

*Biblioteczka*  
**PRZYJACIELA  
PRZY  
PRACY**

**R. WĄSEK**

**JAK POSŁUGIWAĆ SIĘ  
URZĄDZENIAMI ELEKTRYCZNYMI  
W PRZEMYSŁE**

**WYDAWNICTWO ZWIĄZKOWE**



BIBLIOTECZKA „PRZYJACIELA PRZY PRACY”

Inż. RYSZARD WĄSEK

JAK POSŁUGIWAĆ SIĘ  
URZĄDZENIAMI ELEKTRYCZNYMI  
W PRZEMYSŁE

Wydanie drugie



WARSZAWA 1962

W Y D A W N I C T W O    Z W I A Ź K O W E

Opiniodawca  
mgr inż. JANUSZ WOLSKI

Redaktor  
ROBERT TRZECIECKI

Redaktor techniczny  
JERZY BRZOSKO

Korektor  
LUDWIK GALICKI



*W książce omówiono krótko metody wytwarzania, przesyłania i rozdzielenia energii elektrycznej oraz rodzaje niebezpieczeństw występujących przy użytkowaniu tej energii.*

*Zasadniczym przedmiotem książki są środki techniczne bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych; w szczególności omówiono elementy urządzeń elektrycznych i odbiorniki elektryczne oraz bezpieczne ich użytkowanie. W zakończeniu książki podano nowoczesne metody ratownictwa porażonych prądem.*

*Popularne ujęcie pozwoli korzystać z książki szerokie-  
mu ogółowi osób posługujących się urządzeniami elektrycz-  
nymi w przemyśle. Jest ona zwłaszcza potrzebna społecznej  
i technicznej inspekcji pracy, personelowi służby bhp oraz  
członkom zakładowych komisji ochrony pracy.*

WYDAWNICTWO ZWIĄZKOWE — WARSZAWA 1962

Nakład 7000+200 egz. Objętość ark. wyd. 6,25, ark. druk. 6. Papier  
ilustracyjny kl. V, 70 g 61X86. Do składania oddano w październiku  
1961. Druk ukończono w styczniu 1962. Cena zł 10.—

Druk. nr 1 Wydawnictwa Związkowego. CRZZ, Warszawa,  
ul. Mariensztat 8. Zam. nr 645. S-72.

## SPIS TREŚCI

	str.
<b>Wstęp</b> . . . . .	5
<b>I. Zasadnicze pojęcia z dziedziny elektrotechniki</b> . . . . .	8
1. Ładunki elektryczne . . . . .	8
2. Oporność elektryczna . . . . .	8
3. Napięcie elektryczne . . . . .	9
4. Prąd elektryczny . . . . .	11
5. Prawo Ohma . . . . .	11
6. Moc i energia elektryczna . . . . .	12
7. Kierunek przepływu prądu . . . . .	13
<b>II. Wytwarzanie i przesyłanie energii elektrycznej</b> . . . . .	15
1. Wytwarzanie energii elektrycznej . . . . .	15
2. Przesyłanie energii elektrycznej . . . . .	20
<b>III. Niebezpieczeństwa występujące przy użytkowaniu energii elektrycznej</b> . . . . .	23
1. Urządzenia wysokiego i niskiego napięcia . . . . .	23
2. Napięcie dotykowe . . . . .	25
3. Napięcie krokowe . . . . .	26
4. Łuk elektryczny . . . . .	27
5. Pożary i wybuchy . . . . .	27
<b>IV. Środki bezpieczeństwa pracy</b> . . . . .	29
1. Pomieszczenia wyodrębnione . . . . .	29
2. Ogrodzenia i osłony . . . . .	30
3. Izolacja ochronna . . . . .	30
4. Uziemienia ochronne . . . . .	33
5. Zerowanie . . . . .	37
6. Wyłączniki ochronne . . . . .	39

	str.
7. Napięcie obniżone . . . . .	41
8. Zabezpieczenia nadmiarowe . . . . .	42
9. Sygnalizacja stanu izolacji . . . . .	43
10. Blokada urządzeń pod napięciem . . . . .	45
11. Oznaczenia barwne . . . . .	46
12. Automatyka i sterowanie zdalne . . . . .	47
13. Sprzęt ochrony osobistej . . . . .	48
<b>V. Części urządzeń elektrycznych . . . . .</b>	<b>50</b>
1. Przewody i kable . . . . .	50
2. Łączniki . . . . .	52
3. Bezpieczniki i wyłączniki samoczynne . . . . .	57
4. Transformatoruki bezpieczeństwa . . . . .	59
<b>VI. Odbiorniki elektryczne . . . . .</b>	<b>62</b>
1. Urządzenia oświetleniowe . . . . .	62
2. Urządzenia napędowe . . . . .	67
3. Urządzenia grzejne . . . . .	74
4. Kondensatory statyczne . . . . .	78
5. Akumulatory . . . . .	82
6. Urządzenia elektryczne i galwanizacyjne . . . . .	84
7. Aparaty rentgenowskie . . . . .	84
8. Mechanizmy elektromagnetyczne . . . . .	85
9. Elektryczne narzędzia i przyrządy ręczne . . . . .	86
<b>VII. Oględziny i remonty urządzeń . . . . .</b>	<b>90</b>
1. Oględziny urządzeń . . . . .	90
2. Remonty urządzeń . . . . .	91
<b>VIII. Ratowanie porażonych prądem . . . . .</b>	<b>92</b>
1. Uwolnienie od działania prądu . . . . .	92
2. Sztuczne oddychanie . . . . .	93
3. Postępowanie końcowe . . . . .	95
4. Wskazówki dodatkowe . . . . .	96

## WSTĘP

Postęp techniczny w produkcji przemysłowej ujawnia się przede wszystkim w mechanizacji, uwalniającej pracowników od ciężkich wysiłków fizycznych oraz w umożliwieniu zdalnego sterowania urządzeniami produkcyjnymi, to zaś — odsuwając pracownika od miejsc, na których jest narażony na niebezpieczeństwa i szkliwości produkcyjne — zapewnia mu wygodne, bezpieczne i higieniczne warunki pracy.

Spośród wielu rodzajów energii, jakimi dysponuje człowiek, najdogodniejsza do celów mechanizacji i sterowania zdalnego okazała się energia elektryczna. Nic też dziwnego, że z roku na rok liczba urządzeń przemysłowych, zasilanych energią elektryczną poważnie wzrasta.

Jednakże obok olbrzymich bezspornych korzyści, jakie daje człowiekowi energia elektryczna, może ona — podobnie zresztą jak inne formy energii — pozbawić swego użytkownika zdrowia, a nawet życia. Energia elektryczna jest nawet bardziej niebezpieczna dla człowieka niż inne rodzaje energii, gdyż żaden z działających na odległość zmysłów ludzkich nie informuje nas bezpośrednio o jej istnieniu. Przed tym, że urządzenie lub jego część znajduje się pod napięciem, nie potrafi nas ostrzec bezpośrednio ani wzrok, ani słuch, ani węch.

Obecność napięcia możemy wprawdzie stwierdzić dotykiem, lecz właśnie przy tym następuje porażenie, kończące się często śmiercią.

Mogłoby się zatem wydawać, że właśnie ze względu na specjalnie niebezpieczny charakter tego rodzaju energii, zastosowanie jej w przemyśle będzie jak najbardziej ograniczone. Życie uczy nas czego innego: energia elektryczna znajduje coraz powszechniejsze zastosowanie nie tylko w przemyśle, lecz także w naszym życiu codziennym i mimo tego rozpowszechnienia wypadki porażenia prądem są znacznie rzadsze niż wypadki z innych przyczyn. Świadczy o tym choćby fakt, że wypadki porażenia sta-

nowią niespełna 1% ogółu wypadków przy pracy. Dzieje się tak dzięki temu, że energię elektryczną daje się łatwiej niż inne rodzaje energii opanować i pozbawić żywiołowości.

Należy jednak ostrzec przed lekkomyślnym optymizmem. Jak wykazują zestawienia statystyczne, liczba wypadków porażenia prądem podczas pracy zwiększyła się w Polsce w ciągu ostatnich paru lat przeszło dwukrotnie, a wobec dalszej intensywnej elektryfikacji przemysłu należy przewidywać dalszy poważny wzrost wypadkowości wywołanej prądem elektrycznym, jeżeli użytkownicy urządzeń elektrycznych nie zaznajomią się z prawidłowymi sposobami posługiwania się tymi urządzeniami. Sprawa zapobiegania wzrostowi wypadkowości przy urządzeniach elektrycznych jest tym bardziej ważna, że w Polsce 15 do 20% wypadków porażenia kończy się śmiercią, gdy w innych krajach uprzemysłowionych tylko 5 do 15%. Przyczyną tak dużej śmiertelności wśród porażonych jest u nas brak umiejętności ratowania porażonych.

Jak wykazała praktyka, samo ostrzeżenie o grożącym niebezpieczeństwie oraz zakaz dotykania urządzeń elektrycznych zaliczyć należy do najmniej skutecznych środków akcji przeciwwypadkowej. Zresztą w wielu przypadkach (np. przy posługiwaniu się narzędziami elektrycznymi, lampami ręcznymi, przy uruchamianiu i wyłączaniu silników, przy wymianie żarówek itp.) zachodzi konieczność dotykania urządzeń elektrycznych. Doświadczenie wykazuje, że pełne bezpieczeństwo przy posługiwaniu się urządzeniami elektrycznymi może uzyskać pracownik dopiero wtedy, gdy jest zaznajomiony z zasadami działania tych urządzeń, ich konstrukcją oraz tymi elementami, które zagrażają jego zdrowiu lub życiu.

Tym właśnie sprawom poświęcona jest niniejsza broszurka. Wobec tego, że zapewne nie każdy zachował w pamięci nabyte w szkole wiadomości, dotyczące podstawowych pojęć i jednostek elektrycznych, przypominamy je w rozdziale następnym. Dalsze informacje o energii elektrycznej i jej działaniu, staraliśmy się podać w sposób popularny przy omawianiu działania poszczególnych urządzeń elektrycznych.

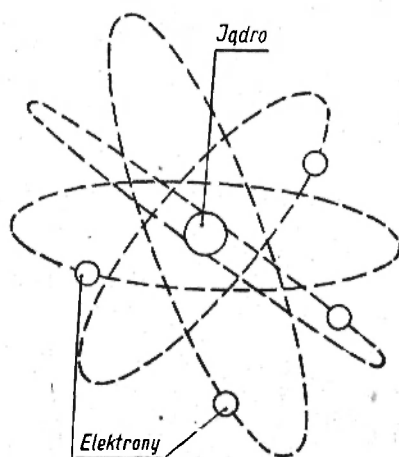
Podane w książce opisy i rysunki są dla jasności wykładu prowadzane do jak najprostszej formy. Starano się uwzględnić tylko te elementy, które mogą się przyczynić do zrozumienia zasad działania oraz wskazać te części urządzeń oraz te metody

eksploatacji, których wpływ na bezpieczeństwo pracy jest wyraźny. W rzeczywistości urządzenia elektryczne są o wiele bardziej skomplikowane, toteż nawet najdokładniejsze przestudiowanie niniejszej książki i pełne zrozumienie podanych w niej wiadomości nie upoważnia do dokonywania napraw i zmian w urządzeniach elektrycznych we własnym zakresie. W razie więc potrzeby ich dokonania należy zawsze wezwać fachowego elektryka.

## I. ZASADNICZE POJĘCIA Z DZIEDZINY ELEKTROTECHNIKI

### 1. ŁADUNKI ELEKTRYCZNE

Dawniej sądzono, że najmniejsze spośród znanych wówczas cząstek materii — atomy — są niepodzielne. Z biegiem czasu mniemanie to okazało się niesłuszne, stwierdzono bowiem, że atom ma budowę złożoną. Nie wchodząc w szczegóły skomplikowanej



Rys. 1

budowy atomu, można stwierdzić, że głównymi częściami składowymi atomu są: jądro i krążące dookoła niego elektrony, tj. najmniejsze cząstki materii niosące ładunek elektryczności ujemnej (rys. 1). Również jądro nie jest elektrycznie obojętne, gdyż związane z nim są ładunki elektryczności dodatniej. Na elektrony krążące dookoła jądra działa siła odśrodkowa usiłująca oderwać je od atomu, przeciwstawia się jednak temu siła przyciągania między ładunkami dodatnimi jądra i elektronu.

Właściwości ładunków elektrycznych można scharakteryzować następująco: ładunki do-

datnie są odpychane od dodatnich i podobnie elektrony odpychane są od elektronów, natomiast ładunki różnych znaków przyciągają się wzajemnie.

### 2. OPORNOŚĆ ELEKTRYCZNA

Ładunki dodatnie związane są z jądrem prawie nierozdzielnie, natomiast elektrony można stosunkowo łatwo oderwać od atomu. W niektórych ciałach, zwłaszcza w metalach, więź elektronów

z atomem jest taka słaba, że niektóre z nich odrywają się od atomu i poruszają się swobodnie w przestrzeniach międzyatomowych. Wobec łatwości przewodzenia elektronów metale nazywamy dobrymi przewodnikami elektryczności lub wprost przewodnikami.

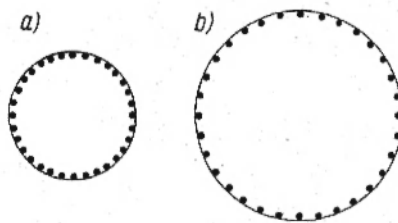
Istnieją jednak ciała, w których elektrony jest bardzo trudno oderwać od atomu. Ciała te nazywamy złymi przewodnikami elektryczności lub izolatorami. Do izolatorów zaliczamy: powietrze, szkło, porcelanę, steatyt, gumę, suche drewno, papier i szereg innych ciał niemetalicznych.

Zdolność przewodzenia ładunków elektrycznych przez ciała zależy nie tylko od rodzaju ciała, lecz także od ich kształtu i wymiarów. Tak np. drut cienki i długi stawia znacznie większy opór przepływowi ładunków niż drut krótki i gruby. Wielkość tego oporu nosi w elektrotechnice nazwę oporności. Jednostką pomiarową oporności jest *om*. Oporność niektórych ciał nie jest stała i zależy od szeregu okoliczności, o których jeszcze będzie mowa. Tak np. oporność ciała ludzkiego może się zmieniać w bardzo szerokich granicach: od około jednego tysiąca do kilkudziesięciu tysięcy omów.

### 3. NAPIĘCIE ELEKTRYCZNE

Ujawnienie istniejących w ciałach ładunków elektrycznych jest rzeczą stosunkowo łatwą. Tak np. laseczka bursztynowa pocierana tkaniną wełnianą zostaje naelektryzowana ujemnie, natomiast laseczka szklana potarta tkaniną jedwabną wykazuje ładunek dodatni.

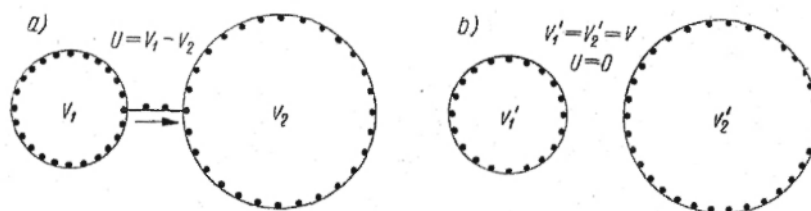
Wyobraźmy sobie, że wytworzone w powyżej podany sposób ładunki elektryczne, np. ujemne (elektrony), doprowadzimy do kuli metalowej (rys. 2a) zawieszonej w powietrzu. Ponieważ ładunki elektryczne jednego znaku odpychają się wzajemnie, rozłożą się więc one równomiernie na powierzchni kuli naelektryzowanej. Wprowadzie po takim uporządkowaniu się ładunków siła odpychania między nimi będzie nadal istniała, jednak — wobec dużej oporności warstwy powietrza dookoła kuli — nie będą się one mogły dalej rozprzestrzeniać.



Rys. 2

Jeżeli do drugiej większej kuli metalowej (rys. 2b) doprowadzić taką samą ilość ładunków elektrycznych jak do pierwszej, to rozłożą się one również na powierzchni, ale wobec tego, że jest ona większa, gęstość ładunków jest tym razem mniejsza. Mówimy, że druga kula została naładowana do niższego potencjału elektrycznego niż pierwsza.

Gdybyśmy połączyli obie kule za pomocą przewodnika (np. pręta metalowego), to z kuli o większej gęstości ładunków część z nich przepłynie do kuli o mniejszej gęstości ładunków (rys. 3a). Mówimy, że ruch ładunków został wywołany różnicą potencjałów czyli napięciem.



Rys. 3

Jeżeli potencjał kuli mniejszej oznaczymy literą  $V_1$ , kuli większej zaś  $V_2$ , to napięcie  $U$  między obiema kulami wyrazi się wzorem:

$$U = V_1 - V_2$$

W miarę przepływania ładunków potencjał kuli mniejszej będzie się obniżał, potencjał kuli większej będzie wzrastał. Przepływ ładunków ustanie z chwilą, gdy potencjały obu kul wyrównają się, tj. gdy osiągną jednakową wartość  $V$  (rys. 3b):

$$V_1 = V_2 = V$$

W tym przypadku napięcie między obiema kulami spadnie do zera, gdyż

$$U = V_1 - V_2 = V - V = 0$$

Widzimy stąd, że konieczne warunki przepływu ładunków między dwoma punktami są następujące:

- a) istnienie różnicy potencjałów między obu punktami,
- b) połączenie obu punktów za pomocą przewodnika elektrycznego. Jednostką pomiarową potencjału i napięcia jest wolt.

#### 4. PRĄD ELEKTRYCZNY .

Jak zaznaczyliśmy wyżej, przepływ ładunków między dwoma punktami trwa dopóty, dopóki istnieje napięcie między tymi punktami. Z chwilą, gdy potencjały obu punktów zrównają się, to ustaje przepływ ładunków, czyli — jak to inaczej wyrażamy — następuje zanik prądu. Takie krótkotrwałe prądy, zwane wyładowaniami elektrycznymi, bywają niekiedy przyczyną poważnych wypadków. Typowym przykładem takiego wyładowania jest uderzenie piorunu, będące krótkotrwałym przepływem prądu między chmurą a ziemią. Do urządzeń niebezpiecznych ze względu na możliwość wyładowań należą kable i kondensatory statyczne. Po wyłączeniu takich urządzeń spod napięcia może na nich pozostać tzw. ładunek szczątkowy (jest o tym mowa w rozdz. VI. 4); zdarzały się już liczne wypadki z tego powodu, gdyż pracownik dotykał urządzenia wyłączzonego spod napięcia sądząc, że jest całkowicie bezpieczny, wywoływał przepływ ładunku szczątkowego przez swe ciało do ziemi; przy większych ładunkach szczątkowych prowadziło to do porażeń śmiertelnych.

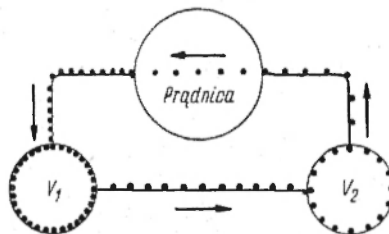
Do zasilania urządzeń elektroenergetycznych w przemyśle nie używa się w zasadzie takich prądów krótkotrwałych, o jakich była wyżej mowa, lecz stosuje się specjalne urządzenia prądostwórcze — tzw. prądnice — dostarczające prądów trwałych, tj. płynących stale. Zadaniem prądnicy jest zatem utrzymanie stałej różnicy gęstości ładunków, czyli stałej różnicy potencjałów, gdyż to jest koniecznym warunkiem przepływu prądu trwałego. Prądnica jest niejako pompą, która pobiera ładunki elektryczne w miejscu, gdzie ich przybywa, i dostarcza do miejsca, w którym zachodzi ubytek ładunków (rys. 4) i w ten sposób utrzymuje stałe napięcie między tymi miejscami.

Przez natężenie prądu rozumie się ilość ładunków elektrycznych przepływających w jednostce czasu.

Jednostką pomiarową wartości prądu (natężenia prądu) jest *a m p e r*.

#### 5. PRAWO OHMA

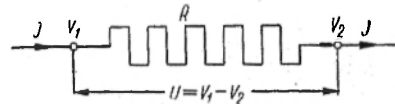
Między omówionymi powyżej trzema wielkościami: napięciem, opornością i prądem istnieje prosta zależność, nosząca nazwę



Rys. 4

prawa Ohma. W myśl tego prawa wartość prądu płynącego między dwoma punktami jest tym większa, im większa jest wysokość napięcia (czyli różnica potencjałów) między tymi punktami, a im mniejsza jest oporność przewodnika łączącego te punkty. Jeżeli napięcie oznaczamy literą  $U$ , oporność literą  $R$ , a prąd literą  $J$  (rys. 5), to prawo Ohma można przedstawić wzorem:

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

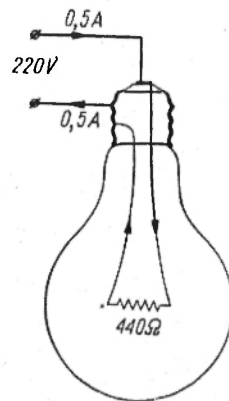


Rys. 5

Jeżeli w tym wzorze podamy napięcie w woltach, a oporność w omach, to natężenie prądu wypadnie w amperach.

Na urządzeniach i aparatach elektrycznych nazwy wspomnianych jednostek pomiarowych oznacza się następującymi symbolami:

wolt —  $V$ , amper —  $A$ , om —  $\Omega$



Rys. 6

Dla przykładu obliczmy wartość prądu przepływającego przez żarówkę zasilaną prądem o napięciu 220 woltów, której oporność wynosi 440 omów (rys. 6).

$$J = \frac{U}{R} = \frac{220 \text{ woltów}}{440 \text{ omów}} = 0,5 \text{ ampera}$$

W podobny sposób oblicza się prąd przepływający przez inne urządzenia elektryczne i przez ciało ludzkie. Prawo Ohma jest prawem podstawowym, ułatwiającym zrozumienie działania wszelkich urządzeń elektrycznych, a więc i tych urządzeń, które mają zapewnić bezpieczeństwo pracy.

## 6. MOC I ENERGIA ELEKTRYCZNA

Pozostają do omówienia jeszcze dwa ważne pojęcia z elektrotechniki, mianowicie moc i energia.

Przez moc urządzenia rozumiemy zdolność wykonania przez urządzenie określonej pracy w jednostce czasu, np. w ciągu 1 sekundy. Moc, z jaką pracuje urządzenie, jest tym większa, im

większe jest napięcie zasilające to urządzenie i im większy prąd przez nie przepływa. Moc elektryczną  $P$  możemy zatem wyrazić wzorem:

$$P = U \cdot J$$

Jeżeli napięcie podamy w woltach ( $V$ ), a prąd w amperach ( $A$ ), to moc wypada w watach ( $W$ ).

Tak np. jeżeli przez żarówkę zasilaną napięciem  $220\text{ V}$  przepływa prąd  $0,5\text{ A}$ , to moc wynosi

$$P = 220 \cdot 0,5 = 110\text{ W}$$

Często stosuje się jednostkę mocy  $1000$  razy większą od wata, a mianowicie — kilowat; oznaczamy ją w skrócie symbolem  $kW$ . Jako jednostkę mocy w urządzeniach mechanicznych przyjmuje się często inną jednostkę, a mianowicie — koń mechaniczny, oznaczany symbolem —  $KM$ .  $1\text{ KM} = 0,736\text{ kW}$  lub odwrotnie —  $1\text{ kW} = 1,36\text{ KM}$ .

Jeżeli przez urządzenie przepływa prąd, to pobiera ono pewną energię elektryczną. Jest ona tym większa, im większa jest moc urządzenia i im dłużej jest ona wykorzystywana. Energię elektryczną  $E$  możemy zatem przedstawić wzorem:

$$E = P \cdot t$$

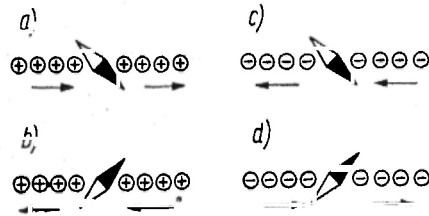
We wzorze tym podaje się zazwyczaj moc  $P$  w kilowatach ( $kW$ ), a czas  $t$  — w godzinach ( $h$ ). Zatem energia elektryczna  $E$  wypada w kilowatogodzinach; oznacza się je symbolem  $kWh$ .

Praca wykonana przez urządzenie jest tym większa, im większa jest energia elektryczna. Pracę mierzymy również w kilowatogodzinach. Im większa jest praca wykonana przez urządzenie elektryczne w stosunku do pobranej energii, tym sprawniejsze jest urządzenie.

## 7. KIERUNEK PRZEPLYWU PRĄDU

Jak to wyżej zaznaczyliśmy, przez prąd rozumiemy przepływ ładunków elektrycznych. Prąd elektryczny wywołuje szereg rozmaitych zjawisk. Przebiegi niektórych z tych zjawisk (np. żarzenie się włókna w żarówce) są niezależne od kierunku przepływu ładunków elektrycznych. Przebiegi innych zjawisk (np. odchylenie się igły magnetycznej umieszczonej obok przewodnika, przez

który płynie prąd) zależą od kierunku przepływu prądu. Jak widać z rysunku 7, przepływ ładunków dodatnich w jednym kierunku wywiera podobne działanie na igłę magnetyczną jak przepływ ładunków ujemnych w przeciwnym kierunku.



Rys. 7

W urządzeniach elektrycznych mamy przeważnie do czynienia z przepływem ładunków elektrycznych w metalach, a więc ładunków ujemnych. W tych jednak urządzeniach w których prąd przepływa przez ciecze lub gazy, mamy do czynienia również z ładunkami dodatnimi.

Z urządzeń takich wymienić można ogniwa i akumulatory, prostowniki rtęciowe oraz lampy wyładowcze (np. świetlówki). W technice przyjęto uważać za kierunek prądu kierunek przepływu ładunków dodatnich. Jest on oczywiście równoznaczny z kierunkiem przeciwnym kierunkowi przepływu ładunków ujemnych.

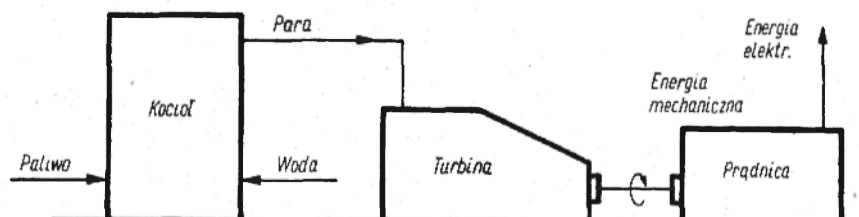
## II. WYTWARZANIE I PRZESYŁANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Zakłady wytwarzające energię elektryczną noszą nazwę elektrowni. Jeżeli energia elektryczna wytwarzana jest z dala od miejsc, w których ma być wykorzystana, przekazuje się ją użytkownikowi za pomocą specjalnych linii przesyłowych.

### 1. WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Elektrownie. Zależnie od rodzaju surowca stosowanego do produkcji energii elektrycznej, dzielimy elektrownie na: ciepłe, wodne, wiatrowe i atomowe. W Polsce głównymi źródłami energii elektrycznej są elektrownie ciepłe i wodne. Paliwem powszechnie stosowanym w elektrowniach ciepłych jest węgiel.

Uproszczony schemat elektrowni ciepłej przedstawiony jest na rysunku 8. Paliwo spalane w kotle oddaje ciepło wodzie, która



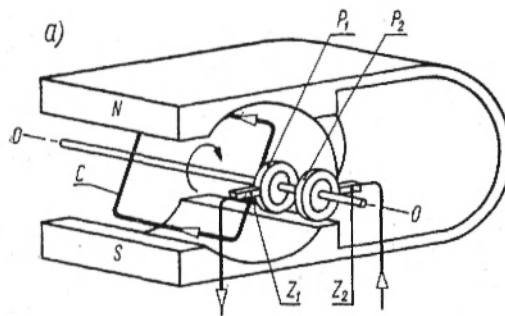
Rys. 8

wskutek tego przechodzi w stan pary. Wytworzona w kotle para kierowana jest do turbiny, gdzie energia cieplna pary przekształca się w energię mechaniczną (przez nadanie ruchu łopatom turbiny). Turbina sprzężona za pomocą wału z prądnicą przekazuje tej maszynie energię mechaniczną; prądnica przetwarza energię mechaniczną w energię elektryczną.

Urządzenie elektrowni wodnej jest prostsze, gdyż odpada część kotłowa, a w turbinie wykorzystana jest bezpośrednio energia spadającej wody doprowadzonej do tej maszyny.

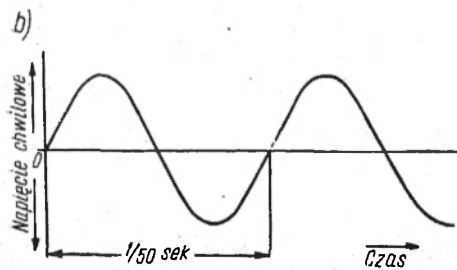
**Prądnicę.** Ostatnim ogniwem prądotwórczym w elektrowni jest prądnica.

Zadaniem prądnicy jest przekształcenie energii mechanicznej (dostarczonej np. przez turbinę) w energię elektryczną.



Rozróżniamy prądnice prądu stałego i zmiennego. Ze względu na specjalne zalety tego ostatniego rodzaju prądu, w elektrowniach instaluje się powszechnie prądnice prądu zmiennego.

Zasada działania prądnicy prądu zmiennego przedstawiona jest na rys. 9a. Między biegunami magnesu N-S umieszczona jest wirująca dokoła osi O-O cewka C; wskutek tego na jednym końcu cewki powstaje zagęszczenie, na drugim zaś rozrzedzenie ładunków elektrycznych, czyli — różnica potencjałów. Końce cewki przyłączone są do metalowych pierścieni  $P_1$  i  $P_2$ , które wirują wraz z cewką. Za pomocą umocowanych na stałe i wykonanych z materiału przewodzącego szczotek  $Z_1$  i  $Z_2$  uzyskane między pierścieniami  $P_1$  i  $P_2$  napięcie odprowadza się do miejsca, gdzie zamierzamy napięcie to wykorzystać.



Rys. 9

O tym, na którym końcu cewki powstaje zagęszczenie, a na którym rozrzedzenie, można się zorientować na podstawie położenia cewki. W tym położeniu, w jakim znajduje się cewka na rys. 9, zagęszczenie elektronów powstaje na połączonym z  $P_2$  końcu cewki, rozrzedzenie zaś na przeciwnym końcu cewki. Jeżeli cewka obróci się o  $180^\circ$ , to zagęszczenie elektronów wytworzy

się na połączonym z  $P_1$  końcu cewki. Jak widać z tego, podczas jednego obrotu cewki, jeden jej koniec będzie miał raz niższy a raz wyższy potencjał od potencjału drugiego końca cewki.

Przedstawiona na rysunku 9 cewka składa się z jednego zwoju. W rzeczywistości w prądnicach stosuje się cewki wielozwojowe, a to w celu uzyskania większej różnicy potencjałów.

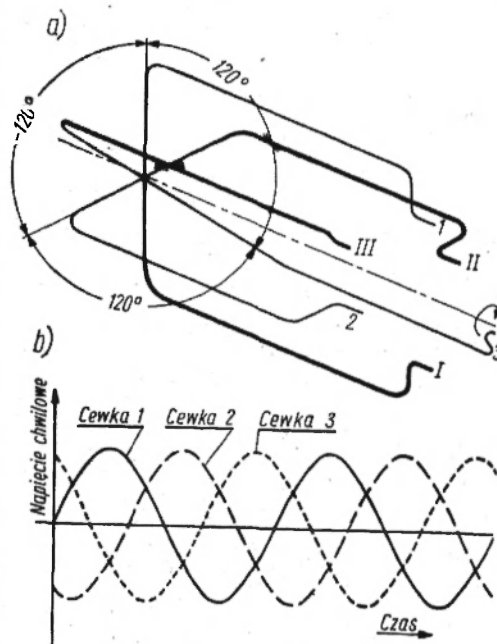
Jeżeli cewka wiruje z prędkością 3000 obrotów na minutę czyli 50 obrotów na sekundę, to w cewce wystąpi 50 opisanych cykli zmian potencjału na sekundę. Mówimy, że prądnicą dostarcza prądu zmiennego o częstotliwości 50 cykli na sekundę. Oczywiście, jeżeli cewka będzie wirować prężej lub wolniej, częstotliwość będzie odpowiednio większa lub mniejsza. W przemyśle stosuje się powszechnie prądy o częstotliwości 50 cykli na sekundę. Jednostką częstotliwości — cykl na sekundę, nosi jeszcze drugą, krótszą nazwę — herc (symbol — Hz).

Przebieg zmian napięcia wytwarzanego przez cewkę przedstawiony jest na rysunku 9b.

Prądnice trójfazowe. Opisana powyżej prądnicą ma tylko jedną cewkę wirującą i nosi nazwę jednofazowej. Ponieważ prądnice takie są nie-

ekonomiczne, nie są one stosowane jako źródła energii elektrycznej. Najkorzystniejsze okazały się prądnice trójfazowe. Wirniki takich prądnic mają uzwojenie złożone z trzech cewek, przy czym cewki pierwsza względem drugiej, a druga względem trzeciej przesunięte są o kąt  $360^\circ : 3 = 120^\circ$ .

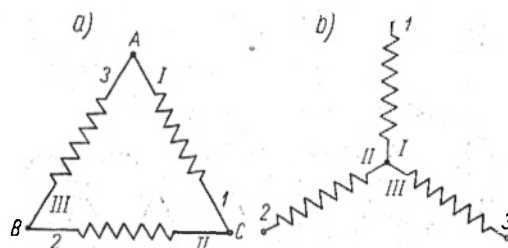
Układ taki przedstawiony jest na rysunku 10a; początki cewek oznaczone są cyframi I, II i III, a końce — 1, 2 i 3. Oczywiście zmiana potencjałów (a zarazem zmiana kierunku przepływu



Rys. 10

prądu) nie będzie występowała we wszystkich trzech cewkach jednocześnie. Zmiana potencjałów w cewce drugiej wystąpi o  $1/3$  obrotu, a w cewce trzeciej o  $2/3$  obrotu później niż w cewce pierwszej. Mówimy, że napięcie w pierwszej cewce wyprzedza w fazie napięcie cewki drugiej o  $120^\circ$ , napięcie zaś cewki trzeciej — o  $240^\circ$ . Przebiegi zmian napięcia we wszystkich trzech cewkach przedstawione są na rysunku 10b.

Mając do dyspozycji trzy początki i trzy końce cewek można by je połączyć z 6 pierścieniami ślizgowymi i od każdej pary pierścieni oddzielnie odbierać za pomocą szczotek napięcia. W takim przypadku potrzeba by było stosować 6 przewodów jednożyłowych (lub kabel 6-żyłowy) aby doprowadzić energię wytwarzaną w cewkach do odbiorników. Jak wynika z rozważań teoretycznych, potwierdzonych przez praktykę, tę samą ilość energii można przesłać za pomocą trzech przewodów; dzięki temu oszczędza się wiele materiałów i robocizny. W tym celu stosuje się specjalne układy połączeń poszczególnych cewek czyli faz, a mianowicie układ w trójkąt i układ w gwiazdę.



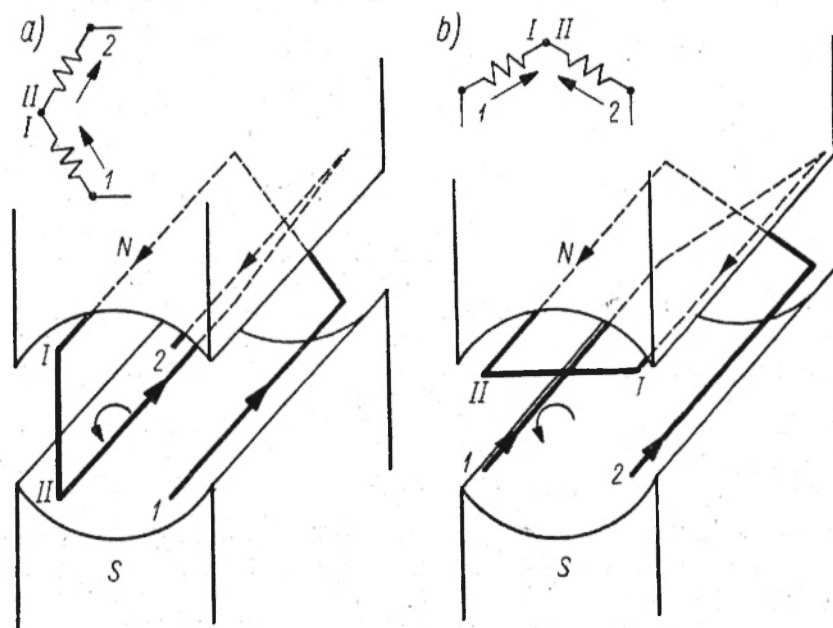
Rys. 11

Układ w trójkąt (rys. 11a) polega na tym, że koniec pierwszej cewki łączy się z początkiem drugiej, koniec drugiej — z początkiem trzeciej, koniec trzeciej — z początkiem pierwszej. Z wierzchołków uzyskanego w ten sposób trójkąta wyprowadza się przewody doprowadzające prąd do odbiorników. Jeżeli w każdej z cewek wytwarza się

jednakowe napięcie, np. 220 V, to również i między przewodami A i B, B i C oraz C i A będzie panowało jednakowe napięcie 220 V.

Układ w gwiazdę (rys. 11b) polega na tym, że wszystkie początki cewek łączy się razem (tworząc w ten sposób tzw. punkt zerowy), a od końców odprowadza się przewody doprowadzające prąd do odbiorników. Jeżeli założymy, że — podobnie jak w poprzednim przypadku — w każdej z cewek wytwarza się jednakowe napięcie 220 V, to mogłoby się wydawać, że między przewodami I i 2, 2 i 3 oraz 3 i 1 panuje jednakowe napięcie  $2 \times 220 \text{ V} = 440 \text{ V}$ . Jeżeli jednak zmierzmy napięcie między przewodami,

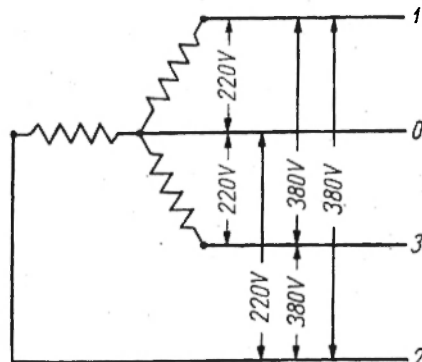
okaże się, że wynosi ono tylko 380 V. Napięcie 440 V uzyskali-  
 byśmy tylko wtedy, gdyby w obu połączonych cewkach napięcia  
 (kierunki prądu) zmieniały się w tym samym momencie czasu.  
 Tak jednak nie jest, bo w ciągu jednego cyklu są momenty, gdy  
 napięcia obu cewek są zgodne (rys. 12a), lecz są też chwile, gdy  
 napięcia obu cewek są przeciwnie skierowane (rys. 12b) i to jest  
 przyczyną, że napięcie wypadkowe (zwane skojarzonym) nie jest  
 arytmetyczną sumą obu napięć składowych, lecz jest od niej  
 mniejsze.



Rys. 12

Często stosuje się układ połączeń w gwiazdę z wyprowa-  
 dzonym przewodem zerowym (rys. 13). Różni się on od  
 poprzedniego tym, że prócz trzech przewodów wychodzących  
 z końców cewek, wyprowadzony jest z punktu zerowego prze-  
 wód czwarty zwany zerowym. Zaletą tego układu jest możliwość  
 uzyskania dwu różnych pod względem wysokości napięć. Między  
 przewodem zerowym (0) a przewodami skrajnymi (1, 2, 3) panu-

je napięcie fazowe, to jest takie, jakie jest wytwarzane przez poszczególne cewki. Między przewodami skrajnymi 1—2, 2—3 i 3—1 panuje napięcie skojarzone. Jeżeli napięcie fazowe wynosi



Rys. 13

220 V, to napięcie skojarzone ma wartość 380 V. Napięcie fazowe stosowane jest zazwyczaj do zasilania urządzeń oświetlniowych, napięcie zaś skojarzone do zasilania silników.

## 2. PRZESYŁANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Sposób dostarczania energii elektrycznej do odbiorników w zakładach przemysłowych zależy od tego, w jakiej odległości znajduje się elektrownia od zakładu. Jeżeli elektrownia

znajduje się na terenie zakładu, to wytworzoną przez prądnice energię można dostarczać do odbiorników bezpośrednio.

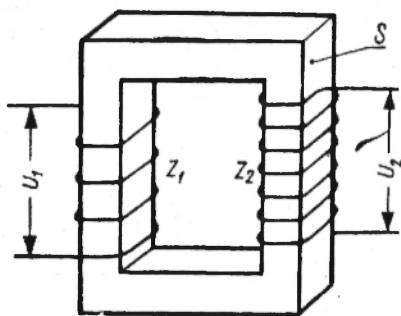
Jeżeli chodzi o dostarczenie energii na duże odległości, wtedy transport energii przy stosunkowo niskim napięciu wytwarzanym przez prądnice jest niekorzystny, wymaga bowiem grubych przewodów. Postaramy się tę sprawę wyjaśnić na przykładzie. Tak np. moc 1000 watów można przesłać z jednego miejsca do drugiego stosując różne napięcia. Jeżeli zastosujemy napięcie 100 woltów, to prąd w przewodach przesyłowych będzie wynosił 10 amperów, gdyż  $100\text{ V} \cdot 10\text{ A} = 1000\text{ W}$ . Jeżeli przesył energii będzie się odbywał przy napięciu 10 woltów, to natężenie prądu w przewodach przesyłowych wyniesie 100 amperów, gdyż  $10\text{ V} \cdot 100\text{ A} = 1000\text{ W}$ . Tak więc przy niższym napięciu prąd przesyłany będzie odpowiednio większy, a większy prąd wymaga przewodów o większym przekroju, gdyż przesyłanie dużego prądu przewodami o małym przekroju narażałoby na zbyt duże straty energii.

Przesyłanie tej samej ilości energii przy napięciu wysokim wymaga już nie tak grubych przewodów, a więc umożliwia znaczną oszczędność miedzi lub aluminium, bądź stali, gdyż te materiały są stosowane na przewody. Oszczędza się przy tym drewno i stal, stosowane na słupy linii napowietrznych.

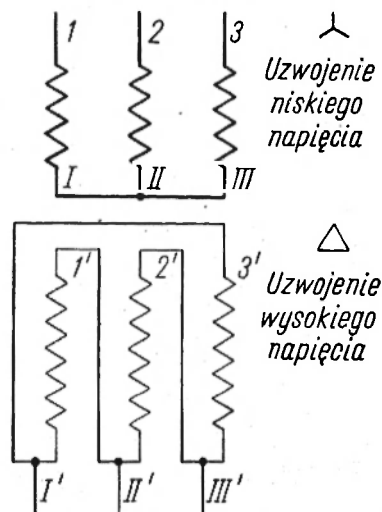
Ponieważ warunki techniczne nie pozwalają na budowę prądnic na dostatecznie wysokie napięcie, stosuje się w takich przy-

padkach transformatory, które przekształcają stosunkowo niewysokie napięcie, wytwarzane przez prądnice, na napięcie odpowiednio wysokie, przy którym przesył na dalekie odległości staje się korzystny.

Zasada działania transformatora przedstawiona jest na rysunku 14. Transformator składa się z rdzenia stalowego  $S$  i nałożonych na nim cewek: niższego napięcia z mniejszą liczbą zwojów i wyższego napięcia z większą liczbą zwojów. Jeżeli do uzwojenia niższego napięcia doprowadzimy zmienne napięcie  $U_1$ , to prąd zmienny płynący przez zwoje  $Z_1$  wywołuje zmienny strumień magnetyczny w rdzeniu; strumień ten przepływając przez rdzeń



Rys. 14



Rys. 15

wywołuje w zwojach  $Z_2$  zmienne napięcie  $U_2$ . Napięcie to jest tyle razy wyższe od napięcia  $U_1$ , ile razy liczba zwojów  $Z_2$  jest większa od liczby zwojów  $Z_1$ .

Gdybyśmy do uzwojenia  $Z_1$  transformatora doprowadzili prąd stały, to w rdzeniu powstaje wprawdzie strumień magnetyczny, nie będzie się on jednak zmieniał. Taki stały strumień nie może wywołać powstania napięcia w zwojach  $Z_2$ . Widzimy więc, że prąd stały nie daje się transformować.

Opisany powyżej transformator jest jednofazowy. W urządzeniach energetycznych stosuje się najczęściej transformatory trójfazowe, przy tym cewki wysokiego i niskiego napięcia mogą być dowolnie łączone w trójkąt lub w gwiazdę. Tak np. w transfor-

matorze, przedstawionym schematycznie na rysunku 15, cewki niższego napięcia połączone są w gwiazdę, cewki wyższego napięcia — w trójkąt.

Uzyskane w opisany sposób wysokie napięcie doprowadza się z transformatora do linii przesyłowej. Najczęściej jest to linia napowietrzna (przewody prowadzone na słupach), rzadziej — linia kablowa (np. w sieciach miejskich). Wysokie napięcie nie może być jednak użytkowane bezpośrednio w odbiornikach, gdyż są one budowane na niskie napięcie. Z tego względu wysokie napięcie musi być przetransformowane na napięcie niskie. Transformatory obniżające napięcie nie różnią się w budowie od transformatorów podwyższających napięcie.

### III. NIEBEZPIECZEŃSTWA WYSTĘPUJĄCE PRZY UŻYTKOWANIU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

#### 1. URZĄDZENIA WYSOKIEGO I NISKIEGO NAPIĘCIA

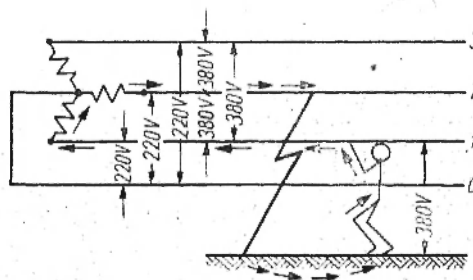
Energia elektryczna doprowadzana jest do zakładów przemysłowych przeważnie liniami wysokiego napięcia do stacji transformatorowo-rozdzielczych. W stacjach tych napięcie zostaje obniżone do potrzebnej wysokości. Niekiedy stosuje się w takiej stacji kilka transformatorów obniżających napięcie zależnie od potrzeb, np. 380 V i 500 V do zasilania silników oraz 220 V do celów oświetleniowych.

W technice dzieli się urządzenia elektryczne pod względem wysokości napięcia na następujące dwie grupy:

a) urządzenia wysokiego napięcia, w których napięcie dowolnego elementu może wynieść więcej niż 250 woltów względem ziemi;

b) urządzenia niskiego napięcia, w których napięcie dowolnego elementu względem ziemi, nawet w razie uszkodzenia urządzenia, nie może przekroczyć 250 woltów.

Jak widać z tej definicji, linia trójfazowa czteroprzewodowa, przedstawiona na rysunku 13, jest linią wysokiego napięcia. Potwierdza to rysunek 16: jeżeli np. przewód fazowy 2 zostanie uszkodzony (zwarcie z ziemią tego przewodu oznaczono na rysunku strzałką piorunową), to między ziemią, a przewodem 1 wystąpi napięcie takie samo, jak między przewodem 2 a przewodem pierwszym, czyli 380 V; człowiek dotykający przewodu fazowego 1 znajdzie się zatem pod napięciem 380 V, a więc znacznie wyż-

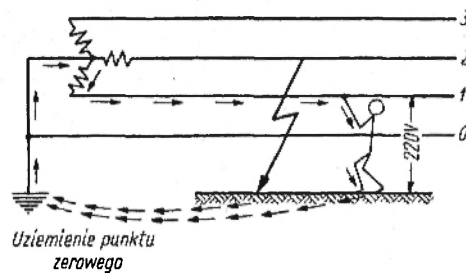


Rys. 16

szym od napięcia 250 V, dopuszczalnego dla urządzeń niskiego napięcia.

Inaczej się rzecz przedstawia, gdy przewód zerowy 0, a ściślej punkt zerowy transformatora, zostanie uziemiony (rys. 17). W razie zwarcia przewodu 2 z ziemią przyłączona do tego przewodu cewka transformatora zostaje zwarta poprzez ziemię, a wskutek tego przez ciało ludzkie nie płynie prąd wytwarzany w tej cewce. Człowiek dotykający przewodu 1 znajduje się jedynie pod napięciem fazowym 220 V, a więc pod działaniem napięcia niskiego.

W rozdziale IV. 4 opisana jest jeszcze jedna korzystna ze stanowiska bezpieczeństwa pracy zaleta, wynikająca z uziemienia



Rys. 17

punktu zerowego transformatora. Z tych względów czteroprzewodowe sieci niskiego napięcia buduje się z reguły z uziemionym punktem zerowym.

Należy tu wyraźnie różnić, że napięcia niskiego nie można w żadnym wypadku identyfikować z napięciem bezpiecznym. Skutki bowiem rażenia prądem zależą tylko pośrednio od wysokości napięcia;

istotny wpływ na skutki rażenia ma natomiast natężenie prądu przepływającego przez ciało ludzkie, a natężenie to — nawet przy niskim napięciu — bywa często dostateczne, aby spowodować śmierć.

Różnica w działaniu wysokiego i niskiego napięcia polega głównie na tym, że przy niskim napięciu porażenie prądem następuje przede wszystkim wskutek dotknięcia części znajdującej się pod napięciem, natomiast przy wysokim napięciu porażenie może nastąpić wskutek:

- a) dotknięcia części znajdującej się pod napięciem;
- b) nadmiernego zbliżenia się do części znajdujących się pod napięciem, może to bowiem wywołać przeskok iskry elektrycznej od urządzenia do ciała ludzkiego;
- c) znajdowania się w terenie zagrożonym tzw. napięciem krokowym; sprawa ta będzie poniżej omówiona obszerniej.

## 2. NAPIĘCIE DOTYKOWE

Jak wykazały badania, skutki działania prądu na organizm ludzki zależą przede wszystkim od natężenia przepływającego prądu oraz od czasu przepływu prądu.

Przy natężeniach niższych od 0,01 A odczuwa się wprawdzie przepływ prądu, lecz wobec tego, że nie następuje przy tym skurcz mięśni, człowiek może się w każdej chwili uwolnić od działania prądu.

Gdy przez organizm ludzki przepływa prąd o natężeniu od 0,01 do 0,025 A, powstaje wprawdzie skurcz mięśni, lecz człowiek nie traci przytomności, może więc albo sam wyłączyć prąd albo wzywać pomocy.

Przy przepływie przez organizm ludzki prądu o natężeniu od 0,025 do 0,08 A powstaje nie tylko skurcz mięśni, lecz również utrata przytomności. Jeśli jakaś osoba znajdująca się w pobliżu dostrzeże natychmiast wypadek i udzieli natychmiastowej pomocy, porażony może być jeszcze uratowany.

Przy przepływie prądu o natężeniu większym niż 0,08 A, uratowanie osoby porażonej jest znacznie trudniejsze, nawet w razie natychmiastowego udzielenia pierwszej pomocy.

W celu zorientowania się, jakiego rzędu prądy mogą płynąć przez ciało ludzkie przy posługiwaniu się urządzeniami elektrycznymi, obliczmy natężenie prądu płynącego przez ciało ludzkie w sytuacji przedstawionej na rysunku 17, a więc przy niskim napięciu.

Napięcie, pod którego wpływem znajduje się człowiek, tzw. napięcie dotykowe, wynosi w danym przypadku 220 V. Oporność ciała ludzkiego nie ma wartości stałej. Zależnie od okoliczności może ona wynosić od paru tysięcy do kilkudziesięciu tysięcy omów. Tak np. wydatny wpływ na obniżenie oporności ciała ludzkiego wywiera wilgotna skóra rąk, wilgotne obuwie, zranienie naskórka oraz cechy indywidualne człowieka. Przypuśćmy, że w danym przypadku wskutek działania wspomnianych okoliczności oporność ciała obniżyła się do 2000 omów. Dzieląc — zgodnie z prawem Ohma — napięcie przez oporność otrzymamy natężenie prądu przepływającego przez ciało ludzkie.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{2000} = 0,11 \text{ A}$$

Jak widać, natężenie prądu jest tego rzędu, że człowieka, przez którego ciało przepłynął ten prąd, trudniej już będzie odratować.

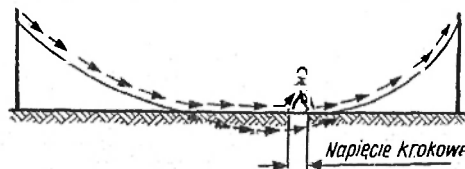
Nawet gdyby napięcie wynosiło tylko 110 V, to natężenie prądu wyniosłoby 0,055 A, a więc wywołałoby porażenie i konieczność zastosowania środków ratowniczych.

Jeżeli zważymy, że za bezpieczne natężenie prądu można przyjąć 0,02 A, gdyż przy przepływie takiego prądu przez ciało człowieka nie traci on jeszcze przytomności, to za bezpieczne napięcie dotykowe można uznać 40 V. Przy takim bowiem napięciu prąd przepływający przez ciało ludzkie nie będzie większy od 0,02 A, gdy przyjmujemy, że oporność ciała ludzkiego obniży się do 2000 omów.

W Polsce stosuje się — w celu zwiększenia bezpieczeństwa pracy w określonych okolicznościach (o których jest mowa dalej) — napięcie obniżone do 24 V.

### 3. NAPIĘCIE KROKOWE

Jeżeli przewód linii napowietrznej zerwie się (np. wskutek burzy), w miejscach zetknięcia się przewodu z ziemią i w ich pobliżu powstaje tzw. napięcie krokowe, tj. napięcie między znajdującymi się obok siebie punktami ziemi. Napięcie to można stwierdzić wbijając w ziemię, począwszy od punktu zetknięcia się przewodu z ziemią, dwa pręty metalowe (tzw. sondy),



Rys. 18

w odstępach np. około 1 m, i przyłączając do prętów sąsiadujących ze sobą miernik napięcia, zwany woltomierzem. Pomiar takie wykazują, że największe napięcie krokowe występuje w pobliżu miejsca zetknięcia się przewodu z ziemią; dopiero w odległości ponad 10 m od tego miejsca napięcie krokowe wykazuje już wartości nie zagrażające życiu ludzkiemu.

Opisane napięcie nosi nazwę krokowego z tego względu, że przez ciało człowieka znajdującego się w niebezpiecznym terenie przepływa prąd od jednej stopy do drugiej, jak to ilustruje rysunek 18. Wartość napięcia krokowego zależy również od rozpiętości kroku; im dłuższy jest krok, tym większe jest napięcie między stopami.

W urządzeniach niskiego napięcia napięcie krokowe nie osiąga na ogół wartości niebezpiecznych dla życia ludzkiego. W urządzeniach wysokiego napięcia wysokość napięcia krokowego może wynosić kilkaset lub kilka tysięcy woltów, a nawet więcej. Tak

więc napięcie krokowe osiąga w urządzeniach wysokiego napięcia wartości z reguły wywołujące porażenia śmiertelne.

Z tego względu należy ostrzec przed zbliżaniem się do zerwanych przewodów wysokiego napięcia, a nawet do słupów kratowych linii wysokiego napięcia, gdyż w razie uszkodzenia izolatora, w pobliżu słupa może powstać napięcie krokowe o niebezpiecznej wartości.

#### 4. ŁUK ELEKTRYCZNY

Innym niebezpieczeństwem, jakim może zagrażać energia elektryczna, jest możliwość oparzenia łukiem elektrycznym. Takie niebezpieczeństwo powstaje przede wszystkim przy nadmiernym zbliżeniu się do znajdujących się pod napięciem urządzeń wysokiego napięcia. Silny łuk elektryczny może powstać również i w urządzeniach niskiego napięcia, np. między nożami a szczękami wyłącznika przy włączaniu pod napięcie uszkodzonego wskutek zwarcia urządzenia. Łuk taki może nie tylko promieniowaniem swym oparzyć twarz, lecz nawet pozbawić wzroku osobę obsługującą wyłącznik.

Łuk elektryczny może powstać również przy naprawie lub przełączaniu znajdujących się pod napięciem urządzeń elektrycznych. Najczęściej łuk taki powstaje przy wkręcaniu lub wykręcaniu śrub zaciskowych przez zwarcie zacisków lub przewodów za pomocą śrubokrętu (wkrętaka).

Dodać należy, że łuk elektryczny wywoływany jest niekiedy celowo, np. w piecach łukowych lub przy spawaniu łukowym. Dłuższe wpatrywanie się w łuk może skończyć się uszkodzeniem wzroku wytwarzanymi przez łuk promieniami nadfioletowymi.

#### 5. POŻARY I WYBUCHY

Przy przepływie prądu przez przewody wydziela się w nich zawsze pewna ilość ciepła. Jest ona tym większa, im większe jest natężenie prądu przepływającego przez przewód i im większa jest oporność przewodu oraz im dłuższy jest czas przepływu prądu. Największą rolę odgrywa tu natężenie prądu, gdyż ilość wytworzonego ciepła jest proporcjonalna do kwadratu natężenia prądu.

Aby nie dopuścić do nadmiernego nagrzania przewodów, dobiera się tym grubsze przewody, im większe jest natężenie prądu mającego przez nie przepływać. W praktyce zdarza się, że wskutek uszkodzenia urządzeń elektrycznych przepływa przez

przewody prąd zbyt duży i przewody nagrzewają się nadmiernie. Szczególnie silnie nagrzewają się miejsca połączeń przewodów, gdyż oporność w tych miejscach jest większa. W miejscach takich w razie rozluźnienia zacisków lub wytopienia się spoiwa powstają iskry, mogące spowodować pożar lub wybuch, jeżeli w pobliżu znajdują się materiały palne lub wybuchowe.

Aby takich ewentualności uniknąć, stosuje się specjalne zabezpieczenia mające za zadanie przerwanie obwodu prądu w razie nadmiernego natężenia prądu w obwodzie. O zabezpieczeniach tego rodzaju będzie jeszcze mowa.

#### IV. ŚRODKI BEZPIECZEŃSTWA PRACY

W celu zabezpieczenia ludzi posługujących się urządzeniami elektrycznymi przed wyszczególnionymi powyżej niebezpieczeństwami stosuje się szereg różnorodnych środków technicznych, a mianowicie:

- 1) pomieszczenia wyodrębnione,
- 2) ogrodzenia i osłony,
- 3) izolację ochronną,
- 4) uziemienia ochronne,
- 5) zerowanie ochronne,
- 6) wyłączniki ochronne,
- 7) obniżone napięcie,
- 8) zabezpieczenia nadmiarowe,
- 9) sygnalizację stanu izolacji,
- 10) blokadę urządzeń pod napięciem,
- 11) oznaczenia barwne,
- 12) automatykę i sterowanie zdalne,
- 13) sprzęt ochrony osobistej.

##### 1. POMIESZCZENIA WYODRĘBNIONE

Ze względu na bezpieczeństwo pracy i ruchu przepisy wymagają, aby urządzenia wysokiego napięcia były umieszczone w oddzielnych pomieszczeniach. Pomieszczenia takie mają być stale zamknięte, a dostęp do ich wnętrza może mieć jedynie upoważniony kwalifikowany personel. Na drzwiach tych pomieszczeń umieszcza się tablice ostrzegawcze (rys. 19).

Zdarza się jednak, że personel obsługujący urządzenia wysokiego napięcia pozostawia drzwi wspomnianych pomieszczeń otwarte. Zdarza się również, że korzystają z tego osoby niepowołane (zwłaszcza pracownicy młodzi, nie zdający sobie sprawy z grożącego niebezpieczeństwa) i wskutek nadmiernego zbliżenia się do urządzeń znajdujących się pod napięciem doznają śmiertelnego porażenia. Należy zatem jak najkategoryczniej ostrzec

przed wchodzeniem osób niepowołanych do pomieszczeń na drzwiach których umieszczone są wspomniane tablice ostrzegawcze.

## 2. OGRODZENIA I OSŁONY

Warunki technologiczne produkcji wymagają niekiedy doprowadzenia wysokiego napięcia do pomieszczeń produkcyjnych.



Rys. 19

Zezwalają na to przepisy pod warunkiem, że zostaną przedsięwzięte specjalne środki zapobiegające możliwości dotknięcia takich urządzeń przez osoby znajdujące się w pomieszczeniu. Najczęściej stosuje się w takich przypadkach ogrodzenia siatkowe lub klatki drewniane, na których powinna być umieszczona tablica ostrzegawcza.

W urządzeniach niskiego napięcia porażeniu przez dotknięcie gołych części wiodących prąd (tj. przewodów i uzwojeń), zapobiega izolacja. Niektóre elementy jednak, jak końcówki przewodów i zaciski, są pozbawione izolacji. Elementy takie powinny znajdować się w skrzynkach zamkniętych lub być zaopatrzone w osłony wykonane z materiału izolacyjnego albo z blachy. Osłony z blachy należy stosować, zwłaszcza w tych przypadkach, gdy są one narażone na uszkodzenie mechaniczne, gdyż materiały izolacyjne są zazwyczaj kruche.

## 3. IZOLACJA OCHRONNA

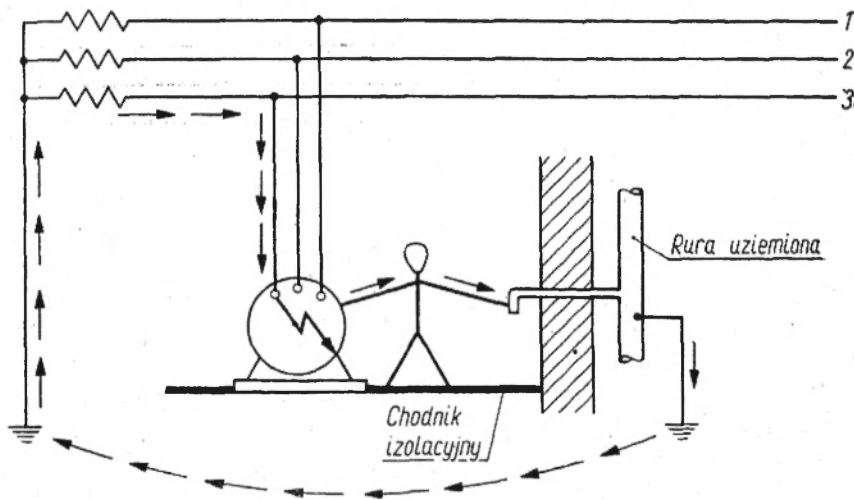
Jeżeli człowiek dotyka części znajdującej się pod napięciem względem ziemi, natężenie prądu przepływającego przez jego ciało do ziemi zależy nie tylko od oporności samego ciała, lecz także od oporności całego obwodu, do którego zostało włączone ciało. Jeżeli zatem dotyka przewodu izolowanego, to prąd płynący przez ciało jest bardzo mały, gdyż oporność nieuszkodzonej izolacji jest bardzo duża. Gdy izolacja zostanie uszkodzona lub gdy człowiek dotknie nieizolowanej części wiodącej prąd, to prąd jest zazwyczaj dostatecznie duży, aby nastąpiło porażenie.

W celu zwiększenia stopnia bezpieczeństwa przy posługiwaniu się urządzeniami elektrycznymi stosuje się często izolację ochron-

ną jako dodatkowy środek ochronny. Istnieją dwa sposoby stosowania izolacji ochronnej:

- 1) dodatkowe izolowanie samego urządzenia (odbiornika, przewodu) względem ziemi,
- 2) dodatkowe izolowanie miejsca pracy względem ziemi.

Pierwszy sposób polega na stosowaniu wzmocnionej izolacji na przewodach, pokryciu obudowy maszyn i aparatów elektrycznych materiałem izolacyjnym. Pokrycie takie stosuje się przeważnie na warsztatowych lampach i narzędziach ręcznych.

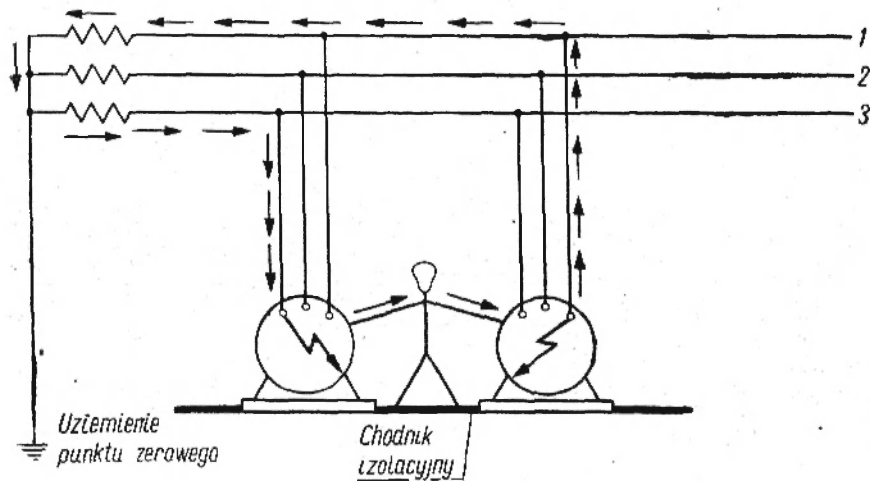


Rys. 20

Izolacja ochronna urządzeń i aparatów elektrycznych może stanowić bardzo skuteczną ochronę, jeżeli wykonana jest z materiału dostatecznie trwałego. Prasowane materiały syntetyczne, którymi izoluje się często lampy i aparaty przenośne, są na ogół kruche, toteż tak izolowanych urządzeń nie powinno się stosować tam, gdzie izolacja jest narażona na uszkodzenia mechaniczne. Bardziej korzystna jest w takich warunkach izolacja gumowa, nie jest ona jednak odporna na wysokie temperatury.

Sposób drugi, tj. izolowanie ochronne miejsca pracy, polega na ułożeniu chodników izolacyjnych z linoleum, gumy, pomostów drewnianych itp. Środki te mogą być jednak tylko wtedy traktowane jako izolacja ochronna, gdy w pobliżu, tj. w zasięgu

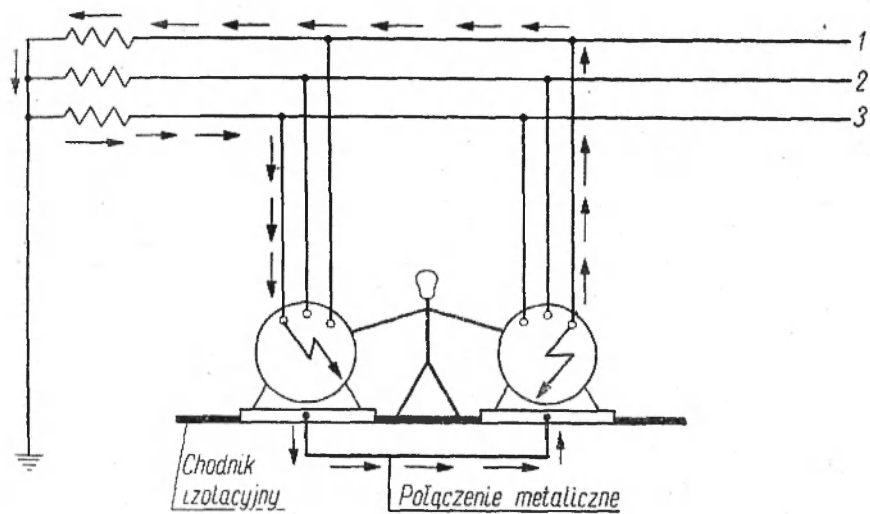
ręki, nie znajduje się jakiś inny przedmiot metalowy połączony z ziemią, np. rury wodociągu, gazociągu lub centralnego ogrzewania. W takich bowiem warunkach powstaje bardzo poważne niebezpieczeństwo porażenia, jak to ilustruje rysunek 20. Również w tych przypadkach, gdy w pobliżu znajdują się inne urządzenia elektryczne, równoczesne dotknięcie dwóch znajdujących się obok siebie urządzeń może wywołać porażenie, mimo tego że osoba dotykająca stoi na chodniku izolacyjnym. W razie uszkodzenia izolacji w obu urządzeniach, osoba dotykająca może się znaleźć



Rys. 21

pod działaniem pełnego napięcia międzyprzewodowego (skojarzonego), jak to ilustruje rysunek 21, pomimo że punkt zerowy jest uziemiony.

Aby uniknąć tego rodzaju wypadków, przy izolowaniu miejsca pracy należy wszystkie znajdujące się w zasięgu ręki metalowe przedmioty, jak ogrodzenia, rury wodociągu i inne części maszyn napędzane przez silniki elektryczne oraz korpusy silników połączyć ze sobą metalicznie. W takich warunkach niebezpieczeństwo porażenia odpada, gdyż między poszczególnymi częściami metalowymi nie ma napięcia wskutek połączeń metalicznych (rys. 22).

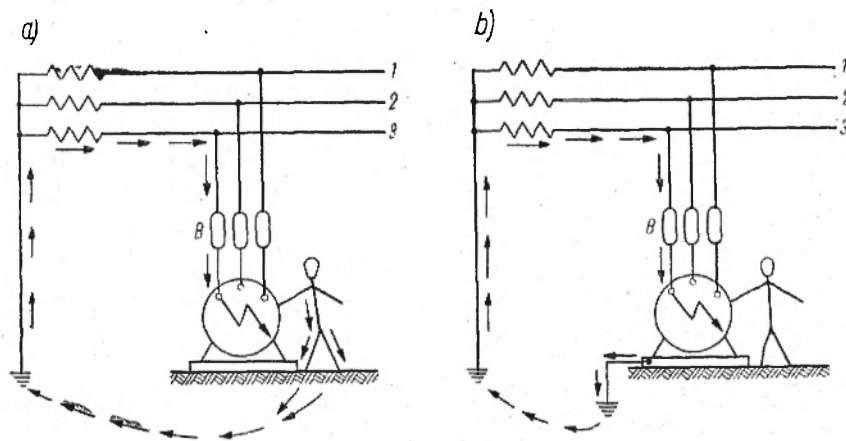


Rys. 22

#### 4. UZIEMIENIA OCHRONNE

W pomieszczeniach przemysłowych stosuje się na ogół inne sposoby ochrony, między innymi — uziemianie.

Uziemienia ochronne wykonuje się przez połączenie metalowych, nie będących normalnie pod napięciem, części urządzeń



Rys. 23

elektrycznych z ziemią. Takie więc części, jak np. korpusy maszyn, osłony aparatów oraz konstrukcje stalowe, na których umieszczone są urządzenia elektryczne, łączy się metalicznie z tzw. uziomem, tj. płytą lub rurą wbitą do ziemi albo z rurą sieci wodociągowej.

Zasada działania uziemienia ochronnego przedstawiona jest na rysunku 23. Jeżeli wskutek uszkodzenia izolacji któregośkolwiek przewodu nastąpi przerzut napięcia na część normalnie nie znajdującą się pod napięciem względem ziemi (jak np. korpus maszyny lub metalową osłonę aparatu), to człowiek dotykający tej części narażony jest na porażenie, gdyż ciało jego stanowi drogę przepływu prądu do ziemi (rys. 23a). Jeżeli osłonę aparatu czy korpus maszyny uzielimy (jak na rys. 23b), to przy małej oporności uziemienia staje się ono bardzo dogodnym pomostem dla przepływu prądu do ziemi, przez ciało zaś człowieka przepływa prąd bardzo mały, i to tym mniejszy, im mniejsza jest oporność uziemienia ochronnego.

Drugim zadaniem uziemienia ochronnego jest, aby — dzięki małej oporności uziemienia — prąd płynący do ziemi był dostatecznie duży do zadziałania wyłącznika nadmiarowego lub do stopienia bezpiecznika (B); to zaś dzięki przerwaniu obwodu prądu wyłącza urządzenie spod napięcia.

Im większej mocy są obiekty chronione za pomocą uziemienia, tym mniejsza powinna być oporność uziemienia, aby zabezpieczenia wyłączające zadziałały.

Uzyskanie niezawodnie działających uziemień o małej oporności jest w praktyce bardzo trudne, toteż uziemienie indywidualne korpusu silnika większej mocy (o prądzie roboczym ponad 25 amperów) jest na ogół mało pewnym środkiem ochrony.

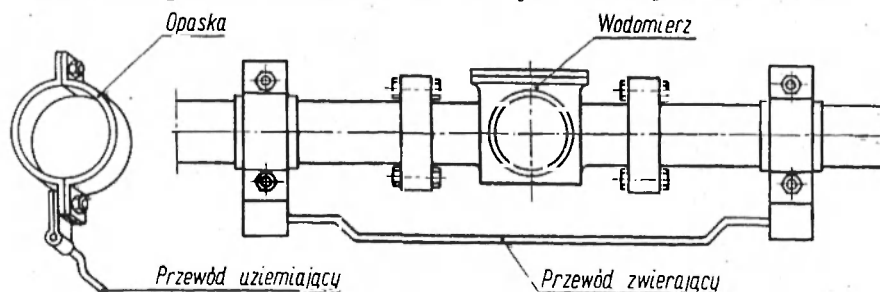
**W y k o n y w a n i e u z i e m i e ń o c h r o n n y c h.** Szczególnie korzystnym sposobem uziemienia jest przyłączenie do sieci wodociągowej, gdyż dzięki dużej powierzchni styczności rur z ziemią sieć taka ma małą oporność względem ziemi.

Przyłączenie przewodów uziemiających do rur wodociągowych wykonuje się w taki sposób, aby prąd płynący wskutek uszkodzenia do ziemi omijał wodomierz i główny zawór. W tym celu łączy się rury po obu stronach wodomierza i zaworu za pomocą opasek z blachy ocynkowanej lub mosiężnej oraz przewodu miedzianego o średnicy co najmniej 16 mm<sup>2</sup> (rys. 24).

Przed użyciem sieci wodociągowej do uziemienia należy sprawdzić rodzaj i sposób łączenia rur. Rury wykonywane z tworzyw sztucznych (np. z winiduru) nie nadają się na uziemienie. Podob-

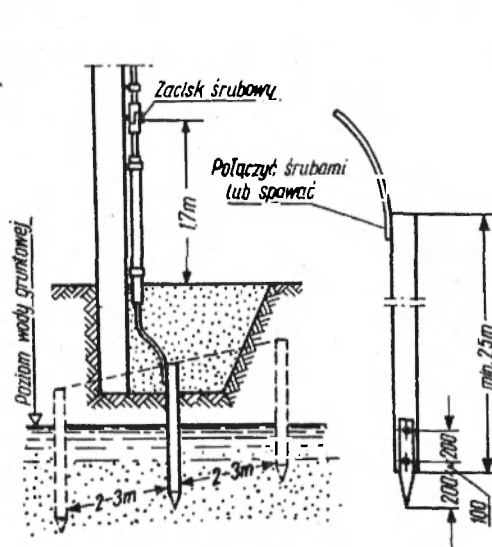
nie rury uszczelniane w miejscach połączeń gumą lub owinięte dla ochrony przed korozją taśmą jutową nie nadają się na uziemienia.

Jeżeli w pobliżu obiektów chronionych brak jest sieci wodo-

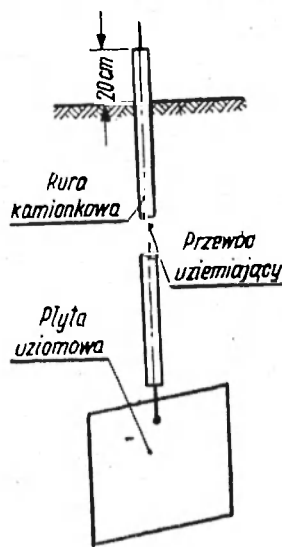


Rys. 24

ciągowej, nie należy korzystać z rur sieci centralnego ogrzewania, gdyż nie gwarantują one małej oporności uziemienia. Przyłączenie do rur sieci gazowej jest w ogóle wzbronione przepi-



Rys. 25

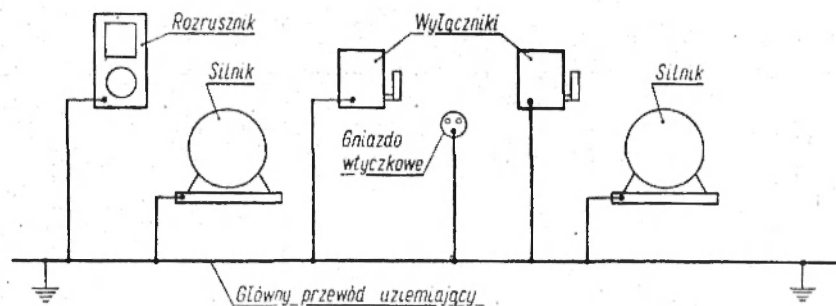


Rys. 26

sami. W takich warunkach stosuje się uziemienie za pomocą uziomów sztucznych, najczęściej rurowych lub płytowych.

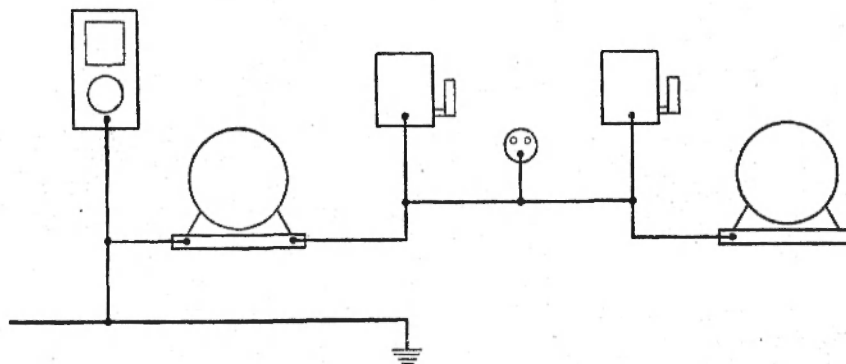
Uziom rurowy (rys. 25) składa się z paru rur stalowych długości 2,5 do 3 m i średnicy 2 do 2,5 cala, wbitych w ziemię w odstępach 2 do 3 m i połączonych ze sobą metalicznie. Rury powinny być wbite do głębokości poniżej poziomu wody gruntowej.

Uziom płytowy (rys. 26) jest to płyta z blachy ocynkowanej na gorąco (o powierzchni co najmniej 1 m<sup>2</sup> i grubości 3 do 5 mm),



Rys. 27

którą umieszcza się pionowo w ziemi na głębokości 2 do 3 m, a nawet głębiej, jeżeli poziom wód gruntowych jest niższy. Przy-spawany do takiej płyty przewód uziemiający powinien mieć przekrój co najmniej 16 mm<sup>2</sup>, jeżeli wykonany jest z miedzi, lub



Rys. 28

średnicę nie mniejszą niż 6 mm, jeżeli jest z drutu stalowego, albo wymiar 48×4 mm, gdy wykonany jest z taśmy stalowej. Przewody stalowe powinny być ocynkowane. Przewód uziemiający wyprowadza się nad ziemię przez rurę kamionkową o śred-

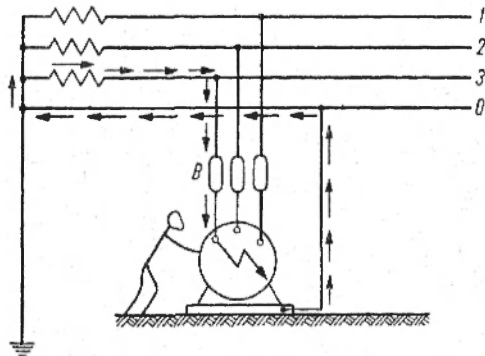
nicy około 100 mm (wystająca 15 do 20 cm nad ziemię), przez którą doprowadza się podczas suszy wodę do uziomu, aby utrzymać jego wilgotność, a zarazem małą oporność uziemienia. Płytę uziomową obsypuje się mieszaniną z ziemi, drobnego koksu i soli bydlęcej, aby zachować możliwie dużą wilgotność w tym miejscu.

Jeżeli w jednym pomieszczeniu znajduje się kilka lub kilkanaście urządzeń, które mają być uziemione, wtedy należy poprowadzić jeden główny przewód uziemiający i do tego przewodu doprowadzić przewody uziemiające od poszczególnych urządzeń oddzielnie. Wskazane jest, aby główny przewód uziemiający był uziemiony w dwu różnych miejscach (rys. 27). Połączenia przewodów powinny być raczej spawane, bo połączenia lutowane i śrubowe są zawodne. Przedstawiony na rysunku 28, dość często stosowany sposób grupowego uziemienia przez kolejne, tzw. szeregowo łączenie urządzeń i wspólne odprowadzenie do głównego przewodu uziemiającego jest niedopuszczalny. Każde urządzenie powinno być oddzielnie przyłączone do głównego przewodu uziemiającego. Oczywiście połączenia między poszczególnymi obiektami chronionymi nie są przy tym nie tylko zabronione, lecz są nawet zalecane.

## 5. ZEROWANIE

Trudności uzyskania małej oporności uziemienia w indywidualnych uziemieniach ochronnych sprawiły, że obecnie stosuje się coraz częściej inny sposób ochrony (przed niebezpieczeństwem powstającym przy przerzucie napięcia na części nie będące normalnie pod napięciem), a mianowicie — zerowanie. Jednakże sposób ten można stosować jedynie w niskonapięciowych sieciach trójfazowych z przewodem zerowym (czteroprzewodowych). O sieciach takich była mowa w rozdziale II (rys. 13).

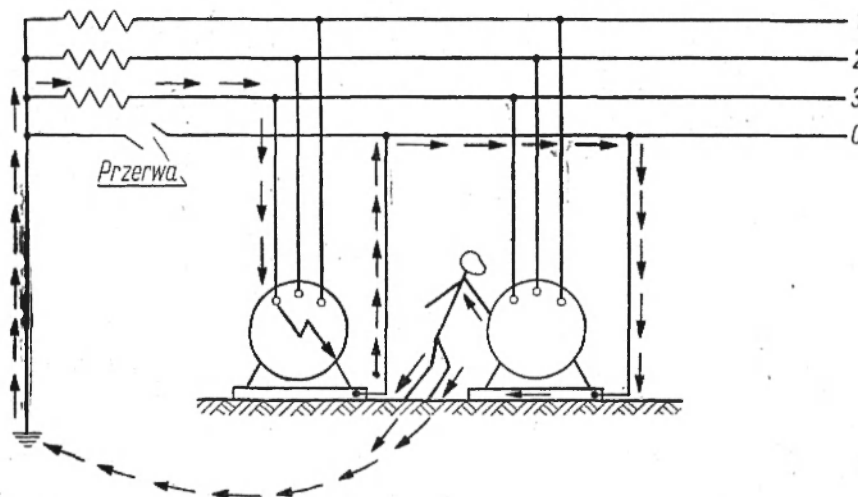
Zerowanie (rys. 29) polega na połączeniu części podlegających ochronie (korpusów maszyn, metalowych osłon aparatów itp.) z przewodem zerowym, który jest uziemiony zarówno w punkcie zerowym



Rys. 29

transformatora, jak i w określonych odstępach na linii zasilającej. W razie zwarcia któregośkolwiek przewodu fazowego (na rys. 29 przewód 3) z częścią zerowaną, zamyka się obwód złożony z samych elementów metalowych, a więc obwód o bardzo małej oporności. Dzięki temu prąd zwarcia płynący w obwodzie jest zazwyczaj dostatecznie duży, aby wywołać natychmiastowe zadziałanie wyłącznika nadmiarowego lub stopienie wkładki bezpiecznikowej (B), a tym samym wyłączenie uszkodzonego urządzenia spod napięcia.

Przy zerowaniu rzeczą szczególnie ważną jest troska o ciągłość przewodu zerowego. W razie przzerwania przewodu zerowego mogą doznać porażenia ludzie zatrudnieni przy urządzeniach nie-



Rys. 30

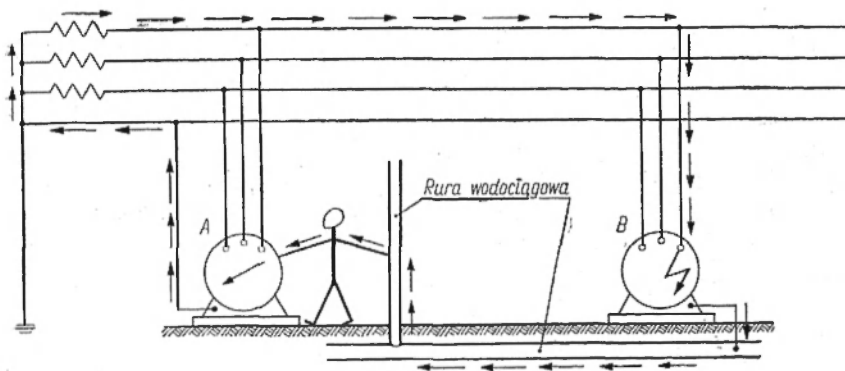
uszkodzonych przyłączonych do tego samego przewodu zerowego; jest to pokazane na rysunku 30: wskutek przerwy w przewodzie zerowym korpus nieuszkodzonego silnika znalazł się pod napięciem, gdyż nastąpił przerzut napięcia z uszkodzonego silnika przyłączonego do tego samego przewodu zerowego.

Opisane niebezpieczeństwo jest tym bardziej groźne, że może trwać przez długi czas niedostrzeżone, gdyż przerwanie przewodu zerowego nie pociąga za sobą żadnych zmian dostrzegalnych w pracy silników przyłączonych do tak uszkodzonej sieci.

Jeżeli szereg odbiorników zasilanych jest z tej samej sieci czteroprzewodowej, to nie wolno jednych odbiorników zerować,

a inne tylko uziemiać; wszystkie uziemione części muszą być połączone z przewodem zerowym. W przeciwnym razie mogą powstać na częściach chronionych niebezpieczne napięcia względem ziemi lub między częściami chronionymi.

Przykład wypadku z powyższej przyczyny przedstawiony jest na rysunku 31. Jak widać, silnik *A* jest zerowany, silnik zaś *B*, zasilany z tej samej sieci, jest uziemiony przez połączenie z rurą wodociągową. Wskutek uszkodzenia izolacji jednej z faz silnika *B*



Rys. 31

nastąpił przerzut napięcia na korpus tego silnika. Pracownik obsługujący silnik *A* dotknął jednocześnie przypadkowo rury wodociągowej; wskutek tego nastąpił przepływ prądu, oznaczony strzałkami na rysunku, i porażenie prądem pracownika. Przedstawiona tu została tylko jedna z licznych możliwości porażenia w razie jednoczesnego zastosowania uziemień i zerowań odbiorników zasilanych z tej samej sieci. Należy jak najusilniej przestrzec przed tego rodzaju nieprzepisowym postępowaniem.

W praktyce spotyka się również zerowanie szeregu odbiorników wykonywane w ten sposób, że korpusy ich czy też metalowe osłony są ze sobą kolejno metalicznie połączone, a dopiero ostatni odbiornik jest połączony z przewodem zerowym. Taki sposób zerowania jest nieprawidłowy. W poprawnym wykonaniu każdy chroniony odbiornik powinien być oddzielnie przyłączony do przewodu zerowego.

## 6. WYŁĄCZNIKI OCHRONNE

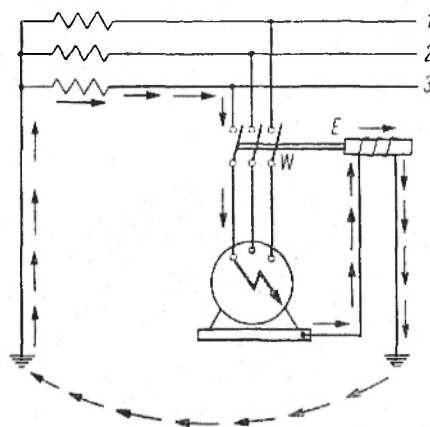
Wadą uziemień ochronnych jest konieczność utrzymania oporności uziemienia na bardzo niskim poziomie, a warunkiem sku-

teczności zerowania jest bezwzględna ciągłość przewodu zerowego. Wadą zerowania jest również to, że prąd zwarciowy nie zawsze jest dostatecznie duży, aby mógł natychmiast stopić bezpiecznik lub wywołać zadziałanie wyłącznika samoczynnego.

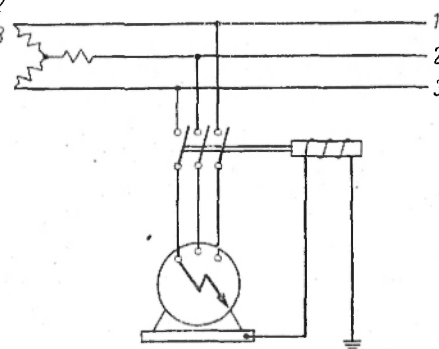
Dotrzymanie tych warunków jest na ogół niełatwe, a niekiedy wręcz niemożliwe. Niedogodności tych można uniknąć stosując zamiast uziemień czy zerowania wyłączniki ochronne.

Uproszczony schemat wyłącznika ochronnego przedstawiony jest na rysunku 32. Zasada działania wyłącznika jest prosta: jeżeli izolacja jednego z przewodów (np. fazy 3) zostanie uszkodzona i nastąpi przerzut napięcia na korpus, to przez cewkę elektromagnesu  $E$  popłynie prąd do ziemi: wskutek przepływu prądu przez cewkę rdzeń elektromagnesu zostanie wciągnięty do cewki to zaś wywoła otwarcie wyłącznika  $W$ , a przez to uszkodzone urządzenie zostanie wyłączone natychmiast spod napięcia.

Zaletą wyłączników ochronnych jest to, że mogą pracować niezawodnie przy bardzo dużych opornościach uzziemienia (rzędu kilkuset omów) i że mogą być stosowane zarówno w sieciach z uzziemionym jak i nieuziemionym punktem zerowym.



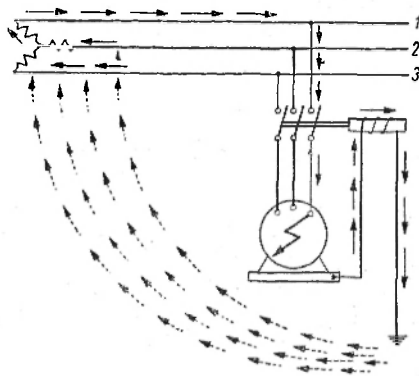
Rys. 32



Rys. 33

Działanie wyłącznika ochronnego w sieci z uzziemionym punktem zerowym zostało zilustrowane na rysunku 32. Sprawa działania takiego wyłącznika w sieci z nieuziemionym punktem zerowym wymaga oddzielnego wyjaśnienia. Jak widać z rysunku 33, w sieci takiej, w razie uszkodzenia izolacji jednej z faz odbiornika i połączenia jej z korpusem, nie tworzy się w zasadzie zamknięty obwód prądu, a więc wyłącznik ochronny nie może

zadziałać. W istocie jednak na ogół tak nie jest. Izolacja przewodów łączących źródło prądu z odbiornikami nie jest nigdy idealna. Oporność tej izolacji względem ziemi zależy od rozległości sieci. W sieciach rozleglejszych oporność izolacji przewodów względem ziemi jest mniejsza. Wskutek tej niedoskonałości izolacji przewodów względem ziemi, w razie przerzutu napięcia na uziemiony korpus, następuje przepływ prądu przez ziemię, jak to ilustruje rysunek 34. Natężenie tego prądu w sieciach o dobrym stanie izolacji i niewielkiej rozległości jest tak małe, że nie może wywołać zadziałania wyłącznika. W takich warunkach jednak napięcie między korpusem a ziemią jest przeważnie tak małe, że nie może zagrażać porażeniem. Jeżeli izolacja sieci jest wadliwa, to napięcie dotykowe może być dostatecznie duże, aby nastąpiło porażenie, ale wtedy i prąd płynący do ziemi jest tak znaczny, że wywołuje zadziałanie wyłącznika ochronnego. W ten sposób wyłącznik taki spełnia swoje zadanie również w sieciach z nieziemionym punktem zerowym.



Rys. 34

Wobec tych zalet wyłączniki ochronne należałoby powszechnie zalecić do stosowania. Są one jednak dość kosztowne, a przy tym delikatne, wymagają więc troskliwej i fachowej opieki.

#### 7. NAPIĘCIE OBNIŻONE

Opisane środki ochrony stosuje się przede wszystkim w urządzeniach zainstalowanych na stałe. Można je stosować także do przenośnych aparatów i przyrządów elektrycznych oraz do elektrycznych narzędzi ręcznych, jeżeli praca odbywa się w pomieszczeniach bezpiecznych. Przez pomieszczenia bezpieczne (niezagrożone) rozumie się pomieszczenia suche, opalane, nie zawierające pyłów przewodzących oraz gazów i par żrących, uziemionych mas metalowych w pobliżu miejsc pracy, o podłodze nie przewodzącej prądu (podłoga drewniana, podłoga pokryta linoleum itp.) i o normalnej temperaturze otoczenia.

Uziemienie lub zerowanie wystarcza dla urządzeń zainstalowanych na stałe w pomieszczeniach o zwiększonym

niebezpieczeństwie porażenia, tj. wykazujących jedną z wyżej wymienionych cech zwiększających niebezpieczeństwo porażenia.

Jeżeli chodzi o posługiwanie się przenośnymi aparatami i urządzeniami ręcznymi w takich miejscach, to prócz uziemienia lub zerowania należy stosować dodatkowe środki ochronne (rękawice lub obuwie ochronne, albo dywaniki izolacyjne).

Środki takie nie wystarczają przy posługiwaniu się aparatami przenośnymi i narzędziami ręcznymi w pomieszczeniach (i na miejscach) szczególnie niebezpiecznych pod względem porażenia, tj. takich, w których występują równocześnie co najmniej dwie z wymienionych cech zwiększających niebezpieczeństwo porażenia, a nawet tylko jedna z następujących cech: zawartość w powietrzu pyłów przewodzących lub par albo gazów żrących.

W takich warunkach przepisy wymagają, aby aparaty i narzędzia ręczne były zasilane obniżonym napięciem, o którym już była mowa w rozdziale III. 2.

Przepis ten obowiązuje oczywiście w zastosowaniu do aparatów i przyrządów w obudowie metalowej.

Obniżone napięcie czerpiemy albo z normalnej sieci poprzez transformatorów bezpieczeństwa, który jest opisany w rozdziale V. 4, albo z akumulatora.

#### 8. ZABEZPIECZENIA NADMIAROWE

O zabezpieczeniach nadmiarowych, tj. wyłącznikach nadmiarowych i bezpiecznikach topikowych, wspominaliśmy już przy omawianiu uziemień ochronnych i zerowania. Stwierdziliśmy tam, że zabezpieczenia te powinny zadziałać, jeżeli powstanie prąd doziemny (uziemienie) lub zwarciowy (zerowanie).

Nie jest to jednak jedyne zadanie zabezpieczeń nadmiarowych. Zasadniczym ich zadaniem jest niedopuszczenie do nadmiernego nagrzewania się przewodów, a więc zapobieganie pożarom i wybuchom. Ponieważ nagrzanie przewodów nie następuje w sposób nagły, przeto i zadziałanie bezpieczników nie jest natychmiastowe. Tak np. bezpieczniki topikowe powinny przepalać się w czasie nie dłuższym od kilku do kilkunastu sekund, jeżeli w ciągu tego czasu płynie przez nie prąd 2,5-krotnie większy od tego prądu, jaki dany bezpiecznik powinien trwale wytrzymywać.

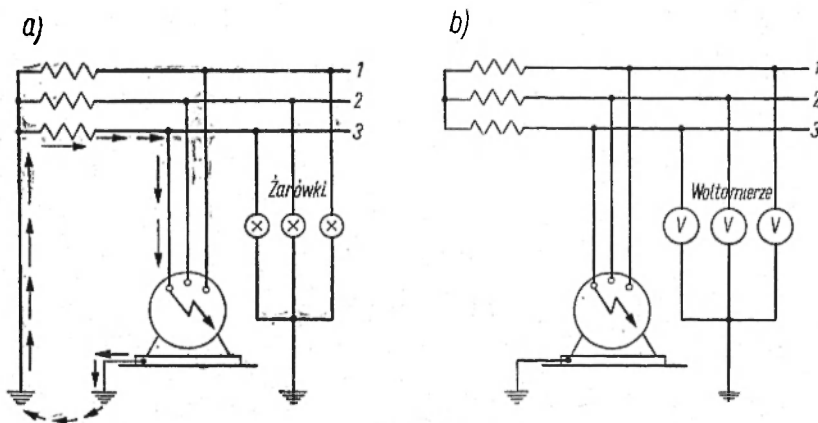
Wyłączniki nadmiarowe są o tyle korzystniejsze od bezpieczników topikowych, że dają możliwość dostosowania czasu wyłączenia do warunków ruchowych. Szczególnie przy małych opornościach uziemień (rzędu 0,1 do 2 omów) mogą one reagować w cza-

się ułamka sekundy, co ze stanowiska bezpieczeństwa pracy jest bardzo pożądane. Skutki porażenia prądem są bowiem tym poważniejsze, im dłużej człowiek pozostaje pod działaniem prądu. Jeżeli prąd przepływa przez ciało ludzkie nie dłużej niż 0,2 sekundy, to nie powoduje on zazwyczaj poważniejszych następstw w ustroju ludzkim.

### 9. SYGNALIZACJA STANU IZOLACJI

Jak już zaznaczyliśmy, w razie niezadziałania zabezpieczeń nadmiarowych, napięcie przerzutu wywołanego wadą izolacji może się utrzymywać przez dłuższy czas na części chronionej i zagrażać zdrowiu i życiu otoczenia. Zdarza się to zwłaszcza w sieciach z izolowanym (nieziemionym) punktem zerowym. Jednym ze środków mogących skutecznie temu zapobiec jest sygnalizacja stanu izolacji.

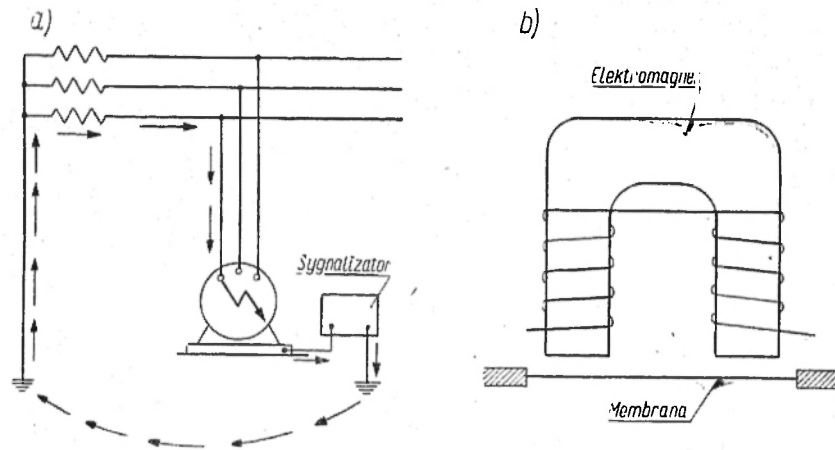
Schemat urządzenia służącego do tego celu przedstawiony jest na rysunku 35b. Rysunek 35a dotyczy sieci z uziemionym punk-



tem zerowym transformatora. Między każdą fazą a ziemią włączona jest żarówka na napięcie fazowe. Jeżeli izolacja sieci jest w porządku, to wszystkie żarówki świecą jednakowo jasno. Jeżeli izolacja jednej z faz zostanie uszkodzona, to żarówka przyłączona do tej fazy przygasa, natomiast pozostałe świecą jasno. W sieciach z izolowanym punktem zerowym zamiast żarówek stosuje się neonówki lub woltomierze o dużej oporności.

Można również użyć jednego woltomierza z opornikiem dodatkowym o znacznej oporności, przyłączanego kolejno do poszczególnych faz.

Na rysunku 36 przedstawiony jest akustyczny sygnalizator stanu izolacji (pomysł R. Barańskiego — Katowice). Sygnalizator taki włącza się między częścią chronioną a uziomem (rys. 36a), podobnie jak wyłącznik ochronny. Sygnalizatorem może być



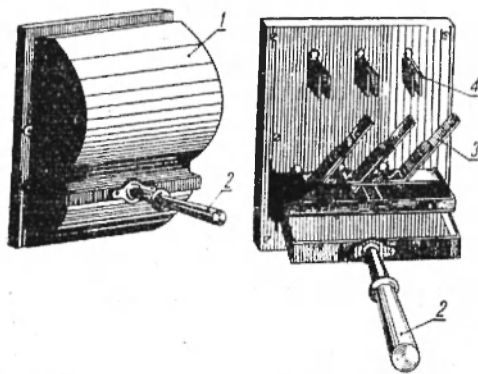
Rys. 36

brzęczyk na prąd zmienny (rys. 36b), głośnik radiowy lub dzwonek elektryczny. Dzięki dużej oporności takich sygnalizatorów mogą one reagować nawet przy stosunkowo dużych opornościach uziemienia (rzędu kilkuset omów). Oczywiście natężenie dźwięku sygnalizatora jest tym silniejsze, im wyższe jest napięcie dotyku. Jest to korzystne z tego względu, że przy wyższych, a więc niebezpieczniejszych, napięciach dotykowych zwraca prędzej uwagę personelu obsługującego.

Ponieważ polskie przepisy zabraniają włączania w przewód uziemiający jakichkolwiek urządzeń, przeto w przypadku zastosowania opisanych urządzeń sygnalizacyjnych należy wykonać ponadto normalne uziemienie chronionych urządzeń. Urządzenie sygnalizacyjne musi być przy tym bardzo czułe, żeby mogło działać i przy małych napięciach dotykowych, występujących przy dobrze wykonanych uziemieniach ochronnych.

## 10. BLOKADA URZĄDZEŃ POD NAPIĘCIEM

Zdarza się, że osoby niepowołane otwierają skrzynki z bezpiecznikami lub zdejmują osłony z wyłączników czy z innych aparatów i przyrządów. Dotknięcie odsłoniętych w ten sposób zacisków będących pod napięciem, grozi poważnymi skutkami dla osoby dotykającej.

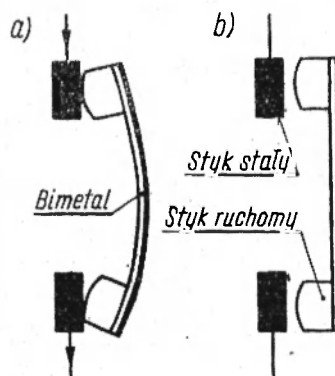


Rys. 37

W celu zapobieżenia tego rodzaju niebezpieczeństwom stosuje się niekiedy blokadę osłon. Blokada taka polega na tym, że osłony nie można zdjąć dopóty, dopóki urządzenie nie zostanie wyłączone spod napięcia. Przykład blokady podany jest na rysunku 37, przedstawiającym wyłącznik nożowy z osłoną blokującą (konstrukcji radzieckiej).

Osłony 1 nie można zdjąć, dopóki za pomocą rączki 2 noże 3 nie zostaną wyciągnięte ze szczęk 4 i nie będą w ten sposób pozbawione napięcia. Jednak szczęki 4 pozostają nadal pod napięciem i dotknięcie ich grozi porażeniem.

Innym przykładem przyrządu blokującego jest czujnik bimetalowy do zabezpieczenia silników przed nadmiernym nagraniem (rys. 38). Jeżeli silnik nie osiągnął nadmiernej temperatury, wstążka bimetalowa, do której przymocowane są styki ruchome, pozostaje wygięta; wobec tego styki stałe stykają się z ruchomymi (rys. 38a). W razie nadmiernego nagrzania silnika wstążka bimetalowa pod wpływem wzrostu temperatury wyprostowuje się i między stykami stałymi i ruchomymi powstaje przerwa (rys. 38b). Wywołuje to przerwanie obwodu sterującego wy-



Rys. 38

łącznika; ponowne włączenie jest możliwe dopiero po ostygnięciu silnika, gdy wstążka bimetalowa przybierze z powrotem kształt wygięty.

#### 11. OZNACZENIA BARWNE

Nawet dobrze konserwowane urządzenia ochronne mogą niekiedy zawieść, toteż należy ostrzec wszystkich pracowników, aby nie dotykali urządzeń elektrycznych, bowiem także części nie wiodące normalnie prądu mogą się przypadkowo znaleźć pod napięciem względem ziemi. Aby pracownikom wyraźnie wskazać, które to są urządzenia, zaleca się je malować jedną farbą, np. jasnoniebieską. Dotyczy to zarówno korpusów maszyn elektrycznych, osłon aparatów i innych urządzeń, jak też rur metalowych, w których prowadzone są przewody elektryczne, oraz metalowych konstrukcji będących w styczności z urządzeniami elektrycznymi.

Zdarza się, że osoby niepowołane (zwłaszcza młodzi pracownicy) zdejmują osłony lub otwierają skrzynki, w których znajdują się urządzenia elektryczne (wyłączniki, bezpieczniki itp.), aby przy nich manipulować. Skrzynki takie powinny być zawsze zamknięte na klucz, który powinien znajdować się u osoby odpowiedzialnej za stan urządzeń elektrycznych w zakładzie. Ponadto jednak osłony i skrzynki (zwłaszcza drzwiczki) powinny być pomalowane od wewnątrz jaskrawą pomarańczowożółtą farbą. Barwa ta, rzucając się z daleka w oczy, zwraca uwagę kierownictwa oraz innych pracowników na zdjęcie osłony czy otwarcie skrzynki przez osoby niepowołane.

W celu uniknięcia pomyłek przy uziemianiu i zerowaniu, wskazane jest, aby przewody uziemiające i zerujące różniły się barwą od prowadzonych obok przewodów prądowych.

Główne przewody uziemiające (gołe) lakieruje się na kolor czarny lub szary, a przewody zerowe — na kolor szary w czarne paski poprzeczne.

Prócz zabezpieczenia przed korozją, ma to na celu, aby przewody były z dala widoczne.

Również metalowe osłony przewodów, gołe pancerze i powłoki ołowiane kabli, rurki izolacyjne i pancerne, osłony przewodów szynowych i przewody gołe powinny być — w razie prowadzenia ich po wierzchu — polakierowane lub pomalowane. W pomieszczeniach o wyciewach żrących należy stosować pokrycia odporne na wpływy chemiczne. Barwa pokrycia powinna się różnić od barwy ścian, przewodów rurowych i innych urządzeń.

## 12. AUTOMATYKA I STEROWANIE ZDALNE

A u t o m a t y k ą nazywamy samoczynne dokonywanie czynności, lub szeregu czynności, przez zespół aparatów elektrycznych po nadaniu im odpowiedniego impulsu. Jeżeli impuls nadawany jest ręcznie, to przebieg nazywamy półautomatycznym; jeżeli zaś impuls nadawany jest bez udziału człowieka, przez specjalne urządzenia, to przebieg nosi nazwę pełnoautomatycznego.

S t e r o w a n i e m nazywamy kierowanie przez człowieka procesem produkcyjnym w taki sposób, aby w określonych warunkach otrzymać pożądane efekty. Sterowaniem elektrycznym nazywamy nadawanie sposobem elektrycznym impulsów wywołujących zadziałanie różnego rodzaju aparatów i urządzeń elektrycznych.

Jeżeli np. obserwujemy wskazania amperomierza i zauważymy, że prąd wzrósł nadmiernie, to możemy:

a) przerwać dopływ prądu za pomocą zwykłego wyłącznika nożowego; jest to sterowanie ręczne;

b) przerwać dopływ prądu naciskając na przycisk przyrządu nazywanego stycznikiem: słaby impuls nadany palcem wyzwala w styczniku energię wystarczającą do przzerwania obwodu; jest to sterowanie półautomatyczne.

Istnieje jednak trzecia możliwość, a mianowicie — zainstalowanie wyłącznika nadmiarowego. Jest to wyłącznik samoczynny, gdyż przerywa dopływ nadmiernego prądu bez potrzeby obserwacji lub jakiegokolwiek działania ze strony człowieka. Jest to zatem sterowanie automatyczne.

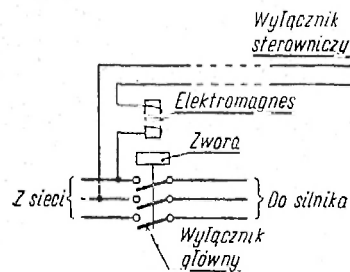
Sterowanie automatyczne przyczynia się oczywiście znakomicie do zwiększenia bezpieczeństwa pracy, nie wszędzie jednak przy obecnym stanie techniki może znaleźć zastosowanie.

Innym, zasługującym na uwagę ze stanowiska bezpieczeństwa pracy, sposobem sterowania jest s t e r o w a n i e z d a l n e. Stosuje się je wtedy, gdy obserwację procesów produkcyjnych można usunąć poza pomieszczenia produkcji. Wskazania przyrządów pomiarowych zainstalowanych przy urządzeniach produkcyjnych przekazywane są wówczas na drodze elektrycznej do oddzielnego pomieszczenia, zwanego n a s t a w n i ą lub dyspozytornią. Prócz przyrządów pomiarowych (wtórnych), w nastawni mogą być zainstalowane również telewizory. Obserwując wskazania przyrządów i ekrany telewizorów, człowiek może za pomocą urządzeń sterowniczych, ustawionych w nastawni, sterować zdalnie procesami produkcyjnymi odbywającymi się w odległych miejscach.

Automatyka i sterowanie zdalne rozwinęły się najsilniej

w energetyce i w trakcji elektrycznej, jednak i w przemyśle znajdują one coraz powszechniejsze zastosowanie, przyczyniając się znakomicie do zwiększenia bezpieczeństwa pracy.

Typowym przyrządem automatycznym jest wyłącznik samoczynny, opisany poniżej w rozdziale V. 3.



Rys. 39

Typowy układ sterowania zdalnego przedstawiony jest na rysunku 39. Służy on do sterowania silnikiem znajdującym się z dala od nastawni. Przez zamknięcie wyłącznika sterowniczego, znajdującego się w nastawni, wywołujemy przepływ prądu przez cewkę elektromagnesową; wskutek tego zwora będzie przyciągnięta

ta i związany z nią wyłącznik główny zostanie zamknięty, to zaś uruchomi silnik. Jeżeli chcemy wyłączyć silnik, wystarczy otworzyć wyłącznik sterowniczy, prąd w elektromagnesie zostaje przerywany, zwora odpada, a więc wyłącznik główny zostaje otwarty i silnik zostaje pozbawiony napięcia.

### 13. SPRZĘT OCHRONY OSOBISTEJ

Opisane powyżej środki zapewniają w pełni bezpieczeństwo pracy przy posługiwaniu się urządzeniami elektrycznymi, jeżeli są właściwie skonstruowane, wykonane poprawnie i z dobrych materiałów, prawidłowo zainstalowane i eksploatowane. Dotrzymanie tych wszystkich warunków jest bardzo trudne, toteż urządzenia elektryczne ulegają nieraz uszkodzeniom, które wymagają naprawy.

Należy tu ostrzec wszystkich przed naprawą urządzeń elektrycznych we własnym zakresie, zwłaszcza że w istocie urządzenia elektryczne są o wiele bardziej skomplikowane niż to podają opisy, które z natury rzeczy są uproszczone. Toteż naprawa przez osoby do tego nieupoważnione bywa często przyczyną strat materialnych, a nieraz przyczyną pożarów, wybuchów i wypadków z ludźmi.

Uszkodzone urządzenia elektryczne i sprzęt elektryczny należy zawsze oddawać do naprawy kwalifikowanym osobom do tego upoważnionym lub wykonywać je pod nadzorem takich osób.

To samo dotyczy wszelkich zmian w urządzeniach elektrycznych, m.in. takiej prostej — wydaje się — czynności, jak wymiana bezpieczników.

Prace naprawcze przy uszkodzonych urządzeniach wymagają również bardzo wysokich kwalifikacji, choćby z tego względu, że urządzenia wyłączone pozornie spod napięcia mogą pozostawać pod napięciem. Personel upoważniony do naprawy takich urządzeń zaopatrzone jest w odpowiedni sprzęt probierczy (wskaźniki napięcia) i umie się nim posługiwać. Ponadto używa innych środków ochrony osobistej, jak rękawice i kalosze dielektryczne, narzędzia izolowane oraz dywaniki gumowe i pomosty izolujące.

Dla ogółu pracowników zatrudnionych w zakładzie, sprzęt ochrony osobistej jest w zasadzie zbędny. Używać go jednak powinni ci pracownicy, którzy mają to wyraźnie nakazane, jak np. spawacze łukowi i osoby posługujące się elektrycznymi narzędziami ręcznymi w miejscach o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia. Ponadto sprzęt ochrony osobistej może oddać cenne usługi w ratownictwie porażonych prądem. Z tego względu w każdym zakładzie, w miejscu dostępnym, powinny się znajdować: przynajmniej jedna para rękawic gumowych i kaloszy oraz dywanik gumowy.

## V. CZĘŚCI URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

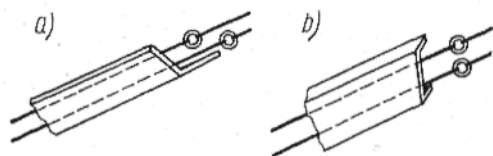
Bezpieczeństwo pracy przy posługiwaniu się urządzeniami elektrycznymi w dużym stopniu zależy od właściwego doboru instalacji oraz prawidłowego zabezpieczenia takich części, jak: przewody i kable, sprzęt instalacyjny i łączeniowy oraz przyrządy sterownicze i zabezpieczające.

### 1. PRZEWODY I KABLE

Energię elektryczną do odbiorników doprowadza się za pomocą przewodów (z miedzi lub aluminium), które mogą być gołe lub izolowane, w postaci drutu lub linki.

Ze stanowiska bezpieczeństwa pracy przewody miedziane są korzystniejsze niż aluminiowe. Ze względu na deficyt miedzi coraz częściej stosuje się jednak przewody aluminiowe. Mają one m.in. tę wadę, że miejsca połączeń nie spawanych są w nich mniej pewne niż w przewodach miedzianych, toteż wymagają częstego i skrupulatnego sprawdzania.

Przewody gołe stosowane są w liniach napowietrznych, a niekiedy w budynkach, mianowicie w pomieszczeniach, w których panują wyziewy chemiczne mogące uszkodzić izolację. W takich pomieszczeniach przewody gołe prowadzi się na gałkach porcelanowych, umieszczonych na ścianach, w pobliżu sufitu lub na suficie. Przewody takie umiesz-



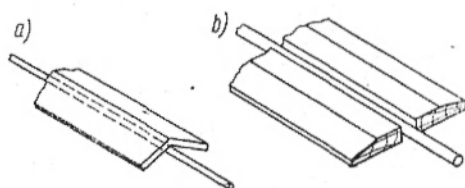
Rys. 40

cza się wprowadzie poza normalnym zasięgiem rąk osób przechodzących, jednak zdarzają się wypadki porażenia wskutek dotknięcia do przewodów długimi metalowymi prętami lub rurami przenoszonymi przez robotników. Z tego względu przewody takie powinny być osłonięte za

pomocą rynienek, bądź korytek z drewna lub masy plastycznej (rys. 40). Powinny one być tak obszerne, aby nie dotykały ich przewody.

Jako główne przewody uziemiające oraz zerowe, stosuje się często gołe druty lub płaskowniki stalowe. Części tych przewodów, znajdujące się w ziemi lub na otwartym terenie, powinny być ocynkowane, a części zainstalowane w budynkach powinny być polakierowane, aby nie ulegały korozji.

Niekiedy przewody uziemiające wykonywane są z gołej linki miedzianej lub stalowej, która łatwo może ulec uszkodzeniu mechanicznemu. Aby temu zapobiec, przewody takie w zasięgu ruchu (tj. do wysokości 2 m nad podłogą lub terenem) powinny być prowadzone w rurce.

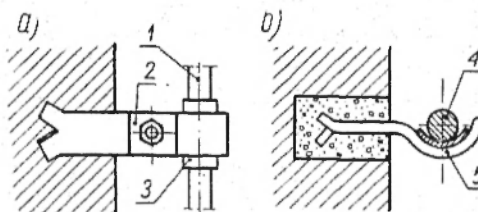


Rys. 41

Przewody izolowane układane na ścianach mogą być prowadzone pod tynkiem, w tynku lub na tynku. W tym ostat-

nim przypadku powinny być ochronione przed uszkodzeniem mechanicznym przez prowadzenie w rurkach stalowych do wysokości 2 m nad podłogą.

Wzmocnionej izolacji wymagają przewody giętkie, stosowane do lamp ręcznych oraz do przenośnych przyrządów i aparatów elektrycznych. Do tego celu stosuje się przewody w grubej izolacji gumowej, tzw. przewody warsztatowe lub oponowe, przystosowane do specjalnie ciężkich warunków ruchu. Mimo tego nie powinno się po nich deptać ani przejeżdżać przez nie wózkami. Z tego względu, w tych przypadkach gdy zachodzi potrzeba przeprowadzenia takich przewodów przez przejścia lub przejazdy, należy je prowadzić górną. Jeżeli jest to niemożliwe, to przewody ułożone na



Rys. 42

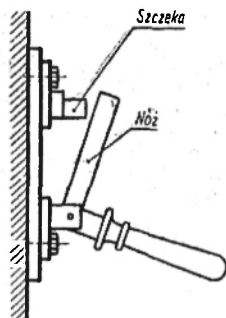
ziemi czy na podłodze należy zabezpieczyć za pomocą daszka lub dwu ściętych ukośnie desek (rys. 41).

Kable są to specjalne przewody przeznaczone do układania w ziemi, z tego względu ich izolacja chroniona jest przed wilgocią za pomocą szczelnej powłoki ołowianej. W budynkach układa się kable w specjalnych kanałach lub też na specjalnych wspornikach przy ścianach lub pod sufitami. Kabli nie należy umocowywać bezpośrednio na murze, gdyż zaprawa wapienna i cementowa działa na nie szkodliwie. Sposoby prawidłowego prowadzenia kabli przy ścianie pokazane są na rysunku 42 (a — prowadzenie pionowe, b — poziome; 1 i 4 — kabel, 2 — uchwyty, 3 — tektura smołowcowana, 5 — hak).

## 2. ŁĄCZNIKI

Łączniki są to przyrządy służące do włączania pod napięcie oraz wyłączania spod napięcia urządzeń elektrycznych albo do przerywania obwodów prądowych. Łączniki mogą być jednobiegunowe i wielobiegunowe; dzieli się je na wyłączniki, przełączniki i łączniki wtyczkowe.

Do włączania i wyłączania silników stosuje się najczęściej wielobiegunowe wyłączniki nożowe (zwane także drążkowymi), złożone z noży wciskanych w sprężyste szczęki stykowe (rys. 43). Wyłączniki takie powinny przerywać prąd we wszystkich fazach i być tak zainstalowane, żeby po otwarciu wyłącznika noże pozostawały bez napięcia. Na rysunku 44 przedstawiono wyłącznik trójbiegunowy, dobrze i źle zainstalowany.

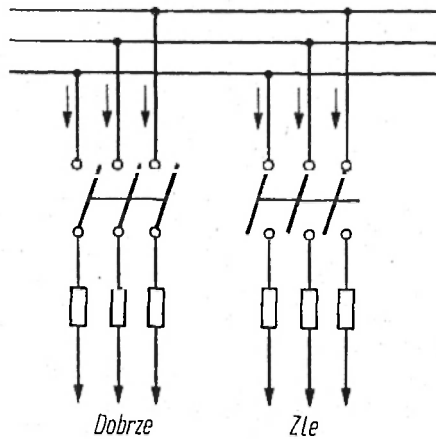


Rys. 43

Do urządzeń oświetleniowych stosuje się wyłączniki jednobiegunowe (pokrętne albo dźwigienkowe). Pamiętać należy, że wyłączniki takie przerywają tylko obwód prądu, lecz w zasadzie nie wyłączają urządzenia spod napięcia, jak to obrazuje rysunek 45. Często zdarzają się z tego powodu wypadki przy wymianie żarówek, gdyż niektórzy sądzą, że przekręcenie wyłącznika wyłącza lampę spod napięcia. Aby wymienić żarówkę w sposób bezpieczny, należy przerwać obwód na obu biegunach przez otwarcie noży wyłącznika dwubiegunowego na tablicy rozdzielczej albo przez wykręcenie obu bezpieczników.

Przełączniki mają za zadanie zmianę połączeń. Stosowane są one zarówno w urządzeniach siły, jak i światła. Typowym przykładem takich przyrządów jest przełącznik oświetleniowy, włączający np. po przekręceniu jedną lampę, po powtórny przekręceniu — drugą lampę, po trzecim — gaszący obie lampy. Również taki przełącznik przerywa obwód prądu, lecz nie wyłącza lamp spod napięcia.

Łączniki wtyczkowe sieciowe służą do łączenia lamp ręcznych i innych odbiorników przenośnych z siecią elektryczną. Łącznik wtyczkowy składa się z gniazda wtyczkowego i wtyczki. Wtyczka zaopatrzona jest w kołki, które wsuwa się do tulejek (połączonych z siecią) w gnieździe wtyczkowym. Gniazda i wtyczki powinny być tak wykonane, aby nie było możliwe włożenie tylko jednego kołka do którejkolwiek z tulejek w gnieździe (rys. 46), gdyż dotknięcie drugiego wolnego kołka groziłoby w takim przypadku porażeniem.

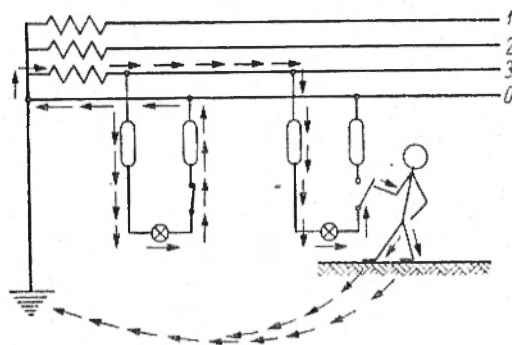


Rys. 44

Korpusy łączników wykonywane są zazwyczaj z bakelitu lub innych izolacyjnych tworzyw plastycznych. Są to materiały kruche i łatwo ulegają uszkodzeniu w ciężkich warunkach pracy. Z tego względu w pomieszczeniach przemysłowych należy stosować masywne gniazda wtyczkowe z żeliwa, a wtyczki powinny mieć korpus z grubej gumy zwulkanizowanej z przewodem opornym.

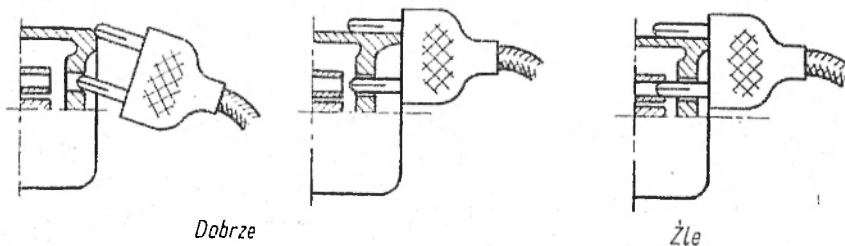
Łączniki wtyczkowe przy odbiornikach są ze względu bezpieczeństwa pracy inaczej skonstruowane niż łączniki wtyczkowe sieciowe. Jak to przedstawia rysunek 47 (1 — przewód, 2 — tulejka giętka, 3 — odciążka, 4 — tulejka prądowa, 5 — korpus nasadki, 6 — kołki, 7 — osłona kołków, 8 — obudowa grzejnika, 9 — zacisk), na grzejniku lub żelazku elektrycznym zamontowane są kołki, na które nakłada się nasadkę wtyczkową połączoną z prze-

wodem oponowym zakończonym normalną wtyczką sieciową. Nasadka powinna być wykonana ze steatytu, gdyż nasadki z bakelitu lub innych tworzyw plastycznych łatwo ulegają uszkodzeniu wskutek wysokiej temperatury, jaka panuje w miejscach połączenia kołków z nasadką.



Rys. 45

Przy wyjmowaniu wtyczki z gniazda czy zdejmowaniu nasadki z kołków nie powinno się szarpać przewodu, gdyż można przez to uszkodzić izolację. Prawidłowy sposób odłączenia wy-



Rys. 46

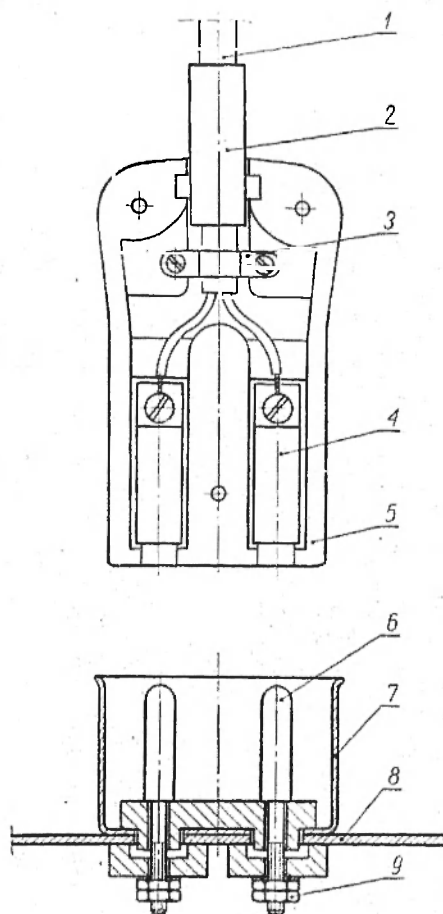
maga ujęcia palcami wtyczki lub nasadki. W celu zapobieżenia uszkodzeniu izolacji przewodu, należy dbać także o to, aby przewód był dobrze zamocowany w specjalnym zacisku odciążającym (odciążce), znajdującym się wewnątrz korpusu wtyczki lub nasadki.

Jeżeli natężenie prądu podczas włączania lub wyłączania jest duże, to powstają przy tych czynnościach iskry tak duże, że zagraża wypadek. Z tego względu przy prądach łączeniowych większych niż 25 A należy stosować łączniki specjalne. Są one tak zbudowane, że włączenie prądu jest możliwe dopiero po włożeniu wtyczki do gniazda.

Zwrócić należy uwagę, że prąd łączeniowy może być wielokrotnie większy od prądu roboczego urządzenia. Tak np. włączenie do sieci silnika asynchronicznego zwartego, pobierającego podczas pracy prąd 5 A, może dać uderzenie prądu o natężeniu 25 A i więcej. Gniazda wtyczkowe z blokującym wyłącznikiem (rys. 48) należy stosować również w pomieszczeniach zagrożonych pożarem lub wybuchem (m. in. w garażach samochodowych), bez względu na natężenie prądu łączeniowego.

W pomieszczeniach wilgotnych należy unikać stosowania wyłączników i gniazd wtyczkowych. Wyłączniki urządzeń umieszczonych w ustępach, łazienkach i umywalniach powinny być umieszczone na zewnątrz tych pomieszczeń. Również gniazd wtyczkowych w tych pomieszczeniach stosować nie należy.

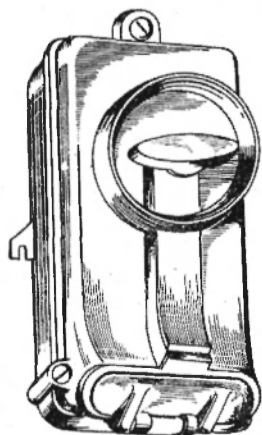
Jeżeli jest to jednak konieczne, wówczas łączniki powinny być wyposażone w styk ochronny.



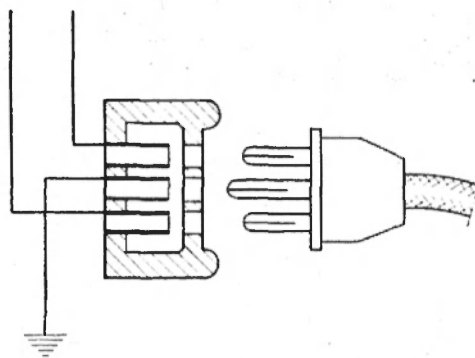
Rys. 47

Dla bezpieczeństwa pracy łączniki ze stykiem ochronnym są szczególnie ważne. Spełniać one mają dwa zadania: łączyć części wiodące prąd do elektrycznego narzędzia czy aparatu przenośnego z siecią, a jednocześnie metalowy korpus tegoż narzędzia czy aparatu — z przewodem uziemiającym lub zerującym.

Łączniki ze stykiem ochronnym (rys. 49) są tak skonstruowane, że oprócz normalnych tulejek, doprowadzających prąd i połączonych z siecią, w gnieździe umieszczona jest dodatkowa tulejka, połączona z przewodem uziemiającym lub zerującym. Wtyczka



Rys. 48

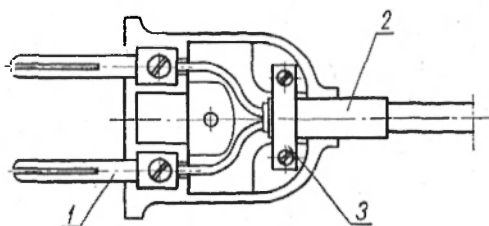


Rys. 49

wyposażona jest odpowiednio w dodatkowy kołek, który połączony jest z korpusem narzędzia czy aparatu poprzez dodatkową żyłę (żyłę ochronną). Żyła taka powinna mieć izolację o odmiennej barwie (czerwonej lub białej) niż pozostałe żyły w przewodzie, aby uniknąć pomyłek przy przełączaniu żył do kołków oraz do aparatu. Aby uniemożliwione było nieprawidłowe łączenie przy włożeniu wtyczki do gniazda, otwory w gnieździe i kołki są odpowiednio rozmieszczone. Kołek ochronny jest zazwyczaj dłuższy (czasem dłuższa jest tulejka ochronna), dzięki temu uziemienie czy zerowanie aparatu odbywa się jeszcze przed włączeniem pod napięcie. Czasem styki ochronne wykonywane są nie w postaci kołków i tulejek, lecz płaskich blaszek sprężynujących.

Ważne jest wykonywanie prawidłowego połączenia przewodu z wtyczką, gdyż w tym miejscu przewód jest najbardziej narażony na zaginanie i przecieranie izolacji. W celu zapobieżenia przesuwaniu się luźnego przewodu w otworze doprowadzającym przewód od wnętrza wtyczki i przecieraniu się w ten sposób izolacji, wewnątrz wtyczki znajduje się specjalny zacisk odciążający (rys. 50), do którego powinien być przewód przymocowany po uprzednim nawinięciu taśmą izolacyjną lub nałożeniu ciasnej rurki gumowej. Śrubki zacisku powinny być dobrze przykręcone (1 — kołek, 2 — rurka uszczelniająca, 3 — zacisk odciążający).

Niedostateczna troska o stan łączników wtyczkowych i przewodów łączeniowych bywa przyczyną wielu wypadków. Najczęstszą przyczyną jest uszkodzenie izolacji przewodu w miejscu wprowadzenia go do wtyczki, toteż przed każdorazowym użyciem przewodu należy zbadać stan jego izolacji i w razie najmniejszego uszkodzenia od razu natychmiast do naprawy. W razie stwierdzenia „elektryzowania” korpusu narzędzia czy aparatu, należy natychmiast przerwać pracę i wezwać pomocy elektryka, gdyż może to być zarówno z przyczyny uszkodzenia odbiornika, jak i wadliwego połączenia w odbiorniku lub w gnieździe wtyczkowym.



Rys. 50

### 3. BEZPIECZNIKI I WYŁĄCZNIKI SAMOCZYNNE

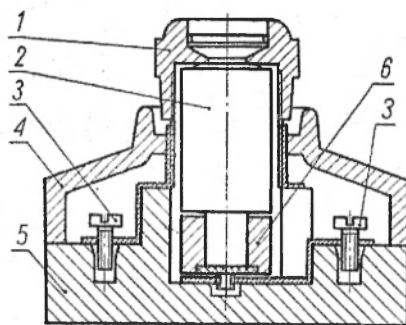
Aczkolwiek zasady działania bezpieczników i wyłączników samoczynnych są odmienne, zadania ich są jednakowe:

- a) mają zabezpieczać maszyny, aparaty i przewody elektryczne przed przepływem przez nie zbyt dużego prądu;
- b) mają chronić ludzi przed napięciem dotykowym w tych urządzeniach elektrycznych, w których zastosowano zerowanie lub uziemienie ochronne; ich działanie ochronne polega na tym, że przez stopienie się skracają czas trwania niebezpiecznego napięcia, które pojawiło się na części chronionej.

Konstrukcja bezpiecznika najczęściej stosowanego, mianowicie bezpiecznika korkowego, pokazana jest na rysunku 51 (w przekroju). Zasadniczym elementem bezpiecznika jest wkład-

ka topikowa 2, umieszczona w gnieździe złożonym z korpusu 5 i pokrywy 4 i dociskana od góry przez dokręcenie nagwintowanej główki 1. Po dokręceniu, drucik topikowy zawarty wewnątrz wkładki topikowej zwiera zacisk 3 poprzez płytkę stykową 6, umożliwiając przepływ prądu w zabezpieczonym w ten sposób obwodzie. Gdy natężenie prądu jest nadmierne, drucik topi się, wskutek czego następuje przerwanie obwodu prądowego.

Bezpieczniki umieszcza się na tablicach bezpiecznikowych lub w skrzynkach bezpiecznikowych, do których dostęp powinien być zabroniony i uniemożliwiony ogółowi pracowników. Wskutek nieprzestrzegania tego przepisu kraj nasz ponosi poważne straty w ludziach wskutek porażeń, jak również strat materialne wskutek pożarów i eksplozji oraz uszkodzenia kosztownych urządzeń elektrycznych. Jedynie zabezpieczenia obwodów oświetleniowych mogą być udostępnione niektórym kwalifikowanym pracownikom, którzy powinni być pouczeni, że wolno im wymienić bezpiecznik spalony jedynie na bezpiecznik fabrycznie nowy. W tym celu w skrzynce bezpiecznikowej lub obok tablicy bezpiecznikowej powinien znajdować się zapas wkładek bezpiecznikowych przystosowanych do natężenia prądu w danym obwodzie. W celu ułatwienia rozpoznania wkładek są one oznaczane kolorami odpowiadającymi różnym natężeniom prądu:



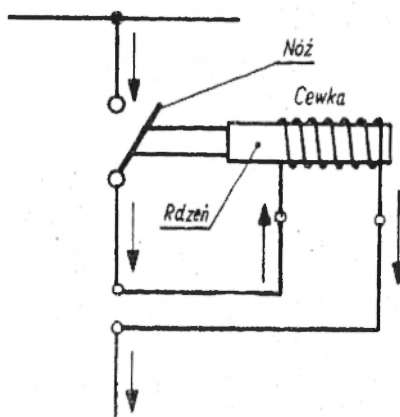
Rys. 51

Jeżeli po wymianie przepalonego, nowy bezpiecznik też się stopi, należy do pomocy wezwać elektryka, który wymieni bezpiecznik po usunięciu uszkodzenia. W żadnym przypadku nie należy naprawiać bezpieczników we własnym zakresie.

2 A — stalowy	15 A — szary	60 A — złoty
4 A — brązowy	20 A — niebieski	80 A — srebrny
6 A — zielony	25 A — żółty	100 A — czerwony
10 A — czerwony	35 A — czarny	

Wyłączniki samoczynne służą do tego samego celu co bezpieczniki topikowe, lecz są kosztowniejsze. Mają one tę przewagę nad bezpiecznikami topikowymi, że po zadziałaniu wy-

łącznika (przerwaniu nadmiernego prądu) nie wymagają wymiany żadnych elementów. Wyłączniki samoczynne buduje się w dwóch wykonaniach: jako cieplne (bimetalowe) lub jako elektromagnetyczne. Zasada działania wyłącznika bimetalowego została już opisana w rozdziale IV. 10. Uproszczony schemat wyłącznika elektromagnetycznego przedstawiony jest na rysunku 52. W obwodzie prądowym zabezpieczanego urządzenia umieszcza się cewkę wyłącznika, w której znajduje się rdzeń stalowy połączony z nożem stykowym wyłącznika. W chwili gdy przez obwód, a więc i przez cewkę, popłynie wskutek uszkodzenia instalacji nadmierny prąd (tzw. prąd zwarciovowy), cewka wciąga do wnętrza rdzeń stalowy, przez to zaś następuje wyrwanie noża ze szczęki wyłącznika, a zarazem — przerwanie prądu.



Rys. 52

Wyłączniki samoczynne umieszczane na tablicach rozdzielczych powinny być niedostępne ogółowi pracowników. W przypadku gdy wyłączniki takie umieszcza się obok sterowanych nimi urządzeń (np. silników), wówczas — ze względu na możliwość uszkodzenia lub manipulacji przy nich — po-

winny być umieszczone w obudowie metalowej — blaszanej lub żeliwnej. Obudowa powinna być zaopatrzona w zacisk ochronny, do którego powinien być doprowadzony przewód uziemiający lub zerujący. W pomieszczeniach zapyłonych wyłączniki powinny mieć obudowę szczelną, aby kurz nie dostawał się do wnętrza.

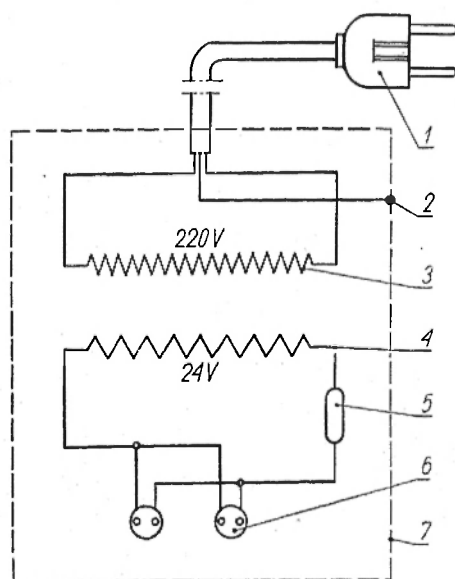
W pomieszczeniach zagrożonych wybuchem nie należy umieszczać ani bezpieczników, ani wyłączników. Jeżeli jednak jest to konieczne, należy stosować wyłączniki w wykonaniu przeciw-wybuchowym.

#### 4. TRANSFORMATORKI BEZPIECZEŃSTWA

W określonych warunkach zwiększonego niebezpieczeństwa porażenia (o których była mowa w rozdziale IV. 7), do zasilania lamp ręcznych i przenośnych aparatów elektrycznych stosować należy transformatorki bezpieczeństwa, obniżające napięcie sie-

ci. W nowelizowanych obecnie przepisach tylko napięcie 24 V przewidziane jest jako napięcie obniżone dla transformatorów bezpieczeństwa. Również lampy zainstalowane na stałe na napędzanych elektrycznie obrabiarkach powinny być zasilane obniżonym napięciem, jeżeli nie są chronione w inny sposób.

Transformator bezpieczeństwa przedstawiony jest na rysunku 53 (1 — wtyczka sieciowa ze stykiem ochronnym, 2 — zacisk ochronny, 3 — uzwojenie napięcia sieciowego, 4 — uzwojenie obniżonego napięcia, 5 — bezpiecznik, 6 — gniazdo wtyczek obniżonego napięcia, 7 — obudowa metalowa). Obudowa transformatora może być wykonana z materiału izolacyjnego lub z metalu. W warunkach przemysłowych zalecić należy raczej transformator w obudowie metalowej. Aby zapobiec możliwości porażenia w razie uszkodzenia izolacji uzwojenia przyłączonego do sieci,



Rys. 53

należy przy posługiwaniu się transformatorem obudowę taką zerować lub uziemić. W tym celu należy połączyć zacisk ochronny, znajdujący się na obudowie, z żyłą ochronną przewodu łączącego transformator z siecią. Oczywiście gniazda wtyczkowe, do których ma być przyłączony transformator, powinny być wyposażone w skutecznie działający styk ochronny. Jeżeli w pomieszczeniu zainstalowane są tylko gniazda bez styku ochronnego, wtedy należy zacisk ochronny na obudowie transformatora łączyć bezpośrednio z głównym przewodem uziemiającym lub przewodem zerowym.

Zdarzają się przypadki, że istniejące w zakładzie gniazda ze stykiem ochronnym są wadliwe (wadliwe połączenie ze stykiem ochronnym lub brak połączenia ze stykiem ochronnym); w takich warunkach transformator bezpieczeństwa mogą niekiedy przyczynić się do pogorszenia bezpieczeństwa pracy, jeżeli gniaz-

da wtyczkowe, wtyczki, przewody i inne transformatoriki nie są stale sprawdzane.

Ze stanowiska bezpieczeństwa pracy korzystniejsze niż stosowanie indywidualnych transformatorów bezpieczeństwa jest zainstalowanie sieci obniżonego napięcia w pomieszczeniu pracy. Sieć taka może być zasilana z jednego wspólnego transformatora dostarczającego napięcie obniżone. Ma to tę zaletę, że transformator taki zainstalowany na stałe nie ulega tak łatwo uszkodzeniom jak przenośne transformatoriki bezpieczeństwa i pozostaje stale pod opieką fachowego personelu.

Aby uniknąć wypadków możliwych przy wetknięciu wtyczki przewodu, mającego zasilać lampę czy aparat obniżonym napięciem, do normalnego gniazda sieciowego, należy stosować specjalne wtyczki i gniazda wtyczkowe obniżonego napięcia (o mniejszych wymiarach). Dotyczy to zarówno transformatorów bezpieczeństwa jak i sieci obniżonego napięcia.

Ze względów ekonomicznych, sieci obniżonego napięcia instaluje się tylko w dużych pomieszczeniach o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia prądem, oczywiście jeżeli używa się w tych pomieszczeniach lamp ręcznych, narzędzi elektrycznych i elektrycznych aparatów przenośnych.

## VI. ODBIORNIKI ELEKTRYCZNE

Energia elektryczna wytwarzana w elektrowniach (i ewentualnie przekształcona przez transformatory) dostarczana jest poprzez sieci elektryczne do odbiorników energii. Spośród często stosowanych w przemyśle odbiorników elektrycznych wymienić należy: urządzenia oświetleniowe, napędowe, grzejne, elektrolityczne i galwanizacyjne, aparaty spawalnicze, aparaty rentgenowskie, mechanizmy elektromagnetyczne i narzędzia elektryczne.

### 1. URZĄDZENIA OŚWIETLENIOWE

Istotnymi dla bezpieczeństwa pracy elementami tych urządzeń są oprawy oświetleniowe, w których umieszczone są źródła światła, najczęściej — żarówki lub świetlówki. Głównymi niebezpieczeństwami występującymi przy eksploatacji tych urządzeń są:

a) niebezpieczeństwo porażenia przy posługiwaniu się lampami ręcznymi oraz przy wymianie i konserwacji lamp zainstalowanych na stałe;

b) niebezpieczeństwo wybuchu przy eksploatacji urządzeń oświetleniowych (możliwości powstawania iskier przy zaświecaniu, gaszeniu i wymianie lamp) w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

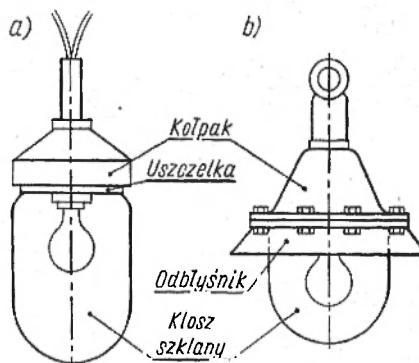
Zależnie od stopnia zagrożenia wybuchem w danym pomieszczeniu stosuje się jeden z następujących typów opraw oświetleniowych: oprawy otwarte, oprawy szczelne lub oprawy przeciwwybuchowe.

W pomieszczeniach suchych, o niewielkim zapyleniu i nie zawierających par i gazów żrących oraz nie zagrażających wybuchem, stosuje się oprawy otwarte (tzw. reflektorowe) lub zamknięte (najczęściej kule mleczne).

W pomieszczeniach wilgotnych lub o silnym zapyleniu należy stosować oprawy szczelne. Oprawy tego rodzaju stosować należy także w pomieszczeniach zawierających wyziewy żrące. Oprawa szczelna składa się z kołpaka (części górnej, do której wkręcona

jest żarówka) i osłony szklanej. Osłona wykonana zazwyczaj ze szkła przezroczystego jest u góry nagwintowana. Wkręca się ją do nagwintowanego od wewnątrz kołpaka z porcelany (rys. 54a). W innym rozwiązaniu (rys. 54b) osłona dociśnięta jest do kołpaka za pomocą śrub; przy tym między obu tymi częściami umieszczony jest pierścień uszczelniający. W razie zauważenia, że wewnątrz osłony kondensuje się ciecz lub osiada pył, należy oprawę oczyścić i lepiej uszczelnić.

W pomieszczeniach zagrożonych wybuchem pyłów lub gazów należy stosować specjalne oprawy przeciwwybuchowe. Są one tak skonstruowane, że w razie przedostania się do ich wnętrza mieszanki wybuchowej wytrzymują się powstałego tam ewentualnie wybuchu, przy czym płomień wybuchu nie przedostaje się na zewnątrz. Oprawy te wymagają specjalnej opieki fachowców.



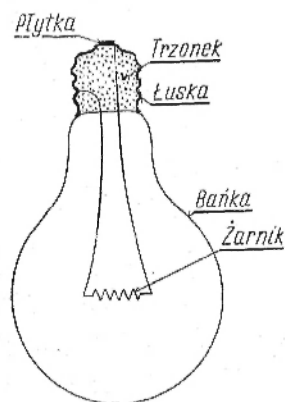
Rys. 54

Poważne znaczenie dla bezpieczeństwa pracy ma wysokość zawieszania opraw oświetleniowych. Jeżeli zawieszone są one na wysokości mniejszej niż 2,5 m, to istnieje możliwość dotknięcia ich przez pracowników, co może być przyczyną porażenia, zwłaszcza w pomieszczeniach o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia. Z tego względu w pomieszczeniach takich oprawy oświetleniowe powinny być zawieszane na wysokości nie mniej niż 2,5 m; jeżeli zaś są zawieszane niżej, to powinny być zasilane obniżonym napięciem.

Zamiast zasilania obniżonym napięciem można zastosować oprawy o takiej konstrukcji i takie przewody, które zapewniają bezpieczeństwo nawet przy niskim zawieszeniu opraw. W szczególności oprawy metalowe powinny być zerowane lub uziemiane, części metalowe połączone z przewodem doprowadzającym prąd powinny być uniedostępnione (np. za pomocą osłony albo klosza, do którego zdjęcia potrzebny jest specjalny przyrząd), zaś sam przewód zasilający powinien być dodatkowo zabezpieczony przed uszkodzeniem mechanicznym (poprowadzony w rurce stalowej, lub musi mieć wzmocnioną izolację).

Powyzszych srodkow nie stosuje sie w pomieszczeniach suchych, lecz pomimo tego zdarzaja sie tam dosc czesto wypadki porazenia, zwlaszcza przy wymianie zarowek. Bardzo czesto zdarza sie, ze pracownik wymieniajac zarowke dotyka druga reka czesci uziemionej (np. kaloryfera lub rury wodociagowej) albo tez dokonuje wymiany zarowki stajac na konstrukcji uziemionej (np. na stole obrabiarki napedzanej bezposrednio uziemionym silnikiem). Oczywiscie w takich warunkach niebezpieczenstwo porazenia jest bardzo powazne, gdyz przy wymianie zarowki dotkniecie metalowej (a wiec wiodacej prad) czesci oprawki zarowki jest prawie nieuniknione. Wprawdzie istnieje obowiazek wyłaczenia opraw oswietleniowych spod napiecia, gdy zachodzi potrzeba wymiany lamp czy oczyszczenia opraw, lecz wielu sadzi, ze wystarczy w tym celu przekrecic wylacznik oswietleniowy.

Aby zdać sobie sprawę z tego, że postępowanie takie nie wystarczy, musimy się zaznajomić z głównymi elementami konstrukcyjnymi żarówki. Jak widać z rysunku 55,



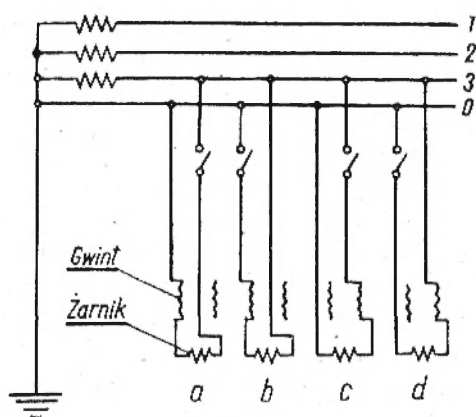
Rys. 55

wewnątrz bańki szklanej umieszczony jest żarnik (włókno wolframowe) połączony z jednej strony z płytką metalową, z drugiej zaś z łuską metalową nagwintowaną, umieszczoną na trzonku z materiału izolacyjnego zamykającym bańkę. Przy wkręcaniu żarówki do oprawki jedna żyła przewodu zasilającego zostaje połączona z płytką, druga z łuską, której zazwyczaj osoba wymieniająca żarówkę dotyka palcem. Jak to się dzieje, że może doznać przy tym porażenia, nawet wtedy, gdy wyłącznik oświetleniowy przerwie obwód prądu? Ilustruje to rysunek 56, na którym schematycznie przedstawiono cztery sposoby przyłączania płytki i łuski żarówki do sieci czteroprzewodowej (jako najczęściej spotykanej).

Rysunek 56b pokazuje wadliwe połączenie, gdyż przy otwartym wyłączniku gwint oprawki nie jest połączony z przewodem zerowym, natomiast poprzez żarnik łączy się z fazowym, a więc jest pod napięciem względem ziemi. Połączenie pokazane na rysunku 56c jest również nieprawidłowe, gdyż gwint oprawki zostaje włączony pod napięcie względem ziemi z chwilą zamknięcia wyłącznika. Jeszcze bardziej niebezpieczny sposób połączenia uwidoczniony jest na rysunku 56d, gdyż zarówno przy otwartym jak i zamkniętym wyłączniku gwint oprawki wykazuje napięcie

w stosunku do ziemi. Żarówka na rysunku 56a jest połączona poprawnie, gdyż przyłączona jest do przewodu zerowego, zarówno przy otwartym, jak i przy zamkniętym wyłączniku.

Jak z tego widzimy, na cztery sposoby połączeń oprawki z siecią jeden tylko jest poprawny i dlatego często zdarzają się wadliwie



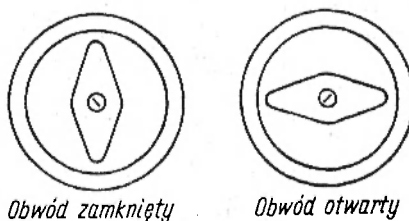
Rys. 56

zainstalowane oprawki lamp. Z tego właśnie względu nie można mieć pewności, że z chwilą przekręcenia wyłącznika oświetleniowego oprawa została pozbawiona napięcia. Z tego też względu przed przystąpieniem do wymiany żarówek, bądź do oczyszczenia opraw, należy przerwać obwód prądowy na obu biegunach; można to zaś uczynić jedynie przez otwarcie odpowiedniego wyłącznika nożowego albo wykręcenie bezpieczników. Na wyłączniku

należy wywiesić tablicę ostrzegawczą z napisem „Nie włączać!”, bezpieczniki natomiast należy zabrać z sobą do czasu zakończenia pracy. Dotyczy to również bezpieczników zapasowych.

Jeżeli urządzenia oświetleniowe są zasilane z sieci trójprzewodowej (tj. bez przewodu zerowego) lub z takiej sieci czteroprzewodowej, w której przewód zerowy nie jest uziemiony, to w pomieszczeniach o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia należy stosować dwubiegunowe wyłączniki oświetleniowe.

Przy wyłącznikach pokrętnych pozycja pokrętła powinna informować o tym, czy dopływ prądu został przerwany. W tym celu wyłącznik powinien być tak zainstalowany, aby przy zamknięciu obwodu pokrętło miało pozycję pionową, przy otwarciu zaś — pozycję poziomą (rys. 57).

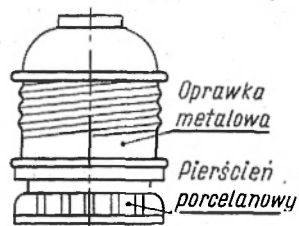


Rys. 57

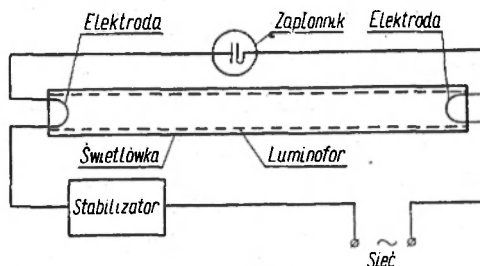
Przy wyłącznikach dźwigienkowych (kołyskowych) dźwigienka powinna znajdować się u góry, gdy obwód jest zamknięty, u dołu zaś, gdy obwód zostanie otwarty, tj. gdy dopływ prądu jest przerywany.

Wyłączniki i gniazda wtyczkowe powinny być zainstalowane co najmniej w odległości 1 m od rur wodociągowych, centralnego ogrzewania, kaloryferów i rur gazowych. Jeżeli nie da się zachować tej odległości, to należy stosować gniazda i wyłączniki w szczelnej obudowie z materiału izolacyjnego (bakelitu), a w razie uszkodzenia należy je natychmiast wymieniać na nowe.

Ważną częścią oprawy oświetleniowej jest oprawka, do której wkręca się żarówkę. W celu zabezpieczenia osoby wkręcającej



Rys. 58



Rys. 59

(lub wykręcającej) żarówkę przed dotknięciem metalowego gwintu oprawki, oprawka powinna być u dołu zaopatrzona w porcelanowy pierścień ochronny (rys. 58). W razie uszkodzenia takiego pierścienia należy go zastąpić nowym.

Wiele uwagi należy poświęcać coraz bardziej rozpowszechniającym się lampom fluoryzującym, zwanym światłówkami. Są to rury opróżnione z powietrza, a wypełnione parami rtęci o niskim ciśnieniu. U obu końców rury wtopione są elektrody. Po włączeniu elektrod pod napięcie w parach rtęci następuje przepływ prądu, który pobudza atomy rtęci do promieniowania niewidzialnego. Promieniowanie to padając na warstwę tzw. luminoforów (którymi pokryta jest rura od wewnątrz) wywołuje jej świecenie. Zależnie od składu chemicznego luminoforów można uzyskać światła o różnych barwach, m. in. zbliżone do światła dziennego.

Układ zasilania świetlówek jest dość skomplikowany (rys. 59). Gdyby świetlówkę włączyć bezpośrednio do sieci, to wskutek

gwałtownego wzrostu prądu elektrody uległyby zniszczeniu. Do ograniczenia prądu służy stabilizator, inaczej statecznik (najczęściej dławik). W celu ułatwienia zapłonu świetlówki, w obwód jej włączony jest jeszcze zapłonnik, który przestaje działać z chwilą zapalenia się świetlówki. Ponadto stosuje się tzw. układy antystroboskopowe, aby zapobiec migotaniu światła świetlówek. Jak widać, urządzenia oświetlenia świetłówkowego są bardzo skomplikowane, toteż są mniej pewne niż żarówkowe. Z tego względu świetlówki nie powinny być stosowane do oświetlenia bezpieczeństwa.

Żarówki są zasilane zawsze z obwodów jednofazowych, natomiast świetlówki niekiedy z obwodów trójfazowych. W tym ostatnim przypadku przepisy wymagają, aby zapalenie i wygaszanie odbywało się za pomocą wyłącznika o liczbie biegunów, odpowiadającej liczbie przewodów fazowych w obwodzie obsługiwanym przez ten wyłącznik.

Przepisy wymagają, aby czynności konserwacyjne przy urządzeniach oświetleniowych (sprawdzenie stanu opraw i lamp, ich oczyszczenie i wymiana) odbywały się dość często, mianowicie:

a) w pomieszczeniach o małej prędkości zanieczyszczenia (lokale biurowe, kreślarnie, laboratoria itp.) — co najmniej raz w miesiącu;

b) w pomieszczeniach o średniej prędkości zanieczyszczenia (hale maszynowe, montażowe, mechanicznej obróbki metali, pomieszczenia przemysłu spożywczego, poligraficznego itp.) — co najmniej raz na trzy tygodnie;

c) w pomieszczeniach o dużej prędkości zanieczyszczenia (odlewnie, kuźnie, walcownie, cementownie, młyny, szlifiernie, składy materiałów pyłących itp.) — co najmniej raz na dwa tygodnie.

Ponieważ do czynności tych powinno się przystępować po wyłączeniu napięcia, należy więc wykonywać je w dzień, najlepiej w dni wolne od pracy.

Prace konserwacyjne powinny odbywać się w obecności elektryka obeznanego dobrze z instalacją oświetleniową w danym zakładzie. Powinien on być odpowiedzialny za bezpieczne pod względem elektrycznym wykonywanie robót konserwacyjnych.

## 2. URZĄDZENIA NAPĘDOWE

Do napędu obrabiarek, dźwignic, przenośników i innych urządzeń mechanicznych używa się obecnie powszechnie silników elektrycznych. Silniki te przetwarzają doprowadzoną do nich energię elektryczną w służącą do celów napędowych energię mechaniczną.

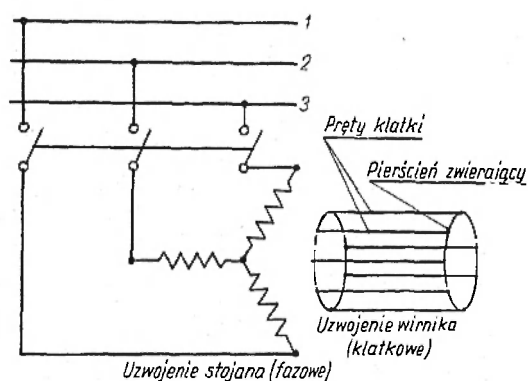
Silniki elektryczne dzielimy na silniki prądu stałego i silniki prądu zmiennego. Silniki prądu stałego (jako bardziej skompliko-

wane) stosuje się jedynie w przypadkach specjalnych, gdy chodzi o dobrą regulację prędkości obrotowej w szerokich granicach (np. do napędu górniczych urządzeń dźwigowych, maszyn papierniczych oraz w trakcji elektrycznej). Znacznie prostsze w budowie, a zatem korzystniejsze w eksploatacji i ze stanowiska bezpieczeństwa pracy, są silniki prądu zmiennego i z tego względu stosuje się je powszechnie do celów napędowych w przemyśle.

Wśród silników prądu zmiennego stosowanych w przemyśle wyróżniają się dwa rodzaje: silniki asynchroniczne (zwane również indukcyjnymi) oraz synchroniczne. Oba te typy różnią się tylko uzwojeniem wirnika. Uzwojenie stojana jest u obu typów podobne jak w prądniccy synchronicznej (opisanej w rozdziale II. 1).

Najbardziej rozpowszechnione — ze względu na łatwą budowę i prostą obsługę — są silniki asynchroniczne trójfazowe. Również ze stanowiska bezpieczeństwa pracy są one godne polecenia.

Każda faza stojana w silniku asynchronicznym połączona jest z inną fazą sieci, wskutek tego w poszczególnych uzwojeniach stojana płyną prądy przesunięte w fazie (tj. w czasie). Prądy te — właśnie dzięki przesunięciu w czasie — wytwarzają pole magnetyczne wirujące.



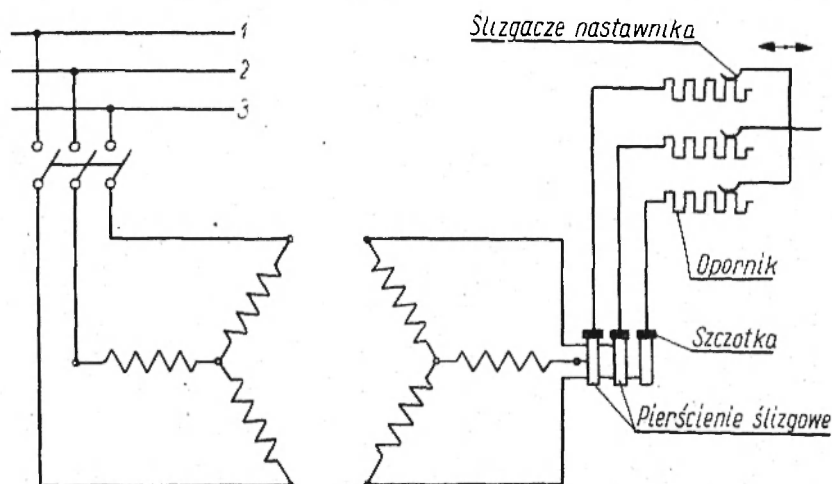
Rys. 60

Prędkość wirowania tego pola zależy od częstotliwości prądu zasilającego, a więc jest stała, gdyż elektrownie dbają o to, aby prąd miał stałą częstotliwość. Ponieważ wirujące pole przecina nieruchome (początkowo) przewody wirnika, w przewodach tych indukują się prądy. Dzięki działaniu pola stojana na te prądy powstaje obrót wirnika w kierunku zgodnym z kierunkiem wirowania pola. Jeżeli silnik nie jest obciążony, to po włączeniu go, prędkość obrotowa wirnika szybko wzrasta zbliżając się do prędkości wirowania pola stojana, zwanej prędkością synchroniczną. Wirnik nie może jednak osiągnąć prędkości synchronicznej, bowiem w tej chwili uzwojenie wirnika przestaje być przecinane przez linie pola wirującego, nie indukują się w tym uzwojeniu

żaden prąd, a więc zanika siła, wywołująca obrót wirnika. W związku z tym, że opisany silnik nie może osiągnąć prędkości wirowania pola, tj. prędkości synchronicznej, nosi nazwę asynchronicznego.

Silniki asynchroniczne dzieli się na klatkowe (inaczej — zwarte) i pierścieniowe. Różnią się one między sobą tylko budową wirnika.

Silniki klatkowe (inaczej — zwarte) są najprostszymi w budowie silnikami elektrycznymi. Na rysunku 60 przedstawione są schematycznie uzwojenia stojana i wirnika silnika klatkowego. Prąd z sieci doprowadzany jest do nieruchomych zacisków na



Rys. 61

stojanie. Uzwojenie wirnika wykonane jest w postaci klatki z prętów miedzianych lub aluminiowych (nie izolowanych), których końce są zwarte za pomocą pierścieni metalowych. Dzięki prostocie budowy i niezawodności działania silnik klatkowy jest łatwy do obsługi i znacznie bezpieczniejszy niż inne rodzaje silników. Mógłby więc znaleźć jeszcze powszechniejsze zastosowanie, gdyby nie to, że w chwili rozruchu pobiera on z sieci prąd kilkakrotnie większy od normalnego prądu roboczego. Wywołuje to krótkotrwałe wprawdzie, ale znaczne wahania napięcia w sieci, co odbija się szkodliwie na pracy innych silników przyłączonych do tej samej sieci, ponadto zaś wywołuje niepożądane miganie światła lamp przyłączonych do tejże sieci. Z tego względu przepisy pozwalają na bezpośrednie przyłączanie do sieci silników klatkowych o niewielkiej mocy (do 4 kilowatów). Większe silniki klatkowe

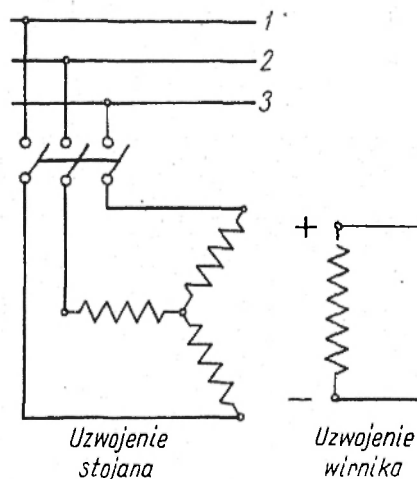
można włączać do sieci jedynie przy zastosowaniu specjalnych środków ograniczających prąd rozruchu.

Wady tej nie mają silniki pierścieniowe (rys. 61) różniące się od klatkowych budową wirnika. Wirnik silnika pierścieniowego uzwojony jest trójfazowo za pomocą przewodów izolowanych (podobnie jak stojan), a poszczególne fazy tego uzwojenia przyłączone są do umocowanych na wale pierścieni ślizgowych. Po pierścieniach tych ślizgają się szczotki, poprzez które w obwód wirnika włącza się oporniki o zmiennej oporności. Regulację oporności wykonuje się za pomocą tzw. nastawnika. W chwili rozruchu włącza się tym przyrządem (który ma nazwę rozrusznika) w obwód wirnika dużą oporność; wskutek tego uzyskuje się małe uderzenie prądu rozruchowego. Następnie zmniejsza się nastawnikiem oporność aż do całkowitego wyeliminowania jej z obwodu wirnika.

Silniki asynchroniczne mają tę właściwość, że ich prędkość obrotowa zmniejsza się w miarę wzrostu obciążenia. Z tego względu nie nadają się do napędu tych urządzeń, które wymagają stałej prędkości obrotowej. Drugą wadą silników asynchronicznych jest to, że pracują bardzo nieekonomicznie przy małym obciążeniu, tj. obciążają silnym prądem sieć zasilającą, mimo że praca wykonywana przez nie jest stosunkowo niewielka.

Wad tych nie mają silniki synchroniczne, których prędkość obrotowa jest stała, niezależnie od obciążenia.

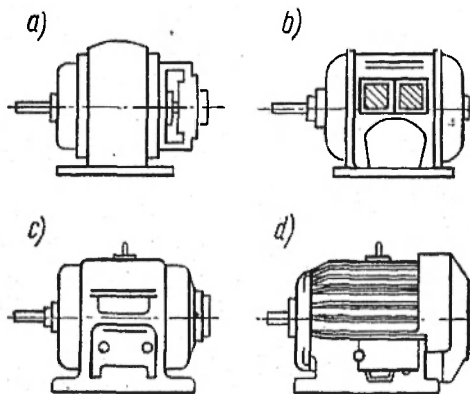
Budowa silnika synchronicznego (rys. 62) podobna jest do budowy prądnicy prądu zmiennego, opisanej w rozdziale II. 1. Stojan silnika synchronicznego jest uzwojony podobnie jak stojan silnika asynchronicznego. Wirnik (zwany magneśnicą) jest elektromagnesem zasilanym prądem stałym. Prąd ten dostarczany jest przez maszynę prądu stałego (wzbudnicę) osadzoną na wale silnika lub napędzaną oddzielnym silnikiem prądu zmiennego. Jak widać, budowa silnika synchronicznego jest bardzo skompliko-



Rys. 62

wana, a więc mniej korzystna ze względu na bezpieczeństwo pracy i pewność ruchu. Mimo to stosuje się je w tych przypadkach, gdy silniki asynchroniczne nie mogą ich zastąpić. Napęd za pomocą silników synchronicznych wymaga znacznie staranniej-  
szej eksploatacji i konserwacji tych silników, aby stopień bezpieczeństwa przy ich obsłudze był dostateczny. Silniki synchroniczne mają ponadto tę wadę, że nie mogą same ruszyć z miejsca, toteż do ich rozruchu stosuje się zazwyczaj pomocnicze silniki asynchroniczne, co jeszcze bardziej komplikuje ten rodzaj napędu.

Ważny ze stanowiska bezpieczeństwa pracy jest sposób wykonania silnika. Wymagania pod tym względem zależą od warunków, w jakich ma silnik pracować. Dawniej budowano jedynie silniki otwarte, tj. bez specjalnych osłon. Obecnie buduje się silniki z osłonami zabezpieczającymi obsługę przed dotknięciem części wirujących i będących pod napięciem, z osłonami chroniącymi silnik przed dostaniem się do wnętrza ciał obcych, jak również wody kapiącej i bryzgów wody, silniki całkowicie zamknięte oraz silniki budowy przeciwwybuchowej. Sprawy zakresów zastosowania silników różnej budowy należy poświęcić parę słów, gdyż nierzad-



Rys. 63

ko w naszych zakładach przemysłowych zainstalowane są silniki nie przystosowane pod względem budowy do charakteru pomieszczeń. Zdarza się np., że przy zmianie technologii produkcji nie zwraca się uwagi na to, czy zainstalowane silniki przystosowane są pod względem budowy do nowych warunków technologicznych.

Silniki otwarte (rys. 63a), a więc bez osłon specjalnych (z wyjątkiem siatki osłaniającej wentylator chłodzący wnętrze silnika), stosuje się jeszcze w pomieszczeniach suchych i nie zawierających pyłu.

Silniki chronione (rys. 63b) zaopatrzone są w osłony z siatek lub blachy dziurkowanej. Osłony te uniemożliwiają dotknięcie

części wirujących i będących pod napięciem oraz zabezpieczają przed wpadnięciem małych przedmiotów do wnętrza.

Silniki o k a p t u r z o n e (rys. 63c) są chronione ze wszystkich stron za pomocą osłon częściowo pełnych, częściowo żaluzjowych lub siatkowych. Stosuje się je w takich miejscach, gdzie do wnętrza silnika mogłaby się dostać woda spadająca z góry, a nawet uderzająca poziomo (np. deszcz na otwartym terenie).

Silniki z a m k n i ę t e (rys. 63d) są całkowicie obudowane, nie są jednak zabezpieczone przed dostaniem się do wnętrza powietrza, gazów, par i drobnego pyłu. Nadają się do pracy na odkrytych terenach oraz w pomieszczeniach wilgotnych lub zapyłonych.

Silniki budowy p r z e c i w w y b u c h o w e j są mocno i szczelnie osłonięte. Nie wyłącza to wprawdzie możliwości dostania się niewielkich ilości gazu do wnętrza, jednak obudowa ich może wytrzymać ewentualny wybuch mieszanki powstającej w ich wnętrzu, oraz jest dostatecznie szczelna, aby nie przepuściła na zewnątrz płomienia powstającego w czasie wybuchu. Silniki te należy stosować w takich pomieszczeniach, w których zagraża wybuch par, gazów lub pyłu.

Ponieważ warunki pracy w pomieszczeniach z czasem mogą się zmieniać (np. w związku ze zmianami technologii produkcji) należy kontrolować, czy zainstalowany silnik nadaje się ze względu na bezpieczeństwo do pracy w zmienionych warunkach.

Sprawą nie mniej ważną od zainstalowania odpowiednich w danych warunkach silników jest prawidłowa ich o b s ł u g a .

Przed każdym uruchomieniem czy zatrzymaniem silnika należy zastanowić się, czy nie pociągnie to za sobą wypadku. Jeżeli na przykład przy maszynie napędzanej danym silnikiem znajduje się człowiek, to nagłe uruchomienie maszyny może być przyczyną poważnego okaleczenia a nawet śmierci tego człowieka. Podczas pracy należy zważać na pracę szczotek (czy nie iskrzą), na temperaturę łożysk i na wyczuwalny słuchem bieg maszyny. W tych miejscach maszyn, w których powinna być sprawdzana temperatura (np. w uzwojeniach, łożyskach), powinny być zainstalowane termometry, aby nie było potrzeba dotykać tych części ręką.

W razie konieczności sprawdzenia temperatury maszyny przez dotknięcie ręką, należy to czynić grzbietem dłoni, a nie stroną wewnętrzną. Jeżeli bowiem wskutek wad izolacji część dotykana znajduje się pod napięciem, to skurcz mięśni może być przyczyną zaciśnięcia się palców na dotykanej części i niemożności oderwania się od niej. W razie stwierdzenia jakichkolwiek wad w biegu silnika, tzw. „elektryzowania” przy dotknięciu obudowy —

należy natychmiast silnik zatrzymać i zawiadomić kierownictwo lub personel odpowiedzialny za stan urządzeń elektrycznych w zakładzie.

Konserwację i naprawę maszyn elektrycznych może wykonać jedynie personel do tego upoważniony. Czynności konserwacyjne i naprawcze można zacząć jedynie po uprzednim zatrzymaniu maszyn i wyłączeniu spod napięcia. Należy przy tym zabezpieczyć się przed przypadkowym włączeniem pod napięcie przez wykręcenie bezpieczników i wywieszenie na wyłączniku tabliczki ostrzegawczej z napisem „Nie włączać!”. Jeżeli wyłączenie odbyło się za pomocą wyłącznika nożowego, to między szczękami a nożami należy umieścić płytkę z materiału izolacyjnego. Jeżeli silnik jest sterowany za pomocą wyłącznika samoczynnego, a na tablicy rozdzielczej nie ma bezpieczników, to po wyłączeniu spod napięcia należy odłączyć przewód zasilający od zacisków silnika oraz zewrzeć i uziemić żyły przewodu.

Maszyny elektryczne oczyszcza się naftą i benzyną. Przy wykonywaniu tych czynności należy zatem zabronić palenia tytoniu, a po ukończeniu prac — pomieszczenie dobrze wywietrzyć. Przed wywietrzeniem nie należy uruchamiać żadnych maszyn w tym pomieszczeniu, gdyż może to być przyczyną wybuchu.

Przed uruchomieniem silnika po konserwacji należy sprawdzić, czy styki zarówno na tabliczce zaciskowej silnika i tablicy rozdzielczej, jak i styki uziemiające są w porządku, skontrolować ciągłość przewodów ochronnych, prawidłowość bezpieczników topikowych i nastawienie wyłącznika samoczynnego. Dopiero po wykonaniu tych wszystkich czynności można silnik uruchomić, jednak w razie zauważenia jakichkolwiek nieprawidłowości należy go natychmiast wyłączyć. Dopiero po stwierdzeniu nienagannej pracy silnika można go przyjąć do użytkowania.

Przepisy bezpieczeństwa pracy wymagają, aby urządzenia napędu elektrycznego były poddawane okresowym rewizjom, polegającym na dokładnych oględzinach, oczyszczaniu i usuwaniu drobnych usterek, oraz okresowym remontom zapobiegawczym. Niestety, zdarza się, że terminy te nie są przestrzegane, i powstające podczas eksploatacji, a nie zauważone w czasie, ustereki i uszkodzenia bywają przyczyną wypadku. Z tego względu ważne jest zaznajomienie użytkowników z obowiązującymi okresami rewizji i remontów, aby mogli zawczasu domagać się tych ważnych ze stanowiska bezpieczeństwa pracy czynności.

Okresy te nie powinny być dłuższe niż to podano obok w zestawieniu.

Nazwa działu	Częstość	
	rewizji	remontów
Działy obróbki wiórowej metali (z małą liczbą szlifierek)	6 razy na rok	1 raz na rok
Szlifiernie i działy z dużą liczbą szlifierek do metali	24 razy na rok	4 razy na rok
Działy tłoczenia na zimno	6 razy na rok	1 raz na rok
Kuźnie i walcownie	12 razy na rok	2 razy na rok
Odlewnie	24 razy na rok	4 razy na rok
Tartałki i stolarnie	1 raz na tydzień	4 razy na rok
Cementownie, zakłady przeróbki rud itp.	1 raz na tydzień	4 razy na rok
Działy o dużej wilgotności	1 raz na tydzień	4 razy na rok
Działy o wyziewach żrących	12 razy na rok	4 razy na rok

Okresy powyższe dotyczą silników budowy otwartej. Częstość rewizji silników o budowie zamkniętej, zainstalowanych w szlifierniach i odlewniach, można zmniejszyć 4-krotnie, a częstość remontów 2-krotnie. Częstość rewizji silników o budowie zamkniętej, zainstalowanych w stolarniach, cementowniach, aglomerowniach itp., można zmniejszyć 8-krotnie, a częstość remontów 4-krotnie.

Jeżeli w działach o dużej wilgotności zainstalowane są silniki o budowie chronionej, to częstość rewizji można zmniejszyć 4-krotnie, a częstość remontów 2-krotnie w porównaniu z częstościami podanymi powyżej w zestawieniu.

### 3. URZĄDZENIA GRZEJNE

Elektryczne urządzenia grzejne znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle dzięki łatwości ich obsługi i regulacji oraz lepszym warunkom bezpieczeństwa i higieny pracy niż przy urządzeniach zasilanych materiałami opałowymi. Urządzenia te jednak wymagają na ogół podczas eksploatacji większej troski niż inne urządzenia elektryczne, a to ze względów, o których będzie mowa dalej. W zależności od sposobu przemiany energii elektrycznej na ciepłą rozróżniamy następujące urządzenia grzejne: oporowe, indukcyjne, łukowe, pojemnościowe i promiennikowe.

W oporowych urządzeniach grzejnych wykorzystuje się ciepło tworzące się przy przepływie prądu przez skrętki metalowe o dużej oporności. Do takich urządzeń należą przenośne pły-

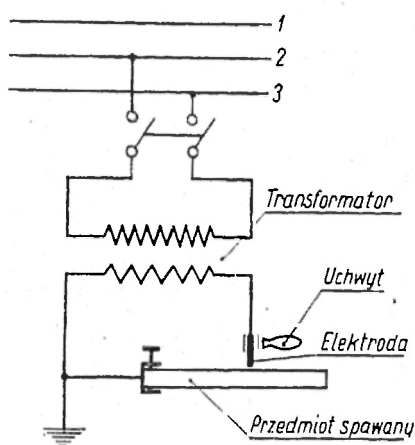
ty i naczynia elektryczne, grzałki i żelazka elektryczne itp. Są to urządzenia bardzo niebezpieczne, gdyż izolacja wskutek wysokiej temperatury wytworzonej w tych urządzeniach łatwo ulega uszkodzeniom. Ponadto skrętki grzejne pękają nieraz podczas transportu lub użytkowania przyrządu. Również i połączenia przewodów w takich urządzeniach wskutek wysokiej temperatury łatwo ulegają uszkodzeniom. Z tych względów z urządzeń takich nie należy w zasadzie korzystać w miejscach o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia. Ze względu na silne promieniowanie cieplne, urządzeń takich nie należy również instalować na stałe w pobliżu urządzeń wykonanych z drewna i innych materiałów palnych. Pożądane jest, aby oporowe urządzenia grzejne były zaopatrzone w wyłączniki działające w razie przekroczenia określonej temperatury.

Do stałych grzejników oporowych stosowanych w przemyśle zalicza się suszarki i piece oporowe. Urządzenia te powinny być chronione w podobny sposób jak i inne stałe urządzenia grzejne, a więc przez uzziemienie ochronne lub zerowanie metalowych części obudowy tych urządzeń.

W łukowych piecach wykorzystuje się ciepło wytwarzane przez łuk elektryczny powstający między elektrodami pieca. Stosuje się je do topienia metali.

Do powszechnie stosowanych urządzeń wykorzystujących ciepło łuku elektrycznego zalicza się urządzenia spawalnicze na prąd stały lub zmienny. Prąd stały pobiera się zazwyczaj ze specjalnych prądnic wytwarzających napięcie 55 do 80 woltów. Prąd zmienny do spawania uzyskuje się z transformatorów spawalniczych dostarczających napięcie tego samego rzędu (rys. 64) lub z prądnic spawalniczych.

Aczkolwiek napięcie wytwarzane przez urządzenia spawalnicze nie przekracza 80 woltów, zdarzały się już wypadki ciężkich porażen. Aby ich uniknąć, należy dbać o dobry stan izolacji przewodów oraz łączników służących do przedłużania przewodów,

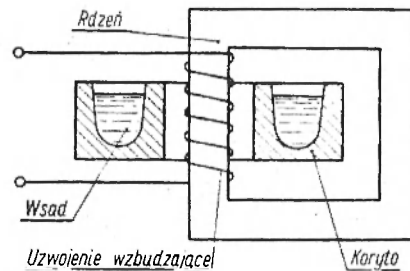


Rys. 64

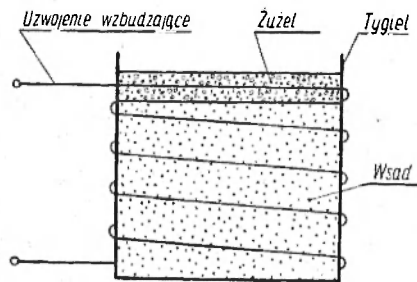
jak również uchwytów do elektrod. Pracę powinien spawacz wykonywać w rękawicach skórzanych i nie dotykać gołą ręką przedmiotu spawanego, gdy w drugiej ręce trzyma uchwyt z elektrodą będącą pod napięciem.

Suche ubranie i buty dostatecznie izolują spawacza w razie dotknięcia części spawanej. Jeżeli jednak są one mokre lub przepocone, spawacz powinien odizolować się od konstrukcji spawanej, np. stając na ułożonej na konstrukcji desce oraz opierając się o deskę oddzielającą go od konstrukcji. Obudowy urządzeń spawalniczych powinny być uziemione. Również części podlegające spawaniu, jeżeli nie są połączone z ziemią, należy dobrze uziemić.

Dla ochrony oczu przed szkodliwym działaniem łuku (który wysyła wiele specjalnie szkodliwych dla wzroku promieni nadfioletowych) spawacz powinien podczas pracy używać tarczy ochronnej lub okularów ochronnych, zaopatrzonych w szkło nie przepuszczające szkodliwych



Rys. 65



Rys. 66

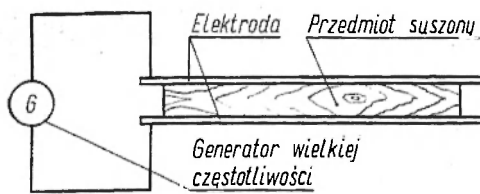
promieni. W celu zabezpieczenia innych osób zatrudnionych w pobliżu stanowiska spawacza przed szkodliwym promieniowaniem, należy stanowiska takie odgradzać od otoczenia ekranami z blachy lub drewna.

Piecy indukcyjne, stosowane w przemyśle do wytopu metali, dzieli się na rdzeniowe i bezrdzeniowe. W piecach rdzeniowych (rys. 65) wykorzystuje się ciepło powstające w roztopionym metalu (we

wsadzie) wskutek prądów indukowanych przez zmienny strumień magnetyczny, wytwarzany w rdzeniu przez uzwojenie wzbudzające. Piecy rdzeniowe zasilają się prądem o normalnej częstotliwości (50 cykli na sekundę), toteż ich eksploatacja nie wymaga specjalnych środków ochronnych, jakie należy stosować przy piecach bezrdzeniowych, zasilanych prądami wielkiej częstotliwości.

Piec indukcyjny bezrdzeniowy (rys. 66) ma kształt tygla owiniętego uzwojeniem wzbudzającym. Umieszczony w tyglu wsad nagrzewa się pod wpływem prądów wirowych wywoływanych we wsadzie przez zmienny strumień magnetyczny. Do zasilania pieców bezrdzeniowych stosuje się prąd o większej częstotliwości (od kilkuset do miliona i więcej herców).

Zasada nagrzewania indukcyjnego bywa również stosowana do nagrzewania skrośnego metali przez obróbkę plastyczną oraz do

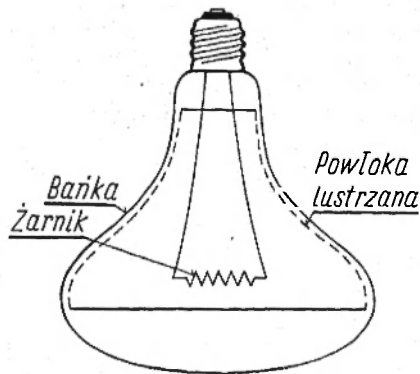


Rys. 67

nagrzewania powierzchniowego stali przed hartowaniem, przy czym stosuje się również prądy wielkiej częstotliwości (parę tysięcy cykli na sekundę). Zaznaczyć należy, że prądy wielkiej częstotliwości nie są tak łatwo odczuwalne jak prądy o normalnej częstotliwości

sieciowej. Właśnie z tego względu są bardzo niebezpieczne, gdyż mogą nie zauważone płynąć czas dłuższy przez ciało ludzkie i wyrządzić bardzo poważne szkody w organizmie. Właściwym środkiem ochronnym jest tu dobre uziemienie części, które wskutek wadliwej izolacji mogłyby znaleźć się pod napięciem.

W pojemnościowych urządzeniach grzejnych podgrzewa się lub suszy materiały dielektryczne, tj. źle przewodzące prąd, jak np. drewno, lakiery, gumy. Urządzenie takie składa się z dwóch płyt metalowych zwanych elektrodami (stanowiących okładziny kondensatora), do których doprowadza się prąd o bardzo dużej częstotliwości wynoszącej miliony, a nawet setki milionów cykli na sekundę (rys. 67). Między płytami umieszcza się podgrzewane lub suszone przedmioty, a powstające między tymi płytami szybkozmienne pole elektryczne wywołuje wytwarzanie się ciepła we włożonych przedmiotach.



Rys. 68

Prądy pojemnościowe w tych urządzeniach wytwarzane przez generatory wielkiej częstotliwości (głównie generatory lampowe) mogą być szkodliwe dla człowieka, nawet bez dotykania części znajdujących się pod napięciem. Samo przebywanie w pobliżu generatorów wielkiej częstotliwości może wyrządzić duże szkody organizmowi człowieka. Szkód tych można łatwo uniknąć, jeżeli urządzenia takie są ekranowane osłoną z blachy dobrze uziemionej.

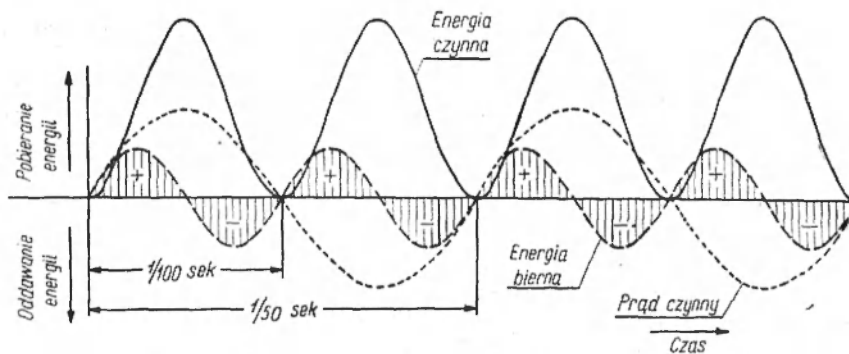
W promiennikowych grzejnikach, zwanych promiennikami podczerwieni, wykorzystuje się, podobnie jak w oporowych urządzeniach grzejnych, wytwarzanie się ciepła wskutek przepływu prądu przez skrętkę metalową. Promienniki takie zbudowane są podobnie jak żarówki, przy czym wewnętrzna strona bańki od strony górnej (bliższej trzonka) pokryta jest powłoką lustrzaną, kierującą strumień promieniowania ku dołowi (rys. 68).

Promienniki podczerwieni stosowane są do suszenia przedmiotów lakierowanych, klejonych itp., niekiedy jednak i do ogrzewania pomieszczeń. Ten ostatni sposób wykorzystania jest niewłaściwy nie tylko ze względów higienicznych (spalanie pyłu znajdującego się w powietrzu i wytwarzanie szkodliwych dla zdrowia gazów), lecz również z uwagi na możliwości wywołania pożaru. Silnie promieniujące promienniki mogą łatwo wywołać samozapalenie znajdujących się w pobliżu przedmiotów z drewna lub innych materiałów palnych.

#### 4. KONDENSATORY STATYCZNE

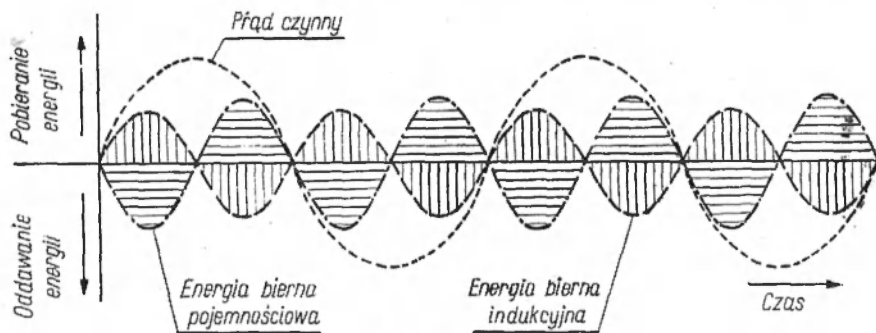
Niektóre odbiorniki energii elektrycznej przetwarzają tylko część energii pobranej z sieci na inne formy energii, część zaś zwracają do sieci, skąd ją pobrały. Energia ta, jako nie wykonująca żadnej pracy, lecz jedynie pulsująca między odbiornikiem a elektrownią w takt częstotliwości prądu, nosi nazwę biernej. Tak np. w silnikach asynchronicznych obok energii zużywanej bezzwrotnie (na ruch i nagrzewanie się silnika), a zwanej energią czynną, mamy do czynienia z energią pulsującą między źródłem prądu a odbiornikiem. Częstotliwość pulsowania tej energii jest dwukrotnie większa niż częstotliwość prądu zasilającego. Jeżeli więc częstotliwość prądu zasilającego wynosi 50 cykli na sekundę, to częstotliwość pulsowania energii biernej wynosi 100 cykli na sekundę, jak to ilustruje wykres na rysunku 69. Jak widać z tego wykresu, ilość energii biernej pobieranej ze źródła prądu jest równa ilości zwracanej do źródła, a zatem teoretycznie nie ma straty energii, a więc opisane zjawisko można by uznać za obojętne. W istocie jednak tak nie jest, gdyż

część energii wysyłanej traci się po drodze ze źródła do odbiornika i podobnie część energii powracającej z odbiornika do źródła prądu zostaje stracona. Drugą i bardziej dotkliwą wadą energii bierniej jest to, że prąd przenoszący tę energię bezużytecznie obciąża przewody przemysłowe, które wobec tego nie mogą być obciążone w pełni prądem czynnym.



Rys. 69

Opisaną energię pulsującą nazywamy energią bierną indukcyjną. Istnieją również odbiorniki, które pobierają i zwracają energię do źródła, jednak pulsowanie energii jest w pewnym sensie odmienne niż w odbiornikach indukcyjnych. Pulsowanie tej energii, zwanej energią bierną pojemnościową, przedstawione

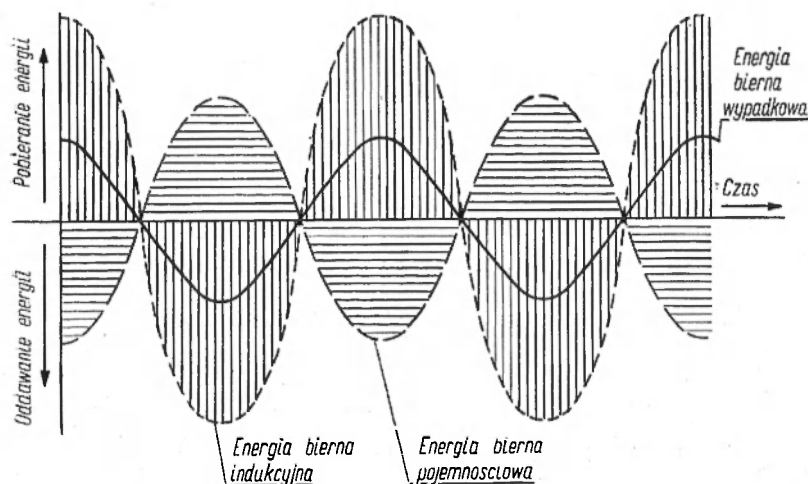


Rys. 70

jest na rys. 70. Widzimy, że w tym czasie, kiedy odbiorniki indukcyjne pobierają energię ze źródła prądu, odbiorniki pojemnościowe oddają ją do źródła i odwrotnie. Jeżeli zatem przy-

łączy my do sieci jednocześnie odbiorniki indukcyjne i pojemnościowe, to energię bierną w sieci można znacznie zmniejszyć, jak to ilustruje rysunek 71, przedstawiający energię bierną wypadkową. Przy odpowiednim doborze odbiorników można doprowadzić do tego, że w sieci nie będzie w ogóle energii biernej, a pulsowanie energii będzie się odbywało jedynie między odbiornikami indukcyjnymi i pojemnościowymi.

Odbiornikami czysto pojemnościowymi, tj. takimi, które nie pobierają wcale energii czynnej, są *k o n d e n s a t o r y*. Budowa kondensatora jest bardzo prosta: między okładzinami metalowy-

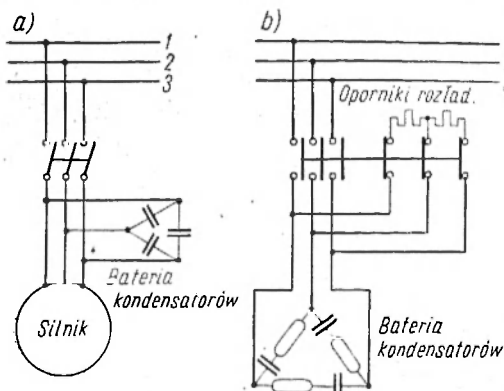


Rys. 71

mi (do których doprowadza się prąd) umieszczony jest materiał dielektryczny, tj. nie przewodzący prądu. W zasadzie prąd zmienny doprowadzony do okładzin kondensatora nie przepływa przez warstwę dielektryka, lecz pulsuje po stronie zewnętrznej obu okładzin ładując pierwszą i rozładowując drugą i na przemian.

Dzięki tej właściwości kondensatory, jako odbiorniki czysto pojemnościowe, stosowane są do likwidacji niekorzystnej mocy biernej indukcyjnej w sieciach przemysłowych. Kondensatory takie, zwane kondensatorami statycznymi, ustawia się w zakładach przemysłowych, w których pracuje wiele odbiorników indukcyjnych, jak np. opisane powyżej silniki asynchroniczne, transformatory oraz piece indukcyjne i łukowe.

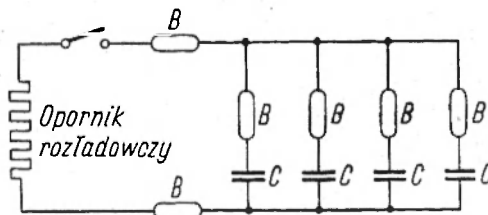
Kompensacja energii biernej za pomocą kondensatorów może odbywać się indywidualnie lub grupowo. W pierwszym przypadku baterię kondensatorów przyłącza się bezpośrednio do odbiornika (rys. 72a), w drugim zaś — do szyn (rys. 72b), do których przyłączona jest grupa odbiorników. Oba te układy nie są jednak równorzędne pod względem bezpieczeństwa pracy, jak to wynika z poniższych rozważań.



Rys. 72

Główne niebezpieczeństwo przy obsłudze kondensatorów statycznych polega na tym, że po wyłączeniu kondensatora może przez dłuższy czas utrzymywać się na okładzinach pewien ładunek elektryczny, zwany szczałtkowym.

Personel niedostatecznie uświadomiony dotykając takiego wyłączanego spod napięcia urządzenia może doznać poważnego porażenia. W bateriach przyłączonych bezpośrednio do odbiornika (rys. 72a) niebezpieczeństwo to jest niewielkie, gdyż okładziny kondensatorów szybko się rozładowują przez uzwojenia odbiornika. W celu uniknięcia utrzymywania się ładunku szczałtkowego na okładzinach baterii przyłączonej do szyn zbiorczych (rys. 72b) należy zastosować specjalne oporniki rozładowcze. Wyłącznik kondensatorów powinien być tak sprzężony z wyłącznikiem oporników, aby przy odłączaniu baterii od sieci następowało natychmiast automatyczne przyłączenie oporników rozładowczych do baterii (jak to przedstawiono schematycznie na rys. 72b).



Rys. 73

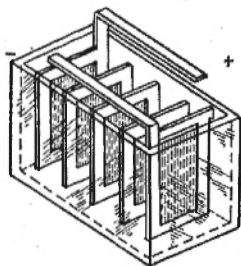
Przy eksploatacji kondensatorów statycznych istnieje jeszcze jedno niebezpieczeństwo, wynikające stąd, że bateria kondensatorowa składa się z sekcji, a każda sekcja z kilku kondensatorów C, chronionych bezpiecznikami B (rys. 73). W razie przepalenia się

bezpiecznika w którejkolwiek z sekcji (co zdarza się podczas eksploatacji), sekcja taka pozostaje pod napięciem, gdyż wskutek przerwy w obwodzie sekcja nie uległa rozładowaniu przez opornik rozładowczy. Z tego względu, przystępując do jakichkolwiek czynności przy baterii wyłączonej spod napięcia, należy dodatkowo rozładować poszczególne kondensatory czy sekcje za pomocą przenośnego opornika rozładowczego. Należy tę czynność wykonywać w rękawicach i okularach ochronnych. Nie wolno zwierać okładzin kondensatorów za pomocą kawałka przewodu, gdyż może to być przyczyną wypadku lub uszkodzenia kondensatora.

## 5. AKUMULATORY

Prąd stały ma w przemyśle bardzo różnorodne zastosowania: od specjalnych napędów (np. dźwignicowych), do elektrolizy i galwanizacji, do zasilania obwodów sterowniczych, urządzeń oświetleniowych, bezpieczeństwa i innych.

Prąd stały uzyskuje się zazwyczaj albo przez przekształcenie prądu zmiennego z sieci na prąd stały za pomocą prądnic napędzanych silnikami prądu zmiennego albo urządzeń zwanych prostownikami. W ten sposób uzyskany stały prąd zużytkowuje się przede wszystkim do celów napędowych. Do innych celów magazynuje się zazwyczaj uzyskaną energię prądu stałego w akumulatorach. Służą one m.in. do zasilania lamp bezpieczeństwa.



Rys. 74

Akumulatory są to urządzenia, które doprowadzoną do nich energię prądu stałego przetwarzają na energię chemiczną i magazynują ją do czasu jej zużytkowania. Z chwilą przyłączenia odbiornika do naładowanego akumulatora nagromadzona energia chemiczna przetwarza się z powrotem na elektryczną i zasila odbiornik prądem stałym.

Akumulatory dzieli się na kwasowe (ołowiowe) i zasadowe (niklowe). Budowa akumulatora ołowiowego pokazana jest na rysunku 74. W naczyniu ze szkła lub masy izolacyjnej, napełnionym roztworem kwasu siarkowego w wodzie destylowanej, umieszczone są dwa zespoły płyt ołowianych. Płyty dodatnie pokryte są pastą zawierającą dwutlenek ołowiu, płyty ujemne są wykonane z czystego ołowiu. Między płytami umieszczone są przekładki izolacyjne. Wszystkie płyty dodatnie są ze sobą metalicznie połączone i przyłączone do

zacisku dodatniego na akumulatorze. Do zacisku ujemnego przyłączone są wszystkie płyty ujemne.

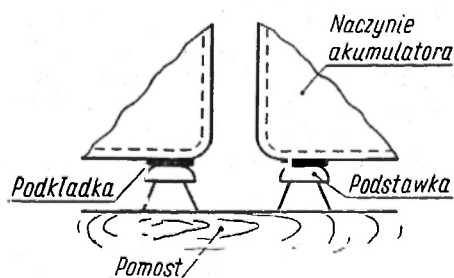
Napięcie między płytami akumulatora w stanie naładowanym wynosi około 2 V. Przy wyładowywaniu napięcie spada. Gdy napięcie obniży się do 1,8 wolta, wyładowanie należy przerwać.

Akumulator ładuje się przez przyłączenie go do prądnicy prądu stałego lub do sieci prądu zmiennego poprzez prostownik. Podczas ładowania akumulatora następuje rozkład wody zawartej w akumulatorze i wyzwolony wodór miesza się z powietrzem, tworząc w pomieszczeniu mieszaninę wybuchową. Z tego względu w akumulatorni nie wolno palić tytoniu, spawać, ani wykonywać żadnych prac, przy których mogłyby powstać iskry. Szczególną uwagę należy poświęcić zaciskom, które powinny być tak wykonane, aby zapewniały niezawodną styczność. Akumulatornia powinna być dobrze wentylowana, zwłaszcza podczas ładowania i bezpośrednio po naładowaniu akumulatorów.

Akumulatornia powinna mieć oświetlenie naturalne i sztuczne. Jeżeli okna zwrócone są w stronę, skąd docierają bezpośrednio promienie słońca, to szyby powinny być wykonane ze szkła matowego lub pobielone farbą. Przewody oświetleniowe powinny być jednożyłowe w powłoce odpornej na działanie kwasów, a oprawy oświetleniowe powinny być szczelne. Wyłączniki, bezpieczniki i gniazda wtyczkowe powinny być umieszczone na zewnątrz akumulatorni.

Akumulatornia powinna być ogrzewana za pomocą kaloryferów. Dopuszczalne jest ogrzewanie piecem kaflowym, jednakże palenisko powinno się znajdować na zewnątrz akumulatorni. Piecyków zwykłych i grzejników elektrycznych w akumulatorni stosować nie wolno. Baterie akumulatorowe powinny być umieszczone w odległości nie mniejszej niż 1,5 m od kaloryferów albo pieca.

Baterie powinny być ustawione na pomostach z drewna nasyconego materiałem niehygroskopijnym i odpornym na kwas siarkowy. Akumulatory umieszcza się na podstawkach szklanych lub porcelanowych i podkładkach ołowianych (rys. 75).



Rys. 75

## 6. URZĄDZENIA ELEKTROLITYCZNE I GALWANIZACYJNE

Elektroliza jest zjawiskiem występującym przy przepływie prądu stałego przez elektrolit, tj. roztwór lub ciało roztopione. Pod wpływem prądu następuje rozkład elektrolitu, przy tym na elektrodzie ujemnej (katodzie) wydziela się wodór lub metale, na dodatniej (anodzie) — tlen lub reszta kwasowa. Elektrolizę stosuje się przede wszystkim w przemyśle chemicznym do uzyskiwania metali chemicznie czystych.

W tym celu stosuje się specjalne wanny elektrolityczne, zasilane prądem stałym, przeważnie o napięciu 220 V, uzyskiwanym z prądnic lub prostowników, rzadziej — z akumulatorów.

Elektroliza jest wykorzystywana również w przemyśle metalowym i hutniczym do galwanizacji, tj. do uszlachetniania powierzchni metali przez pokrywanie innymi metalami (np. niklem lub chromem).

Wanny galwanizacyjne zasila się prądem o bardzo niskim napięciu 3 do 15 woltów (a więc napięciu bezpiecznym), uzyskiwanym również z prądnic prądu stałego lub z prostowników.

Wobec tego, że powietrze w pomieszczeniach, w których ustawione są wanny elektrolityczne lub galwanizacyjne, nasycone jest wylęciami mogącymi łatwo uszkodzić izolację urządzeń elektrycznych, obowiązują tu takie same przepisy jak dla akumulatorni. Prądnice albo prostowniki powinny być ustawione w pomieszczeniu oddzielnym, dobrze przewietrzanym i uszczelnionym (przed wylęciami).

## 7. APARATY RENTGENOWSKIE

Promienie Roentgena są obecnie szeroko stosowane w przemyśle — do badania jakości wyrobów. Aparaty służące do wytwarzania takich promieni składają się z kilku części, z których najważniejsze są: lampa rentgenowska i zasilający ją generator, wytwarzający wysokie napięcia rzędu kilkudziesięciu tysięcy, a nawet paruset tysięcy woltów. Ze względu na wysokie napięcie aparaty rentgenowskie powinny być bardzo starannie uziemione. Do uziemienia w tym przypadku nie nadaje się sieć centralnego ogrzewania, również sieć wodociągowa do tego celu nie jest zalecana. Najlepiej jest wykonać specjalne dobre uziemienie indywidualne, nie związane z żadnymi innymi urządzeniami. Przekrój miedzianego przewodu uziemiającego do zainstalowanych na stałe aparatów rentgenowskich powinien wynosić co najmniej 10 mm<sup>2</sup>, do aparatów przenośnych — 6 mm<sup>2</sup>.

Drugim niebezpieczeństwem, występującym podczas użytkowania aparatów rentgenowskich, jest szkodliwe działanie ich promieniowania. Z tego względu aparaty takie należy umieszczać w oddzielnych pomieszczeniach, uniedostępnionych dla ogółu pracowników. Na stronie zewnętrznej drzwi należy umieścić napis „Pracownia rentgenowska” oraz tabliczkę ostrzegawczą.

Ściany i stropy pracowni powinny być wykonane z barytobetonu, tj. materiału pochłaniającego promieniowanie rentgenowskie. W zwykłych pomieszczeniach uzyskuje się prowizoryczną ochronę przez założenie osłon i mat z materiału zawierającego ołów.

Aparat powinien być tak ustawiony, aby strumień promieniowania nie padał na ścianę, za którą przebywają stale ludzie.

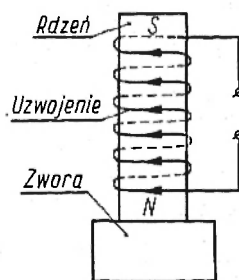
#### 8. MECHANIZMY ELEKTROMAGNETYCZNE

Mechanizmy elektromagnetyczne stosowane są w bardzo wielu urządzeniach przemysłowych, np. w chwytниках elektromagnetycznych, służących do podnoszenia ciężarów (od kilku do kilkunastu ton), w stołach obrabiarek (do umocowania obrabianych przedmiotów) oraz w sprzęgłach elektromagnetycznych łączących urządzenie napędowe z napędzanym.

Działanie elektromagnesu jest ogólnie znane, a budowa jego jest bardzo prosta (rys. 76). Na rdzeniu stalowym nawinięta jest cewka elektromagnesu. W chwili doprowadzenia napięcia (prądu stałego lub zmiennego) do zacisków cewki rdzeń przyciąga zworę i przytrzymuje ją dopóki trwa przepływ prądu przez cewkę. Z chwilą przerwania prądu zwora odpada.

Łatwo jest sobie wyobrazić, jakie wypadki mogą się zdarzyć w razie nieoczekiwanego przerwania przepływu prądu w mechanizmach elektromagnetycznych: chwytник może upuścić nagle kilkunastotonowy ciężar, przedmiot obrabiany może być zrzucony z dużą siłą ze stołu obrabiarki, maszyna robocza może zostać nagle zatrzymana. Każde z tych zdarzeń może oczywiście pociągnąć za sobą ciężkie urazy ciała a nawet śmierć znajdujących się w pobliżu osób.

Z tego względu personel obsługujący mechanizmy elektromagnetyczne powinien zwracać baczną uwagę na ich działanie i nie



Rys. 76

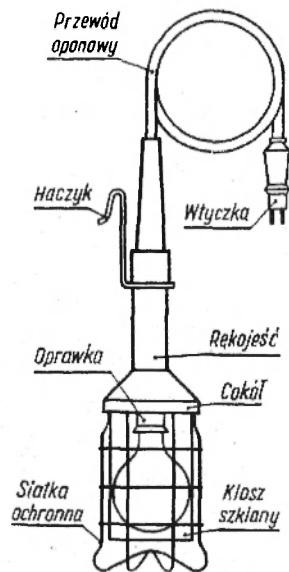
podejmować żadnych napraw ani przeróbek we własnym zakresie. W razie zauważenia choćby najmniejszej usterki w działaniu takich mechanizmów, należy natychmiast zatrzymać urządzenie (z zachowaniem wszelkich środków ostrożności, m.in. należy ostrzec znajdujące się w pobliżu osoby) oraz zawiadomić kierownictwo i elektryka zakładowego.

### 9. ELEKTRYCZNE NARZĘDZIA I PRZYRZĄDY RĘCZNE

Spośród różnych urządzeń elektrycznych stosowanych w przemyśle najbardziej niebezpieczne są lampy elektryczne i narzędzia ręczne oraz aparaty przenośne, ponieważ urządzenia takie narażone są stale na wstrząsy i uderzenia, a wskutek tego łatwo ulegają uszkodzeniu. Niebezpieczeństwo jest zwiększone przez to, że posługujący się nimi pracownicy dotykają ich korpusów; przy tym praca odbywa się często w pobliżu uziemionych mas metalowych, w warunkach zwiększonego niebezpieczeństwa porażenia.

Wszystko to nakłada na użytkowników specjalne obowiązki właściwego doboru, prawidłowej eksploatacji i konserwacji tych urządzeń.

Szczególną uwagę należy poświęcić lampom ręcznym, gdyż posługujemy się nimi zazwyczaj w miejscach bardzo ciemnych, to zaś dodatkowo zwiększa niebezpieczeństwo wobec powstawania silnych kontrastów świetlnych powodujących olśnienie. W kotłach i zbiornikach metalowych, w miejscach wilgotnych (np. w piwnicach) i innych miejscach o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia należy z reguły stosować lampy zasilane obniżonym napięciem (z transformatora bezpieczeństwa lub z akumulatora). Lampy ręczne zasilane bezpośrednio napięciem sieciowym można stosować jedynie w pomieszczeniach suchych, z dala od mas metalowych połączonych z ziemią.



Rys. 77

Niezależnie od tego, jakim napięciem zasilane są lampy ręczne, ich budowa powinna odpowiadać specjalnym warunkom. Jedną z takich lamp przedstawiona jest na rysunku 77. Oprawka lampy

osadzona jest w rękojeści wykonanej z wytrzymałego pod względem mechanicznym materiału izolacyjnego, odpornego na wilgoć i wysoką temperaturę. Oprawka i wkręcona w nią żarówka osłonięte są siatką ochronną. Siatka jest przymocowana do cokołu rękojeści, a nie do oprawki, aby uniknąć przerzutu napięcia na siatkę w razie uszkodzenia oprawki. Siatka powinna być umocowana w taki sposób, żeby nie było można zdjąć jej bez użycia specjalnego przyrządu.

W celu zapobieżenia przetarciu izolacji lub złamaniu przewodów, w miejscu wprowadzenia ich do rękojeści nałożona jest na przewód i rękojeść gruba rurka gumowa, dostatecznie sztywna, aby uniemożliwiła zbyt silne przegięcie przewodu. Również sam przewód powinien mieć wzmocnioną izolację (przewód oponowy). Wtyczka, którą zakończony jest przewód, powinna być przystosowana do napięcia zasilania lampy. Do lamp zasilanych napięciem sieciowym stosuje się wtyczkę sieciową normalną (rozstaw kołków — 20 mm), do lamp zasilanych napięciem obniżonym — wtyczkę specjalną (o zmniejszonym rozstawie kołków), nie pasującą do gniazda sieciowego. Do zawieszania lampy służy haczyk przymocowany do rękojeści.

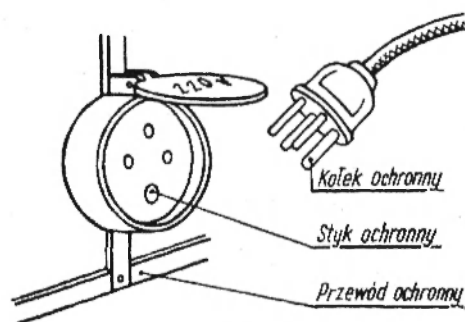
Lampy ręczne, przeznaczone do użytkowania w pomieszczeniach wilgotnych, powinny być zaopatrzone w szklany klosz osłaniający żarówkę. W pomieszczeniach zagrożonych wybuchem należy stosować lampy ręczne w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Elektryczne narzędzia ręczne (wiertarki, szlifiarki, wibratory itp.) ulegają łatwiej uszkodzeniu niż lampy ręczne, gdyż podczas pracy podlegają drganiom i uderzeniom. Z tego powodu uchwyty oraz korpusy takich narzędzi wykonuje się zazwyczaj z metalu, gdyż brak jest materiałów izolacyjnych dostatecznie wytrzymałych mechanicznie. W takich warunkach pracownik posługujący się narzędziem narażony jest stale na porażenie, gdyż podczas pracy łatwo może nastąpić uszkodzenie wewnętrzne i przerzut napięcia na korpus lub uchwyt narzędzia. Niebezpieczeństwo porażenia zmniejszyć może w pewnym stopniu pokrycie korpusów i uchwytów warstwą izolacyjną, jednakże to nie wystarcza. Części metalowe obudowy powinny być uziemione lub zerowane i w tym celu powinien na obudowie znajdować się zacisk ochronny.

Połączenie narzędzia z siecią powinno odbywać się za pomocą przewodu oponowego zakończonego wtyczką ze stykiem chronnym. Przewód powinien zawierać oprócz żył roboczych żyłę

ochronną, przyłączoną z jednej strony do zacisku ochronnego na obudowie narzędzia, z drugiej zaś — ze stykiem kołka ochronnego wtyczki (rys. 78). Oczywiście i gniazdo wtyczkowe powinno być wyposażone w styk ochronny przyłączony do głównego przewodu uziemiającego lub zerowego. Styki ochronne zapewniają samoczynne uziemienie bądź zerowanie narzędzia po włożeniu wtyczki do gniazda.

Zbudowane w opisany wyżej sposób i chronione za pomocą prawidłowego uziemienia lub zerowania narzędzia ręczne, zasilane z sieci niskiego napięcia, można stosować w pomieszczeniach, w których nie występuje zwiększone niebezpieczeństwo porażenia. Można ich używać również w tych pomieszczeniach produkcyjnych o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia, w których stosuje się izolację pracowników od ziemi za pomocą pomostów lub dywaników izolacyjnych ułożonych na



Rys. 78

stanowiskach roboczych, a narzędzia podlegają troskliwej fachowej konserwacji.

W miejscach niebezpiecznych pod względem porażenia należy stosować urządzenia zasilane obniżonym napięciem. W miejscach szczególnie niebezpiecznych (jak kołty, zbiorniki metalowe, konstrukcje stalowe) prócz obniżonego napięcia stosować należy dodatkowe środki ochronne, mianowicie: ubrania, rękawice, obuwie i hełmy, wykonane z materiałów izolacyjnych.

Korzystne dla bezpieczeństwa pracy jest także stosowanie narzędzi zasilanych prądem o zwiększonej częstotliwości (400 cykli na sekundę i więcej), gdyż działanie takiego prądu na organizm ludzki jest mniej niebezpieczne niż prądu o normalnej częstotliwości sieciowej (50 cykli na sekundę), a czas narażenia się jest krótszy, gdyż narzędzia takie pracują szybciej niż narzędzia zasilane prądem o częstotliwości sieciowej.

Prąd o częstotliwości 400 cykli na sekundę jest wprawdzie słabiej odczuwany przez organizm niż prąd o częstotliwości sieciowej, działa jednak dostatecznie silnie, aby osoba posługująca się narzędziem odczuła, że narzędzie „elektryzuje”. Przy wiel-

kich częstotliwościach (rzędu tysięcy cykli na sekundę) istnieje niebezpieczeństwo, że pracownik, przez którego ciało przepływa taki prąd, zorientuje się w tym zbyt późno. Zaletą narzędzi zasilanych prądem o zwiększonej częstotliwości są również — nieobjętne pod względem bezpieczeństwa pracy — mały ciężar i niewielkie rozmiary, wadą natomiast — konieczność stosowania urządzenia do zwiększenia częstotliwości, tzw. przetwornicy częstotliwości.

Bezpieczeństwo pracy przy użytkowaniu ręcznych narzędzi i przyrządów elektrycznych wymaga ścisłego przestrzegania przepisów, dotyczących przechowywania, wydawania i oględzin tego sprzętu. Należy go przechowywać w magazynie narzędziowym pod nadzorem wykwalifikowanego narzędziowca i poddawać okresowym rewizjom i remontom zapobiegawczym. Ponadto przed każdorazowym oddaniem sprzętu do użytkowania, narzędziowiec i brygadzysta powinni dokonać dokładnych oględzin. W szczególności sprawdzić należy wizualnie stan połączeń styków i przewodów oraz wypróbować sprawność działania ochrony.

## VII. OGLEDZINY I REMONTY URZĄDZEŃ

### 1. OGLEDZINY URZĄDZEŃ

Bezpieczeństwo pracowników zależy w dużym stopniu od stanu urządzeń, które wobec tego powinny być możliwie często kontrolowane, przynajmniej przez poddanie ich oględzinom. Wynikiem oględzin powinno być usunięcie najdrobniejszych uszkodzeń i usterek, zamiana zużytych części, stwierdzenie stanu urządzeń ochronnych. Uszkodzenia, które nie mogą być natychmiast usunięte, powinny być wpisane do dziennika oględzin z podaniem terminu usunięcia. O terminie tym powinien być poinformowany obsługujący urządzenia, aby mógł domagać się dotrzymania terminu.

Do najczęstszych przyczyn wypadków, zachodzących przy eksploatacji urządzeń elektrycznych, zalicza się:

- wadliwą izolację przewodów,
- wadliwą instalację przewodów (zwisanie, stykanie się z konstrukcjami i rurami metalowymi),
- zanieczyszczenie przewodów i urządzeń,
- zatarasowanie miejsc obsługi,
- zły stan urządzeń ochronnych,
- budowę urządzeń nie przystosowaną do warunków otoczenia,
- uszkodzenie lub brak osłon na częściach wiodących prąd,
- brak napisów i znaków rozpoznawczych na urządzeniach,
- wadliwe oświetlenie oraz złą wentylację.

Wszystkie te okoliczności powinny być sprawdzane podczas oględzin.

Oględzin urządzeń należy dokonywać w terminach określonych harmonogramem zatwierdzonym przez głównego energetyka zakładu.

W czasie oględzin powinno być skontrolowane nie tylko samo urządzenie, lecz powinny być także sprawdzone wiadomości personelu obsługującego dane urządzenia. Obecność personelu obsługującego podczas oględzin konieczna jest również

z tego względu, że może on najlepiej poinformować dokonujących oględzin o wadach i usterkach zauważonych podczas eksploatacji.

Na planowe i skrupulatne dokonywanie oględzin oraz natychmiastowe usuwanie najdrobniejszych nawet usterek należy położyć jak największy nacisk, gdyż prawidłowo konserwowane urządzenia elektryczne zapewniają bardzo duży stopień bezpieczeństwa. Nie mniej ważna jest sprawa właściwych kwalifikacji personelu obsługującego te urządzenia, gdyż nawet przy urządzeniach będących całkowicie w porządku, pracownik o niedostatecznych kwalifikacjach może łatwo stać się ofiarą wypadku, a nawet przyczynić się do zagrożenia życia innych.

## 2. REMONTY URZĄDZEŃ

Oględziny powierzchniowe (bez dotykania części urządzeń, zdejmowania osłon itp.) powinien podejmować każdy obsługujący urządzenie elektryczne codziennie we własnym zakresie. Oględzin okresowych ujętych w powyżej wspomnianym harmonogramie dokonywać może tylko personel upoważniony do tego przez głównego energetyka zakładu. To samo dotyczy tym bardziej remontów i to zarówno bieżących, jak i okresowych.

Uruchomienie urządzenia elektrycznego po ukończeniu oględzin okresowych lub remontu wymaga zezwolenia osoby upoważnionej do tego przez głównego energetyka oraz dokładnego sprawdzenia całego urządzenia przed przystąpieniem do uruchomienia. Pamiętać należy, że osoba wykonująca remont części elektrycznej urządzenia może nie być dokładnie obeznana z częścią mechaniczną i dlatego jest rzeczą szczególnie ważną sprawdzenie urządzenia od tej strony przed uruchomieniem. Pamiętać należy, że wszystkie osłony części mechanicznych (jak kół pasowych lub zębatach, sprzęgieł, wentylatorów itp.) powinny zostać nałożone, a wszelkie przedmioty zbędne usunięte ze stanowiska roboczego przed uruchomieniem maszyny.

## VIII. RATOWANIE PORAŻONYCH PRĄDEM

Sposób ratowania osoby porażonej prądem uzależnia się od wysokości napięcia, które wywołało porażenie.

Jeżeli napięcie rażenia wynosiło 1000 V lub więcej, to do osoby porażonej nie wolno się zbliżać, gdyż może to stać się przyczyną porażenia osoby śpieszącej z pomocą. Należy natomiast natychmiast zawiadomić o wypadku głównego energetyka lub któregośkolwiek z podległych mu elektryków, którzy z tytułu swych kwalifikacji upoważnieni są do ratowania w wypadkach porażenia prądem wysokiego napięcia. W razie gdy w zakładzie nie ma elektryków, należy o wypadku zawiadomić natychmiast najbliższy zakład energetyczny.

Jeżeli porażenie zostało wywołane napięciem niższym niż 1000 V, sposób postępowania zależy od tego, czy osoba porażona dotyka znajdujących się pod napięciem części, a więc znajduje się pod działaniem prądu, czy też ich nie dotyka. W tym ostatnim przypadku należy osobie porażonej bezzwłocznie zastosować sztuczne oddychanie. Jeżeli natomiast osoba ta dotyka części będących pod napięciem, należy natychmiast ją uwolnić od działania prądu.

### 1. UWOLNIENIE OD DZIAŁANIA PRĄDU

Należy jak najusilniej podkreślić, że życie osoby porażonej zależy przede wszystkim od szybkości działania osób niosących ratunek. Im dłużej bowiem przepływa prąd przez ciało, tym mniejsze są szanse przywrócenia do życia osoby porażonej.

Najszybszym i najskuteczniejszym środkiem uwolnienia osoby porażonej od działania prądu jest wyłączenie spod napięcia urządzenia, którego ta osoba dotyka. Jeżeli jest to narzędzie ręczne, lub lampa ręczna, to wystarczy wyrwać wtyczkę z gniazda sieciowego. Podobnie jest, gdy osoba porażona dotyka urządzenia napędzanego silnikiem elektrycznym lub korpusu samego silnika; wystarczy otworzyć wyłącznik tego silnika za pomocą rączki lub przez naciśnięcie przycisku wyłączającego, który jest zazwyczaj oznaczony czerwonym kolorem.

Inaczej ma się rzecz, gdy wyłącznik znajduje się z dala od miejsca wypadku. Zdarzają się np. wypadki porażenia przy wymianie żarówek, gdy wyłącznik znajduje się na tablicy rozdzielczej w innym pomieszczeniu, do którego nieraz trudno się dostać. W takim przypadku należy szukać innych sposobów uwolnienia od działania prądu. Jeżeli przewody zasilające dane urządzenie są dostępne, można je przeciąć, należy jednak przy tym zachować następujące środki ostrożności:

a) ręce odizolować od nożyc, którymi się przecina przewód, za pomocą rękawic dielektrycznych lub suchej tkaniny oraz odizolować się od ziemi, stając na dywaniku gumowym lub na suchej desce;

b) oczy osłonić okularami, odwrócić twarz i oddalić ją od przewodu, aby uniknąć oparzenia w razie powstania łuku;

c) przecinać o ile możności każdą żyłę przewodu oddzielnie.

Jeżeli przewody zasilające są trudno dostępne, postępować należy następująco:

a) włożyć rękawice gumowe lub owinać ręce suchą tkaniną (np. marynarką) i o ile możności odizolować się od ziemi, stając np. na suchej desce i odsunąć porażonego od urządzenia będącego pod napięciem;

b) jeżeli ręce porażonego są zaciśnięte na jednym przewodzie lub na części urządzenia, nie będącej normalnie pod napięciem, należy mu podłożyć pod nogi materiał izolacyjny, np. suchą deskę, podnosząc kolejno jego nogi; dzięki temu ustępuje skurcz rąk i porażonego można już odsunąć od urządzenia;

c) jeżeli ręce porażonego są zaciśnięte na dwóch przewodach, to trzeba odciągnąć kolejno poszczególne palce, podkładając pod nie materiał izolacyjny, np. suchą chusteczkę; czynności te należy o ile możności wykonywać jedną ręką.

## 2. SZTUCZNE ODDYCHANIE

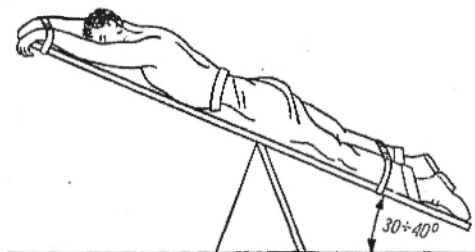
Jeżeli porażony jest nieprzytomny, daje tylko słabe oznaki życia lub nawet nie daje ich wcale, należy natychmiast po uwolnieniu od działania prądu przystąpić do sztucznego oddychania.

Należy pamiętać, że tym większe są szanse odratowania osoby porażonej, im wcześniej przystąpiono do tego zabiegu.

Zdarza się nieraz, że porażonego wynosi się z pomieszczenia na otwarte powietrze lub z odkrytego terenu wnosi się do pomieszczenia i traci się najcenniejsze dla ratownictwa pierwsze minuty czy nawet sekundy. Do sztucznego oddychania należy — o ile to możliwe — przystąpić na miejscu wypadku, a przenieść

porażonego na inne miejsce dopiero po kilkunastu lub co najmniej kilku minutach zabiegu.

Przed przystąpieniem do zabiegu należy oczywiście szybko rozpiąć ubranie i bieliznę, aby nie uciskały porażonego, oraz opa-



Rys. 79

trzyć jego ewentualne rany czy inne uszkodzenia ciała. Istnieje kilka metod sztucznego oddychania, które są opisane w wydanej przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich broszurce — „Przepisy doraźnej pomocy w przypadkach porażenia prądem elektrycznym”. Ograniczymy się do opisanie nowej, mało znanej, a roku-

jącej dużą skuteczność metody, tzw. metody wahadłowej. Metoda ta, przedstawiona na rysunku 79, wymaga prostego przyrządu, składającego się z noszy (lub deski) oraz kozła. Porażonego układa się twarzą w dół, głową przechyloną w bok i przymocowuje się za pomocą rzemieni do przyrządu. Następnie przechyla się nosze rytmicznie w jedną i drugą stronę. Kąt odchylenia (od poziomu) nie powinien być mniejszy niż  $30^{\circ}$  i nie większy niż  $40^{\circ}$ . Liczba dwustronnych wahań powinna wynosić 10 do 12 na minutę. Tempo takie można uzyskać licząc:

- raz — na przechylenie noszy głową w dół,
- dwa, trzy — przetrzymanie noszy w tej pozycji,
- cztery — przechylenie noszy w przeciwną stronę (stopami w dół),
- pięć, sześć — przetrzymanie noszy w tej pozycji.

Jeżeli na miejscu nie ma przyrządu, to do chwili jego dostarczenia należy stosować metodę wahadłową bez przyrządu, w sposób przedstawiony na rysunku 80.

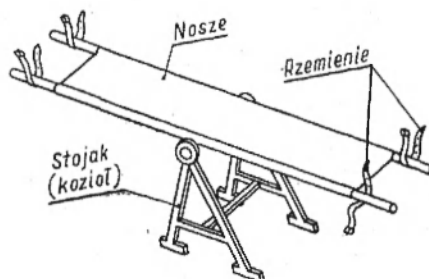
Przyrząd wahadłowy powinien znajdować się w każdym zakładzie przemysłowym. Konstrukcja takiego przyrządu pokazana jest na rysunku 81. Kozioł drewniany lub stalowy wyposażony jest w oś, na której opierają się obłęki przytwierdzone do noszy. Nosze zaopatrzone są ponadto w rzemienie służące do przymocowania na przyrządzie osoby porażonej.

Sztucznego oddychania nie należy przerywać przed przybyciem lekarza, gdyż jedynie on może stwierdzić śmierć rzeczy-

wistą. Zdarzały się już przypadki przywrócenia do życia dopiero po kilku godzinach sztucznego oddychania. Zabieg ten powinien być dokonywany energicznie, lecz nie brutalnie, aby nie uszkodzić wewnętrznych narządów porażonego. Gdy porażony zacznie



Rys. 80



Rys. 81

dawać oznaki życia, należy przerwać na chwilę zabieg, aby sprawdzić, czy nie potrafi już oddychać samodzielnie. Jeżeli tak, należy przerwać sztuczne oddychanie, nawet gdy porażony jest jeszcze nieprzytomny.

Dopóki porażony pozostaje bez oddechu, nie wolno mu podawać do wypicia żadnych cieczy, ani też do wążania żadnych środków cucących.

### 3. POSTĘPOWANIE KOŃCOWE

Gdy porażony zaczął już samodzielnie i regularnie oddychać, ale jest nadal nieprzytomny, albo nie stracił regularnego oddechu przy porażeniu, lecz jest tylko w stanie omdlenia, to zaleca się podawać mu do wążania środki cucące.

Jeżeli porażony już odzyskał przytomność, pożądane jest dać mu łyżeczką ciepłej herbaty, kawy lub wina.

Gdy porażony oddycha już regularnie, należy go natychmiast

odwieźć do szpitala bez względu na to, czy jest przytomny, czy nie. Podczas oczekiwania na przewiezienie i w czasie przewożenia należy porażonego ciepło okryć, a nawet dodatkowo ogrzewać flaszkami z gorącą wodą.

Osoby porażone wysokim napięciem (ponad 1000 V) nie tracą niekiedy ani oddechu, ani przytomności, a po przejściu wstępnego szoku czują się całkiem normalnie. Nawet takie osoby należy przewieźć natychmiast do szpitala i poinformować lekarza, że porażenie było wywołane wysokim napięciem. Przewiezienie do szpitala jest konieczne, gdyż zdarzały się przypadki, że takie — pozornie zdrowe — osoby umierały po kilku godzinach, a nawet po kilku dniach wskutek utworzenia się w organizmie trucizn pod wpływem wysokiego napięcia.

Przy przewożeniu do szpitala porażonego wysokim napięciem należy unieruchomić kończyny, przez które przepłynął prąd, przez przybandażowanie rąk do tułowia, a nóg — ze sobą. Ponadto wskazane jest podawanie porażonemu wysokim napięciem sody rozpuszczonej w wodzie (łyżeczka sody na szklanekę wody) bezpośrednio po wypadku oraz co godzina do chwili przybycia do szpitala. Dla ugaszenia pragnienia podaje się herbatę ocukrzoną.

#### WSKAZÓWKI DODATKOWE

Na tych zewnętrznych częściach ciała, do których podczas rażenia dopływał prąd lub od których prąd odpływał, powstają oparzenia, zwane znamionami prądu. Oparzenia ciała mogą powstać również od działania łuku elektrycznego.

Na oparzenia takie należy nałożyć, jako prowizoryczny opatrunek, suchą gazę sterylizowaną lub czystą płócienną chusteczkę, na wierzch watę i lekko obandażować.

W przypadkach oparzenia oczu łukiem elektrycznym należy nałożyć kompres z roztworu kwasu bornego (mała łyżeczka kwasu na szklanekę wody).

W przypadkach skaleczeń, zwichnięć i złamań, należy stosować znane środki i opatrunki prowizoryczne.

Bezpośrednio po oparzeniu należy osobę poszkodowaną — z zachowaniem wszelkich ostrożności — odwieźć do szpitala.

