wystawy stałe itp.), oświetlenie dużych sal (sale zebrań, odczytowe itp.), oświetlenie sal operacyjnych w szpitalach, hydrofory do zasilania w wodę górnych pięter i in. Należą tu dalej instalacje do naświetlania fasad budynków, pomników itp. promieniami widzialnymi, jak również naświetlanie promieniami niewidzialnymi fasad budynków, pomników i in. pokrytych farbami fluoryzującymi, a to w celu wywołania różnobarwnych efektów świetlnych, instalacje specjalne w zakładach rentgenowskich, zakładach elektro- i światło-leczniczych, w gabinetach kosmetycznych, instalacje dla potrzeb fotografiki artystycznej i technicznej, instalacje w cynkografjach, instalacje w kinach oraz w atelier filmowych i wiele innych.

Do instalacyj specjalnych „słaboprądowych“ należą: w bankach — sygnalizacja przeciwwłamaniowa oraz sygnalizacja przeciwnapadowa, jakoteż ochrona skarbców za pomocą instalacyj z fotokomórką, tzw. zamki zdalne do skarbców i szereg innych.

Większość wymienionych instalacyj specjalnych są to instalacje przeważnie duże i zwarte. Stanowią one

przedmiot szczegółowych i fachowo opracowywanych projektów. Zasadniczą ich cechą jest znacznie mniejsza „płynność zmian", niż ma to miejsce w poprzednio rozpatrzonych instalacjach przeznaczenia ogólnego. Nie nastręczają one poza tym przeróbek rozrzuconych po całym budynku.

Do zakresu zagadnień omawianych w tym artykule nie wchodzą instalacje przemysłowe, jako związane z budynkami specjalnego przeznaczenia wzgl. z kompleksami budynków specjalnego przeznaczenia.

W pewnym stopniu należałoby zaliczyć do instalacyj przemysłowych instalacje w dużych teatrach, w kinach, pływalniach, instalacje dużych kin na otwartym powietrzu, tzw. żywą gazetę (pisaną światłami na ścianie), instalacje sztucznego lodowiska na placach sportowych itp. Wiele z wymienionych tu instalacji od szeregu lat weszło w praktykę i należy do dobrze znanych. Inne dopiero wchodzą w życie. Zarówno dla jednych, jak i dla drugich, należy przewidzieć drogi dopływu prądu do ich zasilania.

4. Wewnętrzna sieć budynku.

Rozpatrując elektryczną sieć wewnętrzną w budynku, należy przypomnieć, że powszechnie stosowane są instalacje kryte (pod tynkiem) w rurkach izolacyjnych.

Układanie rurek pod tynk cieszy się u nas dużą popularnością. Do jego wad należy — w przypadku rozszerzania instalacji — konieczność rozbijania tynków na znacznych nieraz długościach oraz konieczność zakładania nowych rurek.

Jako uzupełnienie sieci rurek, zyskały u nas pewną popularność **kryte kanały pionowe** o przekroju prostokątnym, wykonywane w murach i umieszczane często w klatkach schodowych. Jednocześnie daje się zauważyć bardzo mało uzasadniona niepopularność prowadzonych poziomo kanałów o większym profilu.

Tymczasem te właśnie kanały — o większym profilu prowadzone poziomo — stanowią bardzo ważny czynnik rozszerzający zakres **możliwości dokonywania zmian, uzupełnień oraz rozbudowy instalacji podtynkowej.** Rozbudowa instalacji sprowadza się wówczas do ułożenia przewodów lub rurek z przewodami w istniejącym już kanale oraz do lokalnej tylko korekty rurkowania, korekty połączonej z koniecznością rozbijania tynku.

Jeśli chodzi o rozmieszczenie sieci rurek i większych kanałów, to popularne jest u nas rozmieszczanie tychże na ścianach. Nie cieszy się natomiast popularnością rozmieszczenie ich na sufitach lub pod podłogą.

Tymczasem zachodzi niekiedy konieczność umieszczenia kanałów właśnie na suficie lub pod podłogą.

Niemożliwością jest przewidzieć wszystkie odmiany układów sieci elektrycznych w budynku i różnorodne drogi jej późniejszego rozwoju.

Tym nie mniej istnieją sposoby postępowania, pozwalające uniknąć wielu robót przy późniejszej sieci lub częściowych jej zmianach.

Wspólnym dążeniem projektującego i wykonawcy, elektryka i budowniczego, jeżeli chodzi o sieć elektryczną, są — jak już zaznaczyliśmy:

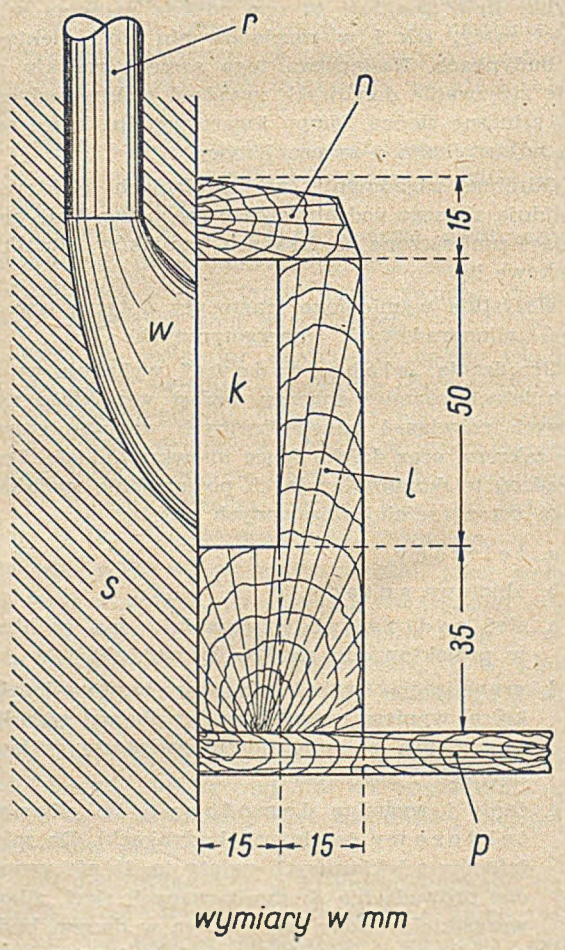
1. bieżące potrzeby,
2. potrzeby rozbudowy,
3. czynnik „płynności, zmian", oraz
4. takie wykonanie kanałów, aby przyszłe (a obecnie nawet nie przewidziane) zmiany instalacji spowodowały minimum rozbijania murów lub zrywania tynków.

Artykuł niniejszy ma na celu zestawienie i podanie instalatorom mało u nas stosunkowo znanych, tym nie mniej jednak racjonalnych rozwiązań konstrukcyjnych, zdążających do wymienionego celu oraz sformułowania zasad najbardziej skutecznego ich zastosowania.

Zastosowanie tych środków i zasad pozwoli na uniknięcie wielu dodatkowych kosztów — zarówno w przypadkach rozbudowy sieci, jak również i wtedy, kiedy decyzje co do instalacyj elektrycznych podejmowane są ze znacznym opóźnieniem w stosunku do będących już w toku robót budowlanych.

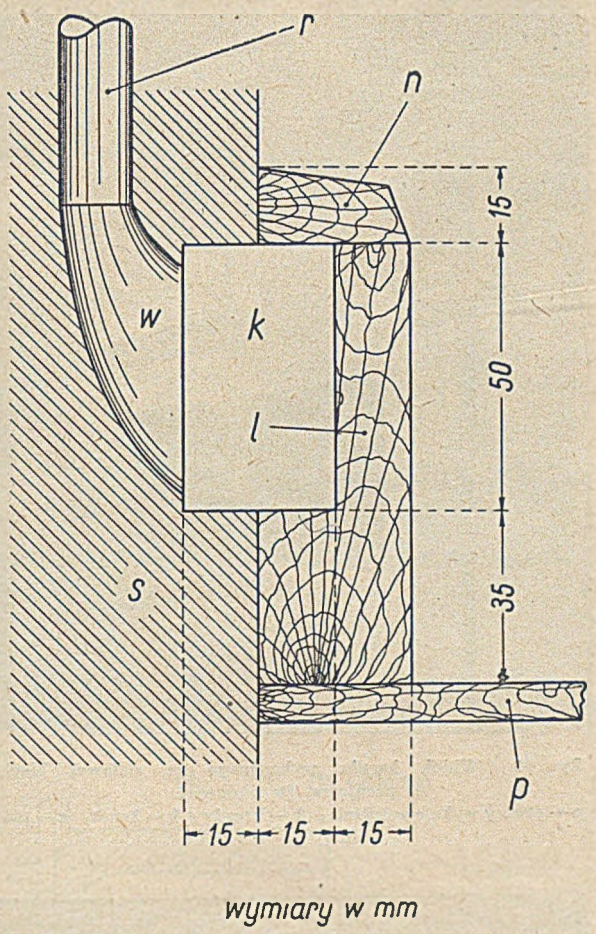
a. Kanały na ścianie przy podłodze

Rys. 1 podaje przekrój kanału umieszczonego na ścianie przy podłodze. Kanał ten wykonany jest z drewna — i o ile jest on racjonalnie umieszczony — daje b. szerokie możliwości prowadzenia w nim przewodów, a zwłaszcza telekomunikacyjnych (do telefonów, sygnalizacji i inn.). Wymiary kanału są nieduże, toteż nie szpeci on pomieszczenia i jest mało dostrzegalny.



Rys. 1. Przekrój kanału umieszczonego na ścianie przy podłodze. k — kanał na przewody, n — odejmowalna przykrywka drewniana, l — drewniana listwa profilowa tworząca kanał, r — rurka ułożona normalnie pod tynkiem, s — ściana, w — wejście rurki do kanału utworzone bezpośrednio w murze lub przez umocowanie fajki porcelanowej, p — podłoga.

Rys. 2 przedstawia kanał podobny, lecz o nieco większym profilu. Jest on częściowo zagłębiony w murze ściany. Widoczny z zewnątrz profil kanału jest tu podobny do kanału na rys. 1. W kanale tym — w przypadku rozrostu sieci — da się umieścić sporo przewodów telekomunikacyjnych oraz kilka rurek izolacyjnych z przewodami energetycznymi.



Rys. 2. Kanał o większym profilu umieszczony na ścianie. k — kanał na przewody, n — odejmowalna przykrywka drewniana przymocowana za pomocą wkrętów, l — drewniana listewka profilowa tworząca kanał, r — rurka pod tynkiem, w — przejście z rurki do kanału utworzone bezpośrednio w murze lub za pomocą łajki porcelanowej, s — ściana, p — podłoga.

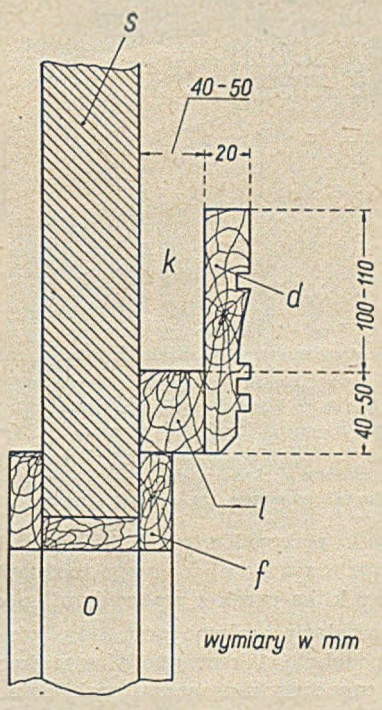
Kanały pokazane na rys. 1 i 2 są przewidziane do prowadzenia wewnątrz budynków na ścianach zewnętrznych. Nie mają one u nas jeszcze specjalnej nazwy; ze względu na ich celowość i ważność należałoby nadać im nazwę nie tyle może zwięzłą, co dokładnie określającą ich rodzaj, a więc np.: **„kanały przypodłogowe podokienne"**.

Wymiary profilu tych kanałów należy uzależniać od ich długości. Kanały dłuższe powinny mieć profil większy. Kanały te należy łączyć z kanałami pionowymi wszędzie tam, gdzie istnieje po temu możliwość, aby uzyskać tą drogą jak największą elastyczność, jeżeli chodzi o przystosowanie elektrycznej sieci budynkowej do płynnych potrzeb.

Należy unikać zakończenia przypodłogowych kanałów podokiennych na ślepo. Przewody w tych kanałach należy układać swobodnie, — jak w rurkach. Nie należy ich przybijać ani przymocowywać. Niekiedy stosuje się sprężynujące rozpórki drewniane lub fibrowe do przytrzymywania przewodów. Stosuje się także wiązanie szpagatem naturalnym na „pętelkę", a to w celu łatwego jego rozwiązywania przy dodawaniu lub ujmowaniu przewodów. Wzajemna odległość wiązań — ok. 70 cm.

b. Kanały na ścianie ponad drzwiami

Rys. 3 przedstawia kanał na ścianie ponad drzwiami w wykonaniu z drewna. Na rys. 4 widzimy kanał podobny, lecz w wykonaniu z blachy stalowej; kanał taki może być wenątrz wyłożony rynienką z materiału izolacyjnego, jak np. prasowanego i impregnowanego kartonu lub tp.

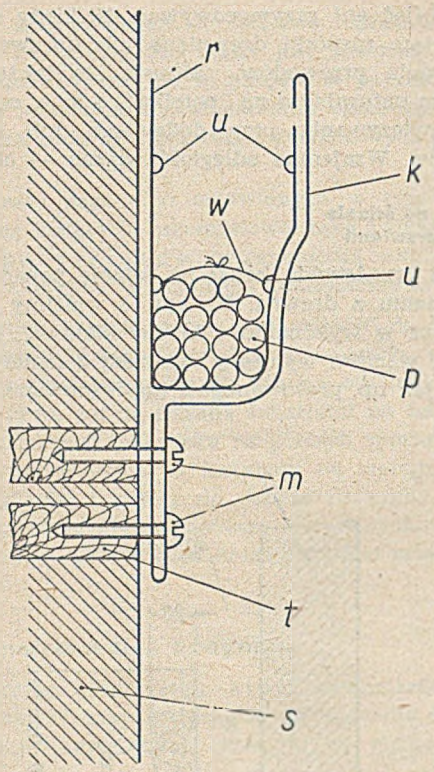


Rys. 3. Przekrój kanału z drewna umieszczonego na ścianie ponad drzwiami.
l — listewka drewniana, d — drewniana listwa profilowa, k — kanał na przewody, s — ściana, l — listwy licowe przy drzwiach, o — drzwi lub świetlik.

Kanały tego typu umieszczane są zazwyczaj nad drzwiami w korytarzach, o ile zaś nad drzwiami są świetliki, to prowadzimy kanały nad tymi świetlikami, jak to pokazane jest na rys. 3 i 5. Rys. 5 przedstawia kanał k wykonany ze stalowej blachy profilowej, znajdujący się w budowie. Jest on umieszczony w korytarzu nad świetlikami s umieszczonymi ponad drzwiami d, prowadzącymi do pomieszczeń biurowych. W ścianach korytarza widoczne są otwory o oraz bruzdy b przeznaczone na ułożenie rurek; rurki te będą miały połączenie z prowadzonym kanałem k.

Kanały tego rodzaju przeznaczone są przeważnie do korytarzy wewnętrznych. Światło dzienne wpada do tych korytarzy pod kątem 45° — przez oszklone drzwi lub przez świetliki. Dlatego też nie rażą tu nawet większe wymiary kanałów umieszczonych nad świetlikami. Przy oświetleniu sztucznym położone w tym miejscu kanały również nie powodują żadnych niemiłych wrażeń wzrokowych.

Znaczne wymiary kanałów umieszczonych na ścianach ponad drzwiami pozwalają układać w nich sporą liczbę



Rys. 4. Przekrój kanału umieszczonego na ścianie ponad drzwiami w wykonaniu z blachy stalowej. k — stalowa blacha profilowa tworząca kanał, r — wkładka w kształcie rynienki z materiału izolacyjnego, u — uszki do wiązania przewodów, w — wiązanie przewodów za pomocą szpagatu, p — przewody ułożone w kanale, s — ściana, t — kołki osadzone w murze, m — wkręty mocujące.

różnego rodzaju przewodów czy kabelków telekomunikacyjnych, w razie zaś r o z b u d o w y instalacji — umieścić dodatkowo kilka rurek z przewodami energetycznymi.

W tych kanałach zarówno przewody, jak i rurki leżą swobodnie (podobnie, jak przewody w rurkach); przewody nie są tu umocowywane przez przybijanie klamerkami lub tp. Niekiedy stosuje się sprężynujące r o z p ó r k i dociskające przewody czy rurki; spotyka się także w i ą z a n i e szpagatem konopnym na „pętelkę" w celu łatwego rozwiązywania i dokładania lub ujmowania przewodów czy rurek. Wzajemny odstęp wiązań wynosi ok. 70 cm.

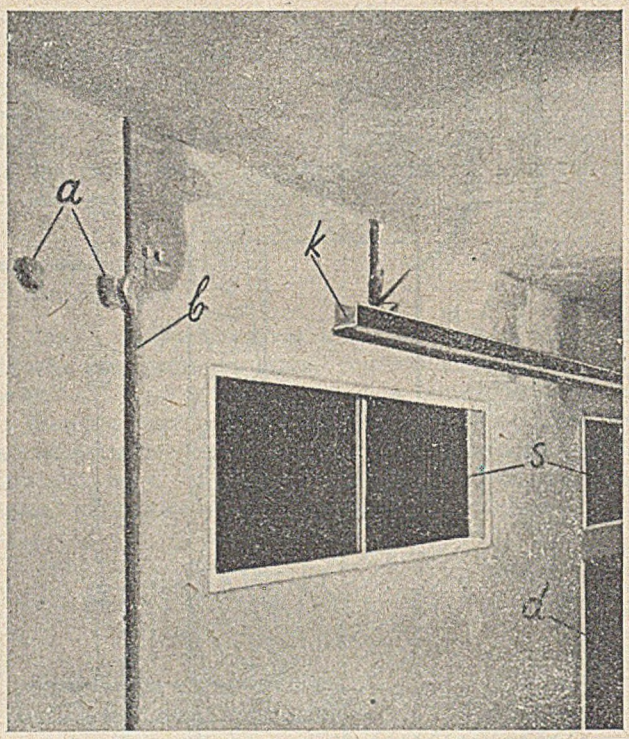
Kanały te nie mają u nas jeszcze specjalnej nazwy; możnaby np. zaproponować nazwę: **„kanały korytarzowe nadedrzwiowe".**

c. Kanały na ścianie pod sufitem.

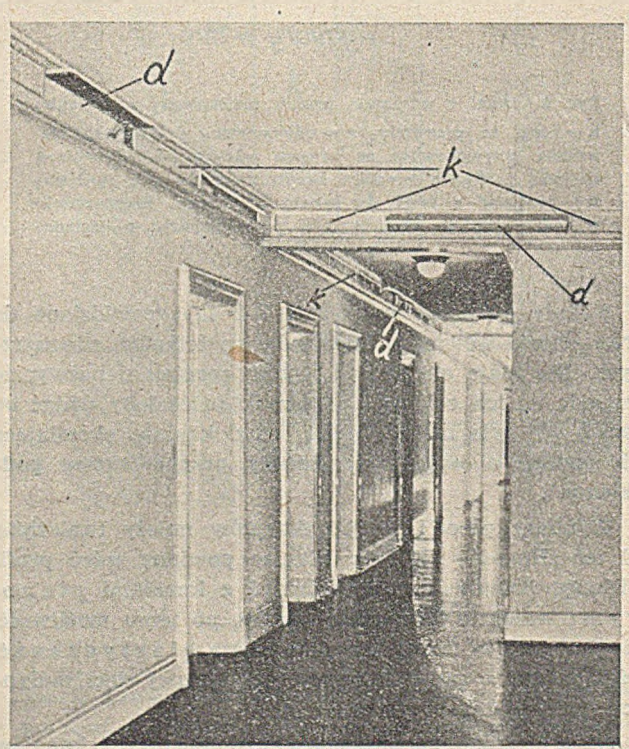
Rys. 6 przedstawia jedną z odmian kanału k umieszczonego na ścianie pod sufitem. Ma on profil prostokątny i wykonany jest z drewnianych deseczek, dających się otwierać w odcinkach **d** o długości ok. 1 metra. Otwieranie poszczególnych odcinków kanału, jak to widać z rys. 6, jest n i e z a l e ż n e jeden od drugiego. Przewody w takim kanale leżą swobodnie i są co pewien odcinek wiązane w sposób dający możność szybkiego dodawania lub ujmowania przewodów czy też kabelków. Normalnie kanały te służą dla układania przewodów telekomunikacyjnych. Jednakże w razie potrzeby można podczas r o z b u d o w y umieścić np. w kanale takim rurkę z przewodami energetycznymi.

Kanały na ścianie pod sufitem umieszczane są zazwyczaj w korytarzach i biegną po obu jego stronach. Można je jednak umieszczać i w innych pomieszczeniach, nie posiadających charakteru specjalnie reprezentacyjnego Należy je doprowadzić wszędzie, gdzie się da do kanałów pionowych oraz łączyć kanałem w miarę możności obie strony korytarza. Łączenie to wykonywa się górą, jak to uwidocznione jest na rys. 6.

Odmienne konstrukcyjnie wykonanie kanałów biegnących pod sufitem pokazane jest na rys. 7. W przekroju wykonanie to widzimy na rys. 8.

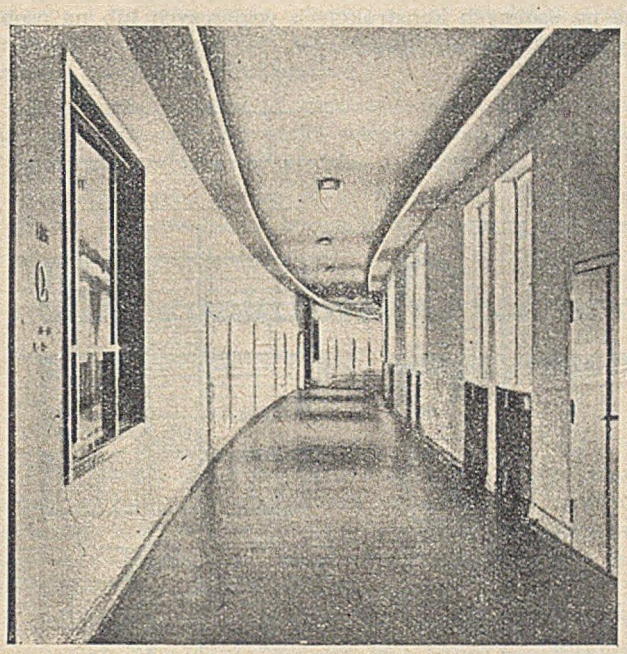


Rys. 5. Widok kanału wykonanego ze stalowej blachy profilowej (w budowie). a — otwory wykute w ścianie, b — bruzdy, k — kanał, s — świetliki, d — drzwi.

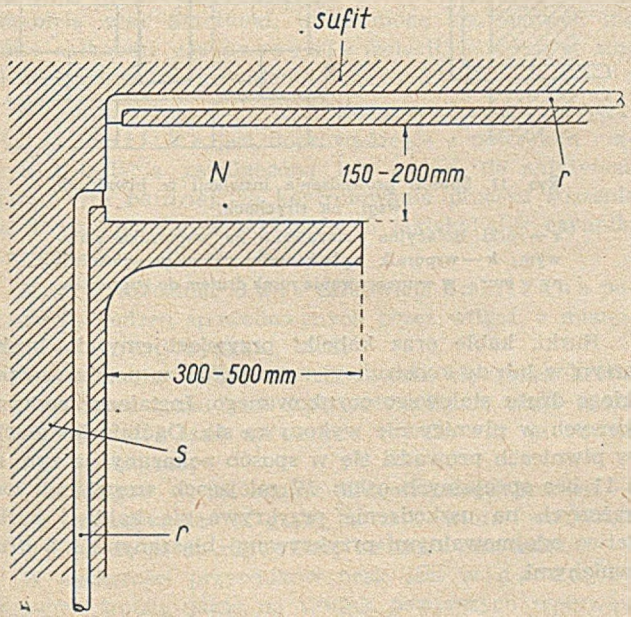


Rys. 6. Widok kanałów umieszczonych na ścianie pod sufitem. k — kanały, d — deseczki przykrywające kanał.

Kanały te stanowią rodzaj niszy dającej dużo miejsca na umieszczenie przewodów a ponadto stwarzającej przyjemny dla oka efekt architektoniczny. Nadają się one zarówno do korytarzy, jak i do innych pomieszczeń, a nawet do lokali reprezentacyjnych, jak sale konferencyjne, odczytowe, teatralne i inne.



Rys. 7. Widok kanałów biegnących pod sufitem.



Rys. 8. Przekrój kanału biegnącego pod sufitem.
N — nisza, s — ściana, r — rurki ułożone pod tynkiem i mające połączenie z niszą.

Kanały takie (rys. 6 i rys. 7) nie mają jeszcze specjalnej nazwy. Odpowiednią wydawałaby się nazwa: **„kanały ścienne przysufitowe"** (w odróżnieniu od kanałów sufitowych).

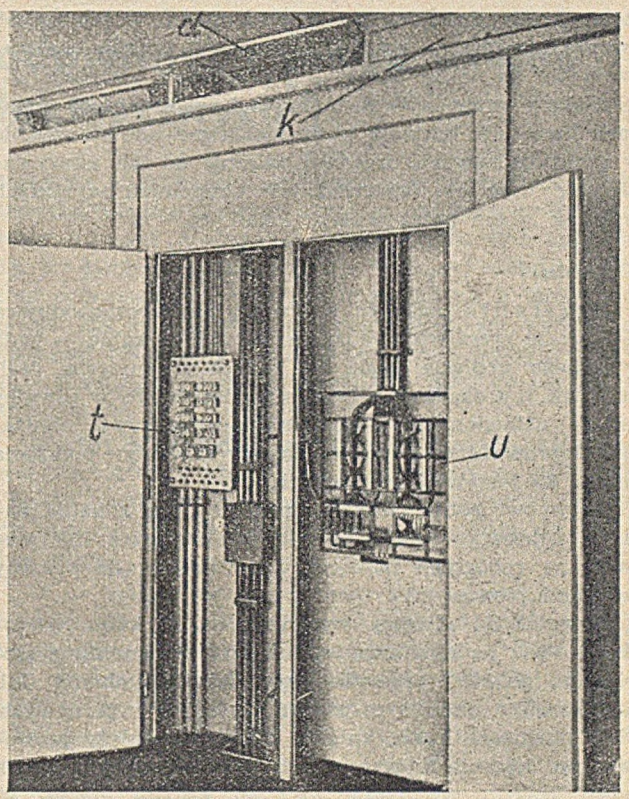
d. Kanały pionowe.

Kanały pionowe cieszą się u nas na ogół popularnością. Dlatego też nie będziemy opisywać ich bliżej, jako konstrukcyjnie dobrze znanych.

Należy jednak zaznaczyć, że wskazane jest projektować i wykonywać kanały pionowe niezbyt skąpo, a raczej „na wyrost" i to zarówno co do wymiarów, jak i co do liczby, gdyż mniej kosztowne są większe kanały oraz kilka kanałów dodatkowych, niż późniejsze przebijanie murów w zajętych już pomieszczeniach.

Kanały pionowe winny przebiegać przez wszystkie piętra i mieć połączenie ze strychami oraz z piwnicami. Kanały pionowe muszą posiadać połączenie na każdym piętrze z niszami szafkowymi albo też z szafkami, w których zbiegają się kanały poziome danego piętra. W miejscach, w których kanały pionowe krzyżują się z kanałami poziomymi albo też przebiegają w pobliżu ich, muszą te kanały być ze sobą połączone.

Przykład celowo urządzonej szafki kablowej na kanale pionowym ilustruje rys. 9. W lewej części szafki widoczne są urządzenia rozdzielcze energetyczne (tablica



Rys. 9. Widok szafki kablowej na kanale pionowym.
k — kanał przykryty deseczką, d — uchylona deseczka, t — tablica rozdzielcza, u — urządzenie rozdzielcze telefoniczne i sygnalizacyjne.

rozdzielcza t z bezpiecznikami i in.), w prawej zaś części — urządzenia rozdzielcze telekomunikacyjne u. U góry kanał pionowy ma połączenie z kanałem poziomym k umieszczonym przy suficie i biegnie dalej na następne piętra. U dołu kanał pionowy schodzi na niższe piętra i jest przysłonięty odjemną (maskowaną pod kolor podłogi) drewnianą pokrywą, ułożoną równo z podłogą i posiadającą otwory na rurki, kabelki itp. Prokrywa podłogowa stanowi deskę na ramce wykonanej z kątowników żelaznych i pozwala na łatwe wycięcie dodatkowych otworów na rurki, kabelki itp. — w miarę rozrostu instalacji.

e. Ogólne zasady prowadzenia kanałów.

Wszystkie poprzednio opisane kanały poziome muszą posiadać połączenia z kanałami pionowymi rozplanowanymi z uwzględnieniem rozrostu sieci. Kanały z prawej i z lewej strony na korytarzach muszą mieć ze sobą dość częste połączenia: kanały górne — górą na ścianach

(nade drzwiami dzielącymi dany korytarz) lub za pomocą kilku rurek ułożonych w suficie, dolne zaś kanały — pod podłogą.

Sieć rurkowania — zależnie od potrzeby — powinna mieć częściowo połączenie z kanałami, częściowo zaś — niezależnie od kanałów — winna być doprowadzona do szafek rozdzielczych, znajdujących się na piętrach przy kanałach pionowych. Tak się przedstawia sprawa w czasie budowy sieci elektrycznej w budynku. Rozbudowa sprowadza się natomiast do wykonania nowych lokalnych, zredukowanych do minimum, rurkowań doprowadzonych do kanałów a najczęściej już tylko do ułożenia nowych przewodów już przygotowanymi drogami, kanałami i rurkami. Zależnie od charakteru przewody są prowadzone w kanałach bądź luzem, bądź też w rurkach izolacyjnych ułożonych luźno w kanałach. W ten sposób ewentualne miejsca rozbijania murów i tynków sprowadzają się do nikłej liczby, a jednocześnie pozostaje daleko idąca swoboda w rozbudowie i ewentualnych zmianach instalacji. Pozwala to na nieskrępowane stosowanie w praktyce nowych urządzeń zależnie od ich ukazywania się oraz na wprowadzenie uzupełnień wynikłych wskutek zmian przeznaczenia lokali itp.

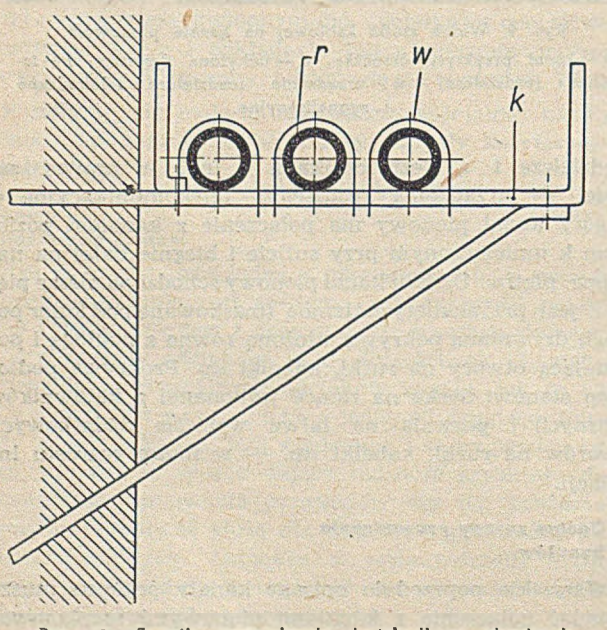
f. Piwnice.

Zasilanie budynku w energię elektryczną odbywa się zwykle przez wprowadzenie do piwnicy kabla — bądź wysokiego napięcia, bądź też roboczego napięcia. Jeśli budynek jest zasilany wysokim napięciem, to w piwnicy zostaje ustawiona podstacja transformatorowa, obniżająca doprowadzone napięcie. Dopływ kablowy i podstacja należą do instalacji specjalnych.

Natomiast pobór energii z podstacji lub z kabla napięcia roboczego (niskiego) odbywa się przez sieć wewnętrzną roboczego napięcia wprowadzoną do piwnicy kanałami pionowymi.

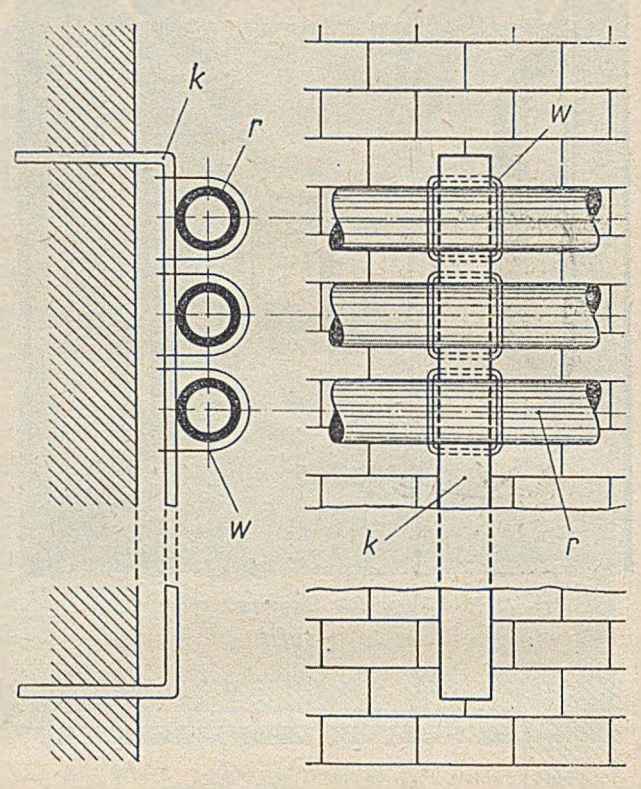
Również do piwnicy wprowadzone są kable telefoniczne skąd po zmufowaniu (lub po przełączeniu z głowicy na głowicę) prowadzi się przewody kablami (lub kabelkami) o mniejszym profilu do kanałów pionowych.

W piwnicach kable, kabelki oraz rurki należy prowadzić na konsolach wsporczych (jak to podaje rys. 10)



Rys. 10. Sposób prowadzenia instalacji w piwnicach. r — rurki izolacyjne, w — wiązanie (wykonane drutem) do konsolki, k — konsolka nośna do rurek izolacyjnych wykonana z płaskownika stalowego.

lub na konstrukcjach wsporczych, jak to widzimy na rys. 11. Konsolki wsporcze, jeśli są łączone ze sobą podłużnymi płaskownikami stalowymi, noszą nazwę drabinek kablowych. Kable i rurki izolacyjne przeznaczone na przewody energetyczne oraz kable i rurki przeznaczone na przewody telekomunikacyjne prowadzi się na osobnych konstrukcjach wsporczych lub na osobnych krokszynach wsporczych.



Rys. 11. Sposób prowadzenia instalacji w piwnicach wzgl. na strychach.
r — rurki izolacyjne umocowane na wsporniku stalowym, k — wspornik z płaskownika stalowego wpuszczony w mur, w — umocowanie rurek drutem do wspornika.

Rurki, kable oraz kabelki przywiązujemy do krokszynów lub do konstrukcyj wsporczych za pomocą miękkiego drutu stalowego ocynkowanego. Instalacyj podtynkowych w piwnicy nie wykonywa się. Ogólnie instalacje w piwnicach prowadzi się w sposób pokazany na rys. 10 i 11 bez specjalnych osłon. W miejscach szczególnie narażonych na uszkodzenia przykrywa się kable i rurki łatwo odejmowalnymi przykrywami blaszanymi lub drewnianymi.

g. Strychy.

Wyprowadzone na strychy **kanały pionowe** służą niekiedy do ułożenia w nich przewodów energetycznych oraz napowietrznych kabli i przewodów telefonicznych — tam, gdzie tego zachodzi potrzeba. Mogą być one wykorzystane także dla umieszczenia dopływów od anten. Ponadto przez strychy prowadzone jest zasilanie z kanałów pionowych dachowych instalacyj neonowych.

Na strychach instalacje sieci elektrycznej prowadzi się w rurkach izolacyjnych umocowanych na konstrukcjach wsporczych, jak to widzimy na rys. 11, bądź też bezpośrednio na konstrukcjach drewnianych wiązań dachowych. Rurek na strychach nie należy prowadzić podtynkowo; w miejscach specjalnie narażonych na uszkodzenia osłania się je odjemnymi osłonami blaszanymi lub drewnianymi.

5. Kilka uwag o potrzebie współpracy elektryków z budowniczymi.

Należy tu wspomnieć o konieczności opracowania kształtów części fasonowych, a to dla łatwiejszego przejścia kanałami przeznaczonymi na przewody elektryczne i rurkami przez ściany i stropy. Podobne części fasonowe dla kanałów kominowych i wentylacyjnych istnieją już i doskonale pracują.

W związku z coraz to częstszym stosowaniem pustaków na ściany oraz pustych wewnątrz elementów prefabrykowanych sprawa ta staje się pilną.

Ponadto trzeba zaznaczyć, że wykuwanie kanałów na rurki w ścianach lub w stropach wykonanych z pustych wewnątrz elementów prefabrykowanych napotyka niekiedy na trudności. Należałoby przy fabrykowaniu zaopatrywać te elementy w bruzdy lub nadawć im takie kształty, które po ułożeniu ich w murze lub w stropie tworzyłyby bruzdy. Niepotrzebne bruzdy byłyby następnie pokrywane tynkiem, potrzebna zaś liczba bruzd zostałaby wyzyskana na ułożenie rurek izolacyjnych.

Dałoby to znaczną oszczędność na robociźnie oraz poważny zysk na wytrzymałości wznoszonych fragmentów budowli. Przyczyniłoby się to również do szybszego wprowadzenia u nas do codziennej praktyki nowoczesnych sieci elektrycznych w budynkach nowowznoszonych i odbudowywanych.

Usuwanie uszkodzeń spowodowanych przez wilgoć w maszynach elektrycznych [1])

1. Uwagi ogólne.

Uszkodzenia maszyn elektrycznych na skutek działania wilgoci są zazwyczaj spowodowane brakiem należytej konserwacji, a także niewłaściwym przechowywaniem maszyn na składach, zwłaszcza zaś w pomieszczeniach mokrych i wilgotnych.

Uszkodzenia te ujawniają się częstokroć już przy pierwszym włączeniu maszyny pod napięcie. Wskutek znikomej wartości oporności izolacji uzwojenia powstają **przebicia oraz przeskoki,** które mogą spowodować nie tylko całkowite zniszczenie izolacji, lecz nawet stopienie przewodów uzwojenia.

Na ogół biorąc — z wyjątkiem nielicznych wypadków — możliwe jest doprowadzenie z powrotem maszyn z izolacją zawilgoconą lub mokrą do należytego stanu, tym bardziej, że kontrolowanie procesu suszenia na drodze pomiarów wyklucza tu jakiekolwiek czynniki przypadkowe.

Należy rozróżniać dwie całkowicie odmienne postacie uszkodzeń spowodowanych przez wilgoć, a mianowicie mogą być wypadki, kiedy:

a) izolacja maszyny znajdowała się przez **krótki okres** czasu pod wpływem wilgoci, wzgl. kiedy powstał **osad** na czołach cewek oraz na reszcie uzwojenia;

b) wilgoć — na skutek **długotrwałego** procesu — **przeniknęła** w głąb izolacji, która wchłonęła wodę aż do najwyższej wartości nasycenia. [2])

W większości przypadków brak jest widocznych objawów zmian, jakie na skutek powyższych wpływów zaszły w izolacji maszyny — poza spadkiem jej oporności. Gdy jednak wilgoć przez bardzo długi okres czasu działała na elektryczną maszynę, zwłaszcza jeżeli maszyna ta nie była w ruchu, — oznaki uszkodzeń zaczynają występować także na innych częściach maszyny, a więc np. rdzewieją blachy i łożyska, nawilgotniałe szczotki miękną i brudzą komutator, komutator zatraca swą postać walca i in.

Stopień zawilgocenia izolacji można łatwo sprawdzić drogą pomiaru jej oporności. Przed pomiarem uzwojenie maszyny i tabliczkę zaciskową należy wytrzeć suchą szmatką lub przedmuchać gorącym powietrzem. Próbować maszynę można napięciem wynoszącym najwyżej 5% jej napięcia znamionowego. Najlepiej nadają się do tego celu omomierze lub mostki na b. niskie napięcie. Zakres pomiarów przyrządu powinien wynosić co najmniej 100 tysięcy omów. Zawilgocone maszyny wykazują zazwyczaj oporność izolacji od kilku do ok. 10 tysięcy omów. [3])

Niezbyt odpowiednie są natomiast powszechnie stosowane induktory korbkowe z umieszczonym na nich przyrządem pomiarowym o cewkach skrzyżowanych. Napięcie robocze tych induktorów wynosi przeważnie 500 V lub więcej.

O ile jednak już posługujemy się induktorem, to korbkę jego winniśmy obracać całkiem wolno, gdyż w przeciwnym razie możemy wywołać zbyt duże napięcia, wystarczające do spowodowania przebicia izolacji. A przecież trzeba pamiętać, że tego rodzaju przebicie (wywołane nawet przy użyciu znikomych ilości energii) wystarczy w zupełności, aby przygotować w izolacji miejsce na łuk, który towarzyszyć będzie ewentualnemu przebiciu o dużej mocy, jakie w tym wypadku nastąpi prawdopodobnie po włączeniu uzwojenia pod napięcie.

Tak więc induktory wytwarzające wysokie napięcie probiercze (rzędu 2 do 3 kV) należy uznać za nieodpowiednie do badania izolacji na zawilgocenie. Induktory te mogą być natomiast używane do sprawdzania stanu izolacji uzwojeń **po wysuszeniu** maszyny.

Wreszcie należałoby podkreślić, że całkowicie nieodpowiednie jest jakiekolwiek próbowanie maszyny napięciem o wielkości znamionowej napięcia danej maszyny, i to nawet wówczas, gdy włączone zostały dodatkwe opory w szereg z jej uzwojeniem.

II. Siedliska wilgoci. Sposoby suszenia.

Wchłanianie wilgoci odbywa się niejednakowo przy różnych rodzajach izolacji. I tak np. materiały izolacyjne klasy **A**, jak bawełna, jedwab, papier i inn. są — jako ciała organiczne — już z natury swej hygroskopijne. Zabezpieczamy się przed wchłanianiem wilgoci

[1]) Artykuł opracowany na podstawie artykułu inż. dypl. R. Modlingera pt. „Behebung von Feuchtigkeitsschaeden in elektrischen Maschinen", czasopismo **Elektrotechnik**, zeszyt 2/1948.

[2]) Oznaki tego stanu są różnorodne — zależnie od składu izolacji oraz od środka, jakim została ona nasycona; występują tu spleśniałość, zmurszałość, zbutwienie itp.

[3]) Przy tych pomiarach warto pamiętać, że, ogólnie biorąc, oporność izolacji jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości (wymiarów) maszyny.

przez te materiały, impregnując je specjalnymi środkami ahygroskopijnymi oraz pokrywając je warstwą odpowiedniego lakieru izolacyjnego.

Nieorganiczne znów materiały izolacyjne klasy **B** i **C**, jak emalia, mika, azbest, wełna szklana itp., nie są wprawdzie hygroskopijne i dlatego nie są skłonne do wchłaniania wilgoci, jednakże gromadzi się ona w najróżnorodniejszych „zakamarkach" poszczególnych warstw tych materiałów. Ma to miejsce, po upływie pewnego czasu, nawet wtedy, gdy materiały te zostały dokładnie przesycone czynnikiem impregnacyjnym.

Specjalną uwagę należy zwrócić na **brud** i wszelkiego rodzaju **zanieczyszczenia.** Brud jest bowiem częściowo bardzo hygroskopijny i chciwie wchłania wilgoć.

Jeżeli chodzi o sposoby suszenia maszyn elektrycznych, to możnaby je z grubsza podzielić na trzy rodzaje, a mianowicie na suszenie:

1. drogą ogrzewania od zewnątrz;
2. przez nagrzewanie od wewnątrz oraz
3. za pomocą gorącego powietrza lub w kotle próżniowym.

Omówimy te trzy sposoby suszenia nieco bliżej.

1. Suszenie drogą ogrzewania od zewnątrz.

Charakterystyczną cechą nagrzewania uzwojenia **od zewnątrz,** jest to, że towarzyszy mu spad temperatury, idący od warstw zewnętrznych izolacji ku warstwom wewnętrznym. Wilgoć jest tu jak gdyby wypędzana z cieplejszych części izolacji w kierunku chłodniejszych jej części. Wskutek tego podczas ogrzewania maszyny od zewnątrz wilgoć przenika głębiej do maszyny, aby następnie wyparować w okresie równowagi temperatur i ochładzania się uzwojenia.

Ten sposób suszenia wchodzi w grę głównie przy maszynach małej mocy, ustawianych zwyczajnie na odpowiednim piecu. Należy go zalecić:

a) gdy chodzi o mało używane maszyny o dobrej izolacji;
b) gdy wobec krótkiego czasu działania wilgoci na uzwojenie przypuszczać należy, że przeniknęła ona do izolacji niezbyt głęboko, oraz
c) przy maszynach zamoczonych od zewnątrz.

2. Suszenie przez nagrzewanie od wewnątrz.

Przy tym sposobie ogrzewania izolacji spad temperatury przebiega odwrotnie, niż przy sposobie 1-szym, a mianowicie — od wewnątrz ku zewnętrznym warstwom izolacji. Wilgoć wędruje tu więc w czasie suszenia izolacji od wewnątrz ku warstwom zewnętrznym. Ów spad temperatury utrzymuje się nie tylko przez cały czas nagrzewania uzwojenia, lecz także po ustaleniu się równowagi temperatur, jakkolwiek już w postaci nieco zmienionej.

Suszenie izolacji drogą ogrzewania jej od zewnątrz może być stosowane przy maszynach każdej wielkości. Niezbędne do suszenia ciepło jest tu wytwarzane na drodze elektrycznej:

a) przez zasilanie uzwojeń **prądem stałym,** lub też
b) przez utrzymywanie maszyny w tzw. **stanie zwarcia** przy bardzo znacznie obniżonym napięciu (doprowadzamy ok. 5 ÷ 20% napięcia znamionowego maszyny).

Omówimy nieco bliżej oba te sposoby suszenia izolacji.

a. Zasilanie prądem stałym. Do wytwarzania prądu stałego nadają się zwłaszcza przetwornice, a szczególnie zwyczajne przetwornice spawalnicze.

Zasilanie zawilgoconych uzwojeń z prądnicy samowzbudnej prądu stałego nastręcza duże trudności. Bowiem ze wzrostem mocy maszyny oporność rzeczywista izolacji uzwojeń staje się mniejsza i to tak dalece, że niemożliwe jest uzyskanie na zaciskach prądnicy samowzbudnej dostatecznie małego napięcia, które byłoby w stanie wywołać w uzwojeniu prąd o wartości nadającej się do wykorzystania. W tych przypadkach wzbudzamy prądnicę z obcego źródła prądu (prostownika, baterii akumulatorów lub z tp. źródła).

Poza tym istnieje możliwość włączenia oporu dodatkowego do obwodu zasilanego przez prądnicę prądu stałego.

O ile przy maszynach o dużej mocy — ze względu na znikomą oporność **R** uzwojeń — często nie jest możliwe wytworzenie odpowiedniej ilości ciepła (proporcjonalnego, jak wiadomo, do $I^2 R$), a to z uwagi na natężenie prądu, jaki mamy do dyspozycji, należy przeprowadzić suszenie maszyny przy znacznie obniżonym napięciu.

b. Suszenie przy znacznie obniżonym napięciu. Sposób ten nadaje się do maszyn dużej mocy. Przy suszeniu generatorów i transformatorów jest on powszechnie stosowany.

Bieg **silników prądu stałego wzgl. maszyn komutatorowych** prądów zmiennych możliwy jest przy bardzo znacznie obniżonym napięciu, przy czym możemy uzyskać żądanej wielkości prądy, zarówno w tworniku, jak i w uzwojeniu wzbudzenia.

Co **do silników asynchronicznych pierścieniowych,** to mogą tu być zwierane zarówno uzwojenia stojana, jak i wirnika. Wirnik silnika zostaje zahamowany, otwarte zaś jego uzwojenie zasilamy z trasformatora o regulacji zaczepowej. Wielkość napięcia winna być w ten sposób dobrana, aby w żadnym z uzwojeń silnika nie płynął prąd nadmiernie duży.

Jeżeli chodzi o generatory **synchroniczne,** to uzwojenie ich zwieramy przez układ pomiarowy, po czym nastawiamy wzbudzenie generatora w ten sposób, aby uzyskać odpowiedni prąd zwarcia. Wielkość tego prądu musi przy normalnych obrotach maszyny odpowiadać w przybliżeniu wielkości znamionowego prądu generatora.

Transformatory zwieramy bądź po stronie dolnego, bądź też po stronie górnego napięcia. Do uzwojenia, które nie zostało zwarte, doprowadzamy takie napięcie, aby uzyskać w uzwojeniach transformatora żądane prądy suszenia.

3. Suszenie za pomocą powietrza lub w kotle próżniowym.

Suszenie zawilgoconych uzwojeń w kotle próżniowym (tzw. vacuum) polega na tym, że temperatura parowania wody zostaje obniżona na skutek wytwarzania się próżni w szczelnie zamkniętym zbiorniku (kotle) próżniowym. Procesowi parowania wody z uzwojeń sprzyja jednoczesne podgrzewanie kotła, wobec czego suszenie maszyn czy transformatorów w próżni uznać należy za bardzo skuteczne.

Sposób ten znajduje szerokie zastosowanie przeważnie, jeżeli chodzi o maszyny małej mocy (suszenie mniejszych silników w wytwórniach i in.).

III. Wielkości temperatur oraz prądu.

Mniemanie, iż skuteczne suszenie maszyn elektrycznych czy transformatorów możliwe jest jedynie przy temperaturach powyżej 100°C (a więc w okolicy tempe-

ratury parowania wody), jest najzupełniej błędne. Woda paruje, jak wiadomo, także w temperaturze pokojowej [4]), i to tym intensywniej, im większa jest powierzchnia parowania oraz im suchsze jest otaczające powietrze.

Jeżeli chodzi o uzwojenia maszyn elektrycznych, to ich powierzchnia jest na ogół dość znaczna. Co się zaś tyczy suchego powietrza otoczenia, to musimy pamiętać o nim przy suszeniu maszyn, jako o czynniku dużej wagi.

Tak więc suszyć możemy w zasadzie maszynę nawet wówczas, gdy temperatura wilgotnego jej uzwojenia — ze względu np. na zbyt małe natężenie prądu [5]) — nie przekracza 60°C.

Ponieważ jednak czas trwania suszenia jest tym dłuższy, im temperatura suszenia jest niższa, staramy się w praktyce osiągać w miarę możliwości wyższe temperatury suszenia, jakkolwiek leżące w granicach dopuszczalnych. Temperatury te zależne są — rzecz prosta — od rodzaju materiału izolacyjnego, przy czym szczególnie wrażliwe na wysokość temperatury są materiały izolacyjne klasy **A**.

Wg amerykańskich danych starzeją się materiały izolacyjne klasy **A** o ok. 20% [6]) przy następujących temperach w ciągu podanego w tablicy I czasu.

Tablica I.

Temperatura w °C	110°	120°	130°	140°	150°	160°
Czas w dniach	230	220	150	100	75	55

Właściwości fizyczne izolacji określane są wg. tych danych, jak następuje:

100%-wa izolacja, jako świeża, soczysta i giętka (elastyczna),
80%-wa izolacja, jako sucha i jakkolwiek jeszcze giętka, to jednakże twardniejąca.

Z powyższej tablicy wynika, że przy temperaturze 110°C izolacja maszyny elektrycznej zestarzeje się, o ile suszenie trwać będzie 230 dni. Ponieważ jednakże przy temperaturze 110°C suszenie dużych nawet maszyn trwa zaledwie ok. 12 godzin (pół dnia) przychodzimy do wniosku, że temperaturę 110°C uznać należy za dopuszczalną do suszenia uzwojeń maszyn o izolacji klasy **A**.

Lecz i przy suszeniu materiałów izolacyjnych klas **B** i **C** nie należy na ogół przekraczać temperatury 110°C, a to chociażby dlatego, że przekroczenie tej temperatury nie daje żadnych korzyści.

Dla kontrolowania temperatury w czasie suszenia wskazane jest umieszczenie w czołach uzwojeń termoelementu lub też innego termometru.

Co się tyczy natężenia prądu, jakim zamierzamy suszyć daną maszynę, będącą w ruchu, to w każdym poszczególnym przypadku należy oszacować wpływ chłodzenia, jakie wytwarza urządzenie wentylacyjne (lub inne) maszyny przy normalnej jej liczbie obrotów.

Mając to na uwadze, stwierdzimy, że niejednokrotnie niezbędną do szybkiego osuszenia maszyny temperaturę 100 — 110°C możemy już uzyskać przy prądzie wynoszącym ułamek wartości prądu znamionowego, którą to wartość nie trudno ustalić drogą prób.

I tak np. rozpoczynamy proces suszenia maszyny od wartości prądu wynoszącej ok. 40% prądu znamionowego, wyznaczając następnie na wykresie wartości temperatury uzwojenia w zależności od czasu.

Wyznaczona tą drogą krzywa (wykres) daje nam przewidywaną wartość temperatury końcowej, a więc i nagrzania uzwojenia. A ponieważ nagrzanie to jest proporcjonalne do kwadratu prądu, łatwo stąd obliczyć z wystarczającą dokładnością potrzebną do suszenia maszyny wartość natężenia prądu.

Należy podkreślić, że nastawianie (regulowanie) prądu w początkowej fazie rozgrzewania uzwojenia należy prowadzić ze szczególną uwagą i ostrożnością. W tym bowiem okresie istnieje duży spad temperatur pomiędzy miedzią a zewnętrzną warstwą izolacji. Toteż rozpocząć się może zwęglanie warstw izolacji najbliższych miedzi, przy czym na zewnątrz nie zauważymy żadnych oznak groźnego tego zjawiska.

IV. Czas trwania suszenia. Właściwości maszyn świeżo wysuszonych.

Proces suszenia uzwojenia maszyny elektrycznej możemy uważać za ukończony dopiero po upływie pewnego czasu od chwili ustalenia się równowagi temperatur wszystkich części maszyny (a więc nie tylko uzwojenia). Czas ten potrzebny jest na odparowanie z uzwojeń ostatnich śladów wody.

O ile **stała czasu** [7]) **T** nieruchomej maszyny wynosi np. 200 minut, to liczyć się należy z tym, że **czas trwania suszenia** maszyny wynosić będzie od 600 do ok. 800 minut, (czyli od 10 do ok. 13 godzin) — pod warunkiem, że pracujemy przy temperaturze ok. 100°C. Gdybyśmy suszyli maszynę przy temperaturach niższych, to czas trwania suszenia będzie odpowiednio dłuższy (kilka dni).

Pod koniec suszenia maszyny mierzymy oporność izolacji. Winna ona wynosić co najmniej 0,5 ÷ 2 MΩ [8]). O ile pomiar oporności izolacji uzwojeń wykaże wartość mniejszą, zaleca się podjąć suszenie maszyny na nowo i prowadzić je dalej (ciągnąć się ono może nawet przez szereg dni).

Warstwy izolacji maszyn świeżo wysuszonych są szczególnie podatne na wchłanianie wilgoci, jaka znajduje się jeszcze w obrębie kadłuba maszyny, toteż zaleca się świeżo wysuszoną maszynę oddać niezwłocznie do ruchu.

Pożądane jest wreszcie pokrycie czół uzwojeń odpowiednim lakierem izolacyjnym. Na doprowadzenia do tabliczki zaciskowej zaleca się nałożyć koszulki izolacyjne. Ważne jest wreszcie staranne oczyszczenie wszystkich części maszyny. — *Ko.*

---

[4]) Dowodzi tego chociażby suszenie mokrej bielizny w temperaturach znacznie poniżej 100° C (Przyp. Ref.).

[5]) Czego przy dużych maszynach często nie jesteśmy w stanie uniknąć.

[6]) Tracąc, inaczej mówiąc, ok. 20% swych właściwości fizycznych, które maleją przy tym do ok. 80%.

[7]) Stałą czasu **T** nazywamy stosunek pojemności cieplnej maszyny do jej zdolności odprowadzania ciepła.

[8]) Wymagana najmniejsza oporność izolacji wynosi 1000 omów/wolt, czyli winna ona wynosić liczbę woltów napięcia roboczego maszyny pomnożoną przez 1000 omów. A więc np. dla maszyny o $U = 220$ V, najmniejsza oporność izolacji $R_{Iz} = 220 \cdot 1000 \div 220000\ \Omega = 0{,}22\ M\Omega$.

Łączenie przewodów i kabli aluminiowych

(Dokończenie).

Inż. STANISŁAW BLADOWSKI.

Lutowanie żył aluminiowych.

Łączenie żył przewodów i kabli aluminiowych za pomocą lutowania stosuje się tylko wówczas, gdy spawanie z jakichkolwiek przyczyn jest trudne lub niemożliwe do wykonania, jak np. przy łączeniu żył aluminiowych o małym przekroju lub przy łączeniu aluminium z miedzią lub z mosiądzem.

Lutowanie jest czynnością stosunkowo prostą, którą można wykonać za pomocą zwykłych narzędzi ręcznych. Jednakowoż wykonanie połączeń za pomocą lutowania, jeżeli chodzi o części aluminiowe, wymaga stosowania cokolwiek innej metody, niż lutowanie przewodów miedzianych.

Łączenie za pomocą tzw. **lutowania na miękko** polega na tym, że roztopiony metal lutu, w wyższej temperaturze — na skutek dyfuzji — przenika do metalu lutowanego i tworzy z nim w miejscu zetknięcia s t o p. Temperatury topliwości lutów aluminiowych leżą w granicach od 170° do 500° C. Zbyt niski punkt topliwości lutu nie jest celowy, gdyż na skutek małej zdolności dyfuzji metali lekkich, połączenia metaliczne aluminium i lutu następują dopiero w temperaturach powyżej 250° C. Luty o niższym punkcie topliwości nie stapiają się z aluminium, lecz przyklejają się do jego powierzchni. Połączenia takie nie wykazują prawie żadnej wytrzymałości mechanicznej.

Luty są stopami cyny, cynku, kadmu, ołowiu i innych metali. Zwyczajny stop cyny z ołowiem, stosowany powszechnie do lutowania, nie nadaje się do łączenia aluminium ze względu na niebezpieczeństwo korozji.

W lutach przeznaczonych dla metali lekkich spotyka się niekiedy dodatek metali o wyższym punkcie topliwości, jak miedź, srebro i in. Znajdujemy też w nich znaczny dodatek aluminium, który może dochodzić aż do 50%. Głównymi składnikami lutów przeznaczonych do lutowania aluminium są: cynk (15—50%), cyna i aluminium. Na ogół skład lutu stanowi tajemnicę producentów.

Długi czas twierdzono, że aluminium wogóle nie można lutować. Oczywiście, że wykonanie lutowania przewodów aluminiowych w sposób podobny jak to robimy przy przewodach miedzianych, nie jest możliwe. Powierzchnia drutów aluminiowych pokryta jest warstwą tlenku, który utrudnia bezpośrednie zetknięcie się metali podczas lutowania; ponadto tlenek aluminium topi się w temperaturze znacznie wyższej niż aluminium. To też, aby można było wykonać połączenia lutowane, zarówno przed jak i podczas procesu lutowania w a r s t w a t l e n k u musi być bezwarunkowo u s u n i ę t a z powierzchni drutów aluminiowych.

Gdy powłoka tlenku zostanie usunięta z powierzchni aluminiowej, metal lutu może utworzyć stop z aluminium, dając żądane połączenie.

Można to uzyskać:

a) przez mechaniczne starcie tlenku z powierzchni aluminium, albo też

b) przez usunięcie powłoki tlenku aluminium na skutek reakcji chemicznej między aluminium a chlorkiem cynku w wysokiej temperaturze, która „rozrywa" warstewki tlenku aluminium. Gdy powłoka tlenku zostanie usunięta z powierzchni aluminiowej, metal lutu może utworzyć stop z aluminium, dając żądane połączenie.

Usunięcie warstwy tlenku aluminium na drodze m e c h a n i c z n e j wykonuje się przez oczyszczenie powierzchni drutów aluminiowych ostrym narzędziem oraz wcieranie roztopionego lutu do powierzchni drutu aluminiowego rozgrzanego do wysokiej temperatury (ok. 300°) Trudno topliwe kryształki cynku, które znajdują się w roztopionym lucie jeszcze w stanie stałym, podczas wcierania zdzierają z powierzchni aluminium warstwę tlenku, co umożliwia bezpośrednie zetknięcie metaliczne aluminium z roztopioną cyną. Tworzy się wówczas na powierzchni drutu warstwa stopu aluminium i cyny. Czynność tę nazywamy m e t a l i z a c j ą drutów aluminiowych. Drut metalizowany, względnie linkę skręconą z drutów aluminiowych o powierzchni metalizowanej można już dalej lutować zwyczajnym lutem cynowym w normalny sposób — w złączkach lub w końcówkach kablowych wewnątrz ocynowanych.

J a k o ś ć połączenia lutowanego wykonanego w opisany wyżej sposób zależy od dokładności usunięcia tlenku z powierzchni drutów oraz z samego lutu, w którym pozostały jako zanieczyszczenia starte cząsteczki tlenku. Dokładność metalizacji można ocenić stosunkowo łatwo „na oko" — po jednostajnie błyszczącej powierzchni ocynowanej. Przy większej liczbie drutów w lince ten sposób lutowania wymaga stosunkowo dużo czasu. Można sobie jednak ułatwić zadanie przez napawanie końca linki i stopienie jej w pełny trzpień, którego powierzchnię łatwo już można pokryć warstwą cyny i lutować.

Połączenia lutowane przy zastosowaniu metalizacji żył są na ogół trwałe. Nie stosuje się ich jednak dla przekrojów wyższych ponad 120 mm², dla których najbardziej odpowiednie są połączenia spawane.

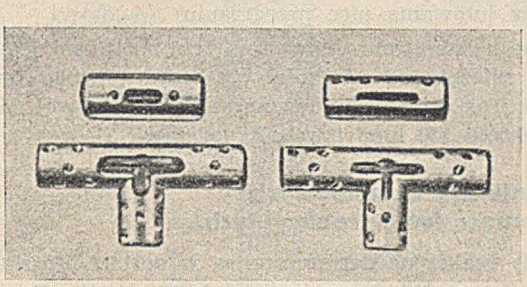
Usunięcie warstwy tlenku z powierzchni drutów aluminiowych na drodze c h e m i c z n e j uzyskujemy przy zastosowaniu tzw. **lutów reakcyjnych.** Są to mieszaniny soli metali ciężkich zawierające głównie chlorek cynku, który nagrzany do temperatury około 450° C w obecności aluminium reaguje, powodując wydzielanie się cynku.

Podczas tej reakcji zostaje przerwana cienka warstwa tlenku aluminium, która w stanie rozpuszczonym pozostaje jako domieszka w płynnym lucie i wypływa na powierzchnię lutu, jako szlaka. Lutowanie polega tu na metalicznym połączeniu oczyszczonego aluminium z cynkiem przy użyciu lutu reakcyjnego lub lutu aluminiowego. W czasie reakcji wydzielają się charakterystyczne kłęby szarego dymu, zawierające połączenia chlorowe. Na skutek wywiązywania się w czasie lutowania gazu oraz szlaki połączenie to stać się może łatwo porowate. Resztki lutu, które pozostaną między drutami aluminiowymi, mogą reagować z aluminium jeszcze w dalszym ciągu po ukończeniu lutowania, powodując korozję.

Przy tej metodzie lutowania miejsce łączenia musi być p o d g r z e w a n e czas dłuższy do znacznej temperatury, co oczywiście może wpływać ujemnie na izolację żył znajdującą się w sąsiedztwie miejsca łączenia. Z tych powodów **lutowanie przy pomocy lutów reakcyjnych nie jest wskazane do łączenia żył kabli energetycznych.**

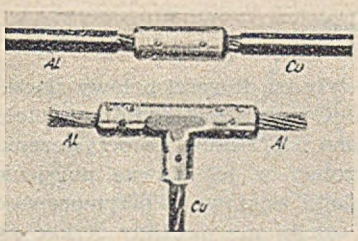
Po usunięciu z powierzchni drutów aluminiowych warstwy tlenku za pomocą jednego z opisanych sposobów dalszy proces lutowania polega na z a l e w a n i u miejsca łączenia roztopionym lutem. Do zalewania można zastosować luty niskotopliwe z dodatkiem aluminium al-

bo też roztopioną cynę. Przy użyciu lutów pierwszego rodzaju należy stosować końcówki i złączki kablowe miedziane lub mosiężne nieocynowane względnie — gdy dostarczono je w stanie ocynowanym — należy w miejscu, w którym stykać się one będą z lutem, usunąć warstwę cyny. Przy łączeniu żył kabli aluminiwych i miedzianych średnica otworu złączki dla żyły miedzianej musi być mniejsza niż średnica otworu dla żyły aluminiowej, a to ze względu na różnicę przekroju kabli. Jeżeli złączka ma jednakowy wymiar otworu na całej swej długości, należy średnicę żyły miedzianej powiększyć przez włożenie do środka linki kawałków drutu miedzianego lub przez nasadzenie na żyłę tulejki miedzianej lub mosiężnej.



Rys. 46. Tulejki złączowe i odgałęźne mosiężne i aluminiowe.

Celem umożliwienia wypłynięcia szlaki, jaka znajdować się może w płynnym lucie, otwory dla wlewania lutu w złączkach dla żył aluminiowych muszą być znacznie powiększone. Rys. 46 przedstawia złączki mosiężne i aluminiowe przeznaczone dla łączenia względnie dla odgałęzienia żył aluminiowych i miedzianych nadające się do lutowania. Na rys. 47 pokazane są wykonane połączenia lutowane.



Rys. 47. Połączenia lutowane żył miedzianych i aluminiowych.

Odporność przeciw korozji miejsc lutowanych jest na ogół mała. Już w powietrzu — na skutek znacznej różnicy potencjałów elektrolitycznych — między aluminium i metalami lutu może nastąpić korozja, której niebezpieczeństwo staje się szczególnie duże, gdy miejsce lutowane narażone jest na działanie wilgoci. Z tego powodu lutowanie żył można stosować tylko dla połączeń w mufach i skrzynkach rozdzielczych, w których miejsce łączenia zostaje zalane masą asfaltową i gdzie dostęp powietrza i wilgoci jest utrudniony.

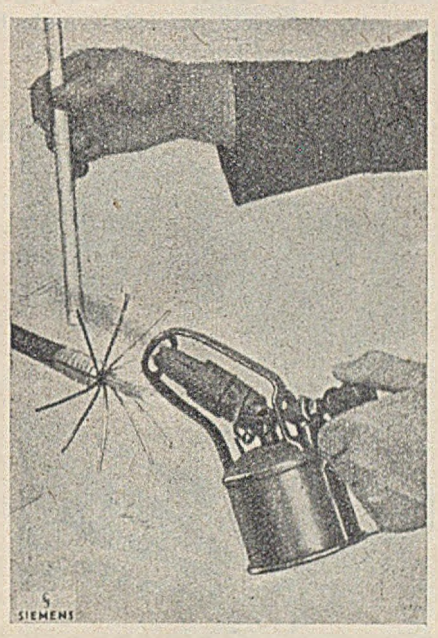
W innych przypadkach (np. przy lutowaniu końcówek kablowych) należy natychmiast po wykonaniu lutowania miejsce połączenia pokryć warstwą lakieru lub owinąć taśmą izolacyjną, a następnie kordelkiem konopnym i polakierować — celem zabezpieczenia przed korozją.

Wytrzymałość na rozciąganie połączeń lutowanych jest na ogół wystarczająca i zależy od staranności wykonania połączenia; waha się ona w dość szerokich granicach i wynosi przeciętnie od 6 do 8 kg/mm².

Główną zaletę łączenia żył alminiowych za pomocą lutowania stanowi stosunkowo **prosty sposób wykonania połączenia**, który nie wymaga specjalnego szkolenia personelu, jakie jest np. konieczne jeżeli chodzi o wykonywanie połączeń spawanych. Należy zaznaczyć, że przemysł chemiczny pracuje nadal nad znalezieniem takiego lutu, któryby umożliwiał prosty sposób lutowania aluminium, będąc jednocześnie pozbawiony wad dotychczasowych lutów.

Lutowanie lutami zwyczajnymi.

Lutowanie żył aluminiowych przy pomocy zwyczajnych lutów cynowych można wykonać tylko po uprzedniej metalizacji powierzchni drutów aluminiowych. Złączki i końcówki kablowe miedziane, mosiężne i aluminiowe — użyte do połączenia — muszą być wewnątrz starannie ocynowane lub metalizowane.



Rys. 48. Metalizowanie drutów.

a) Przygotowanie żył kablowych.

Warstwy izolacji zdejmuje się z żyły na długości równej długości tulejki końcówki kablowej (względnie połowy złączki) z dodaniem 10 mm odstępu między izolacją a początkiem złączki lub końcówki. Jeżeli żyła aluminiowa wykonana jest w postaci linki, — w miejscu, w którym kończą się warstwy izolacji, przewiązuje się ją drutem, przy czym nie należy zbytnio ściskać żyły zwojem drutu, aby nie uszkodzić powierzchni drutów aluminiowych. Koniec żyły, gdzie znajduje się izolacja, owija się starannie taśmą z materiału ogniotrwałego (np. taśmą azbestową) — dla ochrony izolacji przed płomieniem lampy lutowniczej.

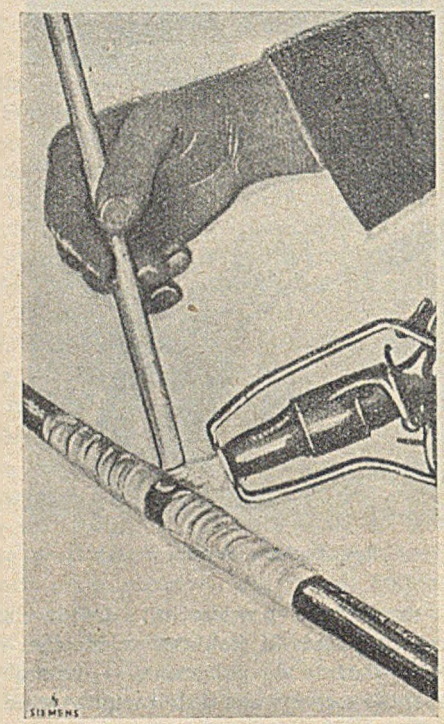
b) Metalizacja żyły.

Jeżeli żyła wykonana jest w postaci linki aluminiowej, należy wpierw rozkręcić i odgiąć poszczególne druty. Odginanie to należy wykonywać ostrożnie, gdyż aluminium jest kruche i można drut złamać. Druty należy starannie oczyścić z resztek oleju kablowego, obmywając je szmatką umaczaną w benzynie lub w czterochlorku węgla, po czym usuwa się warstwę tlenku i resztek zanieczyszczeń przy pomocy ostrej szczotki drucianej. Po oczyszczeniu ogrzewa się każdy drut po kolei lampą lutowniczą do temperatury ok. 300° C. (rys. 48) na-

kłada lut metalizujący i — nie przerywając podgrzewania — wciera się szczotką lub pędzlem metalowym lut metalizujący do powierzchni drutu aluminiowego tak długo, aż na powierzchni drutu aluminiowego powstanie jasno srebrzysta warstwa cyny.

Należy zaznaczyć, że metalizowane mają być nie tylko powierzchnie boczne, lecz i powierzchnie czołowe drutów.

Druty pokryte warstwą cyny skręca się następnie w dawne położenie jakie posiadały w linee, po czym nakłada się końcówkę lub złączkę kablową. Żyły muszą się stykać ze sobą w złączce, względnie mają być wsunięte aż do końca otworu końcówki kablowej.



Rys. 49. Lutowanie złączki.

c) Lutowanie żyły.

Lutowanie żył aluminiowych wykonuje się następnie bez użycia jakichkolwiek płynów lutowniczych. Żyły kablowe w sąsiedztwie miejsca lutowania jako też samą złączkę z wyjątkiem otworu, którym nakłada się lut, należy szczelnie owinąć taśmą azbestową. Złączkę w miejscu lutowania podgrzewa się lampą lutowniczą, przy czym stapia się pałeczkę lutu, który spływa do otworu złączki (rys. 49). Delikatne opukanie złączki powoduje szybszy rozpływ płynnego lutu w złączu.

Lutowanie żył o większych przekrojach można wykonać przez polewanie złączki płynnym lutem, który spływa do podstawionego pod złączkę naczynia Przelewanie płynnego lutu należy wykonywać przez czas dostatecznie długi, aby złączka została należycie nagrzana i aby płynny lut dokładnie wypełnił wszelke szczeliny między drutami a ścianą złączki.

Po wykonaniu lutowania nie należy ruszać złącza lutowanego, aż do chwili, kiedy nastąpi całkowite skrzępnięcie lutu. Oziębianie miejsc lutowanych wodą celem przyśpieszenia krzepnięcia jest niedopuszczalne.

d) Oczyszczenie miejsca lutowanego.

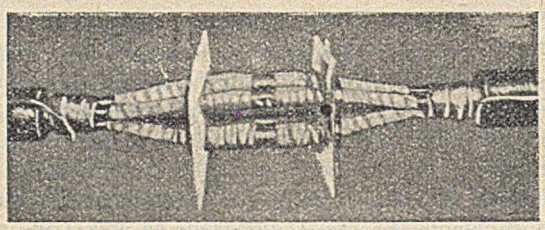
Po skrzepnięciu lutu odwija się taśmy ochronne, usuwa przewiązanie drutem na żyle aluminiowej, miejsce zaś lutowania oczyszcza się z resztek lutu. W kablach wysokiego napięcia zaleca się warstwy izolacji n a c i ą g a ć w nowym miejscu, aby usunąć te ich części, które mogły podczas lutowania ulec przegrzaniu.

Czas wykonywania lutowania tym sposobem jest różny — zależnie od wielkości przekroju i liczby drutów w żyle. Tak np. czas lutowania nasadki kablowej na żyłę o przekroju 120 mm² trwa ok. godziny.

Łączenie żył aluminiowych za pomocą lutów reakcyjnych.

Luty reakcyjne dostarczane są w postaci proszku lub pasty. Ze względu na własności hygroskopijne tych lutów należy je trzymać pod zamknięciem.

Złączki i końcówki kablowe mogą być wykonane z miedzi, z mosiądzu lub z aluminium; w miejscu lutowania muszą być one pozbawione warstwy cyny. Należy zwrócić szczególną uwagę na otwory w złączkach, które muszą być dostatecznie duże, aby umożliwiły łatwe wydzielanie się na zewnątrz gazów, jakie powstają w czasie lutowania.



Rys. 50. Żyły przygotowane do lutowania.

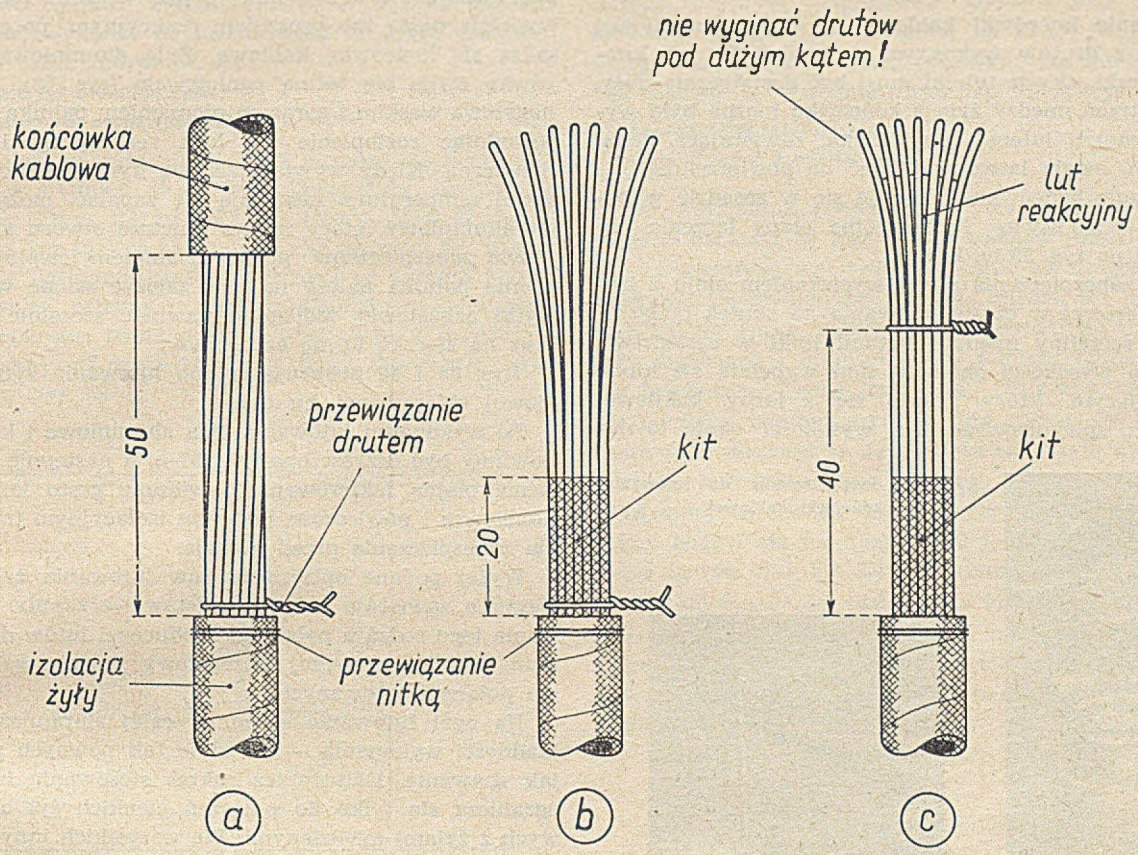
a) Lutowanie żyły aluminiowej i miedzianej w złączce.

Izolację należy zdjąć z żyły na długości połowy złączki z dodaniem 10 — 20 mm. Oczyszczenie drutów z oleju wykonuje się, jak to opisano poprzednio. Po oczyszczeniu druty układa się z powrotem w ich dawne położenie w linee, wsadza się do tulejki złączowej i przymocowuje śrubami. Żyły wewnątrz tulejki nie powinny stykać się z sobą; należy między nimi pozostawić odstęp co najmniej 5 mm. Otwór tulejki musi być dostatecznie duży, aby linka aluminiowa po złożeniu drutów dała się swobodnie wsunąć do wnętrza złączki.

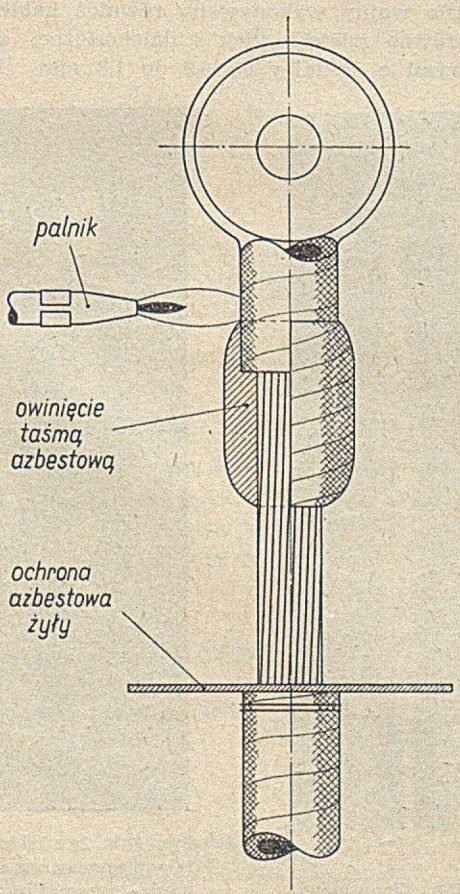
Gołe żyły po obu stronach złączki owija się nitkami azbestowymi i taśmami ogniotrwałymi z azbestu lub z włókien szklanych, aby uniemożliwić w ten sposób wyciekanie płynnego lutu ze złączki na zewnątrz do żyły. Również izolację żyły owija się wraz ze złączką taśmami ogniotrwałymi.

W kablach wielożyłowych należy w ten sposób przygotować do lutowania odrazu wszystkie żyły równocześnie (rys. 50). Po obu stronach miejsca łączenia należy nasadzić na żyły osłony z azbestu dla zabezpieczenia się przed przerzuceniem się płomienia na dalsze łatwopalne części kabla.

Po podgrzaniu złączki wlewa się do niej roztopiony lut reakcyjny którego temperatura topliwości wynosi ok. 240° C. Gdy lut ten wypełni dokładnie wnętrze złączki, należy silnie podgrzewać lampą lutowniczą miejsce łączenia (rys. 51). Przy temperaturze ok. 400° C następuje działanie lutu reakcyjnego i metalizacja, przy czym wywiązują

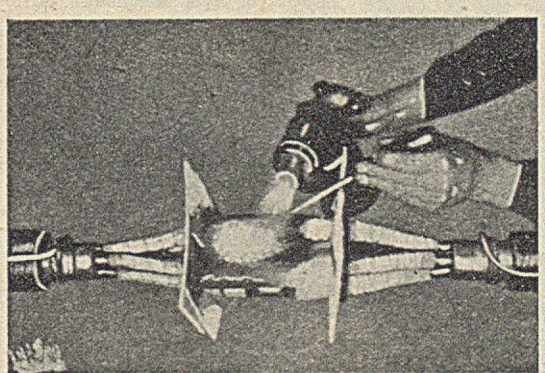


Rys. 52-a, b, c. Przygotowanie do lutowania nasadki kablowej.



Rys. 52-d. Nasadka kablowa w chwili lutowania.

się kłęby szarego dymu. Z kolei, nie przerywając podgrzewania, stapiamy lut aluminiowo-cynkowy tak długo, aż wypełni on całkowicie wnętrze złączki oraz wolne przestrzenie między drutami linki. Dla lepszego wypełnienia wnętrza złączki płynnym lutem należy złączkę kilkakrotnie lekko opukać. Resztki tlenków w postaci szlaki powinny przy tym, jako lżejsze, wypłynąć na powierzchnię lutu, skąd mogą być następnie łatwo usunięte przez spływający świeży lut.



Rys. 51. Wykonywanie lutowania żył w złączce lutem reakcyjnym.

Po wykonaniu lutowania wszystkich żył i oziębieniu miejsc połączenia zdejmuje się taśmy ochronne, oczyszcza żyły i złączkę z resztek lutu, nacina izolację na nowo, miejsce zaś łączenia — o ile nie będzie ono zalane następnie masą asfaltową — powleka lakierem ochronnym.

b) Lutowanie końcówki kablowej.

Lutowanie końcówki kablowej na żyle aluminiowej skręconej z drutów wykonywa się podobnie, jak lutowanie złączki. Otwór tulejki musi być dostatecznie duży, aby przestrzeń między żyłą a końcówką można było wypełnić płynnym lutem i aby szlaka, zawierająca tlenki aluminium, mogła łatwo wypłynąć na powierzchnię.

Lutowanie końcówki wykonuje się w zasadzie w położeniu p i o n o w y m. Poszczególne etapy łączenia pokazane są na rys. 52 (a, b, c, d).

Celem zabezpieczenia przed wyciekaniem oleju z izolacji papierowej w czasie lutowania na skutek podgrzania żyły, szczeliny między drutami linki w sąsiedztwie izolacji na wysokości około 20 mm wypełnia się kitem uszczelniającym, który składa się z farby kokilowej i z lakieru spirytusowego. Na wysokości około 40 mm przewiązuje się druty linki i przy lekkim rozchyleniu wypełnia pastą lub proszkiem reakcyjnym, po czym nasadza się końcówkę kablową. Żyłę aluminiową i końcówkę owija się taśmą ogniotrwałą (rys. 53), po czym nagrzewa wąskim i gorącym płomieniem palnika (rys. 54), powodując roztopienie się lutu reakcyjnego i reakcję chemiczną. Kiedy wywiązujące się dymy, skutkiem wysokiej temperatury zaczynają się zapalać, można dodać lut aluminiowy, który zalewa wnętrze otworu końcówki.

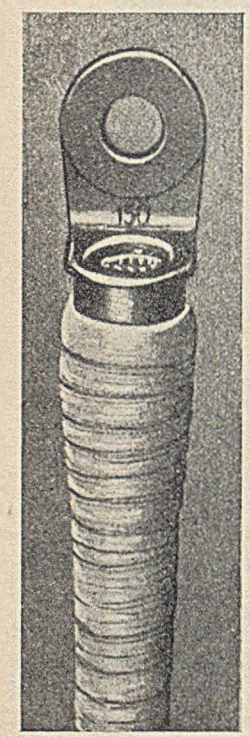
Dla zabezpieczenia przed działaniem cieplnym płomienia palnika należy na żyłę założyć osłonę w postaci płytki azbestowej względnie nawinąć szczelnie na żyłę oraz na złączkę taśmę azbestową.

Rys. 55 i 56 pokazują sposób lutowania żyły aluminiowej skierowanej ku dołowi.

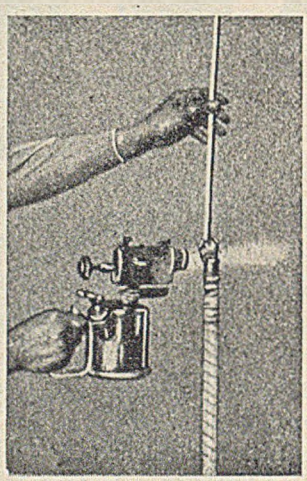
Po wykonaniu lutowania żyła aluminiowa i końcówka powinny być oczyszczone (rys. 57-a) a następnie owinięte taśmą olejną lakierowaną, obwiązane gęsto kordelkiem konopnym i powleczone lakierem izolacyjnym (rys. 57-b), dla zabezpieczenia przed korozją.

Wyżej podane opisy sposobów lutowania żył aluminiowych zawierają jedynie **podstawowe zasady** wykonywania tego rodzaju połączeń. Producenci lutów do aluminium podają zazwyczaj szczegółowy przepis wykonywania połączeń lutowanych.

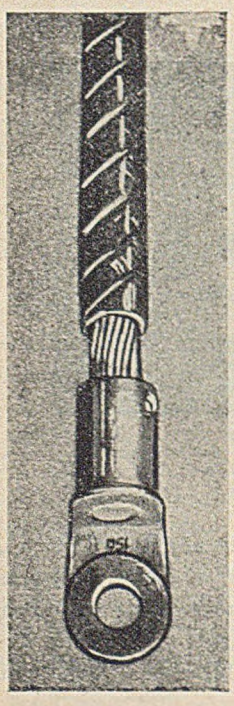
Na ogół lutowanie — mimo całej staranności i dokładności wykonania — nie daje tak pewnych połączeń, jak spawanie. Dlatego też zakres stosowania lutowania ogranicza się tylko do połączeń cienkich żył aluminiowych z żyłami miedzianymi. We wszystkich innych przypadkach z reguły stosowane bywa s p a w a n i e.



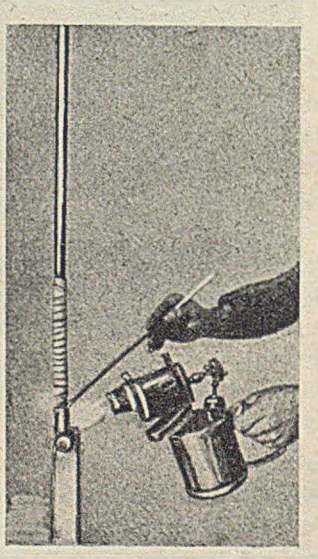
Rys. 53. Przygotowanie do lutowania końcówki kablowej.



Rys. 54. Lutowanie końcówki kablowej.



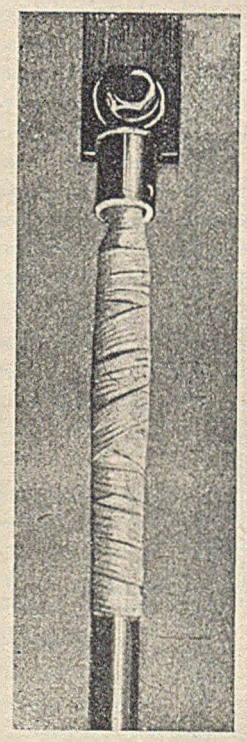
Rys. 55. Przygotowanie do lutowania nasadki na żyłę aluminiową skierowaną ku dołowi.



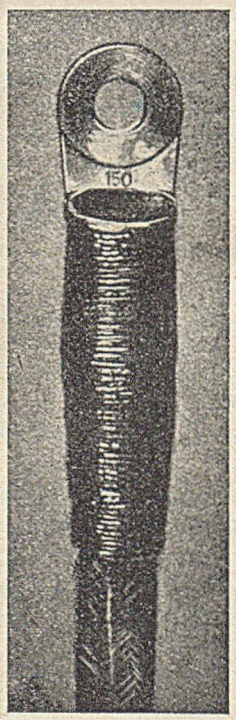
Rys. 56. Lutowanie nasadki kablowej.

Łączenie żył kabli aluminiowych teletechnicznych.

W czasie wojny wykonywano również **kable telefoniczne** zarówno miejskie, jak i dalekosiężne, **z żyłami aluminiowymi** o średnicy od 0,9 do 1,8 mm. Łączenie



Rys. 57-a. Oczyszczona żyła kablowa z nałożoną końcówką.

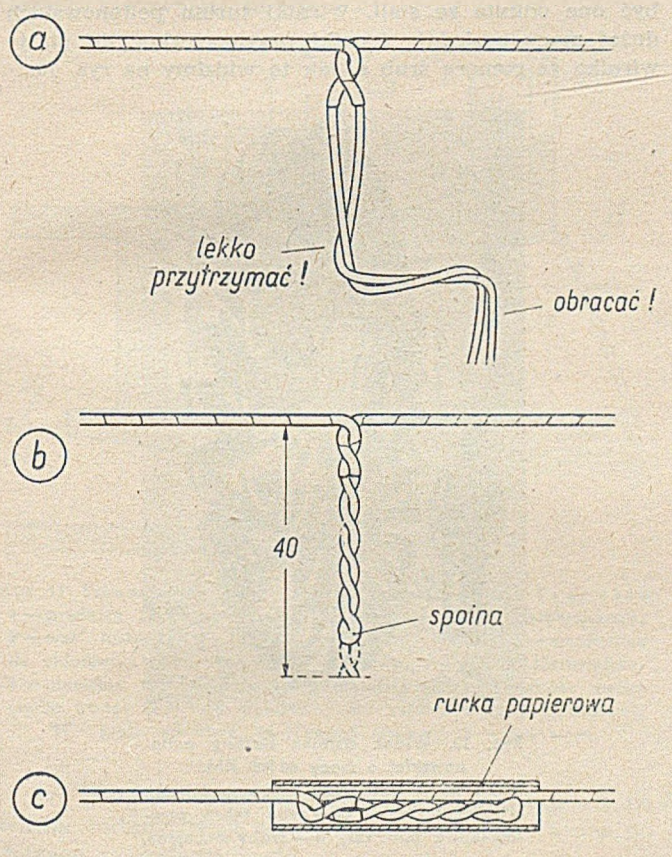


Rys. 57-b. Żyła kablowa zabezpieczona przez owinięcie taśmą naoliwioną i okręcenie kordelkiem oraz przez polakierowanie.

stosunkowo cienkich żył aluminiowych w tych kablach jest proste, wykonać go można bądź to przez spawanie bądź też przez lutowanie.

a) Łączenie żył aluminiowych telefonicznych przez spawanie.

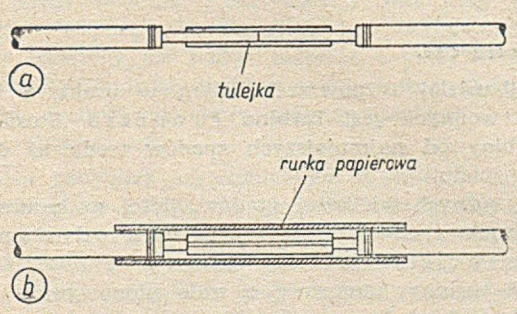
Na izolowaną żyłę aluminiową nasadza się rurkę papierową o średnicy ok. 4 mm. Dwie żyły aluminiowe skręca się razem, jak to pokazano na rys. 58-a. W miejscu skręconym zdziera się izolację. Na długości ok. 40 mm obcina się następnie skręcone druty i na samym końcu, podgrzewając ostrym i wąskim płomieniem acetylenowym, stapia się, tworząc kulkę (rys. 58-b). Wreszcie zagina się skręcone druty i nasuwa na nie papierową rurkę izolacyjną (rys. 58-c).



Rys. 58. Spawanie żył aluminiowych telefonicznych.

b) Łączenie przez lutowanie.

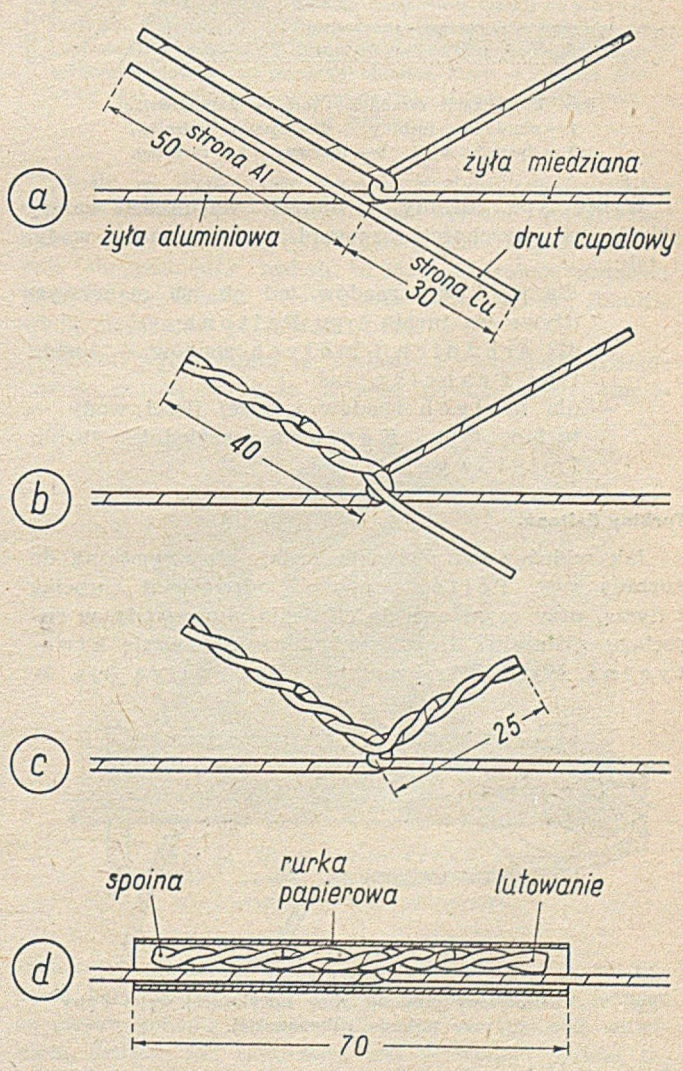
Rurkę papierową zakłada się — podobnie, jak to podano wyżej, na żyłę izolowaną (rys. 59-a). Po zdjęciu izolacji — żyły aluminiowe, które mają być ze sobą połączone, ostrym narzędziem oczyszcza się z tlenku i metalizuje, po czym metalizowane końce wsuwa do tulejki otwartej, posladającej szczelinę na całej swej długości i lutuje zwyczajnym lutem cynowym. Na miejsce łączenia nasuwa się następnie rurkę papierową (rys. 59-b).



Rys. 59. Lutowanie żył aluminiowych telefonicznych.

z) Łączenie żył telefonicznych aluminiowych z miedzianymi.

Do wykonania połączenia używa się drutu kupalowego o długości 80 mm, który posiada rdzeń aluminiowy i zewnętrzną warstwę miedzianą. Na długości 50 mm zdejmuje się zewnętrzną warstwę miedzi. Na jedną z żył nasuwa się rurkę papierową izolacyjną, po czym dwie żyły miedzianą i aluminiową w miejscu łączenia skręca się jeden raz ze sobą (rys. 60-a). Drut kupalowy skręca się z żyłami telefonicznymi w ten sposób, że część aluminiową o długości 50 mm skręca się z żyłą aluminiową, odcinek zaś drutu kupalowego o zewnętrznej powłoce miedzianej skręca się z gołą żyłą miedzianą. Skręcone części obcina się na długości 40 i 25 mm, jak to pokazano na rys. 60-b i c. Druty aluminiowe skręcone razem spawa się następnie, tworząc na końcu kulkę, zaś skręcone druty miedziane lutuje się na końcu zwyczajnym lutem cynowym. Z kolei układa się obie skrętki drutów równolegle do żyły (rys. 60-d) i nasuwa izolacyjną rurkę papierową.



Rys. 60. Łączenie żył telefonicznych miedzianych i aluminiowych przy pomocy drutu kupalowego.

Kilka uwag o elektrowniach wodnych

(Ciąg dalszy)

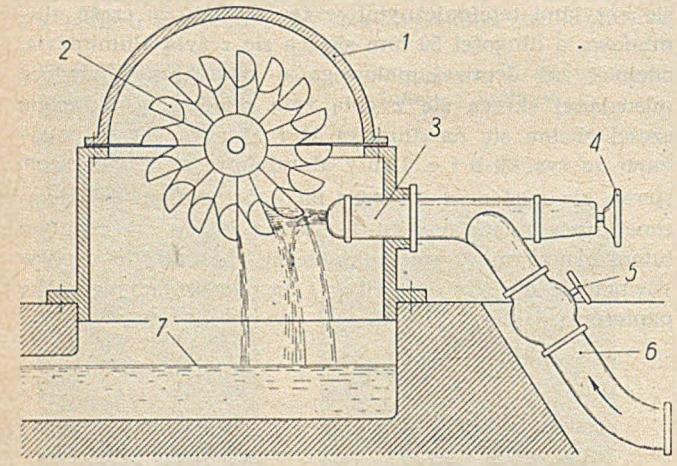
Inż. TADEUSZ WINIARSKI.

Turbiny wodne.

Ogólne uwagi.

Do napędu prądnic elektrycznych używamy w elektrowniach wodnych **turbin wodnych.**

Turbina wodna wywodzi się konstrukcyjnie ze znanego od wieków koła wodnego dziś jeszcze używanego do napędu młynów wodnych. Ulegała ona w trakcie swego rozwoju licznym przeróbkom i udoskonaleniom, w wyniku których zarysowało się kilka zasadniczych typów turbin wodnych.



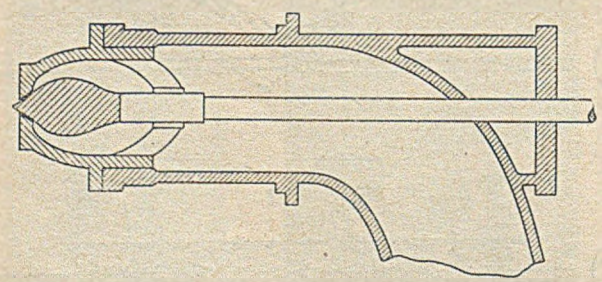
Rys. 8. Schemat zasadniczy turbiny peltonowskiej.
1 — obudowa turbiny; 2 — łopatka wirnika; 3 — dysza; 4 i 5 — zasuwy; 6 — rurociąg.

Wybór typu turbiny w danych warunkach zależy głównie od wysokości rozporządzalnego spadu wody. I tak:

— dla dużych spadów (od ok. 60 m wzwyż) używa się turbin typu Peltona;
— dla średnich i małych spadów — turbin typu Francisa, zaś
— dla małych spadów i dużej ilości wody — turbin typu Kaplana względnie turbin śmigłowych.

Turbiny Peltona.

Jak widać z rys. 8, woda zostaje doprowadzona do turbiny syst. Peltona poprzez odpowiedni rurociąg i dyszę, przy czym energia ciśnienia słupa wody w rurociągu zostaje w dyszy zamieniona na energię kinetyczną. Wylot dyszy zamknięty jest iglicą (rys. 9).

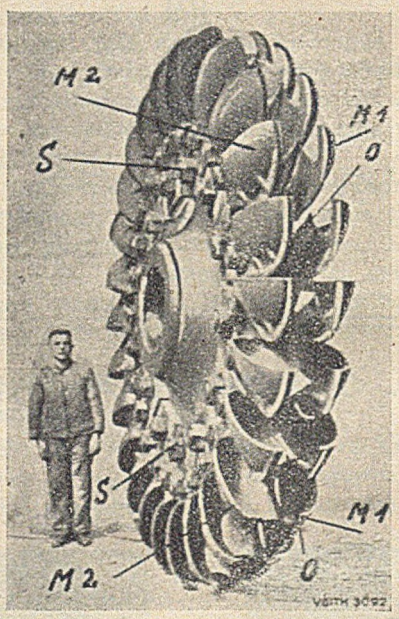


Rys. 9. Schematyczny przekrój iglicy zamykającej wylot dyszy przy turbinie peltonowskiej.

Wkręcając lub wykręcając iglicę, zmniejszamy lub też zwiększamy przekrój wylotu strumienia wody i w ten sposób regulujemy moc oddawaną przez turbinę na wale. Zależnie od wielkości turbiny iglica może być poruszana ręcznie lub za pomocą tzw. serwomotoru.

Z dyszy woda przedostaje się na łopatki wirnika. Strumień wody, cisnąc na łopatki, wprawia je w ruch. Każda łopatka wirnika w turbinie systemu Peltona składa się z dwóch misek m_1 i m_2 (rys. 10) przedzielonych ostrym żebrem **o**. Zadaniem tego żebra jest rozbić strumień padającej na łopatkę wody na dwa strumienie o przeciwnych kierunkach, przez co unika się występowania sił osiowych.

Łopatki małych turbin Peltona są odlane wraz z wirnikiem; przy b. wielkich spadach wody muszą być one odkute ze stali. Wirniki turbin peltonowskich dużej mocy posiadają łopatki przymocowane do piasty wirnika za pomocą śrub s, jak to widzimy na rys. 10.



Rys. 10. Widok wirnika turbiny peltonowskiej o mocy 46 000 KM.
M_1 i M_2 — miseczki tworzące łopatkę wirnika turbiny; O — ostre żebro przedzielające miseczki; S — śruby mocujące.

O ile chcemy nadać projektowanej turbinie wysokie obroty, to — z uwagi na nieprzekraczalną (ze względów wytrzymałościowych) szybkość obwodową wirnika — musimy zmniejszyć wymiary łopatek. Mała łopatka nie może jednak przejąć całej ilości wody dostarczanej przez dyszę i wówczas zamiast jednej dyszy należy zastosować kilka dysz. Chcąc jeszcze bardziej zwiększyć liczbę obrotów turbiny, stosujemy zamiast jednego wirnika 2 lub 3 wirniki zasilane z kilku dysz.

Turbiny Francisa.

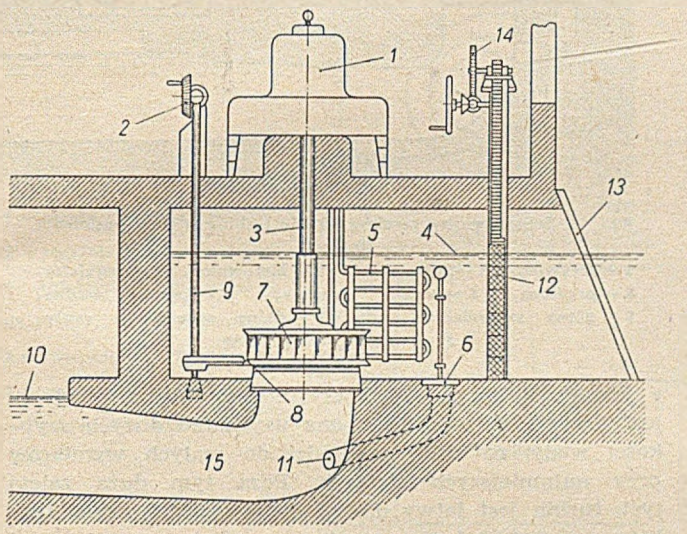
Najbardziej rozpowszechnionym w praktyce typem turbin wodnych jest turbina Francisa. Stosuje się te turbiny od najmniejszych spadów wody aż do ok. 300 m spadu.

Dla różnych wielkości spadów, ilości wody oraz potrzeb ruchowych skonstruowano szereg odmian turbin Francisa. I tak więc mamy:

a. turbiny komorowe o wale pionowym;
b. turbiny komorowe o wale poziomym oraz
c. turbiny w obudowie spiralnej.

W odróżnieniu od turbiny Peltona, woda doprowadzana jest do wirnika turbiny Francisa poprzez ruchome łopatki-kierownice rozmieszczone na całym obwodzie. Łopatka obraca się na sworzniu zamocowanym w osłonie turbiny a poza tym jednym końcem jest ona związana za pomocą ciągła z ruchomym pierścieniem. Obracając ruchomy pierścień w jedną lub drugą stronę, otwieramy lub zamykamy łopatki wirnika przez co zwiększamy lub zmniejszamy ilość wody dopływającej do wirnika turbiny (rys. 11). W ten sposób regulujemy moc turbiny Francisa.

Turbinę Francisa **komorową o wale pionowym** wraz z napędzaną przez nią prądnicą pokazano na rys. 12. Regulator obrotów — za pośrednictwem pionowego wału regulacyjnego — otwiera lub przymyka łopatki kierownicze turbiny.



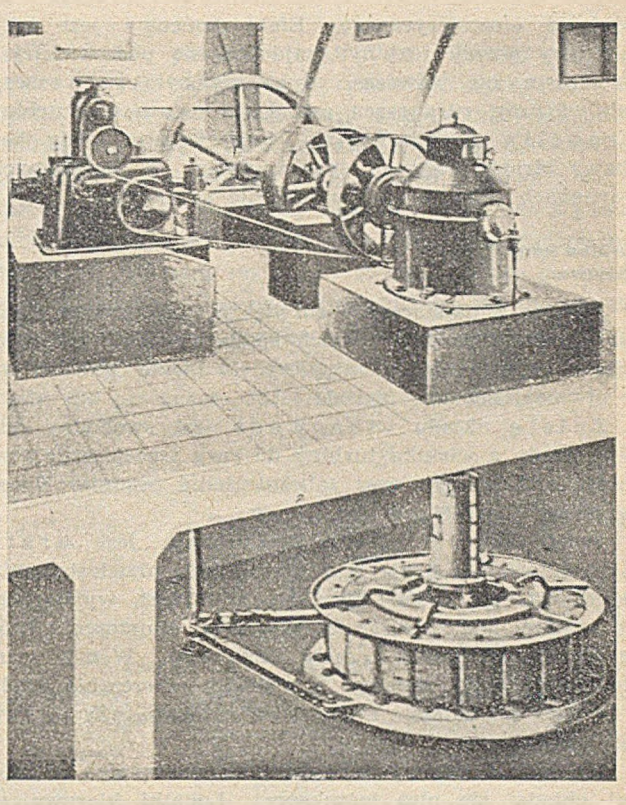
Rys. 11. Schematyczny przekrój turbiny komorowej typu Francisa. 1 — prądnica typu pionowego, 2 — napęd aparatu kierowniczego, 3 — wał turbiny, 4 — górne zwierciadło wody, 5 — wężownica do chłodzenia oleju, 6 — wentyl spustowy, 7 — łopatki kierownicze, 8 — pierścień regulacyjny, 9 — wal regulacyjny, 10 — dolne zwierciadło wody, 11 — rura wylotowa, 12 — zasuwa komory turbinowej, 13 — krata ochronna, 14 — napęd zasuwy, 15 — rura ssąca.

Po przejściu przez kierownicę woda dostaje się na wirnik turbiny, skąd poprzez rurę ssącą spływa ona do dolnego zwierciadła wody.

Wirnik turbiny Francisa składa się z łopatek **l** (rys. 13) tj. odpowiednio wyprofilowanych blach stalowych zamocowanych z jednej strony w pierścieniu zewnętrznym (**z** — rys. 13), z drugiej zaś strony — w pierścieniu wewnętrznym **w**, który z kolei zostaje umocowany na wale turbiny.

Liczba obrotów turbiny Francisa zależy od wysokości rozporządzalnego spadu wody. Duże spady dają duże obroty turbiny, małe spady — małe obroty. Ponieważ koszt prądnic elektrycznych jest przy danej mocy tym większy, im mniejsza jest liczba obrotów prądnicy, staramy się nadać turbinie wodnej możliwie duże obroty, budując turbiny szybkobieżne. Osiągamy to przez zastosowanie przy małych spadach wirników szybkobieżnych.

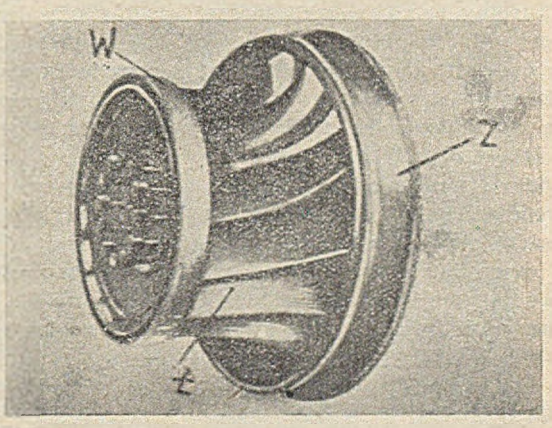
Różnica pomiędzy szybkobieżnym wirnikiem turbiny a wolnobieżnym polega na tym, że wirnik szybkobieżny (rys. 14) posiada małą średnicę wlotową, dużą zaś średnicę wylotową; wirnik natomiast wolnobieżny (który stosujemy przy dużych spadach wody) posiada średnicę wlotową dużą, wylotową zaś — małą (rys. 15).



Rys. 12. Widok pionowej turbiny komorowej typu Francisa. Prądnica widoczna u dołu napędzana jest poprzez koła zębate i przekładnię pasową. Z lewej strony turbiny (górny poziom zakładu) widoczny jest regulator obrotów, który — poprzez pionowy wał regulacyjny — otwiera lub zamyka łopatki kierownicze turbiny.

O ile — mimo zastosowania szybkobieżnej turbiny typu Francisa — nie można uzyskać dostatecznej dużej liczby obrotów, wymaganej przez prądnicę, stosuje się pomiędzy wałem turbiny a wałem prądnicy **przekładnię zębatą.** Nowoczesne koła zębate umożliwiają uzyskanie przekładni 1 : 20.

Woda wypływająca z turbiny Francisa posiada jeszcze pewną szybkość, a więc pewien zapas niewy-



Rys. 13. Wirnik turbiny Francisa. l — łopatka wirnika, z — pierścień zewnętrzny, w — pierścień wewnętrzny wirnika.

zyskanej energii. Energię tą odzyskujemy za pomocą rury ssącej. Rura ta przymocowana jest jednym ze swych końców do osłony turbiny — tuż pod wirnikiem, drugim zaś zanurzona jest w wodzie. Dzięki temu, że rura ssąca rozszerza się ku dołowi, szybkość wody przepływającej przez tę rurę maleje, co powoduje spadek ciśnienia w rurze do wartości poniżej

ciśnienia atmosferycznego. Efekt końcowy jest taki, jakgdyby wirnik turbiny znajdował się pod większym ciśnieniem, niż wówczas, gdyby nie było rury ssącej. Jak widzimy, rura ssąca umożliwia ustawienie turbiny Francisa ponad dolnym zwierciadłem wody bez obawy straty mocy na spadku wody. W normalnych warunkach długość rury ssącej nie przekracza 7 m.

Turbina komorowa pionowa.

Jednym z najstarszych rozwiązań, dziś jeszcze chętnie stosowanych przy niskich spadach wody, jest ustawienie tzw. turbiny stojącej (o wale pionowym) w otwartej komorze (rys. 11 i 12).

Zaletą układu pionowego jest swobodny odpływ wody z wirnika turbiny do rury ssącej, małe wymiary hali maszyn oraz zabezpieczenie prądnicy przed zalewem w czasie powodzi.

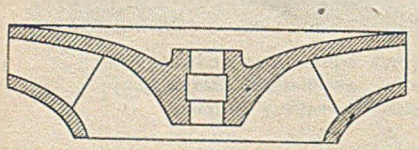
Przed komorą wodną umieszczona jest krata o przelotach ok. 2 cm, która zapobiega przedostawaniu się do turbiny części stałych o większych wymiarach. Za kratami znajduje się zasuwa, po opuszczeniu której można odwodnić komorę turbinową. Wentyl spustowy na dnie komory umożliwia spuszczenie wody z komory do dolnego zwierciadła w czasie, gdy zasuwa jest opuszczana.

Na ścianie komory umieszcza się wężownicę w której chłodzi się olej łożyskowy. Łopatki kierownicze uruchamiane są za pomocą wału pionowego połączonego z regulatorem. Rury ssące wykonane są zazwyczaj z blachy, przy czym oś rury przebiega na ogół pionowo. O ile odległość turbiny od dolnego zwierciadła wody jest mała, nie można ustawiać rury ssącej pionowo i wówczas wykonanej z betonu rurze nadaje się taki kształt, że górna jej część przebiega pionowo, reszta zaś — poziomo. W ten sposób uzyskujemy wystarczającą długość rury mimo małej odległości wirnika turbiny od dolnego zwierciadła wody.

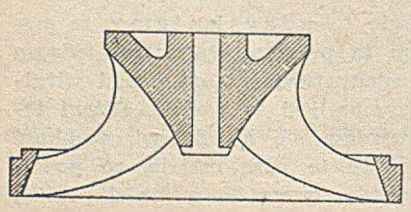
Turbina komorowa pozioma.

W komorach wodnych mogą być ustawione także tzw. turbiny leżące czyli inaczej turbiny o wale poziomym. Ich zaletą jest bezpośrednie przeniesienie mocy na wał transmisyjny wzgl. na wał poziomy prądnicy, dzięki czemu unikamy kosztownych łożysk nośnych. Wodę z turbiny odprowadza się poprzez krzywiec do rury ssącej (rys. 16).

Komora wodna oddzielona jest od hali maszyn ścianą wodoszczelną. Celem uzyskania dużej liczby obrotów umieszcza się na wale dwa wirniki. O ile oba wirniki mają wspólną rurę ssącą, turbinę nazywamy bliźniaczą (rys. 17). O ile każdy wirnik posiada oddzielną rurę ssącą, — turbinę nazywamy podwójną (rys. 18).



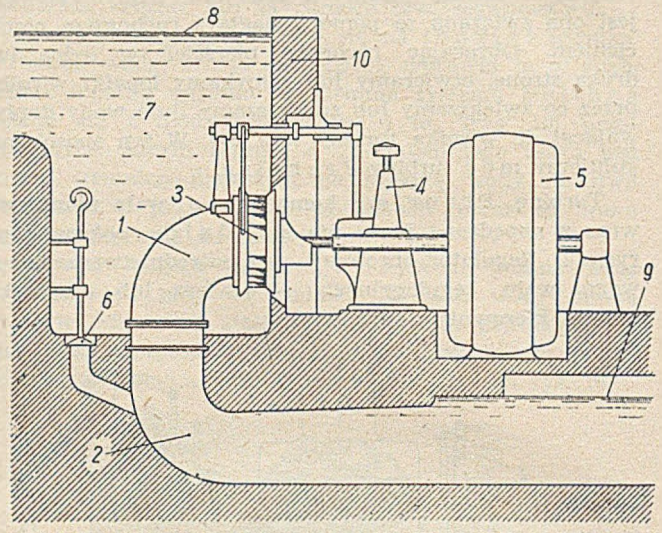
Rys. 14. Schematyczny przekrój szybkobieżnego wirnika turbiny frensisowskiej (mały wlot — duży wylot).



Rys. 15. Schematyczny przekrój wolnobieżnego wirnika turbiny frensisowskiej (duży wlot — mały wylot).

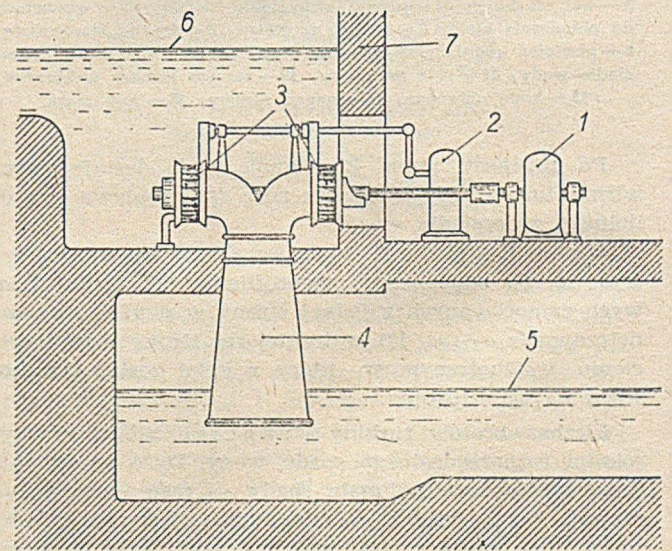
Turbiny spiralne.

Przy spadach od 10 m wzwyż wodę do turbiny Francisa doprowadza się rurami, samą zaś turbinę umieszcza się w obudowie wykonanej z żeliwa lub



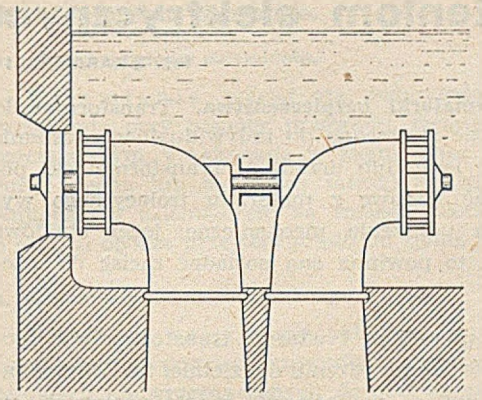
Rys. 16. Schematyczny przekrój układu turbiny o wale poziomym (leżącej).
1 — krzywiec, 2 — rura ssąca, 3 — kierownice, 4 — regulator, 5 — prądnica, 6 — wentyl upustowy, 7 — komora wodna, 8 — górne zwierciadło wody, 9 — dolne zwierciadło wody, 10 — ściana wodoszczelna.

z blachy stalowej. Najkorzystniejszą formą obudowy jest spirala; umożliwia ona uzyskanie dużych szybkości wody, co znów prowadzi do małych wymiarów przy najmniejszych stratach. Poza tym dużą zaletą tych turbin jest łatwy dostęp do wszystkich części turbiny, co jest zwłaszcza ważne w czasie remontu turbiny (rys. 19 i 20).



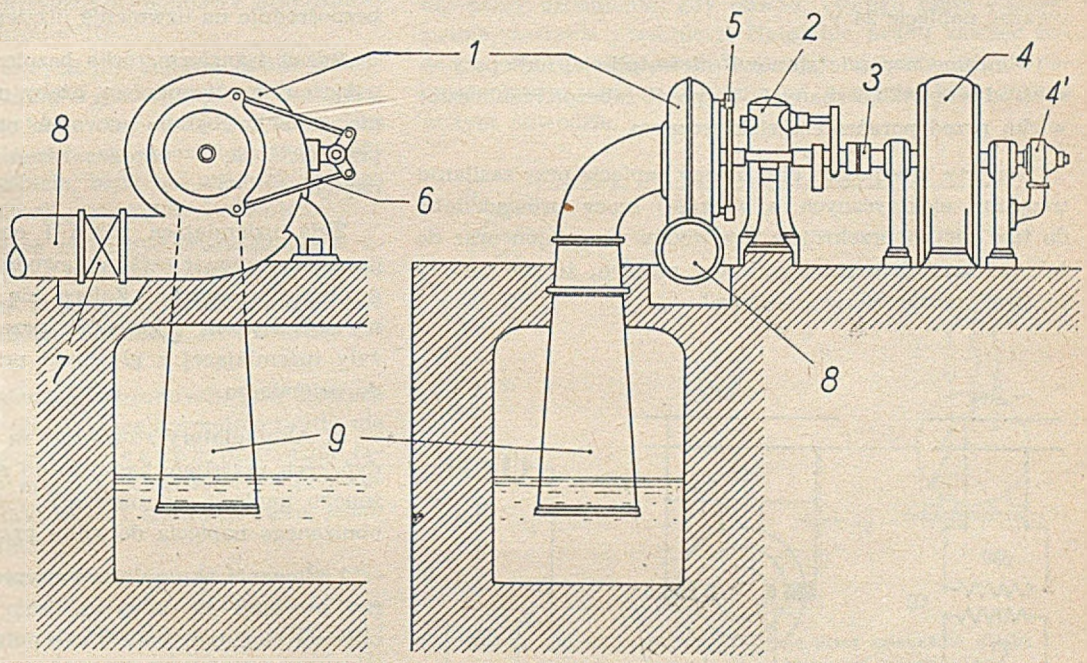
Rys. 17. Schematyczny układ turbiny poziomej bliźniaczej.
1 — prądnica, 2 — regulator, 3 — turbina, 4 — rura ssąca, 5 — dolne zwierciadło wody, 6 — górne zwierciadło wody, 7 — ściana wodoszczelna.

Turbiny, do których wodę doprowadza się długimi rurociągami, narażone są przy nagłych odciążeniach (np. na skutek wyłączenia linii) na niebezpieczeństwo zwyżki ciśnienia, co może spowodować pęknięcie rurociągu lub osłony turbiny.

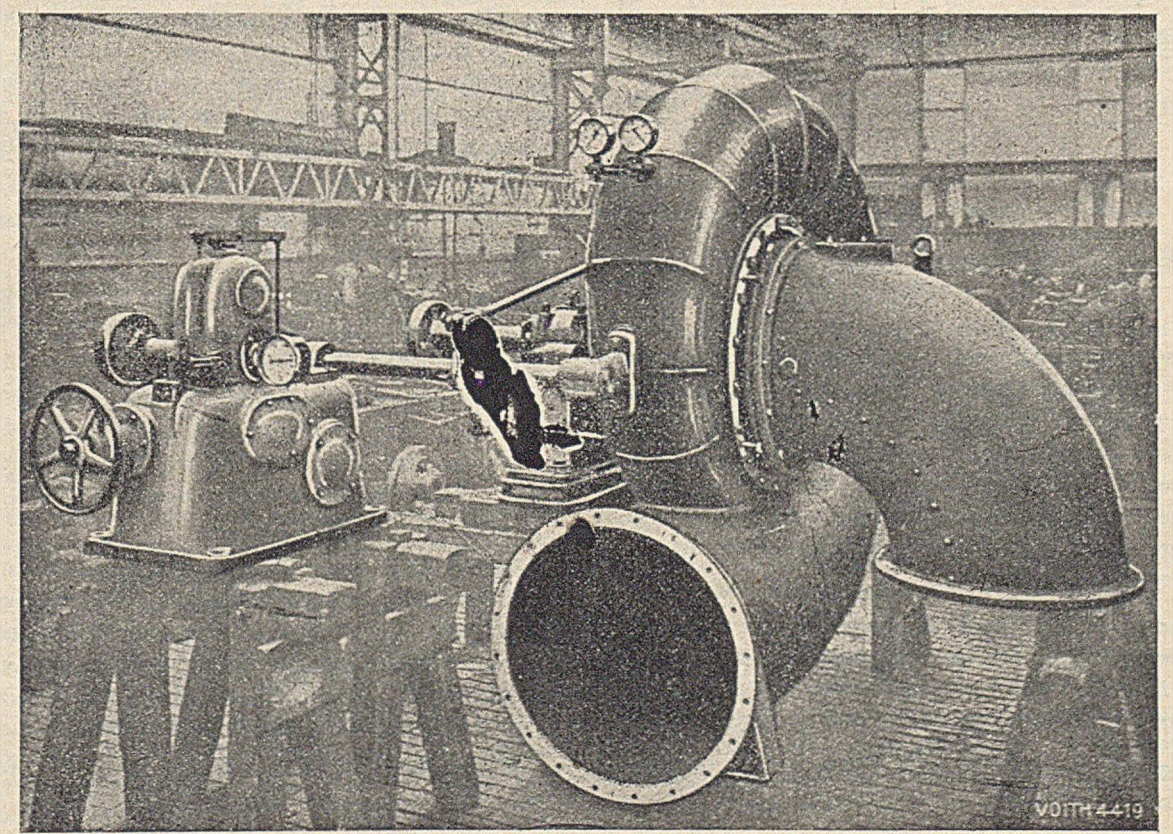


Rys. 18. Schematyczny przekrój turbiny poziomej podwójnej.

W chwili odciążenia obroty turbiny szybko wzrastają, wobec czego regulator szybko zamyka łopatki kierownicze. Duże masy wody, praktycznie nieściśliwe, powodują — na skutek swej bezwładności — w dolnych częściach rurociągu oraz w osłonie turbiny nagły wzrost ciśnienia. Aby temu zapobiec, przedłuża się czas zamknięcia łopatek, przy dłuższych zaś rurociągach instaluje się specjalne regulatory ciśnienia, które są sprzężone z aparatem kierowniczym turbiny. W miarę zamykania kierownic, regulator ciśnienia otwiera boczny upust wody, dzięki czemu zwyżka ciśnienia w rurociągu nigdy nie przekracza 50% normalnego ciśnienia.



Rys. 19. Schemat ustawienia turbiny poziomej spiralnej. 1 — osłona spiralna turbiny, 2 — regulator, 3 — sprzęgło, 4 — prądnica, 5 — pierścień regulacyjny, 6 — cięgła aparatu kierowniczego, 7 — zasuwa, 8 — rurociąg doprowadzający wodę, 9 — rura ssąca.



Rys. 20. Widok turbiny poziomej spiralnej dużej mocy zmontowanej do prób wraz z regulatorem w hali fabrycznej.

Urządzenia ochronne przeciw porażeniom elektrycznym

Inż. Z. KARASIŃSKI

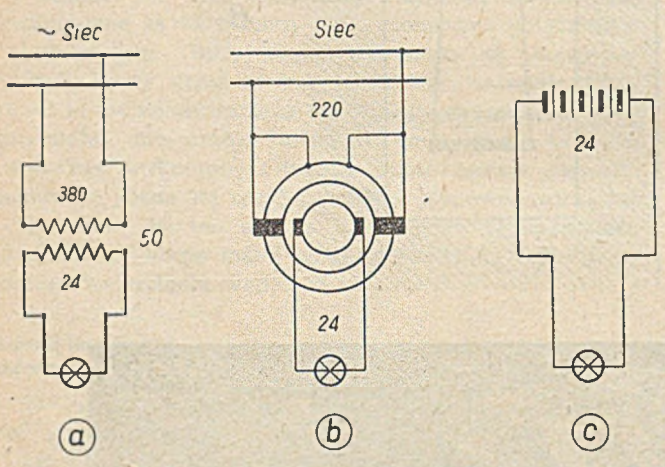
5. Obniżone napięcie.

Za obniżone uważamy takie napięcie, które nie może spowodować porażenia nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach pracy spotykanych w praktyce.

Nie wiadomo jeszcze, jak to zagadnienie zostanie ujęte w nowelizowanych obecnie Przepisach budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego (PNE-10). Wiele danych zarówno natury praktycznej, jak i teoretycznej przemawia za tym, że za „bezpieczne" należy praktycznie uważać napięcie 24 V.

Obniżone napięcie stanowi, niewątpliwie, najlepszy — spośród wszystkich znanych — sposób zabezpieczenia człowieka przed porażeniem elektrycznym.

Niestety, stosowanie obniżonego napięcia przy zasilaniu urządzeń elektrycznych o większej mocy prowadziłoby do tak dużych przekrojów przewodów i uzwojeń oraz do takiego powiększenia wymiarów maszyn, że nie byłoby to, praktycznie biorąc, możliwe.



Rys. 10. Symbole graficzne (schematyczne oznaczenie) urządzeń stosowanych do obniżania napięcia: transformatorek bezpieczeństwa (a), przetwornica (b) oraz bateria akumulatorów (c).
(dolne liczby na rys. a i b oznaczają wartości obniżonego napięcia).

Stosowanie obniżonych napięć ogranicza się więc do miejsc szczególnie niebezpiecznych pod względem możliwości porażenia elektrycznego (jak pomieszczenia wilgotne, zbiorniki i kotły metalowe itp.), przy zasilaniu urządzeń specjalnie narażonych na uszkodzenia, jak lampy przenośne i elektryczne narzędzia przenośne, a także zamocowane na stałe niektóre lampy oświetleniowe (jak np. przy kotłach).

Obniżone napięcie uzyskuje się przeważnie przez zastosowanie specjalnych transformatorków obniżających napięcie. Rzadziej stosowane są akumulatory, względnie przetwornice (rys. 10).

Warunki, którym powinno czynić zadość urządzenie, obniżające napięcie, są następujące:

a) **Transformatorki bezpieczeństwa.** Transformatorki te są w zasadzie stosowane do indywidualnego zasilania poszczególnych lamp lub urządzeń. Transformatorki powinny posiadać budowę z materiału izolacyjnego wytrzymałego na uderzenia mechaniczne; jeżeli obudowa jest metalowa, to powinna ona posiadać zacisk do uziemiania.

Uzwojenie pierwotne i wtórne transformatorka powinny być osadzone na rdzeniu oddzielnie, tak, aby w razie przebicia, wyższe napięcie nie mogło przerzucić się bezpośrednio na uzwojenie niższego napięcia.

Rdzeń transformatorka bezpieczeństwa powinien być połączony z uziemieniem, ażeby nawet w razie uszkodzenia izolacji obydwu uzwojeń napięcie sieci nie mogło przerzucić się — poprzez rdzeń — do obwodu dolnego napięcia.

Żyła uziemiająca rdzeń i obudowę transformatorka powinna stanowić część przewodu doprowadzającego prąd do transformatorka. Zaleca się stosowanie specjalnych wtyczek i gniazdek przeznaczonych do łączenia żyły uziemiającej z głównym przewodem, prowadzącym do uziemiacza.

b) **Akumulatory** stosowane są bądź do zasilania pojedyńczych urządzeń, bądź też do zasilania obwodów obniżonego napięcia w miejscach wymagających stosowania obniżonego napięcia do kilku przyrządów.

Ładowanie akumulatorów wprost z sieci prądu stałego nie powinno się odbywać bez uprzedniego odłączenia obydwu biegunów baterii akumulatorów od obwodu obniżonego napięcia.

c) **Przetwornice** są w zasadzie stosowane tylko wtedy, gdy chodzi o zasilanie całej sieci obniżonego napięcia. Uzwojenie obniżonego napięcia przetwornicy powinno być elektrycznie oddzielone od uzwojenia napięcia wyższego i dlatego używa się na ogół przetwornic dwutwornikowych.

Ponadto niezależnie od rodzaju źródła obniżonego napięcia trzeba pamiętać, że:

a) wtyczki przewodów obniżonego napięcia powinny być specjalne, nie pasujące do gniazdek napięcia wyższego;

b) sieć obniżonego napięcia nie powinna być zbyt rozległa, przewody zaś prowadzące do poszczególnych urządzeń nie powinny być zbyt długie, aby uniknąć możliwych zetknięć z siecią napięcia wyższego.

Pogląd, iż w obwodzie obniżonego napięcia można na stan izolacji przewodów i urządzeń nie zwracać uwagi, jest błędny. W obwodzie niskiego napięcia należy stosować przewody i urządzenia takie, które pod względem wytrzymałości izolacji odpowiadają co najmniej wymaganiom stawianym w stosunku do sieci 220 V.

W obwodzie obniżonego napięcia powinny wreszcie się znajdować zabezpieczenia na wypadek zwarcia.

6. Uziemienia ochronne.

a. Części składowe uziemienia.

Uziemienie polega na połączeniu uziemianego urządzenia przy pomocy przewodu, zwanego **przewodem uziemiającym**, z zakopaną w ziemi masą metalową (np. rurą, blachą lub metalową taśmą) zwaną **uziemiaczem.** Najlepszym uziemiaczem są rozległe sieci wodociągowe o małym oporze przejścia prądu do ziemi.

b. Uziemienia ochronne i robocze.

Uziemienia ochronne polegają na połączeniu z uziemiaczem za pomocą przewodu uziemiającego części metalowych **nie przeznaczonych** do przewodzenia prądu, jak np. kadłuby maszyn elektrycznych, obudowy przyrządów elektrycznych, siatki ochronne itp.

Celem uziemień ochronnych jest **zabezpieczenie pracowników** przed porażeniem na wypadek pojawienia się napięcia na tych częściach, które normalnie pod napięciem nie znajdują się. Napięcie może się pojawić na tych częściach bądź wskutek przebicia, bądź też wskutek mechanicznego uszkodzenia izolacji przewodów i uzwojeń.

Inne uziemienia, które mogą być przewidziane w urządzeniach elektrycznych, a które są zainstalowane w celu ochrony tych urządzeń przed przepięciami albo też dla potrzeb ruchu elektrycznego, zaliczamy do **uziemień roboczych.**

W odróżnieniu od uziemień ochronnych, przy których z uziemiaczem łączy się części, które normalnie prądu nie przewodzą, w uziemieniach roboczych przeważnie łączone są z uziemiaczem **części przeznaczone do przewodzenia prądu,** jak np. punkt zerowy transformatora, jeden z przewodów prąd wiodących itp.

Trzeba dla ścisłości wspomnieć, że reguła ta ma wyjątki, bo np. przez linkę chroniącą przewody napowietrzne od przepięć atmosferycznych (tzw. przewód odbojowy) prąd roboczy nie płynie, a tym nie mniej uziemienia tej linki są uziemieniami roboczymi, gdyż mają one głównie na celu ochronę urządzeń, nie zaś pracownika.

Trzeba też zaznaczyć, że uziemienia robocze w pewnej mierze chronią także i pracowników, ponieważ np. przepięcia mogłyby wywołać niebezpieczeństwo nie tylko dla urządzeń, lecz i dla obsługi, jakkolwiek ochrona pracownika nie jest celem zasadniczym tych uziemień.

W niniejszym artykule zajmiemy się kwestią uziemień ochronnych, pominiemy natomiast wszystkie zagadnienia specjalne odnoszące się do uziemień roboczych. Pominiemy także uziemienia przenośne używane przy naprawach urządzeń elektrycznych oraz linii napowietrznych, albowiem uziemienia te mają charakter sprzętu ochronnego, a nie urządzeń ochronnych.

c. Warunki, które winno spełniać uziemienie ochronne.

Warunek pierwszy, jaki spełniać winno uziemienie ochronne, jest następujący: pomiędzy uziemioną częścią urządzenia a ziemią nie powinno powstać długotrwałe napięcie niebezpieczne dla pracownika, któryby się tej części mógł dotknąć.

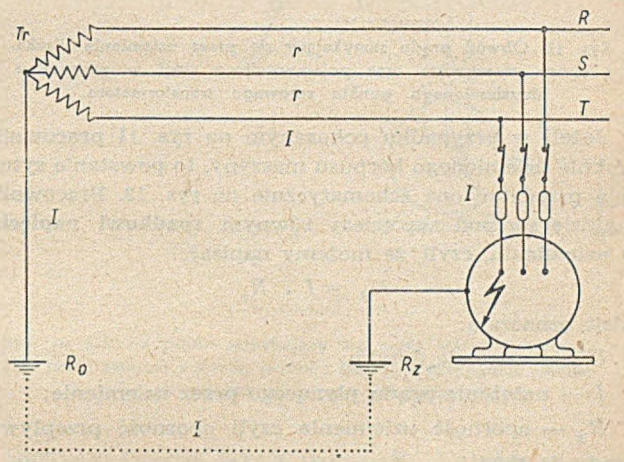
Warunek drugi: jeżeli napięcie pomiędzy uziemioną częścią urządzenia elektrycznego a ziemią przekroczy granicę napięcia bezpiecznego, to prąd płynący przez uziemienie powinien być tak duży, aby nastąpiło bądź zadziałanie zabezpieczeń nadmiarowych, bądź też przepalenie bezpieczników topikowych.

Wyłączenie tą drogą urządzenia spod napięcia powinno nastąpić **tak szybko,** aby napięcie, które się przedostało na uziemione urządzenia, nie mogło spowodować wypadku porażenia.

Jeżeli urządzenie ochronne zapewni spełnienie tych warunków, to porażenie nie może nastąpić, gdyż albo napięcie dotyku będzie zbyt niskie, a więc niegroźne (warunek pierwszy), albo też nastąpi szybkie wyłączenie urządzenia spod napięcia (warunek drugi).

d. Zasadnicze czynniki, jakie wpływają na skuteczność uziemienia ochronnego.

Wiemy z rozdziału 3 „Obwody Elektryczne" niniejszego artykułu (zesz. 2/3 49 r. — str. 39), że prąd wówczas popłynie przez uziemienie, gdy obwód, którego część stanowi ziemia, zostanie zamknięty. Natężenie prądu zależeć będzie od oporu całego obwodu (a więc od sumy oporów poszczególnych jego części) oraz od napięcia, które działa w tym obwodzie.



Rys. 11. Obwód prądu zamykający się przez uziemienie silnika oraz przez uziemienie punktu zerowego transformatora.

Tak więc w przypadku pokazanym schematycznie na rys. 11 przez uziemienie popłynie prąd taki, jak w całym obwodzie, a mianowicie:

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

gdzie:

I — natężenie prądu w obwodzie;

U — napięcie działające w obwodzie (napięcie fazowe);

R — oporność całego obwodu.

Oporność obwodu w przypadku pokazanym na rys. 11 składa się z następujących części:

R_z oporność uziemienia korpusu silnika, czyli oporność przepływu prądu do ziemi;

R_o — oporność uziemienia punktu zerowego transformatora;

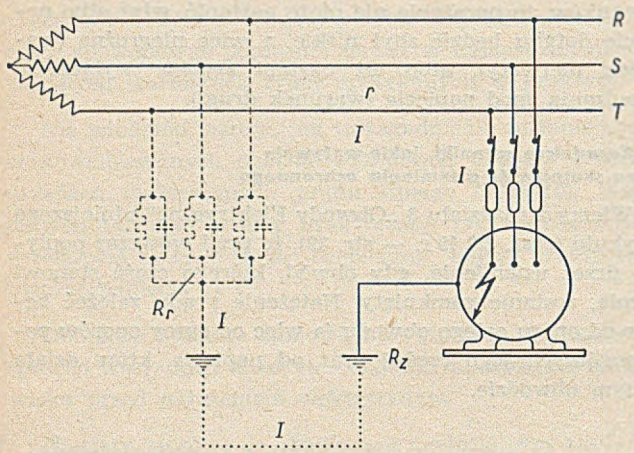
r — oporność przewodów oraz uzwojeń transformatora.

Oporność obwodu będzie więc wynosiła:

$$R = R_z + R_o + r.$$

W przypadku pokazanym na rys. 12 obliczamy prąd oraz oporność w ten sam sposób, ponieważ jednak nie ma tam uziemienia punktu zerowego transformatora — zamiast R_o bierzemy pod uwagę R_r, to jest oporność równoważną oporności izolacji oraz pojemności przewodów względem ziemi.

Ponieważ jednak oporność R_r jest przeważnie znacznie większa od oporności R_o, więc sposób obliczania uziemień jest inny nieco w sieciach z uziemionym punktem zerowym transformatora, niż w sieciach z nieuziemionym punktem zerowym.



Rys. 12. Obwód prądu zamykający się przez uziemienie silnika i opory rzeczywiste oraz pojemnościowe sieci w przypadku nieuziemionego punktu zerowego transformatora.

Jeżeli w przypadku pokazanym na rys. 11 pracownik dotknie uziemionego korpusu maszyny, to powstanie sytuacja przedstawiona schematycznie na rys. 13. Pracownik znajdzie się pod napięciem równym **spadkowi napięcia w uziemieniu**, czyli, że możemy napisać:

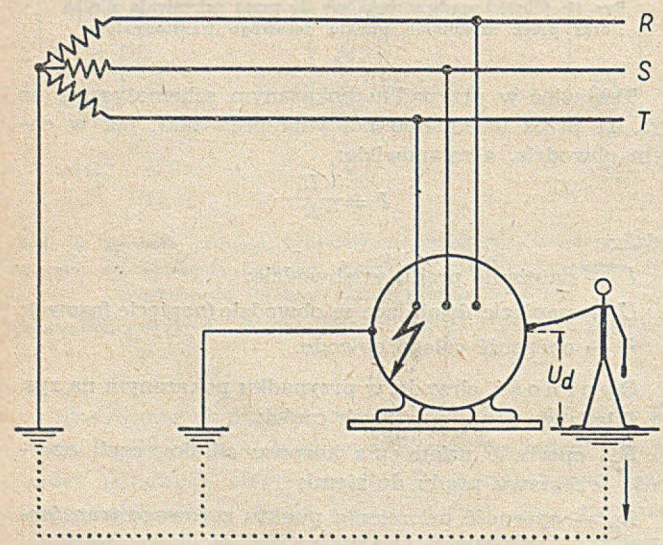
$$U_d = I \cdot R_z,$$

gdzie oznaczają:

U_d — napięcie dotyku;

I — natężenie prądu płynącego przez uziemienie;

R_z — oporność uziemienia czyli oporność przepływu prądu do ziemi.



Rys. 13. Obwód prądu zamykający się przez uziemienie silnika i człowieka (równolegle) oraz przez uziemienie punktu zerowego transformatora.

Uziemienie będzie zabezpieczać pracownika, o ile napięcie dotyku U_d będzie tak niskie, że nie będzie ono w stanie wywołać poważniejszego wypadku (warunek pierwszy), albo też, gdy napięcie dotyku osiągnie wielkość niebezpieczną dla dotykającego, wtedy bowiem równocześnie prąd I osiągnie wartość tak dużą, że wywoła szybkie przepalenie się bezpieczników lub zadziałanie wyzwalaczy nadmiarowych (warunek drugi).

Ażeby uwzględnić warunek drugi, musimy znać charakterystykę zabezpieczeń (bezpieczników lub wyzwalaczy nadmiarowych), a więc wiedzieć, przy jakim natężeniu prądu bezpieczniki s z y b k o się przepalą, albo też zadziałają wyzwalacze.

Przy o b l i c z a n i u uziemienia jest rzeczą ważną ustalić, jakie napięcie dotyku U_d, uważać będziemy za bezpieczne.

Z tego, co wyżej było powiedziane, widzimy, że zasadniczymi czynnikami, jakie wpływają na skuteczność uziemienia ochronnego, są przy znanym napięciu sieci:

a) napięcie dotyku U_d, które przyjmujemy w obliczeniach jako wartość bezpieczną;
b) charakterystyka zabezpieczeń;
c) to, czy punkt zerowy transformatora jest uziemiony czy też nieuziemiony;
d) oporność uziemień oraz
e) oporność przewodów.

Czynniki te omówimy bliżej w dalszym ciągu artykułu.

e. Napięcie dotyku U_d przyjmowane jako bezpieczne przy obliczeniach uziemień.

Chcąc **obliczyć uziemienie**, musimy zdecydować, jak duże napięcie dotyku powstać może na uziemianym przedmiocie zanim prąd płynący przez uziemienie osiągnie wartość powodującą szybkie przepalenie bezpieczników.

Wiemy, że za napięcia bezpieczne dla człowieka można uważać wartości do 24 V. Byłoby więc pożądane, aby na uziemionym przedmiocie nie mogło powstać dłużej trwające napięcie wyższe niż 24 V. Wymaganie to jednak prowadziłoby przeważnie do zbyt małych wartości oporności uziemienia, trudnych do uzyskania w praktyce.

Bierzemy także pod uwagę, że chodzi o napięcie szczytowe, przy którym prąd dochodzi już do granicy powodującej szybkie wyłączenie. Ponadto, w momencie dotknięcia „elektryzującej" części, pracownik przeważnie jest chroniony w stosunku do ziemi przez obuwie. Z tych względów przyjmuje się zazwyczaj w obliczeniach jako dopuszczalną wartość napięcia dotyku, które trwać może na elektryzującej części przez nieco dłuższy czas, $U_d = 65$ V.

f. Charakterystyka zabezpieczeń nadmiarowych.

W obliczeniach naszych musimy także uwzględnić d r u g i warunek należytego uziemienia (patrz punkt **c**). Trzeba, ażeby zabezpieczenia nadmiarowe zadziałały szybko — o ile napięcie dotyku na „elektryzującej" części przekroczy wartość, jaką przyjęliśmy za dopuszczalną.

I dlatego wiedzieć musimy, przy jakim natężeniu prądu zabezpieczenia nadmiarowe zadziałają, i **to** właśnie natężenie przyjąć w obliczeniach.

Znane są t r z y rodzaje zabezpieczeń nadmiarowych, a mianowicie:

1. bezpieczniki,
2. wyzwalacze elektromagnetyczne oraz
3. wyzwalacze termiczne (cieplne).

Wg Polskich Norm Elektrotechnicznych (PN/E-40 · 1) przepisowe stopki bezpiecznikowe szybko się przepalają, jeżeli płynący przez nie prąd osiągnie wartość 275% wartości prądu znamionowego stopki (wkładki topikowej).

Jeżeli więc dane urządzenie ma być zabezpieczone za pomocą bezpieczników, to przy obliczaniu uziemienia weźmiemy pod uwagę, jako prąd powodujący szybkie przepalenie stopek, natężenie równe $2{,}75 \cdot I_n$ (I_n — prąd znamionowy stopki).

Przepalenie stopek bezpiecznikowych nastąpi przy tym natężeniu po upływie co najmniej 10 sekund (jeżeli chodzi o stopki do 25 amperów). Jest to czas dość długi. A więc w tych wypadkach, gdy nie prowadzi to do zbyt małych wartości oporów uziemienia, można przewidzieć w obliczeniach prąd większy (np. $3 \div 3{,}5\ I_n$) — dla skrócenia czasu przepalania stopki.

Jeżeli urządzenie jest zabezpieczone tylko za pomocą wyzwalaczy elektromagnetycznych, to wyłączenie następuje wprawdzie bardzo szybko, lecz dopiero przy prądzie $7 \div 8$-krotnie większym od prądu znamionowego, na który wyzwalacz został nastawiony. Musimy więc przy obliczaniu uziemienia uwzględnić nie $2{,}75\ I_u$, lecz $8\ I_n$.

Wyzwalacze termiczne (cieplne) wyłączają w czasie $5 \div 10$ sekund przy pięciokrotnym prądzie znamionowym; w obliczeniach przyjmiemy więc wartość $5 \cdot I_n$

Często w obwodzie doprowadzającym prąd znajdują się prócz wyłącznika z wyzwalaczami nadmiarowymi także bezpieczniki. Wówczas bierzemy pod uwagę tylko zabezpieczenie bezpiecznikami i uwzględniamy w obliczeniach prąd $2{,}75 \cdot I_n$ (biorąc, jako I_n, prąd znamionowy stopek bezpieczników).

Często opłaca się zainstalować dodatkowo bezpieczniki tam, gdzie są tylko wyzwalacze nadmiarowe, zbyt duże bowiem wartości prądu powodującego wyłączenie prowadzą, jak już zaznaczyliśmy, do małych wartości oporności uziemienia, trudnych do osiągnięcia lub też zbyt kosztownych.

Wynika z powyższego, że obliczając uziemienie, musimy dokładnie wiedzieć, jaki rodzaj zabezpieczenia nadmiarowego w danym przypadku zastosowano i **jaki jest prąd znamionowy tego zabezpieczenia.**

Należy o s t r z e c przed często popełnianym w obliczeniach błędem polegającym na tym, że obliczający bierze pod uwagę prąd znamionowy odbiorników, **a nie zabezpieczeń.** I tak np. obliczając uziemienie s i l n i k a uwzględnia on prąd znamionowy tego silnika, a nie bezpieczników, które ten silnik chronią. Rozbieżności mogą tu być nieraz duże, bo np. silnik o prądzie znamionowym 11 A będzie na pewno zabezpieczony stopkami bezpiecznikowymi na 15 A.

Trzeba też dodać, że w przypadkach, gdy urządzenie jest chronione tylko przez wyzwalacze nadmiarowe (bez bezpieczników), wyzwalacze te muszą być umieszczone we wszystkich trzech fazach, inaczej bowiem uziemienie w ogóle nie może być użyte, jako środek ochronny.

Wyjaśnienie przyczyny tego jest proste: jeżeli wyzwalacze są w wyłączniku tylko w dwóch fazach (co dość często jeszcze się zdarza), to w wypadku zwarcia z obudową trzeciej (niezabezpieczonej) fazy, prąd, jaki płynie przez uziemienie do ziemi, nie przepłynie wogóle przez wyzwalacz i wobec tego wyłączenie nie nastąpi, chociaż uziemienie w zasadzie zostało prawidłowo obliczone.

g. Obliczanie oporu uziemień ochronnych w przypadku, gdy punkt zerowy transformatora jest izolowany od ziemi.

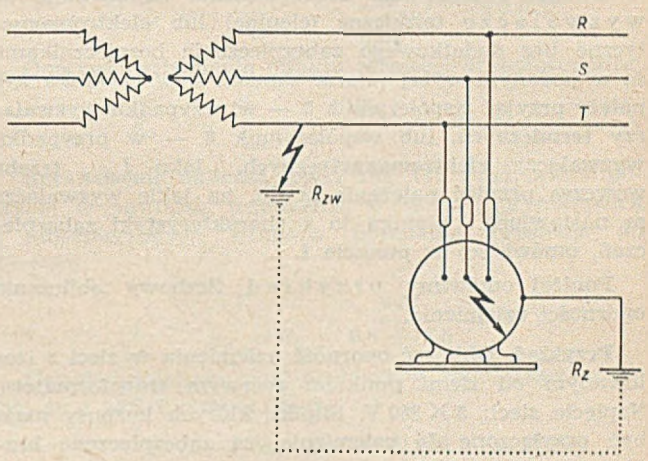
Przypadek, kiedy punkt zerowy transformatora nie jest uziemiony, pokazany jest na rys. 12.

Opór R_r (rys. 12) jest przeważnie tak duży, że wystarczyłoby uziemienie o dość znacznej oporności, aby zabezpieczyć pracownika, tj. aby w warunkach pokazanych na rys. 12 nie mogło powstać na korpusie silnika napięcie dotyku o wartości niebezpiecznej.

Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że w chwili przebicia do korpusu silnika mogło już istnieć zwarcie i n n e j jego fazy z ziemią, albo, że tego rodzaju zwarcie może nastąpić po przebiciu. Wówczas będziemy mieli sytuację pokazaną na rys. 14.

Jest to przypadek najgorszy, jaki w tym układzie może w ogóle mieć miejsce i właśnie dlatego musimy przyjąć go za podstawę do obliczeń oporności uziemienia ochronnego, tym bardziej, że przypadek ten w praktyce bynajmniej nie jest rzadkością.

W obwodzie uziemienia działać tu będzie nie napięcie fazowe, lecz napięcie **międzyprzewodowe** (w szczególnym przypadku, pokazanym na rys. 14 — napięcie pomiędzy przewodem S a przewodem T).



Rys. 14. Obwód prądu zamykający się przez uziemienie silnika oraz przez zwarcie z ziemią jednej z faz (T) w przypadku nieuziemionego punktu zerowego transformatora.

Oporność zwarcia fazy z ziemią (R_{zw}) z góry nie jest znana; wiemy jednak, że wartość tej oporności może być niekiedy bardzo mała. Nie znając z góry oporów pozostałych części obwodu uziemienia, powiadamy, że oporność uziemienia ochronnego powinna być tak mała, że jeżeli napięcie dotyku (równe spadkowi napięcia na uziemieniu) osiągnie dopuszczalną jeszcze wartość 65 V, to prąd powinien być tak duży, aby spowodował wyłączenie zabezpieczenia. Stąd otrzymujemy:

$$R_z = \frac{65}{I_w},$$

gdzie:

R_z — oznacza oporność uziemienia ochronnego,

I_w — oznacza natężenie prądu powodujące zadziałanie zabezpieczeń.

Wiemy z poprzedniego rozdziału, że w przypadku zabezpieczenia obwodu bezpiecznikami, jako prąd powodujący przepalanie stopek, należy przyjąć 2,75-krotną wartość prądu znamionowego bezpieczników ($I_w = 2{,}75 \cdot I_n$).

Wobec tego podany wyżej wzór można napisać w postaci:

$$R_z = \frac{65}{2{,}75 \cdot I_n}.$$

Nie jest to już wzór podany tylko dla wyjaśnienia zjawisk, jak wzory poprzednie. Wzór ten służy do **praktycznego obliczania oporności uziemienia,** które należy zastosować w przypadku, gdy punkt zerowy transformatora nie jest uziemiony.

Należy podkreślić, że R_z oznacza największą oporność, jaką uziemienie mieć powinno. Jeżeli natomiast oporność uziemienia będzie m n i e j s z ą, to oczywiście tym lepiej.

Jeżeli do tego samego uziemienia ochronnego ma być przyłączonych k i l k a o d b i o r n i k ó w, zabezpieczonych stopkami bezpiecznikowymi o różnych prądach znamionowych, to jako wartość I_n należy przyjąć oporność znamionową największą.

Tak więc np. jeżeli do uziemienia mają być przyłączone obudowy trzech silników, z których jeden jest zabezpieczony s t o p k a m i 6 A, drugi — stopkami 10 A, a trzeci stopkami 15 A, to jako prąd znamionowy do obliczenia uziemienia weźmiemy $I_n = 15$ A.

Uwaga. Jeżeli, jako zabezpieczenie zastosowane są w y z w a l a c z e termiczne (cieplne) lub elektromagnetyczne bez dodatkowego zabezpieczenia bezpiecznikami, to w podanym wyżej wzorze zamiast współczynnika 2,75 należy przyjąć współczynnik 5 — w przypadku **wyzwalaczy termicznych,** lub współczynnik 8 — w przypadku wyzwalaczy **elektromagnetycznych.** Jako I_n, trzeba wówczas przyjąć natężenie prądu, na jakie wyzwalacze są nastawione. Wynika to z charakterystyki zabezpieczeń, omówionej w punkcie **f.**

Poniżej omówimy p r z y k ł a d liczbowy obliczania oporności uziemienia.

Przykład. Obliczyć oporność uziemienia w sieci z izolowanym od ziemi punktem zerowym transformatora. Napięcie sieci: 3 × 380 V. Silniki, których korpusy mają być przyłączone do uziemienia, są zabezpieczone bezpiecznikami 6 A i 10 A.

O b l i c z e n i e. Prąd wyłączający szybko największy silnik $I_w = 2{,}75 \cdot 10 = 27{,}5$ A.

Wobec tego oporność uziemienia ochronnego powinna być:

$$R_z = \frac{65}{I_w} = \frac{65}{27{,}5} \approx 2{,}3\ \Omega.$$

Sprawdzenie. Jeżeli nie nastąpi zwacie z ziemią innej fazy (patrz rys. 12) w chwli przebicia izolacji w chronionym silniku i jeżeli przyjmemy, że $R_r = 50\ \Omega$, to w obwodzie uziemienia popłynie prąd:

$$I = \frac{U_f}{R_r + R_z} = \frac{220}{50 + 2{,}3} = 4{,}2\ \text{A}.$$

Napięcie dotyku, jakie wystąpi na uszkodzonym silniku, będzie:

$$U_d = I \cdot R_z = 4{,}2 \cdot 2{,}3 = 9{,}7\ \text{V}$$

a więc zupełnie n i e s z k o d l i w e dla personelu.

Jeżeli natomiast powstanie **zwarcie innej fazy z ziemią** (patrz rys. 14), to zakładając, że oporność w miejscu zwarcia $R_{zw} = 3\ \Omega$, otrzymamy prąd w obwodzie uziemienia:

$$I = \frac{U}{R_{zw} + R_z} = \frac{380}{3 + 2{,}3} = 72\ \text{A}$$

Napięcie dotyku, jakie wówczas wystąpi na uszkodzonym silniku, będzie:

$$U_d = I \cdot R_z = 72 \cdot 2{,}3 = 165\ \text{V}$$

a więc znacznie w y ż s z e od dopuszczalnego. Natomiast w tym przypadku nastąpi b a r d z o s z y b k i e w y ł ą c z e n i e uszkodzonego silnika spod napięcia, ponieważ prąd wynosi 72 A, a szybkie przepalenie stopek bezpiecznikowych następuje tu już przy prądzie 16,5 A — jeżeli uszkodzony silnik był zabezpieczony stopkami 6 A (6 · 2,75 = = 16,5 A) oraz przy prądzie 27,5 A — o ile uszkodzony silnik był zabezpieczony stopkami 10 A (10 · 2,75 = 27,5 A).

h. Obliczanie oporu uziemień ochronnych, gdy punkt zerowy transformatora jest uziemiony.

W poprzednim przypadku (punkt zerowy transformatora i z o l o w a n y od ziemi) musieliśmy liczyć się z tym, że obwód uziemienia mógł się zamknąć przez niedoskonałą izolację przewodów i pojemność (rys. 12), albo też przez zwarcie innej fazy z ziemią o nieznanym z góry oporze (rys. 14), przy czym w tym ostatnim przypadku w obwodzie uziemienia występowało napięcie międzyprzewodowe.

Natomiast w przypadku, gdy punkt zerowy transformatora j e s t u z i e m i o n y (rys. 11), obwód uziemienia zawsze m o ż e zostać zamknięty przez uziemienie punktu zerowego R_o. Możemy więc z góry określić opory poszczególnych części obwodu, przy czym dobieramy opory R_o i R_z w ten sposób, aby obydwa warunki należytego działania uziemienia ochronnego były spełnione [1]).

Równocześnie dążyć należy do tego, żeby opory uziemień nie wypadły z obliczeń niepotrzebnie zbyt małe; albowiem im mniejszy opór uziemienia, tym jego wykonanie jest trudniejsze i droższe [2]).

Rozważania te doprowadziły do następujących wzorów wg których oblicza się opór uziemień, gdy punkt zerowy transformatora jest uziemiony:

$$R_z = \frac{0{,}5 \cdot U_f}{I_w};$$

R_z — oporność uziemienia ochronnego;
U_f — napięcie fazowe;
I_w — natężenie prądu, który powoduje zadziałanie zabezpieczeń.

Uwaga. Na ogół do tego samego uziemienia przyłącza się k i l k a przyrządów i silników. Wówczas, jako I_w, trzeba wziąć wartość prądu, który powoduje zadziałanie zabezpieczeń n a j w i ę k s z e g o (pod względem mocy) z tych odbiorników.

Wiemy, że jeżeli odbiorniki są zabezpieczone przy pomocy bezpieczników, to $I_w = 2{,}75 \cdot I_n$ (I_n — prąd znamionowy użytych stopek bezpiecznikowych) i wobec tego formułka powyższa sprowadza się do wzoru:

$$R_z = \frac{0{,}5 \cdot U_f}{2{,}75 \cdot I_n}$$

Opór uziemienia punktu zerowego transformatora powinien być odpowiednio m a ł y i nie powinien przekraczać wartości wynikającej ze wzoru:

$$R_o = \frac{65}{I_w},$$

gdzie:

R_o — oporność uziemienia punktu zerowego;
I_w — prąd powodujący wyłączenie największego z odbiorników zabezpieczonych uziemieniem ochronnym.

Uwaga. Jeżeli w danej instalacji jest kilka uziemień ochronnych, to do obliczania R_o należy jako I_w wziąć prąd wyłączający największy odbiornik ze w s z y s t k i c h odbiorników zabezpieczonych tymi uziemieniami.

Trzeba nadmienić, że oporność uziemienia punktu zerowego nie powinna być większa niż wyżej wskazana nie tylko ze względu na działanie uziemienia ochronnego,

[1]) Tj, aby mogące powstać napięcie dotyku było poniżej 65 V względnie, aby następowało szybkie wyłączenie.

[2]) Chyba że mamy na miejscu do dyspozycji gotowe uziemiacze, jak np. sieć wodociągową. Wówczas im mniejszy jest opór uziemienia, tym lepiej.

lecz również po to, aby uniknąć nadmiernego napięcia punktu zerowego względem ziemi, które mogłoby powstać przy przepływie prądu przez obwód uziemienia.

Gdy obwody są zabezpieczone bezpiecznikami, wówczas $I_w = 2{,}75 \cdot I_n$ i wzór poprzedni sprowadza się do wyrażenia:

$$R_o = \frac{65}{2{,}75 \cdot I_n},$$

gdzie I_n oznacza prąd znamionowy stopek bezpiecznikowych największego odbiornika.

Wzory powyższe pozwalają obliczyć w sposób prosty oporności uziemień ochronnych oraz uziemień punktu zerowego transformatora — tak, aby zabezpieczenie należycie działało.

Należy dla ścisłości zaznaczyć, że w niektórych szczególnie niesprzyjających warunkach, gdy oporność przewodów znacznie ogranicza wielkość prądu w obwodzie uziemienia, może się zdarzyć (zwłaszcza w sieciach 3×380 V), że wartości oporów obliczone za pomocą tych wzorów okażą się zbyt duże i nie zapewnią tym samym poprawnego funkcjonowania uziemienia ochronnego. Konieczne jest więc sprawdzenie obliczeń tak, jak to podajemy poniżej, i odpowiednie skorygowanie obliczonych wartości oporów.

Przykłady liczbowe.

Podamy przykłady liczbowe **obliczeń oporności uziemień** w przypadku sieci z uziemionym punktem zerowym transformatora.

Przykład I. Napięcie sieci $U = 3 \times 220$ V, czyli napięcie fazowe $U_f = 127$ V. Silniki, które mają być przyłączone do uziemienia ochronnego, zabezpieczone są stopkami bezpiecznikowymi 6 A i 25 A.

Prąd odłączający szybko od sieci największy silnik $I_w = 25 \cdot 2{,}75 = 69$ A.

Obliczamy wartość oporności uziemienia ochronnego:

$$R_z = \frac{0{,}5 \cdot U_f}{I_w} = \frac{0{,}5 \cdot 127}{69} = 0{,}9\ \Omega$$

Oporność uziemienia punktu zerowego transformatora:

$$R_o = \frac{65}{I_w} = \frac{65}{69} = 0{,}9\ \Omega.$$

Sprawdzenie (patrz rys. 11). Prąd, jaki popłynie w obwodzie uziemienia w wypadku, gdy którykolwiek z zabezpieczonych silników będzie miał przebicie do korpusu:

$$I' = \frac{U_f}{R_o + R_z} = \frac{127}{0{,}9 + 0{,}9} = 70\ \text{A}.$$

Wartość tego prądu będzie w rzeczywistości mniejsza, ponieważ nie wzięliśmy pod uwagę oporności przewodów. Zakładając, że istnienie tych oporów zmniejszy prąd I' o 30% (dokładniejszy sposób obliczenia podamy w dalszym ciągu) otrzymamy rzeczywistą wartość prądu w obwodzie uziemienia:

$$I = 70 \cdot 0{,}7 = 49\ \text{A}$$

Jeżeli uszkodzony silnik był zabezpieczony stopkami 6 A, to przy prądzie $I = 49$ A nastąpi bardzo szybkie przepalenie stopek, gdyż wystarczyłoby do tego, jak wiemy $I_w = 6 \cdot 2{,}75 = 16{,}5$ A.

Jeżeli natomiast uszkodzony silnik był zabezpieczony stopkami 25 A, to prąd potrzebny do szybkiego przepalania stopek wyniesie: $I_w = 25 \cdot 2{,}75 = 69$ A, a zatem przy prądzie $I = 49$ A szybkie wyłączenie silnika spod napięcia **nie nastąpi**. Napięcie dotyku, które w tym przypadku powstanie na silniku, wyniesie:

$$U_d = I \cdot R_z = 49 \cdot 0{,}9 = 44\ \text{V}$$

a więc poniżej dozwolonej granicy 65 V.

Przykład II. Napięcie sieci $U = 3 \times 380$ V, a więc napięcie fazowe $U_f = 220$ V. Silniki, które mają być przyłączone do uziemienia ochronnego zabezpieczone są stopkami 6 A i 25 A.

Prąd wyłączający szybko największy silnik wynosi: $I_w = 25 \cdot 2{,}75 = 69$ A.

Obliczamy oporność uziemienia ochronnego:

$$R_z = \frac{0{,}5 \cdot U_f}{I_w} = \frac{0{,}5 \cdot 220}{69} = 1{,}6\ \Omega$$

Oporność uziemienia punktu zerowego transformatora:

$$R_o = \frac{65}{I_w} = \frac{65}{69} = 0{,}9\ \Omega.$$

Sprawdzenie obliczeń (patrz rys. 11). Prąd, który popłynie w obwodzie uziemienia, o ile w którymkolwiek z zabezpieczonych silników powstanie przebicie do korpusu:

$$I' = \frac{U_f}{R_o + R_z} = \frac{220}{0{,}9 + 1{,}6} = 88\ \text{A}$$

Uwzględniając oporność przewodów, zmniejszamy wartość tę o 30% i otrzymujemy:

$$I = 88 \cdot 0{,}7 = 61{,}6\ \text{A}.$$

O ile uszkodzony silnik był zabezpieczony stopkami 25 A, to prąd $I = 61{,}6$ A jest mniejszy od wartości potrzebnej do szybkiego przepalenia stopek ($I_w = 25 \cdot 2{,}75 = 69$ A).

Napięcie dotyku, jakie powstanie na korpusie silnika, wyniesie:

$$U_d = I \cdot R_z = 61{,}6 \cdot 1{,}6 = 98\ \text{V}$$

będzie więc wyższe od wartości dopuszczalnej (65 V).

Widzimy więc, że obydwa warunki należytego działania uziemienia w tym przypadku **nie są spełnione.** Obliczone opory uziemień musimy więc odpowiednio zmniejszyć, a następnie ponownie je sprawdzić, jak to wyżej pokazano.

Przykład ten dowodzi, że sprawdzenie obliczenia jest niezbędne, albowiem niekiedy wypadają ze wzorów zbyt duże wartości oporności uziemień Trzeba jednakże podkreślić, że są to wypadki dość rzadkie i na ogół wzory dają odrazu wyniki zadowalające.

(C. d. n.)

Pomagając racjonalizatorom elektrykom i energetykom, skracamy naszą drogę ku Socjalizmowi!

Popularna elektrotechnika.

Podstawy elektrotechniki

Inż. - el. T. KULISZEWSKI

(Ciąg dalszy)

d. Prąd elektronowy.

Prąd elektronowy powstaje pod wpływem przyłożonego napięcia w próżni, a więc np. w lampie elektronowej. Jest to strumień elektronów biegnących od katody do anody. Szybkość elektronów w próżni jest bardzo duża, rzędu kilkudziesięciu tysięcy km na sekundę.

Prócz powyższego podziału odróżniać będziemy:

a) prąd jednokierunkowy oraz

b) prąd dwukierunkowy.

Prąd jednokierunkowy może być bądź **stały** czyli taki, którego natężenie nie ulega okresowo żadnym zmianom, bądź też przerywany lub tętniący, którego natężenie stale się zmienia, przy czym nie zachodzi zmiana kierunku.

Prąd dwukierunkowy jest to taki prąd, który zmienia stale swój kierunek; przy tym może on zmieniać również i natężenie. Taki prąd nazywać będziemy **prądem zmiennym.**

Należy tu nadmienić, że prądem jednokierunkowym może być każdy z wyżej wymienionych czterech rodzajów prądu, natomiast prądem dwukierunkowym — tylko prąd przewodzenia i prąd przesunięcia oraz w niektórych przypadkach prąd przenoszenia. Prąd elektronowy prądem dwukierunkowym być nie może.

Każdy rodzaj prądu omawiany jest w Podstawach Elektrotechniki oddzielnie.

II. Obwody prądu stałego.

1. Oporność i przewodność.

Z definicji oporności (oporu), jaką już podawaliśmy, wynika, że różne materiały (przewodniki, półprzewodniki i izolatory) mają różną oporność. Możemy więc powiedzieć, że oporność jest to wielkość, która cechuje dany materiał pod względem elektrycznym i zależy w głównej mierze od rodzaju materiału.

Poza tym wartość oporności zależna jest od wymiarów geometrycznych przewodnika. Im większy **przekrój** (poprzeczny) ma przewodnik, tym większa liczba wolnych elektronów może przepłynąć przez niego w jednostkę czasu. Przewodnik o większym przekroju poprzecznym ma zatem większą przewodność, oporność (opór) jego jest więc mniejsza.

Natomiast ze zwiększaniem **długości** przewodnika opór jego rośnie, gdyż rośnie droga, na której odbywa się praca prądu elektrycznego. Większa liczba wolnych elektronów zostanie przychwycona przez atomy lub drobiny przewodnika, wobec czego należałoby wykonać większą pracę, aby ten sam ładunek przepływał przez przekrój przewodnika w jednostkę czasu, czyli, ażeby było to samo natężenie prądu.

Możemy zatem powiedzieć, że opór elektryczny danego przewodnika jest wprost proporcjonalny do jego długości i odwrotnie proporcjonalny do jego przekroju. Zależność tę wyrażamy wzorem:

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{s} \qquad (27)$$

We wzorze tym ϱ (litera grecka — „ro") jest tzw. współczynnikiem proporcjonalności, który charakteryzuje pod względem elektrycznym dany rodzaj materiału. Współczynnik ϱ nazywamy **opornością właściwą** (oporem właściwym) i możemy ją wyznaczyć ze wzoru 27:

$$\varrho = \frac{R \cdot s}{l} \qquad (28)$$

Dla drutów wykonanych z pewnego przewodnika, we wzorze (27) długość l określamy w metrach, przekrój zaś s — w milimetrach kwadratowych.

Podstawiając do wzoru (28) $l = 1$ m i $s = 1$ mm², otrzymamy:

$$\varrho = R \frac{1 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}}$$

Znaczy to, że opór właściwy ϱ dla drutów jest to opór odcinka drutu o długości 1 metra i przekroju 1 mm² wykonanego z tego samego przewodnika.

Jeżeli R określimy w omach (Ω), to dla oporu właściwego ϱ dla drutów otrzymamy wymiar:

$$[\varrho] = \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

Dla ciał, z których druty nie mogą być wykonywane, jak np. ziemia, woda, szkło, parafina, mika itp. — we wzorze (27) długość l określamy w cm, przekrój zaś w cm² a zatem, podstawiając do wzoru (28): $l = 1$ cm i $s = 1$ cm², otrzymamy:

$$\varrho = R \frac{1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}}$$

Wymiar więc oporu właściwego ϱ dla tego rodzaju materiałów będzie:

$$[\varrho] = \frac{\Omega \text{ cm}}{\text{cm}}$$

Oznacza to, że opór właściwy ϱ dla ciał płynnych, sypkich, gazowych oraz stałych (np. półprzewodniki lub izolatory), z których nie są wykonywane druty, jest to opór sześcianu o długości boku równym 1 cm, czyli opór 1 cm³ tego materiału.

Wiedząc, że **przewodność** jest odwrotnością oporu (wzór 14), możemy podobne rozważania przeprowadzić dla przewodności. Oznaczając przewodność właściwą literą grecką γ (gamma), mamy:

$$\varrho = \frac{1}{\gamma} \qquad (29)$$

ponieważ:

$$G = \frac{1}{R}, \quad \text{to} \quad G = \frac{s}{\varrho \cdot l}$$

uwzględniając zaś wzór 29 otrzymamy:

$$G = \gamma \frac{s}{l} \qquad (30)$$

Analogicznie do poprzedniego określamy wymiar przewodności właściwej dla drutów:

$$[\gamma] = \frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} = \frac{\text{S m}}{\text{mm}^2}$$

gdyż $\frac{1}{\Omega} = 1$ S (simens)

zaś dla izolatorów:

$$[\gamma] = \frac{\text{cm}}{\Omega \text{ cm}^2} = \frac{\text{S cm}}{\text{cm}^2}$$

W tablicy I podane są niektóre częściej w praktyce spotykane **przewodniki** oraz ich przybliżone oporności właściwe ϱ i przewodności właściwe γ przy temperaturze 20°C. Ponadto w tablicy tej umieszczone są współczynniki cieplne oporności α (poznamy je nieco później).

Tablica II zawiera opory właściwe dla najczęściej spotykanych półprzewodników oraz izolatorów przy temperaturze 20°C.

W tablicy I przewodniki ułożone są w ten sposób, że najlepszy przewodnik (srebro) jest umieszczony na pierw-

Tablica I

Oporność właściwa, przewodność właściwa i współczynnik cieplny oporności dla przewodników przy temperaturze 20°C.

Przewodnik	Oporność właściwa ϱ w $\frac{\Omega\ mm^2}{m}$	Przewodność właściwa γ w $\frac{m}{\Omega\ mm^2}$	Współczynnik cieplny oporności α
Srebro	0,0165	60,5	0 0045
Miedź	0,0172	58,0	0,0039
Złoto	0,023	43,5	0,0038
Aluminium	0,029	34,3	0,0037
Wolfram	0,053	18,9	0.0040
Cynk	0,063	15,9	0,0037
Mosiądz	0,08	12,5	0,0019
Nikiel	0,10	10,0	0,0044
Platyna	0,11	9,5	0,0038
Cyna	0,12	8,33	0,0044
Żelazo	0,13	7,7	0,0045
Nikielina	0,40	2,5	0,0002
Manganin	0,44	2,27	0,00001
Konstantan	0,50	2,00	— 0,000005
Chromonikielina	1,08	0,925	0,00015
Bizmut	1,20	0,833	0,0035
Grafit	12,00	0,083	— 0,002
Węgiel retortowy	60,00	0 017	— 0,004

Tablica II

Oporność właściwa dla półprzewodników i izolatorów przy temperaturze 0°C.

Półprzewodnik lub izolator	Oporność właściwa ϱ w $\frac{\Omega\ cm^2}{cm}$
Kwarc stopiony	$5 \cdot 10^{18}$
Nafta	10^{18}
Ebonit	10^{17}
Mika	$3 \cdot 10^{16}$
Parafina	10^{15}
Szkło	10^{15}
Porcelana	$3 \cdot 10^{14}$
Kauczuk (guma)	10^{14}
Bakelit	10^{12}
Papier suchy	10^{12}
Węgiel drzewny	10^{11}
Drzewo suche	10^{10}
Woda destylowana	10^{9}
Benzyna	$1 4 \cdot 10^{7}$
Ziemia sucha	10^{5}
Ziemia wilgotna	10^{4}
Woda rzeczna	10^{3}
Woda morska	10^{2}

szym miejscu; po nim następują przewodniki coraz to gorsze. W tablicy II natomiast na pierwszym miejscu umieszczony jest najlepszy izolator, a następnie — coraz gorsze.

Należy zaznaczyć, że zarówno podane wyżej wzory na obliczanie oporności i przewodności, jak i dane umieszczone w tablicach I i II odnoszą się **wyłącznie do prądu stałego.**

Najczęściej używanym przewodnikiem w elektrotechnice jest m i e d ź. Z miedzi wykonywane są prawie wszystkie przewody, a to ze względu na jej bardzo dobrą przewodność. Poza tym do wyrobu przewodów stosowane są niekiedy aluminium i żelazo, rzadziej — inne przewodniki. Gorsze przewodniki, jak nikielina, konstantan itd, używane są do wyrobu drutów oporowych.

Najczęściej używanymi w elektrotechnice materiałami i z o l a c y j n y m i są: ebonit, mika, szkło, porcelana, guma, bakelit, bawełna, jedwab, papier i inne. Oporność właściwa większości tych materiałów jest bardzo duża, tak, że w praktyce przeważnie uważamy ją za nieskończenie wielką Wartość jej odgrywa rolę dopiero przy bardzo dokładnych pomiarach laboratoryjnych, lub też w urządzeniach specjalnych (np. przy bardzo wysokich napięciach).

Posiłkując się wzorem 27 i biorąc z podanych wyżej tablic dla danego materiału jego oporność właściwą, możemy w każdym przypadku obliczyć **opór dla prądu stałego** dowolnej części urządzenia elektrycznego, przez którą prąd ten płynie lub będzie płynąć.

W obwodzie zamkniętym prąd, jak wiemy, płynie przez każdy element tego obwodu. Elementem takim może być odbiornik prądu (żarówka, silnik, opornik itp.), przewód, źródło prądu itp. Oporność każdej poszczególnej części obwodu może być obliczona oddzielnie, o ile znany jest materiał z jakiego została ona wykonana oraz jego wymiary geometryczne

Należy tu jeszcze raz podkreślić, że oporność jest to właściwość wyłącznie tego **materiału**, przez który prąd płynie lub może płynąć, cechująca go pod względem elektrycznym, i jakkolwiek jest ona wielkością elektryczną nie może być jednak zaliczana do wielkości elektrycznych ściśle związanych ze zjawiskiem powstawania prądu jak np. napięcie lub natężenie prądu. Np. opornik zawsze posiada swoją oporność elektryczną niezależnie od tego czy jest włączony do obwodu elektrycznego czy też leży na półce w szafie.

Obliczanie oporów musimy umieć gruntownie, dlatego też przerobimy kilka przykładów liczbowych.

Zadanie 1. Obliczyć o p o r n o ś ć drutu miedzianego o długości $l = 520$ m i o średnicy $d = 1{,}3$ mm.

Rozwiązanie. Oporność drutu obliczymy ze wzoru (27), o ile będziemy mieli przekrój drutu. Przekrój s drutu obliczamy ze wzoru:

$$s = \frac{\pi\ d^2}{4} \text{ czyli w przybliżeniu } = 0{,}785\ d^2 \qquad (31)$$

($\pi = 3{,}14$, zaś $\frac{\pi}{4} = \frac{3{,}14}{4} = 0{,}785$)

a zatem:

$$s = 0{,}785 \cdot 1{,}3^2 = 0{,}785 \cdot 1{,}69 \approx 1{,}33\ mm^2$$

Obliczamy następnie oporność, mając:

$l = 520$ m; $s = 1{,}33\ mm^2$; $\varrho = 0{,}0172\ \frac{\Omega\ mm^2}{m}$ (dla miedzi)

podstawiając te liczby do wzoru (27) otrzymamy:

$$R = 0{,}0172 \cdot \frac{520}{1{,}33} \approx 6{,}72\ \Omega$$

Odpowiedź. 6,72 Ω.

Zadanie 2. Jaka powinna być d ł u g o ś ć l drutu oporowego wykonanego z chromonikieliny o średnicy $d = 0{,}6$ mm, o ile jego oporność R ma wynosić 12 Ω ?

Rozwiązanie. Obliczamy przekrój drutu s

$$s = 0{,}785\ d^2 = 0{,}785 \cdot 0{,}6^2 = 0{,}785 \cdot 0{,}36 \approx 0{,}28\ \text{mm}^2$$

Przekształcamy następnie wzór (27), przenosząc l na lewą stronę, resztę wyrazów zaś — na prawą stronę równania.

Otrzymujemy wzór:

$$l = \frac{R \cdot s}{\varrho}\ ; \qquad (32)$$

Po podstawieniu do tego wzoru wartości:

$$R = 12\ \Omega\ ;\ s = 0{,}28\ \text{mm}^2;\ \varrho = 1{,}08\ \frac{\Omega\ \text{mm}^2}{\text{m}}$$

(dla chromonikieliny)

otrzymamy:

$$l = \frac{12 \cdot 0{,}28}{1{,}08} \approx 3{,}1\ \text{m}.$$

Odpowiedź: 3,1 m.

Zadanie 3. Obliczyć oporność właściwą przewodu i określić w przybliżeniu materiał z którego jest on wykonany, jeżeli długość tego drutu $l = 200$ m, przekrój $s = 2{,}5$ mm², oporność zaś $R = 2{,}32\ \Omega$.

Rozwiązanie. Posiłkujemy się wzorem (28):

$$\varrho = \frac{R \cdot s}{l} = \frac{2{,}32 \cdot 2{,}5}{200} = 0{,}029\ \frac{\Omega\ \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Z tablicy I znajdujemy rodzaj przewodnika: aluminium.

Odpowiedź: 0,029 $\frac{\Omega\ \text{mm}^2}{\text{m}}$: aluminium.

Zadanie 4. Obliczyć średnicę d drutu manganinowego, jeżeli wiemy, że 100 m tego drutu ma oporność 880 Ω.

Rozwiązanie. Obliczamy przekrój s drutu, przekształcając wzór (27):

$$s = \frac{\varrho \cdot l}{R} \qquad (33)$$

podstawiając tu:

$l = 100$ m; $R = 880\ \Omega$; $\varrho = 0{,}44\ \frac{\Omega\ \text{mm}^2}{\text{m}}$ (dla manganinu)

otrzymamy:

$$s = \frac{0{,}44 \cdot 100}{880} = 0{,}05\ \text{mm}^2$$

Średnicę d drutu obliczamy, przekształcając wzór (31), jak następuje:

$$d = \sqrt{\frac{s}{0{,}785}} \qquad (34)$$

a zatem:

$$d = \sqrt{\frac{0{,}05}{0{,}785}} = \sqrt{0{,}0637} \approx 0{,}25\ \text{mm}$$

Odpowiedź. $d = 0{,}25$ mm.

Zadanie 5. Jaka jest przewodność G pałeczki porcelanowej o średnicy $d = 2$ cm i o długości $l = 10$ cm?

Rozwiązanie. Z początku obliczamy oporność pałeczki, mając dane:

$$l = 10\ \text{cm};\ s = 0{,}785 \cdot 2^2 = 3{,}14\ \text{cm}^2;$$

$$\varrho = 3 \cdot 10^{14}\ \frac{\Omega\ \text{cm}^2}{\text{cm}}\ \text{(dla porcelany)}$$

Po podstawieniu tych wartości do wzoru (27), otrzymamy:

$$R = 3 \cdot 10^{14} \cdot \frac{10}{3{,}14} = 0{,}9554 \cdot 10^{15}\ \Omega$$

Przewodność G obliczamy ze wzoru (14):

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{0{,}9554 \cdot 10^{15}} = 1{,}047 \cdot 10^{-15}\ \text{S} = 1{,}047 \cdot 10^{-9}\ \mu\text{S}$$

Odpowiedź. $G = 1{,}047 \cdot 10^{-9}\ \mu$S.

Uwaga. Zadanie to można również rozwiązać, posiłkując się wzorami (29) i (30).

Zadanie 6. Obliczyć oporność drutu żelaznego o długości $l = 180$ m i o średnicy $d = 1$ mm.

Odpowiedź. $R = 29{,}8\ \Omega$.

Zadanie 7. Jaka jest przewodność drutu miedzianego o długości $l = 25$ km i o przekroju $s = 25$ mm²?

Odpowiedź. $G = 0{,}058$ S.

Zadanie 8. Jaki opór ma drucik wolframowy w stanie zimnym w żarówce, jeżeli jego długość $l = 12$ cm, a średnica $d = 0{,}04$ mm?

Odpowiedź. $R = 5{,}06\ \Omega$.

2. Zmiana oporności pod wpływem temperatury.

Liczne doświadczenia wykazują, że oporność przewodnika **nie jest wielkością stałą**, lecz zmienia się pod wpływem obcych czynników. Najważniejszym czynnikiem, zmieniającym wartość oporności przewodnika jest temperatura.

Większa część ciał pod wpływem temperatury zwiększa swą oporność, natomiast oporność niektórych ciał przy wzroście temperatury maleje. Do pierwszej grupy zaliczamy prawie wszystkie metale i ich stopy, do drugiej należą takie ciała, jak węgiel, szkło oraz elektrolity.

Zmiany oporności ciał pod wpływem temperatury określa tzw. **współczynnik cieplny oporności**, który oznaczamy literą grecką α (alfa).

Współczynnik cieplny oporności α danego ciała jest to przyrost oporności na 1 om przy powiększeniu temperatury ciała o 1°C.

W tablicy I podane są współczynniki cieplne oporności α dla najczęściej używanych przewodników. Gdy współczynnik α jest dodatni, oznacza to, że oporność przewodnika pod wpływem temperatury rośnie, jeżeli natomiast α jest ujemny, to wówczas oporność ciał maleje ze wzrostem temperatury.

Współczynnik α zasadniczo nie jest wielkością stałą dla danego przewodnika. Jednakże w pewnych granicach temperatur możemy przyjąć współczynnik α za wielkość prawie stałą, co oznacza, że zmiana oporności pod wpływem temperatury w tych granicach może być uważana za proporcjonalną do zmian temperatury.

Oporność ciała w danej temperaturze możemy obliczać zatem ze wzoru:

$$R_t = R\ [1 + \alpha\ (t - 20)] \qquad (35)$$

gdzie:

- R_t — oporność przewodnika przy temperaturze t w omach czyli tzw. opór „na gorąco",
- R — oporność przewodnika przy temperaturze normalnej 20°C w omach czyli tzw. opór „na zimno",
- α — współczynnik cieplny oporności oraz
- t — temperatura przewodnika, dla której obliczamy oporność R_t, w stopniach Celsiusza (°C).

Wzór ten jest słuszny dla temperatur t mniej więcej do ok. 200°C. Powyżej tej granicy przy pomocy wzoru (35) możemy określać tylko orientacyjne (przybliżone) wartości oporności.

Często się zdarza, że mamy dany opór „na gorąco", a chcemy obliczyć opór „na zimno". W tym celu przekształcamy wzór (35) i obliczamy R ze wzoru

$$R = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)} \qquad (36)$$

Dla wyznaczenia temperatury t, przy której zmierzony został opór R_t, znając opór „na zimno" R, stosujemy, po przekształceniu wzoru (35), wzór:

$$t = \frac{R_t - R}{R \cdot \alpha} + 20 \qquad (37)$$

Należy podkreślić, że oporności właściwe podane w tablicach I i II odnoszą się do **temperatury 20°C.** Jeżeli chcemy obliczyć oporność właściwą dla innej temperatury, to musimy zastosować wzór (35), a mianowicie:

$$\varrho_t = \varrho \, [1 + \alpha \, (t - 20)] \qquad (38)$$

gdzie:

ϱ_t — oporność właściwa przy temperaturze t

ϱ — oporność właściwa przy temperaturze 20°C (jak w tablicach I i II)

reszta oznaczeń — jak we wzorze (35).

Jeżeli temperatura otoczenia różni się od temperatury 20°C, to we wzorze (35) zamiast 20°C, wstawiamy rzeczywistą temperaturę otoczenia np. t_o, a zamiast R wstawiamy R_o, tj. oporność obliczoną dla rzeczywistej temperatury otoczenia. Wtedy wzór (35) przybierze postać:

$$R_t = R_o \, [(1 + \alpha \, (t - t_o)] \qquad (39)$$

W tym przypadku zmienią się również wyniki przy obliczaniu oporności [wzór (27) i następne], gdyż zamiast oporności właściwej ϱ (z tablic I i II) należy obliczyć ze wzoru (38) oporność właściwą ϱ_t dla danej temperatury otoczenia i wstawić jej wartość do tych wzorów. Należy przy tym zwracać uwagę na znaki zarówno współczynnika α, jak i otrzymanej różnicy temperatur $(t - t_o)$ i działania przy obliczaniu wykonywać algebraicznie, gdyż w przeciwnym wypadku otrzymane wyniki będą błędne. Dla nabrania wprawy przerobimy dalej kilka przykładów liczbowych.

Ciekawe jest zjawisko zmiany oporności niektórych przewodników w bardzo niskich temperaturach w pobliżu tzw. zera absolutnego (— 273,2°C). Dla niektórych metali, jak np. ołów, rtęć i cyna — przy zmniejszaniu temperatury — zmniejsza się stopniowo ich oporność do bardzo małej watości i w pobliżu zera absolutnego oporność ta gwałtownie **spada do zera.** Jest to tzw. zjawisko nadprzewodności.

Inne metale, jak np. miedź, platyna lub żelazo nie podlegają zjawisku nadprzewodności i jakkolwiek ich oporność — przy zbliżaniu się temperatury, w jakich się znajdują, do zera absolutnego — stopniowo maleje, to jednak w pobliżu zera absolutnego ma już ona wartość prawie stałą. Zjawisko nadprzewodności nie zostało jeszcze całkowicie wytłumaczone.

Przeróbmy kilka przykładów liczbowych.

Zadanie 1. Opornik żelazny w temperaturze normalnej (20° C) posiada oporność 100 Ω. Jaką oporność posiadać będzie ten opornik, jeżeli temperatura otoczenia wzrośnie do 100°C?

Rozwiązanie. Stosujemy wzór (35); podstawiając do tego wzoru wartości:

$R = 100$ Ω ; $t = 100$°C; $\alpha = 0{,}0045$ (dla żelaza)

otrzymamy:

$$R_t = R \, [1 + \alpha \, (t - 20)] = 100 \cdot [1 + 0{,}0045 \cdot (100 - 20] = 136 \ \Omega$$

Odpowiedź. $R_t = 136$ Ω.

Zadanie 2. Grzejnik elekryczny wykonany z drutu chromonikielinowego posiada w temperaturze $t = 15°$ C oporność $R_o = 10$ Ω, w stanie zaś gorącym opór jego 11,5 Ω. Do jakiej temperatury nagrzewa się drut grzejnika?

Rozwiązanie.

Stosujemy wzór (39) przekształcając go podobnie do wzoru (37)

$$t = \frac{R_t - R_o}{R_o \cdot \alpha} + t_o$$

podstawiając tu wartości:

$R_t = 11{,}5$ Ω; $R_o = 10$ Ω; $t_o = 15$ °C; $\alpha = 0{,}00015$ (dla chromonikieliny)

obliczamy: $t = \frac{11{,}5 - 10}{10 \cdot 0{,}00015} + 15 = 1015$ °C

Odpowiedź. $t = 1015$ °C.

Zadanie 3. Oporność żarówki „na gorąco" wynosi 400 Ω, przy czym jej drucik wolframowy nagrzewa się do 2000 °C. Jaka w przybliżeniu jest oporność tego drucika w temperaturze normalnej (20 °C)?

Rozwiązanie. Stosujemy wzór (36):

$$R = \frac{R_t}{1 + \alpha \, (t - 20)}$$

$R_t = 400$ Ω; $t = 2000$ °C; $\alpha = 0{,}004$ (dla wolframu), a więc:

$$R = \frac{400}{1 + 0{,}004 \, (2000 - 20)} \approx 44{,}8 \ \Omega$$

Odpowiedź. $R = 44{,}8$ Ω.

Zadanie 4. Obliczyć oporność drutu aluminiowego o długości 3 km i przekroju 4 mm², o ile temperatura otoczenia wynosi 7°C.

Rozwiązanie. Obliczamy oporność właściwą dla aluminium w temperaturze 7°C ze wzoru (38):

$$\varrho_t = \varrho \, [1 + \alpha \, (t - 20];$$

podstawiając tu wartości:

$$\varrho = 0{,}029 \ \frac{\Omega \ \text{mm}^2}{\text{m}} \quad \text{(dla aluminium)}$$

$\alpha = 0{,}0037$ (dla aluminium)

$t = 7$ °C

otrzymujemy:

$$\varrho_t = 0{,}029 \, [1 + 0{,}0037 \, (7 - 20)] = 0{,}029 \, [1 - 0{,}0037 \cdot 13] = 0{,}029 \cdot 0{,}9519 = 0{,}0276 \ \frac{\Omega \ \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Oporność drutu obliczamy ze wzoru (27),

podstawiając $\varrho = \varrho_t$

mamy $R = \varrho \, \frac{l}{s}$

podstawiając tu wartości:

$$\varrho_t = 0{,}0276 \ \frac{\Omega \ \text{mm}}{\text{m}}; \ l = 3000 \text{ m}; \ s = 4 \text{ mm}$$

otrzymamy:

$$R = 0{,}0276 \cdot \frac{3000}{4} = 20{,}7 \ \Omega$$

Odpowiedź. $R = 20{,}7$ Ω.

Zadanie 5. Obliczyć oporność opornika dodatkowego do woltomierza w temperaturze +40° C, jeżeli jego opór w temperaturze 20° C wynosi 40 000 Ω. Opornik dodatkowy wykonany jest z konstantanu.

Odpowiedź. $R_t = 39\,996$ Ω.

Zadanie 6. Do jakiej temperatury nagrzeje się miedziane uzwojenie cewki, jeżeli jego oporność na zimno wynosi 20 Ω, „na gorąco" zaś 22 Ω?

Odpowiedź. $t \approx 46^0$ C.

Zadanie 7. Jaką oporność mieć będzie drut żelazny o długości 40 km i o średnicy 3 mm przy temperaturze —20° C?

Odpowiedź. $R \approx 603$ Ω.

Zadanie 8. Jaka jest oporność miedzianego uzwojenia elektromagnesu w temperaturze 0° C, jeżeli wiemy, że jego oporność w temperaturze +25° C wynosi 70 Ω?

Odpowiedź. $R_t \approx 63{,}2$ Ω.

3. Prawo Ohma.

Jeżeli końce pewnego odbiornika o oporności R, który utrzymywać będziemy w stałej temperaturze, przyłączymy do zacisków, na których istnieje pewna stała różnica potencjałów czyli napięcie U, to przez opór R popłynie pewien prąd stały I.

Jeżeli następnie powiększymy np. dwukrotnie napięcie U, to zauważymy, że prąd I zwiększył się również dwukrotnie. Z tego wnioskujemy, że prąd I w oporze R jest wprost proporcjonalny do napięcia U przyłożonego do tego oporu.

Jeżeli przy tymże napięciu U zwiększymy np. dwukrotnie opór R odbiornika, to zauważymy, że wartość prądu I dwukrotnie zmalała.

Możemy powiedzieć zatem, że prąd I, jaki popłynie pod wpływem tego samego napięcia, jest odwrotnie proporcjonalny do wartości oporności R.

Obie te zależności określa tzw. prawo Ohma, które brzmi:

Natężenie prądu w obwodzie jest wprost proporcjonalne do napięcia i odwrotnie proporcjonalne do oporności tego obwodu.

Prawo Ohma wyraża wzór:

$$I = \frac{U}{R} \qquad (40)$$

W powyższej postaci prawo Ohma odnosi się do dowolnego obwodu lub części obwodu o oporze R, do którego końców zostało doprowadzone napięcie U.

Jeżeli powyższe rozumowanie przeprowadzimy dla całego obwodu zamkniętego, w którym istnieje siła elektromotoryczna E, to — biorąc pod uwagę nasze poprzednie rozważania nad zjawiskiem powstawania prądu elektrycznego — możemy prawo Ohma wyrazić w sposób następujący:

$$I = \frac{E}{R_c} \qquad (41)$$

gdzie R_c jest to całkowita (łączna) oporność obwodu zamkniętego.

Oba powyższe wzory (40) i (41) są słuszne, jeżeli natężenie prądu I określamy w amperach (A), napięcie U lub sem E w woltach (V), oporność zaś R — w omach (Ω)

Poza tym wzory te są słuszne:

a) tylko w zastosowaniu do prądu stałego;
b) dla prądów przewodzenia oraz dla prądów przenoszenia w elektrolitach oraz
c) w założeniu, że wartość oporności R nie zmienia się np. pod wpływem przyrostu temperatury, jaki może wystąpić na skutek przepływu prądu przez ten opór.

Prawo Ohma w powyższych postaciach [wzory (40) i (41)] **nie** może mieć więc zastosowania dla prądów przenoszenia w gazach, dla prądu elektronowego oraz dla wszelkich rodzajów prądów zmiennych.

Należy tu nadmienić, że prawo Ohma zostało sformułowane przeszło sto lat temu, kiedy nie była jeszcze znana elektronowa teoria elektryczności.

Dziś zależności te tłumaczy wyraźnie teoria elektronowa, według której przy zwiększeniu różnicy potencjałów na końcach przewodnika zwiększa się ilość energii kinetycznej przekazywanej drobinom tego przewodnika przez elektrony. Wskutek tego zwiększa się ilość energii ulegającej przemianie na ciepło w odniesieniu do jednego elektronu, co może mieć miejsce tylko przy zwiększeniu szybkości ruchu wolnych elektronów, a więc przy zwiększeniu natężenia prądu.

W oparciu o prawo Ohma, został określony **wolt** międzynarodowy, o czym wspominaliśmy przy definicjach jednostek międzynarodowych.

Wzór (40) możemy napisać jeszcze inaczej:

$$U = I \cdot R \qquad (42)$$

lub:

$$R = \frac{U}{I} \qquad (43)$$

Analogicznie ze wzoru (41) otrzymujemy:

$$E = I \cdot R_c \qquad (44)$$

oraz:

$$R_c = \frac{E}{I} \qquad (45)$$

Wolt międzynarodowy określamy ze wzoru (42) lub ze wzoru (44); mamy zatem:

1 wolt = 1 amper · 1 om

czyli:

1 V = 1 A · 1 Ω

Opierając się na wzorach (43) lub (45), możemy określić jeszcze inaczej jednostkę oporności — **om**, a mianowicie: przewodnik posiada opór o wartości jednego oma, jeżeli przy napięciu jednego wolta na końcach tego oporu, płynie przezeń prąd o natężeniu jednego ampera.

Prawo Ohma jest jednym z najważniejszych praw elektrotechniki. Na nim, jak na trwałym i mocnym fundamencie, opierają się wszystkie inne prawa i rozważania. To też należy podkreślić z naciskiem, że znajomość prawa Ohma i **umiejętność jego zastosowania w praktyce** są nie tylko **konieczne** dla każdego elektryka w jego pracy zawodowej, ale i niezbędne dla zrobienia chociażby jednego kroku naprzód w nauce elektrotechniki. Prawo Ohma musi znać na pamięć nie tylko inżynier - elektryk lecz każdy elektryk - technik czy monter, a nawet każdy pomocnik monterski.

Zobaczymy teraz na przykładach, jakie zadania możemy rozwiązywać, opierając się na prawie Ohma.

Zadanie 1. Jaki prąd popłynie przez opornik 200 omowy, jeżeli załączymy go do napięcia 220 woltów?

Rozwiązanie:

$U = 220$ V; $R = 200$ Ω;

ze wzoru (40) mamy:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{200} = 1{,}1 \text{ A}$$

Odpowiedź. $I = 1{,}1$ A.

Zadanie 2. Jakie będzie istniało napięcie na końcach opornika o oporze 12 Ω, jeżeli przez ten opornik płynie prąd o natężeniu 3,2 A?

Rozwiązanie:

$R = 12$ Ω; $I = 3{,}2$ A;

ze wzoru (42) mamy:

$$U = I \cdot R = 3{,}2 \cdot 12 = 38{,}4 \text{ V}$$

Odpowiedź. $U = 38{,}4$ V

Zadanie 3. Jaki opór R posiada grzejnik, jeżeli — przyłączony do napięcia 120 V — pobiera z sieci prąd o natężeniu 7,5 A?

Rozwiązanie:

$$U = 120 \text{ V}; \quad I = 7{,}5 \text{ A};$$

ze wzoru (43):

$$R = \frac{U}{I} = 16 \ \Omega$$

Odpowiedź. $R = 16 \ \Omega$.

Zadanie 4. Jaki płynie prąd I w obwodzie zamkniętym o całkowitym oporze 120 kΩ, w którym działa siła elektromotoryczna $E = 2000$ V?

Rozwiązanie:

$$E = 2000 \text{ V}; \quad R_c = 120 \text{ k}\Omega = 120000 \ \Omega.$$

ze wzoru (41):

$$I = \frac{E}{R_c} = \frac{2000}{120000} \approx 0{,}017 \text{ A} \approx 17 \text{ mA}$$

Odpowiedź. $I \approx 17$ mA.

Zadanie 5. Jakie napięcie panuje na końcach drutu żelaznego o długości $l = 0{,}75$ km i o przekroju $s = 1{,}5$ mm², jeżeli płynie w nim prąd o natężeniu 420 mA?

Rozwiązanie. Z początku należy obliczyć oporność R drutu — ze wzoru (27);
podstawiając do wzoru (27) wartości:

$l = 0{,}75$ km $= 750$ m; $s = 1{,}5$ mm², oraz $\varrho = 0{,}13 \ \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$

(dla żelaza)

otrzymujemy:

$$R = \varrho \frac{l}{s} = 0{,}13 \cdot \frac{750}{1{,}5} \approx 65 \ \Omega.$$

napięcie obliczamy ze wzoru (42)
podstawiając wartości:

$$R = 65 \ \Omega; \quad I = 420 \text{ mA} = 0{,}42 \text{ A}$$

otrzymamy

$$U = I \cdot R = 0{,}42 \cdot 65 = 27{,}3 \text{ V}$$

Odpowiedź. $U = 27{,}3$ V.

Zadanie 6. Jaka będzie długość l drutu miedzianego o przekroju $s = 1$ mm², jeżeli chcemy, aby przy prądzie 3,5 A napięcie U na końcach tego drutu było równe 2,2 V?

Rozwiązanie. Oporność drutu obliczymy ze wzoru (43), jak następuje:

$$U = 2{,}2 \text{ V}; \quad I = 3{,}5 \text{ A}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2{,}2}{3{,}5} \approx 0{,}629 \ \Omega.$$

długość drutu obliczamy ze wzoru (32):

$$R = 0{,}629 \ \Omega; \quad s = 1 \text{ mm}^2; \quad \varrho = 0{,}0172 \ \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

(dla miedzi)

$$l = \frac{R \cdot s}{\varrho} = \frac{0{,}629 \cdot 1}{0{,}0172} = 36{,}57 \text{ m} \approx 36{,}6 \text{ m}$$

Odpowiedź. $l \approx 36{,}6$ m.

Zadanie 7. Jaki opór „na gorąco" posiada grzejnik załączony na napięcie 220 V, jeżeli płynie przezeń prąd o natężeniu 7 A?

Odpowiedź. $R = 31{,}43 \ \Omega$.

Zadanie 8. Jaki opór „na zimno" (przy temperaturze 20° C) będzie miał drut chromonikielinowy użyty na piecyk elektryczny, jeżeli wiemy, że po załączeniu go na napięcie 220 V popłynie przezeń prąd $I = 4{,}5$ A i że drut nagrzeje się przy tym do temperatury 400° C?

Odpowiedź. $R \approx 46{,}35 \ \Omega$.

Zadanie 9. Obliczyć ile metrów drutu nikielinowego należy zużyć na wykonanie opornika na prąd 3,5 A przy napięciu na jego końcach wynoszącym 75 V, jeżeli maksymalna temperatura, do jakiej nagrzać się może ten opornik nie powinna przekroczyć 80° C?

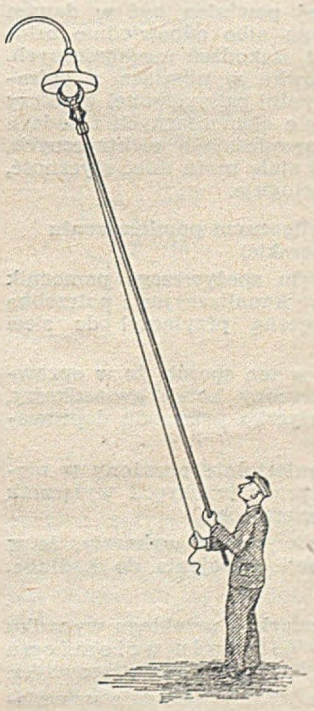
Odpowiedź. $l \approx 26{,}5$ m. (C. d. n.)

Temat dla racjonalizatorów.

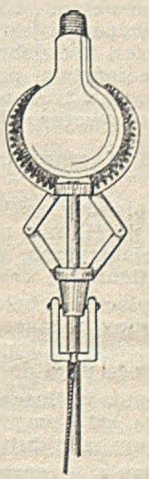
Przyrząd do wkręcania i wykręcania żarówek.

Dowiadujemy się, iż wysunięto pomysł zastosowania uchwytów umieszczonych na tyczce a służących do wykręcania i wkręcania wysoko zawieszonych żarówek bez potrzeby wchodzenia na drabinę. Uchwyty te są — podobno — bardzo wygodne i pozwalają na łatwe wykręcenie i wkręcenie żarówki.

Uchwyty są dwóch rodzajów: do żarówek większych oraz do żarówek mniejszych mocy. Tyczki są również dwóch rodzajów — drewniane i tzw. teleskopowe (rurkowe zsuwane wykonane z aluminium). Bliższych szczegółów dotyczących tych uchwytów brak.



Rys. 1. Ogólny widok manipulowania uchwytem.



Rys. 2. Niektóre szczegóły przyrządu do wkręcania i wykręcania żarówek.

Toteż byłby to temat dla naszych racjonalizatorów. Należałoby przemyśleć, czy i w jakim stopniu mogą być z korzyścią zastosowane tego rodzaju przyrządy u nas i jeśli tak, — to zaprojektować i skonstruować odpowiednie uchwyty.

Ogólny widok uchwytów podajemy na rys. 1 i 2.

PORAŻENIA ELEKTRYCZNE w POLSCE

Komunikaty Komitetu Bezpieczeństwa Pracy SEP (ciąg dalszy)

29. Przewód w oponie gumowej na 500 V w kopalni (woj. śląskie)

W kopalni węgla na dole dwaj górnicy, przenosząc rynnę transportową, musieli ją nieść w pozycji pionowej przy przejściu z chodnika na ścianę. Ciągnęli przy tym dolną ostrą krawędzią rynny po ziemi, na której leżał przewód w oponie gumowej, doprowadzający prąd do silnika przenośnikowego.

Opona przewodu została w ten sposób uszkodzona przez ostrą krawędź rynny, a niesiona przez górników rynna znalazła się pod napięciem, zetknąwszy się z żyłą przewodu (napięcie międzyprzewodowe 500 V, a względem ziemi 290 V).

Widocznie jednak niesiona rynna tylko przez moment zetknęła się z żyłą przewodu, ponieważ górnicy odczuli jedynie silny wstrząs. Wypuścili rynnę z rąk i, zorientowawszy się co się stało, postanowili otworzyć najbliższy wyłącznik.

Zamiast jednak operować wyłącznikiem, znajdującym się od strony źródła prądu p r z e d przewodem w oponie gumowej, ograniczyli się do otwarcia wyłącznika przy silniku przenośnika, sądząc widocznie, że unieruchomienie przenośnika wystarczy, by im zapewnić bezpieczeństwo.

Oczywiście, przewód w oponie gumowej, a więc i rynna stykająca się z uszkodzonym miejscem przewodu zostały wtedy pod napięciem, to też górnik, który wtedy chwycił za rynnę, by ją dalej pociągnąć, uległ śmiertelnemu porażeniu.

W n i o s k i.

Przewód w oponie gumowej powinien być w danym przypadku zawieszony u stropu albo odpowiednio osłonięty w celu zabezpieczenia od uszkodzeń mechanicznych. Najważniejsza jednak wskazówka wynikająca z opisanego wypadku jest ta, że w kopalni cały personel górniczy powinien być dobrze pouczony o elementarnych zasadach bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych, ponieważ z tymi urządzeniami stale może mieć styczność, nawet wówczas, gdy ich nie obsługuje.

30. Ręczna wiertarka w wilgotnym pomieszczeniu (woj. pomorskie)

W piwnicy zakładu przemysłu spożywczego pomocnik ślusarski H. miał naprawić rurę kanalizacyjną i potrzebną mu elektryczną wiertarkę ręczną przyłączył do sieci oświetleniowej 220-woltowej.

Przyłączenie było dokonane w ten sposób, że w oprawkę lampy wiszącej został wkręcony korek gwiazdkowy, do którego włożona została wtyczka przewodu doprowadzającego prąd do wiertarki.

Pomocnik ślusarski został śmiertelnie porażony w momencie, gdy przystępując do pracy przekręcił wyłącznik pokrętny, znajdujący się na wiertarce.

Badania przeprowadzone po wypadku wykazały, że w wiertarce było przebicie izolacji uzwojenia do kadłuba.

W n i o s k i.

Ze sposobu przyłączenia wiertarki i przebiegu wypadku widać, że obudowa wiertarki n i e b y ł a u z i e m i o n a i to było w tym wypadku przyczyną śmierci pracownika.

Chociaż PNE-10, § 34, p. 3, wyraźnie nakazuje uziemianie wiertarek przed uruchomieniem nawet w miejscach suchych (a więc tym bardziej w piwnicy!), często się zdarza, że pracownicy nie tylko nie stosują się do tego nakazu, ale nawet go nie znają i potrzeby uziemienia nie rozumieją. Dlatego też dość często wypada notować tragiczne wypadki tego rodzaju.

Kierownictwo działu elektrycznego powinno zwracać uwagę na zagadnienie uziemiania narzędzi elektrycznych i pracowników należycie pouczać.

Chociaż opisany wypadek nie był spowodowany niewłaściwym sposobem przyłączenia, jednak trzeba podkreślić, że w pomieszczeniach wilgotnych lampy i gniazdka powinny być typu wodoszczelnego, a przyłączanie takie jak podano w opisie i wykonywane przez niefachowego pracownika mogło samo przez się stać się przyczyną wypadku, gdyby oprawka znalazła się pod napięciem wskutek uszkodzenia (co się często zdarza w oprawkach zwykłych metalowych przestarzałego typu).

Poza tym oprawka żarówki nigdy nie jest przystosowana do przyłączania żyły uziemiającej, nawet gdyby taka żyła w przewodzie wiertarki istniała.

31. Ręczna wiertarka elektryczna na 220 V (woj. wrocławskie)

W fabryce chemicznej ślusarz B. został śmiertelnie porażony, gdy wiercił otwory w instalowanej maszynie za pomocą elektrycznej wiertarki ręcznej na 220 V, 0,4 kW.

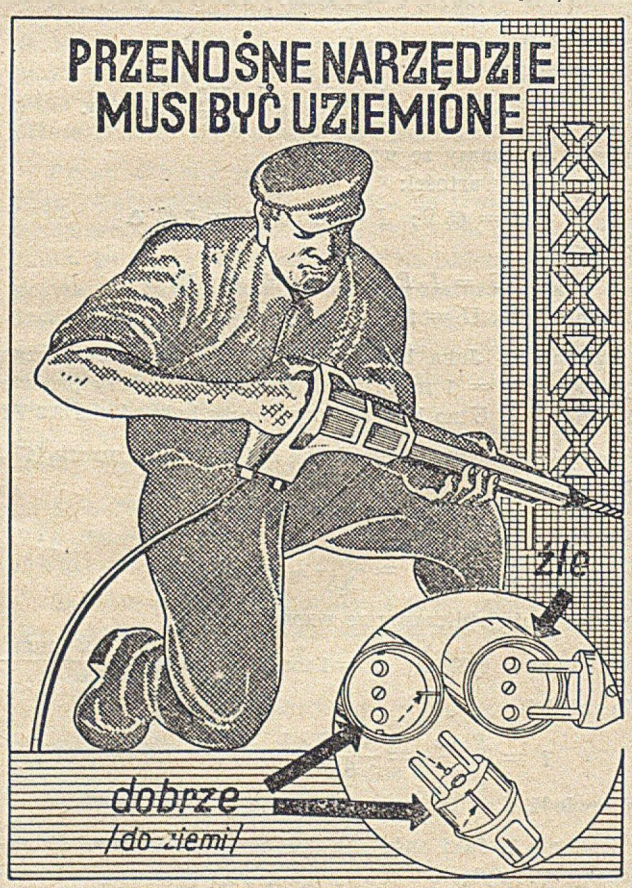
Po wypadku stwierdzono, że izolacja przewodu doprowadzającego prąd była przetarta w miejscu wprowadzenia do wiertarki, a uszkodzone miejsce było prowizorycznie izolowane papierem. Gdy papier się przetarł, żyła przewodu zetknęła się bezpośrednio z obudową wiertarki, która wskutek tego znalazła się pod napięciem. Prąd przepłynął z żyły przewodu do obudowy wiertarki, następnie przez ręce i ciało ślusarza — do ziemi.

Na skutek tego wypadku wydano w fabryce zarządzenie, aby narzędzia elektryczne były przed wydaniem z magazynu kontrolowane, a pracownikom niepouczonym zabroniono wykonywania prowizorycznych napraw narzędzi.

W n i o s k i.

Śmiertelny skutek wypadku był spowodowany brakiem uziemienia obudowy wiertarki.

Chociaż PN/E-10, § 34, p. 3 wyraźnie nakazują, żeby wszystkie narzędzia elektryczne były przed użyciem uziemione (rys. 5), nawet w pomieszczeniach suchych, nakaz



Rys. 5. Objaśnienie do wypadku nr 31

ten nie tylko nie był wykonany, ale — jak widać z dyrektyw wydanych po wypadku przez kierownictwo zakładu — nakaz ten nie był nawet znany.

Starannie wykonane uziemienie zapobiegłoby niewątpliwie poważniejszym skutkom wypadku.

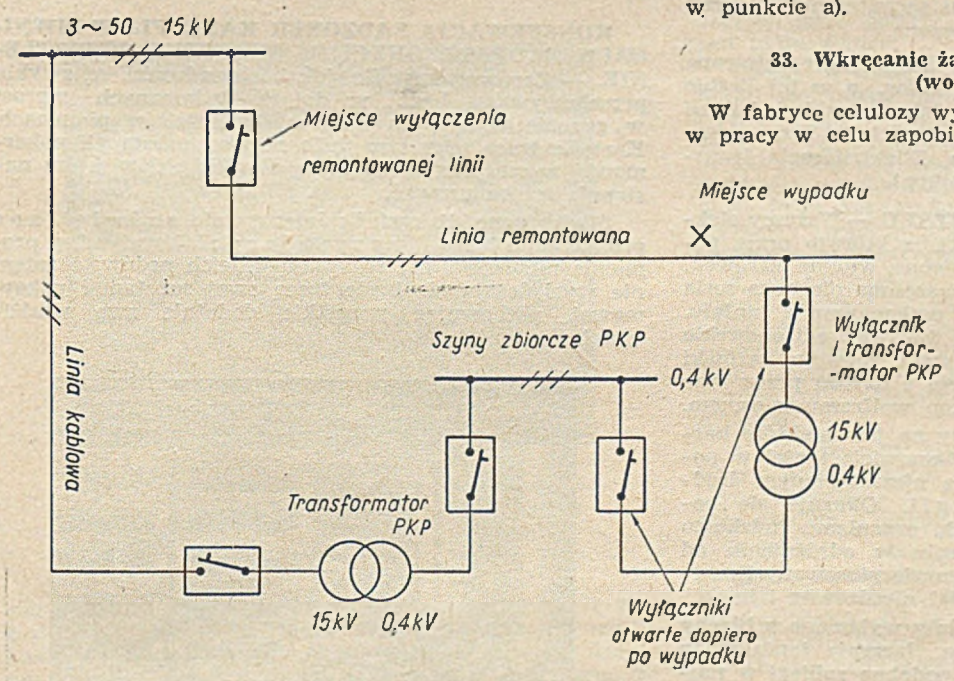
Przypomnieć także trzeba, że według PN/E-10, § 34, p. 6, w miejscu przechodzenia przewodu przez metal obudowy powinna się znajdować dodatkowa izolacja, która zapobiega zetknięciu się obudowy z żyłą prądową w razie uszkodzenia izolacji przewodu.

Bardzo ważny jest przepis PN/E-10, § 3, p 5 d, nakazujący usunięcie z użycia przewodów z uszkodzoną izolacją, które są szczególnie niebezpieczne przy odbiornikach przenośnych.

Zaniedbywanie podstawowych zasad bezpieczeństwa pracy prowadzi do tego, że tragiczne wypadki przy używaniu elektrycznych przyrządów przenośnych nadal są częste.

32. Praca na linii napowietrznej 15-kilowoltowej (woj. gdańskie)

Przygotowując linię napowietrzną o napięciu 15 kV do naprawy, wyłączono ją w rozdzielni spod napięcia oraz powiadomiono telefonicznie o zamierzonej naprawie zawiadowcę odcinka elektroenergetycznego PKP, ponieważ z tego odcinka mogło się przedostać napięcie drogą okrężną, jak wskazuje schemat na rys. 6.



Rys. 6. Sytuacja przy wypadku nr 32

Do pracy na linii remontowanej przystąpiono po otrzymaniu zapewnienia z PKP, że żądane wyłączenia zostały wykonane.

Praca na sieci trwała kilka godzin. Nagle zauważono, że monter pracujący na sieci został porażony.

Brygadzista będący świadkiem wypadku sądził, że napięcie przedstało się z odcinka PKP, pobiegł więc do transformatorni PKP, rozbił zamek i stwierdziwszy, że wyłącznik transformatora jest zamknięty, otworzył go.

Następnie zdjęto poszkodowanego ze słupa. Wezwany lekarz stwierdził zgon ofiary wypadku.

Wyjaśniono po wypadku, że napięcie przedostało się istotnie drogą okrężną z szyn PKP w momencie, gdy włączono na te szyny zapasową linię kablową, pokazaną na rysunku. Przedostanie się napięcia było możliwe dlatego, że obydwa wyłączniki przy transformatorze, połączonym z remontowaną linią, nie zostały otwarte pomimo zapewnień danych przez obsługę PKP. Wyłącznik po stronie wysokiego napięcia był zepsuty, tak że obrócenie koła napędowego nie spowodowało rozwarcia jego styków, a wyłącznika po stronie niskiego napięcia wogóle nie otworzono przez niedbalstwo. Odłączników przy transformatorze (nie pokazanych na schemacie) również nie otwarto.

Wnioski.

a) Gospodarowanie dwu instytucji (elektrowni i PKP) na dwu częściach tego samego obwodu sieciowego prowadzi do wypadków.

Gdyby obydwie pokazane na schemacie transformatornie PKP były administrowane przez elektrownię, brygada remontowa miałaby możność zapewnić bezpośrednio wyłączenie linii remontowanej bez potrzeby liczenia na prawidłowość manewrów wykonywanych przez obsługę odcinka PKP.

b) Gdy linie zasilające tworzą pierścień, jak w danym przypadku, powinno być zainstalowane ryglowanie, uniemożliwiające włączenie jednej linii, gdy druga nie jest wyłączona.

c) Należało linię remontowaną zewrzeć i uziemić po obydwu stronach miejsca pracy zgodnie z nakazem § 56 PN/E-10. Niezastosowanie się do tego nakazu było zasadniczym błędem brygadzisty.

Niezależnie od tego należało w miejscach wyłączenia odcinka linii linię tę zewrzeć i uziemić oraz zawiesić tablice z napisem ostrzegającym przed włączeniem; było to w tym przypadku połączone z trudnościami, gdyż obsługa sieci nie miała prawa wstępu do transformatorni PKP, co dodatkowo uzasadnia wniosek podany w punkcie a).

33. Wkręcanie żarówki w fabryce celulozy (woj. pomorskie)

W fabryce celulozy wykręcano żarówki na czas przerw w pracy w celu zapobieżenia kradzieżom. Robotnik Sz., aby założyć żarówkę nad warnikiem, wszedł na konstrukcję metalową (choć w pobliżu znajdowały się przenośne schodki drewniane) i przy wkręcaniu żarówki został porażony. Prąd przeszedł od oprawki żarówki przez ciało robotnika do konstrukcji metalowej i do ziemi.

Poszkodowany spadł z konstrukcji, dawał jednak słabe oznaki życia. Świadkowie wypadku przystąpili do stosowania sztucznego oddychania, ponieważ jednak poszkodowany nie odzyskiwał przytomności przewieźli go do szpitala, gdzie lekarz stwierdził zgon.

Wnioski.

Zabezpieczanie żarówek od kradzieży przez ich wykręcanie na czas przerw pracy zostało zabronione, ponieważ stwierdzono szereg wypadków porażeń z tym związanych. Do zabezpieczenia żarówek przed kradzieżą należy użyć np. pierścieni ochronnych.

W pomieszczeniu takim jak warzelnia, gdzie nie tylko jest wilgoć, ale są też duże masy metalowe mające połączenie z ziemią, które zwiększa niebezpieczeństwo porażenia, instalacja oświetleniowa musi być tym bardziej szczególnie starannie wykonana zgodnie z przepisami PN/E-10 § 28, § 30 i § 40.

Wypadek powyższy nie zdarzyłby się, gdyby zgodnie z przepisami zewnętrzna strona oprawki była wykonana z materiału izolacyjnego, a jej konstrukcja uniemożliwiała dotknięcie trzonka żarówki w czasie wkręcania.

Personel powinien być pouczony, że nie wolno manipulować przy lampach stojąc na konstrukcji metalowej lub wprost na ziemi, a ponadto, że samo przerwanie prądu wyłącznikiem pokrętnym nie wyłącza metalowych części oprawki spod napięcia.

Opisany wypadek stanowi jeszcze jeden przykład niewłaściwego ratowania: wbrew przepisom przerwano stosowanie sztucznego oddychania, aby przewieźć porażonego do szpitala, zamiast wezwać lekarza na miejsce wypadku.

Nowiny elektrotechniczne.

ELEKTRYFIKACJA POJAZDÓW MECHANICZNYCH. — Samochody zasilane przez baterie akumulatorów i kursujące na liniach komunikacji handlowej posiadają nośność przeważnie od 0,6 do 1,5 ton. Innym zastosowaniem napędu elektrycznego w zakresie pojazdów są wózki dla inwalidów. Są to trójkołowe wózki jednoosobowe z napędem na dwa tylne koła, kierowane przy pomocy drążka poziomego sprzężonego z kołem przednim. Środek ciężkości pojazdu umieszczony zostaje tak nisko, że mowy niema o wywróceniu się pojazdu. Ze szczególną starannością wykonany jest układ amortyzacyjny. Wózki inwalidzkie zaopatrzone są w baterię akumulatorów 36 V o pojemności 68 amperogodzin (przy 5-godzinnym wyładowaniu). Odpowiada to zasięgowi wózka 64 km. Wózek taki poruszać się może z szybkością od 9,6 do 19,2 km/godz.

Pobór energii z uwzględnieniem współczynnika sprawności akumulatora i urządzeń do ładowania, a liczony jako pobór energii z sieci prądu zmiennego, wynosi ok. 63 Wh/km.

Na jednej z wystaw pokazano czterokołowe samochody osobowe o napędzie elektrycznym, małe samochody trójkołowe z napędem elektrycznym oraz trójkołowe samochody o nośności 2 ton zaopatrzone w napęd elektryczny oraz platformę podnoszoną.

Na innej znów wystawie były licznie reprezentowane baterie akumulatorów różnych typów, a w tej liczbie baterie do napędu samochodów. Jako przykład baterii do napędu samochodów pokazano baterię 40 V o pojemności 200 Ah. (J. M. Gałonen. Eliektrifikacja transporta. **Elektriczestwo.** Zeszyt 2/1948 r.).

NOWE ZASTOSOWANIE TANTALU. — Wszyscy elektrycy znają pierwiastek tantal, z którego przez pewien okres czasu były wykonywane włókna żarówek. Mianowicie w r. 1903 została wypuszczona pierwsza seria żarówek z włóknem metalowym wykonanym z tantalu. Te właśnie żarówki wyparły żarówki edisonowskie z włóknem węglowym. W dalszym rozwoju żarówki włókno z tantalu zostało wyparte z użytku przez inne materiały, jak wolfram wzgl. stop wolframu z osmem.

Podczas ostatniej wojny wyszły na jaw niektóre bardzo cenne właściwości tantalu. Mianowicie tantal w postaci blaszek oraz drutu stał się niezastąpionym środkiem pomocniczym w chirurgii. Okazuje się bowiem, że tantal wprowadzony do organizmu ludzkiego nie drażni żywych tkanek ustroju w odróżnieniu od wszystkich dotychczas przez chirurgię stosowanych metali, jak platyna, złoto, srebro, stal nierdzewna i in.

W wyniku tych doświadczeń łaty wykonane z blachy tantalowej na czaszce człowieka, łączenie tantalowym drutem połamanych kości i tym podobne zabiegi w najmniejszym nawet stopniu nie wpływają ujemnie na funkcje biologiczne organizmu ludzkiego.

Znany jest przypadek wykonania w Związku Radzieckim sztucznego ucha z blachy tantalowej, do którego zupełnie dobrze przyrosła przeszczepiona z biodra skóra tak, że ucha tego nie można odróżnić od normalnego. (B. Niekrasow. Kurs obszczej chimii. R. 1949).

CHLOROWANIE WODY MORSKIEJ DO ZASILANIA KONDENSATORÓW PRZY TURBINACH PAROWYCH. — W jednej z elektrowni radzieckich położonej na południu stosuje się od pewnego czasu wodę morską do chłodzenia skraplaczy przy turbinach parowych.

W związku z tym, iż zauważono dotkliwe pogarszanie się próżni w skraplaczach, ustalono, że przyczyną tego było tworzenie się organicznego śluzu na rurkach mosiężnych skraplacza. Śluz utrudniał wymianę ciepła w skraplaczu, a tym samym pogarszał jego działanie i obniżał sprawność.

Jako środek zapobiegawczy przeciw tworzeniu się śluzu zastosowano chlorowanie wody morskiej.

Od r. 1943 do r. 1945 przeprowadzono chlorowanie za pomocą wapna chlorowanego. Od r. 1945 zaczęto stosować chlor w postaci gazu, otrzymywany bezpośrednio na miejscu w wyniku elektrolizy wody morskiej.

Początkowo chlorowanie wody morskiej zastosowano w skraplaczach pięciu turbin parowych, a w następnych latach — w skraplaczach dziesięciu turbin.

Z początku zasilanie kondensatorów w chlor odbywało się raz na dobę w ciągu 30 minut. Na podstawie dwuletnich doświadczeń zmieniono cokolwiek dawkowanie chloru. Obecnie chlorowanie odbywa się co trzecią dobę — w przeciągu 30 minut.

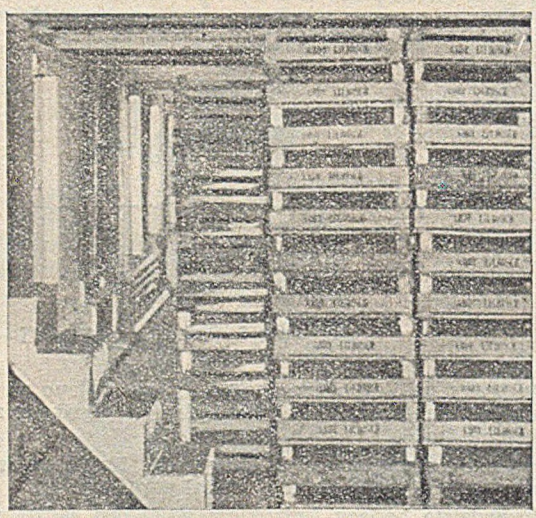
Obserwacje oraz kontrolne sprawdzania stanu powierzchni rurek w kondensatorach wykazały, iż taki właśnie przebieg chlorowania jest praktycznie wystarczający. Nie tworzy się przy tym żaden śluz organiczny na rurkach skraplacza.

W wyniku pięcioletniego doświadczenia ustalono dawkę chlorowania w wysokości 3,6 do 5,0 miligrama chloru na litr wody chłodzącej. Średnia oszczędność roczna uzyskana dzięki metodzie chlorowania wody chłodzącej (na skutek polepszenia ogólnego współczynnika sprawności) przekracza 1 milion rubli.

Ponieważ zdolność wody morskiej do pochłaniania chloru jest różna w różnych punktach wybrzeża, autor wzmianki zaleca doświadczalne ustalenie najkorzystniejszego dawkowania chloru w każdym poszczególnym przypadku. (N. A. Maliszewskij. Chłorirowanije morskoj wody. **Elektriczeskije Stancji.** Zeszyt 3/1949 r.).

KONSERWACJA SADZONEK KARTOFLI W PIWNICACH ZAOPATRZONYCH W SZTUCZNE OŚWIETLENIE. — Zarówno kartofle, jak i ich sadzonki, są zwykle przechowywane bądź w dołach wykopanych wprost w gruncie w suchym miejscu, bądź też w piwnicach. Kartofle tracą przy tym dużo ze swej substancji pokarmowej w czasie rozwijania się długich pędów, które następnie trzeba usuwać.

Stwierdzono, iż kartofle intensywnie naświetlane promieniami lamp fluoryzujących bogatymi w promienie niebieskie, nie rozwijają długich pędów, a zatem nie wycieńczają się i nie tracą swej substancji pokarmowej, zachowując wszystkie dodatnie swe właściwości.



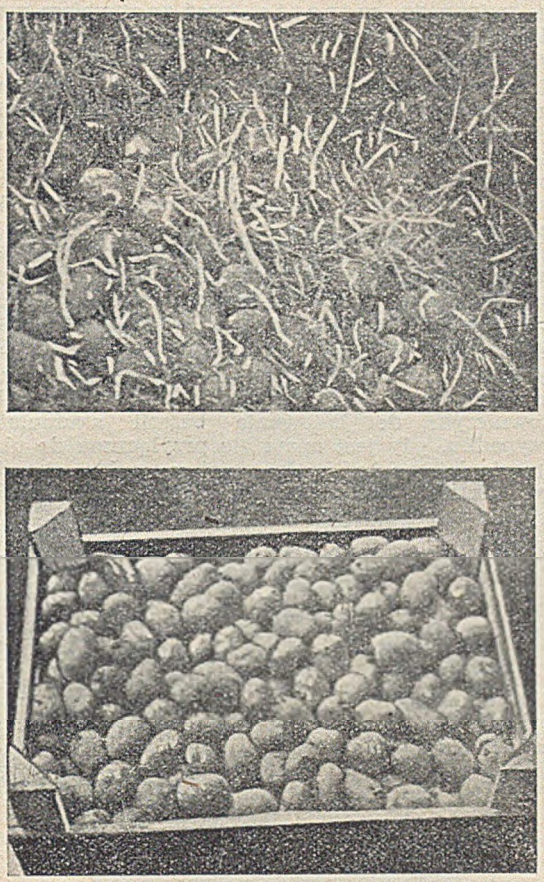
Rys. 1. Skrzynie naświetlane lampami fluoryzującymi (widoczne na ścianie z lewej strony).

Praktyczne zastosowanie tych zjawisk zostało uskutecznione w pewnej piwnicy, gdzie są przechowywane sadzonki kartofli naświetlane lampami fluoryzującymi. Kartofle umieszczone są w skrzynkach (rys. 1) ustawionych na nóżkach, jedna nad drugą w ten sposób, iż powstają między nimi pewne prześwity poziome. Lampy fluoryzujące w postaci rurek są natomiast umieszczone w pozycji pionowej. W ten sposób osiąga się równomierne oświetlenie kartofli rozłożonych w skrzynkach. [1])

[1]) 40-watowe lampy fluoryzujące w kształcie rurek są rozmieszczone na ścianie piwnicy w odległości 7—8 metrów jedna od drugiej (rys. 1).

Kartofle podlegały naświetlaniu elektrycznemu od stycznia do marca — po 8 do 12 godzin na dobę.

Na rys. 2 widzimy porównanie kartofli przechowywanych różnymi sposobami. Rys. 2 przedstawia u góry kartofle przechowywane „normalnie" w tzw. dole; znaczna część zawartych w kartoflach użytecznych sustancji pokarmowych została zużyta przez długie pędy (łamliwe i niekorzystne przy sadzeniu). U dołu rysunek 2 przedstawia natomiast kartofle elektrycznie naświetlane. Nie wykazują one utraty substancji pokarmowych. Widoczne kiełki — krótkie, grube i jędrne — dogodne są przy sadzeniu. — (Van der Veen. La conservation des plants de pommes de terre dans des caves à eclairage artificiel. **Revue Technique Philips.** Zeszyt 4/1949 r.). —



Rys. 2. Widok normalnie przechowywanych kartofli (u góry) oraz kartofli naświetlanych elektrycznie (u dołu).

PRZESYŁANIE ENERGII ZA POMOCĄ PRĄDU STAŁEGO O BARDZO WYSOKIM NAPIĘCIU. — Badanie podstaw przesyłania energii elektrycznej dużej mocy za pomocą prądu stałego były podejmowane w Niemczech w związku z dążeniem do utrwalenia panowania w Europie oraz w przewidywaniu stworzenia ogólno europejskiej wielkiej sieci elektrycznej, a także w związku z wstępnymi projektami wyzyskania energii wodnej w Norwegii.

Na terenie Europy linie przesyłowe prądu stałego miały służyć, jako człony łączące poszczególne sieci prądu zmiennego o odrębnych charakterystykach (różna częstotliwość). Poza tym energia elektryczna miała być przesyłana ze Skandynawii do Europy za pomocą kabli podmorskich prądem stałym, a to z tego względu, iż praca izolacji kabla jest lżejsza przy prądzie stałym, niż przy prądzie zmiennym. Kable na prąd stały wypadają znacznie tańsze od kabli na tę samą moc i takież napięcie skuteczne dla prądu zmiennego.

Badania nad przesyłaniem energii elektrycznej prądem stałym były prowadzone na dużą skalę w Hallendorfie. Ponadto przesyłanie energii prądem stałym było **zrealizowane** na następujących odcinkach:

1. Lehre — Meisburg (system Marx'a);
2. Charlottenburg — Moabit (system Siemens — Schuckert);
3. Zurych — Baden (system Brown — Boveri);
4. Elektrownia Elba (Berlin) — Marienfeld (system A. E. G. oraz system Siemens — Schuckert).

Ostatnia z wymienionych linii przesyłowych prądu stałego została zbudowana jako linia doświadczalna o długości 110 km dla studiów nad przesyłaniem mocy rzędu 120 MVA przy napięciu 400 kV. Kierownictwo ogólne instalacją było sprawowane przez A. E. G. przy czym strona układu + 200 kV (między uziemieniem punktu zerowego a + 200 kV) została wykonana przez firmę Siemens — Schuckert, zaś układu − 220 kV (między uziemieniem punktu zerowego a − 220 kV) — przez firmę A. E. G.

Ułożono dwa kable podziemne z połączeniem zerowym przez ziemię. Obciążenie na początku ograniczono do 60 MW przy napięciu 2 × 200 kV. Doprowadzony prąd zmienny, transformowany za pomocą transformatorów jednofazowych, był następnie prostowany na prąd stały za pomocą jednofazowych prostowników rtęciowych. Na drugim końcu linii prąd stały przetwarzano na prąd zmienny za pomocą rtęciowych statycznych falowników jednofazowych, a następnie trasformowano na odpowiednie napięcie. Każda połowa instalacji (+ **200 kV** i **zero** oraz **zero** i − **200 kV**) może być czynna niezależnie od drugiej, gdyż powrót prądu w okresie awarii możliwy jest przez ziemię.

Uwagi. 1. System Marxa polega na przetwarzaniu prądu zmiennego na prąd stały za pomocą łuku elektrycznego istniejącego między dwoma metalowymi chłodzonymi elektrodami umieszczonymi w komorze wypełnionej gazem pod ciśnieniem. Przestrzeń między elektrodami jest przedmuchiwana strumieniem gazu pod ciśnieniem. Prąd stały przetwarza się na prąd zmienny dzięki takiemuż urządzeniu, jak opisano, lecz dodatkowo zaopatrzonemu w elektryczny sterujący układ zapłonowy.

2. Inne systemy polegają na przetwarzaniu prądu zmiennego na prąd stały za pomocą prostowników rtęciowych. Przetwarzanie prądu stałego na prąd zmienny odbywa się tu za pomocą falowników — urządzeń podobnych do prostowników rtęciowych z siatką, sterowanych elektrycznie za pomocą specjalnych urządzeń.

3. W opisanym systemie przesyłania energii prądem stałym płaszcze kabli są na każdej stacji uziemione przy czym uziemienie to może być obciążone przez dłuższy czas prądem o znacznym natężeniu.

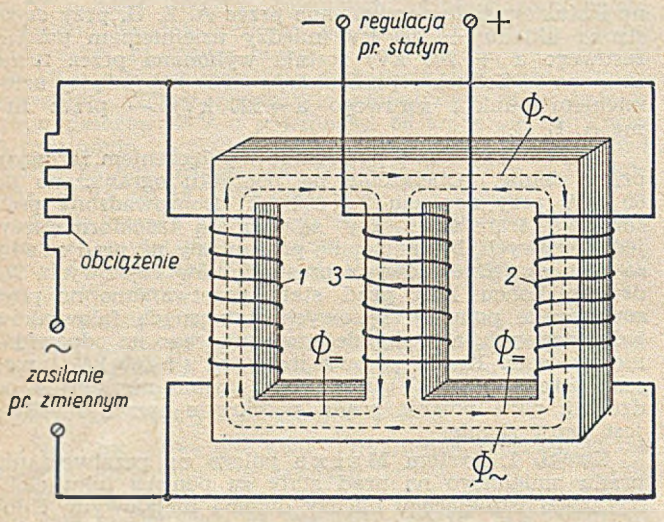
4. Niektóre głosy wypowiadają zdanie, iż uziemienie punktów zerowych i związane z tym przesyłanie prądu stałego przez ziemię nawet w przeciągu krótkiego czasu trwania awarii (kilku godzin) spowoduje wzmożoną korozję elektrolityczną rurociągów i kabli ułożonych w ziemi na drodze przepływu prądu. Zastosowane ewentualnie na tych rurociągach i kablach środki przeciwkorozyjne zostaną przeciążone i ulegną osłabieniu w swym działaniu wzgl. działanie ich zostanie całkowicie anulowane. W następstwie tego ujawni się wzmożona szkodliwa działalność korozji gruntowej i elektrolitycznej. — (R. R. Transport de force par courant continu à haute tension. **Eléctricité.** Zeszyt 147, luty 1949 r.).

NOWE ZASTOSOWANIA WZMACNIAKÓW MAGNETYCZNYCH. — Pod słowem „wzmacniak" rozumiemy zazwyczaj obwód, zawierający co najmniej jedną lampę elektronową. Nie zawsze ma to jednak miejsce. Wzmacnianie mocy elektrycznej odbywać się może także przy pomocy wzmacniaka magnetycznego, który to wzmacniak bywa obecnie coraz częściej stosowany — głównie do **regulacji** układów elektrycznych w przemyśle. Jest on znany jako „transduktor" lub „reaktor" o nasycalnym rdzeniu.

Wzmacniak magnetyczny stanowi w zasadzie układ, w którym prąd stały o niewielkim natężeniu bywa używany do regulacji prądu zmiennego o dużym natężeniu.

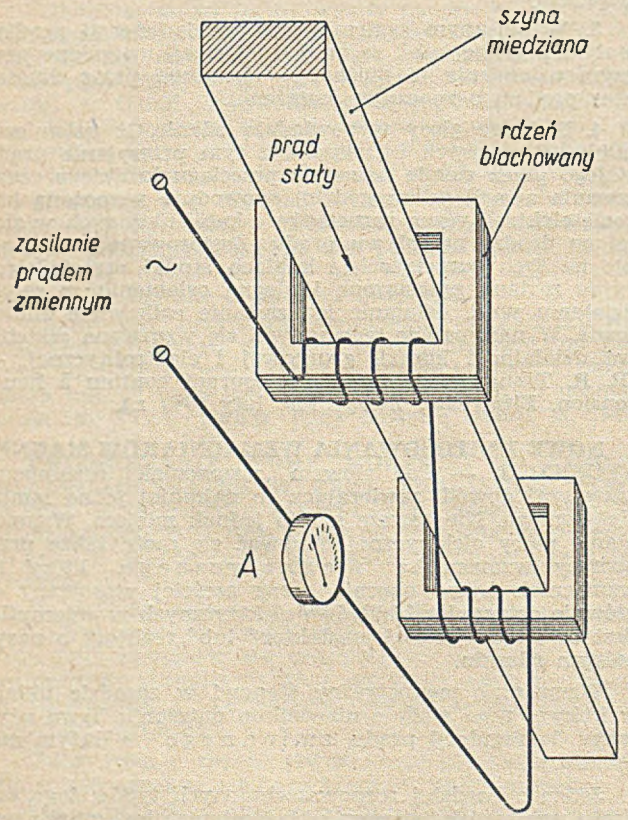
Jeden z bardziej rozpowszechnionych typów tego rodzaju wzmacniaka stanowi układ o trzech kolumnach pokazany na rys. 1. Składa się on z blachowanego rdzenia magnetycznego oraz dwóch kompletów cewek — jednego,

stanowięcego obwód prądu stałego, i drugiego — stanowiącego obwód prądu zmiennego. Cewki 1 i 2 prądu zmiennego (rys. 1) osadzone są na zewnętrznych kolumnach rdzenia; mogą być one połączone ze sobą w szereg lub równolegle, wskutek czego wytwarzany przez nie strumień magnetyczny $\Phi_\sim$ przebiega tylko przez zewnętrzną część obwodu magnetycznego (rdzenia). Kolumna środkowa, na której osadzona jest cewka 3 prądu stałego, prowadzi wytwarzany przez nią strumień stały $\Phi_=$. Zamykając się przez obie zewnętrzne kolumny rdzenia, stru-



Rys. 1. Schemat wzmacniaka o trzech kolumnach.
$\Phi_=$ — strumień wytwarzany przez amperozwoje prądu stałego,
$\Phi_\sim$ — strumień wytwarzany przez amperozwoje prądu zmiennego.

mień ten powiększa stopień nasycenia magnetycznego, zmniejszając przenikalność magnetyczną zewnętrznych kolumn obwodu. Wywołuje to zmniejszenie oporności indukcyjnej cewek 1 i 2 prądu zmiennego, a tym samym i obniżenie oporności pozornej obwodu prądu zmiennego, co pociąga za sobą wzrost natężenia tego prądu (czyli prądu obciążenia) oraz jego napięcia.



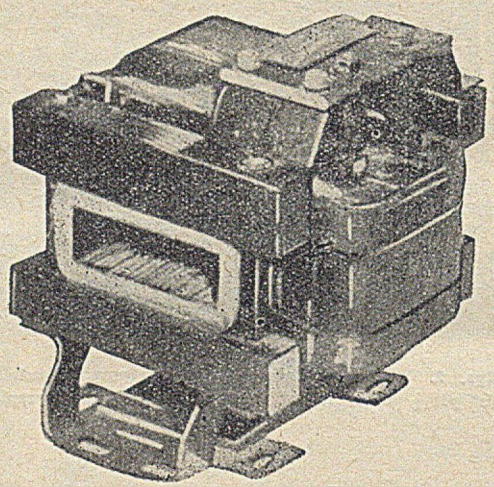
Rys. 2. Schemat transduktora prądowego.

Obciążenie tego rodzaju wzmacniaka magnetycznego może być regulowane przy pomocy stosunkowo małej mocy prądu stałego, co pozwala na osiąganie dużego współczynnika wzmacniania. Tak np. zbudowano już wzmacniaki o mocy kilku μW (mikrowatów) prądu stałego, a nawet o mocach 100 $\mu\mu$W.

Współczynnik wzmocnienia mocy może tu dochodzić do liczby 100 milionów na stopień. Czas jednakże, jaki upływa pomiędzy zmianą prądu stałego a zmianą prądu zmiennego, wzrasta wraz ze stopniem wzmocnienia, co czyni tego rodzaju wzmacniaki nieprzydatnymi do wielu zastosowań.

Małe wzmacniaki wykazują opóźnienie czasowe rzędu kilku zaledwie okresów przy współczynnikach wzmocnienia od 1000 do 10000 na stopień. Tam, gdzie dłuższe opóźnienie w działaniu (jak np. w aparaturze oświetleniowej) nie odgrywa roli, spotykane są jednostki o mocach kilkuset kVA, działające z opóźnieniem rzędu kilku sekund. Istnieją zresztą liczne sposoby zmniejszenia tego opóźnienia, jak np. przez zwiększenie oporności obwodu prądu stałego, przez połączenie cewek prądu zmiennego w szereg (zamiast równolegle) przez zastosowanie kilku stopni wzmocnienia i in.

Jeżeli chodzi o zastosowanie wzmacniaków magnetycznych, to pełnią one na ogół rolę wzmacniaczy. Tak np. wzmacniak magnetyczny może być użyty w układzie prostowniczym do ładowania baterii akumulatorów w przypadku, gdy jest ona stale przyłączona do układu, a napięcie jej ma być stałe pomimo zmian obciążenia. W tym układzie można osiągnąć stałość napięcia baterii z dokładnością do $\pm$ 1%.



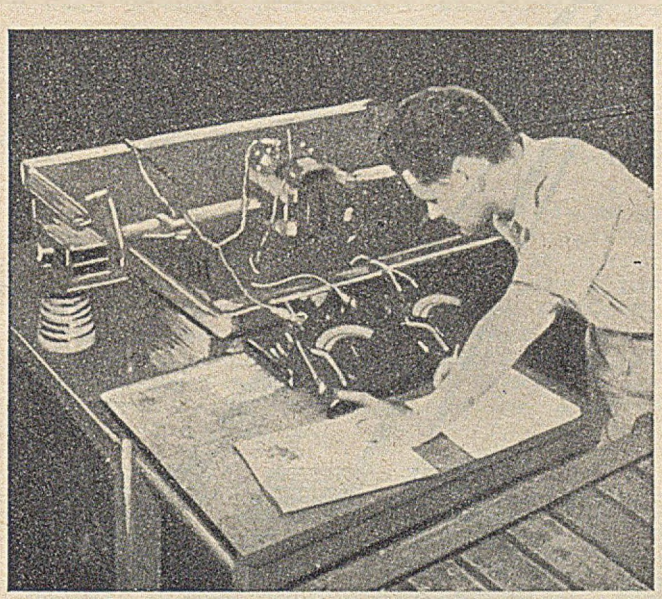
Rys. 3. Widok transduktora prądowego.

Pewną odmianę wzmacniaka magnetycznego stanowi tzw. „transduktor prądowy" używany przy pomiarach prądu stałego. Strumień nasycający jest tu wywoływany przez szynę (rys. 2), po której płynie prąd stały, a która przechodzi przez dwa blachowane rdzenie magnetyczne. Obciążenie obwodu prądu zmiennego stanowi w tym przypadku amperomierz prądu zmiennego A. Wszelkie zmiany natężenia prądu stałego w szynie pociągają za sobą zmiany nasycenia magnetycznego w obwodzie obu rdzeni, wywołując tym samym zmianę natężenia prądu zmiennego. Typowy transduktor prądowy na prąd stały 2000 A pokazany jest na rys. 3. Na rys. 4 widzimy cechowanie amperomierza w amperach prądu stałego przy pomocy transduktora.

Jakkolwiek transduktor spełnia tu właściwie rolę bocznika, to jednak zachodzi istotna różnica pomiędzy obu układami, gdyż obwdy obu prądów są tu izolowane od siebie elektrycznie i przyrząd pomiarowy nie ma żadnego związku z potencjałem, jaki panuje na szynie prądu stałego. Wpływa to na zwiększenie stopnia bezpieczeństwa personelu, a ponadto zmniejsza wymagania w stosunku do izolacji. Cechowanie każdego amperomierza wraz z jego przewodami doprowadzającymi staje się zbędne, albowiem oporność tych przewodów w znikomym stopniu wpływa na odczyt przyrządu. Układ jest ponadto niewrażliwy na zmiany napięcia prądu zmiennego.

Dalsze zastosowanie znajdują wzmacniaki magnetyczne w urządzeniach do **regulacji natężenia światła** żarówek. Wystarczy słaby sygnał z małego potencjometru, a już rozpoczyna się proces regulacji napięcia doprowadzanego do żarówek, których światłość może być regulowana od pełnej jej wartości aż do całkowitego przyciemnienia.

W czasie drugiej wojny światowej używano wzmacniaków magnetycznych w różnorodnych **urządzeniach natury wojskowej**, jak np. podsłuchowe urządzenia przeciwlotnicze, urządzenia regulacyjne do samoczynnego pilotażu i pocisków rakietowych V-2, w urządzeniach artyleryjskich i in. Zwłaszcza elektrycy niemieccy forsowali zastosowanie wzmacniaków magnetycznych tam, gdzie wstrząsy i konserwacja lamp elektronowych nastręczały trudności.



Rys. 4. Cechowanie amperomierza przy pomocy transduktora.

Wzmacniaki magnetyczne mogą być również używane w układach zawierających fotokomórki oraz termopary. Ponieważ, ogólnie biorąc, wzmacniaki magnetyczne mogą być użyte do **regulacji napięcia, natężenia prądu i częstotliwości**, znajdują one zastosowanie do regulacji **wzbudzenia generatorów** oraz do regulacji w **obwodach prostowników ignitronowych.** Ponadto można zastosować te wzmacniaki w układach do **regulacji obrotów** silników asynchronicznych, a to przez obniżenie napięcia doprowadzonego do obwodu stojana. Mogą być one wreszcie użyte do **rozruchu maszyn synchronicznych,** przy którym to procesie chodzi o subtelną regulacje prądu rozruchowego. Wzmacniaki te (typu tzw. reaktorów o nasycalnym rdzeniu) mogą być wreszcie użyte do **regulacji napędów elektrycznych** — za pomocą zmian doprowadzanego napięcia.

Zalety wzmacniania magnetycznego są następujące:

1. jako urządzenie statyczne, pozbawione ruchomych części, wzmacniak magnetyczny nie wymaga konserwacji; wiek wzmacniaka jest taki sam, jak transformatora;
2. wzmacniak magnetyczny może być zasilany z dowolnego źródła prądu zmiennego, wobec czego nie wymaga on specjalnego układu zasilającego; większość układów ze wzmacniakiem magnetycznym nie jest wrażliwa na wahania napięcia prądu zmiennego;
3. obwody pierwotny i wtórny w magnetycznym układzie wzmacniakowym są elektrycznie rozdzielone (izolowane od siebie);
4. wzmacniak magnetyczny posiada znaczną przeciążalność (przez dłuższy okres czasu);
5. brak tu ograniczenia mocy w górę, jak to ma miejsce przy lampach elektronowych.

Ogranicza zastosowanie wzmacniaków magnetycznych opóźnienie czasowe występujące w ich działaniu. Poza tym występują w rdzeniach magnetycznych wzmacniaków znaczne straty w żelazie rosnące z częstotliwością prądu zmiennego, co ogranicza zastosowanie tych wzmacniaków do częstotliwości ok. 50 okr./sek.

Znaczne postępy osiągnięto w dziedzinie budowy wzmacniaków magnetycznych dzięki zastosowaniu **nowych materiałów na rdzenie magnetyczne;** pozwoliło to budować mniejsze wzmacniaki o większym stopniu wzmocnienia. Materiały te posiadają następujące charakterystyczne właściwości:

1. nasycenie magnetyczne występuje już przy niewielkiej sile magnetomotorycznej; pozwala to na operowanie małymi mocami po stronie pierwotnej;
2. duże wartości strumienia magnetycznego w stanie nasycenia; maksymalna wartość indukcji, przy której wzmacniak może pracować, określa liczbę watów po stronie wtórnej na kilogram ciężaru rdzenia;
3. niezwykle stromy kształt charakterystyki magnesowania, której bardzo ostre kolano przebiega w pobliżu maksymalnej wartości strumienia; poza kolanem — przebieg krzywej prawie że płaski;
4. małe straty na histerezę i prądy wirowe.

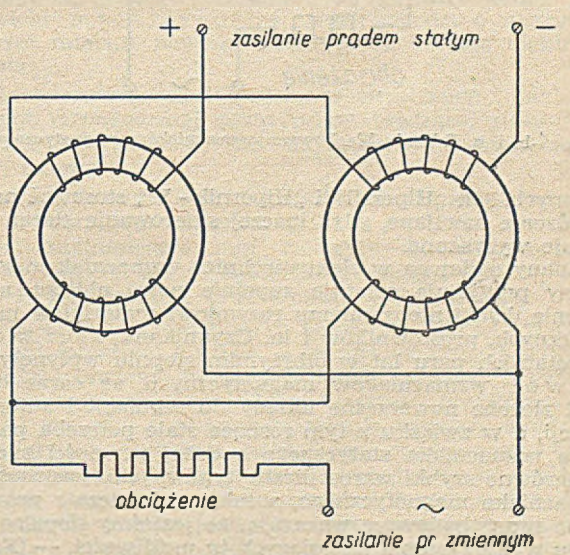
Używane są obecnie do wyrobu rdzeni we wzmacniakach magnetycznych następujące nowe materiały:

„Hipersil" — specjalna stal nakrzemiona o ziarnach skierowanych, szeroko stosowana w budowie transformatorów; posiada ona większą przenikalność magnetyczną, mniejsze straty oraz krzywą magnesowania o bardziej stromym kolanie, niż to ma miejsce w zwyczajnych stalach nakrzemionych.

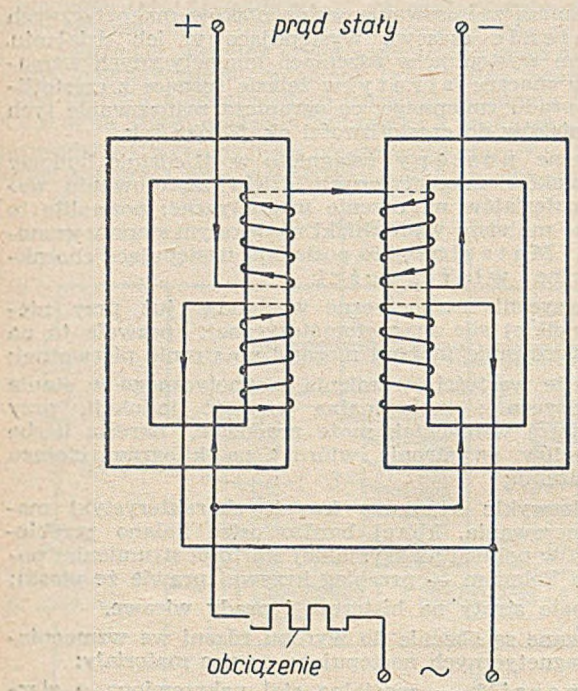
„Hipernik" — 50%-wy stop żelazo-niklowy; przy większej przenikalności magnetycznej od „Hipersilu" posiada on mniejszą wartość nasycenia i jest droższy; stopy żelazo-niklowe, zawierające od 74 do 80% niklu mają jeszcze wyższą przenikalność magnetyczną niż „Hipernik", są jednak za to droższe;

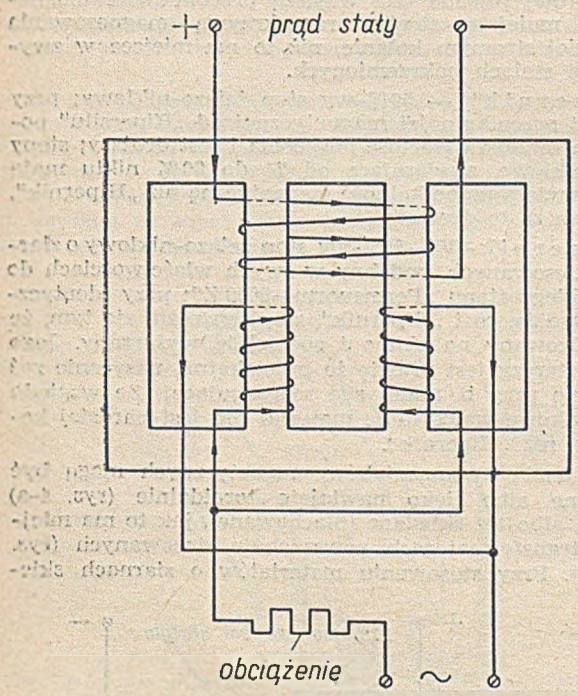
„Hipernik-V"—50%-wy stop żelazo-niklowy o ziarnach skierowanych, podobny w swych właściwościach do niemieckiego stopu „Permenorm—5000 Z"; przy identycznym składzie, co i „Hipernik", stop ten różni się tym, że jest walcowany na zimno i specjalnie wyżarzany. Jego pętla histerezy jest prawie że prostokątna, nasycenie zaś występuje przy b. małej sile magnesującej. Ze względu na dodatkowe walcowanie materiał ten jest bardziej kosztowny, niż „Hipernik".

Rdzenie wzmacniaków magnetycznych mogą być wykonane albo, jako nawinięte toroidalnie (rys. 4-a) z paska, albo też składane (blachowane), jak to ma miejsce w transformatorach powszechnie stosowanych (rys. 4-b i c). Przy stosowaniu materiałów o ziarnach skie-



Rys. 4-a. Toroidalne rdzenie wzmacniaków magnetycznych.





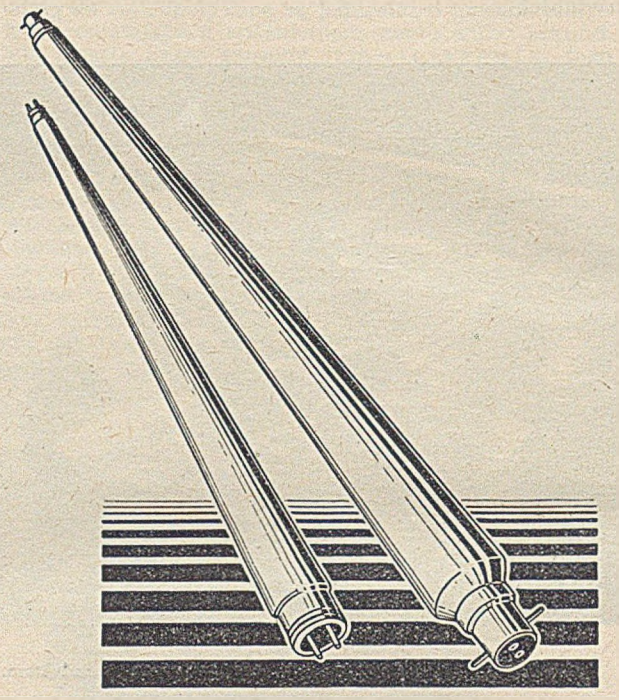
Rys. 4-b. i c. Rdzenie blachowane wzmacniaków magnetycznych.

rowanych, jak „Hipersil" i „Hipernik - V", stosować należy rdzenie nawijane, gdyż inaczej skierowanie ziaren nie zostaje wyzyskane.

Znany oddawna w elektrotechnice wzmacniak magnetyczny przyjmuje ostatnio zupełnie **nowe oblicze**, a to głównie dzięki niebywałemu rozwojowi materiałów magnetycznych, prostowników i in. Czynnikami, które w ciągu ostatnich paru lat w olbrzymim stopniu wpłynęły na r o z w ó j wzmacniaków magnetycznych, są coraz bardziej złożone nowoczesne układy do regulacji i automatyzacji, a w związku z tym rosnąca stale potrzeba posiadania wzmacniaka statycznego o dużej pewności ruchu.

Zarówno szybki wzrost liczby typów, jak i zastosowań wzmacniaka magnetycznego, a także ustawicznie prowadzone prace badawcze wskazują, że jesteśmy dopiero na progu wykorzystania istniejących tu możliwości. — (F. N. Mc C l u r e. Amplification by Magnetization. **Westinghouse Engineer.** Zeszyt majowy 1949 r.). *Ko.*

KSZTAŁTY LAMP FLUORYZUJĄCYCH. Lampy fluoryzujące znajdują coraz szersze zastosowanie. Są to, jak wiadomo, rurki neonowe wypełnione parą rtęci w gazie szlachetnym jak neon, argon surowy itp. Wyładowanie, jakie następuje w parze rtęci, jest jaskrawe i bogate w promienie fiołkowe oraz pozafiołkowe; barwi ono otaczające przedmioty w „martwy" kolor zielonkawy. Toteż rurki wykonywa się ze szkła powleczonego szkliwem z domieszką odpowiednio dobranych składników fluoryzujących. Pod wpływem promieni wyładowania elektrycznego, jakie zachodzi w parze rtęci, cała powierzchnia rurki staje się wtórnym źródłem światła, lecz o barwie światła dziennego.



Rys. 1. Lampy fluoryzujące nowego typu.

Rurki posiadają na obu końcach o p r a w k i zaopatrzone w dwie nóżki (rys. 1), a to w tym celu, ażeby rurka zachowała stałe położenie w oprawce. Dla lepszej wydajności świetlnej jedna połowa rurki bywa często posrebrzona. **(Electrical Review,** — zeszyt sierpniowy 1949 r.).—

INSTALACJE Z FOTOKOMÓRKĄ. — Dążenie do oszczędzania pracy ludzkiej zarówno przy czynnościach segregowania przedmiotów, jak i przy czynnościach kontrolnych w różnych dziedzinach przemysłu, stało się bodźcem do budowy różnego rodzaju **urządzeń kontrolnych** z fotokomórką. Pewne zakłady wykonały części składowe, które służą do montażu szeregu r ó ż n o r o d n y c h układów z fotokomórką.

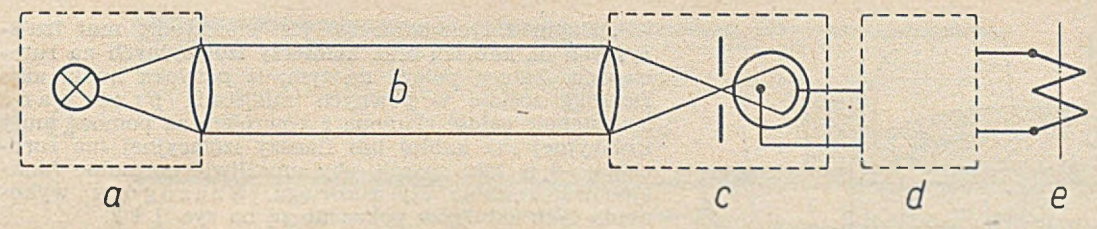
W o g ó l n y c h zarysach układ z fotokomórką pokazano na rys. 1. Składa się on ze:

1. źródła światła — lampy o skupionym punkcie świetlnym, co osiąga się przez odpowiednie umieszczenie zwiniętego w spiralę włókna lampy żarzenia;

2. reflektora oraz soczewki umożliwiających skierowanie światła w dowolnym kierunku w postaci wąskiej smugi — zależnie od potrzeb;

3. specjalnego filtra, — zachodzi bowiem niekiedy potrzeba wyposażenia źródła światła w specjalny filtr — dla uczulenia procesów segregowania lub kontroli;

4. jednego lub kilku zwierciadeł; — często bowiem zachodzi potrzeba uzyskania odpowiedniej drogi przebiegu smugi światła. Gdy smuga światła napotyka na kontrolowany przedmiot (np. zieloną butelkę) i dozna tych czy innych zmian, staje się ona **sygnałem** świetlnym;



Rys. 1. Ogólny schemat instalacji z fotokomórką. a — źródło światła, b — droga smugi światła, c — odbiornik światła, d — wzmacniacz z lampami elektronowymi, e — przekaźnik elektromagnetyczny.

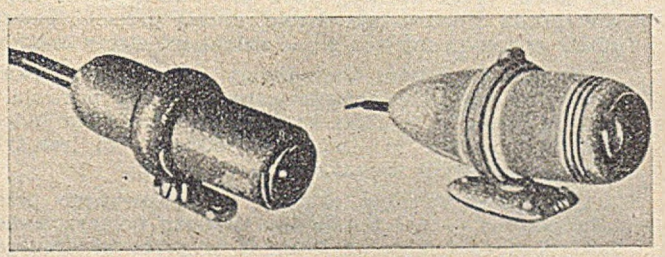
5. odbiornika sygnału świetlnego, który składa się z fotokomórki oraz z soczewki skupiającej na fotokomórce odbierane promienie;

6. wzmacniacza lampowego, którego zadaniem jest wzmocnienie prądu odbieranego z fotokomórki (prąd ten jest zwykle rzędu 25 — 100 μA (mikroamperów) tj. 25—100 milionowych części ampera i bezpośrednio nie jest w stanie uruchomić przekaźnika elektromagnetycznego;

7. przekaźnika elektromagnetycznego, który w dalszej kolejności steruje działaniem mechanizmów kontrolnych lub segregujących.

Konstrukcja wyszczególnionych wyżej części składowych pomyślana jest tak, iż mogą one służyć do różnych schematów przystosowanych do różnorodnych celów.

Rys. 2 przedstawia nadajniki tj. źródła smugi światła. Jeden nadajnik (po lewej) posiada soczewkę o średnicy 24 mm i o zasięgu działania do 10 metrów; drugi — (po prawej) posiada soczewkę o średnicy 57 mm i o zasięgu działania 60 m. Nadajniki sygnału świetlnego, podobne w swym układzie optycznym do reflektorów samochodowych, posiadają wewnątrz uchwyty do założenia filtrów wykonane ze specjalnego szkła kolorowego. Zakres promieniowania nadajników leży w granicach 4000 — 8000 Å (angströmów).



Rys. 2. Nadajnik strumienia świetlnego. (z lewej strony nadajnik z soczewką o średnicy 24 mm, z prawej — nadajnik z soczewką o średnicy 57 mm.

Odbiorniki sygnałów stanowią wmacniacze lampowe w obudowie w kształcie skrzynki z soczewką wmontowaną w czołowej ściance skrzynki.

Kombinując odbiorniki te z omówionym wyżej nadajnikami, można osiągnąć dla odbiornika o soczewce 60 mm — zasięg działania do 40 m, zaś dla odbiornika o średnicy soczewki 90 mm — zasięg działania 60 m.

Odbiorniki są zaopatrzone w fotocelę czułą w zakresie do 8000 Å (angströmów).

Wzmacniacze są przystosowane do zasilania z sieci prądem zmiennym o częstotliwości 50 okr/s o napięciu 220, 127 i 110 woltów.

Szybkość działania urządzenia, składającego się z wymienionych wyżej elementów (licząc od chwili, gdy kontrolowany przedmiot przetnie wiązkę promieni, do chwili zadziałania przekaźnika) wynosi najwyżej 250 milisekund, tj. najwyżej ¼ sekundy. Do tej szybkości przystosowana jest szybkość poruszania się kontrolowanych przedmiotów oraz innych części mechanizmów kontrolujących i segregujących.

Zależnie od potrzeb, mogą być budowane przy użyciu opisanych wyżej części składowych urządzenia bardzo różnorodne — zarówno do kontroli procesów technicznych, jak i do kierowania tymi procesami, bądź też wreszcie do obserwowania zjawisk przyrody. — (A. Hedén i A. Trägärdh. Photo Cell Installations. **Ericsson Review.** Zeszyt 4/1948 r.). — *A. B.*

NOWY SPOSÓB ZABEZPIECZANIA KABLI ZIEMNYCH OD KOROZJI POWODOWANEJ PRZEZ PRĄDY BŁĄDZĄCE KOLEI ELEKTRYCZNYCH. — Koleje zelektryfikowane oraz tramwaje zasilane są przeważnie prądem stałym. Elektrowozy i tramwaje czerpią prąd z przewodu jezdnego; powrót prądu do punktu zasilania (podstacji prostowników) odbywa się zazwyczaj przez szyny.

Ponieważ szyny mają połączenie z gruntem, znaczna część prądu **odgałęzia się** do otaczającego gruntu i powraca do punktu zasilania różnymi drogami. Te drogi są zarówno różnorodne, jak i każdorazowo inne, gdyż oporność gruntu na odcinkach trasy zmienia się w zależności od stanu wilgotności gruntu.

Ponieważ prądy powrotne dążą do ujemnego bieguna punktu zasilania coraz to innymi drogami (nie dającymi się w określony sposób raz na zawsze ustalić i wyznaczyć na mapie), noszą one nazwę **prądów błądzących.**

Zależnie od stanu oporności gruntu w różnych strefach prądy błądzące obierają sobie drogę w rozmaitych zakopanych w gruncie a przewodzących prąd tworach technicznych. Najczęściej są nimi rury wodociągowe i gazociągowe oraz powłoki kabli energetycznych i telekomunikacyjnych.

Przepływ prądu z gruntu do powłoki kabla lub do rurociągu i z powrotem — z rurociągu lub z powłoki kabla do gruntu jest połączony ze zjawiskami natury elektrolitycznej, a w związku z tym i z **korozją** (czyli nadgryzaniem) rurociągów lub powłok kabli. Toteż korozja spowodowana przez prądy błądzące ma charakter tzw. korozji elektrolitycznej.

Ten odcinek kabla, na którym prąd płynie od powłoki kabla do gruntu, nosi nazwę **strefy anodowej**, ten zaś jego odcinek, na którym prąd płynie od gruntu do powłoki kabla, nazywa się **strefą katodową.**

Szczególnie groźna dla powłoki kabla jest strefa anodowa, tj. ten odcinek powłoki kabla, na którym potencjał tej powłoki przybiera znak dodatni. W tej bowiem strefie prąd płynie od powłoki w kierunku gruntu (jak w wannie galwanicznej — od anody do roztworu) i tu właśnie odbywa się nie tylko przetwarzanie metalu anody (powłoki kabla) na sole, lecz i unoszenie tych soli przez prąd do przyległych warstw gruntu.

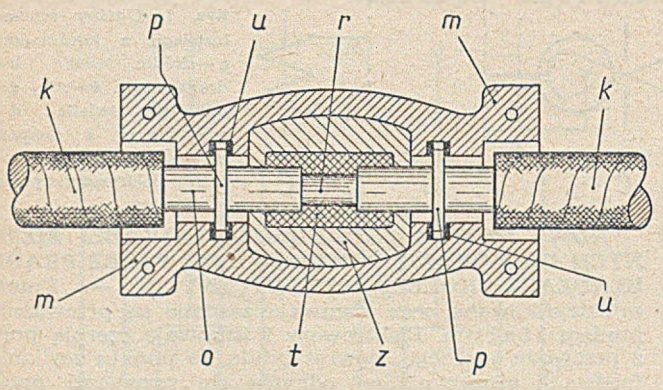
Strefa katodowa, czyli ten odcinek, na którym prąd — idąc od gruntu — dopływa do powłoki kabla, jest o wiele mniej groźna, jeżeli chodzi o niszczenie w tym miejscu powłoki kabla przez korozję elektrolityczną.

Ażeby zabezpieczyć ułożone w ziemi rury i kable od korozji powodowanej przez prądy błądzące, stosuje się kilka sposobów. Do najbardziej rozpowszechnionych należą:

1. izolowanie powłoki kabla lub rurociągu od otaczającego ich gruntu;
2. zastosowanie muf izolacyjnych, dzielących na odcinki całość kabla lub rurociągu oraz
3. zastosowanie tzw. **drenażu elektrycznego.**

Pierwszy z wymienionych środków — izolowanie powłoki (płaszcza) kabla — polega na tym, iż powłokę (płaszcz) ołowianą owijamy kilkoma warstwami papieru przesyconego asfaltem (tzw. warstwa antykorozyjna). Na tę warstwę nawijamy następnie warstwę smołowanej juty, a następnie nakładamy opancerzenie kabla w postaci bądź taśmy stalowej (tzw. bednarki) bądź też drutów stalowych ocynkowanych. Na to opancerzenie nakłada się jeszcze jedną warstwę juty smołowanej.

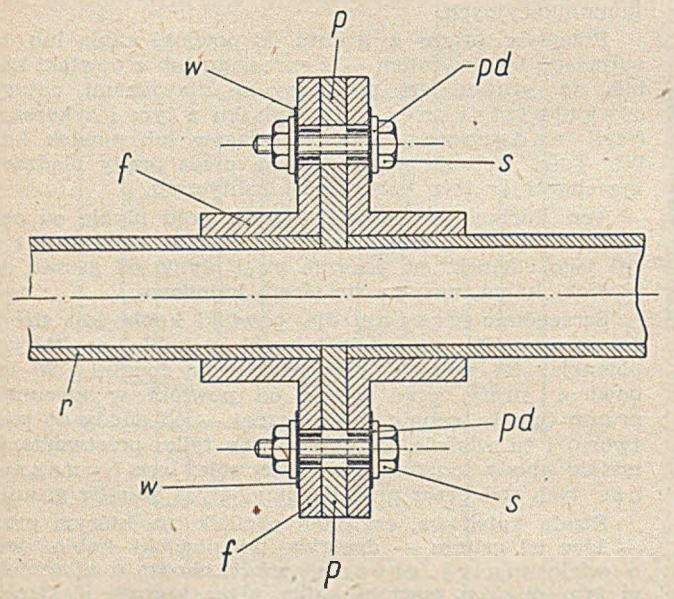
Jeżeli chodzi o izolowanie od gruntu rurociągów, to wykonywa się ono w postaci asfaltowania rurocią-



Rys. 1. Schemat mufy izolacyjnej typu Siemensa:
k — kabel, o — ołowiany płaszcz kabla, r — żyły kabla wraz z izolacją (w tym miejscu płaszcz ołowiany jest przerwany), t — taśma (z gumy lub paragumy), przy pomocy której zostaje owinięte przerwane miejsce płaszcza ołowianego, p — pierścienie ołowiane przylutowane do płaszcza, u — wkładki usztywniające i uszczelniająco, m — mufa z materiału izolacyjnego, z — zalewa izolacyjna.

gów na gorąco lub powlekania na zimno specjalnymi lakierami odpornymi na korozję (ostatnio — w drodze nałożenia warstwy emalii).

Z biegiem lat — pod wpływem chemicznym czynników gleby, zmian temperatury oraz oddziaływania prądów błądzących — powłoki antykorozyjne ulegają częściowemu zniszczeniu. Wtedy właśnie przychodzi czas na stosowanie innych zabiegów.



Rys. 2. Schemat kołnierza izolacyjnego na rurociągu:
r — rurociąg stalowy, f — kołnierze stalowe do łączenia poszczególnych odcinków rur, p — przekładka izolacyjna w postaci pierścienia, w — wkładki izolacyjne, pd — stalowe podkładki pod śruby (chroniące wkładki izolacyjne od uszkodzenia podczas dokręcania nakrętek), s — śruby stalowe.

Jednym z tych zabiegów jest stosowanie **muf izolacyjnych** na kablach oraz **kołnierzy izolacyjnych** na rurociągach. Zabieg polega na tym, iż powłoka kabla albo rurociąg zostaje w pewnych miejscach przerwana a następnie całość złączona z powrotem za pomocą mufy izolacyjnej (na kablu) lub flanszy izolacyjnej (na rurociągu) — w taki sposób, aby umożliwić normalne funkcjonowanie kabla czy rurociągu. Szczegóły wykonania tych zabiegów pokazane są na rys. 1 i 2.

Podział powłoki kabla lub rurociągu na odcinki znacznie zmniejsza prądy płynące w kierunkach od gruntu do metalu (rurociągu lub powłoki kabla) oraz od metalu do gruntu. Ponadto podział ten nie pozwala, aby powłoka kabla „zbierała" prądy błądzące z gruntu na znacznej przestrzeni, a oddawała je do gruntu w pewnej strefie w sposób skupiony (rys. 3).

Innym sposobem zabezpieczenia powłoki kabla przed korozją jest tzw. **drenaż elektryczny.** Polega on na tym, iż w miejscu przewidywanego odpływu prądu z powłoki kabla (to znaczy w przewidywanej strefie anodowej, gdzie powłoka kabla najbardziej podlega korozji) urządza się metaliczne połączenie z szynami kolei elektryfikowanej. Dzięki temu prąd z powłoki kabla odpływa — przez połączenie metaliczne — **bez** jakichkolwiek zjawisk natury elektrolitycznej, nie powodując korozji.

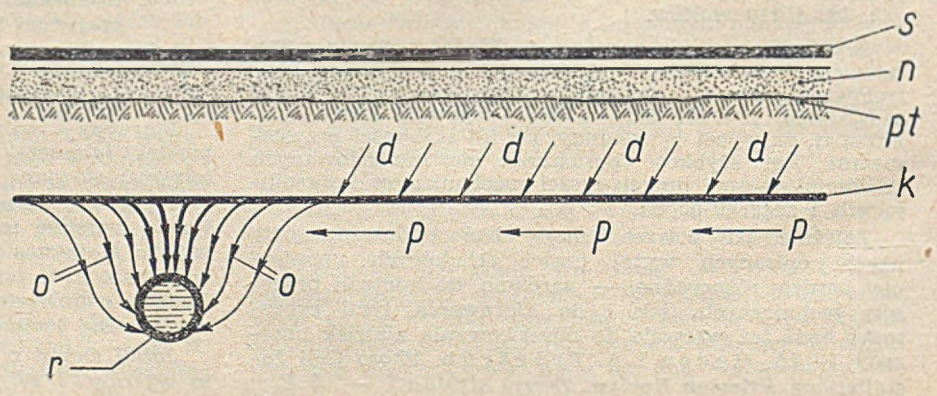
Ponieważ jednak źródło prądów błądzących (pociąg elektryczny lub tramwaj) jest ruchome a ponadto ustawicznie zmienia się wilgotność gruntu, trudno jest w większości przypadków przewidzieć, jakie będzie rozmieszczenie stref anodowych i katodowych na trasie. Zmiany wilgotności gleby powodują bardzo często znaczne przesunięcia tych stref. O ile w strefie drenażu ustali się strefa katodowa, to wówczas drenaż, ułatwiając dopływ prądu do powłoki kabla, nie będzie go chronił, lecz — odwrotnie — będzie sprzyjał niszczeniu kabla przez korozję, gdyż przy ułatwionym dopływie prądu do powłoki kabla muszą przecież powstać gdzieś w innym miejscu silnie działające strefy anodowe.

W związku z tymi trudnościami opracowano ciekawy układ tzw. **drenażu polaryzowanego,** który pozwala na odpływ prądu z powłoki kabla do gruntu tylko wtedy, gdy ta powłoka ma potencjał dodatni, to jest tylko wtedy, gdy strefa drenażu staje się anodą.

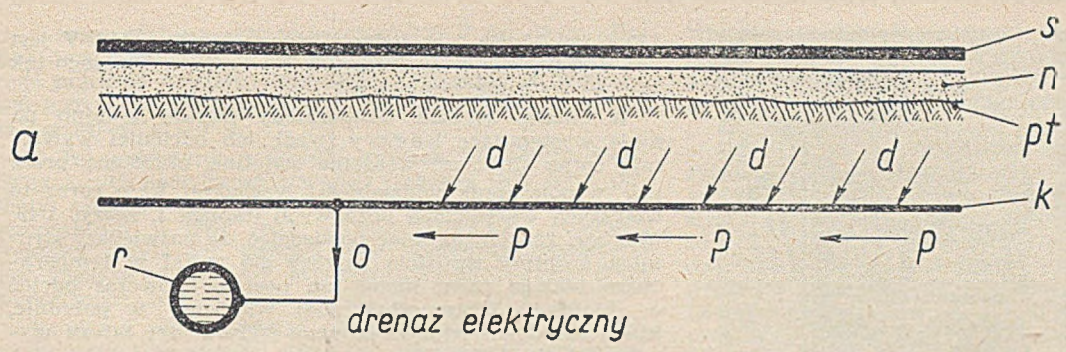
Zasadniczy schemat drenażu polaryzowanego przedstawia rys 4 — a i b. System drenażu polaryzowanego elektrycznego polega na tym, iż w przewód drenujący (łączący chronioną powłokę kabla z szyną kolei lub z innym przewodzącym przedmiotem odbierającym prąd np. z rurą wodociągową) zostaje włączony **prostownik stykowy,** który działa tylko wtedy, gdy potencjał powłoki jest dodatni, czyli wtedy, gdy prąd odpływa z powłoki kabla (strefa anodowa).

Gdy natomiast układ prądów błądzących (spowodowany położeniem pociągu na trasie i określonym stanem wilgotności gruntu) jest taki, że strefa drenażu staje się katodą (czyli, gdy prąd z szyny przez grunt dopływa do powłoki kabla), wtedy prąd płynący przez drenujący przewód ma odciętą drogę przez prostownik, który w kierunku przeciwnym do kierunku prostowania prądu nie przewodzi.

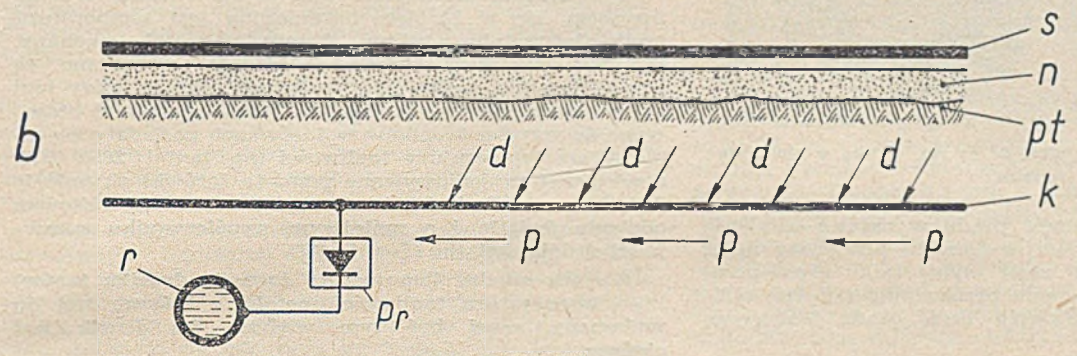
Ponieważ zarówno prądy błądzące, jak i panujące tu napięcia, mogą przybierać nieraz znaczne wartości, należałoby stosować do drenażu duże i kosztowne pro-



Rys. 3. Schemat stref o małym nasileniu oraz stref skupionych prądów błądzących.
s — szyny, n — nasyp, pt — powierzchnia terenu, k — kabel, r — rura wodociągowa skracająca drogę dla prądów błądzących, d — dopływ prądów błądzących do powłoki kabla ułożonego wzdłuż toru (strefa katodowa), p — prądy błądzące płynące w powłoce kabla, o — gwałtowny odpływ prądów błądzących z powłoki kabla przez grunt do rury wodociągowej (strefa anodowa niszcząca gwałtownie powłokę kabla).

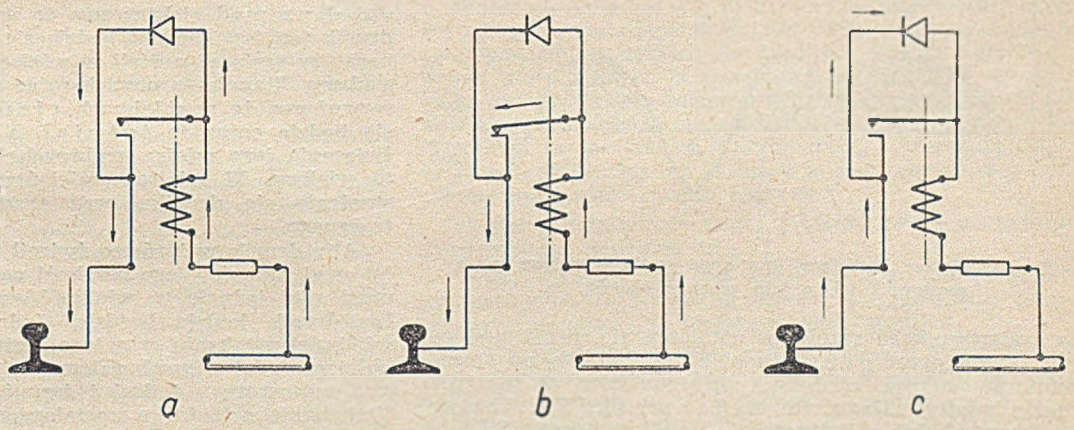


Rys. 4-a. Schemat działania drenażu elektrycznego (wszystkie zjawiska jak na rys. 3, lecz strefa anodowa w pobliżu rury wodociągowej nie istnieje, gdyż prądy błądzące (o) odpływają z płaszcza kabla do rury przez przewodnik metaliczny, a nie przez grunt).
s — szyny, n — nasyp, pt — powierzchnia terenu, k — kabel, d — dopływ prądów błądzących, p — prądy błądzące płynące w powłoce kabla; o — drenaż elektryczny, r — rura wodociągowa skracająca drogę prądów błądzących.

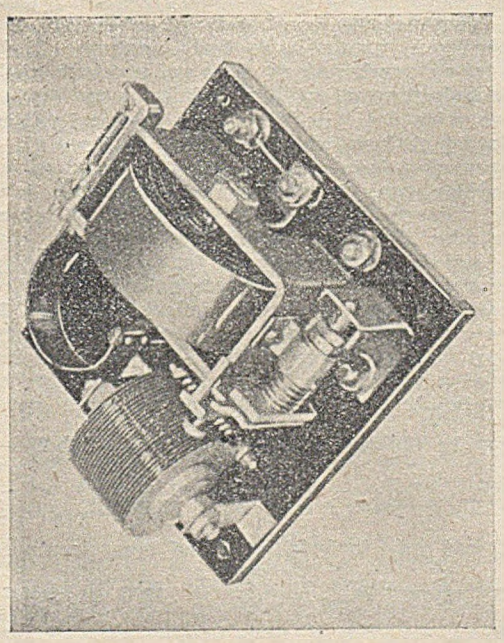


Rys. 4-b. Schemat drenażu polaryzowanego (wszystkie oznaczenia i zjawiska, jak na rys. 3, z tą jednakże różnicą, że gdyby zmieniła się biegunowość, to prąd nie miałby ułatwionej drogi od rury wodociągowej do powłoki ołowianej kabla).

Pr — prostownik stykowy.



Rys. 5. Schemat oraz zasada działania przekaźnika sterowanego przez prostownik (opis w tekście).



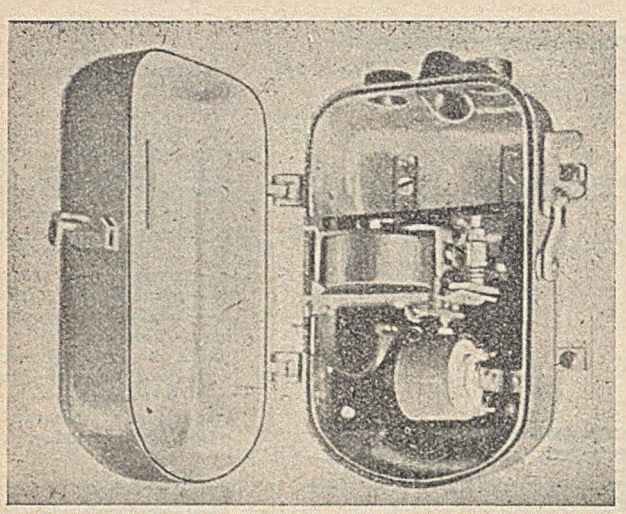
Rys. 6. Widok przekaźnika sterowanego przy pomocy prostownika do drenażu polaryzowanego.

stowniki stykowe. Aby tego uniknąć, skonstruowano przekaźniki sterowane przez prostownik i umożliwiające przepływ prądu o dużym natężeniu w jednym tylko kierunku. Rys. 5 przedstawia schemat oraz zasadę działania takiego przekaźnika. Gdy napięcie na powłoce kabla w punkcie drenażu przybiera potencjał dodatni (strefa anodowa), prąd z powłoki kabla (rys. 5—a) płynie przez przewód drenujący, przez uzwojenie przekaźnika oraz przez prostownik do szyny. Natychmiast zostaje przyciągnięta kotwica przekaźnika (rys. 5—b) i prąd płynie omijając prostownik lub odgałęziając się przez prostownik w bardzo nieznacznym stopniu. Pozwala to na stosowanie prostowników nieznacznej mocy.

Jednocześnie ze zmianą położenia pociągu na trasie zmienia się układ prądów błądzących i kiedy potencjał powłoki kabia przechodzi przez zero przekaźnik zwalnia kotwicę.

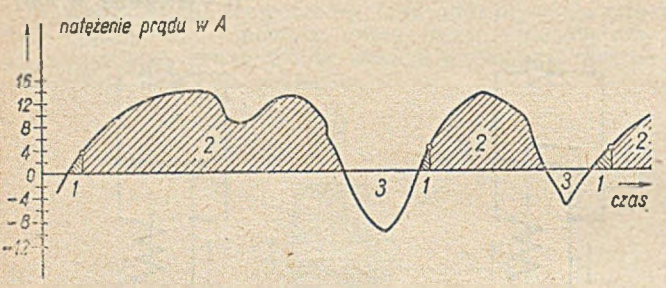
Gdy w dalszym ciągu ustali się na kablu strefa katodowa (rys. 5—c), prostownik odcina drogę prądom błądzącym; przekaźnik nie może już wtedy przyciągnąć kotwicy, obwód prądu pozostaje przerwany. Tak więc droga dla przepływu prądu od szyny do powłoki kabla zostaje całkowicie odcięta.

Rys. 6 przedstawia omówiony przekaźnik sterowany prostownikiem stosowany do drenażu polaryzowanego; prostownikiem stosowany do drenażu polaryzowanego. Na rys. 7 widzimy tenże przekaźnik w obudowie szczelnej; u dołu obudowy szczelnej widoczne są otwory dla chronionego oraz do szyn prowadzących prąd.



Rys. 7. Widok tegoż przekaźnika, co na rys. 6, lecz w obudowie szczelnej.

Rys. 8 podaje, jaka część prądu w okresie ustalania się strefy anodowej w strefie drenażu przepływa przez prostownik, a jaka jego część płynie tylko przez przekaźnik. Widzimy, że działanie przekaźnika tak jest obliczone, iż tylko n i e z n a c z n a część prądu błądzącego



Rys. 8. Wykres ilustrujący jaka część prądu przepływa przez prostownik (1), a jaka przez przekaźnik (2).

na początku każdorazowego ustalania się strefy anodowej płynie przez p r o s t o w n i k. Pozwala to na stosowanie stosunkowo niedużych prostowników, co znacznie obniża koszty układu. (N. S i d e n m a r k. The Electric Drainage of Cable Networks — a New Form of Drainage Apparatus. **Ericsson Review.** Zeszyt 4/1948 r.). *A. B.*

Skrzynka techniczna.

Ob. WOJTYNA WŁ., Surochów, p-ta Jarosław. Podajemy odpowiedź na ostatnie pytanie Pana.

P y t a n i e. Dlaczego żarówka 15-watowa, 110 V, ma strumień świetlny 125 lumenów, a żarówka tej samej mocy, lecz na 220 V, ma strumień świetlny 110 lumenów? Albo dlaczego „stuwatówka" na 110 V ma strumień świetlny 1350 lm, zaś „stuwatówka" na 220 V — 1140 lm.? Ciekawi mnie, dlaczego żarówki na napięcie 220 V **tej samej mocy** dają mniej lumenów, niż żarówki na napięcie 110 V?

O d p o w i e d ź. Odrazu na początku pragniemy Pana uprzedzić, że o d p o w i e d ź na powyższe pytanie wymaga rozważań dość obszernych, wobec czego z konieczności będzie ona rozległa.

Strumień świetlny wypromieniowany z zarzącego się metalu jest tym większy, im **temperatura** metalu jest **wyższa**, albowiem:

a) ze wzrostem temperatury metalu moc wypromieniowywanej energii znacznie wzrasta;

b) przeważająca barwa wypromieniowanego światła oraz jego odcieni ulega zmianie ze wzrostem temperatury.

Dlatego właśnie określają często temperaturę żaru, mówiąc o zarzeniu się „barwą" wiśniową, czerwoną, żółtą, białą; stopniowanie to odpowiada coraz wyższym temperaturom. Stąd już możemy wywnioskować, że t e m p e r a t u r a drucików w żarówkach tej samej mocy na 110 i 220 V nie jest jednakowa; w żarówce 110 V jest ona wyższa, zaś w żarówce 220 V — niższa. Dlaczego tak jest — wytłumaczymy dalej.

W miarę wzrostu temperatruy metalu kolejno po sobie występujące b a r w y (wzgl. ich odcienie) wywierają coraz silniejsze wrażenie świetlne, określone przez tzw. współczynnik widzialności względnej $k\lambda$ o coraz to większych wartościach liczbowych (tablica I, zeszyt 1/49. WE. str. 22). Można więc powiedzieć, że największy strumień świetlny wydziela żarzący się metal w temperaturze białego żaru; metal ten posiada wówczas odcień o „białości" tarczy słonecznej widzianej w południe, który to odcień odpowiada temperaturze tej tarczy wynoszącej ok. 6.000° C.

Temperatura (a więc i odcień barwy światła) drucika żarzącego się w żarówce ograniczona jest temperaturą topliwości metalu, z którego drucik ten został wykonany. We współczesnych żarówkach druciki wyrabiane są z w o l f r a m u, najtrudniej topliwego metalu, który topi się w temperaturze ok. 3400° C. Metale dawniej stosowane do wyrobu drucików w żarówkach posiadały znacznie niższe temperatury topliwości (np. tantal: 2850° C[1]), a więc wypromieniowywane przez te żarówki strumienie świetlne musiały być z istoty rzeczy o bardziej różowym odcieniu światła i o mniejszym współczynniku sprawności źródła światła (ξ w lm/W).

Różnica między temperaturą żarzenia drucika żarówki a temperaturą topliwości metalu, z którego jest on wykonany, musi być tym większa, im drucik jest cieńszy.

Gdy przez drucik o n i e j e d n o s t a j n y m przekroju przenikywa prąd elektryczny, to w miejscach, w których drucik ten jest cieńszy, będzie się on nagrzewał do temperatury wyższej, aniżeli w miejscach, w których jest on grubszy. Stopniowo powiększając natężenie prądu, zaobserwujemy, że w miejscach c i e ń s z y c h drucik żarzyć się będzie coraz to j a ś n i e j, a różnice intensywności świecenia jego miejsc grubszych i cieńszych będą coraz to większe. W miejscu najcieńszym nastąpi najprędzej stopienie się drucika oraz przerwanie obwodu elektrycznego.

Aby drucik w żarówce świecił się jednostajnie na całej swej długości, jego przekroi na całej długości drucika musi mieć jednakową wielkość oraz kształt (np. kołowy). Im drucik będzie bardziej jednakowy pod względem wielkości przekroju oraz jego kształtu, a także jednorodności materiału, tym będziemy go mogli nagrzać do wyższej temperatury i dłużej żarzyć bez obawy stopienia. Wykonanie włókienka metalowego o idealnie jednakowej średnicy (a więc o idealnie jednakowym przekroju) na całej jego długości nie jest możliwe. Im cieńsze jest włókno, tym różnice przekrojów w stosunku do wielkości przekroju nominalnego będą większe. Można się o tym łatwo przekonać za pomocą prostego rachunku, który jednak z uwagi na brak miejsca pomijamy.

Łatwo więc dojść do następującego w n i o s k u: aby zabezpieczyć jednakową długotrwałość d w ó c h drucików żarowych — jednego o mniejszej, a drugiego o większej średnicy (przy jednakowych toleranciach ich średnic), nie możemy dopuścić do jednakowych temperatur żarzenia obu drucików. Drucik g r u b s z y (żarówka 110 V) może być rozżarzony do temperatury w y ż s z e j, wskutek czego będzie on wypromieniowywał w i ę k s z y strumień świetlny, niż drucik cieńszy (żarówka 220 V). Dlaczego zaś drucik żarówki o tej samej mocy przy 110 V jest grubszy niż przy 220 V, wynika stąd, że oporność drucika w żarówce 220 V musi być 4 razy większa od oporności żarówki 110-woltowej tej samej mocy.

Łatwo to obliczyć ze wzoru $P = \frac{U^2}{R}$ lub $R = \frac{U^2}{P}$

Tak np. dla żarówek o mocy $P = 25$ W $R_{110} = \frac{110^2}{25} = 484\ \Omega$ zaś opór żarówki tej samej mocy lecz na napięcie 220 V wynosi $R_{220} = \frac{220^2}{25} = 1936\ \Omega$ czyli 4 razy większy.

---

[1]) Dla porównania zaznaczamy, że temperatura topliwości platyny wynosi 1774° C, temperatura zaś topliwości żelaza wynosi 1530° C.

A więc gdyby nawet w żarówce 220 V drucik mógłby być dwa razy dłuższy niż w żarówce 110 V, to mimo to jego przekrój musiałby być dwa razy mniejszy, średnica zaś jego niespełna półtora (dokładnie 1,41) razy mniejsza niż w żarówce 110 V.

Z tej przyczyny z dwóch żarówek tej samej mocy osiągających jednakową trwałość (średnio 1000 godz. palenia) żarówka 110 V może być rozgrzana do wyższej temperatury, a więc może dawać większy strumień świetlny, czyli jej współczynnik sprawności świetlnej jest większy od takiegoż współczynnika dla żarówki o tej samej mocy, lecz na napięcie 220 V.

Ta sama zasada odnosi się do żarówek różnych mocy przy tym samym napięciu. Im żarówka przy danym napięciu ma większą moc, tym grubszy drucik żarowy ona posiada, drucik ten może być więc rozgrzany do wyższej temperatury, a zatem żarówka taka posiada większy współczynnik sprawności świetlnej ξ w lm/W.

Oprócz wymienionej wyżej przyczyny (średnica drucika w żarówce) istnieje jeszcze inna przyczyna, posiadająca bodajże ogólniejsze znaczenie, szczególnie jeżeli chodzi o zwiększenie współczynnika sprawności ξ żarówek o większych mocach, a więc żarówek gazowanych z drucikiem żarowym w postaci spirali.

Metal rozżarzony do temperatury znacznie niższej od temperatury topliwości paruje, przechodząc bezpośrednio ze stanu stałego w stan gazowy. Intensywność tego parowania jest tym większa, im wyższa jest temperatura metalu, im doskonalsza próżnia panuje w baloniku szklanym żarówki oraz im większa jest powierzchnia zewnętrzna drucika.

W próżni doskonałej z powierzchni wynoszącej s cm² wolframu rozgrzanego do temperatury 2300° C odparowuje w ciągu godziny ok 0.007 miligrama metalu, zaś w temperaturze 2700° C — ok. 3,5 miligrama czyli ok. 500 (!) razy więcej.

To jest przyczyną znanego zjawiska, iż na wewnętrznej powierzchni baniek żarówek, będących długo w użyciu obserwujemy nalot. Jest to osad odparowanego metalu drucika żarowego, który osiadł na chłodnych ściankach szklanej bańki żarówki, której przezroczystość w ten sposób zmalała. Jednocześnie wzrasta na skutek zmniejszenia przekroju — oporność drucika żarowego. Po ok. 1000 godzinach palenia się żarówki traca wskutek tego ok. 20% swej wydajności świetlnej.

Nasuwa się więc następujący wniosek: im grubsze żarzące się włókno, tym stosunek powierzchni (średnica × 3 14 × długość) do objętości drutu (średnica w kwadracie × 3 14 × długość) jest mniejszy. A zatem zmniejszanie się przekroju grubszego drutu (żarówka 110 V) wskutek odparowywania jest stosunkowo mniejsze, niż cieńkiego (żarówka 220 V). Stąd dalszy wniosek: grubsze druty w żarówkach mogą być rozżarzone do wyższej temperatur, osiągając większą wydajność świetlną przy zachowaniu takiej samej trwałości jaką mają żarówki mniejszej mocy (cieńsze druciki).

Nasuwa się tu jednak nowa trudność, albowiem mimo że względne zmniejszanie się przekroju grubszego drucika jest mniejsze, to jednak ilość odparowanego metalu jest większa i dlatego więcej go osiada na ściankach bańki, której przezroczystość się zmniejsza.

Ponieważ doświadczenia wykazały, że utrudniają i zmniejszają parowanie:

a) skręcenie drucika żarowego w gęstą spiralę,

b) atmosfera pewnych gazów (nie próżnia!),

wykorzystano oba te zjawiska przy produkcji żarówek. A więc skręcony spiralnie drucik umieszczono w bańce wypełnionej gazem chemicznie obojętnym. Mimo możliwości rozżarzenia go do wyższej temperatury (osiągając w ten sposób bielsze światło), uniknięto obawy szybkiego odparowania drucika, oraz powstawania metalowego osadu na bańce szklanej.

Jednakże gaz zawarty w bańce przewodzi część ciepła pochodzącego od żarzącego się drucika, chłodząc w ten sposób drucik. Z praktyki wiemy, że dotknięta ręką bańka gazowanej żarówki parzy, próżniowej natomiast jest znacznie chłodniejsza. Przewodnictwo cieplne gazu i chłodzenie drucika pociąga za sobą dodatkowe straty cieplne, które muszą być pokryte przez prąd elektryczny zasilający żarówkę. Aby zmniejszyć te straty, stosowane są w bańkach gazy nieco rozrzedzone o małym przewodnictwie cieplnym. W żarówkach gazowanych stosowany jest azot, argon albo też mieszanina ok. 85% argonu i 15% azotu. Azot jest tańszy, ale posiada za to większe przewodnictwo cieplne.

Im żarówka ma większą moc, tym stosunek mocy straconej przez przewodnictwo cieplne gazu do mocy pożytecznej (na światło) jest mniejszy. W myśl tej zasady żarówki o małej mocy wykazują stosunkowo b. duże straty cieplne zachodzące na skutek przewodnictwa gazów. Strat tych nie może zrównoważyć nawet zysk wydajności świetlnej osiągnięty przez podwyższenie temperatury żarzenia dzięki wprowadzeniu gazu do bańki. Dlatego żarówki o mocy do 40 W wykonywane są, jako próżniowe, zaś od 40 W wzwyż — jako gazowane.

Inż. K. M.

Ob. GOLA ZDZISŁAW. Pytanie. Redakcja „Wiadomości Elektrotechnicznych" otrzymała od Pana list następującej treści:

Niniejszym zawiadamiam Obywateli, którzy wydają i opracowują ten miesięcznik, że powinien on składać się przede wszystkim z podstawowych działów elektrotechniki, jak instalacje światła, instalacje obrabiarek, nawijanie wszelkiego rodzaju silników, instalacje elektryczne suwnic, dzwonków i inn., z tym, że powinny być podawane schematy poszczególnych instalacji.

Jestem doprawdy speszony tym, co czytam w tym czasopiśmie. Mam już 4 miesięczniki, a w nich nic, tylko o wysokim napięciu i spawaniu aluminium, który to metal rzadko spotyka się w elektrotechnice i które to sprawy mało obchodzą młodych elektryków.

Zwracam się przeto z uprzejmą prośbą do Redakcji o zainteresowanie się więcej niskim napięciem, budową silników, instalacjami światła i siły oraz instalacjami elektrycznymi w ciężkich obrabiarkach. Proszę o zamieszczenie kilku różnych schematów z tej dziedziny. Pragnę nadmienić, że jestem instalatorem ciężkich obrabiarek do kolejnictwa i stykam się codziennie z urządzeniami wyłączników samoczynnych i wyzwalaczy. Interesują mnie tylko przewody oraz ich zastosowanie w fabryce, a o tym czasopismo bardzo rzadko wspomina.

Proszę o załatwienie mojej prośby i życzę wszystkim pracownikom Redakcji itd...

Odpowiedź. Jak Pan widzi, list Jego zamieściliśmy bez żadnych skrótów czy przeróbek; wygładziliśmy jedynie parę zwrotów pod względem stylistycznym.

Słowa krytyki, za które zresztą jesteśmy Panu wdzięczni, wygłasza Pan w dużym stopniu z punktu widzenia swoich osobistych zainteresowań, zapominając o tym, że czasopismo prenumerowane jest przez 5489 elektryków o najróżnorodniejszych specjalnościach. Są wśród nich zarówno zainteresowani w niskim, jak i w wysokim napięciu, są zarówno „maszynowcy", jak i obsługujący podstacje i rozdzielnie. I dlatego program redakcyjny artykułów o charakterze ogólnym traktujemy raczej, jako materiał do uczenia się pewnych rzeczy ogólnych, względnie ich powtarzania czy pogłębiania. Jakkolwiek możnaby dyskutować nad tym, czy należy zamieszczać w „Wiadomościach Elektrotechnicznych" dłuższe artykuły, a wśród nich takie np. materiały (czysto szkoleniowe), jak np. „Popularna Elektrotechnika", to jednak liczymy się z głosami, jakie do nas docierały, a które prosiły o zamieszczanie tego rodzaju materiału. Istnieją bowiem liczne, rozrzucone po całym kraju posterunki monterskie, nieraz dosłownie odcięte od łączności z ośrodkami naukowymi. Otóż personel fachowy tego rodzaju placówek upatruje w naszym czasopiśmie jedyne nieraz źródło, z którego jest on w stanie uzupełniać swoją wiedzę. I dlatego zamieszczamy obszerniejsze artykuły na tematy mogące zainteresować szersze koła Czytelników. Zresztą pewne koła elektryków - praktyków na niższych stanowiskach nie mają często opanowanej w dostatecznym stopniu terminologii fachowej, co przecież nie nazwie Pan stanem normalnym, do poprawy którego nie należało by dążyć. Gdybyśmy, idąc za Pana radą, zaczęli publikować materiały dotyczące tylko instalacji niskiego napięcia, spotkałby nas podobny, jak ze strony Pana, zarzut ze strony osób zainteresowanych zagadnieniami wysokiego napięcia.

Co się tyczy spawania aluminium, to myli się Pan twierdząc, że sprawa ta rzadko spotyka się w elektrotechnice i mało interesuje elektryków. Z uwagi na to, że miedź

jest metalem deficytowym, zagadnienia związane z zastąpieniem jej przez aluminium są zagadnieniami o pierwszorzędnej doniosłości i to w skali ogólnopaństwowej. Ukazanie się cyklu artykułów na niezwykle aktualny ten temat pióra znanego specjalisty kablowego inż. Stanisława Bladowskiego został powitany z uznaniem.

Instalacje elektryczne ciężkich obrabiarek i suwnic są niewątpliwie bardzo interesującym tematem, jakkolwiek o wąskim zakresie osób zainteresowanych. Należy wziąć tu pod uwagę także trudności, jakie napotyka Redakcja przy werbowaniu autorów artykułów. Ponieważ temat jest bardzo specjalny, wydaje się nam, że uzyskanie pełnowartościowych materiałów redakcyjnych z tej dziedziny napotka na b. poważne trudności. I dlatego tego rodzaju węższe tematy wolelibyśmy poruszać w ramach Skrzynki Technicznej. Toteż gdyby nadesłał Pan do Redakcji szereg konkretnych zapytań z tej dziedziny, dołożylibyśmy starań, aby odpowiedzieć na nie możliwie wyczerpująco z podaniem ciekawszych schematów połączeń.

Uwagi Pana o potrzebie omawiania takich podstawowych działów elektrotechniki, jak instalacje światła, dzwonków, nawijanie silników i in., uwzględnimy w miarę możności. To ostatnie zastrzeżenie nasze spowodowane jest brakiem wysoko wykwalifikowanych autorów-elektryków, którzy chcieliby podjąć się opracowywania artykułów, co się tłumaczy ogólnym nawałem pracy fachowej.

Gdybyśmy otrzymywali więcej tego rodzaju uwag krytycznych, jak te, które zawarte są w liście Pana, łatwiej byłoby Redakcji przystosować się do zainteresowań ogółu Czytelników. Dziękujemy raz jeszcze za nadesłane uwagi.

Rc.

K. R-wski. Pytanie. Proszę o podanie znormalizowanych napięć dla maszyn elektrycznych prądu 3-fazowego, 50 okr./s.

Odpowiedź. Zgodnie z **PNE, 23 — 1932/47**, rozdział XII (Wielkości znormalizowane), § 86, Tablica IX, napięcia normalne dla maszyn prądu 3-fazowego, 50 okr/s wynoszą, jak następuje:

Prądnice: (130), 230, 400, (525), 3150, 5250 i 6300 woltów.

Silniki: (127), 220, 330, (500), 3000, (5000), 6000 woltów.

Liczb w nawiasach należy unikać. Powyższe dane nie dotyczą maszyn elektrycznych używanych w kolejnictwie (trakcji) elektrycznym.

Ob. H. MOTYLSKI, Piotrków Tryb. Pytanie. Otrzymałem zlecenie uruchomienia „diatermii" krótkofalowej o następujących danych: 110 V, 9 A, 60 okresów, firmy A. C. M. I. Wappler.

Ponieważ rozporządzam prądem 220 V, 50 okr/s, proszę o poinformowanie, czy wystarczy w tym przypadku ustawienie transformatora, czy autotransformatora o przekładni 220/110 V i czy wówczas aparat diatermiczny zasilany prądem 50-okresowym (zamiast znamionowego 60-okresowego) będzie należycie funkcionował?. Gdyby odpowiedź na to pytanie miała wypaść ujemnie, to proszę o podanie, co należałoby w takim razie uczynić. Czy wystarczy wymienić lampy, czy też może zastosować przetwornicę? Lampy mają znamiona „Ampères 211 — B. J."

Odpowiedź. Urządzenie „diatermii krótkofalowej składa się z dwóch zasadniczych części — generującej (wytwarzającej) wysoką częstotliwość oraz z części zasilającej. Częstotliwość wysoka wytwarzana jest w pierwszej z nich, która to część jest niezależna od częstotliwości prądu dopływającego do części drugiej.

Zagadnienie sprowadza się więc do tego, czy transformator części zasilającej (tej drugiej) przystosowany do prądu o częstotliwości 60 okr/s pracować będzie prawidłowo przy normalnym napięciu 110 V, lecz o częstotliwości 50 okr/s.

Ażeby odpowiedzieć na to pytanie, rozpatrzmy dwa transformatory tej samej mocy i o tym samym napięciu znamionowym, lecz o różnych częstotliwościach. Jeżeli oznaczymy przez s_{50} przekrój rdzenia transformatora przeznaczonego do pracy na sieci o częstotliwości 50 okr/s, zaś przez s_{60} — takiż przekrój dla transformatora przeznaczonego do pracy przy f = 60 okr/s, to wówczas stosunek przekrojów rdzeni tych transformatorów wynosić będzie:

$$\frac{s_{50}}{s_{60}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{50}}}{\sqrt{\frac{1}{60}}} = \sqrt{\frac{60}{50}} = 1{,}095$$

czyli, że dla częstotliwości 50 okr/s wymagany przekrój rdzenia winien być o 9,5% większy od przekroju rdzenia dla częstotliwości 60 okr/s.

Ze znanego wzoru na siłę elektromotoryczną dla transformatora:

$$E = 4{,}44 \quad f \cdot z \cdot \Phi \cdot 10^{-8} \text{ (woltów)}$$

widzimy, że strumień magnetyczny przenikający przez rdzeń transformatora, — aby zachować tę samą siłę elektromotoryczną, — musi być przy f = 50 okr/s o 20% większy a co za tym idzie musi być również większy prąd magnesujący. Jeżeli pozostaniemy przy tym samym przekroju rdzenia, to rdzeń ten będzie zbliżać się do stanu nasycenia magnetycznego, co jednocześnie obniży indukcyjność uzwojenia transformatora i wymagać będzie wzrostu prądu magnesującego.

W omawianym tu przypadku sprawa może nie wyglądać tak groźnie, jeśli zważymy, że różnica częstotliwości nie jest zbyt wielka. Normalne transformatory zdolne są przyjąć bez szkodliwych skutków wahania częstotliwości w granicach ± 10%. Wszystko zależy od tego, czy rdzeń wchodzącego w grę transformatora da się jeszcze dodatkowo nieco nasycić, tzn., czy normalny jego punkt pracy jest dostatecznie odległy od punktu nasycenia (czyli od tzw. kolana) krzywej magnesowania.

Sprawę tę można zbadać doświadczalnie, zwracając uwagę, czy prąd pierwotny transformatora zasilającego nie jest zbyt duży w stosunku do prądu nominalnego (zwiększy się na pewno!) i czy po godzinie pracy nie wystąpi nadmierne nagrzanie transformatora.

W razie uzyskania niekorzystnych wyników tej próby należałoby transformator przewinąć wg nowych obliczeń — o ile, oczywiście, jego konstrukcja na to pozwoli, albo też wymienić na właściwy przeznaczony na napięcie 220 V, 50 okr/s.

Dodatkowo zaznaczamy, że nie jesteśmy w stanie odpowiadać listownie na zapytania naszych Czytelników, a to zarówno z uwagi na brak odpowiedniego personelu technicznego, jak i biurowego. — *T. D.*

Zalecenia Przewodniczącego Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego w sprawie Rozwoju Wynalazczości Robotniczej.

Konferencja Wynalazczości i Usprawnień odbyta w dniu 19 września 1949 r. wykazała — w wyniku zaszłych przemian gospodarczych i społecznych — poważny wzrost masowego ruchu wynalazców, racjonalizatorów i nowatorów, jak również osiągnięcie wyższej formy ruchu współzawodnictwa pracy.

Obrady konferencji wykazały równocześnie szereg braków i niedomagań ruchu wynalazczości a mianowicie:

a) brak dostatecznej pomocy technicznej przy opracowaniu pomysłów pracowniczych;

b) niedostateczne tempo załatwiania spraw związanych z oceną pomysłów, wypłacaniem premii i realizacji przyjętych usprawnień;

c) konserwatyzm w technice części kierowniczego personelu oraz

d) niedostateczne przenoszenie doświadczeń jednych zakładów na pozostałe.

W celu usunięcia powyższych niedomagań zalecam co następuje:

1—a. W zakładach i przedsiębiorstwach gospodarki uspołecznionej zatrudniających do 500 pracowników należy powołać **referenta do spraw usprawnień i wynalazczości** podległego kierownictwu technicznemu zakładu lub przedsiębiorstwa. Obowiązki referenta będą zlecone dodatkowo jednemu z pracowników technicznych zakładu lub przedsiębiorstwa.

1—b. W zakładach i przedsiębiorstwach zatrudniających ponad 500 pracowników należy powołać referenta wyłącznie do spraw usprawnień i wynalazczości.

1—c. Właściwi ministrowie mogą dla poszczególnych gałęzi życia gospodarki uspołecznionej podwyższać przewidzianą w p. b minimalną liczbę pracowników zakładu, który może powołać referenta wyłącznie do spraw usprawnień i wynalazczości.

2. We wszystkich jednostkach organizacyjnych podległych bezpośrednio Ministerstwom sprawującym zarząd nad poszczególnymi działami gospodarki narodowej winny być utworzone **Oddziały Usprawnień i Wynalazczości.**

3. We wszystkich Departamentach (Biurach) Technicznych Ministerstw sprawujących zarząd nad poszczególnymi działami gospodarki narodowej winny być utworzone Wydziały Usprawnień i Wynalazczości.

4. Zakłady nie posiadające zakładowych Komisji Usprawnień i Wynalazczości winny utworzyć je w składzie ustalonym w p. 5 niniejszego zalecenia.

Zakładowe Komisje Usprawnień istniejące na podstawie Okólnika Nr. 243 Ministra Przemysłu z dnia 16 marca 1946 r. (Dz. U. M. P. i H. Nr. 5 poz. 43) winny być zreorganizowane zgodnie z p. 5 i nast. niniejszego zalecenia.

W przedsiębiorstwach winny być zorganizowane **Komisje Usprawnień i Wynalazczości Przedsiębiorstwa.**

5. W skład Zakładowych Komisji Usprawnień i Wynalazczości w zakładach gospodarki uspołecznionej, stanowiących część wielozakładowych przedsiębiorstw wchodzą: 2 przedstawiciele dyrekcji, przedstawiciel POP PZPR oraz przedstawiciel Rady Zakładowej. Referent do spraw usprawnień i wynalazczości wchodzi w skład komisji z prawem głosowania i pełni funkcję sekretarza komisji.

W zakładach zatrudniających ponad 500 pracowników komisje mają prawo dokooptowania dalszych dwóch członków spośród grona pracowników danego zakładu. Komisja Usprawnień i Wynalazczości wybiera ze swego grona przewodniczącego. Uchwały komisji zapadają większością głosów.

6. W posiedzeniach Zakładowej Komisji Usprawnień i Wynalazczości bierze udział twórca rozpatrywanego wynalazku lub usprawnienia. W posiedzeniach mogą brać udział z prawem zabierania głosu jednak bez prawa głosowania przedstawiciele klubu techniki i racjonalizacji.

7. Zakładowa Komisja Usprawnień i Wynalazczości przyjmuje pracownicze wynalazki i usprawnienia, ocenia stopień ich przydatności dla zakładu, dokonuje obliczenia premii, po czym przesyła akta wszystkich spraw ze swoją opinią do Komisji Usprawnień Wynalazczości właściwego przedsiębiorstwa w terminie 7 dni od ich złożenia.

8. W skład Komisji Usprawnień i Wynalazczości Przedsiębiorstw jedno- lub wielozakładowych wchodzą: 2 przedstawiciele dyrekcji, przedstawiciel POP PZPR, przedstawiciel Rady Zakładowej lub w jej braku Związku Zawodowego oraz dwu do czterech wybitnych fachowców przedsiębiorstwa, powołanych przez dyrekcję przedsiębiorstwa w porozumieniu z Radą Zakładową lub w jej braku ze Związkiem Zawodowym.

Referent przedsiębiorstwa do spraw usprawnień i wynalazczości wchodzi w skład komisji z prawem głosowania i pełni funkcję sekretarza komisji.

Komisja wybiera ze swego grona przewodniczącego i jego zastępcę.

Uchwały Komisji zapadają większością głosów.

9. Komisja Usprawnień i Wynalazczości Przedsiębiorstw ocenia stopień przydatności projektów otrzymanych od Komisji zakładowych i ustala ostateczną wysokość premii, biorąc pod uwagę możliwość zastosowania usprawnienia w pozostałych zakładach przedsiębiorstwa w ciągu 7 dni od daty otrzymania aktów.

10. Uchwała Komisji Usprawnień i Wynalazczości Przedsiębiorstwa ustalająca wysokość premii podlega zatwierdzeniu przez Dyrekcję Przedsiębiorstwa, która zobowiązana jest powziąć decyzję w ciągu 7 dni od daty przedłożenia jej uchwały.

W przypadku nie zatwierdzenia uchwały przez Dyrekcję Przedsiębiorstwa, decyduje Oddział Usprawnień i Wynalazczości jednostki organizacyjnej bezpośrednio nadrzędnej, która zobowiązana jest powziąć decyzję w ciągu 7 dni od daty otrzymania akt sprawy.

11. Opisy dodatnio ocenionych wynalazków i usprawnień wysyłają Komisje Przedsiębiorstw w ciągu 10 dni od ich otrzymania do Oddziału Usprawnień i Wynalazczości w jednostkach organizacyjnych podległych właściwym Ministerstwom.

12. Dalszy bieg opisu usprawnienia winien być zgodny z treścią Uchwały KERM z dnia 9 sierpnia 1949 r. w sprawie sposobu zgłaszania i rozpowszechniania usprawnień pracowniczych. (Monitor Polski A—62, poz. 838).

13. Zwraca się uwagę na konieczność ścisłego dotrzymywania terminów określonych w p. 9, 10 i 11 niniejszego zalecenia.

14. Od decyzji Komisji Przedsiębiorstwa służy twórcy pracowniczego wynalazku lub usprawnienia odwołanie do Oddziału Usprawnień i Wynalazczości instytucji podległej bezpośrednio właściwemu Ministerstwu w ciągu 14 dni od doręczenia decyzji.

Od decyzji Oddziału służy odwołanie do Wydziału Usprawnień i Wynalazczości właściwego Ministerstwa.

15. W zakładach lub przedsiębiorstwach, w których nie istnieją kluby techniki i racjonalizacji, dyrektorzy są zobowiązani wyznaczyć na żądanie Komisji Usprawnień i Wynalazczości inżynierów lub techników, spośród pracowników zakładu lub przedsiębiorstwa, dla pisemnego i rysunkowego opracowania pomysłu pracowniczego.

Koszty pisemnego i rysunkowego opracowania obciążają przedsiębiorstwo, zgodnie z instrukcją 9/f Dep. Finansowego PKPG z dnia 12. 10. 1949 r.

16. Komisje Usprawnień winny w porozumieniu z Dyrekcją zakładu lub przedsiębiorstwa ustalać tematy pomysłów, których realizacja przyczyniłaby się do usprawnienia pracy danego zakładu lub przedsiębiorstwa.

Tematy te winny być wywieszone na wszystkich tablicach ogłoszeń, we wszystkich oddziałach i warsztatach zakładu oraz omawiane na naradach wytwórczych.

17. Pierwsze zbiory tematów winny być opracowane w zakładach i przedsiębiorstwach do dnia 15. 12. 1949 r.

Zbiory tematów winny być raz w miesiącu aktualizowane i dopełniane.

18. Wydziały Usprawnień i Wynalazczości Ministerstw winny opracować w porozumieniu z analogicznymi jednostkami instytucji im bezpośrednio podległych, branżowe zbiory tematów dla racjonalizatorów i wynalazców.

Branżowe zbiory winny obejmować tematy, których realizacja przyczyniłaby się do usprawnienia pracy zakładów oraz tematy realizujące zagadnienia postępu technicznego danej branży. Branżowe zbiory tematów winny być ogłaszane oraz omawiane we wszystkich zakładach danej branży.

19. Pierwsze branżowe zbiory tematów winny być opracowane i ogłoszone do końca 1949 r.

Branżowe zbiory tematów winny być aktualizowane i dopełniane 1 raz na kwartał.

20. Wydziały i Oddziały Usprawnień i Wynalazczości Ministerstw i instytucji podległych bezpośrednio Ministerstwom winny organizować przynajmniej jeden raz w roku **Branżowe Narady Wynalazczości i Usprawnień,** połączone z wystawami, przeglądami i pokazami dorobku osiągniętego w zakładach i przedsiębiorstwach danej branży w dziedzinie wynalazczości pracowniczej.

Wydziały Usprawnień i Wynalazczości Pracowniczej Ministerstw ustalą w ciągu 30 dni od chwili otrzymania niniejszego zalecenia z **Departamentem Techniki Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego** terminy i programy Branżowych Narad Wynalazczości i Usprawnień.

21. Przedsiębiorstwa są obowiązane do realizacji wynalazków i usprawnień dokonanych w jednym z podległych zakładów, we wszystkich zakładach podległych danemu Przedsiębiorstwu, w terminie 3 miesięcy od chwili pierwszej realizacji wynalazku lub usprawnienia.

22. Zjednoczenia i Centralne Zarządy są obowiązane do realizacji we wszystkich przedsiębiorstwach wartościowych wynalazków i usprawnień dokonanych w którymkolwiek z przedsiębiorstw podległych, w terminie 6 miesięcy od chwili pierwszej realizacji wynalazku lub usprawnienia.

23. Wydziały i Oddziały Usprawnień i Wynalazczości Ministerstw i instytucji podległych bezpośrednio Ministerstwom winny organizować kursy, pokazy, odczyty, mające na celu wymianę i rozpowszechnianie usprawnień technicznych oraz winny delegować instruktorów i racjonalizatorów do zakładów w celu szybszego przeniesienia doświadczeń jednych zakładów na pozostałe.

24. Wydziały i Oddziały Usprawnień i Wynalazczości Ministerstw i instytucji podległych bezpośrednio Ministerstwom, winny umożliwiać racjonalizatorom i wynalazcom zapoznanie się z zakładami o przodującej technice we właściwej branżu. Dla tego celu mogą być organizowane wycieczki i delegacje racjonalizatorów i wynalazców do przodujących zakładów.

25. Ministerstwa i Centralne Urzędy posiadające odmienną wewnętrzną organizację względnie odmienną strukturę podległych jednostek organizacyjnych, dostosują postanowienia niniejszego zalecenia do swej struktury.

26. Sprawę sposobu finansowania kosztów związanych z realizacją i uruchomieniem usprawnień pracowniczych regulują instrukcje 9/F Dep. Fin. P. K. P. O. z dnia 12. 10. 1949 r., oraz 11/F z dnia 19. 10. 1949 r.

Inne wydatki winny być pokrywane w ramach planów przemysłowo-finansowych względnie budżetów właściwych jednostek.

Przewodniczący Państwowej Komisji
Planowania Gospodarczego
(—) **E. Szyr**
Minister

Bibliografia.

W dziale „Bibliografia" podawać będziemy recenzje o nowo wydanych książkach technicznych z dziedziny elektrotechniki lub z dziedzin jej pokrewnych.

Prosimy autorów i wydawców, którzy życzyliby sobie, aby ich książki omawiane były na łamach czasopisma „Wiadomości Elektrotechniczne", o nadsyłanie do Redakcji dwóch egzemplarzy recenzyjnych.

Redakcja.

Inż. Rajmund Sosiński — Przyrządy i układy pomiarowe w elektrotechnice. Biblioteka techniczna, tom 5. Wyd. Trzaska, Evert i Michalski, rok 1948, stron 190, cena zł. 450.

Z zadowoleniem należy powitać pojawienie się na półkach księgarskich książki inż. R. Sosińskiego omawiającej dziedzinę miernictwa elektrotechnicznego. Sądząc z treści zawartej w omawianej książce przypuszczać należy, że pisana była ona jako podręcznik szkolny dla liceum zawodowego, jakkolwiek dość popularne ujęcie tematu umożliwia korzystanie z niej i mniej zaawansowanym elektrykom. To też szerokie rzesze naszych młodych elektryków otrzymały wreszcie dawno oczekiwany podręcznik, zaś polska literatura techniczna — chociaż częściowe wypełnienie niezmiernie dotkliwej luki w tej dziedzinie, która dawała się odczuwać nie tylko dziś, ale i przed wojną 1939 r. Szkoda tylko, że autor większy nacisk położył na opis budowy i działania poszczególnych przyrządów pomiarowych, traktując nieco po macoszemu układy i metody pomiarowe, może więcej potrzebne w eksploatacyjnej praktyce pomiarowej, niż dokładny opis przyrządu i wyprowadzenie wzorów. Tak więc brak jest metod pomiaru oporności uziemień, izolacji, indukcyjności, oporności pozornych, wielkości stałych linii wysokiego napięcia, wielkości biernych i wielu innych. Poza tym licznikom należałoby poświęcić może więcej miejsca. W końcu nadmienić trzeba, że bardzo skromny skorowidz rzeczowy ułożony jest niezbyt starannie, co w znacznym stopniu utrudnia korzystanie z niego.

Pomimo jednak pewnych braków i nielicznych błędów praca inż. R. Sosińskiego zasługuje na uznanie. Wydanie jej było bardzo celowe, a metodyczne ujęcie całości pozwala sądzić, że przyniesie ona pożądaną korzyść dla studiujących tę gałęź wiedzy.

Książka wydana jest dość starannie, strona językowa poprawna, rysunki nie wywołują większych zastrzeżeń.

T. K.

Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego 3/5 Telefon Redakcji 8-95-10; 11; 12 wewn. 30.

KONTO CZEKOWE W P. K. O. I — 4242.

P.W.Z.G. Wrocław 02. — 658/709/49 — 7.X.—29.XII.49. — 7500 — F. 68998.