

*Franciszek Skrypiak*

# MONTER ELEKTRYK

Zbiór wiadomości praktycznych o budowie  
i działaniu oraz montażu i obsłudze  
urządzeń elektrycznych prądu silnego

UŁOŻYŁ

**MIECZYŚLAW POŻARYSKI**

Profesor Politechniki Warszawskiej

PRZY WSPÓŁUDZIAŁU

PROF. WITOLDA KOTOWSKIEGO

**WYDANIE TRZECIE**

POPRAWIONE I UZUPEŁNIONE



**NOWA KSIĘGARNIA TECHNICZNA**

ROMUALD REJCHENBACH

**WARSZAWA**

# MONTER ELEKTRYK

Zbior wiadomości praktycznych o budowie  
i działaniu oraz montażu i obsłudze  
urządzeń elektrycznych prądu silnego

· UŁOŻYŁ ·

**WIECZYŚŁAW POŻARYSKI**

Profesor Politechniki Warszawskiej

PRZY WSPÓŁDZIAŁALE

PROF. WITOLDA KOTOWSKIEGO

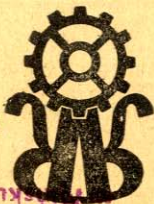
WYDANIE TRZECIE

POPRAWIONE I UZUPEŁNIONE

PANSTWOWE

MĘSKIE GIMN. MECHAN.

Między-Mazow., Siennicka 33, tel. 47



Nr. ks. bibliot. 51

NOWA KSIĘGARNIA TECHNICZNA

ROMUALD REICHENBACH

WARSZAWA



## PRZEDMOWA DO III WYDANIA.

Wobec całkowitego wyczerpania drugiego wydania książki i bardzo silnie dającego się odczuwać braku książek tego typu, zdecydowałem się na trzecie wydanie z małymi tylko zmianami w stosunku do wydania drugiego, ażeby jaknajprędzej książka mogła ukazać się w księgarniach.

Jednocześnie korzystam z okazji, ażeby złożyć hołd głównemu autorowi książki, śp. Profesorowi Mieczysławowi Pozaryskiemu, nieodżałowanej pamięci Popularyzatorowi wiedzy elektrotechnicznej.

Za staranną korektę nowego wydania dziękuję pp. St. Wydzdze i R. Gotębowskiemu.

Witold Kotowski

Luty 1947 r.

Wszelkie prawa zastrzeżone  
Copyright by Romuald Rejchenbach

Wydawnictwo  
NOWA KSIĘGARNIA TECHNICZNA

Romuald Rejchenbach  
Warszawa, ul. Poznańska 12

1947

Państwowe Zakłady Graficzne "Dom Prasy" w Gdańsku  
W-08494



# NARZĘDZIA POTRZEBNE NA MONTAŻU.

12	— różnej wielkości do drzewa.
1	— i kształtów.
1	— szczołka do czyszczenia pilników.
2	— do drzewa dł. 360 mm.
1	— do żelaza dł. 275 mm.
1	<b>Narzędzia do gwintowania.</b>
1	— kompl. na gwinty With- worth'a śr. $1/4$ , $5/16$ , $3/8$ , $1/2$ $5/8$ "
1	— komplet na gwinty do rur gazowych śr. $1/4$ , $3/8$ , $1/2$ "
5	— cęgi do gięcia dla średn. 9, 11, 13,5, 16 i 23 mm.
1	— przyrząd do gięcia rurek stalowo-pancernych.
1	— taśma stalowa do wcią- gania przewodów dł. 10 m.
2	<b>Narzędzia do lutowania.</b>
2	— lutówek 0,25 i 1 kg.
1	— lampka benzynowa.
1	— lampka spłytusowa.
1	— bankka na 1 litr benzyny.
1	— bankka na $1/2$ litra spiryt- tusu.
1	— salmiak, cyna do lutowa- nia, kalatonia, papier i płótno szlifierskie, pen- dzelki i szczoteczki, ta- śma izolacyjna.
1	<b>Różne.</b>
1	— noż monterski.
2	— miarki: składowa i prze- suwka.
1	— taśma miernicza 15 m.
1	— pozionnica.
2	— cyrkie.
2	— rurki stalowe do przebi- jania murów.

## Motki.

1	— szt. stalowy 0,5 kg
1	— " " " 1
1	— " " " 1,5
1	— do nitów 0,15 kg
1	— miedziany 3 kg
1	— drewniany.

## Przeznaki (mesle).

2	— długi, 300 i 400 mm.
2	— długi, 200 mm.

## Wierta i rozwiertaki

1	— komplet z osprzętem.
1	— kompl. swidrow do drze- wa.
1	— komplet swidereków.
1	— znacznik.
2	— wiertarki ręczne.
1	— grzechotka.
1	— korba.

## Cęgi.

1	— do uszek — dł. 150 mm.
2	— do cięcia — dł. 160
2	— piasko-ostrosczypy — dł. i 310 mm.
1	— cęgi kowalskie dł. 235 mm

## Srubokręty.

5	— szerokości: 2, 6, 8, 10 i 12 mm z trzonkami.
2	— z korba 6 i 8, oraz 10 i 12 mm.
2	— kątowe 6 i 8 oraz 10 i 12 mm.

## Klucze do nakrętek.

5	— $8/11$ , $12/14$ , $18/22$ , $28/32$ i $38/42$
2	— nastawiane długi, 200 i 275 mm.
3	— nasadowe $5/16$ , $3/8$ i $1/2$ " mm.



## SPIS RZECZY.

III	Przedmowa	.....
V	Narzędzia potrzebne na montażu	.....
XIV	Skróty	.....

### Wiadomości wstępne:

1	1. Rodzaje prądu	.....
3	2. Własności prądu	.....
6	3. Wielkości charakteryzujące prąd	.....
10	4. Prawa działania prądu	.....
16	5. Połączenia	.....
16	6. Układy urządzeń elektrycznych	.....
19	7. Napięcia w urządzeniach elektrycznych na odbiornikach	.....
20	8. Ziemia w znaczeniu elektrycznym i uzziemienie	.....
29	9. Izolacja	.....
21	10. Zwarcie	.....

### Silniki napędowe w elektrowniach:

22	11. Ogólne własności silników napędowych	.....
22	12. Obliczenie ilości potrzebnego w elektrowni paliwa	.....
23	13. Praca silnika wodnego	.....
24	14. Praca silnika wiatrowego	.....

### Maszyny elektryczne:

25	15. Ogólne pojęcia przyjęte w przepisach o maszynach elektrycznych	.....
27	16. Prądnice prądu stałego	.....
37	17. Prądnice prądu zmiennego	.....
47	18. Silniki elektryczne prądu stałego	.....
55	19. Silniki asynchroniczne trójfazowe	.....



132	54.	Budowa akumulatorów ołowianych
133	55.	Ładowanie i wyładowywanie
135	56.	Bateria akumulatorów
135	57.	Połączenie baterii akumulatorów z prądnicami
139	58.	Akumulatornia
140	59.	Montaż akumulatorów
142	60.	Obsługa akumulatorów stacyjnych ołowianych
144	61.	Obsługa akumulatorów przenośnych ołowianych
147	62.	Akumulatory żelowe czyli alkaliczne. Ustrój i własności
148	63.	Obsługa akumulatorów żelowych
<b>Oświetlenie:</b>		
149	64.	Pojęcie zasadnicze
151	65.	Obliczenie strumienia świetlnego potrzebnego do oświetlenia
151	66.	Obliczenia strumienia świetlnego, który mają dać lampy
151	67.	Obliczenie liczby potrzebnych lamp
152	68.	Obliczenie strumienia świetlnego wysłanego przez jedną lampę
152	69.	Sposób skrócony określenia liczby i wielkości potrzebnych lamp
152	70.	Normy natężenia oświetlenia
153	71.	Oświetlenie zewnętrzne
154	72.	Lampy żarowe
155	73.	Lampy łukowe węglowe
156	74.	Łukowe lampy rtęciowe
158	75.	Lampki świetlące
158	76.	Rury świetlące
160	77.	Lampy sodowe
161	78.	Lampy rtęciowe
161	79.	Oprawy do lamp
163	80.	Połączenie lamp żarowych z siecią
166	81.	Montowanie świeczników i zwieszaków
168	82.	Obsługa lamp

**Akumulatory:**

67	21.	Silniki komutatorowe
67	22.	Silniki synchroniczne
70	23.	Silniki asynchroniczne synchronizowane
71	24.	Przetwornice
72	25.	Składanie i ustawianie maszyn
74	26.	Puszczanie maszyn w ruch
80	27.	Odbiorcze próby maszyn
84	28.	Obsługa maszyn
87	29.	Niedokładności w pracy maszyn
93	30.	Uswanie zakłóceń odbioru radiowego
104	31.	Rodzaje transformatorów
105	32.	Nazwy uzwojeń transformatorów
105	33.	Przekładnia transformatorów
106	34.	Określenia pojęcia mocy transformatorów
107	35.	Napięcie i prądy znamionowe
108	36.	Szereg najczęściej stosowanych mocy
108	37.	Rodzaje pracy transformatorów
109	38.	Spadek napięcia
109	39.	Napięcie i prąd zwarcia
109	40.	Grupy połączeń i ich zastosowanie
110	41.	Równoległe połączenie kilku transformatorów
114	42.	Straty energii w transformatorach
114	43.	Obliczenie prądu pobieranego przez transformator
116	44.	Tablica izolacji w olejowych transformatorach
116	45.	Transformatorki bezpieczeństwa i dzwonkowe
116	46.	Dławiki
117	47.	Montaż transformatorów
117	48.	Próby odbiorcze
120	49.	Obsługa transformatorów
121	50.	Niedokładności w pracy transformatorów
122	51.	Własności ogólne
125	52.	Ustrój prostowników
126	53.	Obsługa prostowników

**Prostowniki:**



107.	Przekroju przewodów do lamp łukowych	209
108.	Ustrój przewodów i ich zastosowanie	210
109.	Tablice przewodów izolowanych i kabli	214
110.	Złącza i odgałęzienia	217
111.	Ogólne zasady prowadzenia przewodów w budynkach	221
112.	Izolatory i gąsiki	223
113.	Zakładanie przewodów na izolatorach i gąsikach wewnątrz budynków	226
114.	Rurki do przewodów	230
115.	Złącza rurek	232
116.	Cięcie rurek	232
117.	Odgałęzienia rurek	233
118.	Zakonczenie rurek	233
119.	Liczba przewodów w rurce	234
120.	Zakładanie przewodów w rurkach na tynku	236
121.	Zakładanie przewodów w rurkach pod tynkiem	237
122.	Zakładanie przewodów płaszczowych i przewodów w ołowiu	238
123.	Przejścia przez ściany i stropy	238
124.	Zamocowanie i przyszwadzanie	240
125.	Zakładanie przewodów izolowanych nazewnątrz budynków	242
126.	Zawieszanie przewodów napowietrznych	242
127.	Izolatory	249
128.	Słupy i wsporniki	252
129.	Montaż linii napowietrznej	257
130.	Obsługa linii napowietrznej	259
131.	Urządzenia ochronne	260
132.	Zastosowanie kabli obojętnych	262
133.	Zakonczenia, złącza i odgałęzienia kabli	263
134.	Montaż kabli	263
135.	Amperomierze	269
136.	Voltomierze	271
137.	Watomierze	273

**Przyrządy pomiarowe:**

168	Obliczenie kosztu oświetlenia	170
170	Czas świecenia się lamp w godzinach	171
171	Kalendarz oświetleniowy	171
172	Sprzęt grzejny	172
174	Ważniejsze przepisy dotyczące sprzętu grzejnego	174
175	Obliczenie ilości ciepła	175
175	Naprawa grzejników	175
177	Zastosowanie różnych układów	177
178	Regulacja napięcia	178
179	Przewody w urządzeniach elektrycznych:	179
180	Ilość ciepła	180
184	Przekroju przewodów ze względu na ulot	184
184	Spadek napięcia	184
186	Przekroje przewodów przy różnych napięciach prądu	186
187	Porównanie przekrojów przewodów w linii prądu stałego i prądu trójfazowego	187
188	Zestawienie wzorów dla obliczenia przekroju przewodów na spadek napięcia	188
191	Zestawienie wzorów dla obliczenia przekroju przewodów na stratę mocy	191
191	Ostateczny wybór przekroju	191
192	Obliczenie przekrojów w torze trójprzewodowym prądu stałego i czteroprzew. prądu trójfazowego	192
194	Obliczenie sieci oświetleniowej na prąd stały	194
197	Obliczenie sieci silnikowej na prąd stały	197
199	Obliczenie przekroju przewodów w sieci oświetleniowej	199
200	Obliczenie przekroju przewodów w sieci oświetleniowej	200
201	Obliczenie przekroju przewodów w sieci siłowej prądu trójfazowego	201
203	Przykłady obliczenia przekroju przewodów w przyłączeniach do sieci rozdzielczej zakładu elektrycznego	206

**Grzejnictwo:**

**Sieć urządzenia elektrycznego:**



138.	Uchby przyrządów pomiarowych	275
139.	Uchby transformatorów miernikowych	276
140.	Liczniki kilowatogodzin	277
141.	Wskaźnik spójczyznika mocy	281
142.	Wskaźnik czułości	281
143.	Montaż przyrządów pomiarowych	282
<b>Łączniki:</b>		
144.	Odłączniki, wyłączniki i przełączniki	284
145.	Gniazda wtyczkowe i wtyczki	287
146.	Wyłączniki samoczynne	288
<b>Bezpieczniki:</b>		
147.	Przeznaczenie bezpieczników	291
148.	Rozmieszczenie bezpieczników	291
149.	Ustrój bezpieczników	294
150.	Obsługa bezpieczników	296
<b>Ochrona od przepięć i natężeń:</b>		
151.	Przeznaczenie ochronników przepięciowych	298
152.	Ustrój ochrony od przepięć	298
153.	Rozmieszczenie ochronników przepięciowych	302
154.	Bezpieczniki napięciowe	302
155.	Ochrona od przetężeń	303
<b>Tablice rozdzielcze i rozdzielnie w elektrowniach i pod- stacjach:</b>		
156.	Rozdzielnie główne	304
157.	Rozdzielnie wtórne	309
158.	Mate tablice rozgałęźne	309
159.	Obsługa rozdzielni	311
<b>Uziemienia:</b>		
160.	Co należy uziemiać	312
161.	Ustrój uziemienia	313
<b>Izolacja urządzeń elektrycznych:</b>		
162.	Jaka ma być izolacja	315
163.	Wskaźniki zwarcia z ziemią	317

<b>Pomiar:</b>		
164.	Pomiar natężenia, napięcia i mocy prądu	319
165.	Pomiar oporu uzwojeń maszyn i oporników	321
166.	Pomiar oporu izolacji urządzeń elektrycznych	323
167.	Pomiar oporu uziemień	325
168.	Odnajdywanie uszkodzeń	326
<b>Porażenie prądem:</b>		
169.	Jak się ustrzec od porażenia prądem	330
170.	Co czynić w razie porażenia prądem	331
171.	Tablice ostrzegawcze	331
<b>Wiadomości pomocnicze:</b>		
172.	Przepisy i normy elektrotechniczne	332
173.	Oznaczenia na planach	333
174.	Plan przewodów w mieszkaniu	335
175.	Napęd pasowy	336
176.	Napęd kołami zębатыmi	339
177.	Fundamenty pod maszynę	339
<b>T A B E L E</b>		
341.	Moc potrzebna dla napędu różnych maszyn	341
342.	Zamiana kilowatów na konie mechaniczne	342
343.	Miary długości i powierzchni	343
344.	Cięzar 1 cm <sup>3</sup> w gramach niektórych ciał stałych	344
344.	Cięzar 1 cm <sup>3</sup> plynów w gramach	344
345.	Srednica wewnętrzna rur gazowych	345
345.	Srednica zewnętrzna gwintu Whitworth'a	345
345.	Srednica zewnętrzna, rozwartość klucza dla gwintu metrycznego	345
346.	Cięzar 1 metra prętów żelaznych w kg.	346
346.	Zelazo dwuteowe	346
346.	Zelazo teowe	346
347.	Zelazo kątowe równoramienne	347
347.	Zelazo ceowe	347
348.	Zelazo kątowe równoramienne	348
348.	Zelazo ceowe	348
349.	Tablica potęg i pierwiastków	349
351.	Tablica obwodów i pól kół	351



W h	Watogodzina	A	Amper
K M	Kilowatogodzina	m A	Miliamper
mm	Koh mechaniczny	"/ A	Mikroamper
cm	Milimetr	V	Volt
cm	Centymetr	k V	Kilowolt
dm	Decymetr	m V	Miliwolt
m	Metr	"/ V	Mikrowolt
k m	Kilometr	Ω	Om
"	Stopa	M Ω	Megom
"	Cal	F	Farad
mm <sup>2</sup>	Milimetr kwadra-	"/ F	Mikrofarad
mm <sup>2</sup>	towny	p F	Pikofarad
cm <sup>3</sup>	Centymetr sześć-	H	Henr
cm <sup>3</sup>	cienny	m H	Milihenr
g	Gram	W	Wat
kg	Kilogram	k W	Kilowat
15 <sup>0</sup>	15 stopni Celsjusza	M W	Megawat
15 <sup>0</sup>	Stopien Beaumé	V A	Woltamper
0B	(czytaj bome)	k V A	Kilowoltamper
		A h	Amperogodzina

W h	Watogodzina	A	Amper
K M	Kilowatogodzina	m A	Miliamper
mm	Milimetr	V	Volt
cm	Centymetr	k V	Kilowolt
dm	Decymetr	m V	Miliwolt
m	Metr	"/ V	Mikrowolt
k m	Kilometr	Ω	Om
"	Stopa	M Ω	Megom
"	Cal	F	Farad
mm <sup>2</sup>	Milimetr kwadra-	"/ F	Mikrofarad
mm <sup>2</sup>	towny	p F	Pikofarad
cm <sup>3</sup>	Centymetr sześć-	H	Henr
cm <sup>3</sup>	cienny	m H	Milihenr
g	Gram	W	Wat
kg	Kilogram	k W	Kilowat
15 <sup>0</sup>	15 stopni Celsjusza	M W	Megawat
15 <sup>0</sup>	Stopien Beaumé	V A	Woltamper
0B	(czytaj bome)	k V A	Kilowoltamper
		A h	Amperogodzina

Dla oznaczenia jednostek pewną ilość razy większych lub mniejszych dodaje się do nazwy danej jednostki słowa podane niżej. Np. przez dodanie słowa „mili” do ampera otrzymujemy jednostkę „miliamper”, stanowiącą tysięczną część ampera itd.

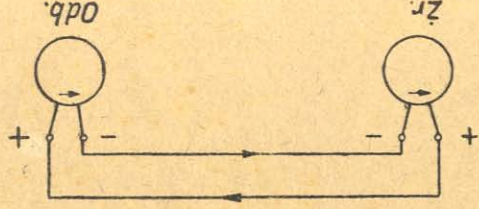
## SKRÓTY.

Giga	G	oznacza	1000000000	jednostek
Mega	M	”	1000000	”
Kilo	k	”	1000	”
Hekto	h	”	100	”
Deka	dk	”	10	”
Decy	dc	”	0,1	”
Centy	c	”	0,01	”
Mili	m	”	0,001	”
Mikro	μ	”	0,000001	”
Milimikro	mμ	”	0,000000001	”
Mikromikro	mμ	”	0,000000000001	”

## WIADOMOŚCI WSTĘPNE

### § 1. RODZAJE PRĄDU.

1. Prąd stały płynie zawsze w jednym kierunku, patrz rys. 1, od (+) do (-) w odbiorniku i od (-) do (+) w źródle prądu, a w przewodach łączących źródło z odbiornikiem prąd płynie od (+) w źródle do (+) w odbiorniku i od (-) w odbiorniku do (-) w źródle.



Rys. 1.

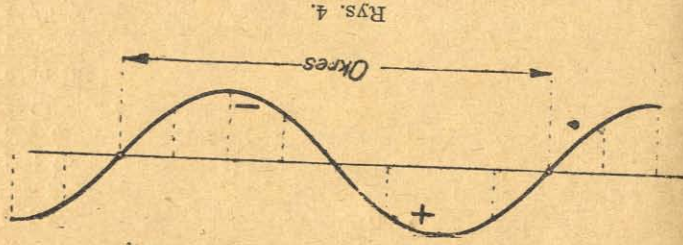
Kierunek prądu określa się odchyleniem igły magnesowej umieszczonej w pobliżu przewodu, p. rys. 2.

Północny biegun igły magnesowej odchyła się w lewo lub w prawo zależnie od kierunku prądu. Jeżeli igła magnesowa będzie umieszczona pod przewodem, wówczas kierunki odchylen będą przeciwne. Znak bieguny na przewodach określa się:

a) przez działanie prądu na papierek lakmusowy, zwilżony roztworem soli; tu pod biegunem ujemnym będzie znak niebieski, pod dodatnim — czerwony, p. rys. 3;

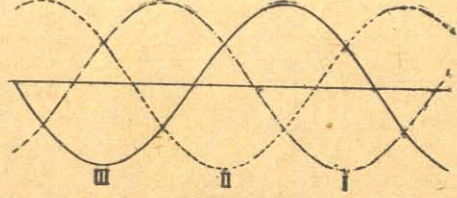


Okres zmienności powtarza się wiele razy na sekundę. Liczbę okresów na sekundę nazywamy częstotliwością prądu. Dla oświetlenia — 50 okresów na sekundę; taki sam prąd używa się do silników w przemyśle, na kolejach zasilanych prądem zmiennym —  $16\frac{2}{3}$  okresów na sekundę.



Rys. 4.

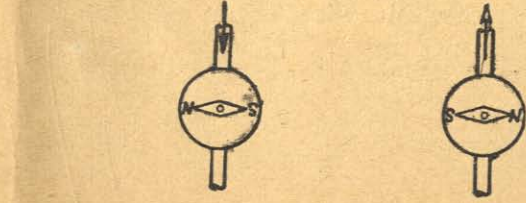
Prąd zmienny jednofazowy płynie po dwóch przewodach. Zmienność jest różna w poszczególnych przewodach i wyraża się liniami falistymi przesuniętymi względem siebie, p. rys. 5. Taki prąd, gdy w pewnej chwili wypływa z prądnicy jednym przewodem, to dwoma innymi wraca.



Rys. 5.

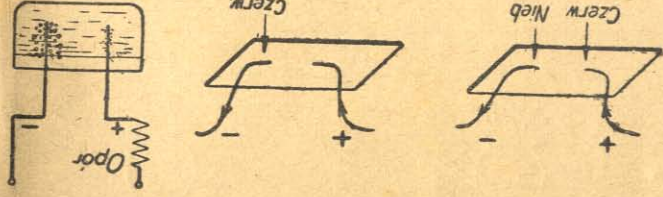
## § 2. WŁASNOŚCI PRĄDU.

1. Prąd ogrzewa wszystkie przewodniki, po których płynie. Przewody przesyłowe i uzwojenia maszyn grzeją się mało. Oporniki i uzwojenia grzejne, np. w żelazkach, grzeją się więcej. Najmocniej grzeją się druciki w żarówkach. Przy nadmiernym prądzie przewodniki topią się.



Rys. 2.

b) przez działanie prądu na papierek biały, nasycony fenoltaleiną i nawilżony roztworem soli; tu pod biegunem ujemnym będzie znak czterwony, p. rys. 3; c) przy napięciu źródła kilku lub kilkunastu woltów bezpośrednio, przy wyższych napięciach przez duży opór np. przez lampkę odpowiedniego woltażu, puszczamy prąd przez słaby roztwór kwasu siarkowego, wówczas czas na biegunie ujemnym będzie znacznie więcej pęcherzyków gazu, rys. 3, niż na biegunie dodatnim.



Rys. 3.

Papierek lakmusowy  
Papierek fioletowy.  
Woda zakwaszona

2. Prąd zmienny zmienia swój kierunek i natężenie w czasie według linii falistej czyli tak zw. wykresu sinusoidalnego, rys. 4.



5. Magnes lub elektromagnes wypycha prąd z prądem z pola swego działania w kierunku prostopadłym do linii magnetycznych.

Siła wypychająca jest tym większa, im silniejszy jest magnes i większy prąd.

6. W przewodnikach poruszających się w polu magnetycznym powstaje siła elektromotoryczna, czyli napięcie indukowane. Taką samą siłą powstaje w zwójkach otaczających zmienny strumień magnetyczny.

7. W rdzeniach żelaznych elektromagnesów prąd zmienia jego powstają indukowane prądy wirowe, które grzeją żelazo. Dla zmniejszenia tych prądów, rdzenie takie wykonujemy z blaszek. Prądy te powstają w twornikach prądnic przemiennej i rdzeniach transformatorów. Podobne prądy wirowe mamy również w wirujących twornikach prądnic prądu stałego.

8. Przy przemagnesowywaniu żelaza wytwarza się tym, że żelazo opiera się przemagnesowywaniu. Histereza jest częścią przyczyną grzania się tworników prądnic prądu stałego i zmiennego oraz rdzeni transformatorów.

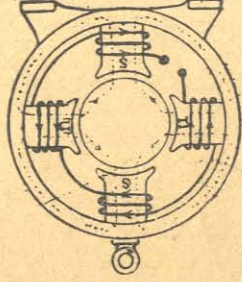
9. Przy każdej zmianie natężenia prądu w przewodach, a szczególnie w cewkach indukują się siła elektromotoryczna *samoindukcji*, czyli indukcji własnej. Ta własność cewki ma dwa zwojów, tym wyższa jest siła elektromotoryczna indukcji własnej. Szczególnie duża jest siła elektromotoryczna samoindukcji w cewkach uzwojeń bocznikowych, nawiniętych na rdzeniach żelaznych w magnesach.

10. Przewodniki mają zdolność gromadzenia ładunków elektrycznych, którą nazywamy pojemnością; zazwyczaj mówimy o pojemności układu dwóch izolowanych od siebie przewodników, z których jeden jest połączony z dodatnim biegunem źródła prądu, a drugi z ujemnym; na drugim ujemna, szczególnie kabie elektryczne przy wysokich napięciach gromadzą znaczne ładunki. Przy wyładowaniu, kabie mogą zna-

Przy przejściu z jednego przewodnika do drugiego prąd przechodzi przez styk czyli kontakt; jeżeli powierzchnie stykające się nie są metalicznie czyste, to prąd napotyka opór i styk grzeje się, metal utlenia się, tj. łączy się z tlenem powietrza, przez co styk psuje się jeszcze więcej. Najważniejszą wadą urządzeń elektrycznych są zle styki.

2. Prąd rozkłada roztwory soli, przez które płynię jest to tak zwana elektroiza. Metale wydzielają się na płycie czyli *elektrodzie* (—) połączonyj z ujemnym biegunem źródła prądu. W ten sposób można złożyć, srebrzyć itp. kładząc przedmiot metalowy z (+) źródła prądu, można metal przedem osłaniając jedne miejsca izolatoru, a odsłaniając inne, można wytrawiać rysunki na metalu.

3. Prąd przepływający przez uzwojenie obejmujące rdzeń żelazny *magnesyje* go, wytwarza bieżący N i S, stosownie do kierunku, w którym prąd opływa wokół rdzenia żelaznego, p. rys. 6.



Rys. 6.

4. Prądy, przepływające przez przewody równoległe, znajdujące się blisko siebie, *odpychają* się wzajemnie, gdy kierunki prądów są przeciwne, i *przyciągają* się, gdy kierunki prądów są zgodne. Siła wzajemnego oddziaływania jest tym większa, im większe są prądy.



Moc prądu obliczamy z następujących wzorów:

$P$  — moc prądu w watach,  $U$  — napięcie w woltach (przy prądzie zmiennym skuteczne),  $I$  — natężenie prądu w amperach (przy prądzie zmiennym skutecznym),  $\cos \varphi$  — współczynnik mocy.

Przy prądzie stałym:

$$P = U \cdot I$$

Przy prądzie zmiennym jednofazowym:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

gdą prąd zasila lampy, to  $\cos \varphi = 1$  i wtedy

$$P = U \cdot I$$

Przy prądzie trójfazowym:

$$P = 1,73 \times U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

gdą prąd zasila lampy,  $\cos \varphi = 1$ , więc:

$$P = 1,73 \cdot U \cdot I$$

Tak zwana moc pozorna prądu zmiennego jednofazowego

zawsze =  $U \cdot I$  mierzy się w woltamperach albo kilowolt-

amperach.

Moc pozorna prądu trójfazowego zawsze =  $1,73 \times U \cdot I$

Przykłady. a. Napięcie prądu stałego  $U = 110$  V,

natężenie prądu  $I = 10$  A, wówczas moc:

$$P = 110 \times 10 = 1100 \text{ W} = 1,1 \text{ kW}$$

b. Napięcie prądu zmiennego jednofazowego

$U = 220$  V, prąd  $I = 15$  A,  $\cos \varphi = 0,8$ , wówczas moc:

$$P = 220 \times 15 \times 0,8 = 2640 \text{ W} = 2,64 \text{ kW}$$

Gdy prądnicza zasila lampy, to  $\cos \varphi = 1$ , a moc:

$$P = 220 \times 15 = 3300 \text{ W} = 3,3 \text{ kW}$$

Moc pozorna prądu wynosi  $220 \times 15 = 3300$  VA (wolt-

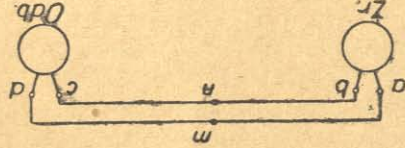
toamperów) = 3,3 kVA (kilowoltamperów).

czne ładunki zachować i w razie dotknięcia wywołać porażenie.

Skutkiem pojemności nawet otwarte na końcu długie linie elektryczne połączone ze źródłem prądu zmiennego, pobierają tak zwany prąd pojemnościowy, który wyprzedza w fazie napięcie o ćwierć okresu i skutkiem tego jest bezwatuwy, ale grzeje uzwojenia i przewody, po których płynie.

### § 3. WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE PRĄD.

1. Napięcie prądu rozważamy na zaciskach źródła obciążenia cd. p. rys. 7, oraz wzduż linii przewodów między przyłącznymi punktami przewodów  $m, n$ .



Rys. 7.

Mierzony napięcie w woltach (skróć V), w kilowoltach (skróć kV) lub miliwoltach (skróć mV) czy mikrowoltach (skróć  $\mu$ V):

kilowolt = 1000 woltów,

miliwolt = tysięczna część wolta,

mikrowolt = milionowa część wolta.

Napięcie zwykłego ogniwa galwanicznego wynosi około

1 V, akumulatora żelazo-niklowego 1,2 V, akumulatora ołowianego — 1,9 V, prądu 110 V, 220 V itd.

2. Natężenie prądu, czyli krótko „prąd”, wokoło nierozgałęzionego obwodu wszędzie jednakowy, mierzymy w amperach (skróć A), miliamperach (skróć mA) i mikro-

amperach (skróć  $\mu$ A).

3. Moc prądu mierzony w watach (skróć W), kilowatach (skróć kW) i megawatach (skróć MW).

Kilowat = 1000 watów,

Megawat = 1000000 watów.



c. Napięcie prądu zmiennego trójfazowego  $U = 120 \text{ V}$ ,  $I = 20 \text{ A}$ ,  $\cos \varphi = 0,75$ , wówczas moc:

$$P = 1,73 \times 120 \times 20 \times 0,75 = 3114 \text{ W} = 3,114 \text{ kW}$$

Gdy prądnicą zasila lampy, to moc:

$$P = 1,73 \times 120 \times 20 = 4152 \text{ W} = 4,152 \text{ kW}$$

Moc pozorną prądnicę wynosi:

$$1,73 \times 120 \times 20 = 4152 \text{ VA} = 4,152 \text{ kVA}$$

4. Spółczynnik mocy oznaczamy znakiem  $\cos \varphi$  (czytaj kosinus II). Obliczamy ze wzoru:

$$\cos \varphi = \frac{\text{moc prądu rzeczywista, wskazana przez watomierz}}{\text{moc prądu pozorną}}$$

Lampy żarowe pobierają prąd zgodny w fazie z napięciem, wtedy  $\cos \varphi = 1$ .  
Silniki pobierają zwykle prąd spóźniający się w fazie względem napięcia, wtedy  $\cos \varphi$  jest mniejszy od 1, na przykład 0,8.

Przykład. Silnik pobiera prąd trójfazowy o napięciu 220 V i natężeniu 10 A, moc rzeczywista zaś tego prądu wynosi 3050 watów, wobec tego:

$$\cos \varphi = \frac{3050}{1,73 \times 220 \times 10} = 0,8$$

5. Moc mechaniczną silników parowych, wodnych itp., a także elektrycznych mierzymy w koniach mechanicznych, skrót KM.

$$1 \text{ KM} = 735 \text{ watów} \\ 1 \text{ kW} = 1,36 \text{ KM}$$

Jeżeli mówimy, że moc silnika wynosi 10 KM, to znaczy, że na wałę, który dalej łączy się z maszyną napędzaną, mamy moc mechaniczną wynoszącą 10 koni mechanicznych.

6. Sprawność maszyn jest stosunkiem mocy oddanej przez maszynę do mocy pobranej przez nią, oznacza się literą  $\eta$  (czytaj eta):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Sprawność wyraża się albo ułamkiem dziesiętym lub w procentach mocy większej. Maszyny elektryczne mają najczęściej  $\eta = 0,8$  do  $0,9$ . Sprawność maszyn większych jest większa.

Przykład. Prądnicą daje moc prądu 900 kW, a od silnika napędowego pobiera 1000 kW, to sprawność prądnicę będzie:

$$\eta = \frac{900}{1000} = 0,9$$

albo:  $\eta = 90\%$

7. Pracę prądu mierzymy w watogodzinach (skrót Wh) lub kilowatogodzinach (skrót kWh); obliczamy ze wzoru:

$$A = P \cdot t$$

A — w kilowatogodzinach

$$A = \frac{P \cdot t}{1000}$$

Przykład.  $P = 100 \text{ W}$ ,  $t = 5 \text{ godz.}$ , wówczas praca:

$$A = 100 \times 5 = 500 \text{ Wh} = 0,5 \text{ kWh}$$

8. Ilość elektryczności lub ładunek elektryczny mierzymy w amperogodzinach (skrót Ah). Obliczamy ze wzoru:

$$Q = I \cdot t$$

I — prąd w amperach, t — czas w godzinach, Q — ilość elektryczności w amperogodzinach.

Przykład.  $I = 10 \text{ A}$ ,  $t = 2 \text{ godz.}$ , wówczas ładunek elektryczny:  $Q = 10 \times 2 = 20 \text{ Ah}$ .



Ładunek elektryczny oblicza się jeszcze inaczej z następującego wzoru:

$$Q = C \cdot U$$

Q — ładunek elektryczny w amperosekundach; I am-

$$\text{perosekunda} = \frac{3600}{1} \text{ amperogodziny,}$$

C — pojemność elektryczna, np. kondensatora lub ka-

bla, którą mierzy się w faradach (F), części w mikrofarada-

radach ( $\mu F$ ) lub pikofaradach (pF). 1 mikrofarad = 0,000001

powyższym pojemność wyrażona jest w faradach.

U — napięcie w woltach.

Przykład.  $C = 2 \mu F = 0,000002 F$ ,  $U = 500 V$ , wówczas ładunek elektryczny wynosi:

$$Q = 0,000002 \times 500 = 0,001 \text{ amperosekundy.}$$

Mając Q i U można obliczyć pojemność elektryczną ze wzoru:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Q — ładunek elektryczny wyrażony jest tu również w amperosekundach.

Przykład.  $Q = 0,01$  amperosekundy,  $U = 1000 V$ , wtedy pojemność:

$$C = \frac{0,01}{1000} = 0,00001 F = 10 \mu F$$

#### § 4. PRAWA DZIAŁANIA PRAĐU.

1. Opór przewodników elektrycznych mierzymy w omach (skróć Ω) albo w megomach (skróć M Ω). Opór obliczamy ze wzoru:

$$R = \frac{l}{k s}$$

R — opór w omach, l — długość w metrach, s — przekrój w  $mm^2$ , k — przewodność właściwa. Przykład. Przewodnik miedziany  $l = 200 m$ ,  $s = 25 mm^2$ ,  $k = 57$ .

$$R = \frac{200}{57 \times 25} \approx 0,14 \Omega$$

Inny wzór na opór:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

p (czytaj ro) — opór właściwy =  $\frac{1}{k}$

Przykład. Opór lub oporność właściwa przewodu glinowego, czyli aluminium,  $\rho = \frac{34}{1}$ . długość przewodu  $l = 100 m$ , przekrój  $s = 4 mm^2$ , wówczas opór tego przewodu:

$$R = \frac{34}{1} \times \frac{100}{4} = 0,74 \Omega$$

Przy ogrzewaniu przewodność metali na ogół maleje, czystych metali więcej, niż stopów. Przewodność roztworów wodnych przy ogrzewaniu wzrasta.

Miarą zmiany przewodności jest współczynnik cieplny oporności  $\alpha$  (alfa). Jest to przyrost oporności I Ω przy zmianie temperatury o 1 °C. Tak np. dla miedzi  $\alpha = 0,004$ .

Znając ten współczynnik, można obliczyć oporność  $R_2$  przewodnika przy ogrzewaniu, jeżeli wiadomo jaka była oporność  $R_1$  i temperatura  $t_1$  przed ogrzewaniem i od jakiej temperatury  $t_2$  ogrzano przewodnik, według następującego wzoru:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

Np. jeżeli opór drutu miedzianego w temperaturze 20° C wynosił 10 Ω, to w temperaturze 50° C będzie wynosił:

$$R_2 = 10 [1 + 0,004 (50 - 20)] = 10 [1 + 0,004 \cdot 30] = 10 [1 + 0,12] = 10 \cdot 1,12 = 11,2 \Omega$$



## Przewodność właściwa niektórych metali.

MATERIAŁ	przy 15° za wyjątkiem miedzi
Srebro . . . . .	63
Miedź na przewodniki miękkie od 53 do 57 przy 20°	
Miedź na przewodniki twarde od 53 do 55 przy 20°	
Glin (aluminium) . . . . .	34
Mosiądz . . . . .	13
Bronz (z 5% glinu) . . . . .	7,7
Bronz (z 10% glinu) . . . . .	3,45
Żelazny drut . . . . .	7
Stalowy drut . . . . .	6
Nikieliny drut . . . . .	2,4
Chromonikielowy drut . . . . .	1

## Spółczynnik ciepły oporności (α)

MATERIAŁ	α × 1000
Miedź przewodnikowa . . . . .	4
Srebro . . . . .	3,6
Stalowy drut . . . . .	5,2
Żelazny drut . . . . .	4,7
Nikielina . . . . .	0,019 — 0,21
Chromonikielina . . . . .	0,15

## 2. Prawo Ohma. U — napięcie w woltach, I — prąd w am-

perach, R — opór w omach.

$$I = \frac{R}{U} \text{ amperów.}$$

Prąd o natężeniu I amperów, przepływając przez opór R omów, powoduje spadek napięcia ΔU (delta U) = R · I

Przykład. Napięcie na odbiorniku U = 220 V, prąd I = 11 A, wówczas opór odbiornika:

$$R = \frac{220}{11} = 20 \Omega$$

Przykład. Prąd I = 10 A płynie przez opór R = 40 Ω, wówczas spadek napięcia: ΔU = 40 × 10 = 400 V.

3. Prawo Joule'a (czytaj dżula). K — ilość ciepła w kaloriach dużych, I — natężenie prądu w amperach, R — opór w omach, t — czas w godzinach.

$$K = 0,86 \cdot I^2 R t$$

Przykład. Natężenie prądu I = 5 A, opór opornika R = 10 Ω, czas przepływu prądu t = 2 godziny.

$$K = 0,86 \times 5^2 \times 10 \times 2 = 430 \text{ dużych kalorii.}$$

Ponieważ jedna duża kaloria ogrzewa 1 kg wody o 1° Cel-sjusza (C), tym ciepłem można np. 10 kg wody ogrzać o:

$$\frac{430}{10} = 43^\circ \text{ Celsjusza.}$$

Inny wzór na obliczanie ilości ciepła:

$$K = 0,86 \cdot U \cdot I \cdot t$$

U — napięcie w woltach, I — prąd w amperach, t — czas w godzinach.



Przykład. Napięcie  $U = 110$  V, prąd  $I = 5$  A, czas  $t = 3$  godziny, wówczas ilość ciepła wyniesie:

$$K = 0,66 \cdot 110 \cdot 5 \cdot 3 = 1419 \text{ dużych kalorii.}$$

4. Prawo Faradaya.  $M$  — ilość wydzielonego przy elektrolizie metalu w gramach,  $I$  — natężenie prądu w amperach,  $t$  — czas w godzinach,  $\alpha$  — równoważnik elektrochemiczny zależny od rodzaju soli poddanej elektrolizie:

$$M = \alpha \cdot I \cdot t$$

Przykład. Z roztworu siarczanu miedzi I A w ciągu 1 godziny wydziela  $\alpha = 1,188$  g miedzi, a z azotanu srebra  $\alpha = 4,0248$  g srebra.

Prąd  $I = 20$  A wydzielł z roztworu siarczanu miedzi w ciągu  $t = 4$  godz. miedzi:

$$M = 1,1888 \times 20 \times 4 = 94,864 \text{ g}$$

5. Prawo indukcji. a)  $E$  — siła elektromotoryczna w woltach indukowana w poruszającym się drucie,  $B$  — gęstość linii magnetycznych,  $l$  — długość drutu w cm,  $v$  — szybkość ruchu przewodów w cm na sek.

$$E = \frac{B \cdot l \cdot v}{100000000} \text{ woltów.}$$

Tu drut i kierunek ruchu są prostopadłe do kierunku strumienia magnetycznego.

Kierunek siły elektromotorycznej jest zgodny z kierunkiem palców prawej ręki, jeżeli dłoń jest zwrócona do bieguna N a odwrócona od bieguna S, a odchylony duży palec wskazuje ruch przewodnika.

Przykład.  $B = 6000$  linii magnetycznych,  $l = 20$  cm,  $v = 1000$  cm na sek., wówczas:

$$E = \frac{6000 \times 20 \times 1000}{100000000} = 1,2 \text{ V}$$

b)  $E$  — siła elektromotoryczna indukowana w woltach w jednym zwoju otaczającym zmienny strumień magnetyczny,  $\Delta \Phi$  (czytaj delta fi) zmiana strumienia objętego zwojem w czasie  $\Delta t$  sekund.

$$E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t \times 100000000} \text{ woltów,}$$

w zwojach:

$$E = \frac{\Delta \Phi \cdot z}{\Delta t \cdot 100000000} \text{ woltów.}$$

Znak minus oznacza, że kierunek siły elektromotorycznej jest odwrotny do prądu, który wytworzył strumień  $\Phi$ .

Przykład.  $\Delta \Phi = 2000000$  linii magnetycznych,  $\Delta t = 0,02$  sek.,  $z = 50$ , wówczas:

$$E = \frac{2000000 \times 100 \times 50}{2 \times 100000000} = -50 \text{ V}$$

6. Prąd zmienny płynący przez pojemność linii lub kondensatora:

$$I = \frac{U \cdot C \cdot \omega}{1000000} \text{ amperów.}$$

$I$  — natężenie prądu skuteczne w amperach,  $U$  — napięcie skuteczne w woltach,  $C$  — pojemność w mikrofaradach (mikrofarad = jednej milionowej części farada),  $\omega$  — pulsacja =  $2\pi f = 6,28 \times f$ , gdzie  $f$  — częstotliwość prądu zmiennego.

Przykład.  $U = 120$  V,  $C = 10 \mu F$ ,  $f = 50$  okresów na sek.,  $\omega = 6,28 \times 50 = 314$ , wówczas:

$$I = \frac{120 \times 10 \times 314}{1000000} = 0,377 \text{ A}$$

7. Napięcie prądu zmiennego na cewce przy małym oporze rzeczywistym:

$$U = I \cdot L \cdot \omega$$



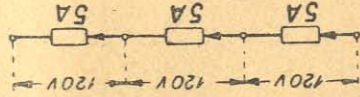
$U$  — napięcie skuteczne w woltach,  $I$  — natężenie skuteczne prądu w amperach,  $L$  — indukcyjność cewki w henrach (millihenr = tysięczna część henra),  $\omega$  — pulsacja jak w punkcie poprzednim.

Przykad.  $I = 20$  A,  $L = 0,01$  H (henra),  $\omega = 314$ , wówczas:

$$U = 20 \times 0,01 \times 314 = 62,8 \text{ V}$$

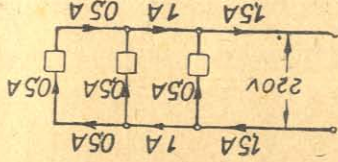
### § 5. POŁĄCZENIA.

1. Szeregowe — prąd wszędzie jednakowy, napięcia dodają się, p. rys. 8.



Rys. 8.

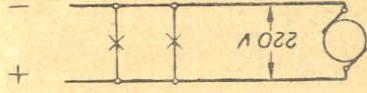
2. Równoległe — napięcie wszędzie prawie jednakowe, prądy stopniowo dodają się, p. rys. 9.



Rys. 9.

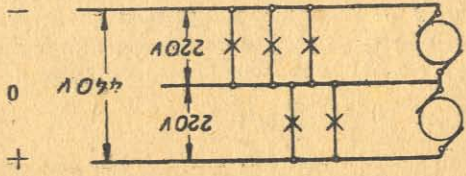
### § 6. UKŁADY URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.

1. Dwuprzewodowy prądu stałego, p. rys. 10.



Rys. 10.

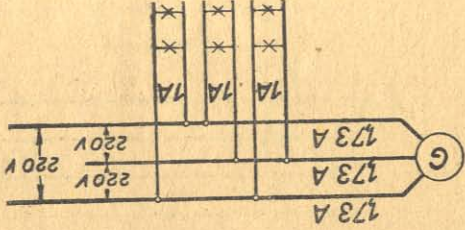
2. Trójprzewodowy prądu stałego p. rys. 11.



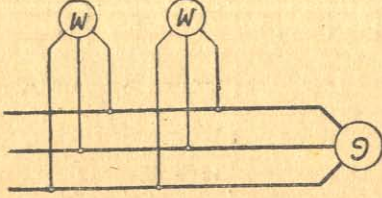
Rys. 11.

Przy takim układzie staramy się zawsze, aby ogólna moc odbiorników włączonych między (+) a (0) była możliwie równa mocy ogólnej włączonych odbiorników włączonych pomiędzy (0) a (-)

3. Trójfazowy — trójprzewodowy, p. rys. 12 i 13.



Rys. 12.



Rys. 13.

W takim układzie staramy się, aby ogólna moc odbiorników włączonych pomiędzy dwa przewody była dla wszystkich



trzech faz jednakowa, jeżeli przez  $I$  oznaczymy prąd w każdej grupie lamp, a przez  $I$  prąd w każdym z przewodów przed rozgałęzieniem, to przy równym obciążeniu faz:

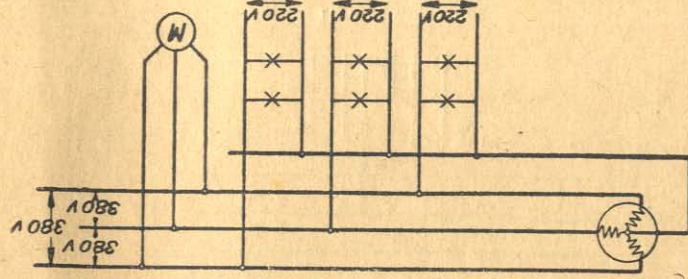
$$I = 1,73 I_f$$

4. Trójfazowy — czteroprzewodowy, p. rys. 14.

W takim układzie staramy się, aby ogólna moc odbiorników włączonych pomiędzy przewody 1-0, 2-0, 3-0 była dla każdej fazy ta sama. Jeżeli napięcia między fazowymi przewodami 1-2, 1-3 i 2-3 oznaczymy przez  $U_f$ , a napięcia pomiędzy 1-0, 2-0 i 3-0 oznaczymy przez  $U_0$ , to:

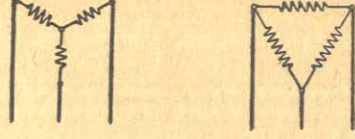
$$U = U_0 \times 1,73$$

Przykład. Na rys. 14 mamy:  $380 = 220 \times 1,73$ .



Rys. 14.

5. Uzwojenia maszyn trójfazowych mogą być łączone w trójkąt lub w gwiazdę, p. rys. 15.



Rys. 15.

Przy połączeniu w trójkąt:

Napięcie międzyprzewodowe = napięciu na zaciskach jednej

fazy.

Prąd przewodowy = prądowi w jednej fazie  $\times 1,73$ .

Przy połączeniu w gwiazdę:

Napięcie międzyprzewodowe = napięciu na zaciskach jednej

fazy  $\times 1,73$ .

Prąd w przewodach = prądowi w uzwojeniach poszczególnych faz.

## § 7. NAPIĘCIA W URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH NA ODBIORNIKACH.

1. Przy prądzie stałym najczęściej są stosowane w układach dwuprzewodowych 110 V; 220 V; zaleca się stosować 220 V. W układach trójprzewodowych  $2 \times 110$  i  $2 \times 220$ .

2. Przy prądzie trójfazowym są stosowane napięcia fazowe 127 i 220, a napięcia międzyprzewodowe, czyli skójzarzone: 220; 380; 1000; 3000; 6000; 10000; 15000; 20000; 45000; 60000; 80000; 100000; 150000; 200000; 300000. Napięcia wydrukowane łusztym drukiem są szczególnie zalecone.

3. Urządzeniami elektrycznymi niskiego napięcia są:

a) urządzenia dwuprzewodowe, trójprzewodowe lub wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne między dwoma przewodami nie przekracza 250 V,

b) urządzenia wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne między dwoma skrajnymi (zewnątrznymi) przewodami przekracza wpowadzie 250 V, lecz napięcie międzyprzewodowe nie przekracza 250 V, przewód zaś zerowy skrajnym nie przekracza 250 V,

jest uziemiony.

Przy akumulatorach jest miarodajne napięcie wyładowania.

4. Urządzeniami elektrycznymi wysokiego napięcia są:

a) urządzenia dwuprzewodowe, w których napięcie skuteczne między dwoma przewodami przekracza 250 V,



- b) urządzenia wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne pomiędzy przewodami skrajnymi wynosi więcej niż 250 V, a przewod zeroowy nie jest uzmiemiony,
- c) urządzenia wieloprzewodowe, w których napięcie skuteczne między przewodem zerowym, a dowolnym skrajnym przekrozo 250 V, chociażby przewód zeroowy był uzmiemiony.

## § 8. ZIEMIA W ZNACZENIU ELEKTRYCZNYM I UZIEMIENIE.

Praktycznie za „ziemię” w znaczeniu elektrycznym uważamy wszystkie przedmioty przewodzące połączone elektrycznie z wilgotnymi warstwami gruntu, np. turzy wodociągowej itp. Ziemię jakis przewodnik, to znaczy połączyć go z ziemią w znaczeniu elektrycznym, za pomocą przewodnika o małym oporze. Im ten opór jest mniejszy, tym uzmiwienie będzie lepsze; szczególnie jednak wielkie znaczenie dla dobroti uzmiwienia ma dokładny styk na znacznej powierzchni z wilgotnym gruntem przedmiotów metalowych uzmiemiających, tj. tak zwanych *uziemiaczy*. Sporządzenie uzmiemień: § 161.

## § 9. IZOLACJA.

Różne bieguny w urządzeniach elektrycznych muszą być od siebie izolowane tym lepiej, im wyższe jest napięcie; szczególnie dobra izolacja jest wymagana przy wysokich napięciach. Stosowane materiały izolacyjne muszą mieć znaczną wytrzymałość na przebicie prądem. Dla przykadu podajemy napięcia obliczone w kilowoltach (w tysiącach woltów) na 1 cm grubości izolatora, przy których izolator zostaje przebity prądem:

Powietrze	30 kV na cm	100	”	”	”
Olej	100	”	”	”	”
Porcelana	100	”	”	”	”
Papier nasycony	150	”	”	”	”
Mikantit	300	”	”	”	”
Mika	500	”	”	”	”

Liczbę powyższe stosuje się do przebicia w środku pomiędzy płaskimi płytami metalowymi. Pomiedzy ostrymi kantonami przewodników izolatory są przebijane przy niższych napięciach. Z tego względu przy bardzo wysokich napięciach wszystkie kanty należy zaakręgać, ostrzy unikać.

Jeżeli dwa przewodniki są umocowane na podkładce izolacyjnej obok siebie, to może nastąpić tak zwany *przeskok* prądu po powierzchni powyższej podkładki izolacyjnej; wytrzymałość izolacji na przeskok będzie tym większa, im czyściej i suchsza będzie powierzchnia izolatora. W miarę moźności dla zwiększenia wytrzymałości na przeskok posrężamy przewodniki z podkładką izolacyjną do oleju. W ogóle wytrzymałość urządzeń izolacyjnych na przeskok jest mniejsza niż na przebicie.

Dla przykadu podajemy, że prąd przeskakuje po podkładce izolacyjnej miedzy przewodnikami:

w powietrzu suchym przy napięciu 7 do 8 kV na cm odległości miedzy przewodnikami,

w powietrzu bardzo wilgotnym:

w oleju:	4 do 5 kV na cm	15 do 20 kV na cm
----------	-----------------	-------------------

## § 10. ZWARCIE.

Jeżeli w urządzeniu elektrycznym zetkna się ze sobą gołe przewodniki różnych biegunów, lub w ogóle w jakikolwiek sposób połączą się innym przewodnikiem o małym oporze, to mówimy, że zaszło *zwarcie* w urządzeniu elektrycznym, wtedy zwykle przez mały opór płynie bardzo duży prąd, stapiają się bezpieczniki, lub wyłaczają samoczynne wyłączniki nadmiarowe.



Maszyna parowa bez kondensacji . . . . . od 1,4 do 2,0  
 Maszyny parowe tłokowe i turbiny pa-  
 rowe z kondensacją . . . . . „ 0,68 „ 1,4  
 Silniki spalinowe dizlowskie . . . . . „ 0,25 „ 0,30  
 Małe maszyny zużywają na jedną kWh więcej paliwa,  
 a duże mniej.

*Przykład.* Prądnica napędzana silnikiem spalinowym mo-  
 cy 400 kW dostarczyła 500 kWh, pracując przy pełnym obcią-  
 żeniu. Odpowiednie zużycie ropy wyniosło:

$$0,25 \times 500 = 125 \text{ kg}$$

Jeżeli obciążenie maszyny jest mniejsze od pełnego, to  
 zużycie paliwa na kWh jest większe; tak np. przy  $\frac{1}{2}$  obcią-  
 żenia pełnego wyniesie 0,3 do 0,35 kg, jeżeli przy oblicze-  
 niach na czas dłuższy, gdy obciążenie jest nierówne, należy  
 uwzględnić zużycie większe od obliczonego przy pełnym ob-  
 ciążeniu.

### § 13. PRACA SILNIKA WODNEGO.

Obliczenie liczby kWh, jaką można osiągnąć za pomocą  
 silnika napędowego wodnego (turbiny wodnej) obracającej-  
 go prądnicę. Jeżeli przez W oznaczymy liczbę otrzymanych  
 kWh, przez Q — ilość wody, która przepłynęła w tönach,  
 H — wysokość spadku wody w metrach, to z uwzględnieniem  
 przeciwnych współczynników sprawności:

$$W = 0,002 \cdot Q \cdot H$$

*Przykład.* Przez turbinę wodną przepłynęło w ciągu roku  
 7 500 000 ton wody, różnica poziomów wody w kanale do-  
 pływowym i odpływowym wynosi 10 metrów, z prądnicę  
 otrzymano:

$$W = 0,002 \cdot 7\,500\,000 \cdot 10 = 150\,000 \text{ kWh}$$

## SILNIKI NAPĘDOWE W ELEKTROWNIACH.

### § 11. OGÓLNE WŁAŚNOSCI SILNIKÓW NAPĘDOWYCH.

1. Silniki do pędzenia prądnic bywają stosowane pa-  
 rowe, spalinowe, wodne i wiatrowe. Od takiego silnika wy-  
 magamy jak najrównomierniejszego biegu. Osiągamy ten  
 bieg za pomocą odpowiednich regulatorów i kół zamacho-  
 wych.

Małe nawet zmiany w obrotach silnika odbijają się na  
 oświetleniu — światło lamp miga.

2. W urządzeniach prądu stałego, gdy silnik napędza-  
 jący prądnicę ma bieg za mało równomierny, można, wia-  
 czając równoległe z prądnicą baterie akumulatorów, osią-  
 gnąć na lampach dość równe napięcie, a więc i równe światło.  
 Osiągając bieg równomiernego silników wiatrowych nie  
 można, i z tego powodu, stosując zwykłe prądnice, łądujemy  
 wpieterw akumulatory, z których potem czerpiemy prąd do  
 oświetlenia, albo też stosujemy prądnice specjalne wraz z ró-  
 wnolegle włączonymi akumulatorami.  
 3. Szczególnie równomierny bieg silników napędowych  
 jest wymagany wtedy, gdy one napędzają kilka prądnic pra-  
 du zmiennego równoległe połączonejch.

### § 12. OBLICZENIE IŁOŚCI POTRZEBNEGO W ELEK- TROWNI PALIWA.

Ilość paliwa = zużyciu paliwa na 1 kWh  $\times$  ilość wy-

produkowanych kWh (kilowatogodzin).

Zużycie paliwa dla różnych silników w kilogramach na jedną  
 kWh, przy pełnym (normalnym) obciążeniu,



## § 14. PRACA SILNIKA WIATROWEGO.

Obliczenie kWh otrzymywanych z elektrowni wiatrowej przeprowadza się na zasadzie następujących danych:

Tabela wiatrów.

Szybkość wiatru w m. na sek.	Nazwa	Oznaki
od 4 — 6	slaby	gafezie porusza
“ 6 — 8	umiarkowany	gafezie zgina
“ 8 — 11	średni	drzewa zgina
“ 11 — 14	dość mocny	licie i gażzki zrywa
“ 14 — 17	mocny	ciénkie gafezie łamie

Moc silnika wietrznego w koniach mechanicznych oznacza przy przez  $N$ , całą powierzchnię skrzydeł wiatraka w  $m^2$  przez 5, szybkość wiatru w metrach na sekundę przez  $v$ , wtedy moc silnika obliczymy ze wzoru:

$$N = \frac{5 \cdot v^3}{1250}$$

Jeżeli sprawność niewielkiej prądnic przy zmianym nieraz nie pełnym obciążeniu przyjmijemy średnio 0,75, sprawność akumulatorów 0,6, to liczba kWh otrzymanych w ciągu 1 godziny wypadnie:

$$W = 0,00027 \cdot 5 \cdot v^4$$

Przykład. Skrzydła wiatraka mają powierzchnię 10  $m^2$ , szybkość wiatru 8 m na sek., wiatr wieje 5 godzin, otrzymana ilość kWh będzie:

$$W = 0,00027 \cdot 10 \cdot 512 \cdot 5 = 7 \text{ kWh}$$

## MASZYNY ELEKTRYCZNE

§ 15. OGÓLNE POJĘCIA PRZYJĘTE W PRZEPISACH O MASZYNACH ELEKTRYCZNYCH<sup>\*)</sup>.

1. Maszyną nazywamy prądnicę, silnik, przetwornicę.
2. Części składowe maszyny: stojan (stator) nieruchomy, wirnik (rotor) wirujący.
3. Prądnicą jest maszyna wirująca, przetwarzająca energię mechaniczną na elektryczną.
4. Silnikiem elektrycznym jest maszyna wytwarzająca energię mechaniczną, z energii elektrycznej.

5. Pizetwornicą jest maszyna wirująca lub zespół maszyn, które przekształcają energię elektryczną jednego rodzaju na energię elektryczną innego rodzaju.

6. Znamionami maszyny nazywamy własności wypisane na tabliczce maszyny jak to: moc, liczba obrotów na minutę, napięcie, prąd, częstotliwość, współczynnik mocy.

7. Pracą znamionową nazywamy pracę maszynę zgodną ze znamionami.

8. Obciążeniem znamionowym nazywa się obciążenie zgodne z jej znamionami — (jest to pełne obciążenie, dla którego ona została zbudowana, przekroczyć je można tylko w wyjątkowych okolicznościach, szczególnie przewidzianych przez przepisy).

9. Moc prądnic oznacza moc prądu na zaciskach wyrażoną bądź w kilowatach (kW), bądź w kilowoltamperach (kVA).

<sup>\*)</sup> Przepisy, oceny i badania maszyn elektrycznych



10. Moc silnika jest mocą mechaniczną na wale silnika wyrażoną bądź w kilowatach (kW), bądź w koniach mechanicznych (KM).

11. Moc przewoźnic jest mocą elektryczną na zaciskach wtórnych, czyli po stronie odbiorników, wyrażoną w kW lub w kVA.

12. Powyższe określenia stosuje się do mocy oddanej przez maszynę, inna, zawsze większa, jest moc pobrana. Stosunek mocy oddanej do pobranej nazywamy *sprawnością maszyny*.

13. Wobec różnorodnych warunków pracy silników elektrycznych, ten sam silnik może mieć różne znamiona w rozmaitych warunkach, a więc np. różną moc.

Stosownie do rozmaitych warunków pracy bywa moc znamionowa silnika przy pracy:

a) ciągłej,

b) dorywczej,

c) przerywanej.

Pracę ciągłą nazywamy pracę nieprzerwaną, zbilżoną do pracy z obciążeniem stałym, przy którym maszyna zagrożona się do temperatury ustalonej.

Pracę dorywczą nazywamy pracą, trwającą przez czas z góry określony i tak krótki, że nie może być osiągnięte nagrzanie ustalone. Przerwa w pracy powinna trwać tak długo, aż maszyna ostygnie do temperatury otaczającego powietrza, lub powietrza chłodzącego, które jest przedmuchiwane przez maszynę.

Zwykle silniki bywają znamionowane na następujące cztery rodzaje pracy dorywczej:

Stosownie do długości trwania, bywają silniki przeznaczone na moc dorywczą, którą dawać mogą w ciągu 15, 30, 45, 60 lub 90 minut.

Pracę przerywaną nazywamy pracą składającą się z dowolnie długiego szeregu krótkotrwałych obciążeń, przerywanych postojami. Czas trwania obciążeń i następującego po nim postoju łącznie nie powinien przewyższać 10 minut.

Pracę przerywaną określa się za pomocą przeciętnego czasu wszystkich wiązań do całego czasu przerywanej (jednak nie więcej jak na 8 godz.). Stosunek ten wyraża się w procentach.

Zwykle silniki bywają znamionowane na następujące trzy rodzaje pracy przerywanej:

Stosownie do względnej długości czasu wiązania, bywają silniki przeznaczone na moc przerywaną, którą dawać mogą przy obciążeniu przerywanym 15, 25 i 40-procentowym.

14. Obciążenie przy pracy wszystkich maszyn ograniczone jest temperaturą dopuszczalną, do której maszyna może się zagrząć stosownie do przepisów. Przepisy przewidują, że uzwojenia maszyn mniejszych od 5000 kVA przy zwykle stosowanej izolacji mogą grzać się najwyżej o 50° ponad otoczenie, to samo stosuje się do żelaza, komutatorów i pierścieni ślizgowych, za wyjątkiem uzwojeń wzbudzających małej oporności i kompensacyjnych, które mogą się grzać o 60° ponad otoczenie. Natomiast łożyska mogą się grzać tylko o 45° ponad otoczenie. Dalsze szczegóły patrz w przepisach.

Przykład. Jeżeli powietrze otaczające ma temperaturę 20°, to uzwojenie może mieć temperaturę:  $20^\circ + 50^\circ = 70^\circ$

## § 16. PRĄDNICE PRĄDU STAŁEGO

1. Prądnicę prądu stałego stosowane w elektrowniach zasilają zazwyczaj sieci dla oświetlenia i przenoszenia siły, a także do napędzania prądu 110 V, a zwykle dwuprzewodowe, wyjątkowo o napięciu prądu 220 V, oraz trójprzewodowe na  $2 \times 220 \text{ V} = 440 \text{ V}$ . Sieci tramwajów elektrycznych mają napięcie zwykle 500 do 650 V, a koleje dojazdowe 750 do 1650 V, zaś koleje międzymiastowe szerokotorowe do 3000 V.

2. Napięcie prądu. Odpowiednio do powyższych napięć sieci, znamionowe normalne napięcia prądnic są zawsze nieco wyższe, ze względu na spadek napięcia w sieci.

Sieci oświetleniowe, służące jednocześnie do przenoszenia siły, są zasilane prądnicami o napięciu: 115, 230 i 460 V.



Prądnicę 460-woltową zaopatruje się w dzielnik napięcia np. z dławikiem, ze środka którego wyprowadza się przewód zerowy.

Do elektrolizy i oświetlenia wagonów stosowane bywają prądnicę na napięcia niższe wynoszące kilka, kilkanaście lub kilkadziesiąt woltów.

3. Obliczenia mocy silników potrzebnych dla napędzania prądnic. Jeżeli przez  $N$  oznaczymy moc silnika napędowego w koniach mechanicznych, przez  $U$  napięcie na zaciskach prądnic, przez  $I$  prąd znamionowy prądnic, a przez  $\eta$  (czy-  
taj eta) sprawność prądnic, to:

$$N = \frac{U I}{735 \cdot \eta}$$

Sprawność prądnic w zależności od mocy podajemy w tabelicy:

Moc w kW	1,5	3	6	12	25	60	150	400	1000
$\eta$ w %	48	81	83	86	89	91	92	93	93,6

Przykład. Prądnicą przy napięciu 230 V dostarcza 100 A,  $\eta = 0,89$ .

$$N = \frac{230 \cdot 100}{735 \cdot 0,89} = 35 \text{ KM}$$

O ile prądnicą jest napędzana przez przekładnię, należy uwzględnić sprawność przekładni (p. w końcu książki wia-  
domości pomocnicze).

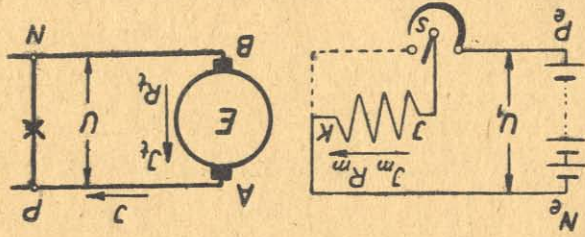
4. Prądnicę prądu stałego dzieli się na obcowzbudne i samowzbudne. W prądnicę obcowzbudnej uzwojenie magnesów zasilane jest z obcego źródła, p. rys. 16.

Napięcie takiej prądnicę zmienia się mało przy zmianie obciążenia.

Prądnicą samowzbudną zasilą uzwojenie magnesów prą-

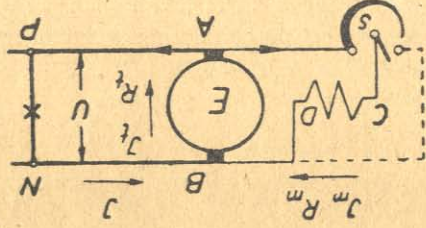
dem wytworzonym w tworniku.

Prądnicę samowzbudną dzieli się na bocznikowe, szeregowo i szeregowo-bocznikowe.



Rys. 16. Schemat prądnicę obcowzbudnej.

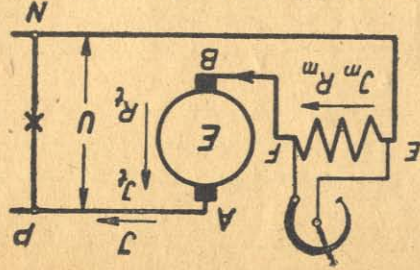
W prądnicę bocznikowej końcówki uzwojenia magnesów dołączone są do twornika, p. rys. 17.



Rys. 17. Schemat prądnicę bocznikowej.

W prądnicę szeregową uzwojenie magnesów połączone jest w szereg z uzwojeniem twornika, p. rys. 18. Napięcie prądnicę szeregową z początku wzrasta wraz z obciążeniem, dochodzi do wartości maksymalnej, po czym zmniejsza się.

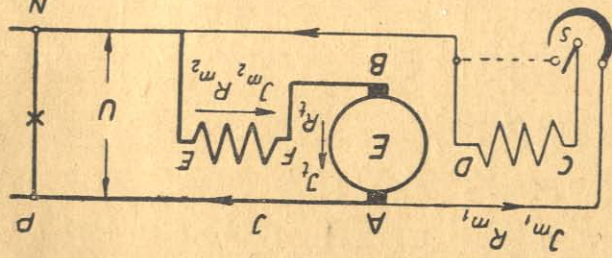




Rys. 18. Schemat prądu szeregowego.

W prądnicach szeregowo-bocznikowej jedno uzwojenie ma- gnesów dołączone jest bocznikowo do twornika, a drugie — szeregowo, p. rys. 19.

Napięcie powyższej prądnicy jest prawie stałe przy zmia- nie obciążenia.



Rys. 19. Schemat prądnicy szeregowo-bocznikowej.

5. Wzbudzenie prądnic w elektrowniach przeważnie oświe- tleniowych stosuje się bocznikowo.

Jeżeli obok światła prądnic zasila dużo silników, to używamy prądnic bocznikowo-szeregowych.

Dla trakcji elektrycznej (tramwaje i koleje) stosujemy najczęściej prądnice bocznikowo-szeregowo.

Dla właściwego wzbudzenia prądnicy należy nadać prąd- nicy odpowiednią szybkość ruchu obrotowego i sprawdzić za pomocą obrotomierza, czy licza obrotów na minutę jest taka, jak napisana na tabliczce znamionowej, poza tym muszą być konce uzwojenia bocznikowego tak połączone

przez opornik regulacyjny ze szczytkami, aby prąd magnes-

jący wzmacniał magnetyzm szczytkowy. Sprawdza się te po- łączenia, patrząc na woltomierz włączony na szczytki. Jeżeli przy zmniejszaniu oporu w oporniku regulacyjnym szczyt- kowe napięcie wskazuje przez woltomierz maleje, to znaczy, że zła jest przyłączenie uzwojenia bocznikowego, należy drugi idące do zacisków tego uzwojenia wymienić. Można zamiaszt tego odwrócić kierunek wiotowania prądnicy.

Prąd magnesujący prądnic bocznikowych waha się w gra- nicach od 1% do 7% znamionowego prądu twornika.

6. Opór uzwojenia bocznikowego jest duży, np. w prądni- cach 220 V średniej mocy wynosi kilkaset omów.

W prądnicach szeregowych, przeciętnie, opór uzwojenia wzbudzającego jest mały.

Opór uzwojenia twornika jest zawsze mały, wynosi czę- ścioma przy maszynach znacznej mocy.

7. W prądnicach przepiślowo zbudowanych napięcie nor- malne może być utrzymane przy prądzie pobieranym zwiek- szonym w porównaniu z prądem znamionowym napisanym na tabliczce o 25%.

Prądnice specjalne do ładowania akumulatorów muszą być tak zbudowane, aby przy prądzie wynoszącym połowę prądu znamionowego akumulatorów mogły dawać napięcie znacznie podwyższone, a więc w sieciach 110-ciowoltowych — 165 V, a w sieciach 220-towoltowych — 330 V.

Napięcie tak duże potrzebne jest dlatego, że akumulator ładuje się aż do uzyskania siły elektromotorycznej znacznie większej, niż przeciętna siła elektromotoryczna podczas pra- cy akumulatora, a napięcie prądnicy, ładującej akumulator, większe być musi od siły elektromotorycznej akumulatora o spadek napięcia przy przepływie prądu wewnątrz akumu-

latora. (Patrz §§ 55 — 57).

8. Wzrost napięcia przy odciążeniu prądnic samowzbud- nych bocznikowych i zachowaniu obrotów wynosi w prądni- cach bez biegunów zwrotnych od 15 do 20%, w prądnicach z biegunami zwrotnymi od 10 do 15%, w prądnicach napę- dzanych turbinami parowymi od 8 do 12%.



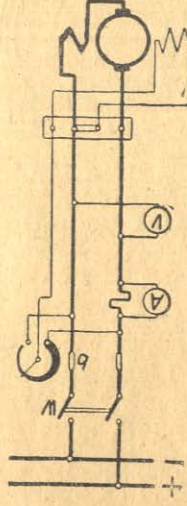




Pamiętać należy, że znak biegunów zwrotnych musi być odwrotny do znaku poprzedzającego bieguna głównego według kierunku wirowania twornika, p. rys. 23.

Na bieg beziskrowy, czyli tak zwaną dobrą komutację, ma wielki wpływ gatunek szczotek i gęstość prądu pod szczotkami. Przy zmianie szczotek zużytych należy dbać o to, aby gatunek szczotek i wymiary były zachowane. Gęstość prądu: na szczotkach metalowych od 15 do 40 A na cm<sup>2</sup> powierzchni styku szczotki z komutatorem. Na szczotkach węglowych od 4 do 10 A na cm<sup>2</sup> powierzchni styku szczotek z komutatorem.

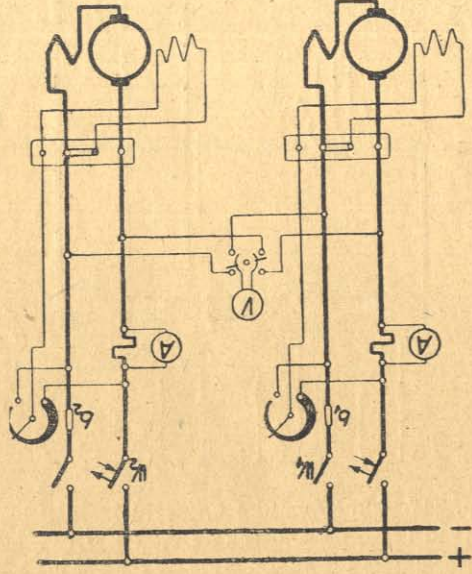
12. Łączenie prądnic z tablicą rozdzielczą. Na rys. 24 mamy podany układ połączeń pojedynczej prądnicy prądu stałego z szynami zbiorczymi, opornikiem regulującym napięcie, bezpiecznikami topiowymi b, dwubiegunowym wyłącznikiem W, amperomierzem A i woltomierzem V.



Rys. 24.

Prądnica bocznikowa z biegunami zwrotnymi włączona na szyny zbiorcze.

Na rys. 25 podany jest układ równoległego połączenia dwóch prądnic bocznikowych. Prąd pynie z maszyn do dwu szyn zbiorczych dodatniej (+) i ujemnej (-), a dalej do sieci. Na jednym biegunie każdej maszyny włączone są bezpieczniki b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, a na drugim wyłączniki samoczynne zahlikowo-nadmiarowe W<sub>2</sub>. Wyłącznik W<sub>1</sub> jest zwykły drążkowy. Wyłącznik samoczynny zanikowy włącza, gdy prąd nadmierne zmaleje i w ten sposób zabezpiecza od odwrócenia się prądu w prądnicy.



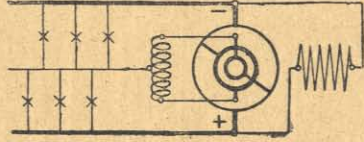
Rys. 25. Układ równoległego połączenia dwóch prądnic bocznikowych.

W jednym z przewodów każdej maszyny włączony jest amperomierz, woltomierz natomiast jest wspólny z przełącznikiem za pomocą którego można przyłączyć go do I-ej lub II-giej maszyny.



Układ równoległego połączenia prądnic szeregowo-bocz-  
nikowych różni się od poprzedniego tylko przewodem wytwó-  
nawczym, łączącym te szczołki prądnic, do których są przy-  
łączone uzwojenia szeregowo magnetyczny. Wyłącznik na tym  
przewodzie należy zamknąć przede wszystkim przy przyłą-  
czeniu jednej maszyny do drugiej, p. rys. 26.

Na rys. 27 mamy układ połączeń dla prądnic z dzielnik-  
kiem napięcia do przyłączenia do sieci trójprzewodowej.



Rys. 27.

Prądnicą bocznikowa z dzielnikiem napięcia.

### § 17. PRĄDNICE PRĄDU ZMIENNEGO.

1. Do zasilania sieci oświetleniowych, służących jedno-  
cześnie do przenoszenia siły, stosujemy prądnice trójfazowe,  
dostarczające prąd o 50 okresach na sekundę.

Do zasilania sieci kolejowych, których lokomotywy mają  
silniki na prąd zmienny, stosuje się zwykle prądnice prądu  
jednofazowego, dostarczające prąd o częstotliwości 16 $\frac{2}{3}$  okre-  
sów na sekundę.

2. Obroty. Szybkość wirowania prądnic prądu zmienn-  
ego jest zależna od liczby biegunów magnetyczny i często-  
tliwości dostarczanego prądu. Jeżeli przez  $n$  oznaczymy lic-  
bę obrotów na minutę prądnic, przez  $p$  — liczbę par bie-  
gunów, a przez  $f$  — częstotliwość prądu, tj. liczbę jego okre-  
sów na sekundę, to:

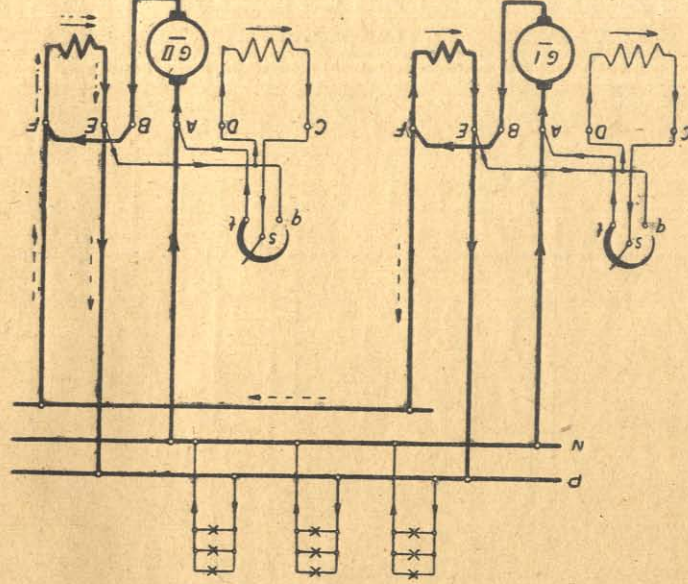
$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Przykład.  $f = 50$  okresów na sekundę,  $p = 2$ , wówczas:

$$n = \frac{2}{60 \times 50} = 1500 \text{ obr./min.}$$

Chcąc przyłączyć równolegle prądnice II-gą do I-ej, na-  
leży przede wszystkim wzbudzić ją w ten sposób, aby otrzy-  
mac na niej napięcie trochę wyższe od napięcia na maszynie  
I-ej i dopiero wtedy zamknąć wyłączniki.

Rozdział obciążenia odpowiedni do wielkości maszyn  
osiąga się za pomocą nastawienia rączek oporników boczni-  
kowych. Chcąc odłączyć prądnice II-gą od sieci, należy przede  
wszystkim, przesuwać rączki oporników bocznikowych,  
zwiększyć wzbudzenie prądnic I-szej i zmniejszyć wzbu-  
dzenie prądnic II-giej do tego stopnia, aby prąd prądnic II-giej  
zwiększył się niemal do zera, wtedy jej wyłącznik samoczyn-  
ny wypadnie i przerwie połączenie, po czym otwieramy wy-  
łącznik na drugim biegunie i przerwyamy wzbudzenie.



Rys. 26. Schemat równoległego połączenia prądnic  
szeregowo-bocznikowych.



W związku z tym wzorem stosowane są następujące liczby obrotów na minutę prądnic.

Liczba obrotów na par bieg.	Liczba obrotów na par bieg.	Liczba obrotów na par bieg.	Liczba obrotów na par bieg.	Liczba obrotów na par bieg.	Liczba obrotów na par bieg.	Liczba obrotów na par bieg.
1	3000	8	376	20	150	150
2	1500	10	300	24	125	107
3	1000	12	250	28	107	107
4	750	14	214	32	94	94
5	600	16	188	36	83	83
6	500	18	167	40	75	75

3. W prądnicach trójfazowych stosuje się układ w gwia-  
zdę lub trójkąt.  
4. Napięcie prądnic trójfazowego by-  
wa zwykle następujące: 130, 230, 400, 525, 3150, 5250, 6300,  
10500, 15750 V.  
Najczęściej stosowane napięcie wynosi 5250 i 6300 V.  
5. Obliczenie mocy silnika napędowego prądu trój-  
fazowego. Jeżeli przez  $N$  oznaczymy moc silnika w koniach  
mechanicznych, przez  $U$  napięcie międzyprzewodowe w wol-  
tach, przez  $I$  prąd przewodowy w amperach, przez  $\cos \varphi$  spół-  
czynnik mocy, a przez  $\eta$  sprawność prądnic, to:

$$N = \frac{1,73 U I \cos \varphi}{735 \cdot \eta}$$

Jeżeli przez  $P$  oznaczymy moc pozorną prądnic w kilo-  
woltamperach, przez  $\cos \varphi$  współczynnik mocy, a przez  $\eta$   
sprawność prądnic, to:

$$N = \frac{P \cdot 1000 \cdot \cos \varphi}{735 \cdot \eta}$$

Jeżeli prądnicą jest napędzana przez przekładnię, to na-  
leży uwzględnić sprawność przekładni ( $\eta^p$ ), dzieląc przez nią  
powyższy wyraz. Wówczas:

$$N = \frac{1,73 \cdot U I \cos \varphi}{735 \cdot \eta \cdot \eta^p}$$

$$N = \frac{P \cdot 1000 \cdot \cos \varphi}{735 \cdot \eta \cdot \eta^p}$$

### Sprawność prądnic w procentach.

Moc w kVA	Obrotów na minutę			
	500	250	150	125
50	91	-	-	-
100	91	90,5	89	88,5
250	93	93	92	91
500	94	94	93	93
1000	95	95	94,5	94,5

Przykład. Na tabliczce znamionowej prądnic trójfazowej  
mamy napięcie 6300 V, prąd 100 A i moc pozorną 1090 kVA,  
 $\cos \varphi = 0,8$ , a  $\eta = 0,94$ , to:

$$N = \frac{1,73 \cdot 6300 \cdot 100 \cdot 0,8}{735 \cdot 0,94} = 1260 \text{ koni mechan. (KM)}$$

albo

$$N = \frac{1090 \cdot 1000 \cdot 0,8}{735 \cdot 0,94} = 1260 \text{ KM}$$



6. *Wzbudzenie prądnic*. Wzbudzenie prądnic przy zmianego odbywa się za pomocą prądu stałego, czerpanego zwałę z tak zwanej wzbudnicy, tj. prądnic osadzonej na wale prądnic prądu zmiennego. Układ połączeń wskazany jest na rys. 28; opornik pozwala regulować natężenie prądu wzbudającego prądnicę prądu stałego. Włączanie opornika w obwód wzbudzenia prądnic prądu zmiennego jest niekorzystne, bo wywołuje znaczne straty energii.

7 *Obciążenie prądnic* powoduje zmniejszenie napięcia. Im większe obciążenie, tym mniejsze napięcie. Naogół to zmniejszanie się napięcia nie jest bardzo duże. Zależne jest ono od wielkości współczynnika mocy ( $\cos \varphi$ ). Im mniejszy jest ten współczynnik, tym bardziej zmniejsza się napięcie przy wzroście obciążenia.

Zmniejszenie napięcia w prądnicach prądu zmiennego wyraża się zwyczajną napięciem, która zachodzi przy obciążeniu prądnic obciążonej normalnie bez zmiany obrotów i oporu w obwodzie wzbudzającym.

Jeżeli obciążenie normalne było przy  $\cos \varphi = 1$ , to zwyczajną napięcia przy obciążeniu wynosi dla trójfazowych i jednofazowych prądnic o częstotliwości  $f = 50$ :

a) Małe szybkoobrotowe

b) Włobobieżne

c) Wielkie szybkoobrotowe

d) Turboprądnice  $n = 1000$  do  $3000$  obr.

— 20 — 30% na min.

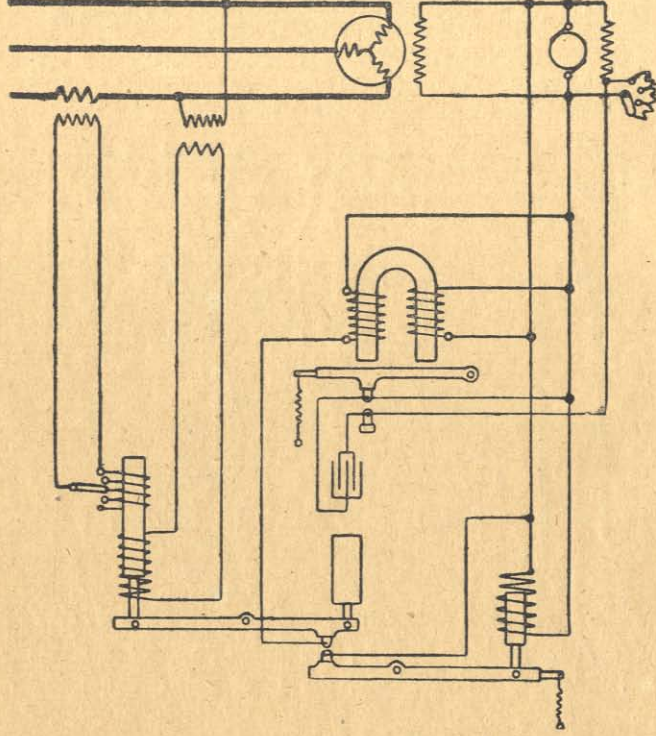
Jeżeli obciążenie normalne było przy  $\cos \varphi = 0,8$ , to zwyczajna napięcia przy obciążeniu wynosi:

a) 20—25%, b) 25—28%, c) 30—35%, d) 35—50%.

Przykład. Prądnica mała szybkoobrotowa ma normalne napięcie 220 V, to znaczy napięcie przy pełnym obciążeniu. Zdjęcie obciążenia powoduje wzrost napięcia o 10%. Napięcie biegu luzem wyniesie w takim razie:

$$220 + \frac{220 \times 10}{100} = 220 + 22 = 242 \text{ V}$$

Regulacja napięcia. Utrzymanie odpowiedniego napięcia przy zmiennym obciążeniu odbywa się w prądnicach prądu zmiennego za pomocą regulatorów samoczynnych odpowiednio zmniejszających opory w boczniku wzbudnicy. Najczęściej są używane regulatory Tirrilla i BBC.



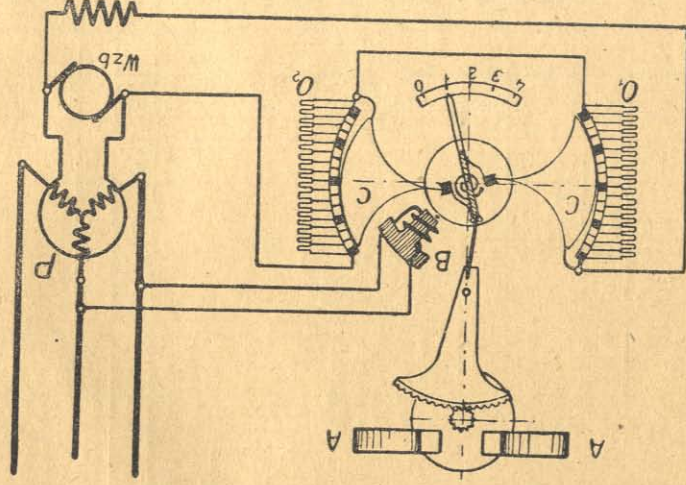
Rys. 28. Regulator napięcia Tirrilla.

Na rys. 28 podany jest zasadniczy układ połączeń regulatora Tirrilla. Kontakty kotwicy środkowego elektromagnesu różnicowego zwiernają opornik w boczniku wzbudnicy



zwiększając napięcie prądnicę trójfazową. Działanie tego elektromagnesu zależy od styku kontaktów drugiego elektromagnesu, który jest połączony z napięciowym i prądowym transformatorkami włączonymi do sieci trójfazowej. Drążek tego elektromagnesu jest zaopatrzony po lewej stronie w tłumik z tłoczkiem poruszającym się w walcowym naczynku wypełnionym olejem.

Kontakty ruchome regulatora Tirrilla zazwyczaj są w ciągłym ruchu i zamykają i przerywają obwody około kilkunast razy na minutę, tak, że napięcie prądnicę waha się, około średniej wartości.



Rys. 29. Regulator napięcia BBC.

Na rys. 29 widzimy uproszczony schemat regulatora BBC; tutaj metalowe wycinki C, C zwierają mniejszą lub większą część opornika w bozniczkowym obwodzie wzbudnicy, ruch tych wycinków odbywa się skutkiem oddziaływania elektromagnesu B, zasilanego prądem od napięcia prądnicy, na metalowy krążek, który pod jego wpływem obraca się wskutek prądów wirowych w nim powstających. Stałe mag-

nesy A, oddziaływujące na inny krążek, hamują gwałtowne ruchy wycinków C. Tu również była stosowany inny elektromagnes, zasilany prądem proporcjonalnym do obciążenia prądnicę, tj. do jej prądu. Ten drugi elektromagnes (nie pokazany na rys.) służy do wywołania podwyższenia napięcia w razie wzrostu prądu w sieci.

8. Kierunek biegu. Zmiana kierunku obrotów prądnicę trójfazowej wywołuje odwrotny bieg silników pobierających z niej prąd. Chcąc przywrócić silnikom poprzedni kierunek biegu, wystarczy wymienić miejsca przyłączenia dwóch dowolnych przewodów.

Kierunek obrotów prądnicę jednofazowych nie ma żadnego wpływu na odbiorniki prądu.

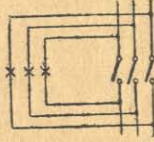
### 9. Łączenie prądnic trójfazowych z tablicą rozdzielczą. Prądnicę

zamiasz bezpieczników służy do zabezpieczenia od nadmier-nego prądu samoczynny wyłącznik nadmiarowy w oleju, który zastępuje zwykły wyłącznik drążkowy. W jednym z przewodów dajemy amperomierz i watomierz oraz między dwoma dowolnymi przewodami woltomierz. Jeżeli obawiamy się nierównomiernego obciążenia faz, dajemy na każdym przewodzie po amperomierzu. Przy niskim napięciu włącza-my przyrządy pomiarowe bezpośrednio, przy napięciach zaś wysokich, za pomocą transformatorów miernikowych. Transformatory miernikowe stosuje się również wtedy, gdy napięcie wprawdzie nie jest wysokie, ale natężenie prądu wielkie.

Kilka prądnic ustawionych w elektrowni łączy się z szynami rozdzielczymi równolegle, jak wskazuje rys. 30. Na szczególnej uwagę zasługuje tu urządzenie synchronizacyjne, składające się z przelączników, woltomierza zerowego Vo i lampki L, woltomierzy VV, oraz podwójnego czestościomierza Cz. Jeżeli mamy prądnicę II-gą przylączyc równolegle do prądnicę I-iej, znajdujące się w biegu, to za pomocą przelącznika przylączamy urządzenie synchronizacyjne do prądnicę II-giej i regulujemy bieg prądnicę II-giej tak,



wiednich faz, gdy są wszystkie ciemne. Jeżeli dwa druty w układzie tych lampek skrzyżować, zmieniając ich miejsce przyłączenia, to światło lamp kółuje i, gdy lampka niekrzyżowana będzie ciemna, a dwie inne jasne, można wyłączyć zamykając.



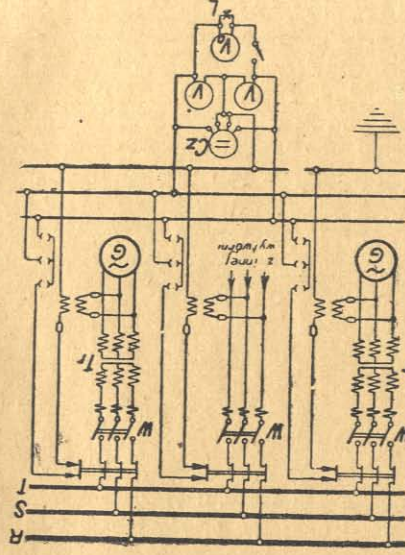
Rys. 31. Sposób połączenia lampek synchronizacyjnych.

Aby w ogóle była możliwa taka synchronizacja prądnic przewody prądnic, muszą być odpowiednio przyłączone wykonywamy następującą próbę. Przewody prądnic przyłączamy w dowolnej kolejności, następnie pomieźmy zaciski jednego z przerywaczy, jak na rys. 31, włączamy lampki (przy wysokim napięciu przez transformatorki napięciowe). Jeżeli przyłączenie przewodów jest dobre, to po zamknięciu przerywacza drugiej prądnic i wzbudzeniu obu prądnic, lampki, przy uzgodnieniu szybkości wrotowania prądnic, lecz pewnej różnicy faz, wszystkie będą jednakowo świecić. Gdyby przyłączenia wypadły nieodbrze, to światło lamp kółowało by po tych trzech lampekach, one rozświeślały by się i ciemniały kolejno. W celu poprawienia nieuzgodnionego przyłączenia należy miejsce przyłączenia dowolnych dwóch z trzech przewodów jednej z prądnic wymienić; po tej wymianie światła można przekonać się, że lampki będą świeciły jednakowo, a połączenia są uzgodnione.

Prądnicę prądu jednofazowego zawsze dają się zsynchronizować niezależnie od tego, w jakim porządku przyłączycie przewody maszyny.

10. *Przeniesienie obciążenia z jednej prądnic tryfazowej na drugą po połączeniu ich równoległym nie może być uskutecznione za pomocą regulacji wzbudzenia. Chcąc zwiększyć obciążenie prądnic II-giej i zmniejszyć obciążenie prądnic*

oby czesłotliwości wskazywał jednakową czesłotliwość prądu na obu prądnicach i aby lampka L zgasła, a woltomierz  $V_0$  — wskazał zero napięcia, wzбудzaniem zaś prądnic II-giej nastawiamy jej napięcie wskazane przez woltomierz  $V$  tak, aby było równe napięciu na drugiej prądnic. Gdy to osiągniemy, zamykamy przerywacz, łączący prądnic II-gą z szynami. Tu lampka i woltomierz  $V_0$  wskazują uzgodnie-



Rys. 30.

Równoległe połączenie dwóch prądnic tryfazowych z szynami zbiorczymi przez transformatory.

nie czesłotliwości i faz napięcia obu prądnic, wtedy w każdej chwili napięcia na obu prądnicach są jednakowe, w obwodzie lampki L napięcia te są sobie przeciwnie, a więc znoszą się i prądu nie dają. Inny sposób połączenia lampek synchronizacyjnych wskazany jest na rys. 31, takie lampki wskazują zgodność odpo-



I-ej, przestawiamy odpowiednie regulatory silników napędzających te prądnice tak, aby zwiększyć dopływ pary, albo paliwa do silnika napędowego prądnicy II-giej i zmniejszyć dopływ pary albo paliwa do silnika napędowego prądnicy I-ej. Przenoszenie się obciążenia obserwujemy na watomierzach i podług wskazań watomierzy ustawiamy regulatory silników napędowych.

Razkami oporników regulujących wzbudzenie prądnice doprowadzamy do najmniejszej (minimum) natężenie prądu prądnicy; gdy taki najmniejszy prąd osiągniemy, to sumaryczna prądów dostarczanych przez poszczególne prądnice będzie równa prądowi płynącemu do odbiorników z elektrowni.

11. *Kołysanie się biegu prądnic.* Prądnice pracują równoległe dobrze, gdy bieg ich jest zawsze zupełnie zgodny, widać to najlepiej na watomierzach, gdyż każde zakłócenie biegu wywołuje wahania wskazówek na watomierzach. Przyczyn tych wahań, a więc kołysania się biegu prądnic należy szukać w regulatorach prądnic napędowych, regulatory te muszą być do siebie bardzo dokładnie dopasowane i w razie potrzeby zaopatrzone w odpowiednie tłumiki wahań czyli katarakty.

12. *Odcienienie prądnicy pracującej równoległe z innymi*

a) przestawiamy regulator silnika napędowego prądnicy odcienianej, aby zmniejszyć dopływ pary albo paliwa, jednocześnie przestawiamy regulatory silników napędowych prądnic pozostałych w biegu tak, aby dopływ pary albo paliwa zwiększył się, zwracając uwagę na czułościomierz, aby wskazywał zawsze właściwą czułościowość, w ten sposób osiągniemy wskazanie na watomierzu odcienianej prądnicy równe zero;

b) przestawiamy rzekłą opornika w obwodzie wzbudzenia odcienzonej prądnicy, w ten sposób, aby prąd tej prądnicy sprowadzić do zera;

c) otwieramy przeważ odcienzający prądnice od szyn zbiorniczych i znosimy wzbudzenie;

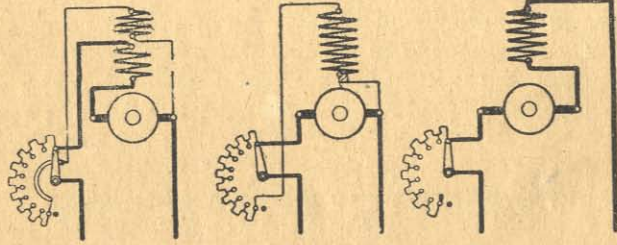
d) zatrzymujemy silnik napędowy.

## § 18. SILNIKI ELEKTRYCZNE PRĄDU STAŁEGO.

1. *Własności ogólne.* Każda zwykła prądnica prądu stałego może pracować jako silnik i odwrotnie. Natężenie prądu pobranego przez maszynę, pracującą jako silnik, może być takie samo, jak prądu oddanego przez maszynę, pracującą jako prądnica.

Maszyna zbudowana jako prądnica, a użyta jako silnik, obracać się będzie z szybkością mniejszą o 15% mniejszą od znamionowej szybkości biegu prądnicy.

Maszyna zbudowana jako silnik, a użyta jako prądnica, musi być obracana z szybkością od 15 do 20% większą, aby data znamionowe napięcie.



Rys. 34.

Rys. 33.

Rys. 32.

Układy połączeń silników z rozrusznikami. Na rys. 34 kontakt pierwszy opornika jest połączony z szyną łukową.

2. *Napięcie prądu stosowanego do zasilania silników prądu stałego zwykle wynosi 110, 220 lub 440 V, tylko w okolicznościach wyjątkowych bywają używane silniki na mniejsze napięcia, a w tramwajach i na kolejach na wyższe napięcia. Prąd zasilający silniki tramwajowe ma napięcie od 500 do 650 V, na kolejach od 750 do 1650 V, wyjątkowo 2500 V na każdym silniku.*

3. *Siła obrotowa silnika elektrycznego jest tym większa, im mocniej jest namagnesowana magnesylnica i im silniejszy prąd płynie w tworniku. Szybkość biegu zależy od napięcia prądu zasilającego silnik. Wpływ napięcia jest różny zależnie od układu połączeń silnika. Rozróżniamy silniki:*



1. Szeregowe inacej głównikowe, p. rys. 32,
2. bocznikowe, p. rys. 33,
3. szeregowo-bocznikowe, p. rys. 34,

Prąd rozruchowy silników. Tylko małe silniki (do 0,4 kW) mogą być puszcane w ruch bez oporników rozruchowych czyli rozruszników. Przy silnikach do 1 kW, jeżeli trudno jest zasłuszać rozrusznik regulowany, to można włączyć stały niewielki opór przed twornikiem, godząc się na zmniejszenie sprawności, skutkiem stąch strat w tym oporniku.

Pomimo stosowania oporników rozruchowych podskok prądu przy ruszaniu jest znaczny. W pierwszej chwili rozruchu zapotrzebowanie prądu zwykle wynosi:

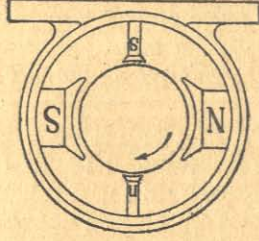
w silnikach szeregowych do 2,5-krotnej,

w bocznikowych do 1,8-krotnej,

w szeregowo-bocznikowych do 2-krotnej wartości prądu znamionowego przy pełnym obciążeniu.

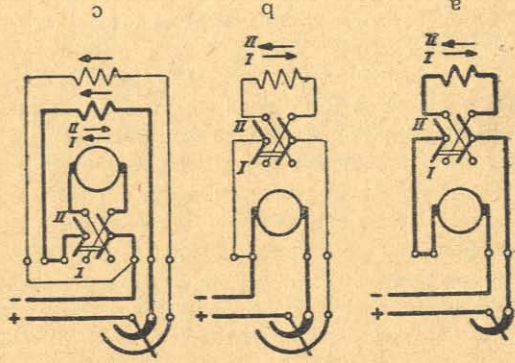
4. Komutator i szczotki. Warunki dobrego działania komutatora i szczotek są takie same jak w prądnicach, odmienny jest tylko kierunek przesuwania szczotek dla uniknięcia iskrzenia przy obciążeniu silnika, a mianowicie w miarę wzrostu obciążenia trzeba szczotki przesuwać w kierunku

odwrotnym do kierunku wirowania twornika. W silnikach nowoczesnych przesuwanie szczotek jest zwykle zbyteczne, szczególnie w silnikach z biegunami zwrotnymi. Kolejność znaku biegunów zwrotnych jest tu odmienna. Biegun komutacyjny ma znak ten sam, co biegun główny poprzedzający według ruchu twornika, p. rys. 35.



Rys. 35. Kolejność znaku biegunów zwrotnych w silniku.

5. Zmiana kierunku biegu odbywa się przez zmianę kierunku prądu w tworniku przy zachowaniu kierunku prądu w uzwojeniu magnetycznym, lub też przez zmianę kierunku prądu w uzwojeniu przy zachowaniu kierunku prądu w tworniku; kierunek prądu w uzwojeniu biegunów zwrotnych musi ulegać tym samym zmianom, co prąd w tworniku, p. rys. 36.



Rys. 36.

Schematy zmiany kierunku biegu:

- a) w silniku szeregowym,
- b) w silniku bocznikowym,
- c) w silniku szeregowo-bocznikowym.

6. Własności silników szeregowych. Silniki szeregowe mają układ połączeń wskazany na rys. 32. Siła rozruchowa jest duża i niezależna od napięcia sieci; używane są w dźwigach i kolejnictwie. Przy wzroście obciążenia znacznie spadają obroty, natomiast przy odciążeniu znacznie wzrastają, tak że w biegu luzem silnik może uleść uszkodzeniu, wskutek nadmiernej szybkości biegu, za wyjątkiem bardzo małych silników. Zmiana szybkości biegu przy stałym obciążeniu czyli tak zwana regulacja biegu odbywa się przez zmianę położenia korbki opornika szeregowego, który jednocześnie służy jako rozruchowy, za pomocą opornika włączającego.



nego równoległe do obwodu uzwojenia magnetyczny i za pomocą podziału uzwojenia magnetyczny, którego części łączą się między sobą w szereg lub równoległe.

7. *Własności silników bocznikowych.* Silniki bocznikowe mają układ połączeń wskazany na rys. 33. Siła rozruchowa jest zwykle mniejsza, niż w silnikach szeregowych; przy rozruchu należy baczyć, aby był jak najśilniejszy prąd w uzwojeniu magnetycznym, należy więc łączyć te uzwojenia tak, aby brały prąd z sieci, *pomijając* opornik rozruchowy; jeżeli w obwodzie uzwojenia magnetyczny jest włączony opornik regulacyjny, to należy jego korbkę postawić w ten sposób, aby opór jego w obwodzie był sprowadzony do zera.

Przy zmniejszaniu napięcia w sieci znacznie spada siła rozruchowa. Przy braku wszelkiego obciążenia czyli przy biegu luzem, silnik bocznikowy obraca się z szybkością przewyższającą szybkość biegu przy obciążeniu zaledwie o kilkanaście procentów. W miarę zwiększania się obciążenia obroty trochę maleją. W silniku, który dłuższy czas jest w ruchu, obroty z czasem wznoszą się skutkiem ogrzewania się uzwojenia magnetyczny, którego opór wzrasta; ten wzrost obrotów w dużej części silnikach wynosi około 5%, a w małych około 10%.

Zmiana napięcia sieci ma taki wpływ na obroty silnika, że w miarę wzrostu napięcia obroty rosną. Przy niewielkich zmianach napięcia można osiągnąć równy bieg, jeżeli zastosować silnik z niewielką gęstością linii magnetycznych w magnetycznym, wtedy strumień magnetyczny zmienia się wraz z napięciem i to powoduje stałość obrotów.

Silniki bocznikowe stosuje się głównie do wszelkiego rodzaju obrabiarce.

Zmiana szybkości wirowania przy stałym obciążeniu odbywa się:

- a) przez zmianę oporu opornika w obwodzie twornika; im opór większy, tym mniejsza szybkość; duże strąty w tym oporniku;
- b) przez zmianę oporu opornika w obwodzie magnetycznym; im opór większy, tym większa szybkość; małe strąty w oporniku;

c) przez zmianę napięcia prądu zasilającego twornik; tu stosuje się dwa źródła prądu, jedno dla twornika, drugie dla uzwojenia magnetyczny. Np. z sieci zasila-tora jest obracana prądem sieci.

Są oporniki regulujące z oporem w tworniku i z oporem w magnetycznym. W ten sposób prędkość biegu specjalnych silników może być zwiększona w czwórnasób. Najszersze granice regulacji w sposób możliwie ciągły można osiągnąć sposobem c).

Przy wszystkich rozruchowych i regulacyjnych należy zwracać uwagę, aby istniał zawsze w silnikach bocznikowych zamknięty obwód, składający się z twornika, magnetyczny i opornika dla uniknięcia dużych łuków przy wyłączeniu na ostatnim kontakcie.

8. *Własności silników szeregowo-bocznikowych.* Silniki te mają znaczniejszą siłę rozruchową, niż bocznikowe i przy obciążeniu mniej zwalniają bieg, niż szeregowe. Układ połączeń podany na rys. 34.

9. *Hamowanie.* Dzwigi, żorawie, tramwaje i pociągi kolejowe wy maga ją hamulców. Przy napędzie silnikami elektrycznymi łatwo zastosować hamowanie elektryczne, zmuszając silniki do pracy odwrotnej jako hamulców. Osiągnąć to można, zmieniając układ połączeń na taki, przy którym rozprężony silnik zamienia się w prądnicę, wykonującą pracę elektryczną kosztem energii ruchu.

W silniku bocznikowym zwykle zostawiamy połączenie z siecią uzwojenia magnetyczny, twornik zaś odłącza się od sieci i szczytki łączy się ze sobą przez opornik regulacyjny, wtedy maszyna pracuje jako prądnicą obcowzbudną. Silnik szeregowy zupełnie odłącza się od sieci i tworzy się obwód zamknięty przez opornik regulacyjny o niewielkim oporze, przy tym połączenie uzwojenia magnetyczny z twornikiem zmienia się w ten sposób, aby kierunek prądu w uzwojeniu magnetycznym zachować, wtedy silnik szeregowy w czasie hamowania pracuje, jako samowzbudna prądnicą szeregowa.



Wszystkie wyżej opisane przełączenia najlepiej wykonywać się za pomocą nastawnika walcowego.

Silniki, obracane siłą bezwładności pociągów w ruchu po piaszczystej powierzchni lub siłą ciężkości na spadku, mogą oddawać energię do sieci.

10. *Rozruszniki*. Oporniki rozruchowe bywają metalowe i pływowe.

Przy prądzie stałym oporników pływowych stosować należy, ze względu na szybkie zużywanie się blach elektrodowych i gazy tworzące mieszaninę wybuchową.

W metalowych rozrusznikach opory są utworzone z drutu, taśmy lub prętów; chłodzenie bywa różne:

a) opornik z chłodzeniem powietrznym nie powinien mieć na ostrońie gdzie temperatury wyższej od 125° C, a powietrze gorące wychodzące z niego nie wyższą, jak 175° C;

b) oporniki w oleju nie powinny mieć temperatury w oleju pomiędzy drutami oporowymi wyższej od 80° C;

c) oporniki w piasku nie powinny mieć temperatury piasku pomiędzy drutami oporowymi wyższej od 150° C.

Odpowiednio do warunków pracy silników stosuje się rozruszniki różnej wielkości i budowy:

a) rozruszniki do rozruchu przy połowie obciążenia pełnego silnika, zwykle dla prądu rozruchowego wynoszącego 0,75 prądu normalnego silnika;

b) rozruszniki do rozruchu przy pełnym obciążeniu silnika, zwykle dla prądu rozruchowego wynoszącego 1,5 prądu normalnego silnika;

c) rozruszniki dla rozruchu ciężkiego; zwykle na prąd rozruchowy 2 razy większy od normalnego.

Przy uruchomieniu silnika należy po zamknięciu wyłącznika *power* posuwać korbką rozrusznika, by silnik zdążył rozpedzić się przed przejściem na mniejszy stopień oporu, w przeciwnym razie następowalby nadmierne podskok prądu.

Przy zatrzymywaniu silnika, należy szybko cofnąć korbkę rozrusznika z ostatniego kontaktu na pierwszy i po tym utworzyć wyłęcznik. W silnikach bocznikowych przy przesuwaniu korbki na kontakt stojowy silnik wyzbywa się prądu; w rozruszniku musi być zawsze zrobione takie połączenie, nie, p. rys. 33 i 34, że przy stojowym położeniu korbki pozostaje zwarty obwód, składający się ze zwojów twornika, magnesnicy i oporu rozruchowego; zapewnia to powolne zamknięcie prądu w magnesnicy, gdzie przy szybkim przerywaniu prądu powstałaby znaczna i niebezpieczna siła elektromotoryczna samoindukcji. Gdy silnik sam się zatrzyma, wskutek niespodziewanej przerwy prądu, to maszynista powinien niezwłocznie odłączyć silnik od sieci i cofnąć korbkę rozrusznika na kontakt stojowy. Z chwilą bowiem powrotu prądu, silnik uruchomiłby się bez rozrusznika i mógłby być uszkodzony.

Są rozruszniki, w których zapobiega się takim wypadkom przez zaopatrzenie korbki w sprężynę odciągającą ją do położenia stoją i elektromagnes zasilany prądem magnesnicy przetrzymujący korbkę w położeniu biegu. W razie przerwy prądu korbka cofa się samoczynnie do położenia stoją. Tego rodzaju urządzenie zabezpiecza silnik również od rozbiegania się i nadmiernego prądu w razie przerwy w obwo-

11. *Oporniki regulacyjne*. Te oporniki są przystosowane do ciągłego przepływu prądu; temperatury graniczne te są me, co podane przy opornikach rozruchowych. Oporniki rozruchowe nie mogą być stosowane jako regulacyjne dla tych samych prądów, bo nie znoszą ciągłego obciążenia.

12. *Materiał* do budowy oporników metalowych jest ta-

śma albo drut oporowy.

Druty o oporności właściwej około 0,475  $\Omega$  na m i mm<sup>2</sup> można obciążać rozpięciem i wyprostowane w powietrzu według poniższej tablicy. Obciążenie I dla nagrzania do 100° i II dla nagrzania do 450°. Druty zwinięte w spirale można obciążać od  $\frac{2}{3}$  do  $\frac{3}{4}$  podanych wyżej wartości zależnie od warunków chłodzenia.



Srednica drutu w mm.	Oporność 1 m w $\Omega$	Obciążenie I (100°) A	Obciążenie II (450°) A
0,2	15,1	0,34	1,6
0,3	6,77	0,60	2,8
0,4	3,77	0,88	3,9
0,5	2,42	1,2	5,0
0,6	1,68	1,55	6,1
0,8	0,944	2,4	8,6
1,0	0,605	3,4	11
1,25	0,386	4,8	15
1,5	0,268	6,4	18
1,75	0,198	7,9	22
2,0	0,161	9,5	27
2,5	0,0967	13,2	36
3,0	0,0672	17,7	46
3,5	0,0494	22,4	57
4,0	0,0377	27,4	70
4,5	0,0299	32,6	84
5,0	0,0242	38,2	99

Tablica dopuszczalnego obciążenia taśmy nikeliowej grubości 0,3 mm.

Prąd A		Szerokość mm																	
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	130	170	160	150	120	90	80	60	40

13. Obliczenie prądu pobieranego przez silnik prądu stałego. Jeżeli przez  $N$  oznaczymy moc silnika w kontaktach mechanicznych, przez  $U$  napięcie w woltach, przez  $I$  natężenie prądu w amperach, a przez  $\eta$  — sprawność silnika, to:

$$I = \frac{N \cdot 735}{U \cdot \eta} \text{ amperów.}$$

Przykład.  $N = 15 \text{ KM}$ ,  $U = 110 \text{ V}$ ,  $\eta = 0,86$ .

$$I = \frac{15 \cdot 735}{110 \cdot 0,86} = 116 \text{ A}$$

Zestawienie najczęściej używanych silników podajemy w tablicy na str. 56 (według norm DIN—VDE 2000).

### § 19. SILNIKI ASYNCHRONICZNE TRÓJFAZOWE.

1. *Własności ogólne.* Prąd z sieci doprowadza się tylko do stojana, w wirniku powstaje prąd indukowany polem wirującym.

Przy biegu luzem silnik zachowuje się, jak transformator nieobciążony, ze znaczną jednak szczeliną powietrzną pomiędzy wirnikiem i stojanem, skutkiem czego pobiera z sieci bez obciążenia prąd o natężeniu wynoszącym 20 do 60% prądu znamionowego, odpowiadającego normalnemu obciążeniu. Dla dużych silników % ten jest mniejszy, a dla małych większy. Cos  $\varphi$  prądu przy biegu luzem wynosi od 0,1 do 0,25.

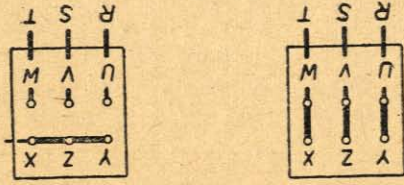
Napięcie prądu — 127/220 V i 220/380 V.

Napięcie	Połączenie zacisków
127 V	trójkąt
220 V	gwiazda
220 V	trójkąt
380 V	gwiazda



Liczba obrotów na minutę	Moc oddana w kW	Sprawność w %
1400 do 2800	0,125 do 0,25	64 do 68
910 " 2800	0,125 " 0,4	59 " 70
920 " 2800	0,2 " 0,7	62 " 73
920 " 2800	0,3 " 1	65 " 75
930 " 2825	0,5 " 1,5	68 " 77
930 " 2825	0,7 " 2,2	70 " 78
935 " 2825	1 " 3	72 " 80
935 " 2850	1,4 " 4	74 " 81
940 " 2850	1,8 " 5,5	75 " 82
940 " 2000	2,4 " 5,5	77 " 82,5
950 " 2000	3,3 " 7,5	78 " 83,5
950 " 1440	7 " 11	81,5 " 84
460 " 1440	4,5 " 17	75,5 " 85,5
460 " 1450	6 " 23	77,5 " 86,5
460 " 1450	8,5 " 32	79,5 " 87,5
465 " 1460	12 " 45	81 " 88
470 " 1460	17 " 64	82,5 " 88,5
470 " 1170	22 " 64	83,5 " 89
470 " 1170	30 " 80	85 " 89,5
475 " 1170	40 " 100	86 " 90
475 " 975	50 " 100	87 " 90,5
475 " 975	64 " 125	87,5 " 91

Odpowiednie tabliczki zaciskowe podane są na rys. 37.



Rys. 37.

Tabliczki zaciskowe silników asynchronicznych.

Poza tym zwykle — 1000, 3000, 6000 V.

2. Siła rozruchowa tych silników jest mniejsza, niż w odpowiednich silnikach szeregowych prądu stałego; zależy ona w znacznym stopniu od napięcia sieci; im napięcie prądu wyższe, tym siła większa.

Najczęściej są stosowane silniki 2-biegun., 4-biegun., 6-biegunowe. Odpowiednio do tych liczb biegunów, liczba obrotów pola magnetycznego będzie wynosić na minutę 3000, 1500, 1000. W ogóle pomiędzy liczbą obrotów pola magnetycznego na minutę —  $n$ , częstotliwością zmian prądu na sekundę —  $f$  i liczbą par biegunów —  $p$  zachodzi następująca zależność:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

W praktyce zwykle stosuje się  $f = 50$ , więc:

$$n = \frac{3000}{p}$$

Wirnik silników asynchronicznych przy biegu luzem obraca się z szybkością niemal zgodną z polem magnetycznym, wtedy poślizg czyli różnica pomiędzy liczbą obrotów pola i liczbą obrotów wirnika jest bardzo mała; przy znamionowym obciążeniu poślizg wynosi od 0,5 do 6%, dla małych silników więcej, a dla dużych mniej.



Przykład. Obliczmy obroty silnika trójfazowego asynchronicznego, dwubiegunowego, którego poslizg wynosi 5%.

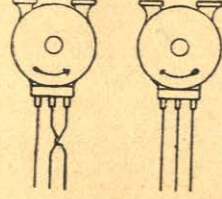
$$n = 3000 - \frac{100}{3000 \cdot 5} = 2850$$

3. Największą siłę obrotową ma silnik asynchroniczny w zwykłych warunkach nie przy nieruchomym wirniku, lecz w ruchu, jednak przy dość znacznym poslizgu. Największy moment obrotowy przy chwilowym przeciążeniu jest zwykle od 1,75 do 2,5 raza większy od momentu obrotowego znamionowego.

Przepisy stawiają zwykłymi silnikom asynchronicznym następujące wymagania. Silniki muszą wytrzymać bez uszkodzenia i utknięcia lub raptownej zmiany szybkości obciążeniowego momentem 1,75 razy większym od momentu znamionowego pełnego obciążenia przy zachowaniu napięcia i częstotliwości, mające moment obrotowy największy znacznie większy od poprzednio podanego, a mianowicie 2 do 2,5 raza większy od momentu przy biegu znamionowym.

4. Zmiana kierunku wirowania silników trójfazowych osiąga się wymianą miejsc przyłączenia którychkolwiek dwóch przewodów z trzech, doprowadzających prąd do stojana,

p. rys. 38



Rys. 38.

Zmiana kierunku wirowania.

5. Na szczególną uwagę w silnikach asynchronicznych zasługuje szeregowa postać wirnika a stojanem, która musi być jak najmniejsza i zwykle wyraża się wzorem:

gdzie  $D$  średnica wirnika w cm.,  $s$  — szczelina również

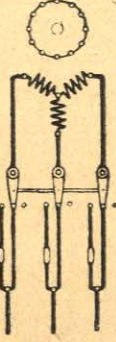
$$s = 0,02 + \frac{1000}{D}$$

w cm.

6. Silniki asynchroniczne ze zwartym wirnikiem, czyli tak zwane klatkowe, mają względnie niewielką siłę rozruchową i przy ruszaniu pobierają bardzo znaczny prąd z sieci, np. 6 razy większy od znamionowego, i z tego powodu mają nieraz większy od potrzebny kontaktami, p. rys. 39. Rozruch odbywa się na kontakcie środkowym, przed którym nie ma bezpiecznika, ruch zaś na kontakcie prawym, przyłączonym do sieci przez bezpiecznik, przystosowany do normalnego prądu silnika w biegu. Takie silniki mogą być przyłączane do sieci publicznej tylko małe do 0,75 kW, o ile rozruch odbywa się przy znacznym obciążeniu, i do 1,5 kW, jeżeli obciążenie nie przekracza  $\frac{1}{2}$  rozruchowego momentu znamionowego.

Wyłącznik do silnika asynchronicznego klatkowego.

Rys. 39.

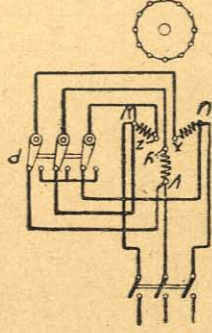


Większe silniki zwarte zaopatruje się w wyłącznik z gniazdy w trójkąt, p. rys. 40, i mogą być przyłączane do



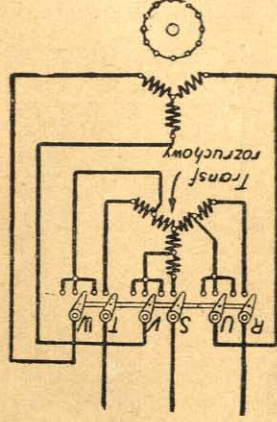
sięci publicznej do 3 kW. Jeszcze większe zaopatruje się w transformator stopniowy ze zmienną przekładnią p. rys. 41. Z tymi urządzeniami rozruchowymi silniki biorą prąd rozruchowy tylko dwa razy większy od znamionowego; ich moment rozruchowy zawsze jest mniejszy od znamionowego. 7. Zmiany szybkości silników zwartych przy stałym obciążeniu; są dwa sposoby, w praktyce rzadko się je stosuje, ponieważ są skomplikowane:

- przełączenie uzwojenia na inną liczbę biegunów, np. z 2-ch na 4 i 6,
- zmiana liczby okresów na sekundę prądu zasilającego—go za pomocą odpowiednich przetwornic.



Rys. 40.

Przełącznik rozruchowy z gwiazdy w trójkąt.



Rys. 41.

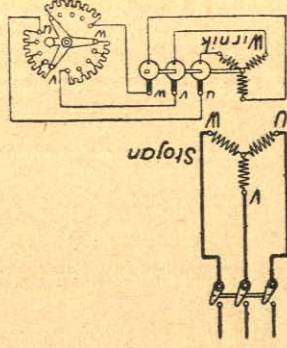
8. Silniki dwuklatkowe. Na wirniku mają dwa zwarte uzwojenia, jedno położone bliżej do obwodu o dużym oporze, drugie założone głębiej, niż zwykle, i przy rozruchu biorą większą siłę rozruchową, niż zwykle. Te silniki mają mniejszy prąd, niż silniki klatkowe zwykłe.

9. Silniki klatkowe z płaskimi prętami. Te silniki mają prostszą budowę, niż dwuklatkowe, a własności podobne.

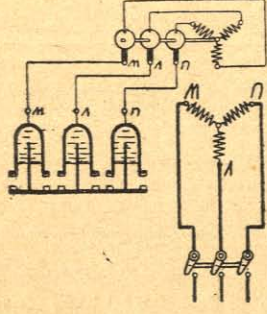
10. Silniki klatkowe z podwójnym wirnikiem. Te silniki mają jeden stojan i dwa wirniki obracające się jeden w drugim, większy wirnik ma postać pierścienia, a mniejszy wewnątrz. Prąd z sieci doprowadza się do stojana i większego wirnika, wirnik większy ma dwa uzwojenia, jedno zwarte na zewnętrznym obwodzie, drugie zвычайne zasilane prądem sieci.

Wirnik większy obraca się z pewnym poslizgiem względem pola wirującego stojana, a wirnik mniejszy wewnątrz niego obraca się z poslizgiem względem pola wirującego wirnika większego. W ten sposób przy dwubiegunowym uzwojeniu można osiągnąć obroty wirnika wewnętrznego większe od 3000 obrotów na minutę, a więc np. okrążyło 4500 i 6000 obrotów na minutę; tego rodzaju wielka szybkość obrotowa jest potrzebna np. do niektórych obrabiarzek do drzewa.

1. Silnik pierścieniowy. Silnik ten ma uzwojenie na wirniku doprowadzone do pierścieni na wale. Szczotki ślizgają się po tych pierścieniach przyłączamy do opornika, p. rys. 42, tak że prądy indukowane w wirniku przechodzą jeszcze przez ten opornik. Oporniki w wirniku mogą być wodne, p. rys. 43. Opornik w wirniku może być stosowany



Rys. 42.



Rys. 43.

Silnik pierścieniowy.



z roztworem sody w wodzie, w którym są połączony elektro-

dy przeważnie z cynkowanego żelaza lub z brązu.

Sody w roztworze bierze się tydzień, aby, przy pogrążeniu płyt na  $\frac{1}{3}$  całej głębokości zanurzenia, silnik ruszył, będzie to około 20 g na litr wody.

Jeżeli opornik ma stać na mrozie do  $-15^{\circ}$ , to można używać następującej mieszanki: na 1 litr wody 150 g praozonej sody i 300 cm<sup>3</sup> gliceryny o ciężarze właściwym 1,25.

Dla wielkich silników mogą być stosowane rozruszniki wod-

ne rozgrzewające się do temperatury wrzenia plynu.

Poza opornikami bywają przy dużych silnikach przyłączone do pierścieni układy maszyn komutatorowych, które

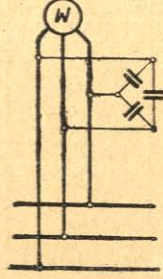
pozwalają regulować obroty oszczędniej.

Maszyna komutatorowa włączona na pierścienie silnika pozwala również zwiększyć  $\cos \varphi$  prądu pobieranego przez

stojan, obecnie jednak stosujemy chętnie kondensatory, również

nośniej połączone z silnikami, p. rys. 44, które biorą prąd bezwartościowy tego rodzaju, że prąd ten w połączeniu z prąd-

em silnika stanowi prąd wypadkowy, płynący z elektrowni niemal zgodny w fazie z napięciem, dla którego  $\cos \varphi = 1$ .



Rys. 44. Układ kondensatorów dla poprawy  $\cos \varphi$ .

Powiększenie  $\cos \varphi$  prądu pobieranego z elektrowni jest pożądane z tego względu, że elektrownie za prąd płynący przy małym  $\cos \varphi$  pobierają większą opłatę, niż za prąd, wykonywający tę samą pracę, przy  $\cos \varphi$  bliskim do jedności.

jak rozruchowy, wtedy on zwiększa siłę rozruchową silnika do tego stopnia, że moment rozruchowy może być tak wielki, jak przy pracy znamionowej (pełne obciążenie normalne), a nawet większy np. dwa razy.

Prąd rozruchowy jest przy tym znacznie mniejszy, niż w odpowiednich silnikach zwartych. Silniki z pierścieniami, które wytwarzają moment obrotowy równy momentowi znamionowemu, biorą prąd tylko niewiele większy od znamionowego. Silniki, które wytwarzają moment obrotowy podwójny, biorą prąd przy rozruchu niewiele większy od podwójnego znamionowego.

Silniki z opornikami rozruchowymi należy zaopatrywać w zwiertniki pierścieni, które zamykamy po doprowadzeniu oporu rozruchowego do zera.

Gdy korбка rozrusznika stoi w położeniu postoju, obwo-  
dy wirnika są przzerwane i prąd w wirniku powstaje nie mo-  
że, skutkiem czego silnik po włączeniu prądu na stojan  
jeszcze nie rusza, dopiero gdy przesuńniemy trochę korbkę  
rozrusznika, tak aby obwód wirnika przez oporniki został  
zamknięty, silnik rusza, wtedy należy korbkę dalej stopnio-  
wo obracać powoli tak, aby dać silnikowi czas na nabranie  
szybkości. Przy zbyt pospiesznym przesuwniu korbki, silnik  
przebieży nadmierny prąd. Gdy silnik jest w pełnym biegu,  
zwieramy pierścienie.

Opornik połączony z pierścieniami służy nieraz jako regulacyjny dla zmiany obrotów przy stałym obciążeniu. W miarę tego, jak zwiększamy opór tego opornika, obroty spadają.

Taka regulacja nie jest oszczędna, gdyż w tych warunkach moc pobierana z sieci nie ulega zmianie, natomiast oddana przez silnik ciągle maleje, a energia stracona ogrzewa opornik. Z tego powodu oporniki regulacyjne muszą być większe, niż odpowiednie rozruchowe, aby nie ogrzewały się nadmiernie. W sprawie budowy oporników i dopuszczalnych ich temperatury mają zastosowanie wiadomości podane na str. 52, z tą różnicą, że można tu stosować oporniki wodne.



12. Obliczenie prądu pobieranego przez silnik trójfazowy. Jeżeli przez  $N$  — oznaczony mechaniczną oddawaną przez silnik, przez  $U$  — napięcie międzyprzewodowe w wol-tach,  $I$  — prąd w amperach pobierany z sieci,  $\cos \varphi$  współ-czynnik mocy tego prądu,  $\eta$  — sprawność, to:

$$I = \frac{N \cdot 735}{10 \cdot 425} = \frac{1,73 U \cos \varphi \cdot \eta}{U \cos \varphi \cdot \eta} \text{ amperów.}$$

Przykład.  $N = 10 \text{ KM}$ ,  $U = 120 \text{ V}$ ,  $\cos \varphi = 0,87$  i  $\eta = 0,87$ .

$$10,425$$

$$I = \frac{120 \cdot 0,87 \cdot 0,87}{10,425} = 46,8 \text{ A}$$

Zestawienie najczęściej używanych silników trójfazo-wych asynchronicznych podajemy w tabelicy według DIN — VDE 2650 i 2651 na str. 64.

Dla większej liczby obrotów sprawność nieco mniejsza, a  $\cos \varphi$  nieco większy, dla mniejszej liczby obrotów spraw-ność również mniejsza, i  $\cos \varphi$  nieco mniejszy.

Społeczny współczynnik mocy  $\cos \varphi$  i sprawność w % silników asyn-chronicznych trójfazowych przy niedociążeniu i przeciążeniu podajemy w tabelicach:

Obciążenie w stosunku do znamionowego		
0,5	1	1,5
Społeczny współczynnik mocy $\cos \varphi$		
0,87	0,91	0,90
0,82	0,89	0,88
0,78	0,87	0,86
0,74	0,85	0,86
0,70	0,83	0,84
0,68	0,81	0,82
0,65	0,79	0,80
0,62	0,77	0,79

Moc oddana w kW	sprawność w %	$\cos \varphi$	Wirnik klatkowy	
			Wirnik pierścieniowy	sprawność w %
0,125	69,5	0,7	—	—
0,2	72,5	0,73	—	—
0,33	74,5	0,76	—	—
0,5	76,5	0,79	—	—
0,8	79,5	0,80	—	—
1,1	81,5	0,82	—	—
1,5	82,5	0,83	79,5	0,8
2,2	83,5	0,85	80,5	0,82
3	84,5	0,86	82	0,83
4	85,5	0,87	83,5	0,84
5,5	86,5	0,87	84,5	0,84
7,5	87	0,87	85	0,85
11	87,5	0,87	85,5	0,86
15	87,5	0,87	87,5	0,87
22	88	0,88	88	0,88
30	89	0,89	89	0,89
40	89,5	0,90	89,5	0,90
50	90	0,90	90	0,90
64	90,5	0,90	90,5	0,90
80	90,5	0,90	90,5	0,90
100	91	0,90	91	0,90
125	—	—	91,5	—
160	—	—	92	—
200	—	—	92,5	—
250	—	—	93	—



Obciążenie w stosunku do znamionowego		Sprawność w %	
0,5	1		
		92,5	94,0
		91	92
		89	90
		87	88
		84,5	86
		82,5	84
		80,5	82
		78,5	80
1,5			92,5

13. Prąd płynący w obwodzie wirnika silnika pierścieniowego w przybliżeniu obliczamy, znając  $N$  — moc silnika w koniach mechanicznych,  $U_w$  — napięcie na pierścieniach wirnika nieruchomego,  $I_w$  — prąd w przewodach pomiędzy pierścieniami a rozrusznikiem, w następujący sposób:

$$I_w = \frac{N \cdot 425}{1,73 U_w} = \frac{1,73 U_w}{N \cdot 735} \text{ amperów}$$

Przykład.  $N = 10 \text{ KM}$ ,  $U_w = 100 \text{ V}$ .

$$I_w = \frac{10 \cdot 425}{100} = 42,5 \text{ A}$$

Ten prąd jest miarodajny dla wybrania przewodów łączących rozrusznik z pierścieniami, według tablicy na grzanie nieznane, to można prac przewody według kołówek, jakie na odpowiednich zaciskach dostarczyła wytwórnia.

## § 20. SILNIKI ASYNCHRONICZNE JEDNOFAZOWE.

1. Budowa — jak trójfazowych, tylko uzwojenie stojana jest jednofazowe, a nie trójfazowe. Silnik taki nie ma żadnej siły rozruchowej, dopiero w ruchu pola stojana i wirnika kołują się, tworząc pole magnetyczne wirujące, które daje siłę obrotową.

2. Szybkość wirowania tego pola jest taka sama, jak przy koście wirowania odpowiedniego pola trójfazowego. W biegu luzem silnik nabiera szybkości niemal równej szybkości wirowania tego pola, poślizg jest jednak trochę większy, niż w silniku trójfazowym, a więc np. przy dwubiegumowym uzwojeniu i 1,5% poślizgu, 3000 — 45 = 2955 obrotów na minutę, prąd biegu luzem jest znaczny: 35 do 45% prądu znamionowego,  $\cos \varphi = 0,2$  do 0,3. Przy obciążeniu silnik jedno-

fazowy więcej zwalnia biegu, niż trójfazowy.

3. W celu rozruszania silnika jednofazowego zaopatruje się większe silniki w pomocnicze uzwojenia, które mają obwód odgądzający od głównego, w obwodzie tym bywają wiatraczane w szeregu cewki nawinięte na rdzeniach żelaznych lub kondensatory. Kondensator jest lepszy, bo daje większą różnicę faz i ma mniejsze straty energii, a więc może być pozostawiony pod prądem również w czasie pracy silnika.

Zespół prądów głównego i odgądzającego pomocniczego daje pole wirujące i moment obrotowy już w czasie postoju silnika.

Mate silniki tego rodzaju bywają budowane na  $\frac{1}{3}$  do 2 KM 220 V 1500 obr. na min.

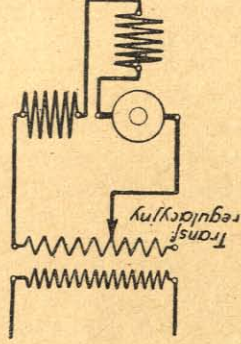
## § 21. SILNIKI KOMUTATOROWE.

1. Jednofazowe silniki szeregowo mają wirnik z komutatorem uzwojony tak samo, jak w maszynach prądu stałego, magnetyczna również jest tak samo uzwojona, niema jednak wydatnych biegunów, gdyż uzwojenia są ułożone w zióbkach pierścieniowego kadłuba, takiego samego, jaki stosuje się w silnikach asynchronicznych. Na magnesy w większych silnikach są stosowane tak zwane uzwojenia kompensacyjne i biegunów zwrotnych dla zmniejszenia iskrzenia. Układ po-



łączeń uzwojeń magnesy i twornika szeregowy. Silniki tego rodzaju mają własności podobne do silników szeregowych prądu stałego; ruszają z dużej siły obrotowej, zwiększają znacznie prędkość przy spadku obciążenia i przeto podlegają niebezpieczeństwu rozbiegania się. Natomiast mają znaną zaletę, że prędkość wirowania można oszczędnie zmieniać zapomocią transformatora stopniowego, który pozwala zmieniać napięcie prądu doprowadzanego do silnika, p. rys. 45.

Mate silniczki tego rodzaju buduje się w ten sposób, że można je używać, zasilając prądem bądź z sieci prądu stałego, bądź z sieci prądu zmiennego na to samo skuteczne napięcie.

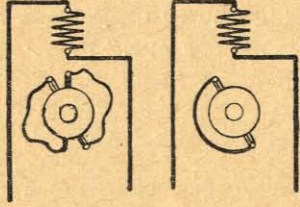


Rys. 45. Silnik komparatorowy szeregowy z transformatorem regulacyjnym.

Zmiana kierunku obrotów odbywa się w ten sam sposób, jak w szeregowych silnikach prądu stałego, przez wymianę drutów doprowadzających prąd np. do twornika.

2. Silniki repulsyjne mają budowę taką samą, jak poprzednie, tylko doprowadzenie prądu jest odmiennie, p. rys. 46; prąd doprowadza się tylko do nieruchomej magnesy, natomiast obwód wirnika zwiera się przewodnikiem o małym

opozyc, skutkiem czego w wirniku powstają prądy indukcyjne.



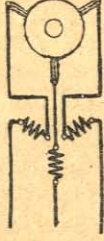
Rys. 46. Silniki repulsyjne.

Bywają silniki z jedną parą szczotek na parę biegunów i z dwiema parami szczotek na parę biegunów, p. rys. 46. Dla utrzymania odpowiedniej siły obrotowej należy zsunąć szczotki, gdy są podwójne.

Silniki te również zwiększają prędkość przy spadku obciążenia i podlegają niebezpieczeństwu rozbiegania się przy oddziaływaniu.

Regulacja obrotów i zmiana kierunku obrotów odbywa się przezusuwaniem szczotek na komutatorze.

3. Silniki komparatorowe mają magnesy i uzwojona w ten sam sposób, jak w silnikach asynchronicznych trojfazowych, wirnik zaś taki sam, jak w silnikach prądu



Rys. 47. Silnik komparatorowy trojfazowy.



cy ustawia się na komutatorze po trzy szczotki. Prąd trójfazowy doprowadza się do jednych końców uzwojenia magnesyńcy, drugie zaś końce tego uzwojenia łączą się ze szczotkami bezpośrednio lub przez transformator w celu obniżenia napięcia na komutatorze.

Własności tych silników są podobne jak jednofazowych. Szybkość obrotów reguluje się zapomocą przesuwania szczotek.

Stosuje się te silniki wtedy, gdy jest wymagana ciągła regulacja obrotów w szerokich granicach, możliwie oszczędna. Silniki komutatorowe mogą mieć równoległe połączenie stojana i wirnika, wtedy prędkość wirowania jest niemal niezależna od obciążenia; przy zwiększeniu obciążenia niewiele zmniejsza się.

## § 22. SILNIKI SYNCHRONICZNE.

1. Budowa. Prądnicą prądu zmiennego użyta jako silnik stanowi tak zwany silnik synchroniczny, który ma obroty zgodne z obrotami prądniczy zasilającej się według następującego wzoru:

$$n_1 : n_2 = p_2 : p_1$$

tu  $n_1$  liczba obrotów na minutę prądniczy, a  $n_2$  — silnika,  $p_1$  liczba par biegunów prądniczy, a  $p_2$  — silnika.

2. Obroty na minutę takiego silnika oblicza się ze wzoru:

$$n = \frac{f \cdot 60}{p}$$

gdzie  $f$  — częstotliwość prądu, a  $p$  liczba par biegunów magnesyńcy,  $n$  — tak zwane obroty synchroniczne.

Przy obciążeniu prędkość wirowania nie zmniejsza się, a przy nadmiernym przeciążeniu silnik odrzuca staję, t. j. jak zwykłego silnika z synchronizmem. Regulować obrotów takiego silnika nie można.

3. Silnik synchroniczny nie ma *sily rozruchowej!* Jeżeli w stojącym silniku puścić prąd zmienny do twornika i stać do magnesyńcy, to silnik nie ruszy; dla rozruchu takich silników bywają używane specjalne małe silniki asynchroniczne

trójfazowe osadzone na wale silnika głównego. Do sieci przyłączają się silnik synchroniczny trójfazowy, po osiągnięciu przez niego właściwych obrotów. Często zamast tego pomocniczego silnika na magnesyńcy silnika synchronicznego trójfazowego daje się zwarte uzwojenie klatkowe umożliwiająca rozruch przy zmniejszonym przez transformator napięciu do  $\frac{1}{3}$  napięcia biegu. Z miejsca ruszają także silniki synchroniczne mające nasady i rdzenie biegunowe z pełnego żelaza.

4. Ważną własnością silników synchronicznych jest zdolność pobierania z sieci prądu o rozmaitej różnicy faz między prądem i napięciem zależnie od natężenia stałego prądu w magnesyńcy.

Przy małym prądzie w magnesyńcy silnik pobiera prąd zmienny opóźniający się w fazie względem napięcia, a przy znacznym prądzie w magnesyńcy — prąd zmienny wypredzający w fazie napięcia, tak jak kondensator. Prąd wzbudzający magnesyńcę zawsze można tak nastawić, aby prąd pobierany z sieci był w fazie z napięciem; wtedy  $\cos \phi = 1$  i prąd będzie przy danym obciążeniu najmniejszy.

Własność powyższa umożliwia zastosowanie silnika synchronicznego w celu zmniejszenia przesuńnięcia, fazowego między prądem i napięciem sieci. Do sieci przyłącza się specjalny silnik synchroniczny, biegnący luzem, który pobiera prąd dodatkowy, wypredzający w fazie napięcia, jeżeli wzbudzenie jego jest dostatecznie duże. Gdy obciążenie sieci jest indukcyjne, czyli prąd opóźnia się w fazie względem napięcia, to prąd wzbudzający silnik synchroniczny może być tak dobrany, że wypadkowy prąd płynący do sieci będzie zgodny w fazie z napięciem.

## § 23. SILNIKI ASYNCHRONICZNE SYNCHRONIZOWANE.

Czasem bywają stosowane silniki asynchroniczne zaopatrzone w dodatkową prądniczkę prądu stałego, która dostarcza prądu do wirnika po osiągnięciu przez wirnik biegu niemal synchronicznego i doprowadza do synchronizmu, wtedy taki silnik pracuje jako synchroniczny i można, regulując



prąd wzbudzenia, doprowadzić cos  $\varphi$  prądu pobieranego z sieci do jedności.

## § 24. PRZETWORNICZ.

1. Rodzaje przetwornic. Najczęściej używane przetwornice służą do:

a) przetwarzania prądu zmiennego na stały, wyjątkowo odwrotnie prądu stałego na zmienny,

b) przetwarzania prądu stałego wyższego napięcia na prąd stały niższego napięcia i odwrotnie.

Przetwornice prądu zmiennego na stały służą zwykle do zasillania prądem stałym silników, ładowania akumulatorów

i do lamp łukowych; bywają:

- a) dwumaszynowe,
- b) dwumaszynowe kaskadowe,
- c) jednomaszynowe.

2. Przetwornica dwumaszynowa prądu zmiennego na stały stanowi zespół dwóch maszyn, których wirniki są osadzone na wspólnym wale, lub na wałach oddzielnych sprzęgniętych ze sobą najczęściej zapomocą sprzęgła sztywnego.

W takiej przetwornicy silnik prądu zmiennego i prąd-nica prądu stałego są zupełnie niezależne, jedynie obroty muszą być uzgodnione.

Silnikiem prądu zmiennego jest zazwyczaj silnik asyn-

chroniczny lub silnik synchroniczny.

Sprawność dwumaszynowych przetwornic jest względnie niewysoka, gdyż ogólna sprawność zespołu równa się iloczy-

nowi sprawności poszczególnych maszyn.

Przykład. Poszczególne maszyny przetwornicy na 50 kW mają sprawność 0,88, wtedy ogólna sprawność zespołu będzie:

$$0,88 \times 0,88 = 0,774$$

To znaczy, że silnik tego zespołu pobiera

$$\frac{50}{0,774} = 64,7 \text{ kW}$$

3. Wyższą sprawność ma przetwornica dwumaszynowa kaskadowa, składająca się z trójfazowego silnika asynchro-

nicznego i prądnicę prądu stałego, przy czym uzwojenie wir-nika tego silnika jest połączone elektrycznie z uzwojeniem twornika prądnicę prądu stałego.

Silnik trójfazowy rusza jako asynchroniczny, a w póź-nym biegu, po wyłączeniu rozrusznika i po wzbudzeniu ma-gneśnicy prądnicę prądu stałego zachowuje się jak silnik synchroniczny.

4. Największą jednak sprawność ma przetwornica jedno-maszynowa, która w porównaniu z dwumaszynową ma straty niemal o połowę mniejsze.

Ponieważ przetwornica jednomaszynowa jest maszyną pojedynczą, więc pełni czynności zarazem silnika i prądnicę. Maszyna ta przyłączona do sieci prądu zmiennego pracuje jako silnik synchroniczny, w którym prąd zmienny do wir-nika wpływa przez pierścienie, z drugiej strony do tego sa-mego uzwojenia przyłączony jest komutator, a ze szczołek, szlizających się po tym komutatorze, czerpiemy prąd stały. W tych warunkach pomiędzy skutecznym napięciem pra-du trójfazowego  $U_{tr}$ , a napięciem prądu stałego  $U_s$  zachodzi

$$U_{tr} = 0,63 U_s$$

Chcąc mieć inny stosunek, łączy się przed przetwornicą transformator, wtedy:

1) w transformatorze przetwarzają się np. prąd trójfazowy o napięciu 6000 V na prąd trójfazowy o napięciu 72,5 V, 2) a w przetwornicy prąd trójfazowy o napięciu 72,5 V na prąd stały o napięciu 115 V.

W razie zastosowania transformatora, obecnie prąd trój-fazowy przetwarzają się w nim na sześciofazowy i wtedy prze-twornicy mamy mniejsze straty energii.

5. Obliczmy prąd trójfazowy zasillający przetwornicę pra-du trójfazowego na stały, która wytwarza prąd stały 500 A pod napięciem 115 V i której sprawność wynosi 0,85.

$$I = \frac{115 \cdot 500}{1,73 \cdot 6000 \cdot 0,85} = 6,5 \text{ A}$$

Natężenie prądu trójfazowego o napięciu 6000 V będzie:



6. Przetwornice prądu stałego na stopy są dwumaszynowe i mają prąd po stronie wyższego napięcia mniejszy, a po stronie niższego napięcia większy.

7. Obliczenie prądu dostarczonego do przetwornicy pod napięciem 220 V, z której pobieramy 500 A pod napięciem 115 V; sprawność zespołu 0,78:

$$I = \frac{115 \times 500}{220 \times 0,78} = 335 \text{ A}$$

### § 25. SKŁADANIE I USTAWIANIE MASZYN.

1. Wszystkie maszyny i urządzenia w maszynowni muszą być tak rozstawione, aby do nich był dobry dostęp i łatwa obsługa, montaż przeprowadzać należy bardzo uważnie przez osoby znające dobrze budowę, według zawczasu obmyślonych i przygotowanych planów i rysunków.

W pobliżu maszyn w biegu nie wolno wykonywać żadnych robót postrotnych np. pihowania lub ciecía żelaza i t. p.

Maszynownia musi być dobrze oświetlona w dzień i w nocy oraz należyćie przewietrzana. Budowie muszą być wykonywane zawczasu i mury oraz tynk przed montażem dobrze wyschnięte.

2. Maszyny elektryczne w miarę możności należy ustawić w pomieszczeniach pozabawionych kurzu i dobrze oświetlonych, temperatura powinna być wyższa od 0° i nie może przewyższać 35°, należy więc przewidywać odpowiednie ogrzewanie i przewietrzanie.

3. Składanie i ustawianie maszyn musi być przeprowadzone bardzo starannie, tylko w ten sposób można uniknąć różnych przekrzywień niespodzianek.

Przy rozpakowywaniu, opakowanie zdejmujemy systematycznie i odkładamy na bok, przegladając dokładnie i wyszukując drobne części maszynowe, które łatwo mogą się zagubić.

Następnie sprawdzamy co do liczby i stanu wszystkie składowe części maszyny, oczyszczając je od rdzy i tłuszczu oraz przygotowujemy potrzebne narzędzia i przybory.

Pomieszczenie, w którym przechowujemy części maszyny-

nowe musi być ogrzewane, suche i nie może być narazone na znaczne zmiany temperatury, gdyż to może spowodować osadzenie się wilgoci na metalu.

4. Do podnoszenia trzeba mieć odpowiednie linki i wiełokrążki. Podajemy jaki ciężar największy można podnieść zapomoćą linki konopnej w dobrym stanie:

Srednica linki 10 mm ciężar 75 kg

15	"	"	175
20	"	"	300
30	"	"	700
40	"	"	1250
50	"	"	1960
60	"	"	2830
70	"	"	3900
80	"	"	5000
90	"	"	6360
100	"	"	7850

Linki zakładać należy ostronie, aby nie uszkodzić uzwojenia, linki nie mogą się opierać o uzwojenia.

Uszka na kadłubach maszyn są wytrzymałe tylko na ciągnięcie wzdłuż osi ich gwintu.

5. Fundamenty odpowiednio wpuszczone w ziemię (patrz § 177) muszą być zawczasu przygotowane, konsóle z żelaza i walców, czy ścisłkanie i wmurowane na cement.

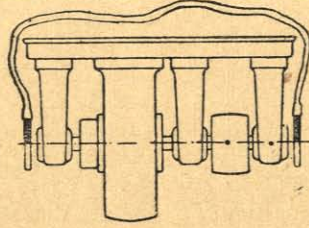
W urządzeniach przewoźnych lub dla izolowania szkieletu maszyn od ziemi ustawia się maszyny na podkładach drewnianych.

Żelazna płyta podstawowa maszyny powinna szczelnie przylegać do podstawy, na której umocowuje się maszynę. Na fundamentie mурowym podlewamy płytę podstawową żelaznymi podkładkami. Na innych podstawach zawsze dokładnie podklimować, aby wszystkie łapy sztywne ściśle przylegały. Sruby fundamentowe na fundamentach mурowych można przykręcać dopiero po zupełnym skrzepnięciu zaprawy, co następuje po upływie 8 dni. Sruby fundament-



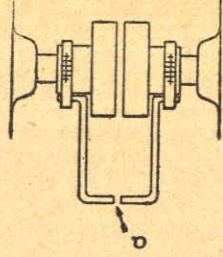
7. Przy składaniu maszyn należy obchodzić się bardzo ostrożnie z uzwojonymi częściami i komutatorami. Deski do podpierania owinąć trzeba tkaniną, a liny zakładać na wał i rozpiierać deskami.

Ułożenie wału musi być przeprowadzone bardzo starannie, należy sprawdzać, czy wirnik leży poziomo za pomocą poziomicy z rurką i pęcherzykiem powietrza lub z pionem na sznurku. Długość wirnika można sprawdzać za pomocą rurki z wodą, p. rys. 48, składającej się z dwóch rurek szklanych połączonych gumową. Jeżeli punkt środkowy wału leży na poziomie wody w lewej rurce, to i punkt środkowy wału na drugim końcu wału powinien leżeć na poziomie wody w prawej rurce. Sprawdzenie to należy powtórzyć kilkakrotnie, przekręcając wał w różne położenia.



Rys. 48. Sprawdzenie położenia wału za pomocą rurek z wodą.

Wały sprężniące przekładnią linową czy pasową muszą być ułożone dokładnie równolegle do siebie, co sprawdzamy, mierząc odległości między środkami wałów na końcach.



Rys. 49. Sprawdzenie ustawienia maszyn sprężanych.

łowe muszą być dość długie szczególnie przy przekładni pasowej czy linowej. Długość ma być tak obliczona, aby fundament przez nie ujęty nie mógł się podnieść pod wpływem sił ciągnących przekładni.

W małe fundamenty śruby wmurowuje się, w dużych fundamentach śruby zakłada się po wymurowaniu w otwory wypelnione narzędzie drewnianymi klocekami, które trzeba wyjąć w 24 godziny po wymurowaniu fundamentu. Otwory na śruby fundamentowe muszą być dość duże, aby śruby można było w nich poruszać nieco na boki.

Jeżeli zależy na uniknięciu przenoszenia się przez fundament szumu wirujących maszyn, to pod maszynę podkładamy warstwę filcu albo płyte gumową lub korkową. Można również podobne warstwy włożyć do fundamentu lub pod fundament.

Do podlogi można przysrubowywać tylko zupełnie małe silniczki.

Przy ustawianiu maszyn z saniami do naprężania pasa, należy maszynę przede wszystkim zamocować w środku na saniach i ustawiać na fundamencie razem z saniami. Po zamocowaniu saní przesuwaną maszynę po saniach w jedną i w drugą stronę, aby przekonać się, czy łatwo daje się przesuwać.

6. Przy wysokim napięciu żelazny kadłub maszyny powinien być albo:

1. zainstalowany od ziemi i otoczony wokół chodnikiem izolacyjnym (drewnianym lub gumowym), albo też przeciętnie,
2. uziemiony, to znaczy dokładnie połączony elektrycznie z ziemią.

Zainstalowanie nadaje się tylko do maszyn niewielkich, podkłady i chodniki drewniane należy nasycać karboliną lub gorącym olejem linianym. Uziemienie wykonywamy, prowadząc przewodnik miedziany o przekroju nie mniejszym od 16 mm<sup>2</sup> od śruby kadłuba do płyty uziemiającej (§ 161). Dla zabezpieczenia od wyładowań atmosferycznych maszyny z kadłubem uziemionym szczególnie wymagają zabezpieczenia zapomocą ochronników przepięciowych.



łączeniowe dobrze były dokręcone, a powierzchnie stykowe czyste.

Brzegi oprawek muszą znajdować się na odległości 1,5 do 2 mm nad powierzchnią komutatora.

Następnie szczotki przecieramy papierem szlifierskim, przeciągając go pomiędzy szczotką a komutatorem, p. rys. 5b, szorstką powierzchnią do góry, a następnie pędziny masy-  
 10. Przewodniki przyłączamy do maszyny za pomocą koń-  
 cówek, które dokładnie wlotujemy na końcu przewodników  
 na cynę. Przed zacisnięciem końcówek pod zacisk dokładnie  
 oczyszczamy zacisk śrubowy i końcówkę, tak aby powierzchnie  
 nie stykowe szczelnie do siebie przylegały i mocno były do  
 siebie przyciśnięte. Niedokładne styki grzeją się.

Przewodniki prowadzimy w ten sposób, aby były zabez-  
 pieczone od uszkodzeń mechanicznych, najczęściej wprawa-  
 dzamy je do rur żelaznych, przy prądzie zmiennym przewod-  
 niki jednego obwodu muszą być umieszczone w jednej rurze  
 wspólniej. Zaciski maszynowe, szczególnie na silnikach, osła-  
 niamy ochronną pokrywką.

Przekrój przewodników przytłuszczamy do natężenia  
 prądu, uwzględniając poza tym dopuszczalny spadek napię-  
 cia, który do tablicy rozdzielczej nie powinien być większy  
 jak kilka dziesiątych % napięcia roboczego.  
 Przekroju drutu w obwodzie bocznikowym prądnic  
 i silników nie należy brać mniejszego od 2,5 mm<sup>2</sup>, chyba dla  
 małych maszyn 1,5 mm<sup>2</sup>.

11. Oporniki ustawiamy w ten sposób, aby korbki można  
 było wygodnie ujmować ręką, a zarazem aby przewody do  
 maszyny nie były zbyt długie, a przyrządy miernicze, których  
 wskazania zależą od położenia korbki, przy nastawieniu opor-  
 nika, widoczne.

Umieszczac należy oporniki w miejscach suchych, nie  
 narazonych na wstrząśnienia, na obecność gazu lub pyłu wy-  
 buchowego. Od kurzu i wody oporniki należy ochraniać, od-  
 powiednie osłony muszą być z ogniotrwałego materiału.

W razie sprężenia sprężeniem muszą wały leżeć w jednej  
 linii prostej, co sprawdzamy, określając położenie środków  
 wału względem odpowiedniej linii prostej. Sprężta muszą  
 być sztywno zamocowane na wałach tak, aby pod wpływem  
 sił przemieszczających nie mogły się przesuwać.

Właściwe ustawienie maszyn sprężanych sprawdzem,  
 p. rys. 49, można dobrze sprawdzić, zakładając odpowiednie  
 wygibte żelazne płaskowniki i obserwując szczelinę a, która  
 nie powinna się zmieniać przy obracaniu wałów, gdy one są  
 zsunięte do oparcia się o obrysza panewek.

8. Panewki dostosowuje się do wału, aby przylegały szczel-  
 nie, pozostawiając tylko mały luz po bokach. Chcąc spraw-  
 dzić przyleganie, nacieramy powierzchnię panewek kredą lub  
 pokrywamy cienką warstwą odpowiedniej farby i potem  
 przycieramy do wału, znajdując w ten sposób na panewce  
 miejsce wypukłe, które zdrapujemy śrubowatką.

Poza tym należy panewki tak dopasować, aby w miarę  
 możliwości wał miał w łozysku małą grę podłużną, a w każdym  
 razie nie był panewkami zacisnięty w kierunku podłużnym,  
 bo łożyska będą się grzały.

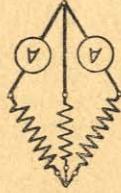
Szczególną wagę należy zwrócić na szczelinę pomiędzy  
 wirnikiem, a stojanem maszyny. Szczelina musi być odpo-  
 wiednia i wszędzie możliwie jednakowa; do pomiaru wiel-  
 kości szczeliny służyć mogą kliniki żelazne lub specjalna  
 miarka składająca się z kilku blaszek różnej grubości  
 w kształcie scyzoryka. Pomiar należy powtórzyć przy róż-  
 nych położeniach wirnika.  
 W dużych maszynach, wobec wycierania się panewek,  
 dla wytworzenia szczeliny wypada z czasem kadłub stojana  
 opuszczać; dla ułatwienia tego pod łapy kadłuba przy pierw-  
 szym montażu podkładamy kilka cienkich blaszek, które  
 potem stopniowo usuwamy w miarę zużycia panewek.

9. Trzymadło szczotkowe ustawiamy według znaczków  
 wytwórni i potem zakładamy oprawki i szczotki, doregulo-  
 wując sprężyny tak, aby przycisnęły szczotki z siłą 200 g na  
 cm<sup>2</sup>. Przy zakładaniu oprawek szczególnie wagę zwrócić na-  
 leży na kabelki, łączące szczotki z oprawkami, aby śruby



przewiewnym lub suszarni. Maszyny duże suszarny, przeważając ciepłym powietrzem, lub obciążając prądem przy obciążonym napięciu, zawsze dobrze przewietrzają.

W prądnicach prądu stałego zwierny przez amperomierz końcówki (+) i (-), w prądnicach trójfazowej fazymy np. uzwojenia twornika w gwiazdę i zwierny bieguny, p. rys. 50, włączając amperomierz, lepiej dwa jednakowe amperomierze w dwie fazy.



Rys. 50. Zwiernanie biegunów prądnic trójfazowej.

Puszczamy następnie prądnicę w ruch i wzбудamy prądem obcym o możliwie małym napięciu, np. z kilku ogniw akumulacyjnych regulujemy w ten sposób, aby w zwartyim obwodzie twornika płynął prąd wynoszący  $\frac{1}{4}$  prądu znamionowego; po kilku godzinach przewiewamy prąd na pół godzinny i następnie wzbudzamy tak, aby prąd podniósł się do  $\frac{1}{2}$  znamionowego, następnie po pewnym czasie do  $\frac{3}{4}$  znamionowego i wreszcie do pełnego znamionowego. Gdy temperatura podniesie się do  $65^{\circ}\text{C}$  lub gdy izolacja na gorąco wynosi 10000  $\Omega$ , suszenie na pewien czas przerywamy, dopóki maszyna nie ostygnie, i znowu sprawdzamy izolację. Suszenie dużych maszyn może czasem przeciągnąć się dni kilka.

Po skończeniu suszenia i doprowadzeniu potężnych normalnego stanu pędzimy prądnicę, narazie nieobciążając, na pełne wzbudzenie i po pewnym czasie stopniowo pomalutko obciążamy. Silniki można suszyć, puszczając na bieżąco przy obciążonym napięciu.

Wogóle suszyć należy powoli i ostrożnie, dobrze przewietrzając. Jeżeli uzwojenia maszyny są wyraźnie wilgotne,

W ogóle należy umieszczać oporniki zdaleka od wszelkich

materiałów palnych.

Należy dbać o wolny przepływ powietrza chłodzącego

przez opornik.

Po ustawieniu nowego opornika działanie jego należy

zawsze wypróbować.

## § 26. PUSZCZANIE MASZYN W RUCH.

1. Szyb fundamentowe dokręcamy. Łożyska po przemy-

ciu natęą i benzyną napełniamy świeżą oliwą. Z początku

należy oliwę często zmieniać, szczególnie jeżeli szybko met-

nięje i czernieje, aż panewki dobrze się przytrą.

2. Sprawdzamy czystość kontaktów i ściśłość przykręcenia

ich śrub. Sprawdzamy dotarcie szczotek.

3. Puszczamy maszynę biegiem jałowym bez obciążenia,

stopniowo zwiększając obroty do normalnych, zwracając

uwagę, czy maszyna nie drga, czy łożyska się nie grzeją, czy

pierścienie smarownicze działają prawidłowo. Zostawiamy

maszynę na biegu jałowym z pół godziny, a przy dużych ma-

szynach i dłużej.

4. Przed przystąpieniem do obciążenia, sprawdzamy

izolację uzwojeń maszyny od żelaznego szkieletu maszyny.

Sposób mierzenia podany w § 166.

Maszyny prądu stałego znacznej mocy mają zazwyczaj

opór izolacji od 2 do 10 megomów. Opór izolacji uzwojeń

stojana maszyn prądu zmiennego niskiego napięcia wynosi

od 1 do 2 megomów, przy wysokich napięciach bywa do 1

megoma na 1000 V, jednak 0,2 do 0,5 megoma na 1000 V

napięcia uważają nieraz za opór dostateczny dla biegu pra-

widowego.

Ogólnie możemy powiedzieć, że maszyny na niezbyt wy-

sokie napięcie, mające opór izolacji przekraczający 1000 000

$\Omega$ , mogą być odrazu oddane do użytku, natomiast maszyny

nowe niedostatecznie osłonięte podczas drogi lub przechowy-

wane w miejscach wilgotnych wykazują niedostateczną izo-

lację i muszą być suszone.

Suszyć maszyny należy najpierw w ciepłym pomieszczeniu



to nigdy nie należy suszyć prądem stałym, bo może zająć szkodiwa elektroliza; wtedy najlepiej suszyć ciepłym powietrzem.

5. *Wbudowanie prądu.* Prądnice samowzбудne wysyłane są z wytwórni namagnesowanej, więc przy właściwym obrotach wytwarzają odrzuć właściwe napięcie. Jeżeli obracamy maszynę w odwrotnym kierunku, niż przewidziano w wytwórni, to wystarczy wymienić przyłączenie uzwojeń magnetycznych do twornika.

Jeżeli prądnicą nie wzbudza się, to może być szereg różnych przyczyn, podanych dalej szczegółowo w § 29. Bywają wypadki zaniku magnetyzmu, najczęściej skutkiem niewłaściwych prób przy montażu.

Chcąc rozmagnesować prądnicę wzbudzić ponownie, trzeba użyć innego źródła prądu np. innej prądnic, akumulatorów lub ogniw galwanicznych, przestrajając, aby prąd w uzwojeniu magnetycznym nie był za duży i nie przewyższał 1,5 A na 1 mm<sup>2</sup> przekroju drutów w uzwojeniu magnetycznym. Prąd dopuszczalny dla przekroju s obliczamy ze wzoru:

$$I = 1,5 \cdot s$$

*Przykład.* Pienki magnetyczne są owinięte drutem o średnicy drutu gołego = 1 mm. Przekrój takiego drutu wynosi około 0,78 mm<sup>2</sup>, więc prąd dopuszczalny będzie:

$$I = 1,5 \cdot 0,78 = 1,2 \text{ A}$$

Dla uzyskania takiego prądu należy według prawa Ohma określić dodatkowy opór, jaki wiążemy do obwodu, znając napięcie źródła prądu i opór uzwojenia magnetycznego, według takiego wzoru:

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

gdzie  $r$  opór dodatkowy,  $R$  opór uzwojenia magnetycznego,  $U$  napięcie źródła w woltach,  $I$  prąd w amperach.

*Przykład:*  $U = 230 \text{ V}$ ,  $I = 1,2 \text{ A}$ ,  $R = 91 \Omega$

$$r = \frac{230}{1,2} - 91 = 191 - 91 = 100 \Omega$$

Przy tym opór uzwojenia magnetycznego można obliczyć w przybliżeniu, dzieląc napięcie prądnicę przez prąd w magnetycznym, obliczony z przekroju drutu. Prąd magnetyczny można obliczyć w przybliżeniu inaczej, wiedząc, że on wynosi określony % od prądu znamionowego maszyny według tabeli:

Moc maszyny w kW	%
1,5	7
3	5,2
6	4,6
12	3,3
25	2,4
60	1,8
150	1,5
400	1,3
1000	1

6. *Sprawdzenie połączenia w uzwojeniu wzbudzającym prądnicę szeregowo - bocznikowej* polega na sprawdzeniu, czy oba uzwojenia na piekawkach biegunowych wzbudzają magnetycznym tego samego znaku. W tym celu obserwujemy spadek napięcia przy istniejącym połączeniu uzwojeń w miarę obciążania maszyny, a potem zwieramy, tj. łączymy grubym drutem medzianym końcówki uzwojenia szeregowego na magnetycznym, nie odłączając go od obwodu prądu głównego, i obserwujemy spadek napięcia, jeżeli w drugim przypadku, przy tych samych amperach prądu, będziemy mieli spadek napięcia większy, to znaczy, że połączenie uzwojeń między sobą jest dobre, w przeciwnym razie należy zmienić kierunek biegu powinien być ten sam.

Silnik szeregowo - bocznikowy badamy, puszczając go na chwilę w ruch naprzód jako szeregowy, przy odłączonych uzwojeniach bocznikowych, a potem jako bocznikowy przy odłączonych uzwojeniach szeregowych, w obu razach kierunku biegu powinien być ten sam.



nia maszyn elektrycznych, a więc na wytrzymałość izolacji

połączeń na rys. 51, na odpowiednią zmienność napięcia, komutację, rozruch, obroty oraz sprawność, obciążenie i przeciążenie. W szczególnych przypadkach na prąd udarowy i zwykłe obroty.

Przy próbach izolacji wysokim napięciem starych maszyn odnowionych, należy stosować tylko  $\frac{2}{3}$  napięcia przepisanego dla maszyn nowych.

Przy próbach zespółów maszynowych w elektrowniach nie ma większego znaczenia osobno wyznaczona sprawność prądnic, lecz raczej zużycie paliwa czy pary na jedną wyprodukowaną przez prądnicę kilowatogodzinę.

Przy wyznaczaniu zużycia paliwa lub sprawności maszyn nie można postępując się przyrządami pomiarowymi tablicowymi, gdyż są za mało dokładne; należy wtedy użyć przyrządów przenośnych dokładniejszych.

Stosownie do umowy z wytwórcą, niektóre próby wykonywane bywają w wytwórni, inne na miejscu pracy maszyn, po zmontowaniu.

3. *Oporniki do obciążania próbnego prądu stosuje się wodne.* Woda rzeczna czysta ma zwykle oporność właściwą około 3000  $\Omega$  na  $\text{cm}^2$ , to znaczy, że opór przewodnika w postaci 1 centymetra sześciennego wody wynosi 3000 omów. Wody źródlane mają opór różny, często mniejszy. Wielkość i odległość elektrod z blachy żelaznej przystosowuje się do natężenia prądu i oporności wody, im oporność mniejsza, elektrody należy rozstawiać dalej. Dobrze, gdy powierzchnia zanurzona elektrod wypadnie około 10  $\text{cm}^2$  na 1 amper. Przy odpowiednim chłodzeniu wystarcza jednak 2  $\text{cm}^2$  na 1 amper. Elektrody czyli blachy zamocowane na końcach przewodu poraża się zwykle do specjalnie przygotowanego zbiornika z wodą, lub wprost do stawu, jeziora lub rzeki. Przy długiej próbie woda musi być przepływowa; na 1000 kW pobieranej mocy i podniesienie temperatury wody do 50° wypada przepuszczać około 5 litrów wody na sekundę.

Jeżeli woda jest zwykła wodociągowa, to wystarcza 1 cm

1. Gdy odbieramy maszynę z wytwórni, to poddajemy ją próbom, stosownie do umowy ze sprzedawcą. Małe maszyny do kilkunastu kilowatów zwykle poddajemy próbom w miejscu zakrestie, niż przy dużych.

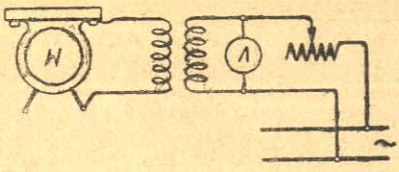
Małą maszynę puszczamy w ruch bez obciążenia przy znamionowym napięciu na godzinę i obserwujemy czy maszyna nie drga, czy łożyska się nie grzeją, czy szczotki nie iskrzą. Jeżeli silnik, to sprawdzamy obroty, czy są odpowiednie większe od znamionowych i czy prąd pobierany nie jest nadmierny. Prąd ten w silnikach booznikowych prądu stałego powinien wynosić od 15% do 5% prądu znamionowego, a w silnikach asynchronicznych trójfazowych — od 60% do 20% prądu znamionowego.

Jeżeli maszyna próbowana jest prądnicą, to sprawdzamy napięcie, czy przy znamionowych obrotach jest większe odpowiednie od znamionowego przy odpowiednim położeniu

razaki opornika. W każdej maszynie zwracamy szczególną uwagę na stan szczotek, które nie powinny drgać ani iskrzyć, oraz na stan komutatora, który musi być gładki, cylindryczny z izolacją młokową lekko zagiętą względem powierzchni. W każdej maszynie sprawdzamy omomierzem opór izolacji uzwojeń od żelaza, który w zimnej maszynie nie może być mniejszy od 1000000  $\Omega$ .

2. *Maszyny duże i w ogóle wszystkie maszyny dla ruchu, którego sprawne utrzymanie jest bardzo ważne, należy poddawać próbom szczegółowym według Przepisów oceny i bada-*

### § 27. ODBIORCZE PRÓBY MASZYN.



Hys. 51. Próba wytrzymałości izolacji.



odległości elektrod na 150 V napięcia. Gdy woda ma małą oporność właściwą, to nie sposób otrzymać dość małej gęstości prądu na elektrodach, wtedy przy małym pogrążeniu otrzymujemy silny prąd i blachy żelazne szybko odpalają się, wtedy możemy w ziemi wykopać dół, napełnić go piaskiem z wodą i w piasku pogrążyć elektrody, zarazem należy zapewnić odpowiedni dopływ wody, która by zastępowała wodę wparowaną i chłodziła elektrody.

Dla obciążenia niewielkich prądnic bywają stosowane piaskowników żelaznych, rozpiętych na gąłkach porcelanowych.

Obciążenie drutów żelaznych rozpiętych prosto w powietrzu przy wzroście temperatury do 450° jest następujące:

Srednica w mm	Prąd w amp.
1	25
1,5	45
2	60
2,5	85
3	100
3,5	140
4	165

Obciążenie piaskowników żelaznych dla niższej temperatury może być następujące:

Szerokość w mm	Prąd w amp.
30	4
10	80
20	140
190	35

Przy grubości 1 mm.

Szerokość w mm	Prąd w amp.
30	4
10	120
20	210
290	50

Przy grubości 2 mm.

## § 28. OBSŁUGA MASZYN.

1. Duże maszyny za każdym razem przy puszczaniu w ruch, a małe silniki, co pewien czas należy dokładnie *oczyszczyć*

Z wnętrza kurz wydmuchujemy mieszkiem z drewnianą dyszą lub odpowiednią sprężarką, można również stosować odkurzac, wssysając powietrze, przez wssysanie jednak da się *oczyszczyć* tylko miejscą łatwo dostępną.

Po wydmuchaniu, resztę kurzu usuwamy pendzlem i szcerką. Szczególnie starannie należy oczyścić twornik z obu stron komutatora oraz pierścienie ślizgowe, usuwając pył ze szcotek.

Dokładnie należy zetrzeć smar, który może przetestować się z łożyska. Powierzchnię komutatora najlepiej wytrzeć ściereczką płócienną, którą można owinać na płaskim kawałku drewna.

Silniki znajdujące się w pomieszczeniach zakurzonych, a więc np. w warsztatach obrabiających drzewo, we młynach, w wiertniach cementu, sortowniach węgla oraz w fabrykach chemicznych należy *oczyszczyć* często.

Należy pamiętać, że dla maszyn elektrycznych najniebezpieczniejsze jest kurz z węgla i opiłek metalowych, a szczególnie żelaznych. Lakierowane powierzchnie uzwojeń są narazone na szkodliwe działanie oleju, który zwykle lakieru rozpuszcza; są jednak gatunki lakierów nierozpuszczalnych w oleju. Maszyny narazone na działanie chemikaliów rozpylonych w powietrzu muszą mieć uzwojenia pokryte warstwą specjalnego lakieru wytrzymałego na ten rodzaj chemikaliu, pod wpływem których będzie się on znajdował.

Jeżeli kurz przylega mocno do powierzchni cewek, to należy go zmyć, stosując najlżejszą benzynę, trzeba jednak czynić to ostrożnie, aby nie uszkodzić warstwy lakieru. Jeżeli ta warstwa częściowo zejdzie, to trzeba nanowo polakierować. Można do zmywania stosować czasem spirytus, natomiast nie można lakierowanych powierzchni zmywać wodą. W ogóle należy pamiętać, że przez dokładne i dosyć czę-



lerowanego i zostawić na przeciąg 48 godzin w powietrzu. Jeżeli powstana piany rdzy, to oliwa jest nieodpowiednia. Przy rewizji łożysk należy zwrócić uwagę zarazem na ston szczeliny pomiędzy słoianem i wirnikiem. W razie wyraźnego zmniejszenia się szczeliny z jednej strony, skutkiem czego wogo wytarcia panewek, zmieniaamy panewki na nowe lub, gdy mamy łożyska na niezależnych stojakach, stosujemy inne środki do zachowania równomiernej szczeliny. Szczególnie na zmniejszenie się nadmierne szczeliny należy zwracać uwagę w silnikach asynchronicznych, gdzie ta szczelina jest bardzo mała.

4. Komparator i pierścienie ślizgowe maszyn wymagają specjalnego pielęgnowania. W maszynach dużych za każdym razem po zatrzymaniu, w silnikach małych np. co miesiąc przemmywamy komparator płóciennym gąsienkiem zwilżonym benzyną. Gdy szczotki są węglowe, należy unikać smarowania komputora jakimkolwiek smarem, wyjątkowo tylko, gdy skrzyplą, można z lekka przetrzeć komparator gąsienkiem płóciennym skąpo nasyconym wasełina. Smarowania wasełina wymaga komputatory i pierścienie ze szczotkami metalowymi. Powierzchnia komparatorów i pierścieni powinna być nie tylko czysta blyszcząca jak polerowana, ale i prawidłowa walcowa (cylindryczna), równa i gładka.

Jeżeli wskutek tarcia nierównomiernego i nierównomiernej twardości materiału powstały niewielkie nierówności, to usuwamy je szlifowaniem za pomocą klocka drewnianego, p. rys. 52, zapatrzonego w kawałek płótna szmerglowego lub karborundowego dość miłkiego. Płótno powinno szczelnie przylegać do większej powierzchni klocka przystosowanej do średnicy komputora. Szlifować komparator można tylko na zimno, gdy ostygł po pracy, gdyż w komparatorach szlifowania na gorąco zeszliują się więcej wycinki międzywanych na gorąco zeszliują się więcej wycinki międzywanych, niż miła, która po tym po ostygnięciu komputora wystaje, p. rys. 53, wskutek znacniejszego kurczenia się wycinków międzywanych. Jeżeli nierówności nie można usunąć szlifowaniem, ob-taczamy komparator ostrym krótko ujętym nożem łokarskim

ste czyszczenie maszyn elektrycznych unikamy wielu uszko-dzeń i znaczących wydatków na naprawy.

2. Po oczyszczeniu należy poprzyćkować wszystkie śrub-y kontaktowe na obsadkach szczotkowych i we wszystkich in-nych miejscach, gdzie nieraz rozluźniają się od wstrząszeń tak na maszynie, jak na opornikach, wyłącznikach i bezpiecz-nikach.

Również należy sprawdzić, czy nie rozluźniły się śruby przykomowujące maszynę do fundamentu lub innej podstawy.

3. Od czasu do czasu rewidujemy łożyska.

Do łożysk używamy specjalnego oleju do maszyn elektrycz-nych; dolewamy go raz na tydzień, a co miesiąc zmieniamy zupełnie, przemmywając łożyska natą, jeżeli jednak panewki dobrze się przetarły i olej jest jeszcze klarowny, to wystar-cza nieraz zmiana oleju w odstępach czasu dłuższych, nawet raz na rok.

Przy przemmywaniu łożysk natą należy przelać kilka razy, aby wyciekła zupełnie czysta, a potem, nalewając świeżego oleju, przed tym przepłukać czystym olejem tyle razy, aby wyciekający olej nie miał zapachu naty.

Jeżeli w ruchu maszyny olej wycieka, to niezwłocznie należy temu zapobiec.

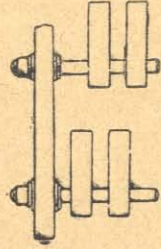
W łożyskach smarowanych olejem obiegowym pod ciś-nieniem, należy dbać o zachowanie ciśnienia od 1 do 2 atm. i wystrzegać się dostania się do oleju wody chłodzącej. Je-żeli pomimo prawidłowego obiegu oleju łożysko grzeje się, należy olej zmienić. Taki olej powinien być pozabawiony kwasów i nie powinien mieć skłonności do tworzenia piany. powinien dobrze smarować przy dość wysokiej temperaturze: 60° do 70°.

Łożysko kulkowe rewidujemy np. co miesiąc i w razie złego stanu kulek zamieniamy całe łożysko na nowe, za-miana pojedynczych kulek zwykle nie osiąga celu. Olej do smarowania łożysk kulkowych musi być pozabawiony kwa-sów. Aby sprawdzić, czy olej pod względem bezkwasowości nadaje się do smarowania łożysk kulkowych, można szmat-kę nasyoną olejem owinać wokoło pręta stalowego wypo-

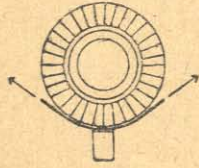


Jeżeli przez zmianę nacisku szczotek, rodzają materiał szczotek i smarowanie iskrenia nie można usunąć, to należy częściowo zmienić kierunek prądu.

5. Szczotki na komutatorze muszą być prawidłowo rozstawione, odległości między szczotkami sąsiadnych biegunów muszą być równe, a dla rozłożenia równomiernego tarcia w maszynach wielobiegunowych, pierwsze dwa rzędy ustawić się przesuńnięte względem dwóch następnych, p. rys. 54.



Rys. 54.  
Rozstawienie szczotek.



Rys. 55.  
Szlifowanie nowych szczotek.

W obsadkach szczotki zwykle zakłada się luzno, tak aby miały grę w kierunku równoległym do wału maszyny od 0,2 do 0,5 mm, a w poprzek, dla szczotek szerokości do 16 mm, od 0,1 do 0,3 mm i od 0,15 do 0,4 mm dla szczotek mających szerokość powyżej 16 mm.

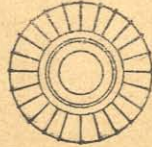
Przed założeniem szczotek należy sprawdzić izolację pomiędzy sworzniami i trzymadłem, zanieczyszczone osadki oczyszczamy papierem szmerglowym. Po założeniu szczotek sprawdzamy styk szczotek z powierzchnią komutatora, która musi do szczotek szczeblnie przylegać. Nowe szczotki węgłowe przeszlifowujemy papierem szmerglowym, p. rys. 55, następnie puszczamy maszynę w ruch bez obciążenia dla ostatecznego dotarcia szczotek.

Na szczotkach metalowych zapomocą pilnika i nożycek



Rys. 52.  
nego.

Szlifowanie komutatora za pomocą klocka drewnianego.  
Komutator z miki, wystająca ponad jego powierzchnię.



Rys. 53.  
chnię.

lub toczkiem (tarczą szmerglową). Toczek umieszczamy tak, aby wirniki spadały nadół i kierunek biegu toczka zgadzał się z kierunkiem biegu komutatora, który musi obracać się z prędkością taką samą, jak przy pracy maszyny. Obtoczony komutator szlifujemy, wirniki skrzętnie zmiatamy, a pył wydmuchujemy.

Mika izolująca od siebie wycinki komutatora jest nieraz twardsza od miedzi i skutkiem tego z czasem wystaje ponad powierzchnię komutatora, wtedy usuwamy wystające części szlifowaniem lub wykrębowaniem ostrym nożem lub specjalną tarczarką, zazwyczaj wystarcza wykrębać na głębokość kilku dziesiątych części milimetra. Krwężdzie wycinków komutatora lekko zaokrąglić.

Przy obtaczaniu komutatora stosujemy szybkość obrotową od 60 do 90 m/min., gdy mika jest już wytarzowana, i tylko 30 m/min., gdy obok miedzianych wycinków mamy na powierzchni miki; posuw noża nie powinien wynosić więcej, jak 0,1 mm na jeden obrót.

Pierścienie szlifowe należy od czasu do czasu zleka nasmarować wazeliną, szczególnie, gdy sprostujemy znaczne

W maszynach synchronicznych, gdy szczotki na pierścieniach zleka iskrzą, to pierścien ujemny, gdzie prąd wychodzi, podlega silniejszemu nagrzaniu, niż pierścien dodatni.



usuwnamy wystające, zadarte i postrzępione druciki lub blaszki.

Wreszcie doregulujemy nacisk szczołek, tak aby był odpowiedni kontakt między komutatorem czy pierścieniem a szczołkami, nie wywołując nadmiernego tarcia i grzania się, zwykłe wystarcza 200 g na cm<sup>2</sup>. Przy dużych maszynach sprawdzamy nacisk za pomocą małego siłomierza sprężynowego (dynamometru).

Zastępując szczołki zużyte nowymi, należy zwracać uwagę, aby materiał i wymiary nowych szczołek były takie same, jak szczołek starych. Jeżeli chcemy zmienić rodzaj szczołek, to zaleca się przedtem porozumieć się z wytwórcą, gdzie wykonano maszynę.

6. Wszystkie naprawy przy maszynach należy dokonywać z reguły po odłączeniu maszyny na wszystkich biegach od przewodów pod napięciem, aby uniknąć porażenia prądem. 7. W rozrusznikach i oprarach regulacyjnych chłodzonych olejem, należy dbać o to, aby druty oporowe były zawsze w nim pograżone, w rozrusznikach zaś wodnych, aby była odpowiednia ilość rozworu sody, oraz odpowiednia ilość sody w wodzie.

Dla orientacji, jaki wpływ na opór rozrusznika wodnego ma zawartość sody w wodzie, przytaczamy zmianę oporu pewnego opornika w miarę dodawania sody.

Opór w omach		Zawartość sody w %			
8,5	4,5	3,5	1,4	0,7	0,45
2	1,0	0,5	0,4	0,2	4

Szczególnie szybko maleje opór przy dosypywaniu sody w granicach od 0,2 do 0,5%.

Abby soda nie wykrytylizowała się na krawędziach naczyń, smarujemy wazeliną.

Poza tym należy sprawdzać w opornikach od czasu do czasu stan kontaktów i łąpek, w razie potrzeby należy koniecznie przeszliwować i łąпки docisnąć.

Nostawniki powinny tak lekko się obracać, aby z chwilej-

anego położenia między dwoma stopniami same wpadały

w położenie stałe na stopniu poprzednim lub następnym.

Opory narazone na wstrząszenia należy sprawdzać na całość, gdyż tu zachodzą łatwo pęknięcia i przerwy.

Nie należy obawiać się wysokiej temperatury powietrza uchodzącego z oporników, dopuszczalna jest temperatura 150° na odległość 5 cm od powierzchni opornika. Zaleca się su-

miennie oczyszczanie oporników od kurzu itp.

Jeżeli jest obawa zetknięcia się drutów oporowych w oporniku, to należy je zabezpieczyć od zetknięcia odpowiednią wkładką z azbestu lub umocować druty na izolatorach porcelanowych itp.

Oporniki przeznaczone tylko do rozruchu nie wyróżniają dłuższego zatrzymywania korbki na kontaktach pośrednich, należy więc pamiętać o dopilnowaniu robotników obsługujących silniki, aby przestrzegali odpowiedniego stopniowego, jednak nie zbyt powolnego, przesuwania korbki rozrusznika.

### § 29. NIEDOKŁADNOŚCI W PRACY MASZYN.

1. Obsługując maszynę, należy je sumiennie badać w biegu, należy zwrócić uwagę na stan łożysk, komutatorów i pierścieni, szczołek, temperaturę wirnika i stojana, oporników, kół pasowych itd.; zauważone przy tym niedokładności bywać mogą, podajemy je dalej, wskazując jednocześnie sposoby ich naprawienia.

2. Prądnicą prądu stałego samowzbudna nie daje napięcia. Przyczyną być może zły kontakt szczołek na komutatorze; próbujemy przycisnąć szczołki, dotykając przez izolację palcami, jeżeli to nie wystarcza, należy w razie potrzeby wy-skrobać mikię i dobrze oczyścić komutator, sprawdzamy również położenie szczołek. Następnie sprawdzamy kierunek obrotów prądnicę i próbujemy przelać połączenie uzwoje-nia magnetycznego z twornikiem, oraz sprawdzamy połączenie opornika regulacyjnego. Gdy to wszystko zawiedzie, próbujemy wzbudzić prądnicę obcym prądem; jeżeli tą drogą nie uzyskamy normalnego napięcia, to szukać należy uszkodzenia w uzwojeniu magnetycznym lub w tworniku, przerywa w twor-



6. Prądnicą prądu zmiennego nie daje napięcia. Nie ma prądu w obwodzie zbudowanym skutkiem uszkodzenia prądniccy zbudowanej, wtedy ona nie daje napięcia, albo też napięcie jest, to przerwa lub zwarcia w obwodzie zbudowanym prądniccy prądu zmiennego. Może poza tym zaistnieć przypadek, że cewki magnetycznej są źle połączone, tak np. że wszystkie bieguny są tego samego znaku np. północne. Może być przerwa w uzwojeniu twornika lub też niewłaściwe połączenie poszczególnych gałęzi uzwojenia, przy którym siły elektromotoryczne znoszą się.

7. Prądnicą prądu zmiennego daje napięcie niepełne. Zwarcie lub odwrócone połączenie części uzwojenia twornikowego lub magnetycznej. Brzęczenie i zapach spaleniowy ujawnia jeżeli przy tym napięcie poszczególnych faz jest jednokowe, to wada jest w uzwojeniu magnetycznym, jeżeli natomiast wada jest w uzwojeniu twornika, to napięcia zazwyczaj będą nierówne.

8. Przewornica jednofazowa nie daje się prawidłowo puścić w ruch, jeżeli przewornica ma napęd za pomocą osobnego silnika, to przyczyną należy szukać w silniku. Jeżeli przewornica puszcza się wprost od prądu zmiennego, to może być za niskie napięcie rozruchu, które powinno wynosić od 20 do 30% napięcia normalnego w biegu. Napięcie może być za niskie skutkiem włączenia niewłaściwych zaczerpów transformatora, albo znacznego indukcyjnego spadku napięcia w przewodach, dla uniknięcia tego należy przewody różnych biegunów prowadzić jak najbliżej do siebie. Poza tym przewody mogą być poprzemieniane, mogą być źle styki w przewodach doprowadzających lub w uzwojeniu tłumiącym, zwartym magnetycznym.

9. Przy rozruchu, indukowane napięcie przebiega izolację uzwojenia zbudowanego, przezwornicy jednofazowej, gdy w tym

niku ujawni się iskierzeniem na komutatorze, a zwarcie w tworniku — zagrzaniem się części uzwojenia i spalenią. Przerwa w uzwojeniu magnetycznym ujawnia się w braku prądu magnesyjącego, a zwarcie poszczególnych cewek można wykryć, mierząc pod prądem napięcie na poszczególnych cewkach, na cewce zwartej napięcie będzie najmniejsze.

3. Zbyt wielki spadek napięcia przy obciążeniu może powstać skutkiem nadmiernego zwalniania biegu silnika napędowego, skutkiem złego położenia szczotek, szczególnie w prądnicach z biegunami zwrotnymi.

W maszynach na wielkie prądy magnesyjący wpływ mają również przerwy, łączące zaciski prądnicze ze szczotkami i z uzwojeniami szeregowymi na biegunach głównych lub komutacyjnych. Mogą więc one wywołać nadmierny wzrost lub spadek napięcia.

4. Równoległa paca prądnic nieprawidłowa. Rozdzielać obciążenia będzie chwilę, jeżeli zbudowanie jest chwilę, skutkiem złych kontaktów w obwodach magnesyjących. Nieprawidłowy rozkład obciążeń przy zmianach obciążenia byłby skutkiem nierównych spadków sił elektromotorycznych i napięć w prądnicach lub skutkiem nierównych spadków w kosztach wirowania silników napędowych przy wzroście ich obciążenia.

5. Rozmagnesowanie lub przemagnesowanie zbudowanej prądnic prądu zmiennego zdarza się skutkiem szybkiego zwarciania a następnie zamknięcia obwodu magnesyjącego zbudowanej, wtedy wolno malejący strumień magnetyczny magnesyjący prądniccy prądu zmiennego wytworzą znaczną siłę elektromotoryczną samowndukcji, która daje prąd płynący w odwrotną stronę w uzwojeniu magnetycznym zbudowanej. Po przerwaniu obwodu magnetyczny można zbudować ponownie łączyć dopiero po upływie 10 do 30 sekund.



snioy odgądzają się za oporem rozruchowym i przez to prąd w uzwojeniu magnetycznym za mały i magnetyczna jest za słabo namagnesowana. A może złe połączenie uzwojenia biegunów zwrotnych, czy odwrotnie wiązane szeregowo zwoje na biegunach głównych.

Jeżeli szczołki są ustawione w niewłaściwym miejscu, to w silnikach bocznikowych zdarzyć się może, że skutkiem cołnicia wstecz szczołek z położenia właściwego, silnik się do wzbudzany po osiągnięciu niewielkiej szybkości zostanie zahamowany i znacznie obracać się w stronę przeciwną. Poza tym przyczyną małej siły obrotowej silnika mogą być zwarcia w uzwojeniu magnetycznym przyłączonym, czy też nie wszystkie cewki twornika lub przy komutatorze.

Zwarcia w komutatorze łatwo wykryć, puszczając prąd do magnetyczny tyłko i obracając ręką twornik, zwarcie poznajemy przez to, że gdy nie ma prądu w magnetyczny, to twornik obracać lekko, a gdy prąd jest w magnetyczny, to twornik obracać ciężko, gdyż wtedy pod wpływem pola magnetycznego tworzą się w zwartych uzwojeniach twornika prądy indukowane tego rodzaju, że oddziaływanie magnetyczny na przewody z tymi prądami hamuje ruch.

Poza tym jeżeli obciążony silnik nie rusza, to może gdzie jest zatarcie w silniku, czy to w łożyskach, lub wirniku i stojanem, wreszcie może być zatarcie lub inne uszkodzenie w mechanizmie napędzanym.

14. Silnik asynchroniczny trójfazowy nie rusza. Jeżeli silnik nie rusza bez obciążenia, to mogą być przepalone bezpieczniki wszystkie lub tylko jeden. Jeżeli przepalony jest jeden bezpiecznik, to silnik burczy, poza tym może być przerwa w uzwojeniu stojana lub odwrotne połączenie niektórych faz, koniec zamiast początku, początek zamiast końca.

Brak prądu w jednej fazie świadczy o przerwie, zaś nierówność prądów o odwrotnym połączeniu.

Jeżeli nie jesteśmy pewni, gdzie jest początek, a gdzie koniec fazy, to rozłączamy połączenia i badamy lampką lub

czasie uzwojenie nie jest zwarte. Najlepiej zwierac przez opornik regulacyjny, w którym korbka jest ustawiona na bieg normalny.

10. Biegunowość ze strony prądu stałego w przetwornicy jednowornikowej jest nieodpowiednia. Należy próbami osiągnąć biegunowość właściwą, przerywając na chwilę i znowu wiążąc prąd zmienny, można również na chwilę zmienić kierunek prądu w magnetyczny, zaraz wracając do kierunku poprzedniego.

11. Przetwornica jednowornikowa może rozbiegć się, jeżeli wiążący wyłazcznik łączący transformator przetwornicy z siecią prądu zmiennego, a przetwornica pracuje z innymi źródłami prądu stałego równolegle. Tomaczy się to rozmagnesowaniem działaniem prądu, pływającego przez przetwornicę do transformatora, który pozostał przyłączony do przetwornicy. Dla uniknięcia rozbiegania się, można wyłazcznik po stronie prądu stałego sprząc z wyłazcznikiem po stronie prądu zmiennego, aby razem wyłazczły, albo zastosować specjalne urządzenie samoczynne, wyłazczające przetwornicę po stronie prądu stałego w razie przekroczenia dopuszczalnej szybkości biegu.

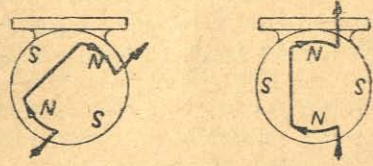
12. Przetwornica jednowornikowa równolegle pracująca z innymi źródłami prądu stałego bierze na siebie nadmierne obciążenie. Dla uniknięcia tego należy dać na magnetyczny trochę zwojów szeregowych rozmagnesowujących.

13. Silnik prądu stałego nie rusza. Jeżeli silnik nie rusza bez obciążenia, to mogą być przepalone bezpieczniki, szczołki nie mają dobrego styku z komutatorem, lub na niewłaściwym miejscu są ustawione, jest przerwa w przewo-  
dach, albo w połączeniach, gdzie rozluźniły się śrubki kontaktowe i zaniezysciły się styki, czy też powstała przerwa w rozruszniku. Poza tym mogą być przerwy lub zwarcia we-włażcu uzwojenia magnetyczny czy też twornika.

Jeżeli silnik rusza bez obciążenia, a przy obciążeniu nie rusza, to w bocznikowym silniku najprawdopodobniej zle jest przyłączony rozrusznik — tak, że prąd do magne-



dzwonkiem parę poszczególnych zacisków i w ten sposób przekonywamy się, które zaciski należą do jednej fazy; następnie dla jednej fazy oznaczamy dowolnie początek i koniec i puszczamy z baterii kieszonkowej czy z akumulatora prąd, przyłączając (+) do początku, a (-) do końca i badamy iglicą magnesową (kompasem), gdzie na stojanie powstał N, a gdzie S, następnie przetracamy prąd na inną fazę, włączając (+) i (-) w ten sposób, aby układ biegunów wypadł taki sam, jak poprzednio, p. rys. 56, wtedy (+) przyłączony do początku a (-) do końca.



Rys. 56. Ustawienie początku i końca fazy.

Gdy połączenia są dobre i prąd mamy we wszystkich fazach, to może uzwojenie wirnika ma przewę, albo rozrusznik, czy przewody łączące rozrusznik ze szczytkami, a może tylko szczytki źle przylegają do pierścieni albo śruby kontaktowe rozluźnione, czy też łapki korbki rozrusznika źle przylegają do kontaktów. Wreszcie może wirnik opuścić się skutkiem wytarcia panewek i zatart się w stojanie. Jeżeli silnik rusza bez obciążenia, a nie rusza przy obciążeniu, to przyczyną bywa zbyt niskie napięcie nieraz skutkiem nadmiernego spadku napięcia w przewodach, albo w rozluźnionych stykach bezpieczników i wyłazłków, albo też połączenie w gwiazdę uzwojenia stojana, gdy przewidziane jest połączenie w trójkąt. Może być również nieodpowiedni opornik rozruchowy, albo nadmierne obciążenie silnika przez zatarcie lub inne uszkodzenie mechanizmu napędzającego.

15. Silnik asynchroniczny trifazowy nie da się napędzić obciążać. Silnik powinien wirować z odpowiednim poslizgiem przy znamionowym obciążeniu, a poza tym przewyżczać

krótkotrwałe odpowiednie przeciążenie bez zatrzymania; jeżeli dobrze zbudowany silnik nie wykazuje tych własności, to zwykle przyczyną jest zbyt niskie napięcie prądu zasilającego, czy też połączenie w gwiazdę zamiast w trójkąt, albo wreszcie nieodpowiedni opór regulacyjny, gdy praca odbywa się przy oporniku włączonym do wirnika.

16. Silnik przy pełnym obciążeniu ma niewłaściwe obroty. W silnikach prądu stałego: niewłaściwe położenie szczytek, zwarcie w oporniku lub w uzwojeniu magnesyńcy, napięcie prądu nieodpowiednie.

W silnikach prądu trifazowego: nieodpowiednie napięcie prądu lub jego częstotliwość albo nieodpowiedni opór w wirniku.

17. Silne wahanie prądu pobieranego przez silnik mogą być wywołane wahaniami obciążenia lub niewłaściwym stanem przekładni mechanicznej lub silnika. Może ślizga się pas, lina czy sprężyno tarciowe, albo w silniku są źle styki w obwodzie wirnika lub stojana, szczególnie niebezpieczna jest niedokładność styków w obwodzie magnesujących silników bocznikowych. Szkodliwe wahanie prądu łatwo wywołuje również zły styk szczytek na komutatorze, np. skutkiem dostawiania się pod szczytki kurzu.

18. Nieodpowiedni rozdział obciążenia na kilka silników, napędzających ten sam mechanizm, powstaje może skutkiem niewłaściwego dobrania przekładni i nieodpowiedniej zmiany momentu obrotowego tych silników przy zmianie szybkości biegu. Jeżeli przekładnie są jednakowe i silniki mają bieg z jednakową szybkością, to muszą mieć takie własności, aby te same zmiany momentów obrotowych tych silników odpowiadały tym samym zmianom szybkości biegu we wszystkich silnikach.

19. Zogranie uzwojeń maszyny. Maszyny elektryczne nie mogą się grzać powyżej przewidzianych w przepisach norm. Najłatwiej wyznaczyć temperatury różnych części maszyny termometrem, przykładając zbiornik termometru owinięty cynfolią w odpowiednim miejscu i zakrywając go wata



lub czyściwem. Należy zacząć z odczytem, aż słupek rtęci niemal przestanie się podnosić.

Przy pomiarach w bardzo silnych polach magnetycznych, lepiej używać termometru spirytusowego, aby uniknąć wpływu prądów wirowych w rtęci. Jeżeli temperatura uzwojenia jest nadmierna, to przyczynny tego mogą być różne.

Maszyny grzeją się, gdy są przeciążone lub są zbyt długo obciążone, jeżeli znamionowe obciążenie jest dorywcze. Uzwojenia mogą się grzać, jeżeli w uzwojeniach przesyconych lakierem powstana szczeliny wypelnione powietrzem. Wszystkie maszyny nagrzewają się nadmiernie, gdy przetwarzanie jest niewłaściwe. Nie można maszyn elektrycznych zamykać w szczelne pudełka bez przewietrzania. Powietrze chłodzące nie może być ciepłe. Wytwornia zwykle przewidują, że przy znamionowej pracy maszyny będzie odpowiednie przetwarzanie.

Twornik prądnicę prądu stałego nagrzewa się, gdy jest zwarenie w uzwojeniu wywołane uszkodzeniem mechanicznym, wilgocią, oliwą, która rozpuszcza izolacyjne materiały; zwarenie może być również między działkami komutatora z pyłu miedzianego czy węglowego. Najłatwiej zwarenie powstaje po zapachu spalenizny od spalającej się powłoki izolacyjnej. Uzwojenie częściowo zwarenie musi być przejrane, zwoje z izolacją zwiększoną zastąpione nowymi. Zagrzanie uzwojenia może pochodzić także od komutatora, który iskry. Przeciążenie prądnicę nadmiernym prądem oddawanym do odbiorników oczywiście również prowadzi do przegrzania twornika. Uzwojenie twornika może zagrząć się i przy znamionowym obciążeniu, jeżeli prąd rozgałęzia się wewnątrz twornika nieodpowiednio np. skutkiem opuszczenia się wału i nierównej szczeliny pomiędzy twornikiem i magnesyńcą.

Magnesyńca prądnicę nagrzewa się wskutek nadmiernego prądu w uzwojeniu, zdarza się to wtedy, gdy niedostateczna jest predkość biegu prądnicę i dla utrzymania odpowiedniego napięcia trzeba nadmiernie zwiększać prąd magnesyńcący.

Prądnicą prądu zmiennego grzeje się w razie zwarenia w uzwojeniach twornika, nadmiernego prądu w magnesyńcy i przeciążenia prądem odbiorników.

Silnik prądu stałego nagrzewa się wtedy, jeżeli jest zwarenie w wirniku, poznajemy to po nierównomiernym biegu szarpanym, albo komutator iskry, czy silnik przeciążony. Silnik prądu stałego nagrzewa się wtedy, gdy za niego jest napięcie prądu, poślizg za wielki, nieodpowiednie obciążenie w gwiazdę zamiaszt w trójkąt. Może się zdarzyć także, że jeden bezpiecznik przepalił się, silnik wtedy biegnie jako jednofazowy i nadmiernie burczy.

Komutatory i pierścienie prądnic i silników nagrzewają się skutkiem iskrzenia, zbyt silnego nacisku szczotek i nieodpowiedniego gatunku szczotek, oraz nadmiernego obciążenia prądem.

Szczotki twarde mogą być obciążone tylko 5 do 7 A na 1 cm<sup>2</sup> powierzchni styku, lekko gratitowane od 8 do 9 A. Szczotki ze znaczną zawartością grafitu mogą być obciążone prądem od 10 do 12 A na cm<sup>2</sup> powierzchni styku szczotki. Szczotki węglowometalowe mogą być obciążane prądem obciążane na 1 cm<sup>2</sup> styku. Szaszę należy stosować rodzaj szczotek przewidziany przez wytwórnę budującą maszynę. Jeżeli poszczególne wyćinki komutatora mają ciemne plamy na krzewędzi schodzącej ze szczotki, to przeważnie są uszkodzone połączenia wyćinków komutatora z uzwojeniem. Na schodzących krzewędziach szczotek powstają jasne iskry pod wpływem różnych czyn.

Maszyna jest przeciążona.

Komutator zanieczyszczony i nierówny, wystaje miska. Takie mechaniczne przyczyzny łatwo ujawnić, przyciska ją palcami szczotki przez izolację, iskrzenie powinno się zmniejszyć.

Poza tym mogą być szczotki źle ustawione, na niewłaściwym miejscu, odległość pomiędzy szczotkami poszczególnych sworzni niejednakowa, niewłaściwy materiał szczotek,



nie dostateczna ilość szcetek na sworzniu, nieodpowiedni nacisk szcetek.

Poza tym iskrzenie wywołuje również przerwa w wirniku, wycinki komutatora, gdzie jest przerwa, nadtapiają się; możemy jakiś czas korzystać z maszyny, unikając iskrenia, przez zwarcie nadtopionych działek komutatora między sobą. Iskrzenie na szcetkach wywołuje nieodpowiedni kierunek prądu w uzwojeniu biegunów zwrotnych, który ma wpływ na znak tych biegunów, oraz nieodpowiednia ilość zwjów i odległości powierchni biegunowych od twornika. Aby nie było iskrenia, musi być właściwe obciążenie szcetek prądem; szcetki iskrzą, gdy rozdził prądu między szcetki nie jest równomierny.

Bardzo nierównomierny rozkład prądu otrzymamy w razie zwarcia w uzwojeniu niektórych biegunów magnetycznych. Cewka na tym biegunie, gdzie jest zwarcie, będzie chłodniejsza od innych. Wreszcie iskrzenie na szcetkach powstaje przy nadmiernej prędkości prądnic czy silników, gdyż wtedy pole magnetyczne magnety jest słabsze od normalnego i bardziej odkształcone pod wpływem pola twornika, co powoduje niernormalne warunki komutacji czyli zwrotu prądu w uzwojeniach twornika pod szcetkami, a stąd iskrzenie. Należy więc przestrzegac zawsze utrzymania prędkości biegun znamionowej.

21. *Zogranie fojysk.* Temperaturę fojysk wprawny monter sprawdzić może, przykadając rękę, dokładnie wyznaczyć temperaturę termometrem, którego zbiornik najlepiej pogrzążyć do oleju w fojysku. Jeżeli jest to niemożliwe, w takim razie owinięty cyfrolią albo cienką blaszką oliwaną zbiorniczek termometru przykładamy do fojyska i przykrywamy czysciwem.

Według przepisów, największy dopuszczalny przyrost temperatury fojysk względem otoczenia wynosi 45°, więc np. jeżeli otaczające powietrze ma 25°, to fojysko może ogrzać się do 25° + 45° = 70°.

Zagrzewanie się fojysk powyżej dopuszczalnej temperatury bywa najczęściej z powodu niedostatecznego smarowania

nurzone.

Przyczyna zagrzewania się może być również nieczysty olej, wtedy olej wylewamy, przemylamy panewki, posypujemy zlekką maitkim grafitem i nalewamy świeżego oleju w najlepszym gatunku.

Moga być jeszcze za ciasne panewki, nierówne ustawienie maszyny, zsuwanie się zle zamocowanego sprzęgła, nadmierne wyprężenie pasa. Może być także zły metal zastoso-

wany do wylania panewek.

22. *Z fojysk wpryskuje olej.* Fojyska są za pehno nalane olejem. Zazwyczaj w fojyskach jest otwór wskaźnikowy i według poziomu oleju w tym otworze należy zawsze fojyska napełniać.

Moga być niewłaściwe wymiary lub kształt pierścieni, które w razie potrzeby należy zmienić. Może się jeszcze zdarzyć, że strumień powietrza, wywołany ruchem wirownika, wysysa, lub wydmuchuje olej z fojysk, wtedy przez odpowiednie osłony można zmienić kierunek strumienia powietrza. Należy pamiętać, że od oleju należy chronić izolację uzwojeń, gdyż olej rozpuszcza laktery izolacyjne.

23. *Zogrzewa się kolo pasowe i pas.* Przyczyna — pas ślizga się po kole, zdarzyć się to może skutkiem zbyt słabego wyprężenia pasa lub zbyt małego obchwytu na kolkach.

24. *Wirnik maszyny drga.* O ile drgania nie przenoszą się od innych maszyn sprzęgniętych z wirnikiem maszyny elektrycznej, to przyczyn należy szukać w niedokładnym wyważeniu wirnika, lub też w okresowo zmieniających się w jednofazowych maszynach synchronicznych. Odpowiednie wagi fundament, do którego jest dobrze przymocowana maszyna, może wpłynąć na zmniejszenie drgań. Drgania oczyszczą, wiskie powstać mogą również skutkiem różnych uszkodzeń np. niesymetrii sił magnetycznych, powstającej przy uszkodzeniu części uzwojenia, wygięcia wału, nierównego zużycowania się komutatora, przesuwania się uzwojeń niedość do-



kładnie zamocowanych, albo też rozluźnienia się zamocowania na wale różnych części wirnika, kół pasowego itd. Zle osadzone sprzęgła i niedokładność ustawienia sprzęgniętych wałów oraz zle sklejone pasy i niedokładnie wykonana przekładnia łańcuchowa lub zębata również wywołują drgania wirników.

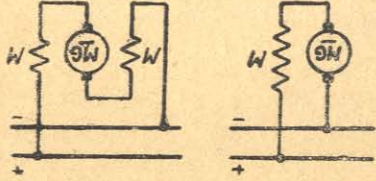
### § 30. USUWANIE ZAKŁOCEŃ ODBIORU RADIOWEGO.

1. Komutator i szczytki należy utrzymywać w jak najlepszym stanie.

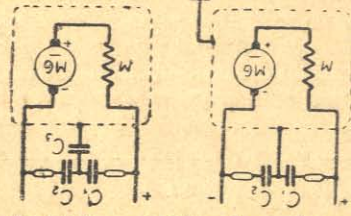
2. Maszyna musi mieć symetryczny układ uzwojeń, p. rys. 57.

3. Właściwe kondensatory z bezpiecznikami, p. rys. 58, albo kondensatory i cewki indukcyjne, p. rys. 59.

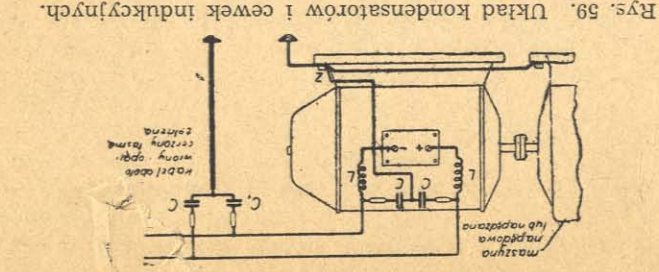
Wielkość kondensatorów dobieramy, próbującą kondensatory  $C_1$  i  $C_2$  o pojemności od 0,1 do 2 mikrofaradów,  $C_3$  o pojemności 0,005 mikrofarada, cewki dobieramy o indukcji od 0,1 do 0,5 milihenrow. Szczegóły patrz „Wiadomości Elektrotechniczne” rocznik 1935.



Rys. 57. Układ uzwojeń.  
a — niesymetryczny, b — symetryczny.



Rys. 58. Układy kondensatorów.  
Kadłub uzziemiony.



Rys. 59. Układ kondensatorów i cewek indukcyjnych.

### § 31. RODZAJE TRANSFORMATORÓW.

1. Transformatory zwykle mają dla każdej fazy dwa uzwojenia od siebie elektrycznie izolowane.

2. Transformatory jednoczłonowe (autotransformatory) mają dla każdej fazy jedno uzwojenie podzielone na części, z których jedna jest wspólna dla obwodu zasilającego i zasilającego. Stosuje się wtedy, gdy różnica napięć jest niewielka. W urządzeniach wysokiego napięcia zazwyczaj różnica nie większa od 25%.

Używane są naprzylądki do rozruchu i regulacji silników prądu zmiennego, do obniżenia lub do podwyższenia napięcia w celu np. zastosowania lampy łukowej itp. Są mniejsze i tańsze od transformatorów o dwóch uzwojeniach.

3. Transformatory wieloczłonowe mają po kilka izolowanych od siebie uzwojeń na fazę.

4. Transformatory dodatkowe mają dwa uzwojenia izolowane dla każdej fazy, służą dla podwyższenia lub obniżenia napięcia sieci zasilającej odbiorniki.

5. Transformatory prądowe (szeręgowe) mają dwa uzwojenia od siebie izolowane, uzwojenie pierwotne tych transformatorów włącza się w obwód w szeregu z odbiornikami.

6. Transformatory regulacyjne mają dwa uzwojenia, z których jedno względem drugiego przesuwają się lub obraca się. 1. Uzwojeniem pierwotnym nazywamy uzwojenie, pobierające energię elektryczną.

### § 32. NAZWY UZWOJEŃ TRANSFORMATORÓW.



kładni 6000/3000 nazywamy stopniem znamionowym prze-

### § 34. OKREŚLENIE

#### POJĘCIA MOCY TRANSFORMATORÓW.

1. Moc czynna oddana lub pobrana przez transformator stanowi iloczyn odpowiedniego napięcia  $U_1$  prądu  $I_1$  i współczynnika mocy  $\cos \varphi$ .

Przy prądzie jednofazowym

$$U I \cos \varphi$$

Przy prądzie trójfazowym

$$1,73 \cdot U I \cos \varphi$$

w kilowatach (kW) albo w watach (W).

2. Moc pozorna jest iloczynem:

dla prądu jednofazowego

$$U I$$

dla prądu trójfazowego

$$1,73 \cdot U I$$

w kilowoltamperach (kVA) albo woltamperach (VA).

Dla transformatorów jednofazowych i dodawczych wyróżniamy dwa rodzaje mocy:

3. Mocą przechodną jest moc w sieci mierzona przed transformatorem.

Mocą własną jest część mocy przechodnej, która odpowiada różnicy napięć obwodu zasilającego i zasilanego. (Przy transformatorach obrotowych połowie największej różnicy napięć).

Na przykład, Transformator jednofazowy o przekładni 10000/9000 V i mocy przechodnej 2000 kVA ma moc własną 200 kVA.

4. Nazwa moc transformatora bez bliższego określenia oznacza:

a. dla transformatora zwykłego pozorną moc pobraną w kVA albo VA,

b. dla transformatorów w układzie dodawczym i obrotowych pozorną moc własną.

5. Moc znamionowa jest to moc, dla której jest transformator zbudowany, podaje się ją na tabliczce znamionowej.

2. Uzwojeniem wtórnym nazywamy uzwojenie, oddające energię elektryczną.

3. Uzwojeniem głównego napięcia nazywamy uzwojenie przyłączone do sieci napięcia wyższego.

4. Uzwojeniem dolnego napięcia nazywamy uzwojenie przyłączone do sieci napięcia niższego.

5. W przypadku gdy transformator ma więcej niż dwa uzwojenia np. dla prądów o napięciu 30000 V, 6000 V i 400 V, to każde z uzwojeń nazywa się według odpowiedniego napięcia np. uzwojeniem na 30000 V itd.

### § 33. PRZEKŁADNIA TRANSFORMATORÓW.

1. Przekładnią zwykle nazywamy stosunek liczby zwojów uzwojenia głównego napięcia do liczby zwojów uzwojenia dolnego napięcia, przy uwzględnieniu przepisanego układu połączeń, a przy transformatorach obrotowych — odpowiednich współczynników uzwojenia.

W przybliżeniu przekładnia równa się stosunkowi napięć głównego i dolnego przy pracy jałowej, gdy transformator żadnej energii na sieć nie oddaje.

Przykład. Jedno uzwojenie ma 2000 zwojów, drugie 80 zwojów. Napięcie niższe 120 V.

Przekładnia będzie:  $2000 : 80 = 25$ .

Wyższe napięcie:  $120 \times 25 = 3000$  V.

W transformatorach regulacyjnych jednak stosunek napięć zależy od położenia wzajemnego uzwojeń.

2. Stopnie przekładni. Dla dokładniejszego dobrania napięcia dla sieci wtórnej, transformatory mają zwykle tak zwane zaczepy, tj. zaciski połączone z odgałęzzeniami od kilku miejsc uzwojenia, które pozwalają korzystać zarówno z pewnej części uzwojenia lub całości. Zaczepami można zmieniać przekładnię zazwyczaj w granicach od 4 do 10%.

Zależnie od tego, które zaczepy są połączone, mamy różne stopnie przekładni.

Np. Przy podanej przekładni transformatora

$$6000 \pm 5\%/3000$$

mamy zaczepy na 6300 V, 6000 V i 5700 V, tu stopień prze-



### § 35. NAPIĘCIA I PRĄDY ZNAMIONOWE

1. Są to napięcia, na które został transformator zbudowany i które są wypisane na tabliczce znamionowej.
2. Prądy znamionowe są to prądy obliczone z mocy znamionowej i odpowiedniego napięcia znamionowego.

### § 36. SZEREG NAJCZĘŚCIEJ STOSOWANYCH MOCY

Transformatory trójfazowe: 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 640; 800; 1000 itd. kVA, jednofazowe: 1; 2; 3; 5; 7; 10; 13; 20; 35; 50; 70 kVA.

### § 37. RODZAJE PRACY TRANSFORMATORÓW

1. Wszystkie wielkości znamionowe (normalne) charakteryzujące transformator, a w szczególności jego moc, prąd i napięcie, stosuje się do odpowiednich warunków pracy.

Wyóżniamy cztery rodzaje pracy:

prace ciągłą;

prace dorywczą;

prace przerywaną;

Wszystkie te rodzaje pracy są ściśle określone w ten sposób, jak dla maszyn, patrz str. 26.

Poza tym jeszcze mamy:

pracę okresową wzmożoną, która spotykamy zwykle w urządzeniach wiejskich w rolnictwie.

Pracą okresową wzmożoną nazywa się praca, w czasie której transformator może podlegać trwałym przeciążeniom o 60% oraz w ciągu około 500 godzin w roku przeciążeniom o 100%, trwającą 12 godzin na dobę.

2. Przeważnie transformatorów przy pracy trwałej. Transformatory mogą być przeciążone tj. obciążone ponad moc znamionową tylko bardzo ostrożnie, aby nie przekroczyć dopuszczalnych temperatur (§ 49). Dla transformatorów olejowych granicowa wartość temperatury oleju — 95° nie może być miarodajną przy przeciążeniu, gdyż temperatura uzwojeń różni się od temperatury oleju i różnica ta wzrasta

) Patrz dalej obsługi.

mniej więcej proporcjonalnie do kwadratu wzrostu obciążenia.

### § 38. SPADK NAPIĘCIA

Przy przejściu od pracy jałowej do pracy przy znamionowym obciążeniu, napięcie wtórne spada, przy niezmiennym napięciu pierwotnym i stałej częstotliwości prądu. Spadek napięcia podajemy w % od znamionowego napięcia wtórniego. Zwykle spadek ten wynosi kilka %.

Dla zasilania sieci oświetleniowej należy stosować transformatory o mniejszym spadku napięcia, niż do zasilania sieci siłnikowej.

### § 39. NAPIĘCIE I PRĄD ZWARCIA

1. Własności transformatora pod względem spadku napięcia dobrze określa tak zwane napięcie zwarcia, jest to napięcie, które przy zwartym (uzwojeniu wtórnym należy przyłożyć do uzwojenia pierwotnego, aby otrzymać znamionowy prąd pierwotny. Wynosi ono zazwyczaj 2 do 10% napięcia pierwotnego. Duże napięcie zwarcia zapewnia niewielki prąd zwarcia i łagodniejsze wahanía obciążenia przy noższej pracy, natomiast znaczny spadek napięcia przy obciążeniu.

2. Prądem zwarcia nazywa się prąd pierwotny, który ustala się przy zwartym uzwojeniu wtórnym, gdy do uzwojenia pierwotnego zostaje przyłożone znamionowe napięcie pierwotne.

### § 40. GRUPY POŁĄCZEN I ICH ZASTOSOWANIE

W transformatorach trójfazowych poszczególne uzwojenia faz mogą być łączone w gwiazdę, w trójkąt lub w zyg-zak, p. rys. 60. Te układy połączeń zostały podzielone na tak zwane grupy i otrzymany odpowiednie oznaczenia. Rodzaj grupy musi być przystosowany do odpowiednich warunków pracy.

Na str. III mamy różne grupy połączeń, przeważnie jednak stosuje się następujące grupy połączeń (\*\*):

) Kółcówki połączone ze sobą drutem o małym oporze przez amperomierz. Patrz przepisy na transformatory.



## Grupy układów połączeń transformatorów trójfazowych.

OZNACZENIE		Uzwojenie napięcia	
		górnego	dolnego
D d 0			
Y y 0			
D z 0			
D d 6			
Y y 6			
D z 6			
D y 5			
Y d 5			
Y z 5			
D z 11			
Y d 11			
Y z 11			

a) Gwiazda na górnym napięciu i gwiazda na dolnym napięciu w jednym transformatorze:  $k_y 0$  albo  $k_y 6$  stosuje się w małych transformatorach rdzeniowych, których obciążenie przewodu zerowego nie przekracza 100% prądu znamionowego.

Gwiazda



Trójkąt



Zygzag



Rys. 60. Układy połączeń faz w transformatorach.

b) Trójkąt na górnym napięciu i gwiazda na dolnym napięciu w jednym z dwóch układów  $Dy 5$  albo  $Dy 11$  stosuje się do dużych transformatorów rozsyłowych, których przewód zerowy może być obciążony pełnym prądem znamionowym.

c) Gwiazda na górnym napięciu i trójkąt na dolnym napięciu według układów  $Yd 5$  albo  $Yd 11$  — do dużych transformatorów głównych w elektrowniach i podstacjach, które nie pracują na sieci rozsyłowe.

d) Gwiazda na górnym napięciu, a zygzak na dolnym w układach  $Yz 5$  albo  $Yz 11$  — do małych transformatorów rozsyłowych, których przewód zerowy może być obciążony pełnym prądem znamionowym.

## § 41. RÓWNOLEGŁE POŁĄCZENIE KILKU

## TRANSFORMATORÓW.

Gdy do zasilania sieci wtórnej nie wystarcza jeden transformator, przyłączamy drugi równolegle, p. rys. 61.

Warunki prawidłowej równoległej pracy transformatorów są następujące:



1. Jednakowe napięcie znamionowe pierwotne i wtórne.  
2. W transformatorach trójfazowych muszą być odpowiednie grupy połączeń poszczególnych faz. Wytwórnia do-  
starzająca nowy transformator dla połączenia równoległego  
z istniejącym musi wiedzieć według jakiego schematu ma  
wewnętrzne połączenia istniejący transformator, aby do nie-  
go dostosować nowy.

3. Znamionowe napięcia zwarcia poszczególnych trans-  
formatorów nie mogą różnić się więcej niż 0 + 10% albo  
—10% od wartości średniej wszystkich połączonych równo-  
legle transformatorów. Jest to niezbędne, aby zapewnić pra-  
widłowy rozdział obciążenia na poszczególne transformatory.  
Tylko w transformatorach pracujących w rozległej sieci  
rozdzielczej, gdzie pomiędzy transformatorami mamy przewo-  
dy znacznej długości, różnica napięć zwarcia może być  
większa.

Przykład. Trzy transformatory mają napięcia zwarcia:  
37, 34 i 32 V. Średnie napięcie zwarcia będzie

$$\frac{37 + 34 + 32}{3} = 34,3 \text{ V}$$

Różnice w porównaniu do średniego:

$$37,0 - 34,3 = 2,7 \text{ V}$$

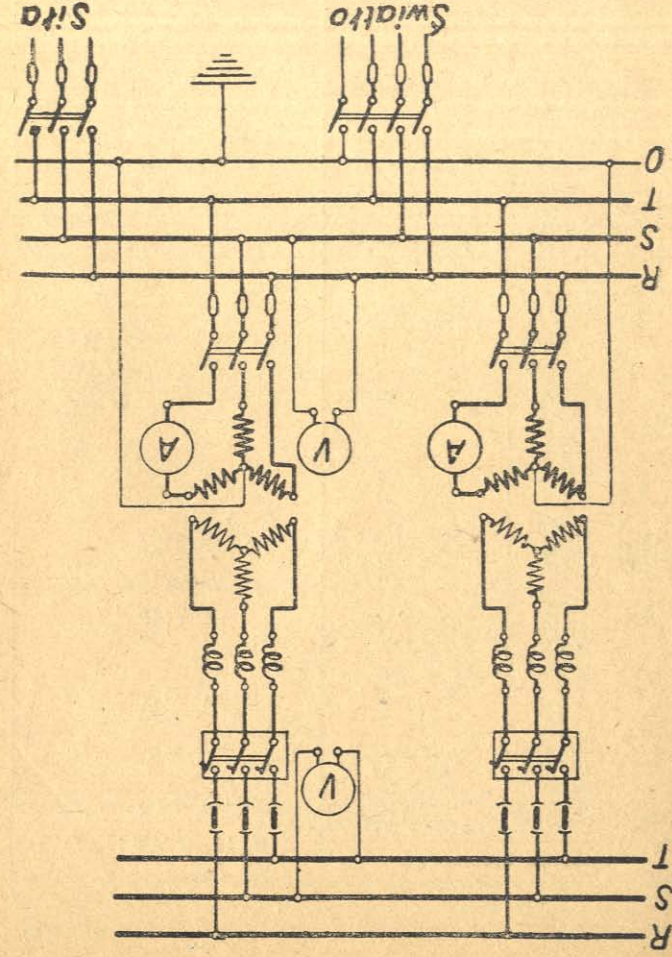
$$34,3 - 34,0 = 0,3 \text{ V}$$

$$34,3 - 32,0 = 2,3 \text{ V}$$

10% od 34,3 wynosi 3,43, powyższe więc różnice są mniejsze  
od 10%.

4. Moce poszczególnych transformatorów nie powinny  
od siebie znacznie się różnić; zwykle uważamy, że gdy przy-  
łączamy mamy transformator do dużego, to moc małego trans-  
formatora nie powinna być mniejsza od 1/3 mocy dużego,  
znowu ze względu na prawidłowy rozdział mocy oddawanej  
przez transformatory.

5. Z tymi samymi przewodami należy łączyć zaciski  
jednakowo oznaczone. W transformatorach trójfazowych  
przyjęte jest u nas oznaczać zaciski po stronie górnego na-



Rys. 61. Równoległe połączenie transformatorów.

Szyny wysokiego napięcia połączone są z transformatorami  
przez odłącznik, wyłącznik nadmiarowy i dławik ochronny,  
szyny niskiego napięcia — przez wyłącznik i bezpieczniki.



Moc pobrana przez uzwojenie pierwotne:  
 $1,73 \times 13,6 \times 5000 = 117,6 \text{ kW}$

Przytaczamy wykaz najczęściej stosowanych transformatorów według katalogu Siemens.

Tablica transformatorów.

Moc kVA	Na- pięcie V górne	Napiecie dolne		Y z 5		Sprawność przy cos φ = 1 i za- minowym ciężeniu %	Ciężar z ka- dział i ole- jem kg
		Y z 0	Y z 5	Y z 0	Y z 5		
60	15000	231	400	4,2	4,5	95,5	205
				4,6	4,9	95	270
85	6000	231	400	4	4,3	96	275
				4,5	4,7	95,7	330
100	15000	231	400	4,1	4,4	96,3	330
				4,5	4,6	96	460
175	6000	231	400	3,8	4	96,5	465
				4,3	4,5	96,4	600
240	15000	231	400	3,8	4	96,5	465
				4,3	4,5	96,4	600
280	6000	231	400	3,6	3,8	96,8	615
				4,1	4,3	96,7	755
350	15000	231	400	3,5	3,6	96,8	615
				4,1	4,3	96,7	755
400	6000	231	400	3,5	3,7	97	845
				3,9	4,1	97	985
475	15000	231	400	3,5	3,7	97,3	1040
				3,8	4	97,2	1050
600	6000	231	400	3,5	3,7	97,3	1040
				3,8	4	97,2	1050

Y z oznacza połączenie w gwiazdę na dolnym i na gór-  
nym napięciu.  
Y z oznacza gwiazdę na górnym i zygzak na dolnym.

pięcia literami U', V', W, a po stronie dolnego napięcia literami o, u, v, w, tu litera o jest oznaczony zacisk z punktem środ-  
kowym (zerowym) gwiazdy.

#### § 42. STRATY ENERGII W TRANSFORMATORACH

1. Straty na ciepło skutkiem histerezy i prądów wro-  
wych w rdzeniu żelaznym są niemal stałe, niezależnie od  
obciążenia; tyle samo wydzielą się tu ciepła przy pracy jako-  
wej, jak przy pełnym obciążeniu.

2. Straty skutkiem oporu uzwojeń, w miedzi są pro-  
porcjonalne do drugiej potęgi obciążenia. Z powyższych  
względów transformatory, które muszą długi czas znajdować  
się pod napięciem przy małym poborze prądu, buduje się  
specjalnie z małymi stratami w żelazie.

#### § 43. OBLICZENIE PRĄDU POBIERANEGO PRZEZ TRANSFORMATOR.

Mając prąd oddawany przez transformator  $I_2$  i wtórne  
napięcie  $U_2$ , bez różnicy faz oraz napięcie pierwotne  $U_1$   
i sprawność transformatora  $\eta$ , otrzymamy w przybliżeniu  
prąd pierwotny dla transformatora jednofazowego lub trój-  
fazowego:

$$I_1 = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot \eta}$$

Przykład. Transformator trójfazowy oddaje prąd 300 A  
pod napięciem 220 V przy cos φ = 1, sieć pierwotna ma na-  
pięcie 5000 V, sprawność transformatora  $\eta = 0,97$ , wtedy  
prąd czepiany z sieci wysokiego napięcia będzie:

$$I_1 = \frac{300 \times 220}{5000 \times 0,97} = 13,6 \text{ A}$$

Moc oddana przez uzwojenie wtórne wynosi:  
 $1,73 \times 300 \times 220 = 114,2 \text{ kW}$



## § 44. TABLICA IZOLACJI W OLEJOWYCH TRANSFOR-

## MATORACH.

Przy naprawach można posługiwać się następującą tabelą, wskazującą grubość izolacji na przewodach i grubość dodatkową warstwę oleju między przewodami, izolacja może być z drzewnika (prespanu), rurek papierowych lub nawet innego papieru izolacyjnego odpowiednio nasycznego.

Napięcie między przewodami	Grubość jednostronna izolacji	Grubość dodatkowej warstwy oleju
6	1,5	10
10	2	15
20	3	25
35	5	40
50	7	50
70	10	70

## § 45. TRANSFORMATORKI BEZPIECZEŃSTWA

## I DZWONKOWE.

Transformatorki bezpieczeństwa mają wtórne napięcie 24 lub 42 V, służą do zasilania lampek ręcznych w miejscach wilgotnych i w ogóle narazonych na zwarcie z ziemią.

Transformatorki dzwonkowe są sporządzane na wtórne napięcia 6,8 i 16 V, zużywają 0,5 do 0,8 W.

Oba rodzaje transformatorów muszą być tak zbudowane, aby przy trwałym zwarciu w obwodzie wtórnym nie spaliły się.

## § 46. DEAWIKI.

Dla wywołania indukcyjnego spadku napięcia w urządzeniach elektrycznych bywają stosowane cewki z rdzeniami żelaznymi i bez rdzeni żelaznych, czyli dławiki.

Cewki z rdzeniami żelaznymi mają pojedyncze uzwojenie

na rdzeniu żelaznym z blaszek jak w transformatorach, dla uzyskania jednak możliwej proporcjonalności pomiędzy prądami i napięciami, w obwodzie magnetycznym dajemy dość szereg linii magnetycznych, które mogą wywołać niebezpieczne prądy wirowe, więc należy w pobliżu szczeliny unikać grubych blach i bolców, albo rozdzielić jedną wielką szereg na kilku mniejszych.

Cewki bez rdzeni żelaznych bywają głównie stosowane dla ograniczenia prądów zwarcia prądnic; wtedy jest ważną sprawą, aby były wytrzymałe na przegrzanie, unikać palnych materiałów izolacyjnych, oraz stosować trudnopalne stopy przy spoiniach. Poza tym cewki takie muszą wytrzymać wielkie siły elektrodynamiczne powstające między zwójkami przy wielkich prądach, zwójki muszą być silnie ze sobą zmontowane. W pomieszczeniu, gdzie stoją cewki, nie może być w pobliżu przedmiotów żelaznych trwale nie umocowanych, drzwi żelazne niepożądane, gdyż pole magnetyczne może wytworzyć zawias.

## § 47. MONTAZ TRANSFORMATORÓW.

1. Małe transformatory ustawiamy wprost na podłodze,

lub na wspornikach zamontowanych w ścianie albo przymocowanych na słupach. Duże transformatory ze względu na znaczny ciężar stawiamy na odpowiednich fundamentach. Na otwartym powietrzu można ustawiać transformatory tylko odpowiednio zabezpieczone, z izolatorami przepustowymi i kształtu.

2. Rdzeń żelazny transformatora albo izolujemy od ziemi lub też uziamiany za pomocą przewodnika miedzianego (najmnieżej 16 mm<sup>2</sup>) połączonemu z uziamiaczem (§ 161).

Wszystkie skrzynie transformatorów olejowych muszą być również uzziemione, wyjątek stanowią transformatory ustawione w zamkniętych pomieszczeniach specjalnie chronione od przypadkowego dotknięcia.

Transformatory suche muszą być umieszczone za spe-



ciałym ogrodzeniem, wszelkie metalowe części tych ogrodzeń muszą być uzmielone. Transformatory muszą być zabezpieczone, aby przypadkowe dotknięcie jakichkolwiek części prądu wiodących było wykluczone.

Transformatory izolowane ustawiamy na odpowiednich nożkach lub podstawach izolacyjnych z porcelany, drzewa lub innych materiałów, przy niezbyt wysokim napięciu wystarczy ustawić na podkładkach drewnianych.

Wokoło izolowanych transformatorów muszą być dla obsługi izolacyjne chodniki drewniane lub gumowe. Aby transformator nie brzęczał zanadto, dokręcamy silnie śruby ścigające jarzmo z rdzeniami.

W transformatorach olejowych przed zamknięciem skryni uważamy, aby nie zostało wewnątrz jakiegoś luźnego kawałka drutu, nakrętki czy krepki cyny itp.

Przy opuszczaniu transformatora do skryni olejowej należy zwracać uwagę, aby nie zdrapać izolacji.

3. Dla zabezpieczenia od pożaru należy zewnętrzne części transformatora, znajdującego się pod napięciem, zmontować na ogniotrwałych podkładkach.

Oszalowane transformatora musi być tak wykone, aby łuki elektryczne mogące powstać na transformatorach nie mogły dosięgnąć oszalowania.

4. Po ustawieniu należy zmierzyć opór izolacji między uzwojeniami, oraz pomiędzy każdym z uzwojeń i rdzeniem żelaznym; jeżeli na zimno opór izolacji jest mniejszy od 1000000  $\Omega$ , to należy transformator suszyć. Transformatory nowe, często podczas drogi niedostatecznie osłonięte, lub dłuższy czas przechowywane w pomieszczeniach wilgotnych, wymagają suszenia.

Suszenie można przeprowadzić, umieszczając na dłuższy czas transformator w ciepłym lokalu; przedzej można wysuszyć w suszarńi, lub prądem wytwarzanym przez włączanie zwierając dołne przez amperomierz.

Takie suszenie należy prowadzić jak następuje; uni-

kając przegrzania; gdy temperatura uzwojenia podniesie się do 95° suszenie na pewien czas przerywamy.

Zwykle suszymy transformator w ciągu kilku godzin, najlepiej początkowo prądem wynoszącym połowę prądu znamionowego, następnie pełnym, a w końcu krótko prądem półtora razy większym, zawsze przestrzegając, aby nie przekroczyć temperatury 95°.

Transformatory olejowe po wysuszeniu wstawiamy do kadzi i napełniamy olejem poleconym przez dostawcę transformatora.

5. Olej przed napełnieniem pozostawiamy jakiś czas w spokoju, żeby się ustąpi.

W urządzeniach dużych sprawdzamy wiaśności oleju przed napełnieniem, według ustalonych przepisów.

Jeżeli olej byłby za mały wytrzymały na przebiecie prądem wysokiego napięcia, to najskuteczniej można zwiększyć wtrzymałość elektryczną oleju przez filtrowanie w odpowiednich prasach, unikając suszenia oleju przez rozgrzewanie powyżej 100°, co nie jest pożądane.

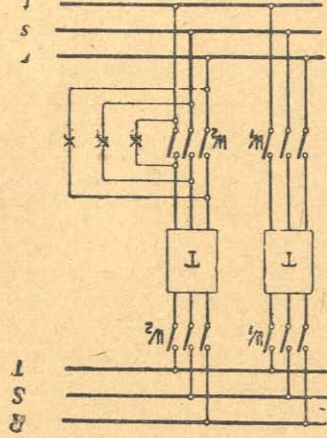
6. Przyłączenie zacisków transformatora do szyn zbiorczych oraz linii dosyłowych i odsyłowych, należy wykonywać z wielką starannością, dbając o to, aby końcówki na przewodach były sztywno przylitowane, powierzchnie kontaktowe czyste i gładkie. Śruby kontaktowe należy docisnąć dość mocno, aby zapewnić dobry kontakt (zle kontakty grzeją się i rozluźniają się).

Szyny zbiorcze oznaczone przy prądzie trójfazowym literami R, S, T, (wysokie napięcie) przyłączamy odpowiednio do zacisków U, V, W, a oznaczone literami r, s, t, (niskie napięcie) przyłączamy odpowiednio do zacisków u, v, w.

Trzy równoległym połączeniu transformatorów należy przed pierwszą próbą sprawdzić lampkami, czy czasem nie ma omyłki w połączeniu lub w oznaczeniu zacisków na transformatorze. Lampki włączamy pomiędzy przeciętne zaciski włączanika W<sub>2</sub>, p. rys. 62, następnie zamykną wyłącznik w następującej kolejności: W<sub>1</sub> dolny, W<sub>1</sub> górny oraz W<sub>2</sub> górny, jeżeli połączenie dobre, to lampki nie powinny świecić, wte-



dy można zamknąć wyłącznik  $W_2$  dołny. Należy sprawdzić łączenia dwóch lampek, przy tym lampki powinny zaświecić. Do prób bierzemy lampki na pełne napięcie sieci  $r, s, t$ .



Rys. 62. Równoległe łączenie transformatorów.

7. Transformatoria w zamkniętym pomieszczeniu powin-

na być sucha i przewietrzana prądem naturalnym powie-

trza w kierunku od podłogi do sufitu. Transformatoria musi-

być niedostępna dla osób postronnych i zamykana na klucz.

#### § 48. PRÓBY ODBIORCZE.

Przy odbiorze transformatora z wytwórni przeprowadza

się próby zgodnie z przepisami i stosownie do umowy; spraw-

dza się:

1. przekładnię,

2. napięcie zwarcia,

3. grzanie się przy znamionowym obciążeniu,

4. straty w żelazie i w miedzi,

5. wytrzymałość na przebiecie prądem, a mianowicie:

a) izolacji uzwojeń od żelaza i pomiedzy sobą pra-

dem zmieniennym 50-okresowym,

#### § 49. OBSŁUGA TRANSFORMATORÓW.

Przed wszystkim należy pilnować, aby transformatory nie zagrzewały się, czyli nie ogrzewały się nadmiernie. Przeciwnie przewidują, że przy izolacji zwykłej używanej) dopuszczalne są następujące przystosy temperatury:

1. Uzwojenia chłodzone powietrzem w sposób na-

turalny . . . . . 60°

2. Te same uzwojenia chłodzone sztucznie . . . . . 70°

3. Uzwojenia zanurzone w oleju . . . . . 70°

4. Olej w górnej warstwie . . . . . 55°

5. Rdzeń żelazny . . . . . 65°

Dla większych transformatorów należy stosować urzą-

dzenia samoczynnie wskazujące nadmierną zwykłą tempera-

tury i sygnalizujące zbliżające się uszkodzenie.

Zagrzewający się transformator należy niezwłocznie wy-

łączyć po obu stronach, dla uniknięcia poważniejszych uszko-

dzeń.

Wszelkie naprawy na transformatorach należy usku-

teczniać po odłączeniu od sieci zacisków transformatora

na wszystkich biegunach wysokiego i niskiego napięcia.

Od czasu do czasu należy kontrolować w transformato-

rach stan oleju oraz izolacji uzwojeń.

Transformatory chłodzone powietrzem od czasu do czasu

starcanie odkurzać. W transformatorach olejowych co roku

należy sprawdzać stan oleju na wilgotność, zabarwienie

i zdolność tworzenia szlamu. Olej, który w normalnym przy-

rządzie dla prób na przebiecie iskrą, przy odległości elektrod

5 mm, wytrzymuje 40 kV, uważany jest za zadany jeszcze

do użytku, w przeciwnym razie należy go filtrować lub wy-

mienić.

) W innych warunkach, patrz przepisy.



Transformatory, które są narazone na częste chwilowe, ale znaczne przeciążenia, należy co parę lat wyjmować z kadzi olejowej i oprócz ogólnej kontroli uzwojenia, dociągać nakrętki śrub ścisających i połączeń stykowych w przewodach.

## § 50. NIEDOKŁADNOŚCI W PRACY TRANSFORMATORÓW.

1. Transformator dobry grzeje się nadmiernie. Przyczyną nadmiernego grzania się może być albo przeciążenie, szczególnie długotrwałe, lub też zbyt słaby dopływ powietrza chłodzącego. Przy naturalnym chłodzeniu przez budkę transformatorową powinno przepływać 5 m<sup>3</sup>/min. powietrza, na 1 kW strat w transformatorze. Wzrost np. dla transformatora mocy 50 kW i sprawności 0,967, straty wynoszą  $50 \times (1 - 0,967) = 1,65$  kW, wobec tego ilość w jednostkę czasu potrzebnego powietrza wynosi:

$$5 \times 1,65 = 8,25 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Taka sama ilość powietrza jest potrzebna przy chłodzeniu wentylatorem.

Jeżeli dla chłodzenia oleju jest zastosowana woda przepływowa, to ilość wody w jednostkę czasu powinna wynosić 1 litr na minutę na 1 kW strat.

Uzwojenie może się zagrzewać również skutkiem utrudnionego chłodzenia przez warstwę szlamu, który osadza się z oleju.

W transformatorach bez oleju z chłodzeniem powietrz-nym może to samo sprawić kurzu zbierającego się w zakątkach niedostępnych dla przewietrzania.

2. Nieodpowiedni rozdział obciążenia pomiędzy transformatorami; równoległe połączone może skutkiem przyłączenia do niewłaściwych zaczepek lub wogóle przyłączenia transformatorów mających nieodbrane spadki napięcia.

3. Zbyt wielki bieżący biegun falowego wskazuje na to, że wznątrz transformatora czy to w uzwojeniu pierwotnym, czy we wtórnym.

4. Niejednakowe obciążenie faz, pomimo równomiernego rozkładu odbiorników, może nastąpić, skutkiem niejednakowego wiązania zaczepek na różnych fazach lub też nadmiernej przerwów czy też zwich styków, obciążeniowych na krętek itp.

5. Zwarcia w uzwojeniach powstają skutkiem złego oleju, przebiecia izolacji elektrycznością atmosferyczną, przetarcia lub przesunięcia izolacji pod wpływem ruchów zwojów, wzwągnięcia siłami mechanicznymi wzajemnego oddziaływania na siebie przewodników z prądem, szczególnie przy ewidentnych zwarciach w sieci. Bywają jednak wypadki, że zwarcia w transformatorze wywołują kawalki drutu, nakrętki, podkładki, ktople cyny itp. pozostawione przy montażu.

6. Przeskoki prądu na izolatorach przepustowych powstają z powodu zewnątrz, skutkiem nadmiernego zblizenia metalowych konstrukcji lub wogóle przedmiotów otaczających, albo wzwątrz skrzyjni skutkiem obniżenia się poziomu oleju.

Przebiecia pomiędzy przewodami różnych biegunów bywają skutkiem mechanicznego uszkodzenia izolatorów, np. od ruchu rozluźnień przewodników. Poza tym znaczna zwykła napięcia prądu roboczego lub elektryczność atmosferyczna jest najczęściej zdarzającą się przyczyną przebiecia.

7. Uszkodzenie rdzeni żelaznych bywa skutkiem silnych prądów indukowanych w obwodach powstających w rdzeniach żelaznych, skutkiem zepsucia się izolacji pomiędzy poszczególnymi blachami oraz pomiędzy blachami a szorstkami ścisłającymi. Prądy takie mogą spowodować wytapianie żelaza i pośrednio uszkodzenia izolacji uzwojenia.

Przyczyny są następujące: niedostateczne chłodzenie rdzenia żelaznego, osady szlamu lub kurzu, albo wilgoc, rozluźnione bolce ścisłające blachy, wreszcie zbyt wysokie napięcia prądu roboczego może spowodować nadmierne gęstość linii magnetycznych, a przez to wzmożone rozprzelenie linii magnetycznych na stykach jarzma z kolumnami, a stąd silne prądy wirowe w bolcach ścisłających.

8. Kadzie transformatorów przepuszczają oliwę. Wyjątkowo mogą powstać otwory, skutkiem łuku elektrycznego; najczę-



ściej przepuszcza oliwę niedokładnie spojony szew. Szczeliny może można uszczelnić przez sztamowanie czyli przybitanie odpowiednim narzędziem; duże trzeba spawać łukiem elektrycznym, przy spawaniu płomieniem trzeba olej wylać. 9. *Góna pokrwa kaddi* grzeje się skutkiem silnych prądów wirowych, jeżeli przewody prowadzą bardzo znaczne prądy od 600 do 1000 A, wtedy należy osłabić pole magnetyczne przez przecięcie w pokrywie szczeliny, którą można wypełnić niemagnetycznym materiałem.

## PROSTOWNIKI

### § 51. WŁASNOŚCI OGÓLNE.

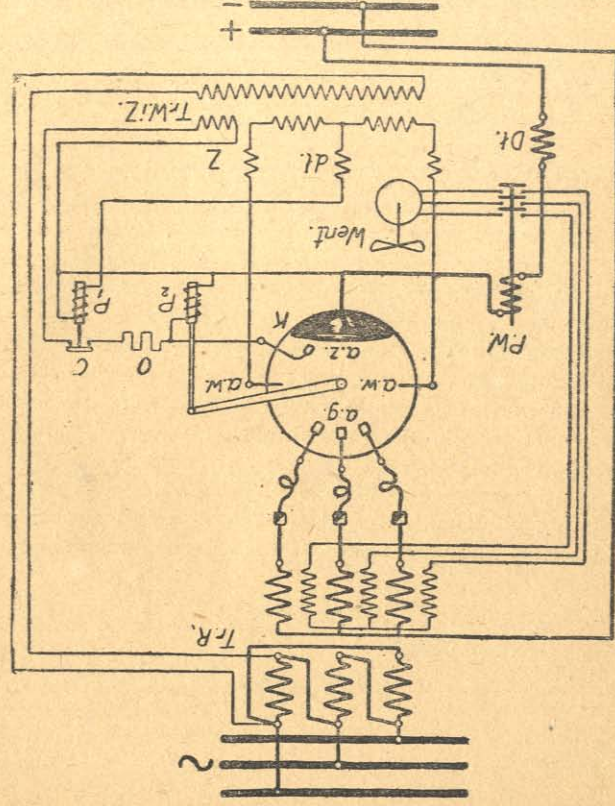
Prostowniki przekształcają prąd zmienny jednofazowy albo trójfazowy, a w ogóle wielofazowy na prąd tętniący — *jednokierunkowy* o zmiennym okresie natężeniu. Za pomocą dławików włączonych w szereg i kondensatorów włączanych równolegle przed odbiornikami zmniejszamy znacznie niepożądane tętnienia prądu. Tętnienia czyli wahania natężenia prądu są szkodliwe ze względu na straty dodatkowe, jakie powodują w odbiornikach przystosowanych dla prądu stałego, a poza tym z powodu indukcyjnego oddziaływania na sąsiednie przewody telefoniczne, co wywołuje szkodliwe dzwinki w słuchawkach telefonicznych. Prąd zmienny przekształcony na prąd niemal stały za pomocą prostowników ma zastosowanie:

1. do ładowania baterii akumulatorów przenośnych i stałych;
2. do zasilania projekcyjnych lamp łukowych;
3. do zasilania sieci prądu stałego do światła i siły;
4. do zasilania prądem stałym kolei elektrycznych;
5. do zasilania urządzeń medycznych, radiowych i telekomunikacyjnych;
6. do zasilania odkurzaczy elektrycznych, w których gaz unoszący kurz, dym, kropelki cieczy itp. przepuszczaamy pomiędzy blachami, na które wążca się prąd wysokiego napięcia jednokierunkowy.



## § 52. USTRÓJ PROSTOWNIKÓW.

Ustrój prostowników bywa rozmaity. Najczęściej są stosowane obecnie prostowniki: ręcione, katodowe, stykowe i mechaniczne.



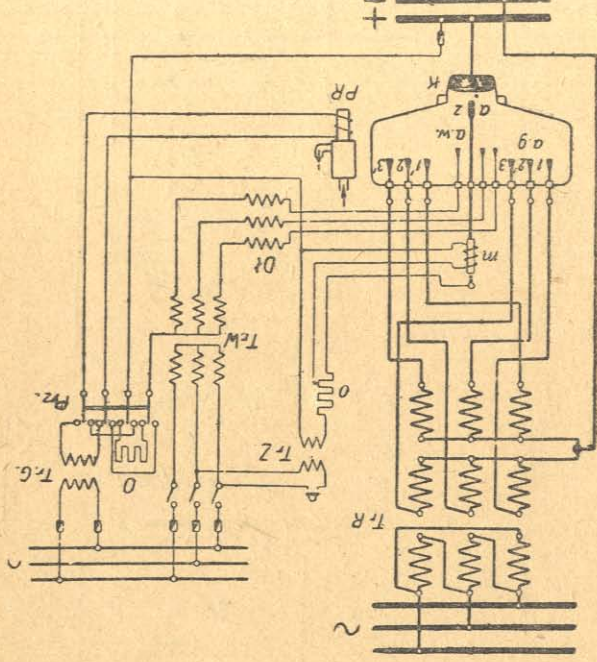
Rys. 63. Prostownik ręciony szklany.

Tr.R. — transformator, og — anoda, K — ręciona katoda, Tr.Z. — transformator, P<sub>2</sub> — zapłonowy elektromagnes, Went. — wentylator, Dl — dławik, Tr. W i Z — transformator do za-

plonu i podtrzymywania łuku.

1. Prostowniki ręcione budowane są w naczyniach szklanych dla prądów od 6 A do 500 A i napięć do 650 V; w naczyniach żelaznych dla prądów od 500 A do 16 000 A i napięć do 12 000 V. Układy połączeń urządzeń prostowniczych wska-

zane są na rys. 63 i 64.



Rys. 64. Prostownik ręciony w kotle żelaznym.

og — anoda, K — katoda ręciona, a z — anoda zapłonowa, Tr.R. — główny transformator, Tr.W — pomocniczy transformator, PR — pompa próżniowa, Tr.Z. — transformator zapłonowy, Tr.G. — transformator grzejny.

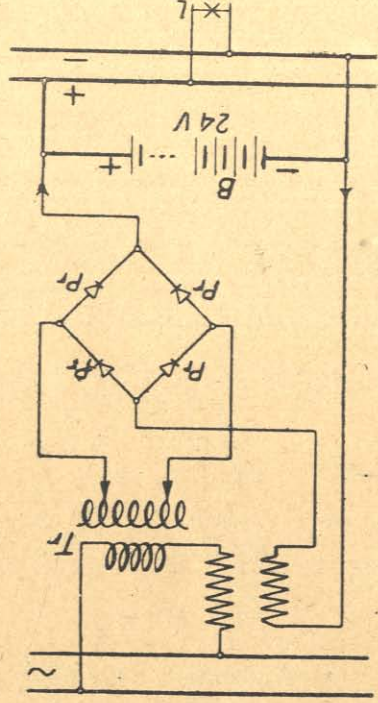
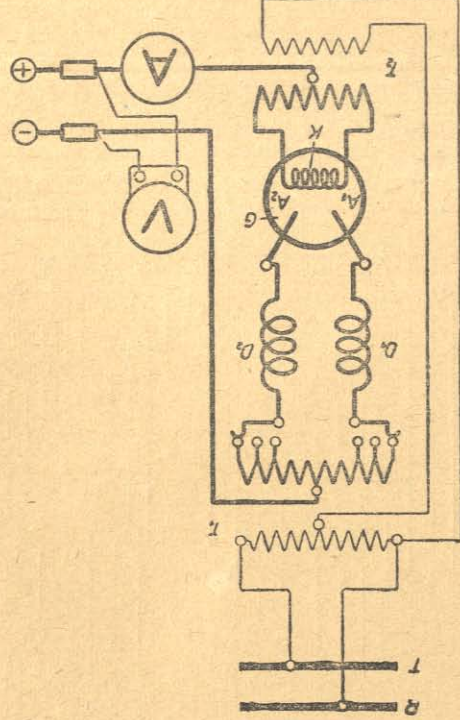
Sprawność tych prostowników jest znaczna i w małym stopniu zależna od obciążenia:



2. Prostowniki katodowe z żarzoną katodą bywają, dwójakiego rodzaju: 1) napełnione gazem szlachetnym argonem pod niskim ciśnieniem lub parą rtęci, 2) próżniowe. Pierwsze z argonem — do kilkuset woltów i 50 A, a z parą rtęci — do kilku dziesiątków tysięcy woltów i powyżej 1000 A. Drugie — np. na 250 000 V i 0,02 A. Zasadniczy układ połączeń prostownika katodowego podany jest na rys. 65. Zależy potrzebą stosować zadnego specjalnego urządzenia.

Napięcie prądu odbiorników	Sprawność
110 V	0,78 — 0,81
220 "	0,85 — 0,88
440 "	0,90 — 0,93
550 "	0,91 — 0,93
1000 "	0,93 — 0,95

Rys. 65. Układ połączeń prostownika katodowego



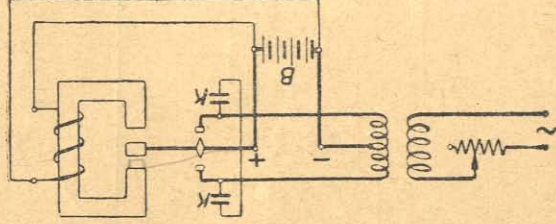
Rys. 66. Układ połączeń prostownika stykowego. Tr — transformator, Pr — płytki prostownicze.



3. Prostowniki stykowe najprostsze w swojej budowie były na wszystkie niskie napięcia. Układ połączeń prostownika stykowego do ładowania akumulatorów wskazany jest rys. 66.

Prądy różne od dziesiątych części ampera do kilkuset amperów na wszystkie niskie napięcia.

4. Prostowniki mechaniczne bywają dwójakiego rodzaju: a) dla niskiego napięcia zwykle z drgającymi sprężynkami mi na prądy np. od 3 A do 20 A i napięcia od 50 V do 6 V, sprawność od 0,5 do 0,8; służą głównie do ładowania akumulatorów, p. rys. 67;



Rys. 67. Układ połączeń prostownika mechanicznego.

- b) dla wysokiego napięcia z wirującymi elektrodami na prądy od 0,005 A do 0,5 A przy napięciach od 40 000 V do 70 000 V. Służą głównie do aparatów rentgenowskich i do odkurzaczy elektrycznych. Odkurzacz z takim prostownikiem pobiera 0,2 do 1 kWh na 1000 m<sup>3</sup> gazu oczyszczonego.

## § 53. OBSŁUGA PROSTOWNIKÓW.

Obsługa prostowników jest bardzo prosta. Wszystkie prostowniki należy chronić od przeciążenia prądem, gdyż wtedy one nadmiernie się grzeją i może powstać prąd wsteczny, prostownik przestaje pracować.

Należy również dopilnować dokładności styków i czystości wszystkich izolatorów przepustowych oraz podkładek izolacyjnych. Przy prostownikach rtęciowych szklanych należy dbać głównie o prawidłowe działanie urządzenia zapłon i należytego chłodzenia.

Prostowniki rtęciowe żelazne wymagają dopilnowania odpowiedniego chłodzenia, oraz utrzymania dostatecznej próżni przepisanej przez wytwórnię.

Prostowniki katodowe i stykowe należy przede wszystkim chronić od nadmiernego grzania się. Prostowniki mechaniczne wymagają pozatylnym odpowiedniego czyszczenia i nastawiania kontaktów stykowych.



## § 55. ŁADOWANIE I WYŁADOWANIE.

1. Przy ładowaniu, źródło prądu, które ładuje, i akumulator łączą się jednolitymi biegunami, kierunek prądu wskazany na rys. 68.



Rys. 68. Układ połączeń przy ładowaniu.

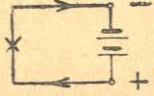
Napięcie jednego ogniw akumulatorego przy ładowaniu

nie wzrasta stopniowo do 2,75 V, przy końcu ładowania akumulator „gotuje się”, płyn jest niemal mleczno-biały.

Największy prąd ładowania nie może być większy od podanego przez wytwórnę, w przybliżeniu dla akumulatorów

stacyjnych wypada około 0,01 do 0,02 A na 1 cm<sup>2</sup> obustronnej powierzchni dodatnich płyt.

2. Wyładowanie akumulatorów odbywa się w obwodzie wskazanym na rys. 69; kierunek prądu w akumulatorze odwrotny względem tego, jaki był przy ładowaniu. Napięcie



Rys. 69. Połączenie przy wyładowaniu akumulatora.

przy wyładowaniu spada dla jednego ogniw od 2 V do 1,8 V w akumulatorach na trzygodzinne wyładowanie, a od 2 V do 1,75 V w akumulatorach o jednogodzinnym wyładowaniu.

3. Pojemność akumulatora jest to iloczyn prądu wyładowującego przez czas wyładowania — wyraża się w amperogodzinach, zależy od wymiarów i liczby płyt oraz ich budowy. Wyładowując akumulator prądem słabszym od normalnego największego, można uzyskać z akumulatora więcej amperogodzin, np. taki akumulator, który przy 3 godz. wyładowania prądem 9 A daje:

$$9 \times 3 = 27 \text{ amperogodzin (Ah)}$$

## § 54. BUDOWA AKUMULATORÓW OŁOWIANYCH.

## AKUMULATORY.

Akumulatory stacyjne — w naczyniach otwartych z izolacją z rurek szklanych, lub patyczków drewnianych z deszczkami formieru, przenośne — w naczyniach zamkniętych z izolacją ebonitową. Płyty bywają jednolite karbowane, kratowe i pancerne z dziurkowanymi rurkami ebonitowymi.

Dodatnie płyty umieszczone są w środku pomiędzy ujemnymi. Ujemnych płyt jest o jedną więcej niż dodatnich. Płyty stanowiące biegun dodatni mają w stanie naładowanym powierzchnię brnatą, a płyty ujemne — powierzchnię jasno popielatą.

Kwas siarkowy stosuje się rozcieńczony. — W akumulatorach stacyjnych naładowanych gęstość kwasu wynosi 1,18 do 1,2 względem czystej wody, w akumulatorach zaś przenośnych 1,2 do 1,25 i wyżej.

Przy wyładowaniu gęstość maleje o 0,03, a nawet o 0,05 (tj. o 3 do 5° Baumé (czytaj Bome). Wartość stopni Baumé:

17,7° B. odpowiada gęstości	1,14
19,8° B.	1,16
22° B.	1,18
24° B.	1,20
26° B.	1,22
26,9° B.	1,23

Kwasomierz czyli areometr zanurza się zwykle w akumulatorze naładowanym do 24°, a w wyładowanym do 22° Baumé.



przy wyładowaniu prądem 3,6 A wyładowuje się po upływie 10 godzin, daje więc

$$3,6 \times 10 = 36 \text{ Ah}$$

Pojemność zależy także od temperatury kwasu, przy wyższej temperaturze pojemność jest większa, około 1% na jeden stopień zmiany temperatury. W katalogach pojemność wskazaną bywa przy 15° lub 20°.

Przykład. Przy 15° pojemność — 24 Ah, to przy 10° będzie

$$24 - 0,05 \cdot 24 = 22,8 \text{ Ah}$$

Gdy temperatura spadnie znacznie niżej, jak to bywa w akumulatorach kolejowych, samochodowych i lotniczych, np. do — 20° albo — 30°, to pojemność zmniejszy się o 35 lub 45%.

4. Sprawność akumulatorów oblicza się w dwójaki sposób:

Na amperogodziny:

$$\text{sprawność} = \frac{\text{Ah wyładowane}}{\text{Ah naładowane}}$$

Przykład. Otrzymano z akumulatora 27 Ah, a naładowano 30 Ah:

$$\text{sprawność} = \frac{27}{30} = 0,9$$

Na kilowatogodziny:

$$\text{sprawność} = \frac{\text{kWh wyładowane}}{\text{kWh naładowane}}$$

ta sprawność wynosi w praktyce 0,7.

Przykład. Otrzymano z baterii akumulatorów 220 kWh, a naładowano — 314 kWh:

$$\text{sprawność} = \frac{220}{314} = 0,7$$

## § 56. BATERIA AKUMULATORÓW.

Dla otrzymania baterii pracującej na wyładowanie pod napięciem 115 V należy połączyć w szeregu 63 ogniw, licząc je obliczamy na podstawie najmniejszego, zwykle dopuszczalnego napięcia jednego ogniw — 1,83 V, wtedy:

$$\text{liczba ogniw w baterii} = \frac{115}{1,83} = 63.$$

Na początku wyładowania wystarczy:

$$\frac{115}{2} \approx 58 \text{ ogniw.}$$

Wobec tego 63 — 58 = 5 ogniw powinno być odłączonych za pomocą odpowiedniego przełącznika.

Wszystkie ogniwa w baterii muszą być jednakowe, przy stosowane do największego prądu, jaki z baterii czerpać możemy.

Typ J, p. str. 136, stosuje się dla baterii wyładowujących prądem o takim najwyższym natężeniu, przy którym

całkowite wyładowanie odbywa się w ciągu 3 godzin.

Typ J5 ma zastosowanie w bateriach wyrownowawczych, które mogą być wyładowywane nawet w ciągu 1 godziny.

## § 57. POŁĄCZENIE BATERII AKUMULATORÓW

### Z PRĄDNICAMI

1. Baterię łączymy równolegle z prądnicami i wtedy ona:

a) pomaga prądnicom, biorąc na siebie część obciążenia, np. jeżeli prądnice narazone są na gwałtowne wzrosty obciążenia, wtedy bateria bierze na siebie nadmiar obciążenia, jako źródło prądu razem z prądnicami, a w okresach małego obciążenia prądnice ładują baterię.

b) zastępuje prądnice w czasie normalnego postoju, lub w razie uszkodzenia,

c) wyrównywa obciążenie prądnic, jeżeli np. w centralach prądu stałego prądnice w dzień nie pracują pod pełnym obciążeniem, a w nocy jest b. małe obciążenie, wtedy opłaca się postawić baterię akumulatorów,



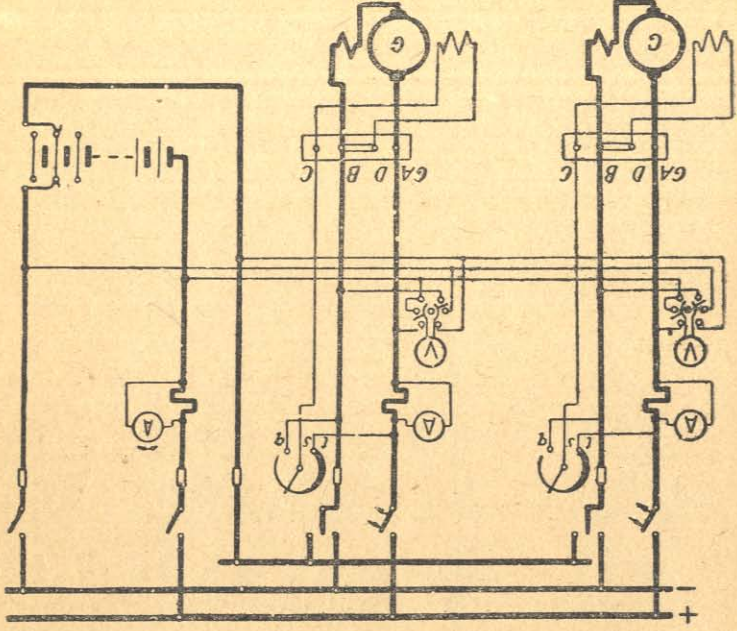
Akumulatory najczęściej używane w naczyniach szklanych  
fir. Tudor

Typ	Wy- ład. godz.	Największy prąd w amperach		Ciężar ogniwa bez kwasu	Ciężar naczynia zawężone	Wymiary długość szerokość wysokość mm
		ład.	wył.			
J S	1	1	3	8,5	80	
J S	2	1	3	18	130	
J S	3	1	3	27	180	
J S	4	1	3	36	215	
J S	5	1	3	45	230	
J S	6	1	3	54	295	
J S	8	1	3	72	330	
J S	10	1	3	90	390	
J S	12	1	3	108	450	
J S	14	1	3	126	510	
J S	1	19	9	8,5	215	4,5
J S	2	18	18	21	215	7,5
J S	3	18,5	27	28	215	10,5
J S	4	24	36	35	215	13
J S	5	28	45	40	215	12,5
J S	6	32	54	47	215	16,5
J S	8	42	72	59	215	19,5
J S	10	50	90	70	215	23
J S	12	60	108	83	215	26,5
J S	14	68	126	94	215	29

które będą ładowane przez prądnice w dzień. Stanowiec to będzie uzupełnienie obciążenia prądnic, wskutek czego będą one pracowały ekonomiczniej, w nocy zaś prądnice będą zatrzymane, a prąd — dostarczany przez baterię.

- (d) wyrównywa napięcie w sieci przy prądnicach o nierównym napięciu,  
(e) umożliwia dzielenie napięcia całego sieci na części, np. w sieciach trójprzewodowych.

2. Układy połączeń bywają różne, na rys. 70 mamy dwie prądnice bocznikowe połączone równoległe z baterią akumulatorów, która jest zaopatrzona w podwójny przełącznik, ponieważ na sieci musi być np. zawsze 115 V, i wtedy gdy ba-



Rys. 70. Bateria akumulatorów połączona równoległe z dwoma bocznikowymi prądnicami.



tertia pracuje na wyładowanie i wtedy gdy się ładuje, więc liczba ogniw przyłączona do przelącznika czyli tak zwanej ładownicy powinna wynosić:

$$\frac{115}{1.83} - \frac{2.75}{115} = 63 - 42 = 21.$$

Napięcie prądnic przy ładowaniu należy podnosić i w końcu przedładowania wynosić ono powinno w naszym przykładzie:

$$2.75 \times 63 = 175 \text{ V}$$

zwykle przy połowie normalnego prądu.

Ukuteczniamy podniesienie napięcia w prądniczy za pomocą opornika bocznikowego, taka prądnicza i opornik muszą być specjalnie przystosowane do regulacji napięcia prądu.

W powyższym układzie przy ładowaniu możemy do sieci pobierać nie więcej niż 20% największego prądu dozwolonego dla akumulatorów.

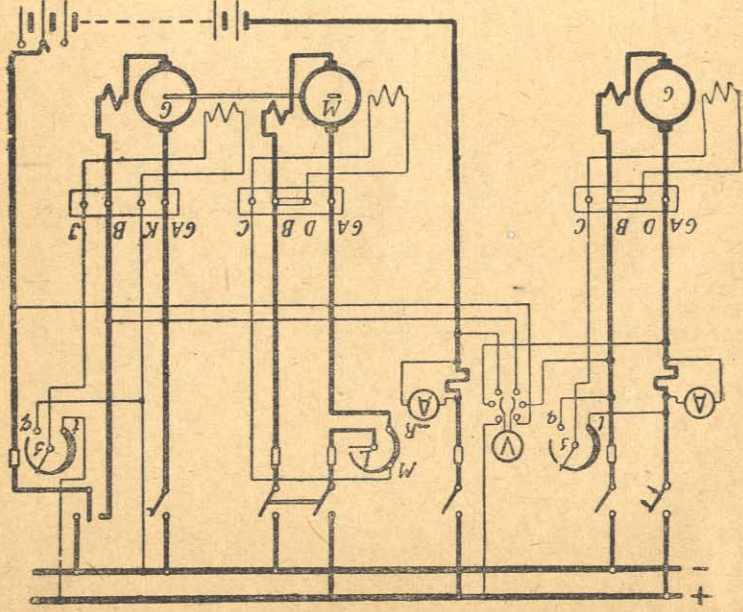
3. Dla możliwie dowiehłego korzystania z prądu w czasie ładowania i osiągnięcia większej sprawności bywa stosowany inny układ z prądnicą ładowniczą dodawczą.

Na rys. 71 mamy układ odpowiedniego połączenia. Tu natomiast prądniczy utrzymywane jest zawsze stałe np. 115 V, prąd pod wzmożonym napięciem ładuje akumulatory. Np. w szereg. Napięcie tej prądniczy dodaje się do napięcia sieci osobno napędzana, która z prądnicą główną jest połączona.

natomiast przy ładowaniu włącza się prądnicę dodawczą, pięć prądniczy utrzymywane jest zawsze stałe np. 115 V, w powyższym przykładzie napięcie prądniczy dodawczej przy końcu ładowania wynosić powinno:

$$175 - 115 = 60 \text{ V.}$$

prąd zaś płynący przez tę prądnicę równa się prądowi ładującemu akumulatory.



Rys. 71. Prądnicza bocznikowa połączona równoległe z baterią akumulatorów, z prądnicą dodawczą.

### § 58 AKUMULATORNIA.

Pomieszczenie dla akumulatorów powinno być wolne od

wstrząszeń, suche, chłodne, dobrze oświetlone, lecz zabezpieczone od bezpośredniego działania promieni słonecznych, np. przez pomalowanie szyb farbą olejną. Oświetlenie lampami żarowymi w hermetycznych oprawkach. Podłoga powinna być odporna na działanie kwasu — pokryta grubą warstwą 30 mm dobrego asfaltu „trynidad”, zachodzącą na ściany, lub wyłożona tafelkami.

Podłogi drewniane przeciągamy kilkakrotnie smołą i objamy papą, a na papę kładziemy jeszcze jedną warstwę desek nasasyconych smołą.

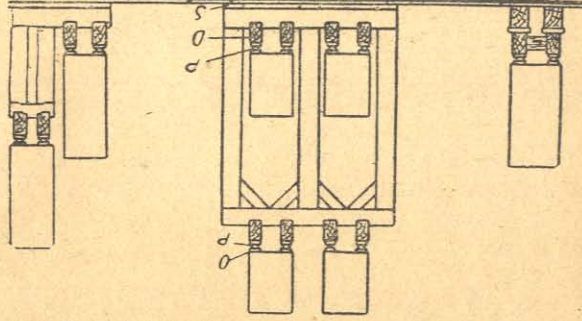


Dla ułatwienia zmywania podłogi należy dawać niewielką pochylność w kierunku do miejsca odpływu wody.

Ściany są najlepsze tynkowane wapnem lub gipsem. Be-tonowe przed malowaniem obmywamy rozcieńczonym kwasem siarkowym (1 część kwasu 22° B na 4 części wody). Po zupełnym wyschnięciu murów, gruntujemy ściany i sufit emaliowym. Wszystkie części budynku drewniane i żelazne oraz różne przedmioty umocowane na suficie lub na ścianie pociągamy również lakierem kwasotwórczym.

### § 59. MONTAŻ AKUMULATORÓW.

1. Po zgromadzeniu całego potrzebnego materiału przystępujemy do montażu. Przede wszystkim ustawiamy na szklanych podkładkach s. p. rys. 72, podkłady drewniane są sporządzone z belek sosnowych zmocowanych gwóźdźkami



Rys. 72. Montaż akumulatorów.

drewnianymi. Drzewo powinno być przysuszone gorącym olejem lnianym. Gdy naczynia akumulatorowe są małe, to z drewnianych belek ustawiamy dwupiętrowe rusztowanie. Przy projektowaniu podkładów i ich rozstawienia należy pamiętać o dogodnym dostępie do każdego ogniw akumulatorowego. Na podkładach drewnianych ustawiamy naczynia akumulatore, podkładając cztery nożki porcelanowe p, dla

osiągnięcia sztywnego oparcia podsuwamy pod nożki lub pod naczynie krążki ołowiane o.

2. W ustawione naczynia zakładamy płyty, izolując między płytami i sprężyny ołowiane. Po dokładnym ustawieniu płyt, przystępujemy do łączenia sąsiednich ogniw odpowiednimi biegunami zapomocą korytek ołowianych, spawając pionowem wodorem. Palny gaz wodór wytwarzamy w odpowiednim aparacie z cynku i kwasu siarkowego. Podczas lutowania akumulatornia musi być dobrze przewietrzana, dla uniknięcia zbierania się mieszaniny wybuchowej gazów.

3. Po zmontowaniu akumulatorów, przeprowadzamy w akumulatorni przewody gołe umocowane na odpowiednich okapowych gałkach porcelanowych, zawczasu obsadzonych na ścianach i na suficie. Z płytami akumulatorowymi łączymy końce przewodów, lutując na cynę.

Dla zabezpieczenia gołych przewodów od działania kwasu najlepiej pociągnąć wazeliną; grubszą warstwę wazeliny należą dać w miejscach zlutowania przewodu z płytami. Zamiast wazeliny można użyć lakieru kwasotwórczego, wtedy jednak należy baczyć, by powłoka lakieru szczelnie przylegała do metalu.

4. Następnie, po dokładnym przedmunchaniu naczyni przystępujemy do nalewania kwasu. Kwas siarkowy w stanie rozcieńczonym (22° B) sprrowadzamy z fabryki, wskazanej przez dostawcę akumulatorów.

Gdy zajdzie potrzeba rozcieńczenia kwasu, dokonujemy tego w naczyniach kamiennych (mieszalina sama się rozgrzewa), dolewając kwas do wody destylowanej, a nie naodwrot.

Kwasu nalewamy tyle, aby krzewędzie płyt znajdowały się pod powierzchnią płynu na głębokości 15 mm.

5. Po upływie 6 godzin od chwili nalenia kwasu i sprawozdaniu połączeń, które muszą być tak wykonane, aby (+) akumulatorów łączył się z (+) prądnicą, a (-) z (-), łądnicą pierwszy raz wszystkie ogniwa baterii, nie przestawia-



ją ładownicy, przy silnym wydzieleniu się gazów przez trzewie dziesięć kilka godzin bez przerwy. Natężenie prądu ustawiamy odpowiednio do wymiarów ogniw akumulatorowych, stosownie do wskazówek fabryki dostarczającej akumulatory.

Akumulatornie szczególnie przy tym pierwszym ładowaniu nie do wskazówek fabryki dostarczającej akumulatory.

zapałać w akumulatorni nawet najmniejszego płomienia (zapalka), gdyż mieszanina gazów wodoru i tlenu wydziela-jąca się przy ładowaniu jest zapalna i wybuchowa. Wybuch może zniszczyć budynek.

## § 60. OBSŁUGA AKUMULATORÓW STACYJNYCH

### OPŁOWIANYCH

1. W miarę ulatniania się płynu należy dolewać wody destylowanej; wyjątkowo się zdarza, że dla utrzymania gęstości kwasu w granicach od 1,16 do 1,2, czyli w stopniach Baumé od 19,8° do 24° wypada dolewać kwas rozcieńczony 22° B.

Z każdego nowego transportu kwasu i wody badamy próbkę na zawartość chlorku. W tym celu wlewamy nieco badanego płynu do naczynia szklanego i dodajemy kilka kropeł roztworu azotanu srebra czyli japsu; jeżeli przy tym płynu pozostanie bezbarwny i przezroczysty, to dowodzi, że kwas lub woda destylowana jest dobra — nie zawiera chlorku.

Płyn w akumulatorach musi być zawsze przezroczysty i bezbarwny.

2. Baterie stacyjne przy normalnej pracy bywają zwykle ładowane codziennie, od czasu do czasu należy jednak baterię przedładować np. co 3 miesiacę prądem dwa razy mniejszym od normalnego, ładując z przerwami godzinnymi odpowiednio do wskazówek udzielonych przez dostawcę akumulatorów.

Koniec ładowania najlepiej ujawnia się przez „zagotowanie” się akumulatora, gdyż wtedy płyn jest przesycony pęcherzykami gazów, wypływającymi na powierzchnię, gdy ich jest dość dużo, łączą się razem w duże bąble, płyn ma barwę niemal mleczno-białą.

W czasie przedładowania cały czas kwas silnie „gotuje się”, akumulator gazuje. Przy ładowaniu należy przewietrzać akumulatornie i unikać w akumulatorni płomienia, który może wywołać wybuch.

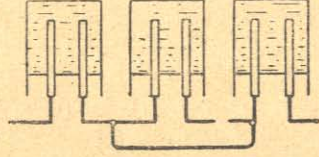
3. Przy każdym ładowaniu dozorca powinien zawsze sprawdzić, czy które z ogniw nie opóźnia się w gotowaniu.

W ogniwie zapóźnionym zwykle bywa krótkie połączenie czyli zwarcie płyt przeciwległego znaku, najczęściej skutkiem spaznienia się płyt, a czasem bądź przez przedmiot, który do-stał się między płyty, lub muł zbierający się na dnie. Zwykle dwa razy do roku sprawdzamy, czy warstwa mułu nie dosięga dolnych krawędzi płyt.

W razie potrzeby usuwamy muł za pomocą specjalnej pompy.

Przedmioty między płytami usuwamy bardzo ostrożnie, aby nie uszkodzić płyt, za pomocą pałeczki płaskiej drewnianej, albo cienkiej szklanej rurki.

4. Niezbyt silnie spaznione płyty można wyrostować po wyjściu z naczynia, kładąc je pomiędzy dwie równe drewniane deski, i mocno je ścisnąć. Ogniwu, które ma być naprawiane, należy rozłączyć po jednej stronie, p. rys. 73, czyli, jak zwykle mówimy — wyciąg, robiąc połączenie pomimo tego ogniwu. Po naprawieniu należy także ogniwu dobrze doładować, włączając na czas ładowania i wyciągając na czas wyładowania baterii.



Rys. 73. Wyłączenie ogniw uszkodzonego.

5. Co pewien czas po naładowaniu baterii, np. co tydzień badamy wszystkie ogniwu zapomocą kwasomierza mierząc gęstość kwasu i zapomocą woltomierza — napięcie.







4. Kwas należy utrzymywać w akumulatorach na wysokości 2 do 5 mm ponad krawędziami płyty. Przed każdym ładowaniem należy sprawdzać stan kwasu i dolewać wody destylowanej, albo kwasu rozcieńczonego, dla utrzymania odpowiedniej gęstości.

Praktycy podają następujący prosty, lecz przybliżony sposób obliczenia gęstości kwasu  $s$  w akumulatorach o napięciu  $u$  zmierzonym woltomierzem, po odłączeniu od odbiorników, według wzoru:

$$s = u - 0,85$$

Liczba 0,85 jest stałą, przeciętną dla różnych gatunków płyt. Przykład. Woltomierz wskazał  $U = 2,10$  woltów, to gęstość kwasu będzie:

$$2,10 - 0,85 = 1,25$$

W stanie natadowanym gęstość kwasu w akumulatorach o dużej ilości kwasu powinna być 1,24, o małej ilości kwasu 1,27.

Przy ładowaniu należy pamiętać o otwieraniu otworów w naczyniach. Końcówki oczyścić i pokryć wazeliną. Można również użyć powłoki zawierającej składniki pochłaniające kwas.

5. Przy końcu ładowania należy sprawdzić napięcie ogniw i wyrownać gęstość kwasu we wszystkich ogniwach. Uszkodzone ogniwa usunąć i zastąpić dobrymi. Zaraz po wyłączeniu prądu należy sprawdzić złącza, czy się nie grzeje nadkontakty, upewniając się dotykiem, czy się nie grzeje nadmierne. Kontakty o wyższej temperaturze należy rozkręcić i sprawdzić, czy są czystsze powierzchnie styku, po oczyszczeniu dobrze dokręcić.

Jeżeli akumulator dłuższy czas ma stać nieużywany, należy go dobrze natadować, rozcieńczając kwas przed ładowaniem do połowy gęstości; w tym stanie może on stać kilka miesięcy. Jeżeli bezczynność ma trwać dłużej niż 4 miesiące, najlepiej po natadowaniu kwas wylać.

## § 62. AKUMULATORY ŁUGOWE CZYLI ALKALICZNE, USTRÓJ I WŁASNOŚCI.

1. Są dwa rodzaje akumulatorów: żelazo-niklowe i kadmo-niklowe; napełnione są one 20% roztworem ługu potasowego; gęstość ługu w czasie ładowania i wyładowania praktycznie zmieniać nie ulega.

2. Napięcie na jedno ogniwo przy wyładowaniu spada dla obu od 1,4 do 1,25 V powoli, a potem prędko do 1 V przy normalnym wyładowaniu i do 0,8 V przy szybkim wyładowaniu.

Przy ładowaniu ogniw żelazo-niklowych napięcie szybko rośnie od 1,6 do 1,68 V, następnie wolno do 1,7 i wreszcie prędko do 1,8 V.

Przy ładowaniu ogniw kadmo-niklowych napięcie wolno wzrasta od 1,4 do 1,55 V i potem prędko do 1,82 V.

Akumulatory kadmo-niklowe mniej gazują. Przy ograniczonym jest tylko temperatura akumulatora, temperatura ta nie powinna być wyższa od 45°.

Tabela akumulatorów alkalicznych „Nife”.

Typ	Pojem. w Ah	Prąd ładow. A	Wymiary			Ciężar Kg
			Dług. mm	Szer. mm	Wysok. mm	
PE 6	60	13	45	128	a) — b) 3,95	
PE 8	80	20	45	128	a) 4,1 b) 3,40	
P-10	100	25	52	128	a) 3,00 b) 3,40	
P-12	120	30	64	128	a) 5,7 b) 6,5	



4. Pojemność jest o 20% mniejsza przy szybkim wyładowaniu, niż przy powolnym.
5. Sprawność na amperogodziny wynosi 75%, a na kilowatogodziny 55 do 60%.

### § 63. OBSTŁUGA AKUMULATORÓW ŁUGOWYCH.

1. Należy pilnować, aby naczynia poszczególńyeh ogniw w baterii były od siebie izolowane.

2. Po naładowaniu wycierać dokładnie pokrywki, sprawdzając stan płynu — aby pokrywał płytki na wysokości 5 mm. Gęstość płynu powinna być 1,17 do 1,19.

3. Powietrze, wchłonięte przez roztwór żugnu, zmienia jego skład i czyni niezdalnym do użytku, należy więc ług chronić od zetknięcia długotrwałego z powietrzem, dopilnować szczelności korków.

4. Zwykle dolewa się wodę destylowaną co 6 do 8 tygodni. Po upływie 1½ roku płyn należy wymienić.

5. Ładować można do 2 godzin prądem dwa razy więcej od normalnego prądu wyładowania. Końiec ładowania wskazuje odpowiednie napięcie 1,8 V w żelazo-niklowych i 1,82 w kadmo-niklowych. W końcu ładowania należy przez dotknięcie stwierdzić, czy zaciski łącznikowe nie grzeją się nadmiernie. Te zaciski, których temperatura jest wyższa od innych, należy rozkręcić, powierzcnie stykowe dokładnie oczyścić i po złożeniu nakrętki dobrze dokręcić.

6. Pozostawienie akumulatora w stanie wyładowanym nie szkodzi akumulatorowi.

### OSWIETLENIE.

#### § 61. POJĘCIA ZASADNICZE.

1. Lampy wysyłają tak zwany strumień świetlny, który mierzymy i obliczamy w lumenach (oznaczenie lm).

2. Natężenie światła (światłość) lamp mierzymy w świecach. Znając średnie natężenie światła lampy we wszystkich kierunkach możemy obliczyć strumień świetlny w następujący sposób.

Jeżeli np. lampa ma średnie natężenie światła 100 świec, to strumień świetlny wynosi:

$$100 \times 12,56 = 1256 \text{ lumenów,}$$

a więc liczbę świec należy pomnożyć przez 12,56.

3. Natężenie oświetlenia (jasność) E np. stołu mierzymy w luksach. Jeżeli lampka, o natężeniu światła I świec w kierunku na dół, wisi nad stołem, na wysokości h metrów, to oświetlenie na stole pod lampą w miejscu P, p. rys. 74, będzie miało natężenie:

$$E = \frac{I}{h^2} \text{ luksów.}$$

Przykład. Natężenie światła lampy 100 świec, wysokość zawieszania nad stołem 2 m, to natężenie oświetlenia stołu pod lampą w punkcie P, p. rys. 74, wynosi:

$$E = \frac{100}{2^2} = \frac{100}{4} = 25 \text{ luksów.}$$



Z boku od lampy oświetlenie będzie słabsze, p. rys. 75. W miejscu P na odległości a oświetlenie będzie miało natężenie

$$E = \frac{I \cdot h}{\sqrt{a^2 + h^2}^3} \text{ luksów.}$$

Przykład. Jeżeli przy zawieszaniu lampy, jak w przykładzie poprzednim,  $a = 1$  m, to

$$E = \frac{100 \cdot 2}{200} = \frac{\sqrt{1^2 + 2^2}^3}{11,2} = 17,85 \text{ luksów.}$$

Poza tym obliczamy jeszcze natężenie oświetlenia wzdłuż strumienia świetlnego. Jeżeli strumień świetlny F lumenów oświetla powierzchnię s metrów kwadratowych, to średnie oświetlenie tej powierzchni wynosi:

$$E = \frac{F}{s} \text{ luksów.}$$

Przykład. Strumień lampy skierowany na stół wynosi 450 lumenów, długość i szerokość stołu po 3 metry, a więc powierzchnia

$$s = 3 \times 3 = 9 \text{ m}^2,$$

### § 65. OBLICZENIE STRUMIENIA ŚWIETLNEGO

#### POTRZEBNEGO DO OŚWIETLENIA.

Jeżeli w pewnym lokalu mamy otrzymać oświetlenie o natężeniu E luksów, a szerokość lokalu jest a metrów, długość zaś b metrów, to potrzebny strumień świetlny wynosic będzie:

$$F = E \cdot a \cdot b \text{ lumenów.}$$

Przykład. Potrzebne natęż. ośw. 50 luksów, szerokość  $a = 5$  m, długość  $b = 8$  m, to potrzebny strumień świetlny F będzie:

$$F = 50 \cdot 5 \cdot 8 = 2000 \text{ lumenów.}$$

### § 66. OBLICZENIE STRUMIENIA ŚWIETLNEGO,

#### KTÓRY MAJĄ DAC LAMPY.

Wobec różnych sposobów strumienia świetlnego lampy muszą dostarczyć strumień większy od poprzednio obliczonego strumienia użytecznego.

1. *Bura* i zwykłe pokoje mieszkalne mające sufit biały i ściany jasne zaopatruje się zwykle w klosze z lampami trzucającymi światło i na dół i do góry, (oświetlenie półpośrednie), wtedy strumień świetlny lampy musi być 2,2-razy większy od strumienia użytecznego.

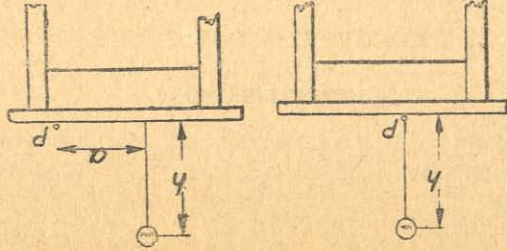
Przykład. Dla otrzymania oświetlenia 50 luksów w poprzednim przykładzie lampy muszą dać:

$$2000 \times 2,2 = 4400 \text{ lumenów.}$$

2. *Warsztaty, których sufit i ściany, wprawdzie odbijają światło, ale nigdy jasne i czyste nie bywają, straty światła będą znaczne* większe i wtedy strumień świetlny użyteczny należy mnożyć przez 3,3.

a natężenie średnie oświetlenia będzie:

$$E = \frac{450}{9} = 50 \text{ luksów.}$$



Rys. 75.

Rys. 74.



3. Warsztaty bez *sufflu* odbijającego oraz kuznie i odlewnie, oświetlane bywają lampami z nieprzeprzoczystymi kloszami odbijającymi światło nadół (oświetlenie bezpośrednie), w takich przypadkach należy strumień użyteczny uzyskać przez 4 dla warsztatów i przez 6 dla kuzni i odlewni.

### § 67. OBLICZENIE LICZBY POTRZEBNYCH LAMP.

Znając wymiary lokalu, zwykle dobieramy liczbę lamp dla ogólnego oświetlenia w ten sposób, aby odległość pomiędzy nimi wynosiła około 1,1 wysokości zawieszania nad podłogą. Na tej podstawie oznaczamy sobie układ lamp na planie i w ten sposób mamy ich liczbę. Im więcej zastosujemy lamp, tym równomierniejsze będzie oświetlenie.

### § 68. OBLICZENIE STRUMIENIA ŚWIETLNEGO WYSŁANEGO PRZEZ JEDNĄ LAMPĘ.

Jżeli cały strumień świetlny, który daje wszystkie lampy, wynosi 4400 lumenów i postanowiliśmy zawiesić 4 lampy, to każda lampka musi dostarczyć:

$$4400 : 4 = 1100 \text{ lumenów.}$$

Według tego strumienia świetlnego dobieramy wielkość lamp zarowych, korzystając z tablic podanych dalej w § 72, str. 155.

### § 69. SPOSÓB SKRÓCONY OKREŚLENIA LICZBY I WIELKOŚCI POTRZEBNYCH LAMP.

Jżeli zastosujemy żarówkę 150-watowe 110-woltowe, to w zwykłych lokalach mieszkaninowych i biurowych otrzymamy jasność 70 luksów, biorąc 11 watów na 1 m<sup>2</sup> podłogi dla łącznej mocy wszystkich lamp.

Przy napięciu 220 V, takiej samej mocy żarówka dać będzie tylko 60 luksów.

W tych samych warunkach żarówka 200 lub 300-watowe dadzą powyższe natężenie oświetlenia przy 10 watach na 1 m<sup>2</sup>, a 50-watowe przy 9 watach na 1 m<sup>2</sup>.

W warsztatach powyższe lampy dadzą natężenie oświetlenia wynoszące 0,8 poprzedniego, a przy oświetleniu pośrednim, gdzie klosze odbijają całe światło do góry, już tylko 0,75 poprzedniego.

*Przykład.* Mamy oświetlić biuro w ten sposób, aby osiągnąć oświetlenie 60 luksów lampami 200-watowymi na napięcie prądu 220 V. Powierzchnia podłogi 50 m<sup>2</sup>. Licząc po 10 watów na 1 m<sup>2</sup>, wypadnie:

$$50 \times 10 = 500 \text{ watów.}$$

na wszystkie lampy razem, a ponieważ stosujemy żarówkę 200-watowe, więc liczba lamp będzie:

$$500 : 200 = 2,5$$

zaokrąglamy do 3 i zawieszamy trzy lampy.

### § 70. NORMY NATĘŻENIA OSWIETLENIA.

Natężenie oświetlenia czyli jasność najmniejszą stosowaną u nas w różnych przypadkach podajemy w luksach:

#### A. Oświetlenie zewnętrzne:

1. Drogi międzymiastowe, podwórza . . . . . 0,2
2. Ulice wsi i miast miasteczek oraz szosy podmiejskie . . . . . 0,5
3. Ulice miejskie o małym ruchu . . . . . 1,0
4. Ulice miejskie o średnim ruchu, rampy kolejowe . . . . . 3,0
5. Ulice miejskie o znacznym ruchu. Ferony kolejowe . . . . . 5,0
6. Skrzyżowania ulic o znacznym ruchu . . . . . 8,0

#### B.

#### Oświetlenie wewnętrzne:

1. Składy i korytarze . . . . . 2
2. Wejścia, schody, miejsca pracy grubej . . . . . 5
3. Poczekalnie i usępy, miejsca pracy wymagającej rozróżniania grubszych szczegółów 10
4. Sale, pokoje mieszkalne, miejsca pracy wymagającej rozróżniania drobnych szczegółów 20



5. Sale odczytowe i rekreacyjne, miejsca oglądania rysunków itp. . . . . 30
  6. Miejsca pracy wymagającej rozróżniania drobnych szczegółów . . . . . 40
  7. Klasy, laboratoria, w bibliotekach na stołach 50
  8. Kreslarnie, pracownie zegarmistrzowskie itp. na stołach . . . . . 80
- Przy urządzaniu oświetlenia należy dbać nie tylko o odpowiednią jasność, lecz również o uniknięcie ośnienia nadmierną jasnością źródeł światła i odbić.

### § 71. OSWIETLENIE ZEWNĘTRZNE.

O urzędzeniu reklam świetlnych patrz Wiadomości Elektrotechniczne rocznik 1935 i 1936 oraz specjalne broszury.

Na ulicach i placach lampy zawieszamy zwykle na wysokości od 5 do 16 m; tym wyżej, im lampy są większe.

Wysokość zawieszania w metrach		Odległość między lampami w metrach	
8	od 35 do 55	55	70
10	" 45 "	55	85
12	" 55 "	70	110
14	" 70 "	90	140
16	" 90 "		

Lampy małe zawieszamy na wysokości 3 do 6 m w odstępach 25 do 40 m.

Według powyższych wskazań możemy określić liczbę potrzebnych lamp, a według wzorów str. 149 i 150 oraz norm podanych w § 70 obliczyć moc lamp.

### § 72. LAMPY ZAROWE.

1. Obecnie stosowane są lampy zarowe z drucikami *wolframowymi*, których banki szklane są tak gorące, że od materiałów łatwopalnych np. tkaniny, słoma, siano itp. lampy zarowe muszą się znajdować w oddaleniu conajmniej 1 metra. Dla żarówek strumieni świetlny, odpowiednio do pobieranej mocy i napięcia stosowanego prądu podajemy w tablicy:

Strumień świetlny w lumenach	Pobór mocy	
	przy napięciu 110, 120, 127 V	przy napięciu 220, 240 V
106	126	106
197	232	197
324	392	324
540	660	540
1050	1260	1050
1770	2070	1770
2520	2900	2520
4080	4600	4080
7250	8000	7250
11300	12500	11300
15600	17100	15600
24200	26200	24200

2. Normalna trwałość żarówek — 1000 godzin; żarówkę, której strumień świetlny spadł poniżej 60% swej wartości

pozałkowej, uważamy za przepaloną.

3. Napięcie światła żarówek maleje szybko przy obniżeniu napięcia: np. żarówka mająca przy 110 V — 100 świec przy 108 V ma około 93 świec, za to przy wzroście napięcia rośnie światłość, ale zmniejsza się bardzo znacznie trwałość żarówki.



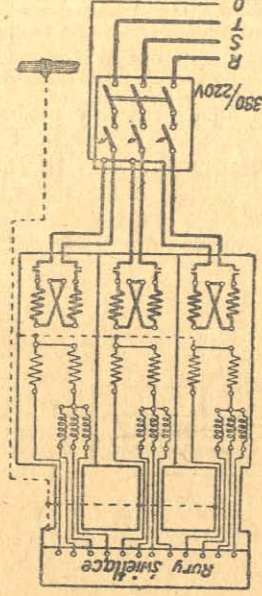




Lampki są bardzo trwałe, zużywają bardzo mało energii, ale i światło ich jest nikłe; służą do sygnalizacji i reklam. Sporządza się na napięcie 120 V i 220 V, w trzonku mają oporniczki na kilka tysięcy omów oporu.

#### § 76. RURY ŚWIETLĄCE.

1. Rury świetlące służące do reklam wypelniane są gazami, tak zwanymi szlachetnymi: neonem, argonem, heliem, małej przężności oraz parą rtęci. Zależnie od rodzaju gazu i szkła światło ma różne barwy.



Rys. 76. Układ połączeń rur świetlących.

Dla zasilania rur prąd musi mieć wysokie napięcie. Rury z heliem wymagają 1200 do 2200 V, a rury z neonem 600 do 1200 V na metr bieżący rury.

Na prąd zmienny bywają również stosowane przy każdej lampie posiedyncze transformatory.

Dla utrzymania długości łuku, stosuje się regulację samoczynną albo ręczną. Regulatory samoczynne bywają: szeregowo, bocznikowe i różnicowe czyli szeregowo-bocznikowe; te ostatnie są najczulsze i najdokładniej regulują.

#### § 74. ŁUKOWE LAMPY RTĘCIOWE.

Łuk pomiędzy elektrodami rtęciowymi zwykle w rurce z kwarcu (stąd nazwa lamp kwarcowych) daje światło podobawione niemal zupełnie promieni czerwonych; stosuje się do nasświetlania w medycynie.

Napięcie na łuku np. 180 V przy 220 V na sieci, 40 V traci się w oporniku, prąd kilka amperów. Nowy wynalazek stanowi *lampe réclame* Bolo wysokiego ciśnienia; oto dwa rodzaje tych lamp:

	I	II
Długość łuku w cm	2	15
Napięcie V	1200	6000
Prąd A	1,35	1,6
Moc prądu W	1450	9000
Strumień świetlny lm	80000	500000
Jaskrawość świec ma cm <sup>2</sup>	40000	30000

#### § 75. LAMPKI ŚWIETLĄCE.

Lampki świetlące sporządza się w bankach szklanych, wypelnionych mieszaniną dwóch gazów neonu i helu o małej przężności, prąd doprowadza się do drucików lub blaszek grubości 2 mm. Pomiedzy tytni elektrodami już przy napięciu 75 V powstaje na blaszce połączonej z biegunem ujemnym tak zwana powłata katodowa.



Najczęściej budowane są rury o średnicy 8 do 30 mm przy długościach 1,5 do 2,5 m.

Do zasilania służą odpowiednie transformatoriki.

Napięcie zasilania jest większe o około 20% od napięcia

potrzebnego podczas pracy. (Szczegóły p. Wiadomości elek-

rotechniczne r. 1937 oraz odpowiednie proszury). Układ

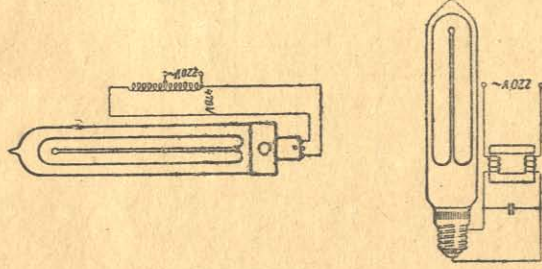
połączeń rur świetlnych podany jest na rys. 76.

Koncówki i przewody wysokiego napięcia muszą być

dokładnie osłonięte blaszaną pokrywą uzemnioną. Szczegó-

łowe przepisy wydane są przez Stow. EL. Pol. PNE/28 —

1932 r.



Rys. 77. Lampy sodowe.

### § 77. LAMPY SODOWE.

Lampy te stanowią krótkie rurki szklane napełnione

podczas pracy parą sodu i gazami szlachetnymi, p. rys. 77.

Początkowo po zapaleniu wyładowania elektryczne nastę-

pują w gazie. W miarę ogrzewania się rury sod, znajdujący

się w lampie, zaczyna parować. Dopiero po upływie kilku

minut, potrzebnych do wyparowania sodu, lampa daje swe

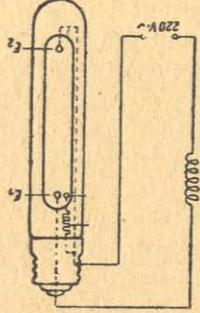
bardzo ekonomiczne, gdyż np., zużywając 70 W, daje 3000

lumenów, jest to tyleż światła ile daje 200-watowa żarówka.

Mają zastosowanie dla oświetlenia dróg.

### § 78. LAMPY RTĘCIOWE.

Są to lampy, p. rys. 78, wypełnione podczas palenia się parą rtęci o wysokim ciśnieniu (więcej niż 1 atmosfery). Budowane są na 220 V prądu zmiennego. Dają światło niebieskavo-białe. Pełne światło lampy uzyskuje się po upływie około 5 minut od chwili zapalenia. Używane bywają w specjalnych przypadkach do oświetlenia i do reklam świetlnych.



Rys. 78. Lampa rtęciowa.

### § 79. OPRAWY DO LAMP.

Oprawy mają zwykle reflektory lub klosze przezroczyste, albo też jedne i drugie, które skierowują i rozpraszają światło.

I. Oprawy do oświetlenia zewnętrznego bywają różne, najważniejsze są:

a) o rozsyłe światła swobodnym;

b) o rozsyłe światła strumym w dół;

c) o rozsyłe światła poprzecznym.

2. Oprawy do oświetlenia wewnętrznego używane są

następujące:

a) o strumieniu światła bezpośrednio skierowanym

w dół;

b) o strumieniu światła skierowanym do góry i na

dół, z kloszem całym mlecznym, albo matowym

od góry i mlecznym od dołu;



c) o strumieniu skierowanym tylko do góry z reflektorem nieprzeźroczystym.

3. Specjalne oprawy porcelanowe hermetyczne są stosowane w lokalach wilgotnych wypelnionych parą lub gazami, które nagrzają części metalowe.

4. Jest pożądane, aby wszystkie lampy przenośne były zrobione z materiału izolacyjnego.

5. Otwory i rurki do przewodów w świecznikach muszą mieć w świetle średnicę *conclmnel* 6 mm.

6. W urządzeniach do lamp podoszonnych, w których sznury z przewodnikami są przetrzucane przez krążki, krążki te muszą być wykonane z materiału izolacyjnego np. z porcelany.

7. Szczególną jednak uwagę należy zwrócić na budowę lamp ręcznych. Należy używać lamp mających ustroj zgodny z przepisami; najwazniejsze wymagania są następujące: rękofięci muszą być z materiału izolacyjnego, otwory na przewody muszą być duże, umożliwiająca użycie przewodów w oponie gumowej, obejmującej oba przewodniki. Nie wolno dawać rdzenia metalowego do rękofięci. Każda ręczna lampa musi być zaopatrzona w siatkę lub klosz ochronny. Siatka, haczyk do zawieszania i inne części metalowe muszą być umocowane na oprawie z materiału izolacyjnego. W taką ochronę muszą być zaopatrzone szczególnie lampy ręczne dla pomieszczeń wilgotnych, wnetrz kotłów itp.; w tych przypadkach przy prądzie zmiennym szczególnie zaleca się użycie do zasillania lamp ręcznych transformatorów przetwarzających prąd o napięciu sieci na prąd niskiego napięcia 24 V. Strona niższego napięcia powinna być zabezpieczona bezpiecznikami na normalny prąd odbiorników.

8. Na lampach stołowych wyłączniki najlepiej dawać na samym świeczniku, jeżeli go nie ma, to musi być zastosowana oprawka z kurkiem; tylko na lampkach należy stosować oprawki bez kurka. Gdy chodzi o osłoneg żarówkii od uderzeń, kurzu lub wilgoci, używamy kloszy ochronnych z grubego szkła przeźroczystego. Takie klosze są potrzebne

## § 80. POŁĄCZENIE LAMP ŻAROWYCH Z SIECIĄ.

1. Przy napięciach sieci 110, 120 i 220 V zwykle włączamy lampy pojedynczo na pełne napięcie sieci. Napięcie, na które jest sporządzona lampa, musi być równe napięciu sieci; trzeba pamiętać, że wkręcając lampkę sportażoną np. na 110 V do świecznika w sieci 120-woltowej, otrzymamy wprawdzie więcej światła, ale lampa, przedź przepali się. Gdy lampa jest sporządzona na 120 V, a prąd ma napięcie 110 V, to lampa będzie świecić gorzej. Wyjątkowo tylko małe lampki choinkowe lub iluminacyjne bywają włączone grupami po kilka lub kilkanaście lampek w szereg, p. rys. 8. Jeżeli lampki są sporządzone np. na napięcie 15 V, a na sieci mamy napięcie 120 V, to w szereg należy włączyć:

$$\frac{120}{15} = 8 \text{ lampek.}$$

W szereg można włączać tylko lampki zupełnie jednako-

we.

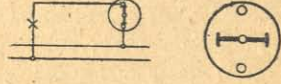
Takie grupy włącza się następnie równolegle. Grupowe połączenie lampek bywa stosowane również, gdy sieć ma napięcie wyższe od 220 V. Np. sieć tramwajowa ma napięcie 600 V, wtedy można włączyć lampy normalne 120 V wszystkie na ten sam pobór mocy i włączyć w szereg pięć takich lamp. Lampki dla szeregowego połączenia trzeba specjalnie dobierać, aby równo świeciły.

2. Często sieci, odprowadzające prąd od ostatniej tabliczki rozdzielnej, zabezpieczone jedną parą bezpieczników, nie powinny zasilać zbyt wielkiej liczby lamp, zwykle nie więcej niż 15 lamp, aby w razie przepalenia bez-



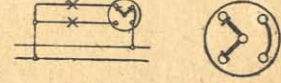
pieczników nie gasiło zbyt wiele lamp. Poza tym należy uwzględnić, że przy lampach niewielkich z trzonkami normalnymi na jedną gałęź nie powinno wypadać więcej, niż 6 A, a przy lampach z trzonkami dużymi (goliat) nie więcej, jak 15 A.

3. Poszczególne lampki lub równoległe grupy gasi się zwykle za pomocą wyłączników jednobiegunowych. Poza tym stosowane bywają rozmaite wyłączniki.



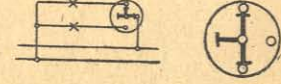
Rys. 79.

Wyłącznik jednobiegunowy.



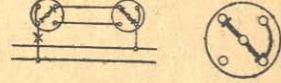
Rys. 80.

Przełącznik grupowy.



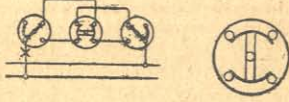
Rys. 81.

Przełącznik świecznikowy.



Rys. 82.

Przełączniki „schodowe”.



Rys. 83.

Przełączniki pośrednie „schodowe”.

a) Wyłącznik jednobiegunowy wyłącza jedną lampę lub całą grupę lamp, p. rys. 79;

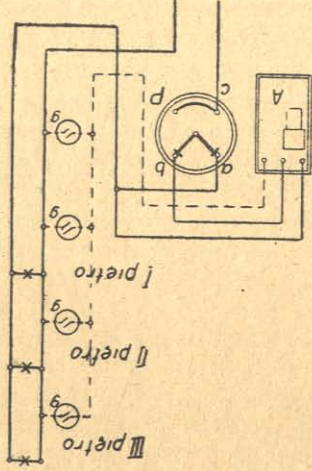
b) Przełącznik grupowy włącza każdą z dwóch grup lamp osobno, p. rys. 80;

c) Przełącznik świecznikowy, pozwalający na włączanie osobno każdej z dwóch grup lamp oraz obydwóch razem, p. rys. 81;

d) Przełączniki „schodowe” dla włączania prądu do lamp naprzemian z dwóch miejsc, p. rys. 82;

e) Przełączniki pośrednie „schodowe” dla włączania tych samych lamp z kilku miejsc, p. rys. 83.

Najszczęśliwsze oświetlenie klatki schodowej polega na zastosowaniu przycisków i samoczynnego wyłącznika czasowego, p. rys. 84; przyciskając na chwilę przycisk g puszczamy prąd do wyłącznika, który zamyka obwód lamp na określony dość krótki przeciąg czasu, po którym samoczynnie lampy gasi.



Rys. 84.

Oświetlenie klatki schodowej.

Osobny przełącznik p służy do zmiany układu połączeń w ten sposób, że gdy a jest połączone z c, to lampy



świecą bez przerwy, natomiast, gdy c jest połączone z b, to włączenie lamp może nastąpić tylko za pomocą przycisku i samoczynnego włącznika.

## § 81. MONTOWANIE ŚWIECZNIKÓW I ZWIESZAKÓW.

### 1. W świecznikach, składających się z rurek rozmaitości

powyżnianych przede wszystkim przedmuchiemy rurki i ogłębimy je, jeżeli to jest konieczne, aby uzyskać odpowiednią powierzchnię, którą będziemy wycierać, a potem przy jej pomocy

przewodniki. W tych miejscach, gdzie ostre krawędzie są nieuniknione, nakładamy na przewodniki tulejki z materiału izolacyjnego. Wewnątrz rurek świecznikowych przewodniki muszą leżeć luźno nie naciskając. Po wciągnięciu przewodników montujemy oprawkę.

Przy składaniu oprawek należy uważać, aby gołe końce przewodników były ułożone zdala jeden od drugiego i zdala od metalowej osłony, a dobrze oblitowane cyną końce przewodników zaciskamy mocno odpowiednimi śrubkami. Od gumy należy oczyścić tylko przewodniki, ile mieści się w zacisku.

W razie zanieczyszczenia, przemmywamy oprawkę benzyną. Kontakowe powierzchnie przecieramy szklistym papierem. Oprawkę uszkodzone rozbiieramy na części i sprawdzamy izolację.

2. Zwieszaki muszą mieć przewody o przekroju conajmniej 0,75 mm<sup>2</sup>, oraz specjalną linkę wiszakową, na której zawieszają się lampy i która za pomocą nipla umocowuje się na oprawce lampy. Do przewodów na sułicie najlepiej przyłączać prze-

wodniki świecznikowe za pomocą zacisków umocowanych w oprawkach z materiału izolacyjnego.

Przed zawieszeniem świecznika sprawdzamy stan izolacji załozonych przewodów od rurek świecznikowych. W razie stwierdzenia uszkodzenia izolacji, miejsca styku znajdujemy przez badanie poszczególnych żył przewodów i ich części.

Świeczniki należy zawieszac tak, aby nie kręciły się wokół swej osi, a hak musi być tak wygięty, aby świecznik nie spadł przy podniesieniu go do góry.

Lampy zwieszakowe zawieszamy na linie stalowej lub szpagacie wplecionym w przewodnik zwieszakowy. Nawet najlżejszych lamp nie należy zawieszac na samym przewodniku.

Do wszystkich lamp przenośnych należy stosować przewody oplecione lub w oponie gumowej z żyłami o przekroju conajmniej 1 mm<sup>2</sup>.

Szczególne uwagi trzeba zwracać na dobrą i trwałą izolację względem metalowych rurek świecznika; po zakończeniu zawieszania, gdyż w razie zekłnięcia żył przewodów z metalową oprawką bardzo łatwo o porażenie prądem ludzi dotykających się do świecznika. Oplot przewodników tak należy zamocować w oprawie świecznika, aby same żyły przewodzące nie były narażone na ciągnięcie.

3. We wtyczkach przewody należy umocować starannie, oblitowując końce przewodników i zdejmując izolację tylko tyle, ile konieczne potrzeba. Oponę przewodów tak zamocować, aby żyły nie były narażone na ciągnięcie, śrubki kontakowe przykręcić mocno. Zamieczyśczone powierzchnie kontakowe oczyścić.

Wiszące lampy zawieszamy zwykle na sułicie wewnątrz budynków i na ścianach czy na słupach zewnątrz. W pewnych jednak przypadkach bywa stosowane zawieszenie na stalowych drutach grub. 4 do 5 mm przy rozpiętości do 8 m i na linkach stalowych grub. 7 lub 8 mm, jeżeli rozpiętość jest większa. Doprowadzenie prądu za pomocą przewodów płaszczowych.



## § 82. OBSŁUGA LAMP.

1. Lampy należy gasić i zapalać tylko za pomocą wyjączników; wyjątek stanowią czasem lampki ręczne, które gasimy, wyjmując wtyczkę.

Nie można zapalać i gasić lampek przez wkręcanie i wykręcanie żarówki, gdyż wtedy banka żarówki prędko obkurcza się i wypadnie ze swego trzonka.

2. Żarówki uszkodzone i przyćmione należy wymienić. Przy wkręcaniu żarówek uważamy, aby metalowy trzonek żarówki był osłonięty pierścieniem porcelanowym. W miejscach wilgotnych należy wkręcać żarówki po odciążeniu sieci na obu biegunach od napięcia lub też dokonywać tej czynności, staramie izolując się od ziemi za pomocą suchej deski lub stołka.

3. Reflektory i klosze należy utrzymywać w stanie czystym.  
W lampach łukowych zmieniać węgiel.  
Lampy uliczne zapatruje się teraz często w samoczynne wyłazniki zapalające i gaszące we właściwym czasie, które co pewien czas należy nastawiać stosownie do pory roku.

Czas świecenia lamp, patrz str. 170 i 171.

## § 83. OBLICZENIE KOSZTU OŚWIETLENIA.

Najważniejszy wydatek na oświetlenie stanowi koszt energii elektrycznej, czyli, jak zwykle mówimy, prądu. Jeżeli 5 lamp 100-watowych świeci 150 godzin, a 50 lamp 40-watowych 100 godzin w ciągu miesiąca, to ilość energii prądu zużyta w tym czasie będzie:

$$100 \times 5 \times 150 + 40 \times 50 \times 100 = 275000 \text{ watogodzin.}$$

co stanowi 275 kWh. Jeżeli jedna kilowatogodzina kosztuje 50 gr., koszt miesięczny będzie:

$$50 \times 275 = 137 \text{ zł } 50 \text{ gr.}$$

Do tego trzeba dodać koszt wymiany przepalonych lamp, koszt obsługi i procenty na amortyzację urządzenia oraz od kapitału użytego na zaprowadzenie tego oświetlenia. Jeżeli uwzględnimy, że lampy 40-watowa daje strumień świetlny 324 luminy, a 100-watowa 1050 lumenów, to w rozważanym miesiącu lampy dadzą światła:

$$1050 \times 5 \times 150 + 324 \times 50 \times 100 = 2407500 \text{ lumenogodzin.}$$

Koszt prądu na jedną lumenogodzinę będzie:

$$\frac{13750}{2407500} = 0,0057 \text{ gr.}$$

Przytaczamy jeszcze porównawczy koszt świecogodzin dla czterech źródeł światła dziś najczęściej używanych:

1. Elektryczna lampka żarowa 40-watowa przy cenie prądu 50 gr. za 1 kWh zużywa prądu na świecogodzinę za 0,071 gr.
2. Lampka naftowa o światłości 20 świec, przy zużyciu 0,042 litra naftę na godzinę, przy cenie 70 gr. za litr zużywa na świecogodzinę naftę za 0,147 gr.
3. Lampka spirytusowo-żarowa o światłości 20 świec przy zużyciu 0,05 litra na godzinę, przy cenie litra 64 gr., na świecogodzinę zużywa spirytusu za 0,160 gr.
4. Lampka gazowo-żarowa o światłości 70 świec przy zużyciu 90 litrów gazu na godzinę, przy cenie: 1000 litrów 26 gr., wypada koszt gazu na świecogodzinę 0,033 gr.







*Przykład.* Do ogrzania w kotle na 50 litrów wody o tem-

peraturze 15° do temperatury 85° potrzeba

$$(85 - 15) \cdot 50 = 3500 \text{ duży ch kalorii.}$$

Ponieważ 1 kWh wytwarza 860 duży ch kalorii, więc ilość energii prądu potrzebnej do otrzymania powyższej ilości ciepła wyniesie:

$$\frac{3500}{860} = 4,07 \text{ kWh}$$

Jeżeli moc pobierana przez kocioł wynosi 1 kW, to czas, w ciągu którego musi on być włączony na prąd, wynosi:

$$4,07 : 1 = 4,07 \text{ godzin,}$$

jeżeli pominiemy straty.

Wanniki o pojemności od 5 do 120 litrów pobierają od 0,6 do 3,6 kW.

Cała kuchnia dla gospodarstwa na 4 osoby pobiera od 3,2 do 4,2 kW; na 6 osób — 4 do 5 kW, a na 12 osób — 6,6 do 7,6 kW.

Żelazka małe, wagi 1,5 do 4 kg, pobierają 0,2 do 0,5 kW, duże, wagi 6 do 10 kg — 0,66 do 0,88 kW.

Grzałka do zagrzewania wody zużywa od 0,3 do 2 kW. Sprawność 90 do 95%.

Kolby do lutowania 0,25 do 0,35 kW.

Inny sprzęt. Przewietrzniki do suszenia włosów pobierają 0,55 kW, poduszki 0,01 do 0,06 kW, zapalniczki — 0,1 kW.

Piecarki do ogrzewania powietrza w pokojach wykonywane bywają kilku wielkości: na moc pobieraną: 0,7 kW, 1,2 kW, 2 kW i 3 kW, obrotyskowe — 0,4 do 1,5 kW. Na 1 m<sup>3</sup> potrzeba przeciętnie około 50 W mocy.

*Przykład.* Do ogrzania pokoju długości 4 m, szerokości 3 m, wysokości 3 m, potrzeba mocy:

$$4 \times 3 \times 3 \times 50 \text{ W} = 1800 \text{ W} = 1,8 \text{ kW}$$

## GRZEJNICTWO.

### § 86. SPRZĘT GRZEJNY.

Sprzęt w gospodarstwie domowym jest rozmaity, najczęściej używane przyrządy na prąd stały i zmienny są następujące:

Rondelki elektryczne na 0,5 do 3,5 litra pobierają prąd o mocy 0,4 do 1,2 kW.

Czołniki na 1 do 2 litrów pobierają 0,5\* do 1,2 kW.

Samowary na 3 litry pobierają 1,0 do 1,5 kW.

Kawiariki na 1,5 litra pobierają 0,75 do 1,0 kW.

Płyty grzejne różnej średnicy bywają wyrabiane w pięciu wielkościach:

Srednica mm	Moc prądu norm. w kW	Moc prądu najmniejsza w kW
145	0,8	0,2
108	1,2	0,24
220	1,8	0,3
300	2	—
400	5	3,5

Do płyt grzejnych używać należy naczyń z płaskim szersokim dnem.

Piecarki kuchenne. Prostokątne 330 × 230 × 470 mm pobiera 1,2 — 1,8 kW.

Kociołki do wody gorącej. 15-litrowy pobiera 0,25 kW, a 50-litrowy 0,65 kW.



Gdy grzejnik ma dopływ prądu regulowany, to moc oznaczona na tabliczce zwykle jest mocą największą. Dla podtrzymania temperatury wystarcza wtedy  $\frac{1}{2}$  lub  $\frac{1}{4}$  powyższej mocy.

Ciepło łuku elektrycznego wykorzystuje się do spawania i topienia metali.

Do topienia metali wykorzystuje się również ciepło od prądów indukcyjnych.

### § 87. WAZNIEJSZE PRZEPISY DOTYCZĄCE SPRZĘTU GRZEJNEGO\*)

Każdy przyrząd musi być zaopatrzony w napis podający jego napięcie robocze i moc pobieraną w watach.

Materiały izolacyjne muszą być odporne na gorąco. Wszystkie części wiadące prąd muszą być zaopatrzone w osłony. W ogrzewaczach do płynów wszystkie części metalowe, stykające się z ogrzewanym płynem, muszą być izolowane od części prąd wiadących.

Wyłączniki wolno wbudowywać tylko w ogrzewacze na niskie napięcie.

Doprowadzenie przewodów musi być tak uskutecznione, aby przewody doprowadzające prąd nie były narazone na szkodliwe gorąco.

Wtyczki wolno używać do wyłączenia prądu przy ogrzewaczach na moc niższą od 2000 W i natężenie prądu mniejsze od 20 A, przy tym zamocowanie przewodu na przyrządzie grzeijnym i na wtyczce należy tak zamontować, aby żyły prowadzące prąd nie były narazone na ciągnięcie. Ogrzewacze należy stawiać zdala od materiałów palnych. Rondelki, kołki i czajniki bez płynu nie mogą, bez uszkodzenia, znajdować się pod prądem.

Zelazka pozostawione pod prądem w jednym miejscu wypalają tkaninę.

Przyłączając grzejniki do istniejącej sieci, należy zwrócić uwagę na przepisy budowy i ruchu PNE 10/1932/46 r. § 32.

ci szczególnie uważać, aby nie przeciążyć przewodów i nie wywołać nadmiernego spadku napięcia.

W sieci trójfazowej mogą być przyłączane do dwóch przewodów grzejniki najwyżej do 2,2 kW, gdy napięcie sieci wynosi 220 V i najwyżej 1,1 kW, gdy napięcie wynosi 120 V. To samo dotyczy trójprzewodowej sieci prądu stałego.

Większe odbiorniki muszą być przyłączone do wszystkich trzech faz, a przy prądzie stałym do skrętnych przewodów, lub jednakowo obciążać obie połowki sieci pomiędzy (+) a (0) i pomiędzy (0) a (-).

Dla zasilania takich odbiorników należy przewidzieć specjalne odgałęzienia od głównego punktu rozdzielczego budynku.

### § 88. OBLICZENIE ILOŚCI CIEPŁA.

Ilość ciepła wytworzoną prądem elektrycznym obliczamy, mając napięcie prądu, natężenie prądu i czas, w ciągu którego prąd płynie, w następujący sposób.

Przykład. Napięcie prądu wynosi 220 V, natężenie prądu 10 A, prąd płynie w ciągu 5 godzin, to z tego prądu wytworzy się ciepła w przyrządzie grzeijnym:

$$220 \times 10 \times 5 \times 0,86 = 9460 \text{ kilogram-kalorii.}$$

jest to taka ilość ciepła, która rozgrzewa 94,6 kg wody od 0° do 100°, jeżeli całe to ciepło pochłonie woda (patrz str. 13).

W przyrządach grzeijnych część ciepła się traci. Np. przy użyciu płyt grzeijnych traci się około 50%, natomiast w rondelkach tylko 20%, czyli sprawność płyt jest 50%, a rondelków 80%.

Wszystkie powyższe obliczenia stosuje się tak do prądu stałego, jak zmiennego.

### § 89. NARAWA GRZEJNIKÓW.

Przy naprawie grzejników najczęściej chodzi o zmianę przepalonego opornika, wtedy najlepiej brać gotowy opornik z fabryki, przystosowany do napięcia i prądu przyrządu grzeijnego, zastąpić skruszając izolację nową, ale możliwie



lepszą, ogniotrwałą, oczyścić powierzchnie kontaktowe i ściśle przylączyć końce opornika do kontaktów, mocno zacisnąć śrubę.

Drut na oporniki tego rodzaju używa się obecnie zwykle chromoniklowy, którego opór musi być przystosowany do napięcia i prądu według prawa Ohma, ten sam na prąd stały, co na prąd zmienny.

Przykład. Grzejnik pobiera 5 A prądu, przy 220 V, więc opór drutu grzejnego będzie:

$$\frac{220}{5} = 44 \Omega$$

Opór oporu, drut grzejny musi mieć określony przebieg, dobrany w ten sposób, aby drut rozgrzewał się do temperatury dopuszczalnej.

**NOWA KSIĘGARNIA TECHNICZNA**

**ROMUALD REJCHENBACH**

**WARSZAWA - Poznańska 12 - Tel. 8-72-63**

**PKO. I-1420**

**Pol e c a :**

W. Rygielskiego DRUTY OPORÓWE  
W ELEKTROTECHNICE. (Tabele do obliczenia napięć elektrycznych łącznie z zadaniami obliczenia) do użytku: pracowników, przemysłu elektrotechnicznego, techników, monterów elektr. oraz szkół zawodowych.

## § 90. ZASTOSOWANIE RÓŻNYCH UKŁADÓW. SIĘĆ URZĄDZENIA ELEKTRYCZNEGO.

1. Małe urządzenia na małych siatkach i w poszczegól-

nych domach mieszkalnych lub w zakładach bywają zwykle na prąd stały, dwuprzewodowe, przy napięciu 110 V, oba przewody izolowane od ziemi.

2. Urządzenia dla kilku domów lub większej wytwórni albo dużego statku mogą być również na prąd stały, dwuprzewodowe, lecz przy napięciu 220 V.

3. Urządzenia w dużych zakładach bywają zwykle na prąd trójfazowy 3000 V w elektrowni, 220 V i 380 V na sieci.

4. Małe urządzenia miejskie — na prąd stały dwuprzewodowe na napięcie  $2 \times 220 = 440$  V, p. rvs. 11, z przewodem zerowym uzmiennionym w elektrowni i w kilku miejscach sieci.

5. Urządzenia miejskie średnie na prąd trójfazowy czteroprzewodowe, p. rvs. 14, na napięcie  $3 \times 220 / 3 \times 380$  V, z zerowym przewodem uzmiennionym na elektrowni i w kilku miejscach sieci.

6. Urządzenia miejskie duże — prąd trójfazowy w elektrowni napięcie  $3 \times 6300$  V, na miejsce transformatorowy z  $3 \times 6000$  V na  $3 \times 220$ , dawniej  $3 \times 120$  V; do przedmińść doprowadza się prąd o napięciu podwyższonym np. do 15000 V i tam transformuje się z  $3 \times 15000$  V na  $3 \times 220$  V.

8. Urządzenia okrętowe duże — prąd trójfazowy o napięciu w elektrowni  $3 \times 6300$  V albo  $3 \times 15000$  V, potem na miejscu transformuje się na napięcie wyższe np. 30000, 60000, 100000, 200000 V, tym wyższe, im dalej leży obszar zasilania;

aby większą moc dało się przenieść za pomocą cienszych przew-



wodów. Na miejscu zużycia energii napięcie obniża się do 6000 V, a następnie do 220 V, lub 380 V w układzie trójfazowym trójprzewodowym lub w układzie czteroprzewodowym  $3 \times 380 \text{ V} / 3 \times 220 \text{ V}$  z zerowym przewodem uzemionym.

### § 91. REGULACJA NAPIĘCIA

We wszystkich tych urządzeniach podtrzymuje się stałe napięcie na odbiornikach. Regulacja napięcia dokonywana się przez odpowiednie utrzymywanie napięcia prądnic — im wyższe obciążenie, tym wyższe daje się napięcie, aby pokryć większe straty napięcia w sieci, zwykle do kilkunastu %/o, a więc np. przy małym obciążeniu trzymamy w elektrowni napięcie 220 V, przy dużym obciążeniu — 230 V.

Przy prądzie zmiennym oprócz regulacji napięcia prądnic można nastawiać napięcie przez zmianę przekładni transformatorów skokami za pomocą odpowiednich zacepów. W sieciach mniej ważnych, przy wahanjach napięcia, które występują sezonowo przy obciążeniu przeważnie oświetleniowym, gdzie spadek napięcia większy jest zimą niż latem, można nastawiać napięcie, przelączając zaczepty w odpowiednim czasie. W innych sieciach, gdzie potrzebna jest regulacja ciągła, znajdują zastosowanie transformatory regulacyjne, w których przekładnię zmieniamy w sposób ciągły. Szczególnie potrzebne są tego rodzaju urządzenia w liniach długich lub w sieciach o bardzo znacznej długości, gdzie ze względu na gospodarczych dopuszczalne są znaczne spadki napięcia.

### PRZEWODY W URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH

#### § 92. NAJMNIEJSZE PRZEKROJE

1. Najmniejszy przekrój dopuszczalny ze względu na mechanicznej wytrzymałości zależy: 1) od sposobu założenia. W jednakowych warunkach przewód międziany wymaga większego przekroju niż brzozywy. Przewody napowietrzne są narazone na zerwanie wskutek wiatru, szadzi i mrozu, który powoduje kurczenie się i naciąganie przewodu. Natomiaś przewody w budynkach zawieszane przy małych rozpiętościach, lub ułożone w rurkach, są w korzystniejszych warunkach i mogą mieć przekroje mniejsze.
- W praktyce elektrycznej, ze względu na mechanicznej wytrzymałości, zostały ustalone następujące najmniejsze przekroje dopuszczalne różne w rozmaitych warunkach:
1. Przewody zakładane wewnątrz rurek świecznikowych . . . . . 0,75 mm<sup>2</sup>.
  2. Przewody zwieszakowe, sznurki pokojowe i przewodniki lekkie w oponie gumowej . 0,75 mm<sup>2</sup>.
  3. Przewody do przenośnych odbiorników prądu, za wyjątkiem wymienionych pod 2) 1 mm<sup>2</sup>.
  4. Przewody izolowane, zakładane na stałe w rurkach . . . . . 1 mm<sup>2</sup>.
  5. Przewody zakładane na stałe na gątkach, zaciskach itp. (na ścianach i sufitach), jeżeli odległość punktów umocowania nie jest większa od 1 m . . . . . 1,5 mm<sup>2</sup>.
- Jeżeli powyższa odległość nie jest większa od 2 m . . . . . 2,5 mm<sup>2</sup>.



- jeżeli powyższa odległość jest większa od 2 m . . . . . 4 mm<sup>2</sup>
6. Kable obrotowe . . . . . 1,5 mm<sup>2</sup>
7. Przewody gołe pod dachem lub pod gołym niebem, jeżeli punkty zawieszenia odległe są od siebie nie więcej niż 20 m . . . . . 4 mm<sup>2</sup>
8. Przewody napowietrzne przy rozpiętości zawieszenia nie przekraczającej 35 m i niskim napięciu \*) . . . . . 6 mm<sup>2</sup>
9. Przewody napowietrzne we wszystkich innych przypadkach, z wyjątkiem przewodów działanych w przepisach oobstrajających . . . . . 10 mm<sup>2</sup>

### § 93. PRZEKROJE PRZEWODÓW ZE WZGLĘDU NA WYTRZYMAŁOŚĆ CIEPLNĄ.

Przekroje przewodów w sieciach elektrycznych muszą być również dobrane ze względu na ogrzewanie prądem. Przewód nagrzewa się tym silniej, im większy prąd przebiega przez niego, poza tym stopień ogrzewania zależy od *materiału* przewodni: metale o większym oporze właściwym grzeją się mocniej, np. brąz silniej, niż miedź, od sposobu *zawieszania*: najmniej grzeją się dobrze chłodzone gołe przewody zawieszane swobodnie na wolnym powietrzu.

W najniekorzystniejszych warunkach znajdują się przewody w budynkach; natomiast kable, zakopane w ziemi, stąd są się lepiej i mogą być obciążone prądem większym.

Nadmierne nagrzanie przewodu może uszkodzić przewód i jego izolację, albo wywołać pożar przez zapalenie znajdującego się w pobliżu *materiałów łatwopalnych*.

Wobec tego zawsze musimy przestrzegać, aby przewody

\*) W sieciach 110 V, 220 V oraz 2 × 220 V lub 3 × 220/3 V z uziemionym zerowym przewodem.

nie były przeciążone prądem (liczbą amperów). Uwazamy za dopuszczalne granie się przewodów o 20° powyżej otoczenia, wyjątkowo w kablach obrotowych o 25° ponad otoczenie.

Obciążenie prądem przewodów z innych metali w porównaniu do obciążenia przewodów miedzianych obliczamy ze wzoru:

$$I = 0,134 \sqrt{k} \quad \text{A}$$

*I*m — dopuszczalne natężenie prądu dla przewodów miedzianych, *k* — przewodność innego *materiału* przewodów, dla których obliczamy dopuszczalne natężenie prądu.

W praktyce przekroje przewodów miedzianych ze względu na *nagrzewanie* dobieramy według następujących tabel, stosownie do obciążenia prądem w amperach.

TABLICA I  
przewodów napowietrznych.

Przekrój w mm <sup>2</sup>	Bezp. do A	Prąd A	Przekrój w mm <sup>2</sup>	Bezp. do A	Prąd A
6	35	70	50	190	260
10	60	95	70	225	320
16	100	130	95	300	385
25	125	170	120	360	450
35	160	210	150	360	510

W tej tabelcy w pierwszej kolumnie mamy najczęściej używane przekroje drutu, w drugiej kolumnie prąd znamionowy bezpiecznika, który zabezpiecza przewody od przeciążenia, w trzeciej kolumnie — największy prąd długotrwały, którym można obciążać przewód według przepisów w sieci warszawskiej.







ne natężenie prądu przy pełnym obciążeniu w ruchu przyrządy, składającym się z dowolnie długiego szeregu krótkotrwających obciążeń, przerywanych postojami. Czas trwania obciążenia i następującego po nim postoju łącznie nie powinien przekraczać 10 minut.

Tablica III str. 183 stosuje się do kabli zakopanych w ziemi pojedynczo. W razie ułożenia w jednym rowie: np. 2 kabli można je obciążyć prądem wynoszącym 0,9 od prądu podanego w tablicy III itd. według tablicy następującej:

Liczba kabli w rowie		Mnożnik		
2	4	0,9	0,8	0,75
6	8	0,75	0,7	

W ten sam sposób obciążamy kable układane w obszer-  
nych kanałach zapiejonych piaskiem.

Gdy kable są zawieszane swobodnie w powietrzu pod  
stropem lub w obszernych kanałach, zaleca się ograniczyć  
prąd do 0,75 wartości prądu w tabl. III.

Kable, ułożone w wąskich rurach i kanałach, obciążamy  
jeszcze mniej, ograniczając dozwolony największy prąd  
do 0,65 podanego w tablicy III.

#### § 94. PRZEKROJ PRZEWODÓW ZE WZGLĘDU NA ULOT.

Przy bardzo wysokich napięciach, 60 kV i wyżej nie na-  
leży stosować przewodów cieńszych od 35 mm<sup>2</sup> dla uniknię-  
cia znaczących strat na ulot. W tych warunkach w budynkach  
stosowane bywają przewody w postaci rur, w ten sposób  
ułożone, aby nie było nigdzie ostrych krawędzi.

#### § 95. SPADEK NAPIĘCIA.

Dla utrzymania wzdłuż sieci przewodów w różnych miej-  
scach właściwego napięcia należy dobrać przekroje na odpo-  
wiedni spadek napięcia.

Zasadniczy wzór, według którego oblicza się spadek na-

pięcia  $u$  w dwuprzewodowej linii o długości  $l$  metrów, przy  
przekroju przewodu  $s$  mm<sup>2</sup>, przewodności  $k$  i prądzie  $j$  ampe-  
rów, jest następujący:

$$u = j \frac{l}{21k}$$

Zwykle stosowana na przewody miedz ma przewodność  
właściwą wynoszącą okragto:

$$k = 55,$$

wyjątkowo dla miedzi twardej

$$k = 54.$$

*Przykład.* Napięcie na początku linii 230 V, długość linii,  
czyli pojedyncza długość przewodnika 100 m, p. rys. 7, prze-  
kroj 10 mm<sup>2</sup>, przewodność właściwa miedzi 55, a natężenie  
prądu 30 A, to spadek napięcia:

$$u = 30 \times \frac{55 \times 10}{2 \times 100} = 10,9 \text{ V,}$$

co stanowi 5% od 220 V, a napięcie na końcu linii będzie  
w punktach c d, p. rys. 7:

$$230 - 10,9 = 219,1 \text{ V}$$

Jżeliby prąd wynosił nie 30 A, lecz tylko 5 A, to spadek  
napięcia byłby:

$$u = 5 \times \frac{55 \times 10}{2 \times 100} = 1,82 \text{ V,}$$

a napięcie na końcu linii byłoby:

$$230 - 1,82 = 228,18 \text{ V}$$

Duży spadek napięcia wywołuje wahanie napięcia na od-  
biornikach.

W sieciach oświetleniowych, gdzie w każdym miejscu  
może być przyłączony odbiornik, i gdzie zależy na spokojnym



wolfażu, dopuszczalny spadek napięcia wynosi:

$$3 \text{ do } 4\%$$

całkowitego napięcia, w sieciach zaś wyłącznie przeznaczonych do zasilania silników dopuszczamy:

$$5 \text{ do } 6\%$$

całego napięcia.

Sieć rozdzielczą dla siły prowadzimy w miarę możności zawsze niezależnie od sieci światła.

W liniach tak zwanych zasilających, do których odbiorników bezpośrednio nie przyłącza się, dopuszczalny spadek napięcia wynosi zwykle 10%, wyjątkowo więcej.

Dobierając przekroje przewodów według spadku napięcia unikamy również nadmiernych strat mocy prądu w przewodach.

#### § 96. PRZEKROJE PRZEWODÓW PRZY RÓŻNYCH

##### NAPIĘCIACH PRĄDU.

Wzdłuż linii pracującej pod napięciem 220 V prądu stałego przesyłamy prąd o mocy 10 kW na odbornikach, długości linii, czyli odległość odborników od źródła prądu 200 m, strata napięcia powinna wynosić 3%, obliczamy jaki będzie potrzebny przekrój przewodów międzianych, których przewodność właściwa wynosi 55.

Ze wzoru na str. 185 na spadek napięcia wypada przekrój:

$$s = \frac{j}{21} k u$$

Prąd  $j$  mamy:

$$j = \frac{220}{10000} = 45,5 \text{ A}$$

Spadek napięcia ma wynosić

$$u = \frac{100}{220 \times 3} = 6,6 \text{ V}$$

Wobec tego:

$$s = 45,5 \times \frac{55 \times 6,6}{2 \times 200} = 50,2 \text{ mm}^2$$

W zaakrągleniu do przekrojów używanych, patrz str. 182, wypadnie 50 mm<sup>2</sup>. Jeżeli byśmy chcieli taką samą moc przetransmitować za pomocą prądu o napięciu 110 V, w takich samych warunkach jak poprzednio, to mieliśmyby prąd:

$$j = \frac{100}{10000} = 91 \text{ A}$$

Spadek napięcia wyniósłby:

$$u = \frac{100}{110 \times 3} = 3,3 \text{ V}$$

a wobec tego przekrój przewodników otrzymani byłby:

$$s = 91 \times \frac{55 \times 3,3}{2 \times 200} = 200,8 \text{ mm}^2$$

a biorąc przekroje spotykane w handlu (patrz str. 182) conajmniej 185 mm<sup>2</sup>.

Z tych obliczeń widzimy, że w tych samych warunkach wypadają przekroje tyle razy większe, ile razy jest mniejsze napięcie w kwadracie. W naszym przykładzie przy napięciu dwa razy mniejszym, wypadł przekrój cztery razy większy. Dlatego to w miarę wzrostu obszaru zasilania zmuszeni jesteśmy pracować coraz wyższe napięcie prądu zasilającego.

#### § 97. PORÓWNIANIE PRZEKROJÓW PRZEWODÓW

W LINII PRĄDU STAŁEGO I PRĄDU TRÓJFAZOWEGO.

Obliczmy przekrój przewodów w linii trójfazowej, po której przesyłamy 10 kW na odległość 200 m przy napięciu międzyprzewodowym 220 V na stratę mocy 3%.

Prąd obliczymy ze wzoru:

$$j = \frac{1,73 \cdot 220}{10000} = 26,3 \text{ A}$$



Stratę mocy na jeden przewód ze wzoru:

$$\frac{10000 \cdot 3}{3 \cdot 100} = 100 \text{ W,}$$

opór jednego przewodu:

$$\frac{100}{(26,3)^2} = 0,144 \Omega$$

Wobec tego przekroj:

$$s = \frac{0,144 \times 55}{200} = 25,3 \text{ mm}^2$$

W poprzednim przykładzie obliczonym w tych samych warunkach dla tej samej przenoszonej mocy na prąd stały otrzymaliśmy przekroj 50 mm<sup>2</sup>; a więc dwa razy większy. Jeżeli uwzględnimy, że linia trójfazowa ma trzy przewody, a prądu stałego dwa przewody, wypadnie, że stosując prąd trójfazowy, oszczędzamy na ilości miedzi potrzebnej na przewody 25%.

### § 98. ZESTAWIENIE WZORÓW DLA OBLICZENIA PRZEKROJU PRZEWODÓW NA SPADK NAPIĘCIA.

Oznaczenia:  $l$  — długość linii czyli toru w metrach,  $s$  — przekroj każdego drutu w mm<sup>2</sup>,  $p$  — spadek napięcia w ‰,  $U$  — napięcie prądu na odbiornikach w woltach,  $I$  — prąd w każdym przewodzie w amperach, jednakowy na całej dłu-

gości toru.

1. Prąd stały (p. rys. 10):

$$s = 3,64 \cdot \frac{U \cdot l}{I \cdot l}$$

Przykład. Odległość odbiornika od miejsca zasilania linii  $l = 100$  m, prąd  $I = 20$  A, napięcie prądu na odbiorniku  $U = 220$  V, spadek napięcia 3‰, wtedy przekroj każdego z dwóch przewodów będzie:

$$s = 3,64 \times \frac{220 \times 3}{20 \times 100} = 11 \text{ mm}^2$$

2. Prąd jednofazowy do oświetlenia (nie ma przesunięcia faz pomiędzy napięciem a natężeniem prądu) jak na rys. 10:

$$s = 3,64 \frac{U \cdot l}{I \cdot l}$$

zaś przy obciążeniu o spóliczynniku mocy —  $\cos \varphi$ :

$$s = 3,64 \frac{U \cdot p}{I l \cos \varphi}$$

3. Prąd trójfazowy do oświetlenia (nie ma przesunięcia faz pomiędzy prądem a napięciami), (p. rys. 12):

$$s = 3,15 \frac{U \cdot p}{I l}$$

a przy obciążeniu o spóliczynniku mocy —  $\cos \varphi$ :

$$s = 3,15 \frac{U \cdot p}{I l \cos \varphi}$$

Przykład. Odległość  $l = 100$  m, prąd  $I = 20$  A, napięcie międzyprzewodowe  $U = 220$  V, spadek napięcia  $p = 3‰$ .

$$s = 3,15 \times \frac{220 \times 3}{20 \times 100} = 9,5 \text{ mm}^2$$

Czasem bywa dogodniej prowadzić obliczenia nie według obciążenia linii prądem, lecz według mocy przenoszonej wzdluz linii do odbiornika. Oznaczmy ją przez  $P$  w watach, wtedy powyższe wzory przybiorą następującą postać:

4. Dla prądu stałego i zmiennego jednofazowego przy dowolnym obciążeniu:

$$s = 3,64 \frac{U^2 \cdot p}{P l}$$



Przykład. Moc prądu  $P = 10000$  W,  $l = 200$  m,  $U = 220$  V,  $p = 3\%$ .

$$s = 3,64 \times \frac{10000 \times 200}{220^2 \times 3} = 50 \text{ mm}^2$$

5. Dla prądu trójfazowego niezależnie od rodzaju obciążenia:

$$s = 1,82 \frac{P l}{U^2 \cdot p}$$

6. Powyższe wzory dają wyniki dobre dla przewodów kablowych i wszelkich przewodów wewnątrz budynków, zazwyczaj izolowanych, przy małych odległościach pomiędzy przewodami różnych biegunów.

Dla przewodów napowietrznych mogą być stosowane tylko te wzory, które są podane dla prądu stałego. Wzory zaś dla prądu zmiennego wymagają poprawek na spadek napięcia indukcyjny.

Otrzymane z powyższych wzorów przekroje należy powiększyć, mnożąc je przez liczby podane w następującej tabelicy w zależności od zwiększonych przekrojów przewodów i  $\cos \varphi$  obciążenia linii, dla odległości między przewodami różnych biegunów od 40 do 60 cm.

Przekrój mm <sup>2</sup>	cos φ			
	0,9	0,8	0,7	0,6
10	1,10	1,16	1,21	1,28
16	1,15	1,24	1,32	1,43
25	1,23	1,36	1,49	1,63
35	1,31	1,49	1,66	1,86
50	1,43	1,67	1,91	2,19
76	1,58	1,90	2,23	2,61
95	1,77	2,19	2,61	3,12

Przy  $\cos \varphi = 1$  wpływ indukcyjności przewodów można nie uwzględniać.

### § 99. ZESTAWIENIE WZORÓW DLA OBLICZENIA PRZEKROJU PRZEWODÓW NA STRATĘ MOCY.

Oznaczenia:  $l$  — długość linii czyli toru przewodów w metrach,  $s$  — przekrój każdego przewodu w mm<sup>2</sup>,  $p$  — strata mocy w % od całej mocy przenoszonej  $P$  w watach, napięcie międzyprzewodowe —  $U$  w woltach,  $\cos \varphi$  — współczynnik mocy prądu zasilającego odbiorniki.

1. Dla prądu stałego wzory te same, jak na spadek napięcia.

2. Dla prądu zmiennego jednofazowego:

$$s = 3,64 \frac{P l}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi \cdot p}$$

3. Dla prądu zmiennego trójfazowego:

$$s = 1,82 \frac{P l}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi \cdot p}$$

Przykład. Silnik pobiera 50 kW przy  $\cos \varphi = 0,9$ , zasilany przez linię długości 200 m; obliczyć przekrój przewodów linii trójfazowej, zakładając stratę mocy 4%. Napięcie międzyprzewodowe 380 V.

$$s = 1,82 \times \frac{380^2 \times 0,9^2 \times 200}{50000 \times 200} = 39 \text{ mm}^2$$

### § 100. OSTATECZNY WYBÓR PRZEKROJU.

Gdy przekrój obliczony na spadek napięcia lub stratę mocy, to zaokrągliamy go do najbliższego wyższego w tabelicy używanych przekrojów, następnie sprawdzamy, czy jest dostateczny na wytrzymałość cieplną i mechaniczną. Największy przekrój przeważnie wypada z obliczenia na spadek napięcia lub stratę mocy, względnie rozstrzyga tylko przy odległościach nieznacznych, a względnie na wytrzymałość przy prądach małych.



Przykład. Założmy, że przewód obciążony w poprzednim paragrafie ma być przewodem izolowanym założonym na ścianie; w takim razie z tab. na str. 182 wypada, że 39 mm<sup>2</sup> należy zaakręcić do 50 mm<sup>2</sup>.

Następnie obliczamy prąd w przewodzie ze wzoru:

$$I = \frac{1,73 \cdot U \cdot \cos \varphi}{P}$$

a więc:

$$I = \frac{50000}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,9} = 85 \text{ A}$$

Ponieważ z tablicy widzimy, że przekrój 50 mm<sup>2</sup> można obciążyć prądem 160 A, więc obrany przez nas przekrój jest dobry.

Ze względu na wytrzymałość mechaniczną możemy ciągnąć przewody już 4 mm<sup>2</sup>, więc i pod tym względem przekrój 50 mm<sup>2</sup> nie narusza wątpliwości, na nim więc zatrzymujemy się.

Przekroje należy zawsze tak zaakręślać, aby, przy rozgałęzieniach, nigdy przekrój przewodów poprzednich, przed rozgałęzieniem nie był mniejszy od przekrojów rozgałęzień dalszych.

### § 101. OBLICZENIE PRZEKROJÓW W TORZE

#### TRÓJPRZEWODOWYM PRĄDU STAŁEGO. I CZTEROPRZEWODOWYM PRĄDU TRÓJFAZOWEGO.

Przekrój skrajnych przewodów obliczamy na ten sposób, gdy mamy równe obciążenie przewodów skrajnych (+) i (-), a w zerowym przewodzie prądu nie ma, biorąc jednak spadek napięcia stosowanego w torach dwuprzewodowych. Przekrój przewodu zerowego bierzemy równy 0,5 czyli połowie przekroju przewodów skrajnych. W przypadkach szczególnych, gdy mamy długi przewód zasilający, na końcu którego mamy znaczną liczbę odbiorników jednakowych co do warunków ich pracy, np. światło w lokalach mieszkal-

nych, albo silniki napędzające maszyny jednakowego znaczenia, wtedy można brać przekrój przewodu zerowego równy 0,25 czyli jednej czwartej części przekroju przewodów skrajnych.

Tory czteroprzewodowe trójfazowe otrzymują przekroje przewodów fazowych obliczone na równe obciążenie faz, tak jak gdyby zerowego przewodu nie było, ale na mniejszy spadek napięcia wynoszący 0,75 spadku napięcia torów trójfazowych z trzema przewodami.

Przekrój zaś przewodu zerowego bierzemy równy połowie przekroju przewodów fazowych, w wyjątkowych przypadkach, gdy chodzi o tor długi zasilający oświetlenie lokali o jednakowym przeznaczeniu, równomiernie rozłożone na trzy fazy, to możemy wziąć przekrój zerowego przewodu

równy czwartej części przekroju przewodów fazowych.

Bywa i odwrotnie, gdy spodziewamy się znacznych różnic w obciążeniu faz, bierzemy przekrój przewodu zerowego równy przekrojowi przewodów fazowych.

Ponadto przewodów zerowych gotych uz ziemionych, ze względu na wytrzymałość, nie należy stosować cieńszych od 4 mm<sup>2</sup>. Do 35 mm<sup>2</sup> w ogóle bierzemy przekrój taki sam jak fazowy, dopiero, gdy są grubsze, stosujemy przewody zerowe cieńsze.

Jako przykład podajemy tablicę przekrojów stosowanych w odgałęzieniach od sieci napowietrznych, przy napięciu fazowym 220 V i międzyprzewodowym 380 V, do urzą-

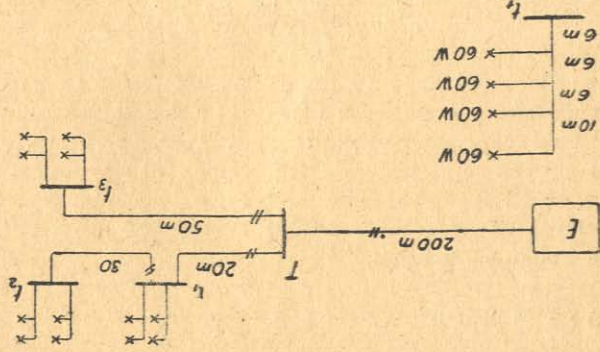
żeń oświetleniowych.

Przytłoczone		Moc kW	Liczba obwodów	Nomin. prąd przy brzoż. napięciu	Najmniejszy przekrój przewodów od sieci do domu mm <sup>2</sup>	Przewody fazowe	Przewody zerowy	Najmniejszy przekrój przewodu od przytłoczenia do licznika mm <sup>2</sup>
od 1 do 2	od 1 do 2							
15	15	1	1	15	1 × 10	1 × 10	10	2,5
15	15	2	2	15	2 × 10	2 × 10	10	2,5
15	15	3	3	15	3 × 10	3 × 10	10	2,5
20	20	3	4,5	20	3 × 10	3 × 10	10	4
25	25	6,0	4,5	25	3 × 10	3 × 10	10	6
10	10	12	4,5	10	10	10	10	10
10	10	9	3	10	10	10	10	10
10	10	6	2	10	10	10	10	10
10	10	4 od 1 do 2	2	10	2 × 10	2 × 10	10	2,5
10	10	2	1	10	1 × 10	1 × 10	10	2,5



## § 102. OBLICZENIE SIECI OSWIETLENIOWEJ NA PRĄD STAŁY.

Własna elektrownia E dostarcza prądu do kilku domów. W jednym z domów mamy główną tablicę rozdzielczą T i wtórne tabliczki rozdzielcze  $t_1, t_2, t_3$  (p. rys. 85).



Rys. 85.

Prąd stały, napięcie 220 V, układ dwuprzewodowy. Na schemacie pokazano odległości w metrach wzięte z planu sygnacyjnego posesji oraz planu i przekroju budynków z dodatkiem 10% na nieprzewidziane zakręty itp.

1. Odgążeńia drobne do lamp od tabliczek  $t_1, t_2, t_3$  bieremy bez obliczenia 1 mm<sup>2</sup>, 1,5 mm<sup>2</sup>, 2,5 mm<sup>2</sup>, stosownie do długości i obciążenia, długie i znacznie obciążone gałęzie wybieramy grubsze.

Mając te przekroje i obciążenie w watach, obliczamy spadek napięcia w tych rozgążeńiach w % ze wzoru:

$$p = 3,64 \frac{I^2 s}{p \cdot l}$$

\*) Schemat przedstawiony liniami pojedynczymi, oznaczać należy dwiema przewodami.

Tu  $p$  — obciążenie całej gałęzi,  $l$  — średnia odległość lamp od tabliczki liczona wzdłuż drutów.

Jako przykład obliczymy  $p$  dla gałęzi  $t_1$  na rys. 85.

$$p = 60 \times 4 = 240 \text{ watów,}$$

$$l = \frac{60 \times 6 + 60 \times 12 + 60 \times 18 + 60 \times 28}{60 \times 64} = \frac{240}{240} = 16 \text{ m}$$

Założmy przekrój  $s = 1,5 \text{ mm}^2$ , wtedy:

$$p = 3,64 \times \frac{220^2 \times 1,5}{16 \times 240} = 0,193\%$$

Prąd pobierany przez całe odgążeńie wynosi:

$$I = \frac{240}{220} = 1,1 \text{ A,}$$

jest on mały w porównaniu do prądu dopuszczalnego — 14 A dla przekroju 1,5 mm<sup>2</sup>.

W ten sposób rozważamy wszystkie rozgążeńia od tabliczek  $t_1, t_2, t_3$  i założymy, że spadek napięcia 0,193% w zaokrągleniu 0,2% jest największy ze wszystkich.

Przyjmując cały dopuszczalny spadek napięcia od elektrowni do ostatniej lampki 3%, znajdziemy ogólny spadek napięcia w przewodzie ET i rozgążeńiach od T do  $t_1, t_2, t_3$ :

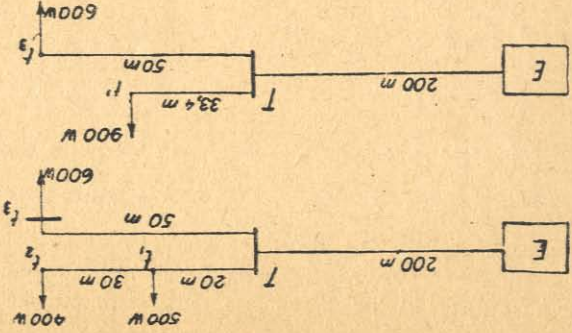
$$3 - 0,2 = 2,8\%$$

Założymy, że wszystkie drobne odgążeńia od tabliczki  $t_1$  biorą 500 watów, od  $t_2$  — 400 watów, a od  $t_3$  — 600 watów, p. rys. 86.

Odgążeńia od  $t_1$  i  $t_2$  zastępujemy odgążeńiem na 900 watów od  $t_1$ , p. rys. 86, w odległości zastępczej:

$$l' = \frac{900}{500 \times 20 + 400 \times 50} = 33,4 \text{ m.}$$





Rys. 86.

Dwa odgążeń zastępujemy odgążeniem jednym na 1500 watów od  $t''$ , p. rys. 86, w odległości zastępczej:

$$l'' = \frac{900 \times 33,4 + 600 \times 50}{1500} = 40 \text{ m}$$

Obliczamy przekrój przewodu od E do T ze wzoru na spadek napięcia 2,8%.

$$s = 3,64 \times \frac{1500 \times 240}{220^2 \times 2,8} = 9,7 \text{ mm}^2$$

Przyjmujemy 10 mm<sup>2</sup>. Taki przekrój damy od E do T, tu prąd wynosi:

$$I = \frac{1500}{220} = 6,8 \text{ A,}$$

prąd ten jest znacznie mniejszy od dopuszczalnego na ogrze-

wanie — 60 A dla przewodu napowietrznego, a nawet od 43 A dla izolowanego. Następnie obliczamy spadek napięcia; na każdym z odgążeń  $t_1$ ,  $t_2$  oraz  $t_3$ , będzie on taki, jaki wypadnie na  $t''$  stosownie do długości  $t'' = 40 \text{ m}$

$$\frac{2,8}{40} = 0,467\%$$

Według tego spadku obliczymy przekrój przewodu od T do  $t''$ :

$$s' = 3,64 \times \frac{900 \times 33,4}{220^2 \times 0,467} = 4,85 \text{ mm}^2$$

Jżeli nie przewiduje się powiększenia urządzenia, to można zaokrąglić przekrój do 4 mm<sup>2</sup>, w przeciwnym razie zaokrąglamy do 6 mm<sup>2</sup> i taki przekrój damy od T do  $t_1$ , i od  $t_1$  do  $t_2$ , p. rys. 86. Następnie obliczamy przekrój przewodu od T do  $t_3$ :

$$s'' = 3,64 \times \frac{50 \times 606}{220^2 \times 0,467} = 4,85 \text{ mm}^2$$

Dajemy więc również 4 lub 6 mm<sup>2</sup>. Obciążenie prądem i wytrzymałość mechaniczna nie nastroczą tu wątpliwości.

### § 103. OBLICZENIE SIĘCI SILNIKOWEJ NA PRĄD STAŁY.

Z elektrowni prowadzimy przewody do warsztatów, p.

rys. 87.

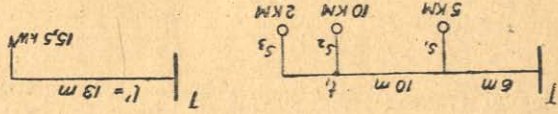
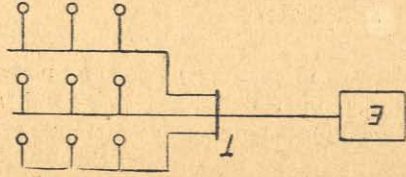
Z elektrowni przewody poprowadzone są do tablicy T, stamtąd rozgążeń do poszczególnych grup silników.

Przede wszystkim obliczamy moc prądu pobraną przez poszczególne silniki według znanej sprawności.

Z tej mocy obliczamy prąd pobierany i następnie wybieramy przekroje w odgążeniach do silników z tabelki na str. 182 na grzanie przewodów, biorąc prąd 1,5 lub 2 razy większy od znamionowego stosownie do tego, czy rozruch jest lekki, czy ciężki.



Dla przykładu weźmy odgańlenie na rys. 87.



Rys. 87.

Napięcie prądu mamy 220 V, sprawność silników według

mocy:

5 KM — 0,8

10 KM — 0,82

2 KM — 0,77

Wobec tego prądy pobrane będą:

$$I_1 = \frac{5 \times 735}{220 \times 0,8} = 21 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{10 \times 735}{220 \times 0,82} = 41 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{2 \times 735}{220 \times 0,77} = 8,7 \text{ A}$$

Wtedy według podwójnego prądu rozruchn:

$$s_1 = 10 \text{ mm}^2$$

$$s_2 = 25 \text{ mm}^2$$

$$s_3 = 2,5 \text{ mm}^2$$

Dla obliczenia przekrojów przewodów od E do T i dalej do T<sub>1</sub> itd. we wszystkich rozgańleniach postępujemy tak samo, jak w sieci oświetleniowej, zakładając tylko większe spadki napięcia. Tu można spadek napięć w drobnych odgańleniach zamiać powyższego.

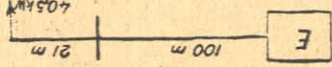
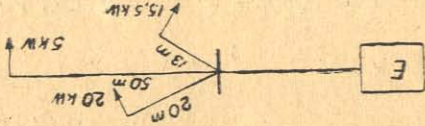
Ogólna moc:

$$(21 + 41 + 8,7) \times 220 = 15,5 \text{ kW,}$$

odległość zastępcza:

$$l' = \frac{6 \times 21 + 16 \times 49,7}{70,7} = 13 \text{ m}$$

Zatóżmy, że są jeszcze dwa odgańlenia l'' = 20 m. o poborze 20 kW oraz l''' = 50 m o poborze 5 kW, p. rys. 88;



Rys. 88.

wtedy dla wszystkich rozgańlen zastępczy tor będzie jeden o długości:

$$l_1 = \frac{50 \times 5 + 20 \times 20 \times 13 \times 15,5}{40,5} = 21 \text{ m}$$

Przekroj przewodu od E do T obliczymy, przyjmując 5% spadku napięcia ze wzoru:

$$s = \frac{40500 \times 121}{220^2 \times 5} = 74 \text{ mm}^2$$



Zaokrąglamy go do 95 mm<sup>2</sup>. Prąd wpływający z elektro-  
wni przez przewód E I będzie:

$$\frac{40500}{220} = 184 \text{ A.}$$

Ponieważ 95 mm<sup>2</sup> może być obciążone do 240 A, patrz str. 182  
napięcia pozostający dla rozgałęzień wyniesie:

$$5 \times \frac{121}{21} = 0,87\%$$

Wobec tego przekroje w odgałęzieniach wypadają:

$$s' = 3,64 \times \frac{5000 \times 50}{220^2 \times 0,87} = 22 \text{ mm}^2,$$

zaokrąglamy go do 25 mm<sup>2</sup>.

$$\text{Prąd } I' = \frac{5000}{220} = 22,7 \text{ A,}$$

prąd ten jest dopuszczalny ze względu na granie.

$$s'' = 3,64 \times \frac{20000 \times 20}{220^2 \times 0,87} = 34,6 \text{ mm}^2$$

zaokrąglamy do 35 mm<sup>2</sup>.

$$I'' = \frac{20000}{220} = 91 \text{ A}$$

jest dopuszczalny.

$$s''' = 3,64 \times \frac{15500 \times 13}{220^2 \times 0,87} = 17,5 \text{ mm}^2,$$

zaokrąglamy do 25 mm<sup>2</sup>; prąd:

$$I''' = \frac{15500}{220} = 70 \text{ A}$$

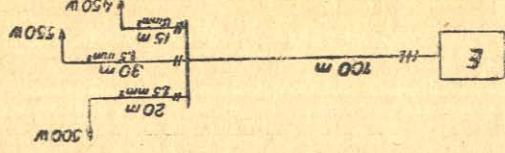
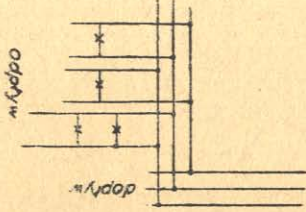
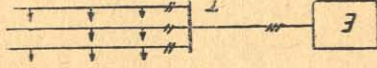
jest dopuszczalny.

#### § 104. OBLICZENIE PRZEKROJU PRZEWODÓW W SIECI TROJFAZOWYM.

Elektrownia własna lub podstacja transformatorowa za-  
sila oświetlenie według schematu na rys. 89.  
Od E do I tor trójfazowy, od I rozgałęzienia jednofazowe  
możliwie równo obciążone.

Przy sieci wieloprzewodowej zazwyczaj wykonujemy  
jako dwuprzewodowe tylko urządzenia odbiorcze do 2,2 kW  
przy napięciu 220 V i do 1,2 kW mocy przy napięciu 127, 120  
lub 110 V.

Układ połączeń tabliczki rozgałęzieńowej pokazany jest  
osobno na rys. 89.



Rys. 89.



### § 105. OBLICZENIE PRZEBIEGU PRZEWODÓW W SIECI SÍLOWEJ PRÁDU TRÓJFAZOWEGO.

Elektrownia własna lub podstacja transformatorów zasilaniem warsztat, gdzie są ustawione trójfazowe silniki, asynchroniczne podzielone na kilka grup, rys. 90.

Obliczamy prądy znamionowe pobierane przez silniki, uwzględniając sprawność i  $\cos \varphi$  każdego silnika (p. str. 64) oraz napięcie, które przyjmujemy 380 V:

$$I' = \frac{1,73 \times 380 \times 0,82 \times 0,8}{8 \times 735} \cong 14 \text{ A}$$

$$I'' = \frac{1,73 \times 380 \times 0,82 \times 0,82}{10 \times 735} \cong 17 \text{ A}$$

$$I''' = \frac{1,73 \times 380 \times 0,8 \times 0,78}{2 \times 735} \cong 4 \text{ A}$$

$$I'''' = \frac{1,73 \times 380 \times 0,82 \times 0,84}{20 \times 735} \cong 31 \text{ A}$$

Przekrój przewodów w odgądzieniach do poszczególnych silników bierzemy według prądu rozruchowego, wspólne zaś odniki według sumy prądów znamionowych według tab. II na str. 182.

Prądy np. przed rozgałęzieniem głównym znajdujemy wprost, dodając:

$$I_{14} + I_{17} = 31 \text{ A,}$$

taki prąd płynie na odcinku wspólnym.

Nie jest to ściśle, gdyż silnik 8 KM i 10 KM mają nieco różne  $\cos \varphi$ , lecz popełniany przy tym błąd jest nieznaczny i nie ma wyraznego wpływu na wielkość wybieranych z okrągłym przeliczeniem przekrojów.

W tym przypadku przekrój rozgałęzień od tabliczki do lamp wybieramy bez obliczenia 1 mm<sup>2</sup>, 1,5 mm<sup>2</sup>, lub 2,5 mm<sup>2</sup> stosownie do długości i obciążenia.

Założymy, że obliczone jak w poprzednim przykładzie za-  
stępcze odległości, całkowite obciążenia i przekroje przewo-  
dów w torach jednofazowych będą jak podano na rys. 89.

Obliczamy teraz spadki napięcia w poszczególnych odga-  
żeniach, przyjmując, że napięcie na odbornikach wynosi 120 V.

$$p' = 3,64 \times \frac{120^2 \times 2,5}{20 \times 500} = 1,60\%$$

$$p'' = 3,64 \times \frac{120^2 \times 2,5}{30 \times 500} = 1,01\%$$

$$p''' = 3,64 \times \frac{120^2 \times 1,5}{15 \times 450} = 1,14\%$$

Przyjmując cały spadek napięcia od transformatora do  
ostatniej lampy 3%, otrzymamy spadek na przewod zasila-  
jący, odejmując największy z powyższych spadków od 3:

$$3 - 1,6 = 1,4\%$$

Według tego spadku napięcia obliczamy przekrój trój-  
fazowego toru zasilającego E T ze wzoru na str. 190:

$$s = 1,82 \times \frac{100 \times (500 + 550 + 450)}{120^2 \times 1,4} = 13,6 \text{ mm}^2$$

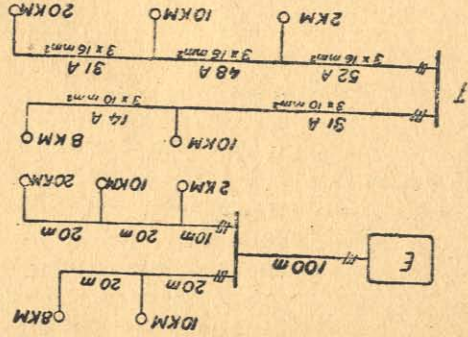
Zaokrąglamy na 10 mm<sup>2</sup> i obliczamy prąd w przewo-  
dach ET:

$$I = \frac{1500}{1,73 \times 120} = 7,25 \text{ A}$$

Prąd ten jest znacznie mniejszy od dozwolonego dla prze-  
kroju 10 mm<sup>2</sup>, patrz str. 182.



Przyjmując prądy rozruchowe podwójne względem znamionowych, otrzymany przekroje wskazane na rys. 90.



Rys. 90.

Następnie obliczamy stratę mocy, pomijając drobne różnice, według prądów i oporów przewodów w poszczególnych odcinkach, przyjmując przewodność między 55, według wzoru:

$$3 \cdot J^2 \frac{l}{k s}$$

$$3 \times 14^2 \times 20 \approx 22 \text{ watów}$$

$$= 105 = \frac{55 \times 10}{3 \times 31^2 \times 20}$$

$$= 66 = \frac{55 \times 16}{3 \times 31^2 \times 20}$$

$$= 158 = \frac{55 \times 16}{3 \times 48^2 \times 20}$$

$$= 92 = \frac{55 \times 16}{3 \times 52^2 \times 10}$$

Razem — 443 waty.

Cała pobrana przez silniki moc obliczamy ze wzoru:

$$= \frac{8 \times 735}{0,8} + \frac{2 \times 10 \times 735}{0,82} + \frac{2 \times 735}{0,82} + \frac{20 \times 735}{0,75} = 44210 \text{ watów.}$$

Strata mocy 443 waty stanowi od całej mocy pobranej przez silniki:

$$\frac{443 \times 100}{44210} \approx 1\%$$

Przyjmujemy ogólne straty 5%; wobec tego na tor ET zostanie:

$$5 - 1 = 4\%$$

Dla obliczenia przekroju przewodów toru ET, przede wszystkim znajdziemy w sposób przybliżony ogólny prąd płynący w przewodach toru według obliczeń poprzednio dokonanych dla poszczególnych silników. Ogólny prąd będzie:

$$14 + 17 + 4 + 17 + 31 = 83 \text{ A}$$

Następnie obliczamy współczynnik mocy  $\cos \varphi$  dla prądu płynącego w torze ET:

$$\cos \varphi = \frac{\text{moc pobrana przez wszystkie silniki}}{1,73 \times \text{napiecie} \times \text{całkowity prąd}} = \frac{44210}{1,73 \times 380 \times 83} = 0,81$$

Przekrój w torze ET znajdziemy ze wzoru na str. 191.

$$s = 1,82 \frac{44210 \times 100}{0,81^2 \times 380^2 \times 4} = 21,2 \text{ mm}^2$$

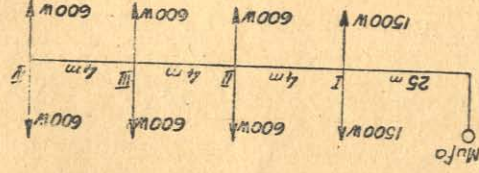
Ten przekrój zaakraglamy do 25 mm<sup>2</sup>, obciążenie prądem mamy 83 A, dozwolony prąd jest 100 A, więc na tym przekroju możemy się zatrzymać.



### § 106. PRZYKŁADY OBLICZENIA PRZEKROJU PRZEWODÓW W PRZYŁĄCZENIACH DO SIECI ROZDZIELCZEJ ZAKŁADU ELEKTRYCZNEGO.

1. Rozważmy np. przyłącze sieci oświetleniowej domu mającego sześć mieszkań na I, 2 i 3 piętrze oraz dwóch sklepów na parterze. Prąd trójfazowy, napięcie 120 V. Mając liczbę pokoi w mieszkaniach obliczamy obciążenie, licząc po 60 watów na każdą izbę, nie wyliczając przedpokoi i ubikacji pobocznych, poza tym doliczamy pełną nominalną moc odbiorników ponad 150 watów. W sklepach obliczamy obciążenie, według zapotrzebowania oświetlenia.

Założymy, że w mieszkaniach wypadnie liczyć obciążenie po 600 watów, w sklepach zaś po 1500 watów.



Rys. 91.

W takim razie, uwzględniając, że jako dwuprzewodowe są wykonywane odgałęzienia przy 120 V najwyższej na 1,2 kW, a przy 220 V najwyższej na 2,2 kW, kolejno przyłączamy po dwa mieszkania na jedną fazę, np. jak na rys. 91, każdy sklep zaś na wszystkie trzy fazy, rozdzielając lampy na poszczególne fazy wewnątrz sklepu.

Przekroje rozgałęzionych przewodów w mieszkaniach i w sklepie dobieramy według obciążenia i długości: 1 mm<sup>2</sup>, 1,5 mm<sup>2</sup> i 2,5 mm<sup>2</sup>, wyjątkowo 4 mm<sup>2</sup>.

Przekrój przewodów od mufy M obliczymy na 1,5% spadku napięcia, biorąc zastępczą odległość obciążenia, którą obliczamy ze wzoru:

$$3000 \times 25 + 1200 \times 29 + 1200 \times 33 + 1200 \times 37 = 29 \text{ m}$$

Wobec tego przekrój będzie:

$$s = 1,82 \times \frac{6600 \times 29}{120^2 \times 1,5} \approx 10,1 \text{ mm}^2$$

Zaokrąglamy do 16 mm<sup>2</sup> i obliczamy natężenie prądu w jednym przewodzie:

$$I = \frac{6600}{1,73 \times 120} = 31,8 \text{ A}$$

Dozwolone obciążenie przekroju 16 mm<sup>2</sup> wynosi 75 A.

Więcej przekroju powyższy jest zupełnie odpowiedni. Przewody o tym przekroju prowadzimy od mufy do najwęższego piętra. Znaczący jeszcze należy, że według przepisów najmniejszy dozwolony przekrój pionu jest 4 mm<sup>2</sup>, więc i temu warunkowi nasz przekrój czyni zadość.

2. Do mufy sieci rozdzielczej zakładu elektrycznego ma

być przyłączony silnik 20 KM, prąd trójfazowy, napięcie 220 V. Długość toru przewodów od mufy do licznika 50 m, a od licznika do silnika 5 m, do licznika kabel obłożony, od licznika przewod izolowany na ścianie.

Obliczamy moc prądu pobraną przez silnik.

$$\frac{20 \times 735}{0,85} = 17,3 \text{ kW}$$

Spółczynnik mocy przyjmemy 0,84, a stratę energii do licznika 2%, wtedy przekrój wypadnie:

$$s = 1,82 \times \frac{17300 \times 50}{0,84^2 \times 220^2 \times 2} = 23 \text{ mm}^2$$

ten przekrój zaokrąglamy do 25 mm<sup>2</sup> i obliczamy prąd:



$$I = \frac{17300}{1,73 \times 220 \times 0,84} = 54,2 \text{ A}$$

Prąd przy rozruchu będzie np.:

$$54,2 \times 1,5 = 81,2 \text{ A}$$

Wobec tego, że prąd dozwolony dla kabla przy przekroju 25 mm<sup>2</sup> (p. str. 183) zawieszono go w pionicy wynosi:

$$113 \times 0,75 = 85 \text{ A}$$

możemy więc ten przekrój zachować.

Dałej od licznika do silnika na długości 5 m moglibyśmy stracić jeszcze 2%, więc przekrój przewodów w tej części wypadnie:

$$s' = 1,82 \frac{17300 \times 5}{0,84^2 \times 220^2 \times 2} = 2,4 \text{ mm}^2$$

kóry daje się zaakreślić na 2,5 mm<sup>2</sup>, ale dozwolony prąd jest zaledwie 20 A, wobec tego wypada w dalszym ciągu zastosować przekrój 25 mm<sup>2</sup>, dla którego jest dozwolone obciążenie 100 A.

Przewód od silnika do rozrusznika należy dać o przekroju odpowiadającym prądowi w obwodzie wirnika. Jeżeli napięcie w wirniku na pierścieniach będzie 100 V, to prąd wypadnie (patrz str. 66):

$$\frac{100}{20 \times 425} = 85 \text{ A}$$

Na granie przy 85 A wystarczy 25 mm<sup>2</sup>.

3. Przekroje przewodów stosowanych w odgądzieniach na siłę od napowietrznych sieci trójfazowych czteroprzewodowych przy napięciu międzyprzewodowym 380 V bywają następujące:

Najmniejszy przewód od sieci do przyłącza mm <sup>2</sup>	Przekrój przewodów od sieci do przyłącza mm <sup>2</sup>	Moc silnikowa		KM
		Normalny prąd bezpiecznika A	przy przyłączu liczniku	
		10	15	0,5
4	10	6	15	1,0
4	10	10	15	2,0
4	10	10	15	3,0
4	10	10	15	4,0
4	10	10	15	4,0
6	10	10	20	5,0
6	10	20	25	6,0
6	10	20	25	7,0
6	16	20	25	8,0
6	16	20	25	9,0
6	16	20	25	10,0
10	16	25	35	10,0
10	16	25	35	12,0
10	16	25	35	13,0
16	16	35	50	15,0

### § 107. PRZEKROJ PRZEWODÓW DO LAMP ŁUKOWYCH.

Rozważamy przykład zasilania lampy łukowej, która pobiera prąd o natężeniu 12 A, a na łuku ma napięcie normalne 80 V. Prąd pobierany od tablicy, na której mamy napięcie 120 V, długość podwojnego przewodu od tablicy do lampy 50 m, przewód napowietrzny. Na nagrzanie wystarczy przy 12 A 1,5 mm<sup>2</sup>, lecz na wytrzymałość przewód napowietrzny musi mieć przekrój 6 mm<sup>2</sup>, wobec tego rozstrzyga ten ostatni wzrost i zatrzymujemy się na tym przekroju. Sprawdzamy jednak jeszcze spadek napięcia, który tu wypadnie:

$$2 \times 50 \times 12 = 1200$$

$$\frac{55 \times 6}{1200} = 3,64 \text{ V}$$

Wobec tego:

$$120 - 3,64 - 80 = 36,36 \text{ A}$$



wypada pochłonią w oporniku. Ponieważ natężenie prądu wynosi 12 A, więc opór opornika będzie:

$$36,36 \frac{\text{mm}^2}{12} = 30,3 \Omega$$

### § 108. USTRÓJ PRZEWODÓW I ICH ZASTOSOWANIE.

Przewodniki, zwykle miedziane, bywają jednolite czyli druty, bądź skrócone z drucików linki. Linki bywają sztywne z małej liczby grubych drutów i giętkie z dużej liczby drucików cienkich.

#### Druty góle miedziane.

Przekrój mm <sup>2</sup>	Srednica mm	Przybliżony ciężar 100 m kg	Opór 100 m Ω
6	2,75	5,34	0,297
10	3,55	8,9	0,178
16	4,5	14,2	0,111
25	5,6	22,3	0,0714

1. Przewody góle nie mają żadnej izolacji, jako druty bywają stosowane od 6 do 25 mm<sup>2</sup>, jako linki sztywne od 10 mm<sup>2</sup> do 300 mm<sup>2</sup> głównie jako przewody napowietrzne.

2. Przewody odziane (nie są uważane jako izolowane) mają żyły chronione od wpływów chemicznych za pomocą masy odpornej na wpływy chemiczne, owinięte podwojną taśmą papierową, potem owinięte warstwą bawełny i oplecione bawełną. Papier i bawełna są nasycone masą ze schnących olejów roślinnych i tlenków metali (np. oleju linałowego i minki otowianej).

#### Linki góle miedziane.

Przekrój mm <sup>2</sup>	Liczba drutów	Srednica drutów mm	Srednica linki mm	Ciężar 100 m kg	Opór 100 m Ω
10	7	1,35	4,1	9,0	0,18
16	7	1,7	5,1	14,4	0,11
25	7	2,1	6,3	22,5	0,07
35	7	2,5	7,5	31,8	0,05
50	7	3	9,0	45,3	0,035
70	19	2,1	10,5	63,3	0,025
95	19	2,5	12,5	86	0,018
120	19	2,8	14	108,5	0,015
150	37	2,25	15,8	135,6	0,012
185	37	2,5	17,5	168	0,0095
240	61	2,25	20,3	218	0,0073
300	61	2,5	22,5	273	0,0059

Przewody brązowe, glinowe i żelazne, opór i ciężar na 100 m (brąz o przewodności 51 i dopuszczalnym napięciu 12 kg/mm<sup>2</sup>).

Przekrój mm <sup>2</sup>	Brąz		Glin		Żelazo	
	opór Ω	cięż. kg.	opór Ω	cięż. kg.	opór Ω	cięż. kg.
6	0,32	5,3	0,479	1,9	2,18	4,6
10	0,20	8,8	0,287	2,65	1,308	7,7
16	0,12	14,1	0,179	4,3	0,818	12,3
25	0,078	22,0	0,115	6,6	0,523	19,3
35	0,056	30,8	0,082	9,3	0,374	27,0
50	0,039	44,8	0,057	13,5	0,261	39,2
70	0,028	62,8	0,041	18,9	0,187	54,5
95	0,021	85,0	0,032	25,6	0,137	74,5



otacza się gęstym nasyconym opłotem z bawełny i jeszcze opłata się mocnym nasyconym szpagatem ko-nopnym.

f) Sznur bębnowy giętki dla specjalnie ciężkich warun-ków ruchu, do 6 kV. Przekrój 2,5 do 150 mm<sup>2</sup>. Opona dostatecznie giętka, jeżeli ma swobodnie wisieć, to musi mieć linkę nośną.

5. Kable obolowane. Żyły miedziane w kablach z izolacją

papierową nieocynowane, a z izolacją gumową — ocynowane. W kablach 4-żyłowych przewód zerowy z izolacją koloru naturalnego, inne żyły z — kolorową.

a) Kable obolowiony goly. Powłoka ołowiana niczym nie przykryta. Używany jest wewnątrz budynków lub w kanałach, gdzie nie jest narazony na uszkodzenia mechaniczne i działanie chemiczne.

b) Kable obolowiony osłoniowany ma na powłoce ołowianej taśmę papierową, a na niej obwój z materiału włókni-atego, nasyconego asfalem.

Używa się wtedy, gdy nie ma obawy uszkodzeń me-CHANICZNYCH.

c) Kable obolowiony osłoniowany i opancerzony taśmą żelazną. Na powierzchni taśmy żelaznej obwój materiałem włókniстым nasyconym asfalem.

Ten kabel zabezpieczony jest pod względem mecha-nicznym i chemicznym, nadaje się do zakładania w ziemi i w budynkach.

W elektrowniach, gdzie dużo takich kabli leży obok siebie, powłoki z materiału włókniatego nie daje się, a wprost taśmę żelazną asfaltuje się, gdyż często taka powłoka powoduje przenoszenie się ognia wzdłuż kabli!

Powłoka ta jest niebezpieczna tylko tam, gdzie kabel jest narazony na szkodliwe działania chemiczne.

d) Kable obolowiony osłoniowany i opancerzony drutem płaskim lub okrągłym stalowym jest wytrzymały na ro-

3. Przewody do zakładania na stałe w izolacji gumowej. Żyły białe są sztywne bądź giętkie. Żyły różnych biegunów różnią się po barwie opłotu, przewód zerowy zawsze biały.

Używa się kilka gatunków, z których najważniejsze są następujące:

a) Przewód ogumowany na napięcie do 750 V.

b) Przewód ogumowany jednożyłowy odporny na wpły-wy atmosferyczne i chemiczne na napięcie do 750 V.

c) Przewód ogumowany, odporny na wilgoć i gorąco na napięcie do 750 V.

d) Przewód ogumowany na wysokie napięcie 2, 3, 6, 10, 15, 20 i 30 kV, powłoka gumowa wielowarstwowa.

e) Przewód płaszczowy tylko do niskiego napięcia jedno- i wielożyłowy w izolacji gumowej i w płaszczu meta-łowym (nie ołowianym).

f) Przewód w gołej powłoce ołowianej do niskiego na-pięcia i zakładania na tynku bywa płaski i okrągły,

4. Przewody do odbiorników przenośnych i ruchomych w izolacji gumowej. Przepisy obejmują 10 typów słownych, najważniej-sze są trzy:

a) Przewód świecznikowy do niskiego napięcia, zakłada się wewnątrz lub zewnętrznie świeczników. Żyła ocyno-wana 0,75 mm<sup>2</sup>, 1 mm<sup>2</sup> bądź 1,5 mm<sup>2</sup> (długość 0,5 mm<sup>2</sup>).

b) Sznur do zwieszaków z żyłą o przekrojach 0,75; 1; 1,5; 2; 3; 4; 6 mm<sup>2</sup>.

c) Sznur pokojowy do lamp przenośnych; przekroje żył

bądź 1,5 mm<sup>2</sup> ze szpagatem zwieszakowym lub linką

nośną metalową.

d) Sznur warsztatowy normalny na średnie obciążenie mechaniczne, do odbiorników przenośnych w urządze-niach niskiego napięcia w warsztatach. Przekrój od 1 do 35 mm<sup>2</sup> z opłotem mocnym szpagatem nasyconym.

e) Przewód giętki przemysłowy normalny na napięcie nominalne 750 V do urządzeń w przemyśle i rolnic-twie. Przekrój od 1 do 16 mm<sup>2</sup>. Na wspólną powłokę gumową nawija się bawełnianą taśmę nagumowaną.



zermanie, nadaje się do zawieszania w położeniu pionowym w szybach kopalnianych oraz do układania w rzekach.

### § 109. TABLICE PRZEWODÓW IZOLOWANYCH

#### I KABL I

Przewody jednożyłowe w powłoce z gumy wulkanizowanej do zakładania na gąłkach lub w rurkach do 750 V.

Przekrój mm <sup>2</sup>	Zewnętrzna średn. mm	Ciezar 1000 m w kg
1	4,2	24
1,5	4,4	30
2,5	5,2	46
4	6,1	63
6	6,6	85
10	8,2	137
16	9,1	199
25	11,4	315
35	12,7	424
50	14,8	590
70	16,4	790
95	18,6	1062

Przekrój mm <sup>2</sup>	Ciezar 1000 m w kg		
	2-żyłowy	Sznur warszt. lekki	3-żyłowy
0,75	100	130	—
1	110	140	160
1,5	130	170	190
2,5	180	220	270
4	230	300	320
6	310	400	400
10	—	—	540
16	—	—	710

#### SZNURY.

Przekrój mm <sup>2</sup>	Średnica mm		Ciezar kg
	KPb A	KPb Ft	
1	10,0	—	305
1,5	10,3	—	325
2,5	10,5	—	355
4	11,5	—	425
6	12,0	—	475
10	12,5	20,0	550
16	14,0	21,5	690
25	16,0	23,0	890
35	17,5	24,5	1100
50	18,5	26,0	1330
70	21,0	28,0	1690
95	22,5	30,0	2040
120	25,5	33,0	2490
150	28,0	36,0	3040
185	29,5	37,5	3580
240	33,0	41,0	4450
300	36,5	44,5	5380
400	40,0	48,0	6750
500	44,0	52,0	8170
625	48,0	56,0	9980
800	52,5	60,5	12310

Zewnętrzna średnica i ciezar 1000 metrów.

Kable jednożyłowe obojętne na niskie napięcie KPb A — asfaltowane i KPb Ft — opancerzone taśmą żelazną.



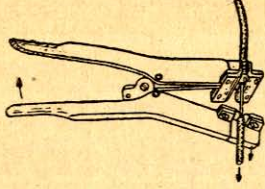
Kable wielozłotywe obojowione na niskie napięcie KpB Ft — opancerzone taśmą żelazną i KpB Fo — opancerzone drutem okrągłym. Zewnętrzną średnica i ciężar 1000 metrów.

Prze-krój mm <sup>2</sup>	Średnica mm			Ciężar kg		
	KpB Ft	KpB Fo	KpB Ft	KpB Ft	KpB Fo	KpB Ft
1	20,5	20,5	21,0	1120	1170	1230
1,5	20,5	21,0	21,5	1180	1240	1300
2,5	21,5	22,0	23,0	1280	1330	1400
4	22,5	23,0	24,0	1490	1550	1670
6	24,5	25,0	25,5	1630	1700	1820
10	26,0	26,5	27,0	1940	2000	2130
16	28,0	29,5	29,0	2260	2320	2525
25	34,0	34,0	35,0	3350	3180	3740
35	36,5	36,5	38,0	3950	3770	4470
50	40,0	41,0	42,0	4770	5020	5480
70	44,5	45,5	46,5	5860	6160	6900
95	48,5	50,5	51,0	7140	7900	8350
120	52,0	54,0	54,0	8130	8990	9750
150	55,0	57,0	58,0	9400	10280	11340
185	60,0	63,0	63,0	11130	12600	13700
240	65,0	69,0	69,0	13470	15670	16450
300	71,0	75,0	75,0	15770	18350	19840
400	78,5	83,5	83,0	19750	23150	24700

Kable obojowione na wysokie napięcie KpB Ft — opancerzone taśmą i KpB Fo — opancerzone drutem okrągłym trój-żyłowe. Zewnętrzną średnica i ciężar 1000 m.

1	20	20,5	21,0	1120	1170	1230
1,5	20,5	21,0	21,5	1180	1240	1300
2,5	21,5	22,0	23,0	1280	1330	1400
4	22,5	23,0	24,0	1490	1550	1670
6	24,5	25,0	25,5	1630	1700	1820
10	26,0	26,5	27,0	1940	2000	2130
16	28,0	29,5	29,0	2260	2320	2525
25	34,0	34,0	35,0	3350	3180	3740
35	36,5	36,5	38,0	3950	3770	4470
50	40,0	41,0	42,0	4770	5020	5480
70	44,5	45,5	46,5	5860	6160	6900
95	48,5	50,5	51,0	7140	7900	8350
120	52,0	54,0	54,0	8130	8990	9750
150	55,0	57,0	58,0	9400	10280	11340
185	60,0	63,0	63,0	11130	12600	13700
240	65,0	69,0	69,0	13470	15670	16450
300	71,0	75,0	75,0	15770	18350	19840
400	78,5	83,5	83,0	19750	23150	24700

Rys. 92. Ceggi do zdejmowania izolacji.



Przed przystąpieniem do skracania przede wszystkim obnazamy przewód z izolacji, ostrożnie strugając nożem, aż do polysku metalicznego albo stosując specjalne ceggi (patrz rys. 92). Następnie gołe przewody skręcamy. Gdy chodzi o po-

1. Ziącza i odgałęzienia drutów można wykonywać przez

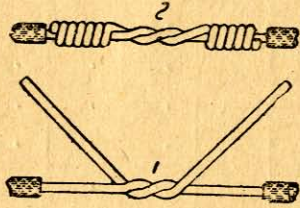
### § 110. ZIĄCZA I ODGAŁĘZIENIA.

Prze-krój mm <sup>2</sup>	Średnica mm			Ciężar kg		
	KpB Ft	KpB Fo	KpB Ft	KpB Ft	KpB Fo	KpB Ft
3 × 10	37,5	37,5	40,0	3750	4100	4420
3 × 16	40,0	41,0	41,0	4420	4680	—
3 × 25	45,0	46,0	60,0	5350	5880	9250
3 × 35	46,5	48,0	61,0	6130	6440	9580
3 × 50	50,0	52,0	65,0	8050	8500	11090
3 × 70	54,0	56,0	68,5	9450	10120	12630
3 × 95	58,0	61,0	72,5	11570	12300	14910
3 × 120	61,0	64,0	74,5	13000	13860	18860
3 × 150	65,0	69,0	78,4	15300	16300	20630
3 × 185	69,0	73,0	82,5	17300	18400	23950
3 × 240	75,0	80,0	—	18400	21600	—



łączenie dwóch przewodów o przekroju do 6 mm<sup>2</sup>, to stosujemy skręt wskazany na rys. 93, końce przewodów grubszych od 6 mm<sup>2</sup> w postaci drutów pełnych przykładamy jeden do drugiego i owijamy mocno i szczególnie drutem wiązkowym (śred. 1 mm) i końce odginamy jak pokazano na rys. 94 lub zaciskamy w zaciskach, p. rys. 95. Odgązlenia drutów do 6 mm<sup>2</sup> wykonujemy, okręcając nim przewód główny, patrz

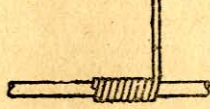
rys. 96.



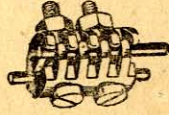
Rys. 93. Sposób połączenia przewodów do 6 mm<sup>2</sup>.



Rys. 94. Połączenie przewodów zapomocą drutu wiązkowego.



Rys. 95. Połączenie przewodów Rys. 96. Sposób wykonania za pomocą zacisków. odgązlenia.



Druty grubsze przykładamy do przewodu głównego i razem owijamy drutem wiązkowym. Przy wszystkich skrętach druty należy kręcić mocno, ścisnąc silnie cząstkami. Poza tym łączenie wszelkich drutów bywa nieraz dokonywane za pomocą złączek zaopatrzonych w śrubki, pod które zaciskamy końce drutów.

2. Linki łączymy i odgązlamy bądź za pomocą złączek rurkowych, p. rys. 97, nasadzonych na końce linki i przez ścianie odpowiednimi cząstkami, karbowanych, bądź też za pomocą rurek zaciskowych, p. rys. 98 i 99, ze śrubkami załączkowymi, łączą w takich rurkach zazwyczaj są po zaciśnięciu lutowane. Wreszcie jest cały szereg najrozmaitszych zacisków, np. p. rys. 100, 101, 102, które nieraz również znajdują zastosowanie.



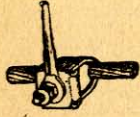
Rys. 97. Złączki rurkowe.



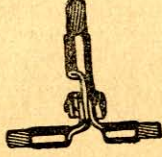
Rys. 98.



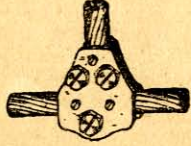
Rys. 99.



Rys. 100.



Rurki zaciskowe.



Rys. 102.

Rys. 101. Inne rodzaje zacisków. (Napis ten odnosi się do rys. 100, 101 i 102).

Przy łączeniu linki wewnątrz świeczników, wyjątkowo jest dozwolone przy niskim napięciu skręcanie i lutowanie skrętów. 3. Do lutowania złącza muszą być tak przygotowane, aby



po zlutowaniu przewodów izolowanych złącza izolujemy taką izolacją; gdy jest obawa przedostania się wilgoci, to należy złączyć, przed owinięciem taśmą, jeszcze pokryć warstwą specjalnej masy izolacyjnej (np. czarterton-kompand). Masę izolacyjną nakłada się w stanie gorącym i na nią nawija się taśmę, która powinna zachodzić na izolację nienaruszonych przewodów. Możemy również pod taśmę izolacyjną z tkaniny dać owinięcie taśmą z paragonny, w ogóle należy w tym przypadku izolację na złączu dać również dobrą, jak izolacja przewodów.

4. Gdy konce przewodów wypada zacisnąć pod śrubami, to druty do 16 mm<sup>2</sup> i linki do 6 mm<sup>2</sup> skręcamy w odpowiednie uszka dokładnie przystosowane do śrubek zaciskowych. Końce uszka dokładnie przystosowane do śrubek zaciskowych. Końce linki przed tym mocno skręcamy i druczki zlutujemy w jedną całość. Druty powyżej 16 mm<sup>2</sup> i linki powyżej 6 mm<sup>2</sup> zapatruje się w końcówki, p. rys. 103, do których wintowuje się koniec przewodnika. Patrz wyżej podane uwagi o lutowaniu.

Przewód musi być wintowany sztywno, aby się nie ruszał w końcówce. Obnazoną część przewodu owijamy taśmą izolacyjną do samego uszka lub końcówki. Przy zaciskaniu uszka lub końcówki pod śrubkę należy dbać o to, aby powierzchnie kontaktowe były zupełnie czyste, a śrubka była zaciśnięta mocno, należy jednak uniknąć przecięcia śrubki i zerwania gwintu.

### § 111. OGÓLNE ZASADY PROWADZENIA PRZEWODÓW W BUDYNNKACH

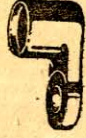
1. Nowe budynki muszą być już w czasie budowy przystosowane do prowadzenia instalacji elektrycznej. W ścianach powinny być założone odpowiednie rury żelazne dla przepuszczenia rurek z przewodami czy kablami. W odpowiednich miejscach muszą być zrobione wgłębienia w ścianach dla tabliczek rozdzielczych. Szczególnie ważne jest takie przygotowanie w budynkach żelbetonowych.

cyjna mogła objąć szczerlinie całą powierzchnię tak jednolitych drutów, jak każdego druczka w linie, to też szczególnie końce linki należy starannie oczyścić benzyną, każdy drucik osobno, przed włożeniem do złączki. Przy lutowaniu nie wolno posilować się kwasem. Jeżeli używamy kalafonii, to rozgrzewamy złącze lutowką (kolbą) lub płomieniem lampki benzynowej, posypujemy drobno tuczoną kalafonią i przykładamy paleczkę cyny.

Lutowka musi być oczyszczona salmiakiem, nie przegrzana i pokryta cyną, która powinna do niej dobrze przylegać. Można również stosować pasty lutownicze np. ludor lub tynol itp. Cienkie druczki można lutować, rozgrzewając je małym łukiem otrzymywanym z transformatora, na wtórne napięcie kilkadziesiąt woltów, którego jeden biegun wtórnego uzwojenia przyłącza się do przewodu lutowanego, a drugi do paleczki węglowej.

Gdy mamy dużo złączeń do lutowania, to w miarę możliwości zaleca się zanurzenie złącza posypanego kalafonią w roztopionej cynie.

Lutowie zawsze powinno dobrze przystawać do powierzchni drutów i przenikać w linkach do wszystkich warstw, powlekając druczki cienką warstwą cyny. Cynę zbyleczną scieramy na gorąco gałganikiem.



Rys. 103. Końcówki do przewodników.



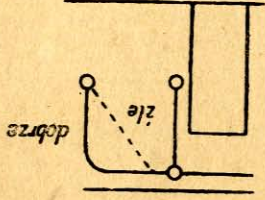
2. Przewody i rurki na tynku — widoczne — należy pro-

wadzić według następujących przepisów.

a. Prowadzić przewody po liniach prostych, wyjącznie poziomych i pionowych, p. rys. 104, zakręty — pod kątem prostym lub łukiem o małym promieniu.

b. Przewody nie powinny się krzyżować, na krzyżowanie należy decydować się w ostateczności, gdy innego wyjścia nie ma.

c. Przewody widoczne, naogół muszą być wyprowadzone, aby nie tworzyły linii falistej, natomiast swobodnym łukiem należy wprowadzać przewody z gąsek do rurek i do otworów w ścianach lub wyprowadzać z fąsek wychodzących na zewnątrz.



Rys. 104. Sposób prowadzenia przewodów.

d. Przewody prowadzić trzeba wzdłuż linii istniejących np. przy sztukaterii, po szlaku, po tramundze, po zamachach ścian, przy listwie podłogi, a nie tworzyć linii nowych.

e. Aby przewody nie rzucały się w oczy, należy je prowadzić po stronie mniejszego oświetlenia dziennego, np. po ścianie z oknami, poza filarem itp., do pałająków (zyrandoli) doprowadzać na sufitcie od ściany z oknami, do świeczników naściennych z góry lub z dołu.

3. Wyłączniki dawać przy drzwiach wejściowych z tej strony, gdzie wchodzący najłatwiej będzie do wyłącznika sięgnąć.

4. Rurki pod tynkiem można prowadzić ukosnie, wyginając dowolnie, ale w łagodne łuki, pewna pochylność jest konieczna.

nieczna dla odpływu wody. Należy tylko unikać miejsc

przewidzianych na wbiłanie haków.

5. Wszystkie przewody do siły i światła należy zakładać

conalniej na odległość 100 mm od przewodów telefonicznych i dzwonekowych. W przejściach przez ściany należy prowadzić w osobnych rurkach, a na skrzyżowaniach zakładać rurki izolacyjne. Przewodniki dzwonekowe na świecznikach elektrycznych muszą być powleczone gumą wulkanizowaną.

6. Wszelkiego rodzaju przewody elektryczne powinny być prowadzone z dala od rur gazowych, wodociągowych, ogrzewalnych i kanalizacyjnych.

W miejscach suchych przewody w rurkach i kabłe muszą być prowadzone na odległość i co najmniej 20 mm, w wilgotnych zaś co najmniej 100 mm od rur. Ten przepis musi być szczególnie sumiennie przestrzegany, bo siłą przewodnika z rurą może spowodować porażenie osób dotykających się do rury wodociągowej czy kanalizacyjnej. Od rur gorących

przewody muszą być oddzielone odpowiednimi przegrodami izolacyjnymi.

Dla przewodów prowadzonych na izolatorach i gąskach dalej podane są przepisy szczegółowe.

7. W ogóle należy zastosować sposób prowadzenia przewodów i sprzęt elektryczny do rodzaju pomieszczenia. W lokalach mieszkalnych należy mieć na względzie przede wszystkim wygład, estetykę, w pracowniach zaś przede wszystkim pewne i trwałe zabezpieczenie urządzenia od uszkodzeń.

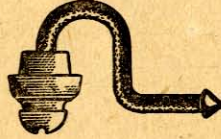
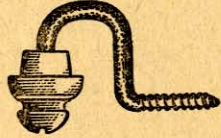
## § 112. IZOLATORY I GAŁKI.

Przewody w budynkach mogą być prowadzone na izolatorach dzwonekowych, gąskach zwykłych, okopowych i żeberkowych itp. oraz na zaciskach porcelanowych.

Izolatory wewnątrz budynków stosujemy takie same, jak dla linii napowietrznych, (patrz § 127) lub zwykłe izolatory używane dla przewodów telegraficznych, które bywają trzech wielkości: śred.: 60 — 75 — 90 mm, a odpowiednio wysokość: 85 — 110 — 136 mm, według norm polskich.



Izolatory zakładamy zawsze w położeniu pionowym, umocowując na hakach z gwintem do drzewa lub kotwą do muru, p. rys. 105. W wyjątkowych tylko przypadkach można ustawić izolatory pochylco, zwracając uwagę, aby woda nie mogła się w nich zbierać.



Rys. 105. Sposoby umocowania izolatorów.

Gałki zwykle nadają się tylko do miejsc suchych i niskiego napięcia, p. rys. 106.



Rys. 106.

Rys. 107.

Rys. 108.

Gałki.

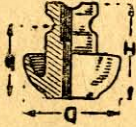
Wymiary zwykłych gałek, p. rys. 106.

Dla przewodu o przekroju do mm <sup>2</sup>	Wysokość mm	Srednica mm
4	24	24
10	30	30
25	36	36
70	42	42

Wymiary gałek żeberkowych, p. rys. 108.

Dla przewodu o przekroju do mm <sup>2</sup>	Wysokość mm	Srednica mm
6	45	36
6	66	42
10	55	50
10	75	56

Gałki okapowe używane są w miejscach wilgotnych do napięć niskich, p. rys. 109.



Rys. 109. Gałka okapowa.

Wymiary gałek okapowych, p. rys. 109.

Do przewodu o przekroju do mm <sup>2</sup>	H	h	D
10	36	26	41
25	45	35	46
70	63	50	65
120	81	63	81

Używa się gałki żeberkowe najczęściej przy krzyżowaniu się przewodów.

Poza tym bywają różne izolatory specjalne, np. izolator nosowy używa się przy prowadzeniu pionowo przewodnika

Izolatory, gałki i zaciski wyrabiane są prawie wyłącznie



nie z porcelany. Na izolatorach, gątkach okapowych i żeberkowych zawieszamy przewody tak gołe, jak i izolowane, na gątkach zwyżających tylko izolowane.

### § 113. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW NA IZOLATORACH I GAŁKACH WEWNĄTRZ BUDYNKÓW.

1. Odstępy przewodów. Najmniejsze odstępy przewodów pomiędzy sobą i od otaczających przedmiotów i ścian muszą być utrzymane następujące, odpowiednio do lokalu, rodzaju i izolacji.

#### Odstępy przewodów przy niskim napięciu.

Odstęp przewodów	Odstęp pomiędzy punktami zamocowania przewodów	miedzy sobą od ścian itp. cm	
		cm	cm
Izolowane przewody w suchych lokalach na gątkach	80 cm	5	1
		5	5
Izolowane przewody w lokalach wilgotnych na gątkach okapowych	80 cm	5	5
		5	5
Gołe przewody na izolatorach w suchych lokalach	do 2 m 2 do 4 m 4 do 6 m ponad 6 m	5	5
		5	5
Gołe przewody na izolatorach w lokalach wilgotnych	1 m	5	5
		5	5

Przy niskim napięciu odległości powyższe mogą być w wyjątkowych przypadkach zmniejszone, gdy w rozdzielni

są prowadzone grube sztywne przewody umocowane conajmniej w odstępach 1 m, oraz gdy przewody należą do tego samego bieguna.

#### Odstępy przy wysokim napięciu i gołych przewodach umocowanych na izolatorach w odstępach do 2 m.

Napięcie międzyprzewodowe	Odstęp między ścianą itp. w cm	Napięcie międzyprzewodowe V	Odstęp między ścianą itp. w cm
1000	5	3000	7,5
3000	7,5	4500	10
6000	10	6000	12,5
10000	12,5	8000	18
15000	18	10000	18
20000	18	10000	18

Przy wysokim napięciu, gdy odstępy zamocowań będą większe od 2 m, to odstępy od ścian itp. należy zwiększyć co najmniej o 2,5 cm na każdy metr zwiększenia odstępów między zamocowaniami, a więc np. przy odległości zamocowań 4 m przy napięciu 1000 V należy stosować odległości od ścian:

$$5 + 2,5 + 2,5 = 10 \text{ cm.}$$

Poza tym, jeżeli jest obawa, że odstępy od ścian itp. mogą się zmniejszyć, wskutek ruchu przewodów przy zwarciach albo przesuńnięcia się otaczających przedmiotów, to odstępy od ścian itp. należy powiększyć 1,2 raza. Wzduż zewnętrznych ścian budynków przewody wysokiego napięcia można prowadzić w odstępach według po-



wyższej tabelicy powiększonych 1,2 raza i nie bliżej, niż na odległości 10 cm.

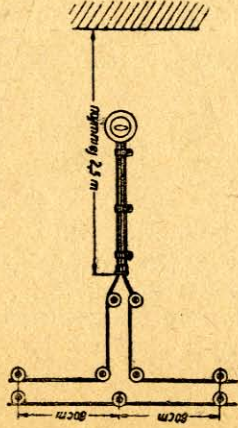
Dla odległości od przewodów różnych ochron przy wysokim napięciu, należy do liczb podanych w tabelicy dodać: dla blach i drzewi blaszanych — 3 cm, dla siatek i drzewi siatkowych 10 cm, dla ogrodzenia 20 cm, zastrzegając, że w każdym razie odległość ogrodzenia od przewodów nie może być mniejsza od 50 cm.

2. Przewody góle w pomieszczeniach ruchu elektryczne-go mogą być prowadzone na różnych izolacyjnych wspornikach, zaś w innych pomieszczeniach tylko na izolatorach, podanych na rys. 105, na wysokości niedostępczej dla ludzi lub też, jako osłonięte od dotyku, np. siatką. Stosujemy przewody góle, gdy nie możemy otrzymać przewodów izolowanych odpornych na działanie zręcych gazów i par.

3. Przewody izolowane zakładać można na izolatorach gąbkach i zaciskach, jednak ten sposób prowadzenia przewodów stosuje się obecnie coraz rzadziej, najczęściej stosowany jest jeszcze w wytwórniach i wszędzie, gdzie zależy na małych kosztach urządzeń.

W pomieszczeniach suchych przewody przywiązujemy do gąbek drutem wiązalkowym żelaznym lub miedzianym cynowanym, grub. 1,5 do 2 mm, w pomieszczeniach wilgotnych — szpagatem nasasyconym. Przewody mogą być prowadzone na gąbkach, nieosłonięte tylko na sufitach i wysoko na ścianach, aby ich nie można było osiągnąć. Wszelkie odprawadzenia pionowe do świeczników na ściennych wyłączników i gniazd wtyczkowych, znajdujących się na wysokości wzrostu człowieka, należy ułożyć w rurkach lub w postaci przewodów płaszczowych p. rys. 110. Przy mocowanie gąbek itd. do ścian i sufitów patrz dalej.

Szurów wielozłotych, czyli tak zwanej „plecionki” do umocowania na stałe w gąbkach zaciskowych nie używamy, gdyż ten sposób prowadzenia przewodów jest wzbromiony przez przepisy, jako niezapewniający dobrej i trwałej izolacji od siebie przewodów różnej biegunowości.



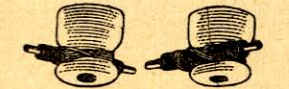
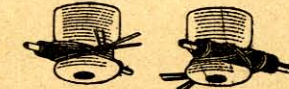
Rys. 110. Ochrona przewodników.

4. Wykonanie. Przy zakładaniu przewodów przede wszystkim znaczymy na ścianach i sufitach przebieg przewodów, zaznaczając miejsca izolatorów lub gąbek czy żabki, dając te gąbki na odpowiedniej odległości od siebie i pamiętając, że przewód należy zamocować na wszystkich rogach i przy odgałęzieniach; rozstawienie gąbek na rogach będzie inne — szersze, niż na linii prostej.

Po ukończeniu wyznaczania, oprawiamy izolatory i gąbki na ścianach i sufitach, a zaczekawszy aż cement i gips skrzepną po paru dniach, przystępujemy do naciągania przewodów. Przewód rozwijamy ostrożnie, unikając zaplątania i tworzenia się pętliczek, które ostrożnie rozprostowujemy. Przewód zamocowujemy najprzód na końcach jednego poziomu odcińka, dobrze go naciągając, potem przywiązujemy w miejscach pośrednich i w ten sposób osiągamy należyte wypięcenie przewodnika. Przy przywiązaniu, p. rys. 111, należy zwracać uwagę na to, aby nie uszkodzić izolacji przewodnika; jeżeli izolacja nie jest dostatecznie wytrzymała, to przewód trzeba owijać taśmą izolacyjną w tych miejscach, gdzie naciska drut wiązalkowy. Na krawędziach podkłada-



my gałki kątowe, p. rys. 106 i 107, przywiązując je do przewodu, w miejscach skrzyżowania zakładamy gałki wysokie, p. rys. 108, lub podwójne złożone z dwóch zwykłych gałek. Gdy mamy do wymiiania dużo przewodów, najlepiej złożyć na jedne z krzyżujących się przewodów rurki, odpowiednio oddalając od przewodów krzyżowanych, np. przez wpu-



Rys. 111. Przywiązywanie przewodów.

Odgałęzienia wykonywamy tuż przy gałkach. Do rurek wprowadzamy przewody luźno, nie naciągając. O układaniu rurek patrz dalej.

## § 114. RURKI DO PRZEWODÓW.

1. Rurki izolacyjne papierowe impregnowane (nasycone), tzw. „bergmanowskie”, sporządzane w kawałkach po 3 m, z płaszczem z cienkiej blachy żelaznej obłożone lub miedziane albo z płaszczem z cienkiej blachy mosię-

żnej, używa się najczęściej; stanowią ochronę od lekkich uderzeń, bywają zakładane pod tynkiem i na tynku. Pod tynkiem najlepiej układać rurki z płaszczem żelaznym obłożonym.

2. Rurki izolacyjne stalowo-pancerne są również papierowe impregnowane, z płaszczem w postaci cienkościennej rurki stalowej, zabezpieczają w zupełności od uszkodzeń mechanicznych, stosuje się głównie do prowadzenia przewodów we wszelkiego rodzaju wytwórniach, garażach, lokalach wilgotnych itp.

3. Rurki stalowe zabezpieczone od rdzy np. emalią ze szczeliwą lub bez szczeliwy (tak zwane peszłowskie) bez warstwy izolacyjnej, zabezpieczają należyście od uszkodzeń mechanicznych. Stosuje się nieraz w krótkich kawałkach dla zabezpieczenia mechanicznego przewodów, zwykle o większym przekroju.

4. Rurki gazowe służą jako ochrona dla rurek izolacyjnych z cienkim płaszczem. W samych rurkach gazowych przewodów prowadzić nie należy, gdyż mają chropowate ścianki wewnętrzne.

5. Rurki gumowe czy kauczukowe dobrze izolują, lecz nie zabezpieczają od uszkodzeń mechanicznych, twarde rurki kauczukowe, zanurzone w wodzie gotącej, gną się z łatwością, bywają więc używane tam, gdzie są trudne przejścia na małej przestrzeni.

Wszystkie wymienione wyżej rurki mogą być zakładane na tynku i pod tynkiem. W miejscach wilgotnych pod tynkiem zaleca się układać tylko rurki izolacyjne z płaszczem żelaznym obłożonym, albo gdzie zależy na większej wytrzymałości mechanicznej — izolacyjne stalowo-pancerne lub stalowe.

Kładąc rurki na tynku, gdy chodzi o ładny wygląd, stosujemy rurki izolacyjne z płaszczem mosiężnym. W sieciach trójprzewodowych prądu stałego lub czteroprzewodowych prądu trójfazowego, płaszcz rurek stalowo-pancernych lub ścianki rurek stalowych (peszłowskich) mogą służyć, jako uzmienniony przewód zerowy, o ile złącza be-



da odpowiednio wykonane. Prąd dopuszczalny dla rurek peszlowskich wynosi:

przy przeswicie 8 mm — 10 A	14	15 A	18	20 A	26	30 A	37	40 A
„	14	15 A	18	20 A	26	30 A	37	40 A
„	14	15 A	18	20 A	26	30 A	37	40 A
„	14	15 A	18	20 A	26	30 A	37	40 A

### § 115. ZŁĄCZA RUREK.

1. Rurki izolacyjne z cienkim płaszczem metalowym łączymy za pomocą mufek, do których wsuwamy końce rurek obnażone z płaszczu. Ogrzewając zlewką niekopcącym piórnem lampki lutowniczej roztopiamy kąt, znajdujący się w karbach mufki, kąt ten uszczelnia złącze.

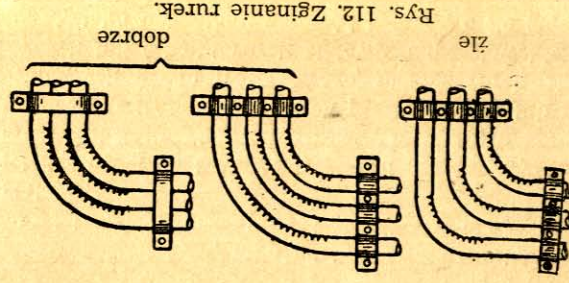
2. Rurki stalowo-pancerne skręcamy na gwint, jak gazowe, rurki peszlowskie łączymy za pomocą nasuwanych mufek. Dla zapewnienia dobrego styku elektrycznego, należy z końców zeszkrobować dokładnie emalie.

Przy wykonywaniu złącz rurek, należy pamiętać, że przy wysokim napięciu należy na całej długości połączyć elektrycznie płaszcz rurek i dokładnie uzemić.

Przy prowadzeniu rurek stalowo-pancernych lub stalowych pod podłogą, czy w ziemi nie można tam dawać złącz.

### § 116. GIĘCIE RUREK.

1. Rurki z płaszczem cienkim gnie się za pomocą odpowiednich cęg przez karbowanie płaszczu od wewnątrz, p. rys. 112.



2. Rurki stalowo-pancerne wygina się na zimno odpowiednim narzędziem, przystosowanym do średnicy. Promień krzywizny zgięcia należy stosować podany w tablicy:

Rurka stalowo-pancerna	w mm	Promień krzywizny zgięcia	w mm
11	13,5	110	320
16	16	140	250
21	21	160	200
29	29	200	140
36	36	250	140
42	42	320	110

3. Rurki peszlowskie gnie się, jak stalowo-pancerne, szew powinien wypaść z boku.

4. Zamiast zginania rurek, można stosować, kolananka, narożniki, albo giętkie węże. Praktycy jednak uważają, że montaż idzie najsprawniej, gdy ręcznie wyginamy rurki.

### § 117. ODGAŁĘZIENIA RUREK.

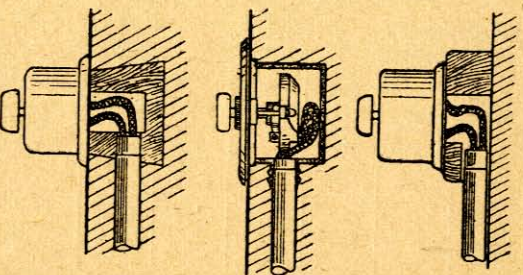
Odgałęzienia i rozgałęzienia rurek wykonywamy, bądź stawiając puszki odgałęźne i rozgałęźne, bądź też trójniki. Końce rurek obnażone z płaszczu wsuwamy w odgałęźne łopaty, uszczelniając kitem izolacyjnym. Wyloty zbyteczne uszczelniamy również kitem izolacyjnym. Stosownie do rodzaju rurek, puszki i trójniki należy brać z tego samego materiału.

### § 118. ZAKOŃCZENIE RUREK.

Końce rurek izolacyjnych, swobodnie wystające, zaopatrzymy w tulejki — izolacyjne, peszlowskie — w metalowe. Aby tulejki nie zmniejszały przeswitu głębszej krawędzi. Tulejki przy wprowadzaniu końców rurek, nasadza się je zewnątrz rurek. Zbyteczne są tulejki przy wprowadzaniu końców rurek



do przerywaczy, gniazdek wtyczkowych i świeczników, p. rys. 113. Końce rurek izolacyjnych z płaszczem cienkim muszą być jednak na długość np. 1 cm obnażone z płaszcza.



Rys. 113. Zakoczenie rurek.

Do rurek stalowo-pancernych mamy specjalny sprzęt hermetyczny, w którym rurki są wkręcane na gwint.

### § 119. LICZBA PRZEWODÓW W RURCE.

W jednej rurce można prowadzić tylko przewodniki, należące do tego samego obwodu. Szczególnie należy przestrzegać ten przepis przy prądzie zmiennym, gdzie nierówne prądy różnych obwodów w działaniu indukcyjnym na płaszcz nie znoszą się i mogą wywoływać w płaszczu żelaznym szkodliwe prądy wirowe.

Srednice rurek należy dobierać odpowiednio do liczby przekroju przewodników, tak, aby przewodniki łątkowo wciągać i wyciągać. Tablica wzjeta z przepisów podaje następującą średnicę rurek w prześwicie, patrz str. 235.

Przykład. Gdy mamy poprowadzić dwa przewody o przekroju 1,5 mm<sup>2</sup> w rurce na tynku, to zastosujemy rurkę o średnicy wewnętrznej 11 mm.

Gdy mamy poprowadzić trzy przewodniki, o przekroju 6 mm<sup>2</sup> w rurce pod tynkiem, to weźmiemy rurkę o średnicy 21 mm.

Tablica średnic wewnętrznych rurek „Przepisy budowy i ruchu” § 26.

Liczba przewodów typu DG lub LG w jednej rurce	Przekroje przewodów w mm <sup>2</sup>																
	Na tynku						Pod tynkiem										
1	11	11	11	11	11	11	13,5	13,5	16	25	35	50	70	95	120	150	185
2	11	11	11	16*	16	11	11	13,5	16	29	36	21	21	29	29	36	36
3	11	11	13,5*	16	16	21	21	21	29	36*	36	36	42	42	—	—	—
4	13,5	16	21	21	21	21	21	21	36*	36	42	48	—	—	—	—	—
1	11	12	11	11	13,5*	13,5*	13,5	16	21*	21*	21	21	29*	36*	36	42*	42*
2	13,5*	13,5*	16	16	21*	21*	23	29	36	36	36	42	48	—	—	—	—
3	13,5*	16*	21*	21*	21	21	29	29	36	36	36	42	—	—	—	—	—
4	16*	21*	21	21	29*	29	36*	39	42	42	48	—	—	—	—	—	—

\*) Na cienkich ścianach przedziałowych, na sufitach, przy krótkich odległościach pomiędzy puszkami do 4 m i przy jednym tylko kolanku, można stosować rurki o jeden stopień cieńsze od średnicy, podanej z gwiadzką w powyższej tablicy. DG — drut; LG — linka.



## § 120. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW W RURKACH

NA TYNKU.

Do układania rurek przystępujemy przed ostatecznym

malowaniem ścian.  
Przed wszystkim wyznaczamy bieg rurek na ścianach i sufitach, a następnie przecinamy odpowiedniej długości rurki, zaopatrując je w zgięcia, kolanka, puszki rozgałęźne i trójniki. Przekanie rurek wykonywa się drobną piłką.

Przy wyznaczaniu biegu rurek, należy dbać o wygląd pomieszczenia, tak, jak to było zaznaczone na str. 222.

Liczbą i układ kolanek i puszek powinien być tak dobrany, aby przewody dały się z łatwością wciągać i wyciągać. Zwykle staramy się, aby odległość pomiędzy dwoma otworami, przez które można wciągać przewodnik, nie przewyższała 15 m, zawierając najwyżej 4 zakręty.

Aby uniknąć zbierania się wody w rurkach, należy układać rurki z pewnym chociaż niewielkim spadkiem. Szczególnie w poziomych rurkach peszlowskich zwracamy na dół, a w pionowych — ku ścianie.

Rurki przymocujemy blaszanymi klamerkami, przyszwadzając je do ściany, jak podano dalej. Odstęp między nimi kamerok około 80 cm.

Unikamy układania rurek na podłodze. Gdy przewody muszą być prowadzone po podłodze, to bierzemy rurki izolacyjne stalowo-pancerne i zakładamy pod posadzkę, unikając pod posadzką złączy.

W przejściach przez podesty i w ogóle w miejscach, gdzie rurki są narazone na uszkodzenia mechaniczne, osłaniamy rurki izolacyjne z cienką powłoką metalową i rurki peszlowskie rurkami gazowymi.

Jeżeli rurki są narazone na wpływy chemiczne i wilgoc, to podlegamy rurki dwukrotnie lakierem asfaltowym lub emaliowym.

Po ułożeniu rurek, wciągamy przewody, posilkując się stalową sprężyną zakończoną kulką, którą przetykamy naj-

pierw. W wyjątkowych przypadkach, gdy to jest dogodniej,

można przewodniki przewlec ułożeniem rurek.  
Dla zmniejszenia tarcia przy wciąganiu przewodników, wdmuchujemy do rurek trochę proszku talkowego.

Po wciągnięciu przewodów, przystępujemy do łączenia przewodów w puszkiach, za pomocą zacisków śrubowych na wstawkach izolacyjnych oraz przyłączania do wyłączników i odborników. Aby powyższe przyłączenia swobodnie mogła być wykonana, należy przy wciąganiu przewodników zostawić dość długie końce wystające z rurek.

Rurki stalowo-pancerne i obrotowe po ułożeniu i wciągnięciu drutów łącznie z ich sprzętem zawsze malujemy farbą olejną lub też emaliową, czy asfaltową. Malowanie takie należy od czasu do czasu odnawiać.

## § 121. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW W RURKACH

POD TYNKIEM.

W mieszkanich, biurach itp. zakładamy obecnie przewody wyłącznie w rurkach pod tynkiem.

Do zakładania rurek przystępujemy przed tynkowaniem. Przem wszystkim zaznaczamy położenie świeczników, gniazd kontaktowych, wyłączników i tabliczek rozdzielczych, następnie przebieg rurek i położenie puszek rozgałęźnych i trójników. Przebieg rurek zaznaczamy drogą najkrótszą z pewną pochyłością, wymiając w miarę możliwości miejsc, w których należy przewidywać wbijanie haków czy gwóźdźli.

Po wyznaczeniu całego urządzenia w danym lokalu, przystępujemy do wykonywania rowków, których głębokość musi być tak dobrana, aby rurka schowała się pod tynkiem, a pokrywka puszki znalazła się na powierzchni tynku. W budowlach betonowych najlepiej zawczasu pozostawić w ścianach żłobki i otwory w ścianach i stropach.  
W sufficiente można czasem, wywiercić niewielki otwór wpuszczyć rurkę gumową i przepchnąć ją między belkami do samej ściany i wciągnąć przez otwór w sztukaterii w pobliżu ściany. W żłobkach zakładamy rurki, puszki i trójniki,



Miottkiem uderzamy często lecz niezbyt silnie, a po każdym paru uderzeniach rurkę pokręcimy, po kilkunastu uderzeniach rurkę wyjmujemy i wysypujemy rozbitą materiał.

1. Przewody gofle prowadzone na izolatorach wewnątrz budynków, należy przepuszczać przez otwory, których ścianki muszą być oddalone od przewodów co najmniej według przepisów podanych na str. 226, zabezpieczając gdzie potrzeba od dotknięcia. Można również zastosować odpowiednie izolatory przepustowe przystosowane do wysokości napiecia prądu.

2. Przewody izolowane prowadzone na gąłkach lub zaciskach przeprowadzamy przez ściany w rurkach izolacyjnych, dając oddzielną rurkę dla każdego przewodu. Rurki te na obu końcach zaopatrujemy w tulejki izolacyjne, patrz rys. 114, wystające nad powierzchnią tynku. W lokalach wilgotnych zakładamy na całej długości rurkę porcelanową.



Rys. 114. Przejsie przez ścianę. Rys. 115. Przejsie na zewnątrz.

Przy przejściach na zewnątrz, dajemy tulejkę porcelanową zwróconą otworem na dół, p. rys. 115. Przewody przy wejściu i wyjściu do rurek muszą wisieć swobodnie, nienaciągając.

2. Przewody płaszczowe i w ołowiu przepuszczamy w całości wszystkimi żyłami w jednej rurce.

3. Ściet rurek izolacyjnych czy pęslowskich prowadzimy przez ściany bez dodatkowego zabezpieczenia, o ile nie są narażone na uszkodzenia mechaniczne.

4. Przejścia przewodów na zewnątrz budynków lub lokali suchych do wilgotnych ze strony wilgotnej mają fałkę porcelanową, p. rys. 115, zwróconą otworem w dół.

przytwierdzając do muru drucikami żelaznymi lub skobelkami w odstępach około 80 cm.

Po ułożeniu, przed otynkowaniem, zaraz rurki sprawdzamy, przewlekając kulkę nieco mniejszą od prześwitu; w razie stwierdzonej przy przeciąganiu przeszkody, odpowiednią gałęź rurek rozbieramy i naprawiamy.

Gdy rurki są sprawdzone, niezwłocznie rurki tynkujemy. Podczas tynkowania należy zatknąć wszystkie otwory prowadzące do rurek.

Do wciągania przewodów przystępujemy dopiero po zupełnym wyschnięciu murów i tynku. Gdy rurki wewnątrz są trochę wilgotne, należy je przesuszyć.

Po wciągnięciu przewodów montujemy świeczniki, gniazdzka, przerywacze i tabliczki rozdzielcze.

## § 122. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW PŁASZCZOWYCH I PRZEWODÓW W OŁOWIU.

1. Przewody płaszczowe prowadzone będą na tynku, mogą leżeć również w rowkach wyżłobionych pod tapetami, w ten sposób, aby przebieg przewodów był widoczny. Przewód płaszczowy można układać tylko w pomieszczeniach zupełnie suchych, przy niskim napięciu prądu.

Aby taki przewód zawsze było łatwo zdjąć, nie można go wpuszczać w mur.

2. Przewód w płaszczu ołowianym może być prowadzony na ścianach zewnętrznych budynków i w pomieszczeniach niezbyt wilgotnych. Można go układać w rurkach pod tynkiem na niewielkich odległościach do dwóch kolanek.

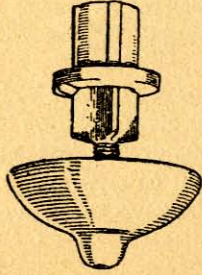
Połączenia i odgągnięcie przewodów płaszczowych i w ołowiu muszą być wykonywane za pomocą specjalnych rozetek lub wkładek w puszkach. Przytwierdzamy te przewody kamerkami w odstępach 50 cm do 80 cm.

## § 123. PRZEJSIA PRZEZ ŚCIANY I STROPY.

Otwory w drzewie przewiercamy odpowiednio długimi wiertłami, w murze przebijamy rurkami stalowymi odpowiednio zabezpieczonymi i zahartowanymi, starając się jak najmniej uszkodzić strop czy ścianę.



Przy wprowadzaniu przewodów przez dach zakładamy rurki izolacyjne wewnątrz rur żelaznych, umieszczając u góry odpowiedni wpust porcelanowy, p. rys. 116.



Rys. 116. Wpust porcelanowy.

Z takiej fajki czy wpustu przewodnik powinien zwieszać się swobodnie.

4. Przejścia do akumulatorni muszą być szczelne, wtedy tulejki zalewamy kitem albo dajemy tak zwane izolatory przepustowe.

5. Przejścia przez stropy wykonywane są w podobny sposób, jak przejścia przez ściany, przy wyjściu jednak spod podłogi, rurki z cienkim płaszczem lub peszlowskie należy specjalnie zabezpieczać od zacieków i uszkodzeń mechanicznych, za pomocą rurek gazowych lub kątówek, czy korytek żelaznych, na wysokość przynajmniej 10 cm od podłogi, lepiej wyżej, np. 50 cm i więcej.

Różne części urządzenia elektrycznego wewnątrz lokali wypadają przymocowywać do ścian i stropów. Wykonywamy to różnymi sposobami:

1. Przymocowywanie do drzewa jest najprostsze, odbywa się za pomocą odpowiedniej wielkości wkrętek lub skobeków z ostrymi końcami.

## § 124. ZAMOCOWANIE I PRZYGWAZDZANIE.

2. Do muru przygwadzamy różnymi sposobami:  
a) Kołki stalowe, p. rys. 117, wbijamy do muru bezpośrednio. Do kołków sprężyt przykręcamy śrubkami. Takie kołki trzymają się niezbyt mocno, siłą do przymocowania przedmiotów lekkich.



Rys. 117. Kołek stalowy.

b) Wkrętki okrągłe dwoma drucikami wmurujemy za pomocą zaprawy gipsowej, p. rys. 118. Gdy gips stwardnieje, śrubkę możemy wykręcić i użyć do przykręcenia lekkiego przedmiotu. Przed wkręceniem można wkrętkę naoliwić, aby było łatwiej wykręcić.



Rys. 118. Wkrętka wmurowana za pomocą zaprawy gipsowej.  
Rys. 119. Kołek metalowy.  
Rys. 120. Kołek drewniany.

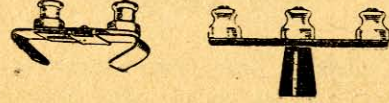
c) Obsadzamy w murze klocki metalowe z gwintem i przyśrubowujemy sprzęt instalacyjny odpowiednimi śrubkami, p. rys. 119.

d) Obsadzony w murze klocek drewniany, p. rys. 120, drzewo bierzemy ze słojami wzdłużnymi, dobrze wysuszone, z podstawą szerszą i zaprawiamy gipsem, po wyschnięciu za pomocą wkrętek przymocowujemy lekkie przedmioty.

e) Przedmioty ciężkie umocowujemy na kołwach (ankrach) żelaznych zamurowanych na zaprawie cementowej.



f) Galki porcelanowe umocowuje się na kołkach żelaznych z odpowiednią kotwą do zamurowania, bywają kołki na dwie i więcej galek, p. rys. 121.



Rys. 121. Galki na kołkach z kotwą. Rys. 122. Galki na kołkach z kotwą. Istwie z uchwyłami.

3. Do belek żelaznych mocować możemy listwy z odpowiednimi uchwyłami, p. np. rys. 122.

## § 125. ZAKŁADANIE PRZEWODÓW IZOLOWANYCH NA ZEWNĄTRZ BUDYNKÓW.

Tylko wyjątkowo zakładamy przewody odziane (str. 210) na izolatorach, gdy mogą się przyypadkiem zetknąć z innymi lub gdy są dostępalne przez człowieka stojącego na balkonie czy dachu, albo też krzyżują się z innymi przewodami.

Również wyjątkowo stosujemy przewody izolowane prowadzone w rurkach stalowo-pancernych wodoszczelnych. Prowadzone bywają również przewody płaszczowe i w otworach przy zachowaniu szczelności puszek łączeniowych i rozłącznych. Pod okapem, gdzie ściany są zaw sze suche, możemy nawet zakładać zwykłe rurki izolacyjne z cienkim płaszczem.

## § 126. ZAWIESZANIE PRZEWODÓW NAPOWIETRZNYCH.

1. Przewody zawieszamy na izolatorach, stosując rozpiętość, p. rys. 123, czyli odstępy pomiędzy punktami zawieszenia odpowiednie do przekroju przewodów. Największą dopuszczalną rozpiętość przy zastosowaniu słupów drewnianych, odpowiednio do sumy przekrojów wszystkich

zawieszonych przewodów, możemy wziąć według następującej tablicy:

Suma przekrojów:			
powyżej 300 mm <sup>2</sup> największa rozpiętość 40 m	„	„	„
od 210 do 300 mm <sup>2</sup>	„	„	50 m
od 110 do 210 mm <sup>2</sup>	„	„	60 m
poniżej 110 mm <sup>2</sup>	„	„	80 m

Zwykle bierzemy rozpiętości mniejsze, niż wypada z obliczenia, zawsze jednakowe na całej linii, aby naciągi po obu stronach słupa były równe, wyjątki czynimy tylko z konieczności przy przejściu przez ulicę lub rzekę. Wśród zabudowań bierzemy rozpiętości od 30 do 50 m. Na słupach żelaznych do 350 m i więcej.

Przykład. Gdy mamy zawiesić na tych samych słupach dwa przewody po 70 mm<sup>2</sup> i dwa po 10 mm<sup>2</sup>, to suma przekrojów będzie:

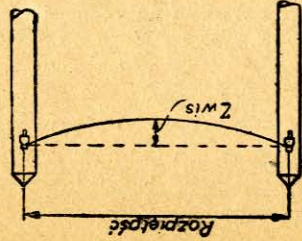
$$2 \times 70 + 2 \times 10 = 160 \text{ mm}^2$$

a więc największa rozpiętość dopuszczalna wypada 60 m, bierzemy np. 40 m.

2. Przewodniki stosowane do przewodów napowietrznych podlegają następującym przepisom.

Druły jednolite z miedzi twardej i brązu, o przekroju 10 lub 16 mm<sup>2</sup> stosuje się do rozpiętości najwyżej 80 m.

Rys. 123.





linki stosuje się do wszystkich przekrojów z zastrzeżeniem, że dla miedzi twardziej 10 mm<sup>2</sup>, dla glinu (aluminium) najmniej 25 mm<sup>2</sup>, dla stali — 16 mm<sup>2</sup>. Wyjątek stanowią sieci miejscowe (miejskie, gminne) niskiego napięcia, gdy rozpiętość nie przekracza 35 m, tu najmniejszej przecięcia, gdy wyznoszą: z miedzi normalnej twardziej i z brązu — 6 mm<sup>2</sup> (drut lub linka); z normalnego glinu i jego stopów — 16 mm<sup>2</sup> (linka); ze stali — 10 mm<sup>2</sup> (drut i linka).

3. Przewody zawieszony zawsze z pewnym zwisem, patrz rys. 123, naciągając je tak mocno, jak na to pozwala ich wytrzymałość.

W zawieszonym przewodzie zmienia się zwis i naciąg pod wpływem zmiany temperatury, oraz szadzi (powłoka lodu przy gołodzi, powstająca na przewodzie). Przewód najwięcej zwiśo podczas upałów, oraz pod wpływem ciężaru szadzi, która zdarza się przy ślabych mrozach około — 5° C.

Największy nacieg zdarza się podczas szadzi przy dużym zwisie i podczas silnych mrozów przy małym zwisie.

Przy montażu naciągamy przewody tylko do tego stopnia, aby przy obniżeniu się temperatury i przy szadzi, a więc w najniekorzystniejszych warunkach, naprężenie nie przekroczyło wielkości dopuszczalnej w przewodach jednodrutowych międzyliniowych 12 kg/mm<sup>2</sup>, dla linek 19 kg/mm<sup>2</sup>.

Jaki pod powyższym warunkiem należy dać zwis wskazuje w zależności od materiału przewodnika, przekroju i temperatury otaczającego powietrza tablica I dla rozpiętości od 25 do 40 m.

Jakie należy dać naprężenia wskazuje tablica II dla rozpiętości 50; 80 i 120 m.

Gdy na wspólnych słupach mamy przewody kilku przekrojów, to dla nadania linii napowietrznej lepszego wyglądu i uniknięcia stykania się podczas wiatru naciągamy wszystkie przewody na jeden zwis największy najcięższego przewodu.

Przykład. Obliczmy zwisy przewodów według tab. I dla przewodu jednodrutowego o przekroju 10 mm<sup>2</sup> i przewod w postaci linki 25 mm<sup>2</sup> zawieszonych na tych samych słupach

TABLICA I

Zwisy przewodów w centymetrach.

LINKI Napręż. dopuszcz. 19 kg/mm <sup>2</sup>	Przekroj. w mm <sup>2</sup>	Naprężenie dopuszczone 12 kg/mm <sup>2</sup>		Rozpiętość w m	Rozpiętość w m
		10 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>		
8	6 mm <sup>2</sup>	17	6	25	40
18	6 mm <sup>2</sup>	11	8	30	40
35	6 mm <sup>2</sup>	6	12	35	40
10	10 mm <sup>2</sup>	19	7	25	30
21	10 mm <sup>2</sup>	12	9	30	30
46	10 mm <sup>2</sup>	8	11	35	30
14	10 mm <sup>2</sup>	24	8	40	30
27	10 mm <sup>2</sup>	15	13	40	30
33	16 mm <sup>2</sup>	10	10	25	30
52	16 mm <sup>2</sup>	18	13	30	30
18	16 mm <sup>2</sup>	30	10	35	30
39	16 mm <sup>2</sup>	23	14	40	30
58	16 mm <sup>2</sup>	13	18	40	30
22	25 mm <sup>2</sup>	18	24	25	40
39	25 mm <sup>2</sup>	30	18	30	40
58	25 mm <sup>2</sup>	37	24	35	40
18	35 mm <sup>2</sup>	44	16	25	40
31	35 mm <sup>2</sup>	37	22	30	40
75	35 mm <sup>2</sup>	51	29	35	40
57	35 mm <sup>2</sup>	69	22	40	40
33	50 mm <sup>2</sup>	70	22	25	40
27	50 mm <sup>2</sup>	44	29	30	40
45	50 mm <sup>2</sup>	30	41	35	40
64	50 mm <sup>2</sup>	61	22	40	40
81	50 mm <sup>2</sup>	44	29	40	40
18	75 mm <sup>2</sup>	18	33	25	40
39	75 mm <sup>2</sup>	22	41	30	40
58	75 mm <sup>2</sup>	33	29	35	40
22	100 mm <sup>2</sup>	17	38	25	40
39	100 mm <sup>2</sup>	27	31	30	40
58	100 mm <sup>2</sup>	45	22	35	40
81	100 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	150 mm <sup>2</sup>	13	47	25	40
21	150 mm <sup>2</sup>	21	31	30	40
39	150 mm <sup>2</sup>	31	27	35	40
58	150 mm <sup>2</sup>	45	22	40	40
81	150 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	200 mm <sup>2</sup>	10	53	25	40
21	200 mm <sup>2</sup>	18	41	30	40
39	200 mm <sup>2</sup>	29	33	35	40
58	200 mm <sup>2</sup>	45	22	40	40
81	200 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	250 mm <sup>2</sup>	13	61	25	40
21	250 mm <sup>2</sup>	21	47	30	40
39	250 mm <sup>2</sup>	31	38	35	40
58	250 mm <sup>2</sup>	45	27	40	40
81	250 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	300 mm <sup>2</sup>	10	53	25	40
21	300 mm <sup>2</sup>	18	41	30	40
39	300 mm <sup>2</sup>	29	33	35	40
58	300 mm <sup>2</sup>	45	22	40	40
81	300 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	350 mm <sup>2</sup>	13	61	25	40
21	350 mm <sup>2</sup>	21	47	30	40
39	350 mm <sup>2</sup>	31	38	35	40
58	350 mm <sup>2</sup>	45	27	40	40
81	350 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	400 mm <sup>2</sup>	10	53	25	40
21	400 mm <sup>2</sup>	18	41	30	40
39	400 mm <sup>2</sup>	29	33	35	40
58	400 mm <sup>2</sup>	45	22	40	40
81	400 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	450 mm <sup>2</sup>	13	61	25	40
21	450 mm <sup>2</sup>	21	47	30	40
39	450 mm <sup>2</sup>	31	38	35	40
58	450 mm <sup>2</sup>	45	27	40	40
81	450 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	500 mm <sup>2</sup>	10	53	25	40
21	500 mm <sup>2</sup>	18	41	30	40
39	500 mm <sup>2</sup>	29	33	35	40
58	500 mm <sup>2</sup>	45	22	40	40
81	500 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40
10	550 mm <sup>2</sup>	13	61	25	40
21	550 mm <sup>2</sup>	21	47	30	40
39	550 mm <sup>2</sup>	31	38	35	40
58	550 mm <sup>2</sup>	45	27	40	40
81	550 mm <sup>2</sup>	33	29	40	40

Naprężenia przewodów z normalnej miedzi twardziej w kg/mm<sup>2</sup>.

TABLICA II

Temperatura w °C	Rozpiętość 50 m		Rozpiętość 80 m		Rozpiętość 120 m	
	Drut	Linki	Drut	Linki	Drut	Linki
—40°	5,36	21,90	22,40	15,01	19,20	21,21
—25°	4,16	18,73	19	12,29	16,17	18,11
—20°	3,98	17,59	17,90	11,46	15,23	17,13
—10°	3,54	15,50	15,81	9,95	13,96	15,18
0	3,21	13,43	13,75	8,63	11,65	13,34
+10°	2,95	11,45	11,75	7,54	10,13	11,64
+20°	2,73	9,58	9,88	6,67	8,78	10,08
+30°	2,56	7,91	8,18	5,99	7,69	8,76
+40°	2,41	6,52	6,73	5,43	6,79	7,99
—5° szadz	12	19	17,93	17,18	20,00	26,53
—10° szadz	18,50	23,85	22,51	20,00	26,53	34,73
—15° szadz	2,73	9,58	9,88	6,67	8,78	10,08
—20° szadz	2,56	7,91	8,18	5,99	7,69	8,76
—25° szadz	2,41	6,52	6,73	5,43	6,79	7,99
—30° szadz	2,27	5,36	5,57	4,95	5,99	7,13
—35° szadz	2,14	4,44	4,61	4,24	5,22	6,28
—40° szadz	2,01	3,54	3,68	3,54	4,45	5,44
—45° szadz	1,88	2,73	2,84	2,84	3,54	4,45
—50° szadz	1,75	2,01	2,09	2,09	2,84	3,54
—55° szadz	1,61	1,46	1,51	1,51	2,21	2,84
—60° szadz	1,46	1,00	1,04	1,04	1,61	2,21
—65° szadz	1,31	0,69	0,71	0,71	1,19	1,61
—70° szadz	1,17	0,46	0,47	0,47	0,81	1,19
—75° szadz	1,04	0,33	0,34	0,34	0,61	0,81
—80° szadz	0,91	0,25	0,25	0,25	0,46	0,61
—85° szadz	0,78	0,18	0,18	0,18	0,33	0,46
—90° szadz	0,65	0,11	0,11	0,11	0,25	0,33
—95° szadz	0,52	0,06	0,06	0,06	0,18	0,25
—100° szadz	0,40	0,03	0,03	0,03	0,11	0,18



przy rozpiętości 40 m, jeżeli w czasie montażu temperatura powietrza była + 15° C.

Dla drutu 10 mm<sup>2</sup> przy + 20° mamy zwis — 61 cm,

„ „ przy + 10° mamy zwis 54 cm,

Możemy więc przy + 15° przyjąć zwis średni

$$(61 + 54) : 2 \approx 57 \text{ cm.}$$

Dla linki 25 mm<sup>2</sup> przy + 20° mamy zwis — 19 cm,

Dla linki 25 mm<sup>2</sup> przy + 10° mamy zwis 16 cm.

Więc dla + 15° zwis średni:

$$(9 + 16) : 2 \approx 17 \text{ cm.}$$

Chcąc, aby przewody wisiały równolegle jeden do drugiego, naciągamy ich na wspólny większy zwis — 57 cm.

Lepiej unikac prowadzenia na tych samych słupach przewodów grubych i cienkich.

Przy + 10° C znajdujemy z tablicy II-giej rozpiętości 50 m

— 2,95 kg/mm<sup>2</sup> i 11,75 kg/mm<sup>2</sup>, przy + 12° C napężenie należy brac nieco mniejsze i może być obliczone ze wzoru:

$$\begin{aligned} & 2,95 - 2,73 \\ & \frac{20 - 10}{12 - 10} \times (12 - 10) = \\ & \approx 2,91 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 11,75 - 9,88 \\ & \frac{20 - 10}{12 - 10} \times (12 - 10) = \\ & \approx 11,35 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Wobec tego naciąg, czyli cała siła, z jaką wypadnie wyprzeć przewody, będzie:

$$2,91 \cdot 10 = 29,1 \text{ kg}$$

$$11,35 \cdot 25 = 284 \text{ kg}$$

Przy tych naciągach zwisy będą niejednakowe. Chcąc mieć zwisy jednakowe zmniejszamy odpowiednio naciąg przewodów grubszego.

4. Dla obliczenia zwisu wiadomym naciągu możemy postilkować się wzorem:

$$f = \frac{8 \cdot p}{\sigma^2 \cdot G}$$

f — zwis w metrach,  $\sigma$  — rozpiętość w metrach, G — ciężar 1 metra przewodów w kg, P — cały naciąg na przewód w kg, Przekład. Dłut o przekroju 10 mm<sup>2</sup> zawieszono przy rozpiętości  $\sigma = 50$  m i naciągnięto siłą 29,5 kg, jaki jest zwis? Według tabl. na str. 210 ciężar jednego metra drutu wynosi 0,089 kg, zwis więc wyniesie:

$$f = \frac{8 \times 29,5}{50^2 \times 0,089} = 0,94 \text{ m.}$$

5. Odstęp przewodów między sobą bierzemy według następujących wskazówek:

Przy niskim napięciu:

a) dla linii prowadzonej na wysięgownikach ściennych i przy rozpiętości do 20 m — min. 25 cm.

dla linii prowadzonej na słupach i przy rozpiętości do 50 m — min. 40 cm.

przy rozpiętości powyżej 50 m, odległość między przewodami oblicza się ze wzoru:

$$b = k \sqrt{f}$$

f — zwis przy temperaturze + 40° C.

k — współczynnik dla miedzi i brązu 7,5, a dla aluminium i jego stopów 10.

b) Odstęp najniżej założonego nieuziemionego przewodu przy największym zwisie powinien wynosić:

nad ziemią w polu — 5 m,

nad rogami kołowymi — 6 m.

c) Najmniejszy odstęp przewodów od powierzchni dachów, kominów i t. p. miejsc dla ludzi dostępnych powinien wynosić co najmniej 2,5 m.

Przy wysokim napięciu:

a) Odstęp najmniejszy pomiędzy przewodami różnej biegunowości oblicza się w cm ze wzoru:

$$b = k \sqrt{f + \frac{1500}{U}}$$



f — największy zwis w cm,  
U — napięcie w woltach,

k — spólczynnik dla miedzi i brązu 7,5 a dla aluminium i jego stopów — 10. Gdy U mniejsze od 3000 V, to

b conajmniej 35 cm.

Gdy U większe lub równe 3000 V, b conajmniej 80 cm dla miedzi i brązu i 100 cm dla aluminium i jego

stopów.

b) Odstęp między przewodami, a uzmiemiona konstrukcja

wsporcą musi wynosić przynajmniej tyle centymetrów ile wypada ze wzoru:

$$5 + \frac{1500}{U} \text{ (cm)}$$

gdzie U — napięcie robocze w woltach.

c) Najmniejszy odstęp przewodów od dachów, kominów

itp. miejsc dostępnych dla ludzi określa się ze wzoru:

$$350 + \frac{1500}{U} \text{ (cm)}$$

a jeżeli dach jest z materiału łatwopalnego

$$500 + \frac{1500}{U} \text{ (cm)}$$

d) Odstęp najniższej założonego przewodu powinien wynosić

nosic

$$\text{nad ziemią w polu} \quad 500 + \frac{1500}{U} \text{ (cm)}$$

$$\text{nad drogami kołowymi} \quad 700 + \frac{1500}{U} \text{ (cm)}$$

W czasie katastrofalnej, podwójnej szadzi odstępy te

mogą się zmniejszyć do:

$$450 + \frac{1500}{U} \text{ (cm) nad polami,}$$

$$500 + \frac{1500}{U} \text{ (cm) nad drogami!}$$

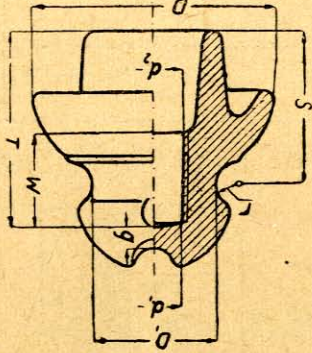
## § 127. IZOLATORY.

1. Izolatory dla przewodów napowietrznych stosujemy różnej wielkości i konstrukcji stosownie do przekroju przewodów wysokiego napięcia.

Przytaczamy tablice izolatorów stojących najczęściej stosowanych dla niskich i niezbyt wysokich napięć.

Wymiary w mm.

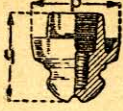
Znak	D	D <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	S	T	r	W	g
Porcela-									
N <sub>1</sub>	100	50	22	24	62	80	9	38	8
N <sub>2</sub>	80	42	19	21	55	70	6	31	8
Szklane									
N <sub>1</sub>	100	55	22	24	64	81	9	41	10
N <sub>2</sub>	85	45	19	21	57	72	6	35	10



Rys. 124. Izolatory niskiego napięcia wg. norm polskich.

Inne izolatory według norm niemieckich na niskie napię-

cie p. rys. 125 i tabelka:

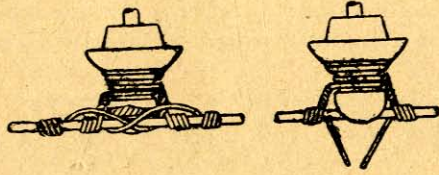


Rys. 125. Izolatory niskiego napięcia wg. norm niemieckich.



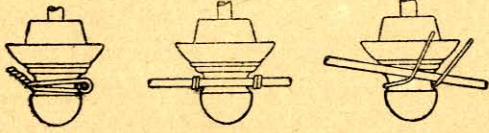
Drut wiązatkowy ma średnicę od 1,5 do 2,5 mm, bierzemy go z tego samego materiału, z jakiego jest przewód, gdyż stykające się różne metale na wilgocí tworzą ogniwogalwaniczne zwarte, w którym powstający prąd wyzera stykające się metale.

Przywiązując na głowce, p. rys. 127, bierzemy dwa kawałki drutu wiązatkowego długości 500 mm każdy i przykładamy po obu stronach sztyki izolatora; opasawszy sztykę, skręcamy końce, wprowadzamy następnie przewód między utworzone rożki i owijamy go kopcami drutu wiązatkowego, przekładając lewy koniec na prawą stronę, a prawy na lewą stronę.



Rys. 127. Przywiązanie przewodu na głowce izolatora.

Przywiązanie przy szybie, p. rys. 128, odbywa się za pomocą jednego kawałka drutu wiązatkowego o długości 700 mm. Opasujemy tym drutem izolator, zawijamy oba końce na drucie i opasujemy drugi raz izolator, po czym końce skręcamy.



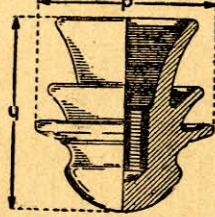
Rys. 128. Przywiązanie przewodu przy szybie izolatora.

Chcąc mocniej przywiązać przewód, rys. 129, opasujemy drutem wiązatkowym izolator, wprowadzając jeden koniec n dołu drugi u góry przewodu, krzyżujemy końce drutu na

Dla przewodów o przekroju do mm <sup>2</sup>		d mm	h mm
10	35	60	60
150	80	85	95

Powierzchnia izolatorów musi być glazurowana, glazura nie powinna mieć skaz lub bąbli, w ogóle izolatory powinny odpowiadać przepisom.

Izolatorów na wysokie napięcie, podajemy pięć typów, rys. 126 i tabelka:



Rys. 126. Izolator wysokiego napięcia.

2. Przewód albo zaciska się w specjalnej oprawie osadzonej na głowce izolatora, lub też przywija się drutem wiązatkowym na głowce lub przy szybie. Na zakrętach przewód przywiązujemy zawsze przy szybie, w ten sposób, aby przewodnik przyciskany był do izolatora pod wpływem nacisku.

Napięcia do V	Przekrój przewodów do mm <sup>2</sup>	d mm	h mm
6000	150	120	130
10000	150	135	145
15000	150	150	165
25000	150	190	220
35000	150	250	295



1. Słupy przelotowe, które nie wytrzymują naciągu jednego-stronnego przewodów.
2. Słup odporowy, który wytrzymuje  $\frac{2}{3}$  jednostronnego naciągu, w razie zerwania się części przewodów.
3. Słup porożny, wytrzymujący istniejące naciągi.
4. Słup odporowo-porożny, wytrzymujący nie tylko istniejące naciągi, ale również  $\frac{2}{3}$  jednostronnego naciągu w razie zerwania się części drutów.
5. Słup krańcowy, wytrzymujący naciąg jednostronny.

Poza tym, przy obliczaniu słupów, uwzględnia się według przepisów parcie wiatru.

W przybliżeniu grubość odgórna słupa przelotowego z drzewa iglastego można obliczyć według następującego wzoru:

$$d = 0,0065 h + 0,22 \sqrt{a \cdot b}$$

dla słupów nasasyconych:

d — średnica odgórna w centymetrach, h — całkowita wysokość słupa z zakopaniem odziomkiem w centymetrach, a — rozpiętość zawieszania przewodów w metrach, b — suma średnic wszystkich zawieszonych na słupach przewodów w milimetrach. Wynik należy zaokrąglić zawsze wzwyż.

Przykład. Linia ma 2 przewody po 70 mm<sup>2</sup>, 2 po 10 mm<sup>2</sup> zawieszane na średniej wysokości 6 m od ziemi. Przyjmijemy całą długość słupa 7,5 m, rozpiętość 40 m, średnica linki o przekroju 70 mm<sup>2</sup> wynosi 10,5 mm (str. 211), drut 10 mm<sup>2</sup> ma średnicę 3,75 mm, więc suma średnic będzie:

$$10,5 \times 2 + 3,57 \times 2 \approx 28 \text{ mm,}$$

przeto:

$$d = 0,0065 \times 750 + 0,22 \sqrt{40 \times 28} =$$

$$= 4,87 + 0,22 \times 33,3 = 12,22 \text{ cm}$$

możemy wziąć 13 cm.

przewodzie i jeszcze raz opasujemy izolator, takie opasanie powtórzyć można 3 do 4 razy, wreszcie końce drutu wiązać-kowego zawijamy na przewodzie z obu stron izolatora 6 do 8 zwojami.



Rys. 129. Inny sposób przywiązania przewodu.

3. Trzony izolatorowe bywają bądź proste, bądź wygięte, zapatrzone wkrętką do drzewa, bądź kółką do munu, albo gwintem z nakrętką dla umocowania na żelaznych poprzecz-kach czy stojakach.

Na trzon wkręcany izolator, nakręcając na zakarbowane końce trzonów kopopie, nasyczone olejem linianym lub minią. Wkręcanie izolatora odbywa się w kierunku nawinięcia ko-nopli.

### § 128. SŁUPY I WSPORNIKI.

Na słupy używa się przede wszystkim świerki i sosny wyrosłe na suchej glebie i skarczowane zimą. Słup może być uznany za prosty, gdy przeciągnięty wzdłuż niego sznur w żadnym miejscu nie odstaje więcej, niż o połowę średnicy słupa.

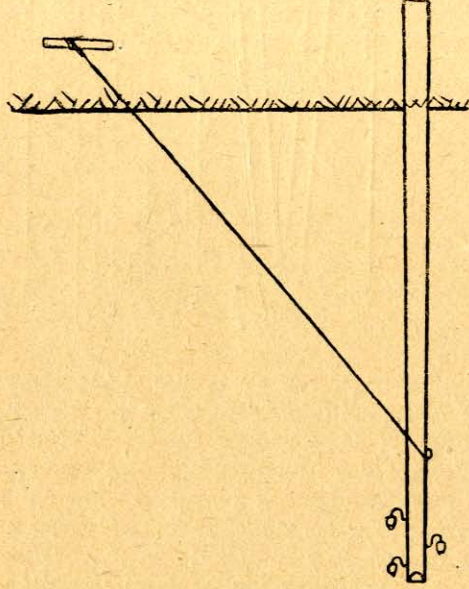
Średnia trwałość słupów drewnianych nienasasyconych wynosi do 7 lat. Przesycając słup odpowiednimi środkami, można trwałość zwiększyć do lat 20.

Najmniejsze średnice odgórne słupów pojedynczych, przy niskim napięciu, wynosić powinny 12 cm, a przy wysokim napięciu 15 cm. W słupach bliźniaczych, p. rys. 133a, i A-owych, p. rys. 133b, może być 10 cm, a w podporach 9 cm.

Grubość słupa wybieramy stosownie do liczby i grubości zawieszonych przewodów, oraz rodzaju słupa. Wyroźniamy:



Stup na tej samej wysokości, na jakiej opiera się podpora; ciężki sprowadzamy do ziemi pod kątem  $45^\circ$  i zaczepiamy w sposób trwały o belkę lub o duży kamień zakopany w ziemi.



Rys. 132.

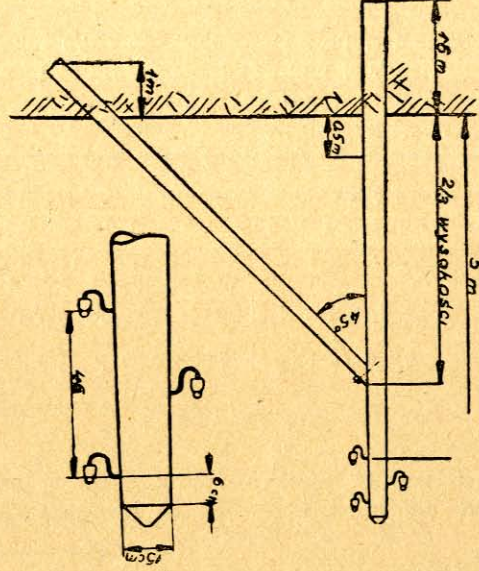
Przy wysokim napięciu lepiej odciązek nie dawać. W razie, gdy innego sposobu nie ma, to dajemy odciązek, która nie powinna dotykać się do zadnych żelaznych części na stupie. Na wysokości przynajmniej  $2,5$  m od ziemi umieszczamy w odciążce izolator odciągowy odpowiedni do pięcia roboczego sieci, drut odciązki poniżej tego izolatora musi być uziemiony. Przy ziemi odciążkę osłonić skupkiem drewnianym.

Gdy nie można założyć ani podpór, ani odciązek, wówczas stawiamy stupy podwójne A-owe lub bliźniacze, patrz

Podpory i odciązki. Stupy narozne i krańcowe zaopatruje się zwykłe w podpory lub odciązki.

Podpory zakładamy po tej samej stronie, w którą ciągną przewody, odciązki po stronie przeciwnej. Kierunek siły ciągnięcia w stupie naroznym dzieli kąt między przewodami na połowę.

Podpora powinna dochodzić możliwie do samych przewodów, a przynajmniej na  $\frac{2}{3}$  wysokości stupa. Pochylenie podpory najlepsze o kąt  $45^\circ$ . W ziemi podporę dobrze jest oprzeć np. na podkładzie drewnianym zakopanym na głęboko-



Rys. 130. Rys. 131.

kości  $1$  m lub na kamieniu. Umocowanie podpory na stupie uskutecznia się za pomocą sworznia lub klamry, p. rys. 130. W stupie wciąć zadnych robić nie wolno.

Odciązki, p. rys. 132, dajemy w postaci linki żelaznej ocynowanej o średnicy co najmniej  $5$  mm. Linka obejmuje

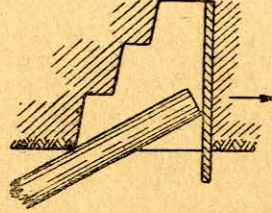






dziegiem na przestrzeni 50 cm powyżej powierzchni ziemi i 50 cm poniżej powierzchni ziemi. Wierzchołek słupa ścinamy na dwie strony lub stożkowo dla ułatwienia ścieku wody deszczowej, wierzchołek ten również pociągamy karbolinuum i smarujemy dziegiem.

Zależnie od spójności gruntu zakupujemy słupy co najmniej na głębokość 1,4 do 1,6 m, i nie mniej, niż na głębokość  $\frac{1}{8}$  do  $\frac{1}{6}$  części całej długości słupa. Dół wykopujemy nie w koło, ale w postaci wąskiego rowka, przy wąkiej ścianie którego ustawiamy słup, aby przylegał do ziemi nienaruszonej; przy zasypywaniu ziemi mocno ubijamy, p. rys. 136.



Rys. 136.

W gruncie lekkim i błotnistym zakładamy u dołu podział rusztowania, w którym umocujemy słup.

Słupy ciągnięte w jednym kierunku ustawiamy z pewnym pochyleciem w kierunku przeciernym, pochylenie u wierzchołka może wynosić tyle, co grubość słupa. Również pochylamy słupy uszeregowane rzędem i narazone na jednostronne działanie wiatru, np. wtedy, gdy z drugiej strony są one zasłonięte drzewami lub budynkiem, poza tymi wyjątkami nadajemy słupom położenie pionowe.

Słupy stalowe ustawiamy zwykle w fundamencie betonowym. Na 1 część objętości cementu powinno przypadać 8 części żwiru, wszystkie należy dobrze wymieszać. Beton należy mocno ubić, szczególnie w rogach żelaza profilowego. Beton twardnieje najlepiej dopiero po upływie 10 do 12 dni.

wcześniej przewodów nie należy zakładać i nie można zdemować odciałek czy podpor, podtrzymujących słup.

3. Po ustawieniu słupów, zakładamy izolatory, zwracając uwagę na położenie żłobków i zacisków. Następnie naciągamy przewody. Przede wszystkim przewód należy rozwinąć. Przy tym należy z przewodem obchodzić się bardzo ostrożnie, aby nie spiąć i nie uszkodzić.

Odwijanie rozpoczynamy od końca zewnętrznego. Jeden z robotników trzyma krąg w rękę przed sobą w położeniu pionowym i powoli obraca, cofając się w tył w kierunku zakładanej linii. Ciężkie przewodniki odwijamy w podobny sposób z toczącego się bębna. Rozciągamy przewodnik po ziemi, wyprężamy go. Miejsca nierówne wyprostowujemy pomiędzy dwoma kawałkami drzewa lub obijamy młotkiem drewnianym.

Po dokładnym obejrzeniu, zakładamy przewodnik na haki izolatorowe lub poprzeczki i, zamocowawszy przy jednym słupie, wyprężamy, chwytając zabką i wielokrążkiem na odpowiedni naciąg lub odpowiedni zwis. Naciąg mierzymy sprężynowym siłomierzem (dynamometrem), wciągając go między zabki i wielokrążki.

Zwis najprościej sprawdzić tyczką, której cała długość równa się odległości miejsca zamocowania przewodu od ziemi. Na tej tyczce, odmierzywszy od wierzchołka wielkość zwisu, wbijamy w odpowiednim miejscu gwóźdź. Przykładamy tyczkę do przewodu na środku przęsa i podciągamy przewód aż poki nie dojdzie do wysokości oznaczonej gwóździem.

Po odpowiednim naciągnięciu przewodu przymocowujemy go do izolatorów.

### § 130. OBSŁUGA LINII NAPOWIETRZNYCH.

Rewizję gruntowną robi się zwykle raz do roku, na jej stemi. Sprawdzamy zwisy, obmywamy zakurzone izolatory, wymieniamy słuczony, zakładamy wzamian pekniętych nowe druty wiązakowe.



Uziemienie przewodów przy prądzie zmiennym możemy łatwo rozpoznać za pomocą słuchawki telefonicznej, której końcówki łączymy z dwoma uziemiaczami w pobliżu słupa, wystarcza wbić w ziemię np. dwie łopaty. Prąd upływa do staję się do słuchawki i słychać wyraźny dźwięk. Dotykanie słupa stalowego jest niebezpieczne, gdyż nie zawsze mamy pewność dobrego jego uziemienia.

Słupy drewniane po ustawieniu wystarczy sprawdzić co dwa lata w ciągu 10 lat, a potem co roku, najlepiej w jesieni. Stan ich sprawdzamy, odkopując na głębokość 30 cm i opukując. W razie wątpliwości co do stanu wężera, co się ujawnia przez stłumiony odgłos przy opukiwaniu, wywieramy mały otwór średnicy najwyżej 5 mm. Z trocin wnios-kujemy o stanie słupa. Gdy słup — zdrowy, to zabijamy w-wiercony otwór kółkiem z twardego drzewa. Wszystkie słupy, których nie wymieniamy, po odkopaniu smarujemy dzieg-ciem na całej powierzchni odkopanej i jeszcze na wysokość 50 cm od ziemi.

Przewody napowietrzne należy rewidować po każdej burzy.

### § 131. URZĄDZENIA OCHRONNE

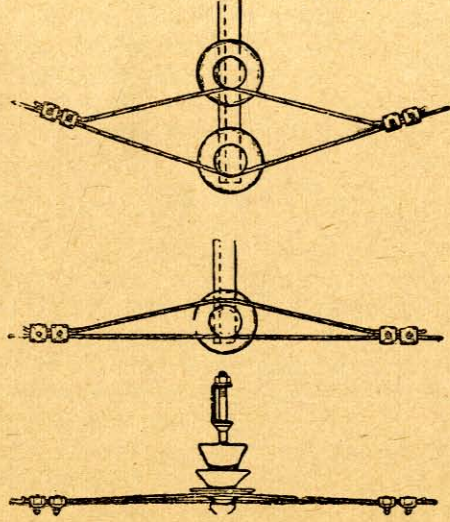
Przewody pod prądem w razie zerwania przedstawiają niebezpieczeństwo w razie dotknięcia i wymagają ochrony, gdy przechodzą na dziedzińcach, drogach itp. Poza tym nie-bezpieczne jest również zetknięcie przewodów do siły i swia-tła z przewodami telekomunikacyjnymi (telegraf i telefon), przed wyższego napięcia może tu uszkodzić aparaty i grozi ludziom porażeniem.

Urządzenia ochronne bywają różne:

a) Podwójne zawieszenie, p. rys. 137; tu ważną jest

) Patrz przepisy techniczne na skrzyżowania i zbliżenia linii elektrycznych prądu silnego z innymi liniami elektrycznymi, drogami komunikacyjnymi, osiedlami i lotniskami. (Załącznik B do rozporządzenia Ministra Robót Publicznych z dnia 26 kwietnia 1926 r.).

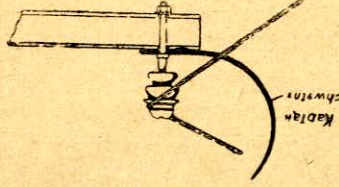
sprawa, aby na prostych odcinkach toru przewód po obu stronach zawieszenia siedł po jednej prostej linii.



Rys. 137. Podwójne zawieszenie przewodu.

b) Parąki ochronne uziemione, p. rys. 138.

c) Wspólny słup na skrzyżowaniu linii.



Rys. 138.

d) W ostateczności, gdy inne środki są zawodne, bywają stosowane siatki ochronne, wykonywane z żelaznych drutów cynkowanych. Druty podługne, grubości 5 mm,



zakładamy na żelaznych wspornikach w odstępach 100 cm i wyprezamy, druciki poprzeczne, grubości 1,5 do 2,5 mm, zawieszamy dość luźno w odstępach 30 cm jeden od drugiego. W odstępach 1 do 2 m zamiaszt drutów zakładamy sztywne pręty.

e) Dołne przewody można osłaniać zawieszonymi z góry uzienionymi drutami odbojowymi.

f) W pewnych wypadkach można obejmć się bez urządzeh ochronnych, wyprezając przewody z siłą wynoszącą  $\frac{1}{2}$  naciągu normalnego, wtedy zwiększamy zwis półtora raza, aby było mniejsze prawdopodobieństwo zerwania się przewodów.

### § 132. ZASTOSOWANIE KABLI OBOLOWIONYCH.

1. *Przy prądzie stałym* najczęściej używamy kabli jednożyłowych, mamy w ten sposób zupełną niezależność przewodu (+) od (-). Uszkodzenie nieraz bywa tylko na jednym przewodzie, więc łatwiejsza naprawa.

2. *Przy prądzie zmiennym* należy stosować kable wielożyłowe, aby uniknąć szkodliwych prądów elektrycznych wtych w płaszczu i szczególnie w pancernu żelaznym.

Przy prądzie zmiennym bywają stosowane kable jednożyłowe, tylko w wyjątkowych wypadkach, przy odpowiedniej konstrukcji.

3. Kable obołowane w budynkach stosujemy tam, gdzie mamy prowadzić dużo przewodów w wąskich przejściach, a poza tym wszędzie, gdzie pomieszczenia są bardzo wilgotne.

4. *Zemwłgiz budynków* w ziemi kładziemy kable, zamiaszt przewodów napowietrznych, ze względu na znacznie mniejsze prawdopodobieństwo uszkodzenia, ze względu na uniknięcie możliwości zetknięcia z przewodami pod napięciem, oraz wygład ulic, placów itp. Poza tym wielką zaletą kabli obołowanych jest ta okoliczność, że na przewody kablowe nie mają wpływu czynniki atmosferyczne: wiatr, deszcz, śnieg i elektryczność atmosferyczna. Obsługa urządzeń kablowych jest znacznie prostsza od napowietrznych.

### § 133. ZAKONCZENIA, ZŁĄCZA I ODGAŁĘZIENIA KABLI.

Kable muszą być dobrze strzeżone od przenikania do ich wnętrza wilgoci; z tego względu zakonczzenia, złącza i odgałęzienia należy zawsze wykonywać w odpowiedni sposób. Stosowane są tak zwane mufy, czyli skrzynki żeliwne wypelnione izolacyjną masą kablową, którą zalewamy na gorąco. Wewnątrz takiej mufy znajdują się złącza przewodów. Dla umożliwienia założenia tych złączy, mufy są zwykle dzielone na dwie połowy, które po zmontowaniu skrecane są śrubami, tylko mufy końcowe sporządzane bywają w postaci kielicha z pokrywą. Mufy mają różną budowę zależnie od napięcia prądu, na jakie kable są przewidziane.

Są mufy końcowe i rozgałęźne.

Jedynie do kabli jednożyłowych o niewielkim przekroju w miejscach zupełnie suchych można używać, zamiaszt mufy końcowej, uszczelnionych rurtek gumowych (tak zw. palców) nie zalanych masą.

W wielkich sieciach kablowych rozgałęzienia sporządza się w dużych skrzyniach żeliwnych zapuszczonych do ziemi z odpowiednimi wiązami.

### § 134. MONTAŻ KABLI.

1. Przy układaniu kabli obołowanych należy zawsze pamiętać, że wapno, cement i gnijące tkaniki roślinne i zwierzęce nagryzają ołów, a więc powłoka ołowiana od tych czynników musi być skutecznie chroniona.

Poza tym zawsze należy uniknąć ostrych zgięć o małym promieniu. Najmniejszy dopuszczalny promień krzywizny zgiętego kabla skreczonego wielożyłowego wynosi 15-krotną jego grubość, a kabla jednożyłowego 25-krotną jego grubość. Np. kabeł asfaltowany o średnicy 40 mm trójżyłowy może być zgięty na łuk, którego promień musi wynosić co najmniej:  $40 \times 15 = 600$  mm.

2. Do budynków wciągamy kable bardzo ostrożnie, rozwijając z bębna i podtrzymując go co parę metrów, przeczyna-



jąc na to odpowiednie liczbę ludzi, gdyż kabel zwykły nie jest wytężony na siły naciąg podłużny. Po wciągnięciu do budynku, ostrożnie kabel podnosimy i zamocowujemy we własnym położeniu.

Kable opancerzone taśmą żelazną zakładamy w budynkach w dowolnym miejscu, kładąc na podłodze, na półkach, zawieszając na żelaznych lub drewnianych uchwytach. Przy stosowaniu uchwytów żelaznych w miejscach podparcia owijamy kabel papą smołowcową. Uchwyt żelazne powinny obejmować kabel przynajmniej na długość 5 cm.

Kable tyko *asfallowane*, bez pancera wymagają większej ostrożności przy układaniu, zawieszamy je na sułtach lub ścianach możliwie wyżej, a co najmniej na wysokości 30 cm od podłogi.

Najbezpieczniej kłaść takie kable na drewnianych półkach, można jednak również zawieszac na drewnianych uchwytach, żelazne uchwyty tu nie nadają się, gdyż mogą się wtrząsnąć w mięką powłokę ołowianą. Uchwyt drewniany powinien obejmować kabel na długość 15 cm. Otwór należy dostosować do grubości kabla, aby go zanadto nie ścisnąć.

Odstęp pomiędzy uchwytami powinien być tym mniejszy, im grubsze są kable, przy kablach cienkich może dochodzić do 3 m, przy grubych  $\frac{1}{2}$  do 1 metra. W pomieszczeniach suchych odzież włóknista kabli opancerzonych jest zbyteczna, a nawet niebezpieczna pod względem pożarowym, należy więc obnażyć pancierz i poczynać go lakierem chromującym od rdzy.

Kable asfaltowane i opancerzone mogą być wpuszczane pod podłogę, oraz zakładane pod tynk i zaprawiane gipssem. Swobodnie ułożonych kabli nie można zakrywać żadnym materiałem palnym.

Przebieg kabli *asfallowanych nieopancerzonych* przez ściany i stropy wykonywamy w rurach żelaznych. W ogóle jednak najlepiej przewidzieć szerokie otwory, w których mogłyby leżeć kable, nie stykając się ani z wapnem ani z cementem.

Gołe kable stosuje się rzadko, przy małych przekrojach w pomieszczeniach zupełnie suchych zakładamy je na ścianach, przytwierdzając klamerkami żelaznymi.

Przy wprowadzeniu podziemnych kabli do budynków i zakładaniu w budynkach wybieramy miejsce odległe od rur wodociągowych, gazowych lub ogrzewania centralnego, czy kanalizacyjnych. Gdy nie da się uniknąć skrzyżowania, prowadzimy kable pod rurami w odstępnie 30 cm. Od głowionych rur gazowych 100 cm. Odstępy pomiędzy rurami a kablami możemy wypętnić cegłami.

3. Na zewnętrznych budynków układamy kable wprost w ziemi, jeżeli są opancerzone taśmą żelazną. Kable asfaltowane bez pancera bywają układane w podziemnych kanałach z rur betonowych, pociągniętych wewnątrz asfaltu.

Układanie kabla opancerzonego w ziemi rozpoczynamy od wykopania rowu głębokości 80 cm i szerokości odpowiedniej do liczby układanych obok siebie kabli, ziemię odzucamy na jedną stronę, na dnie rowu nasypujemy warstwę piasku grubości około 10 cm, obok rowu układamy cegły przewidziane dla ostony kabla.

Następnie rozwijamy kabel z bębna, nie wypierzając i układając liną zlekką falistą. Są dwa sposoby układania kabla: 1) toczymy bęben obok rowu, 2) bęben pozostaje w miejscu nieco podniesiony i zawieszony na mocnej osi żelaznej odpowiednio podpartej. Przy odwijaniu kabla bębna obraca się, zlekką hamujemy go drążkami. Przy tym sposobie, rozwijany kabel można kłaść od razu w rowie.

Przy odwijaniu sposobem pierwszym kable zwykle układają się naprzód obok rowu, a gdy cały kabel jest już rozwinięty, przenosimy go, biorąc na ręce, na dno rowu. Przy układaniu kabli, należy zatrudnić znaczną liczbę ludzi, aby uniknąć nadmiernego ciągnięcia i zginięcia kabla. Na kablach, dla ułatwienia rozpoznania, dobrze jest dawać co 4 metry ołowiane znaczkę kablowe.

Kilka kabli kładziemy na dnie rowu w odstępach kilkukcentymetrowych, np. 10 cm, jeden od drugiego, pomiędzy kable dobrze jest położyć cegły, albo płytki cementowe lub



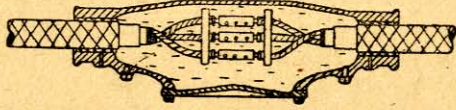
gliniane. Następnie przystępujemy do zasypywania. Po zasypaniu warstwy ziemi 10 cm nad kablem układamy warstwę cegieł na płask i potem zasypujemy rów, ubijając zlekką ziemię. Należy unikać układania kabli podczas mrozu.

Przy przeciąganiu kabla pod ulicą, drogą lub plantem kolejowym, układamy przede wszystkim rury żelwne, np. kanalizacyjne i przez te rury ostrożnie przeciągamy kabel.

4. Po ułożeniu kabli przystępujemy do osadzenia muf. Mufę należy zawsze umieszczać tak, aby kabel z obu stron mufy nie był naciągnięty, a zlekką wyginał się.

Konce kabli ucinamy w ten sposób, aby ściętymi powierzchniami przystawały do siebie.

Poszczególne powłoki kabla, otaczające żyłę, stopniowo odejmujemy tak, aby powłoka izolacyjna, ołowiana, jutowa i żelazna utworzyły stopnie po 3 cm. długości w każdym. Każdą powłokę owijamy na przegu drutem wiążakowym, aby nie rozchodziła się i nie strzępiła. Konce kabli wprowadzamy do wnętrza mufy w pełnej odzieży, przynajmniej na długości 1 cm, p. rys. 139. W wylotach muf owijamy kabie



Rys. 139.

dla szczelności taśmą jutową lub papą i mocno skręcamy śrubami. Końce żył miedzianych dokładnie oczyszczamy benzyną, każdy drucik osobno, cynujemy i skręcamy spotworem. Następnie końce żył wsadzamy do złączki rurkowej, tak aby zetknęły się w środku złączki, potem wkręcamy śrubki na złącze, końce złączki owijamy taśmą ogniotrwałą tak, aby cyna nie wypływała i lutujemy na kalafonię, zalewając roztopioną cyną (dopóty, aż nie wypelni wszystkie kich szparek. Dobrze jest trochę w złączkę popukać. Śrubki jeszcze docisnąć i zwrócić uwagę na to, aby nie wystawały).

nad powierzchnię złączki. Po ostygnięciu taśmę odwinąć wodniki do 4 mm<sup>2</sup> łączy się złączką rurkową, również lutoprekonąć się, czy dobrze cyna wypełniła złączkę. Przeciwnie, ale bez śrubek zaciskowych; na złączki nasuwa się rurki izolacyjne. Następnie mufę starannie oczyszczamy, szczególnie dokładnie usuwając wilgoć.

Sprawdziliśmy, czy żyły miedziane nie mają połączenia między sobą lub z kadłubem mufy, przystępujemy do zalewania masą kablową.

Przed zalewaniem masą należy mufę ostrożnie ogrzać, uważając, aby nie uszkodzić kabla. Przy montażu pod gołym niebem zalewanie mufy powinno się odbywać pod namiotem. Po przygotowaniu mufy, podgrzewamy masę, ogrzewając naczynie ze wszystkich stron, unikając miejscowego przegrzania. Po ruszeniu się powierzcchni, masę trzeba mieszać aż do zupełnego stopnienia.

Zalewać należy masą przy dobrej płynności, ale przy niezbyt wysokiej temperaturze.

Przy mufach leżących, przede wszystkim w dolnej części mufy zakładamy w rowku sznur nasycony uszczelniającą cy i, nie kładąc jeszcze pokrywy, nalewamy tyle masy, aby pokryła przewody i płaszcz ołowiany, następnie nakładamy pokrywę i, zlekką przysrubowawszy, przez odpowiednie otwory wypełniamy całą mufę masą roztopioną. W miarę ostygnięcia masa kurczy się, więc trzeba ją dolewać, otwór przy tym podgrzewać. Przed ostatecznym ostygnięciem mufy należy dobrze docisnąć wszystkie śruby. Śruby oblać dla zabezpieczenia od rdzy. W przerwach pomiędzy poszczególnymi dolewaniem, mufę zakryć pokrywką i ściertką, aby ani kurz ani wilgoć nie mogły się tam dostać. Mufy stojące za lewą się w podobny sposób.

Jeżeli mufa ma być uziemiona, to wewnątrz mufy na powłokach ołowianych obu końców kabla nawijamy i przylutowujemy kilka zwójów linki miedzianej, dwie te linki następnie wyprowadzamy, przed zalaniem, przez otwory w odpowiednich śrubach. Zewnątrz mufy linki skręcamy i przylutowujemy do uziemiacza — np. płyty ziemnej.



Grubość linki uzemiającej należy brać odpowiednio do grubości żył kabla:

Przekrój poszczególny linki uzemiającej	do 50 mm <sup>2</sup>	powyżej 100
	6 mm <sup>2</sup>	10
		16

Masa raz zainstalowana nie daje się do pomownego użytku. Są specjalne przepisy określające, jakie własności masa kablowa powinna posiadać.

Nie można bezwzględnie używać masy kablowej produktów suchej destylacji węgla np. — paku, nawet w urządzeniach niskiego napięcia. Po ukończeniu napędzania mufy otwór szczelnie zamykamy.

Koniec kabla nie powinien nigdy pozostać odsłonięty. Gdy chcemy pozostawić go nieoprawionym w mufie przez czas krótki np. jedną dobę, to pokrywamy go masą izolacyjną tak zwaną czartertonkompand i owijamy dobrze taśmą izolacyjną. Gdy swobodny koniec kabla ma pozostać odsłonięty na długości 1 cm i, a ostrzyższy powłokę izolacyjną, pokrywamy ją masą czartertonkompand tak, aby zachodziła na powłokę owianą przynajmniej 1 cm. Następnie dajemy owinięcie z taśmy gumowej dla lepkości zwilżonej benzyną, a na tym drugie owinięcie zwykłą taśmą izolacyjną, a na to wszystko nasadzamy szczelny naporstek ołowiany, który przytłuwujemy w okolicy do powłoki ołowianej.

5. Przy montażu kabli požądane jest sprawdzenie jak największe *stan izolacji żył*: przed rozwinięciem z bębnow, przed osadzeniem mufy i po zainstalacji mufy, a w miarę możności po zainstalacji każdej pojedynczej mufy.

W czasie układania kabli należy sporządzić plany, na których musi być podany przebieg kabla, położenie muf oraz skrzyżowań z innymi kablami i rurami.

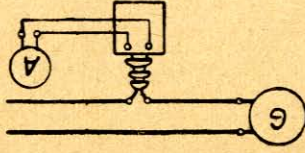
## PRYZRĄDY POMIAROWE.

### § 135. AMPEROMIERZE.

Amperomierze stosowane w urządzeniach elektrycznych bywają najczęściej dwójakiego rodzaju:

1. *Elektryczne amperomierze*, z ruchomą blaszką żelazną, na którą stały i zmienne, mają kierunek wychylenia niezależny od kierunku prądu, a więc mogą być włączane dowolnie, tylko tak, aby cały mierzony prąd przepływał przez amperomierz.

Przy prądzie zmiennym wysokiego napięcia lub znacznego natężenia, amperomierz włącza się w obwód za pomocą prądowych transformatorów miernikowych, p. rys. 140.



Rys. 140.

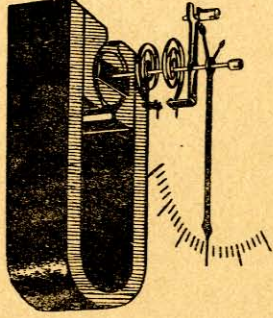
Prąd wtórny transformatorów miernikowych wynosi przeważnie 5 A. Dla połączenia amperomierza z transformatorami nie należy brać drutu cieńszego od 2,5 mm<sup>2</sup>. Amperomierz z transformatorami ma na skali podane natężenie prądu płynącego w przewodzie sieci połączonej z transformatorami.

Skala amperomierzy elektromagnetycznych nie jest zupełnie równa i zaczyna się od 1/5 czy 1/10 nominalnego zakresu.



su pomiarowego. W środku skali, w dobrym amperomierzu tego rodzaju błąd pomiaru wynosi około 2%.

2. Magneto-elektryczne amperomierze z ruchomą cewką dają odchylenie, które zależy od kierunku prądu, więc nadsą się tylko dla prądu stałego, w użyciu są dokładniejsze od poprzednich, skalę mają jednostajną, błąd przy pomiarze bywa około 1% pełnego wychylenia, p. rys. 141.



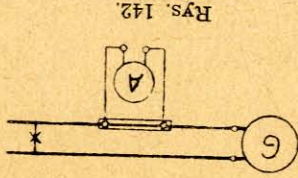
Rys. 141. Amperomierz magneto-elektryczny.

Bywają amperomierze z zerem pośrodku, takie używa się np. w obwodzie akumulatorów, wtedy kierunek wychylenia wskazówki wskazuje, czy akumulatory wyładowują się, czy też ładują się.

Na amperomierzach magnetoelektrycznych jest znak (+) na tym zacisku, który należy łączyć z przewodem dodatnim, prowadzącym prąd od źródła. Często amperomierze tego rodzaju są zapatrufie się w boczniki, patrz rys. 142, montowane osobno, wtedy druty prowadzące od bocznika do amperomierza muszą być dostarczone przez wytwornię i nie można ich ani skręcać ani szlukować.

Przy zamawianiu amperomierzy należy zwracać uwagę, aby zakres skali był odpowiedni. Najlepiej brać amperomierz, w którym środek skali odpowiada normalnemu prądowi, w którym się przewidywany normalnemu prądowi. A więc np. jeżeli przewidywany nor-

Dla odbiorników ulegających krótkotrwałym silnym przeciążeniom: np. dla niektórych silników i pieców elektrycznych indukcyjnych, należy brać amperomierze magnetoelektryczne, w których ostatnia dziesiątka skali odpowiada podwojnemu lub potrójnemu prądowi normalnemu i podziałki w końcu skali są skrócone.



Rys. 142.

Woltomierze najczęściej stosowane bywają również dwój-

### § 136. WOLTOMIERZE.

1. Elektromagnetyczne z ruchomą blaszką przydatne na prąd stały i zmienny, przyłączane mogą być dowolnie, kierunek wychylenia nie zależy od kierunku prądu. Bywają łączone w trojaki sposób, jak wskazuje rys. 143; transformator mierznikowy używa się przy wysokich napięciach. Woltomierz z przyzastosowanymi do niego transformatorkiem ma na swojej skali liczbę, wyrażającą napięcie wysokie. Po stronie wtórnej na samym woltomierzu napięcie zwykle wynosi 100 lub 110 V.

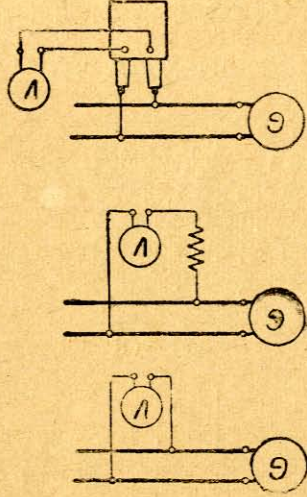
Skala tych woltomierzy nie jest zupełnie równomierna, błąd możliwy w pomiarze około 2%.

2. Woltomierze magnetoelektryczne z ruchomą cewką mają zastosowanie tylko do prądu stałego; skala równomierna, błąd pomiaru około 1%. Często mają one opornik dodatkowy osobno montowany, wtedy skala jest ważna tylko z tym

mały prąd mierzony wynosi 50 A, to dziesiątka odpowiadająca 50 A powinna znajdować się na środku skali, lub około 3/4 skali.



opornikiem. Na jednym zacisku mają znak (+), ten zacisk należy łączyć z dodatnim przewodem sieci. Opornik dodatkowy może być włączony czy na (+) czy na (-) dowolnie.



Rys. 143. Sposoby włączania woltomierza.

Woltomierze zamawiamy zwykle z taką skalą, aby przy pewnym napięciu wskazówka znajdowała się w pobliżu końca skali, np. woltomierz dla normalnego napięcia 220 V ma ostatnią kreskę na 260 V.

Woltomierze zerowe, używane przy synchronizacji prąd-ówoltomierze zerowe, mają skalę ze znacznie rozsuniętymi działkami na początku, a działkę ostatnią odpowiadającą podwojnemu napięciu normalnemu.

Za pomocą przełącznika woltomierz z łatwością może być stopniowo przyłączany do różnych miejsc sieci.

Przewody do łączenia woltomierza, transformatora miernikowego i oporów dodatkowych mogą mieć przekrój 1 mm<sup>2</sup>.

### § 137. WATOMIERZE.

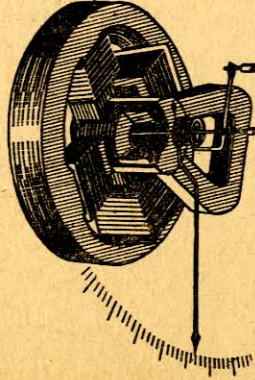
Watomierze stosuje się tylko w sieciach prądu zmiennego, gdzie są silniki elektryczne, gdyż wtedy na podstawie wskazań amperomierza i woltomierza nie można obliczyć mocy. Watomierze bywają z dwoma cewkami, jedną ruchomą, drugą nieruchomą, lub z ruchomym bębniem blaszanym — aluminiowym, mają własności podobne i włączane są jednako, p. rys. 144, 145, 146 i 147. W sieci trójfazowej bywają dwa sposoby włączenia, zależnie od tego, czy jest przewód zerowy, p. rys. 148, czy go nie ma, p. rys. 149.



Rys. 144. Watomierz z jedną cewką nieruchomą a drugą ruchomą (elektrodynamiczny).

Powyższe układy połączeń służyć mogą tylko przy równym obciążeniu faz. Przy obciążeniu nierównym bez przewodu zerowego stosowane są watomierze z układami mierniczymi, mającymi dwie cewki ruchome, a w urządzeniach z zerowym przewodem z trzema układami mierniczymi na jednej wspólnej osi z jedną wskazówką.

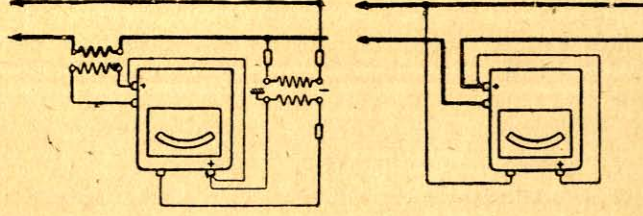




Rys. 145. Watomierz z ruchowym bębniem (indukcyjny).

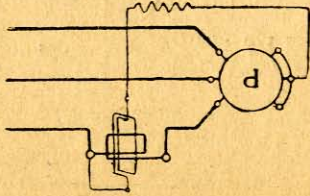


Rys. 146. Schemat teoretyczny włączenia watomierza.

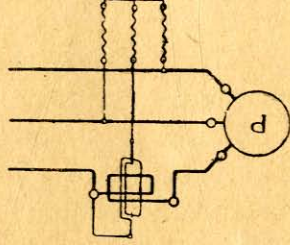


Rys. 147. Schemat montażowy włączenia watomierza.

Rys. 148. Schemat włączenia watomierza do sieci trójfazowej z przewodem zerowym.



trójfazowej z przewodem zerowym.



Rys. 149. Schemat włączenia watomierza do sieci trójfazowej bez przewodu zerowego.

W powyższych układach bywają również stosowane transformatorki prądowe i napięciowe.

Przy zamawianiu watomierzy, należy pamiętać, żeby one były przystosowane do napięcia sieci oraz do największego prądu, jaki może się zdarzyć. Skala powinna być tak wybrana, aby największej mierzonej mocy normalna prądu odpowiadająca działce znajdującej się w pobliżu środka skali lub  $\frac{3}{4}$  skali.

### § 138. UCHYBY PRZYRRĄDÓW POMIAROWYCH.

W urządzeniach elektrycznych bywają stosowane przyrządy pomiarowe, co do dokładności wskazzeń, z różnymi uchybami podanymi w tabelce:



### § 139. UCHYBY TRANSFORMATORÓW MIEKRYCH

U c h y b	
Ampermierze Woltmierze Watomierze	± 2,5% wskazania na koncowej dziając skali
	Ważniki spół- czynnika mocy Sprężynkowe czuściomierze
± 2 stopnie na skali	1% wkazywanej wiel- kości
	czuściomierze

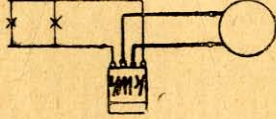
Transformatorci prądowe kategorii „1” bywają łoso-  
wane z uchybami podanymi w tabelce:

Natężenie prądu	U c h y b	
	w prądzie	w kacie
Od 1/10 do 1/5 <i>f norm.</i>	± 2%	—
„ 1/5 „ 1/2	± 1,5%	—
„ 1/2 „ 1	± 1,0%	± 60 min.

Poza tym są transformatorci prądowe z uchybami 2 i 5% nominalnego prądu i nieogramicznymi uchybami kątowymi. Natężenie transformatorci kategorii „1” mają uchyby w napięciu ± 1% przy obciążeniu od 0,9 do 1,1 napięcia normalnego, uchyb w kacie 40 min. Natężenie transformatorci, mniej dokładne mają uchyby w napięciu ± 2%, a w kacie 80 min. Natężenie transformatorci, najmniej dokładne mają uchyby w napięciu ± 5% przy obciążeniu 0,9 do 1,1 napięcia normalnego i uchyb kątowy nieogramiczony. Dla watomierzy i liczników należy stosować transformatorci tylko kategorii „1”.

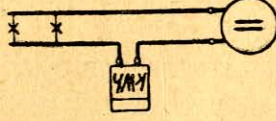
### § 140. LICZNIKI KILOWATOGODZIN

Obecnie stosowane bywają liczniki różnej konstrukcji. 1. Do prądu stałego — liczniki elektrodynamiczne, w których wskazania są uzależnione tak od napięcia prądu, jak od natężenia. Sposób włączenia w obwód wskazany na rys. 150. Używa się do pomiaru prądu w takich okolicznościach, kiedy napięcie prądu zmienia się w dość znacznych granicach, np. dla pomiaru energii oddawanej przez prądnice w elektrowni.



Rys. 150. Schemat włączenia licznika elektrodynamicznego.

2. Do prądu stałego — liczniki magneto-elektryczne, w których wskazania zależą tylko od natężenia prądu, a mechanicznie liczbowy jest przystosowany do pewnego stałego napięcia. Sposób włączenia wskazany jest na rys. 151. Używa się u odbiorców prądu w mieszkaniach, wirtorniach itp.

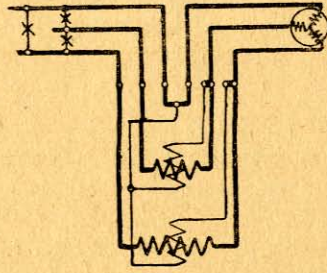


Rys. 151. Schemat włączenia licznika magneto-elektrycznego.

3. Do prądu zmiennego jednofazowego — liczniki indukcyjne dają wskazania zależne od napięcia i natężenia prądu; cyjne dają wskazania zależne od napięcia i natężenia prądu; prądu zmiennego jednofazowego np. w mieszkaniu włączonym na jedną fazę. 4. Do prądu zmiennego trójfazowego bez zerowego przewodu — liczniki indukcyjne z dwiema tarczami wirującymi, p. rys.

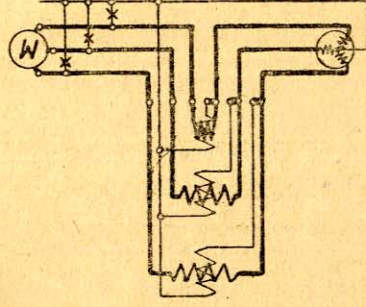


152, wskazują one pracę prądu zależnie od napięcia i prądu we wszystkich fazach, uwzględniają różnicę obciążen poszczególńch faz.



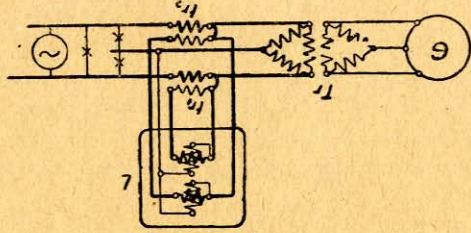
Rys. 152. Schemat połączeń licznika prądu zmiennego trójfazowego bez zerowego przewodu.

Do prądu zmiennego trójfazowego z zerowym przewodem liczniki — indukcyjne z trzema tarcami wirującymi, p. rys. 153, wskazują pracę prądu, uwzględniając różnicę obciążen poszczególńch faz.



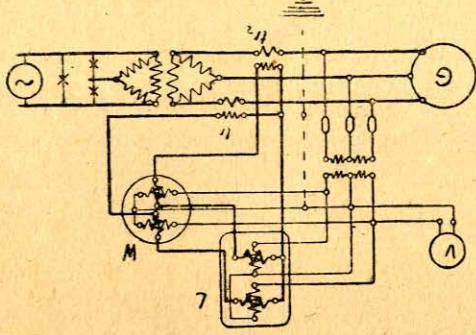
Rys. 153. Schemat połączeń licznika prądu zmiennego trójfazowego z zerowym przewodem.

6. Przy silnych prądach i niskich napięciach stosowane są transformatoruki prądowe, patrz układ połączeń rys. 154.



Rys. 154. Schemat połączeń licznika z transformatorukami prądowymi.

7. Przy wysokich napięciach wprowadzamy transformatoruki do obu obwodów: napięciowego i prądowego; wtedy zwykle te same transformatoruki służą do zasilania woltomierza i watomierza, p. rys. 155.



Rys. 155. Schemat połączeń przyrządów pomiarowych z transformatorukami.

8. Odczyty na licznikach przeprowadzamy w sposób następujący. Jeżeli 1 stycznia na liczniku odczytujemy liczbę



4796, a 1 lutego — 4968, to zużyta w ciągu stycznia praca prądu czyli energia wynosi:

$$4968 - 4796 = 172 \text{ kWh.}$$

Licznik wskazuje zawsze w kilowatogodzinach. Zwracać należy uwagę na przecinek przy okienkach liczbowych i odczytywać cyfry tylko do przecinka.

9. Liczniki sprzedawany za pomocą dokładnego ampero-

miernika, woltomierza i zegarka, lub też watomierza i zegarka, według przepisów Głównego Urzędu Miar.

Dopuszczalne największe uchyby są następujące:

dla prądu stałego w % pracy odliczonej przez licznik:

$$\pm \Delta = 6 + 0,6 \frac{P}{N},$$

dla prądu zmiennego w % pracy odliczonej:

$$\pm \Delta = 6 + 0,4 \frac{P}{N} + \left( 2 + 0,4 \frac{J}{N} \right) \cdot \text{tg } \varphi,$$

dla liczników do sieci wyłączenie oświetleniowych i grzejnych:

$$\pm \Delta = 6 + 0,4 \frac{P}{N}$$

Gdzie  $P_N$  — moc nominalna dla licznika,  $P$  — moc obciążenia,  $J_N$  — prąd nominalny,  $J$  — prąd obciążenia,  $\varphi$  — kąt przesuńnięcia faz pomiędzy napięciem a prądem.

Dla otrzymania możliwie dokładnego odczytu na licznikach, należy dla światła brać liczniki na prąd nominalny, wynoszący 80% sumy prądów wszystkich włączonych lamp.

Dla siły, gdy jest duzo małych silników, również można wziąć licznik na prąd nominalny nieco mniejszy od sumy prądów wszystkich silników, natomiast licznik dla poszczególnego

silnika, należy brać na prąd nominalny nieco większy od znamionowego prądu silnika ze względu na możliwe przeciążenie

10. Wodliwe działanie licznika może wynikać:

1. skutkiem zmniejszenia się siły magnesów stałych,
2. skutkiem przerwy przewodnika,
3. uszkodzenia izolacji,
4. pęknięcia lub skrzywienia się płyty podstawowej,
5. skutkiem zanieczyszczenia komnatora, żożysk lub przekładni silnikowej, czy mechanizmu liczbowego,
6. skutkiem pęknięcia kamienia żożyskowego lub
7. nieprawidłowego połączenia.

Mechanizm licznika czyszcimy pędzelnym włosiąnym i przemnywamy benzyną, komnatator wycieramy tasma bawełniana, oczyszczamy pędzelnym zwilżonym w eterze i powietrzu. Kożyska po starannym przemyciu w benzynie zwilżamy plynym olejem mineralnym.

Liczniki zawieszac należy na odpowiednich tabliczkach w pomieszczeniach suchych, niezbyt goracych, o możliwie stałej temperaturze. Liczniki należy zabezpieczac od kurzu i wstrząsanieh — zawieszac zdala od drzwi.

Przewody do licznika należy doprowadzac w ten sposob aby odgaęzienia przed licznikiem były niemożliwione, lub łatwe do rozpoznania.

#### § 141. WSKAZNIK SPÓŁCZYNNIKA MOCY.

Spółczynnik mocy czyli  $\cos \varphi$  wskazują przyrządy sporządzone na zasadzie podobnej, jak watomierz; włączane są w ten sam sposób, mają skalę na dwie strony od jedynki w dziesiętnych ułamkach. Liczby w jedną stronę odpowiadają prądowi opóźniającemu się w fazie, względem napięcia i są nieraz oznaczone znakiem „ind”, a po drugiej stronie odpowiadają prądowi wyprzedzającemu w fazie napięcie i są oznaczone znakiem „cap”.

#### § 142. WSKAZNIK CZĘSTOTLIWOSCI.

Te przyrządy mają elektromagnes, działający na sprężynki drgające z różną częstotliwością; ta sprężynka drga najmocniej, której częstotliwość drgań własnych jest równa



ny wysokiego napięcia dawac bezpiecznikami 2 - amperowe, a pomiędzy bezpiecznikami a transformatorami 300V, ograniczające prąd zwarcia.

Na niskim napięciu należy włączyć bezpieczniki, jak najbliżej do transformatora.

Należy zwrócić uwagę na uzwojenia transformatorów prądowych przed rozłączeniem lub odłączeniem wtórnego obwodu. Obwody wtórne transformatorów należy uzemiać.

częstości zmian prądu; jeżeli drgają jednakowo dwie sprężynki obok to częstość zmian prądu jest pośrednia. Jeżeli mają być porównywane częstości dwóch prądów, to na jednym przyrządzie są umieszczone obok siebie dwa szeregłi sprężynki.

#### § 143. MONTAŻ PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH.

Przy montażu wszelkich przyrządów pomiarowych należy zwracać uwagę na ściśle trzymanie się schematu połączeń zacisków przyrządu ze źródłami prądu i odbiornikami; należy odróżnić przewody prowadzących do odbiorników, tak jak przy prądzie zmiennym, jak przy prądzie stałym. Szczegółnie dotyczy to watomierzy i liczników kilowatogodzin i transformatorów miernikowych do powyższych przyrządów.

Należy unikać bardzo bliskiego sąsiedztwa pomiarowych przyrządów, szczególnie, gdy są one elektrodynamiczne bez rdzeni żelaznych.

Należy również unikać umieszczania przyrządów pomiarowych w pobliżu przewodników prowadzących bardzo silne prądy, szczególnie, gdy chodzi o przyrządy elektrodynamiczne.

Dla uniknięcia wpływu silnych prądów można przeprowadzać te prądy, umieszczać tak, aby przewody, prowadzące prądy przeciwnych kierunków, znajdowały się jak najbliżej siebie.

Umieszczając przyrządy pomiarowe, należy je chronić od wysokiej temperatury otoczenia, od kurz i wstrząszeń. Przed połączeniem, zaciski i końcówki przewodników należy bardzo dokładnie oczyścić, a potem śrubki starannie docisnąć. Wszystkie powyższe ostrożności są niezbędne, dla zapewnienia odpowiedniej dokładności wskazań przyrządów pomiarowych.

Przyrządy pomiarowe należy umieszczać zawsze w takim położeniu, w jakim one były cechowane.

Przed transformatorkami napięciowymi należy ze stro-



w cm, powstającego przy prądzie stałym przy przerywaniu obwodu, praktycznie bez samoindukcji! w zależności od napięcia i prądu.

Prąd w A		Napięcie w V		
		220	440	1500
25	1 cm	3 cm	18 cm	
50	1,5 "	5 "	20 "	
100	2 "	7 "	35 "	
200	4 "	10 "	50 "	
500	6 "	20 "	100 "	
1000	10 "	35 "	150 "	

Np. przy prądzie 50 A i napięciu 440 V długość żuku wynosi 5 cm.

5. Dla dobrego działania wyłączników, najważniejszą

sprawą jest utrzymanie temperatury kontaktów poniżej 50° C

(przyłepiony kawałek wosku nie powinien topić się); w tym

celu konieczne jest utrzymanie w czystości powierzchni kontaktowych i zachowanie odpowiedniej siły nacisku. Szczególnie ważne jest zabezpieczenie kontaktowej powierzchni od utleniania. W tym celu można kontakty zleпка posmarować olejem lub wazeliną.

Dobrá wskazówką właściwego kontaktu na wyłącznikach, poza temperaturą styku, jest spadek napięcia na styku.

Na dobrym styku spadek napięcia wyraża się wzorem:

$$u = 0,3 \frac{P}{I}$$

u — spadek napięcia w miliwoltach (tysiącne części wolta).

I — natężenie prądu w amperach, P — całe ciśnienie na powierzchni kontaktowej w kg.

Poza tym są następujące dane z praktyki: kontakty szczołkowe w powietrzu i w oleju muszą być dociśnięte z siłą

## § 144. ODLĄCZNIKI, WYŁĄCZNIKI I PRZEŁĄCZNIKI.

### WYŁĄCZNIKI.

1. Odlączniki — mają na celu odłączanie obwodów bez

ważą przy wysokim napięciu. Odlączniki zawsze dajemy na

wszystkie bieguny.

2. Wyłączniki czyli przerywacze bywają drżkowe

w kształcie noży wciskanych w sprężyste szczytki kontak-

towe, pokrętne, przestawiane za pomocą ruchu obrotowego,

przyciskowe — przestawiane przez przyciskanie, przesu-

ne — przestawiane za pomocą małej rączki. Specjalne

konstrukcje przewidziane do wysokiego napięcia: olejowe z ga-

szeniem żuku w oleju, powietrzne z gaszeniem żuku sprężo-

nym powietrzem i ekspansyjnym, gdzie żuk gasi się przy roz-

prężaniu par odpowiedniej cieczy.

W zależności od ilości biegunów, w których następuje

przerwa prądu, wyłączniki dzielą się na jednobiegunowe,

dwu- i trójbiegunowe.

3. Przełączniki czyli komutatory mają za zadanie zmianę

połączeń.

4. Wszystkie łączniki są budowane na określone napię-

żenie prądu i określone napięcie prądu w sieci, na ogół w pe-

wnych granicach można wyłączniki przy różnych napięciach

stosować na te same woltompery, naprzykład są wyłączniki

można stosować do 500 V na 4; 6; 15 i 25 A.

Wymiary łączników muszą być takie, aby skutecznie

przerwał się żuk powstający przy przerywaniu prądu. Dla

orientacji podaje kilka liczb wyrażających długość żuku



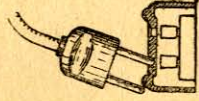
9. Przy wysokim napięciu ważne jest, aby wyłaznik wyłazłaś odrazu wszystkie bieguny; możemy to sprawdzić, wyłazłaś go na próbę na niskie napięcie do obwodu lampki żarowych.

10. Odłazczników nie można wyłazłaś pod prądem, szczególnie przy wysokich napięciach, gdyż powstają łuki unoszone przez prądy powietrza, mogą spowodować zwarcie międzybiegunowe lub doziemię; są jednak sportażane takie odłazczniki, za pomocą których można np. przerywać jałowy prąd niezbyt wielkich transformatorów przy napięciach poniżej 100 kV, przy wyższych napięciach przerywanie prądu jałowego stosuje się wyłazłkowo.

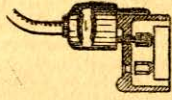
#### § 145. GNAZDA WTYCZKOWE I WTYCZKI.

1. Do przylazczania odbiorników przenośnych służą umocowane na ścianie gniazda wtyczkowe. Miejsca przylazczania przewodów ruchomych lub przenośnych nie powinny być narozone na cignienie.

W celu zabezpieczenia przed możliwością dotknięcia części doprowadzających napięcie lub przed możliwością jednego-biegunowego wprowadzenia wtyczki, stosuje się specjalne okapturnienie gniazda, p. rys. 156.



a



b

Rys. 156. Zabezpieczenie gniazda: a) dobre, b) złe.

25 g na I A prądu, kontakty kłockowe do 300 A — tak samo 25 g na I A, na większe prądy potrzebna siła większa; w każdym razie całe ciśnienie na styk nie może być mniejsze od 150 g, wyłazłkowo tylko pomocnicze styki z metali szlachetnych mogą być naciskane siłą mniejszą, najmniej jednak 50 g.

Powierzchnie kontaktowe wyłazczników na znaczne prądy należy co pewien czas czyścić, wyłazłaś i smarować.

Należy unikac przeciągania pólta szmerglowego pod łapkami kontaktowymi składającymi się z blaszek, między które dostaje się pył szmerglowy i mniejsza własość sprężynujące łapki.

Wyłazcznik, znajdujący się przez dłuższy czas stale w stanie zamkniętym, należy od czasu do czasu, gdy prądu nie ma lub jest bardzo mały, kilka razy otworzyć i znowu zamknąć, dla usunięcia z powierzchni warstwy tlenków metalu i popierszenia w ten sposób kontaktu.

Famiętać również należy o sprawdzeniu czystości i nawadzałych prąd do wyłazczników.

6. Wazna jest również dobra izolacja, uszkodzenia rzadko się zdarzają, natomiast części przeskoki między biegunami lub do ziemi, przeto odległości między częściami metalowymi różnych biegunów i między nimi a częściami uzimionymi muszą być zachowane odpowiednie, szczególnie w tych miejscach, gdzie powierzchnia izolacji może ulegac zanieczyszczeniu. W takich miejscach należy co pewien czas powierzcchnię izolacji oczyszczać przez wydmuchiwanie kurzu i ścieranie płócienną ściereczką.

7. Wyłazczniki, przerywające obwód uzwojenia dużych elektromagnesów, dla uniknięcia wysokiego napięcia samoidukcji, muszą być zaopatrywane w kontakty pomocnicze wyłazłaś, przed odłazzeniem sieci oporniki bezindukcyjne również do uzwojenia elektromagnesu.

8. W wyłazcznikach olejowych używamy specjalnego oleju do ich napelniania. Od czasu do czasu sprawdzamy jego poziom i np. raz do roku zmieniamy.



Wtyczka może służyć do włączania i wyłączania tylko takich odbiorników, których moc nie przekracza 2000 W, natomiast nie jest wyższe od 250 V, a natężenie prądu od 20 A. We wszystkich innych przypadkach muszą być przewidziane oddzielne wtyczniki.

2. Przy montowaniu najważniejszą jest sprawa, aby

śrubki kontaktowe przyciskające przewodniki w gniazdku i we wtyczce były dobrze docisnięte, a kontakty czyste, oraz żeby końcówki wtyczki dobrze stykały się z rurkami gniazodka, i były możliwie na jak najwięcej powierzchni dobrze docisnięte.

Dla przedłużania ruchomych przewodników używane

bywają ruchome gniazodka, tu także trzeba szczególnie zwracać uwagę na dobre styki, zły styk grzeje się i może spowodować pożar.

## § 146. WTYCZNIKI SAMOCZYNNE.

1. Wtyczniki samoczynne zwykle zamykane są ręcznie, natomiast otwierac można wprawdzie również ręcznie, lecz poza tym otwierają się one samoczynnie, pod wpływem prądu w różnych okolicznościach, zależnie od ustroju urządzenia samoczynnego.

2. Wtyczniki zmiłkowe napięciowe przerywają prąd w razie zaniku napięcia; bywają stosowane, gdy chodzi o zabezpieczenie urządzenia, np. silnika, od raptownego niespodziewanego powrotu napięcia, gdyż wtedy prąd może uszkodzić urządzenie nieprzygotowane do rozruchu.

Takie wtyczniki muszą pozostawać w stanie zamkniętym pomimo, że napięcie spadnie do 70% i powolny wyłączać, gdy napięcie wynosić będzie tylko 35% napięcia nominalnego.

3. Wtyczniki zmiłkowe prądowe wyłączają, gdy natężenie prądu zmniejszy się poniżej pewnej granicy, bywają stosowane przy równoległym połączeniu kilku prądnic prądu stałego.

4. Wtyczniki wsteczne wyłączające przy zmianie kierunku

9. Przy montażu i obsłudze wszystkich wtyczników tego rodzaju należy zwracać uwagę na dobry stan styków, odpowiedni nacisk wszystkich sprężynek i ustawienie mechanizmu czasowego.

8. Są wreszcie wtyczniki działające tylko w zależności od czasu włączenia (np. dla oświetlenia klatki schodowej pewnego czasu od chwili zaniku napięcia, nadmiaru prądu itp.

7. Każdy z powyższych wtyczników może być urządzo-

wany z regulacją na czas, tak, aby wyłączał dopiero po upływie czasu z powolnym wyłączeniem. Wtyczniki nadmiarowo-wsteczne itp.

Poza tym bywają różne kombinacje, np. wtyczniki nadmiarowo-wsteczne itp.

5. Wtyczniki nadmiarowe wyłączają przy nadmiernym

połączeniu kilku prądnic prądu zmiennego.

4. Wtyczniki nadmiarowe wyłączają przy równoległym

połączeniu kilku prądnic prądu zmiennego.

3. Wtyczniki nadmiarowe wyłączają przy równoległym

połączeniu kilku prądnic prądu zmiennego.

2. Wtyczniki nadmiarowe wyłączają przy równoległym

połączeniu kilku prądnic prądu zmiennego.

1. Wtyczniki nadmiarowe wyłączają przy równoległym



lacyjne, przeznaczone do pogrążenia w oleju, unikając poziomu temperatury wyższej od 40°. Każd należy dobrze przesuszyć gorącym powietrzem.

11. Uwagać, aby szyny doprowadzone do wyłącznika olejowego nie wywierały jakichkolwiek nacisków na przewodniki, wychodzące z izolatorów przepustowych.

12. W ruchu należy od czasu do czasu każd wyłącznika opuszczać i oczyszczać części izolacyjne, szczególnie po samoczynnym wyłączeniu pod silnym prądem.

Obecność osadów łatwo stwierdzić, ścierając części izolacyjne białą bibułą.

Przynajmniej raz do roku olej należy spuścić i przefiltrować, przed nalaniem olej należy sprawdzić na wytrzymałość na przebicie.

13. Wyłączniki olejowe narazone są na rozsadzenie kadzi olejowej w następujących przypadkach:

a) łuk, powstający przy przerywaniu prądu trwa za długo i przez to powstaje zbyt wiele par o znacznym ciśnieniu.

b) jeżeli w kadzi nad olejem jest powietrze i kontakty są zbyt płytko pogrążone pod poziomem oleju, to wydzielające się pary mogą utworzyć mieszaninę wybuchową.

14. W wyłącznikach olejowych na bardzo znaczne prądy przy niewłaściwej budowie styków, zdarzyć się może, że po zamknięciu wyłącznik samoczynnie otwiera się skutkiem znaczących sił elektrodynamicznych, działających przy dużych prądach na ruchomą część wyłącznika.

15. W wyłącznikach bywają wmontowane opory pomocnicze, przez które włącza się początkowo obwód, jeżeli zbyt długo taki opór pozostanie pod prądem, to się spali i może wywołać wybuch.

16. Wyłączniki olejowe muszą być takich rozmiarów, aby były w stanie przerwać obwód urządzenia elektryczne go w razie zwarcia.

## BEZPIECZNIKI

### § 147. PRZEZNACZENIE BEZPIECZNIKÓW.

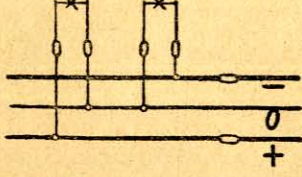
Bezpieczniki, podobnie jak samoczynne wyłączniki nadmiarowe, ochraniają prądnice, odbiorniki i przewodniki od nadmiernych prądów.

### § 148. ROZMIESZCZENIE BEZPIECZNIKÓW.

Rozmieszczenie bezpieczników należy stosować według zasad następujących:

1. Obwody dwuprzewodowe przy prądzie stałym i jednofazowym, oraz obwody trójprzewodowe trójfazowe należy zabezpieczać na wszystkich biegunach dla uniknięcia omińnięcia bezpiecznika przez prąd zwarcia w razie uzziemienia.

2. Nie należy stawiać bezpieczników na zerowym przewodzie w liniach trójprzewodowych prądu stałego, p. rys. 157 i czteroprzewodowych prądu trójfazowego, p. rys. 158.

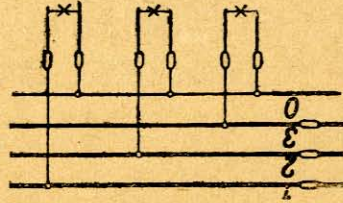


Rys. 157.

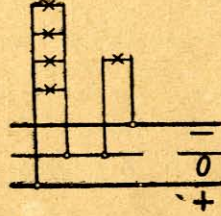
gdźż przepalenie się bezpiecznika na zerowym przewodzie może tu wywołać znaczną zwykłą napięcia na poszczególnych grupach lamp, p. rys. 159, szczególnie, gdy zerowy



przewód zewrze się z jednym z przewodów fazowych (+) lub (—).



Rys. 158.



Rys. 159.

Natomiasz dwuprzewodowe odgażenie muszą być zabezpieczane na obu biegunach, rys. 157 i 158.

3. Nie zabezpieczamy przewodów, które wychodząc z elektrowni, idą w sieci, jako uzziemione, zabezpiecza się jednak odgażające od nich przewody izolowane.

4. W elektrowni bezpieczniki umieszczone na tablicy zabezpieczają prądnice i akumulatory; nie zabezpieczamy obwodów uzwojeń bocznikowych prądnic i obwodów woltomierzowych, stawiamy jednak bezpieczniki przed napięciowymi transformatorami przy wysokim napięciu.

Bezpečniki muszą być umieszczone pomiędzy źródłem prądu a wyłącznikiem.

5. W sieci stawiamy bezpieczniki wszędzie, gdzie przewód przewodzi w kierunku od źródła prądu do odbiornika

się zmniejsza, z wyjątkiem tych przypadków, gdy poprzednie bezpieczniki chronią najmniejszy przekrój. Tak np. bezbezpieczniki na 6 A zabezpieczają dostatecznie obwody rozgażenie do lamp i innych odbiorników nieruchomych lub zawieszonych np. na zwieszakach. Jeżeli grupa nieruchomych zawieszonych lamp ma tylko jedną na początku takiego rozgażonego obwodu stawiamy 15 A bezpieczniki, dostosowując do tego liczbę lamp w grupie.

6. Należy umieszczać bezpieczniki w gniazdkach wtyczkowych, dla wszystkich przewodów *ruchomych* np. do lamp przenośnych itp.

7. Transformatorzy przyłączone do obwodu zabezpieczonego 6 A bezpiecznikiem zabezpieczamy po stronie niskiego napięcia. Dla transformatorów dzwonekowych dajemy bezpieczniki najwyższej 2 A.

8. Przy zmianie przekroju na rozgażeniu bezpiecznik na cieńszym przewodzie musi się znajdować w odległości od rozgażenia nie większej od 1 m. Jeżeli miejscowe warunki na to nie pozwalają, to kawałek przewodu do bezpiecznika powinien mieć ten sam przekrój co główny. W wtyczkowych przypadkach powyższa odległość może dochodzić do 4 m, jednak pod następującymi warunkami:

a) przewodnik odgażony bez zabezpieczenia nie może się nigdzie stykać z materiałami zapalnymi,

b) nie może być wielozłoty,

c) przekrój przewodów odgażonych nie powinien być mniejszy od przekroju przewodów głównych więcej, niż o trzy stopnie normalnej skali przekrojów. Np. od 50 mm<sup>2</sup> można odgażać 16 mm<sup>2</sup>; od 35 mm<sup>2</sup> — 10 mm<sup>2</sup> od 25 mm<sup>2</sup> — 6 mm<sup>2</sup> itp.

d) taki niezabezpieczony przewodnik musi mieć w każdym razie przekrój przynajmniej 6 mm<sup>2</sup>.

9. W bezpiecznikach wkrętowych należy przewód zabez-



pieczany łączyć z gwintem; a przewód prąd doprowadzający z pieńkiem (podstawą, szyną).

10. Nominalne prądy bezpieczników, zabezpieczających odpowiednie przewody, podane są w tablicach obciążenia przetrójów przewodników prądem.

11. Przepisy budowy i ruchu przewidują, że zastrzeżeno dotyczące miejsca umieszczenia bezpieczników nie dotyczy przewodów napowietrznych, kabli ziemnych i przewodów urządzeń rozdzielczych w pomieszczeniach ruchu elektrycznego.

12. Bezpiecznikami zabezpieczamy również silniki, umieszczając je za wyłącznikiem. Wielkość bezpiecznika wy- rzemy taką, żeby 1,75 prądu nominalnego bezpiecznika wy- nosiło mniejwięcej tyle, co prąd rozruchu. Lepsze jednak zabezpieczenie zapewniają wyłączniki samoczynne nadmia- rowo-czasowe.

#### § 149. USTRÓJ BEZPIECZNIKÓW.

Bezpieczniki bywają wkrętkowe (korkowe) i paskowe. Według nowych przepisów wkładki topikowe powinny mieć następujące własności.

Przy obciążeniu prądem 2,75-krotnym prądu nominal- nego stopki mają się przepalić w następujących okresach czasu:

Nominalne natężenie prądu w A	Czas przepalania się w sek.
do 25	do 10
od 35 do 60	" 20
" 80 " 100	" 40
" 125 " 200	" 80

Stopki mają wytrzymać następujące obciążenie bez prze- palenia się:

Nominalne natężenie prądu w A	Czas trwania obciążenia w godzinach	Obciążenie większe od nominalnego razy
od 2 do 10	1	1,5
" 15 " 25	1	1,4
" 35 " 60	1	1,3
" 80 " 200	2	1,3

Stopki mają być bezwarunkowo przepalac się przy nastę- pujących obciążeniach:

Nominalne natężenie prądu w A	Czas trwania obciążenia w godzinach	Obciążenie większe od nominalnego razy
2 i 4	1	2,1
6 i 10	1	1,9
od 15 do 25	1	1,8
" 35 " 60	1	1,6
" 80 " 200	2	1,6

Na natężenia prądu od 6 A do 100 A przy napięciach do 500 V stopki muszą być niezamienne przez inne o wyz- szym amperażu. Stopki paskowych otwartych na 6 do 100 A używać nie wolno, nie wolno również używać bezpieczników z gwintem „mignon”. W bezpiecznikach na wysokie napięcie szczególnie należy zwracać uwagę na to, aby pary powsta- jące przy stapianiu się nie spowodowały zwarcia.



gólnie te miejsca sieci, gdzie w tym czasie dokonywane były jakieś roboty, czy to elektrotechniczne, czy też w ogóle budowane, odłączamy stopniowo wszystkie odbiorniki rucho-  
dowane, pod zadnym pozorem nie wolno zakładać silniejszych przedmiotów metalowych.  
Przepisy przestrzegają przed używaniem korków (stopiek) zabezpiecznikowych naprawianych.

### Wkładki topikowe używane do zabezpieczników

Nominalne natężenie prądu	Liczba drucików	Srednica drucików	Materiał
1	1	0,3	ołów
2	1	0,3	ołów
6	1	0,3	
10	1	0,4	
15	1	0,55	
20	1	0,6	
25	1	0,7	miedz
30	1	0,75	lub
50	2	0,75	srebro
75	3	0,75	
100	4	0,75	
150	6	0,75	
200	8	0,75	

### § 150. OBSŁUGA BEZPIECZNIKÓW.

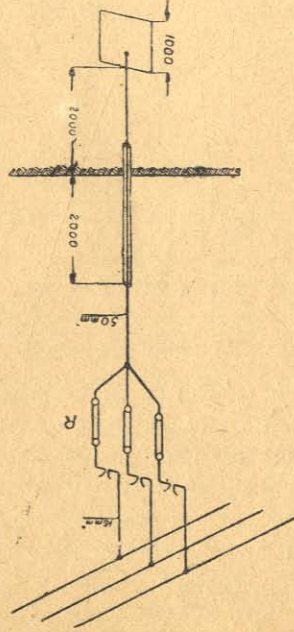
Należy sprawdzać od czasu do czasu, czy zabezpieczniki nie grzeją się nadmiernie. Powodem takiego grzania się jest zwykle utlenianie się kontaktów lub obluzowanie śrubek. Należy stopkę wyjąć i kontakty dokładnie oczyścić papierem szmerglowym, a śrubki dobrze dokręcić. W razie stopienia się zabezpiecznika, zamieniamy pasek lub korek na nowy, czynimy to jednak bardzo ostrożnie, bo może się zaraz znowu stopić. Jeżeli po włożeniu zaraz się stapia, to szukamy zwar-  
cia w sieci. Przede wszystkim oglądamy całą sieć, a szcze-



Odległość w największym miejscu pomiędzy rozkami wewnątrz budynków, dajemy co najmniej 3 mm, a pod gołym niebem co najmniej 8 mm, mając na względzie uniknięcie przypadkowego połączenia. Poza tym odległość tą przystosujemy do napięcia roboczego prądu po 1 mm na każde 1000 V, więc np. na 15000 V szczelina między rozkami musi wynosić co najmniej 15 mm.

Wewnątrz budynków wokoło rozków należy pozostawić wolną przestrzeń dla łuku świetlnego, powstającego między rozkami przy działaniu ochronnika, przynajmniej nad rozkami — 100 cm, a po obu stronach 40 cm, pomiędzy rozkami różnych biegunów — 80 cm.

Rys. 159 a. Ochronnik rozkowy.



## OCHRONA OD PRZEPIC I PRZETLEN

### § 151. PRZEZNACZENIE OCHRONNIKÓW PRZEPICIOWYCH.

W sieciach elektrycznych napowietrznych mogą powstać wysokie napięcia względem ziemi, pod wpływem elektryczności atmosferycznej.

We wszystkich sieciach mogą poza tym powstać między przewodami, napięcia znacznie przewyższające napięcie robocze, skutkiem wyładowania energii zawartej w polach magnetycznych i elektrycznych. Nadmierne napięcia, czyli tak zwane *przepięcia* powodują często przebiecie izolacji przewodów lub uszkodzeń w maszynach, wytwarzając zwarcie między biegunami lub ziemią.

Zabezpieczenie od działania prądów nadmiernego napięcia stanowią, tak zwane *ochronniki przepięciowe*, które przepuszczają te prądy po krótkiej drodze i unieszkodliwiają je.

### § 152. USTRÓJ OCHRONY OD PRZEPIC.

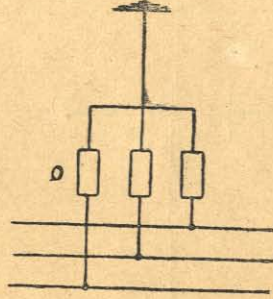
Z różnych urządzeń ochrony przepięciowej bywają stosowane rozki utworzone z dwóch wygiętych prętów miedzianych, z których jeden jest połączony z ziemią przez oporniki R, p. rys. 159 a.



Otoczenie należy zabezpieczyć od ognia łuków za pomocą przegródek, osłon i daszków ogniowatych.

W ogóle odległości powyżej podane bierzemy tym większe, im wyższe jest napięcie prądu roboczego.

Obecnie wchodzi w użycie ochronniki przepięciowe tak zwane jonizacyjne katodowe czyli zaworowe, które mają tę własność, że ich opór maleje ze wzrostem napięcia. Włącza się je jak wskazano na rys. 160.

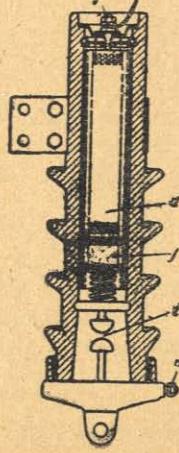


Rys. 160. Włączenie ochronników.

Ochronniki niskiego napięcia do 500 V zawierają iskiernik płytkowy, za którym szeregowo jest włączony opornik takiej budowy, że jego opór maleje ze wzrostem napięcia. Ochronniki wysokiego napięcia mają wstępny iskiernik kulowy, następnie w szereg połączony wielokrotny iskiernik płytkowy i dalej opornik odpowiedniej wielkości, o malejącym oporze w miarę wzrostu napięcia, p. rys. 161. Normalne wielkości ochronników są na 3, 6, 15, 30 kV napięcia prądu roboczego.

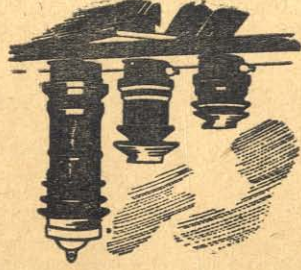
Ochronniki ograniczają nadmierne napięcia prądów przepięciowych. Dla zabezpieczenia od bezpośredniego uderzenia piorunu w pobliżu ochronnika, należy przed ochronnikiem nad przewodami zawieszać linkę uziemioną na przesłoni kilkunast metrów.

Rys. 161. Ochronnik zaworowy.



u — zacisk dla przyłączenia drutu prowadzącego do przewodu iskiernik kulowy  
z — iskiernik płytkowy  
f — iskiernik płytkowy  
p — opór jonizacyjny  
e — zacisk dla przyłączenia przewodu uziemniającego.

Rys. 162. Ochronniki fir. K. Szpotkański na 3 — 6 i 15 kV.



Na rys. 162 mamy trzy ochronniki zaworowe, wysokiego napięcia od 3 do 15 kV. Urządzenia przepięciowe należy oglądać po każdej burzy lub w ogóle po stwierdzonym przeszkoku. Rozłki należy wygładzić i oczyścić, sprawdzić i podciągnąć styki szczególnie na linie uziemniającej. Sprawdzić stan oporników.



bezpieczniki napięciowe pomiędzy siecią a ziemią, zwykle w postaci korka z gwintem, wewnątrz którego są dwie płytki metalowe, oddzielone od siebie cienkim listkiem miki z otworami. Jedna płytka łączy się z zabezpieczanym uzwojeniem, a druga z uzziemieniem. Gdy powstanie wysokie napięcie pomiędzy uzwojeniami, a ziemią, to tworzy się w bezpieczniku między płytkami przez otwórki w mące żuk, który nadtapia płytki i sprawia uzziemienie uzwojenia. Najlepiej wtapiać bezpieczniki napięciowe pomiędzy punktem zerowym i czac bezpieczniki napięciowe pomiędzy punktem zerowym i transformatora a ziemią.

#### § 155. OCHRONA OD PRZETĘŻEN.

Dławiki i opory włączane pomiędzy punktem zerowym i uzwojeniami w elektrowni czy podstacji transformatorowej a ziemią, służą jako zabezpieczenia od silnych prądów i in-

ków ziemnozwarciowych.

#### § 153. ROZMIESZCZENIE OCHRONNIKÓW PRZEPIĘCIOWYCH.

Ochronniki zakładamy na wszystkich biegunach za wyjątkiem uzziemionych, na następujących miejscach:

1. gdzie sieć napowietrzna wychodzi z budynku elektrowni albo podstacji,
2. gdzie przewód napowietrzny łączy się z kablem podziemnym,
3. w ważniejszych punktach węzłowych rozległej sieci napowietrznej,
4. w elektrowni przy szynach zbiorczych,
5. w urządzeniach niskiego napięcia:

- a) przy długości linii do 1 km bez odgałęzień, tylko przy źródle prądu,
- b) przy długości linii ponad 1 km również w miejscach odbioru prądu, a w linii najmniej co 1 km, c) w sieciach rozdzielczych przy punktach zasilających, d) w liniach wysokiego napięcia:

- a) przy długości do 1 km bez rozgałęzień, tylko przy źródle,
- b) ponad 1 km również przy odbornikach,
- c) na dalekonośnych liniach najmniej co 20 km, i w szczególnie niebezpiecznych miejscach,
- d) na dalekonośnych liniach z odgałęzzeniami: przy źródle prądu, w miejscach narazonych na działaniatnia atmosferyczne, w głównych punktach odbioru i najmniej co 10 km,
- e) na długich liniach dalekonośnych z linką odgromową — przy źródle prądu, na miejscu odbioru i w miejscach szczególnie narazonych.

#### § 154. BEZPIECZNIKI NAPIĘCIOWE.

W sieci o niskim napięciu skofarzonej przez transformator z siecią wysokiego napięcia jest obawa przebicia izolacji i przeniesienia się wysokiego napięcia do sieci niskiego napięcia. Dla zabezpieczenia sieci niskiego napięcia włącza się



Obciążenie szyn płaskich międzianych

Najwięk- sze obciążenie w amp.	Liczba legitych szyn	Wymiar szyn w mm	Ciężar całkow. bez. w kg	Liczba	
				szyn na 1 m	w całach
100	1	20 × 2	0,36	1	1/4
150	1	25 × 2	0,45	1	5/16
200	1	30 × 2	0,54	1	3/8
250	1	30 × 3	0,81	1	3/8
300	1	40 × 3	1,08	1	1/2
350	1	40 × 3	1,08	1	1/2
400	1	40 × 4	1,44	1	1/2
500	2	40 × 5	1,8	1	3/8
600	2	50 × 3	2,25	2	3/8
700	2	60 × 5	2,7	2	1/2
800	2	70 × 5	3,15	4	3/8
900	2	80 × 5	3,6	4	3/8
1000	1	60 × 10	5,4	2	1/2
1300	1	80 × 10	7,2	4	3/8
1600	1	100 × 10	9	4	1/2
	2	80 × 5	7,2	4	3/8
	3	50 × 5	6,75	2	3/8

### TABLICE ROZDZIELCZE I ROZDZIELNIE W ELEKTROWNIACH I PODSTACJACH

#### § 156. ROZDZIELNIE GŁÓWNE.

1. Tablice dzielmy na pola, przeznaczone dla poszczegól-

nych maszyn, baterii akumulatorów, ważniejszych odga-  
żeń i grup odbiorników. W urządzeniach niskiego napięcia  
w każdym polu umieszczamy najwyższej mierniki, niżej łącz-

niki i bezpieczniki, a jeszcze niżej oporniki.

Należy zwracać uwagę na to, aby mierniki były dobrze  
widoczne, aby dozorca mógł wygodnie sięgać do rékolejści  
łączników i kółek czy korbek oporników, oraz wygodnie wy-

mieniać spalone bezpieczniki.

W tablicach nowszej konstrukcji przed tablicy wykony-  
wamy z blachy żelaznej, mierniki wpuszczamy przez otwory  
za tablicę, również za tablicą znajdują się łączniki i opor-

niki, z przodu wystają tylko ręczki, korbki i pokrętki, za  
tablicą umieszczone są także bezpieczniki.

2. Do połączeń prowadzących znaczne prądy używamy  
zwykle szyn i drutów miedzianych gołych cynowanych. Prze-  
wodny gołe umocowujemy na specjalnych izolatorach, zawsze  
zachowując odpowiednie odstępy.

Tablica powyższa została ułożona przy założeniu, że szyna  
są postawione większym wymiarem pionowo, długością swoją  
co najmniej jest równy grubości szyny, w tych warunkach  
nagrzanie nie przekroczy 30°.



Najwięk- sze obciążenie w amp.	Liczba legitych szyn	Wymiar szyn w mm	Ciężar na 1 m całkow.	Sruby na złączu	
				liczba	średn.

2000	2	70 × 10	12,6	4	3/8
	2	100 × 5	9,0	4	1/2
2500	3	70 × 5	9,45	4	3/8
	2	80 × 10	14,4	4	3/8
3000	4	50 × 5	9,0	2	3/8
	4	60 × 5	10,8	2	1/2
3000	3	80 × 5	10,8	4	1/2
	2	100 × 10	18,0	4	1/2
3000	4	70 × 5	12,6	4	3/8
	3	100 × 5	13,5	4	1/2

Można również stosować praktyczną wskazówkę, że przy prądzie stałym na 1 dm<sup>2</sup> powierzchni szyny wypadac po-wiño od 2 do 3 watów mocy prądu, zamieniającej się na ciepło, aby szyna rozgrzała się nie więcej niż o 25° ponad temperaturę powietrza.

Jżeli np. szyna 60 mm × 10 mm jest obciążona prą-dem 1000 amperów to, według wzoru  $I^2 R$ , w niej na ciepło zamienia się na długości 1 m.

$$\frac{1000 \times 1000}{56 \times 600} = 30 \text{ watów}$$

Powierzchnia boczna tej szyny na długości 1 m wyniesie:  $2(0,6 + 0,1) \times 10 = 14 \text{ dm}^2$

więc na 1 dm<sup>2</sup> wypadnie:

$$\frac{30}{14} = 2,14 \text{ wata.}$$

Przy prądzie zmiennym należy stosować przekroje wie-lokrotne utworzone z kilku szyn równoległych cieńszych dla

zmniejszenia wpływu naszkorkowości, która polega na tym, że prąd zmienny wyzsukuje głównie powierzchnowe war-stwy przewodów, albo należy stosować przekroje większe.

Złącza szyn powinny być dobrze wykonane, zwykle dłu-gosze styku równa się comajmniej szerokości szyny. Powierz-chnie stykające się muszą być czyste, nawet niekompletnie czynowane, o ile zapewnione jest dobre przylganie. Przekładek z cynfolii kładz nie należy, gdyż praktyka wykazuje, że wtedy styk nieraz bywa gorszy. Najważniejsze jest odpowiednie ści-śnięcie styku. W dobrych stykach powinno wypadać od 500 do 250 gr ciśnienia na 1 A prądu przepływającego w styku. Styk skreca się odpowiednią liczbą śrub dostatecznej gru-bości.

Dokładność styku można sprawdzić mierząc spadek na-pięcia. Według wzoru:

$$u = \frac{p}{j} \cdot \alpha$$

$u$  — napięcie na styku w miliwoltach,  $j$  — natężenie prądu w amperach,  $p$  — całe ciśnienie na styku w kg,  $\alpha$  — współczyn-nik zależy od rodzaju powierzchni:

Spółczynnik $\alpha$	Miedź do miedzi czysta i sucha	0,36
	Miedź cynowana do mie- dzi cynowanej	od 0,1 do 0,3

Cienkie przewodniki bierzeny izolowane gumą, otąśmo-wane i przy mocującym klamerkami.

Linki i grube druty przyłączamy za pomocą odpowied-nich zawsze cynowanych końcówek.

Dla odrobienia biegunów ważniejsze przewody i szyny malujemy odpowiednimi kolorami. Wyróżniamy bieguny (+),



(—) i (O) przy prądzie statym i R, S, T i O przy prądzie zmiennym trójfazowym i R, T przy jednofazowym.

Barwy stosujemy zwykle następujące:

+	.....	czerwona
—	.....	niebieska
O	.....	biała
R	.....	złota
S	.....	zielona
T	.....	fiolietowa
O	.....	biała

3. Bezpieczniki i oporniki należy umieszczać zdala od martałów łąwopalnych.

Przewody od oporników najlepiej doprowadzać zdołu, aby uniknąć wpływu gorącego powietrza.

4. Odległość części nieosłoniętych, będących pod napię-

ciem, od przeciwległej ściany w urządzeniach niskiego napięcia powinna być nie mniejsza od 1 m, w urządzeniach wysokiego napięcia — 1,5 m. Jeżeli z obu stron przejścia są nieosłonięte części, będące pod napięciem, to pozioma odległość między nimi powinna być nie mniejsza od 2 m. Požadane są za rozdzielnią chodniki z materiału izolującego.

5. W urządzeniach wysokiego napięcia na tablicy rozdziel-

czej zwykle mamy tylko mierniki pod niskim napięciem, połączone z transformatorami miernikowymi, oraz rączki lub przyciski sterownicze łączników i korbki czy pokrętła oporników pod niskim napięciem.

Same wyłączniki i transformatoriki miernikowe oraz szyny zbiorcze wysokiego napięcia znajdują się za tablicą, lub w osobnym obszerzym pomieszczeniu albo wprost pod gołym niebem. Wewnątrz budynków wyłączniki i transformatoriki miernikowe umieszczamy w ogniotrwalskich kompartach otwartych z góry i z boku. Przytrządy znajdujące się nad przejściami, w rozdzielniach wysokiego napięcia, na wysokości mniejszej od 2,5 m, muszą być specjalnie osłonięte. Wszystkie szkielety żelazne przy wysokim napięciu muszą być uzziemione. Należy również uzienić wszystkie części

### § 157. ROZDZIELNIE WTÓRNE.

Gdy od głównego przewodu zasilającego rozgałęziamy prąd w jednym budynku do kilku pionów, lub do kilku budynków, przy niskim napięciu, to ustawimy tablicę rozdzielczą, np. marmurową grubości 25 mm w ramie żelaznej z bezpiecznikami z przodu i szynami rozdzielczymi z tyłu; najlepiej jednocześnie służyć jako odłączniki. Można także zastosować rozdzielnię okapturną, zabezpieczającą przewody i przyrządy od wilgoci, dotknięcia i uszkodzeń mechanicznych. Przy urządzeniu takich rozdzielni, należy przestrzegać tych samych zasad, które były podane w poprzednim paragrafie.

### § 158. MAŁE TABLICE ROZGAŁĘŻNE.

1. W dużych gmachach zwykle na każdym piętrze albo w pewnej grupie pomieszczeń dajemy tablice rozgałęźne. Tablice te wykonywane bywają z materiału izolacyjnego w ramie żelaznej. Na takich tabliczkach dajemy zwykle bezpieczniki wkrętkowe. Jeżeli pewne obwody elektryczne mają być wyłączane często na tablicy rozdzielczej, to oprócz bez-



Obsługujący rozdzielnię musi ją utrzymać w czystości, co powinien czas odkurzać. Sprawdzając czy nie grzeją się styki (przy wysokim napięciu po wyłączeniu napięcia na wszystkie bieżące części, rozluźnione dokręcić, utlenione oczyścić, nadpalone wygładzić, a zanieczyszczone obmyć benzyną. Po- mieśczenie rozdzielni powinno być czyste utrzymane i części odkurzone, oraz dobrze oświetlone.

Tablice rozdzielcze w elektrowniach muszą być oświet- lone z tyłu i z przodu. Prócz zwykłego oświetlenia należy przewidzieć oświetlenie bezpieczeństwa (z akumulatorów, albo gazowe, natłowe itp.). Muszą być również w pobliżu przyrządy do gaszenia ognia.

Przy prowadzeniu przewodów na tynku, tablice umiesz- czamy również na ścianach w odpowiedniej odległości i za- krywamy odpowiednimi szafkami.

Jeżeli przewody są ułożone pod tynkiem, to tablice roz- dzielcze umieszczamy we wnękach przygotowanych w ścia- nach, wnęki te muszą być dość obszerne, aby zmieściły się przewodniki idące pod tablicę.

Najlepiej stosować przewodniki i wyłączniki do przy- łączenia przewodów od przodu, wtedy przewodniki przeciąga się od tyłu przez odpowiednie otwory.

Jeżeli przewody mają być przyłączone od tyłu, to odle- głość tablicy od ściany nie może być mniejsza od 25 cm.

2. Szyny zbiorcze muszą być cynowane i mocno przykrę- cone, przewody możliwie równo prowadzone i przy nieuni- knionych skrzyżowaniach zabezpieczone nawleczonymi tur- kami kauczukowymi.

Tablice należy osłonić szafką, najlepiej żelazną, zam- kaną na klucz.

W niektórych urządzeniach szafki mają szklane okienka, a na tablicy dodane są małe lampki jarzące, które świe- ca, gdy obwód jest włączony.

3. Tablice należy umieszczać w miejscach możliwie do- stępnych. Tablic wyżej opisanej konstrukcji nie można da- wać w miejscach wilgotnych. W takich miejscach stac mogą tylko rozdzielnie szczelnie okapturnione.

4. Okapturnione rozdzielnie należy stosować wszędzie, gdzie chodzi o pewne zabezpieczenie od kurz, wilgoci i mecha- nicznych uszkodzeń, a więc przede wszystkim w wylwór- niach. W pomieszczeniach o wylzewach zrączych lub niebez- piecznych, pod względem ognia lub wybuchu, rozdzielni poza tym lokalnie.



1. Najskuteczniejszym uzieniemiem jest połączenie z rurą wodociągową, za pomocą trwałej klamry obejmującej do-prze oczyszczoną rurę i mocno zacisniętej. Połączenia z ru-rami gazowymi są wzbronione. Jeżeli wodociąg blisko nie ma, to należy stosować specjalne uzziemienie w następującej postaci:

a) płytę z blachy żelaznej cynkowanej o wymiarach: 1000 × 1000 × 3 mm, lub z blachy miedzianej cyno-wanej 500 × 500 × 2 mm zapuszczaną się w położeniu pionowym (na kant) do wody gruntowej. Gdyby na głębokości 2 m ziemia była jeszcze sucha, wówczas zostawiamy płytę w tej ziemi, otaczając miłąkim ko-ksem w ilości 200 kg;

b) taśmę żelazną cynkowaną wymiarów 30 × 3 mm dłu-żości 20 m lub drut żelazny cynkowany, o średnicy 8 mm również długości 20 m, zakopuje się na głębo-kości 50 cm w glebie wilgotnej, gdzie zbiera się woda deszczowa;

c) rurę gazową ocynkowaną w ogniu, średnicy 1 do 1½" albo rurę żelazną zwykłą, średnicy 3", długości od 2 do 3 m, wbija się pionowo do ziemi.

Chcąc osiągnąć bardzo dobre uzziemienie, o matym opo-rze, należy zakopać kilka płyt lub rur w odległości kilku me-trów od siebie na okręgu koła i połączyć wszystkie razem odpowiednim przewodem.

Im większa jest moc elektrowni i im rozleglejsza jest sieć rozdzielcza, tym lepsze muszą być uzziemienia.

Mając w pobliżu studnię, można żelazne uzziemiacze zako-pywać na dnie studni do ziemi w wyżej podanym położeniu. Większe masy żelazne znajdujące się obok, np. konstruk-cyje żelazne, szyny kolejowe, należy przyłączyć do przewodów ziemnych.

2. *Opis dobrego uzziemienia* (patrz dalej o pomiarze opo-rów), nie powinien być większy od 5 omów, bywa wymagany mniejszy. Połączenie z uzziemiaczem przewodów uziemiają-

## § 160. CO NALEŻY UZIEMIAC?

## UZIEMIENIA

1. Należy uziemiać w urządzeniach wysokiego napięcia metalowe osłony, konstrukcje wsporcze, kadłuby maszyn itp. 2. Należy uziemiać przy niskim napięciu wszystkie meta-lowie części nie będące normalnie pod napięciem, jeżeli urzą-dzenie znajduje się w pomieszczeniach wilgotnych, czy z parami zraćmy. Powyższe uzziemienie jest niezbędne również wów-rzasa, gdy w pobliżu tych części metalowych znajduje się rura wodociągowa, czy ogrzewalna lub kanalizacyjna, ma-jąca zawsze dobre połączenie z ziemią.

Przy uziemianiu należy uważać, aby powyższe części me-talowe dobrze były elektrycznie połączone między sobą i z przedmiotami metalowymi uzienionymi położonymi w po-bliżu. Ochronniki przepięciowe i piorunochrony budynkowe muszą mieć uzziemienie osobne, niezależnie od poprzednio omówionych. Poza tym ziemia się zerowe przewody urzą-dzeń trójprzewodowych o napięciu 2 × 220 V i trójfa-zowych czteroprzewodowych o napięciu 3 × 380/3 × 220 V. Uzziemienie musi być wykonane dobrze, gdyż np. jeżeli nastąpi zwarcie między którąkolwiek fazą a kadłubem ma-szyny, wówczas bezpiecznik fazowy przepali się, jednak tylko w wypadku, gdy opór uzziemienia jest dostatecznie mały. W przeciwnym razie bezpiecznik nie przepali się, a człowiek dotykający do kadłuba maszyny będzie pod napięciem dość dużym, równym spadkowi napięcia w oporze uziemiającym.



nych powinno być bardzo staranne przez spawanie, lutowanie lub zaciskanie śrubami zabezpieczonymi od obluźwania. Miejsca połączenia należy zalać asfaltem. Przy wyjściu z wnętrza należy osłaniać rurę żelazną na wysokość kilku-

dziesiąt centymetrów pod ziemią i do 2 m nad ziemią.

Przekrój przewodów uziemiających z miedzi stosuje się nie mniejszy od 16 mm<sup>2</sup> w pomieszczeniach ruchu elektrycznego, a od 6 mm<sup>2</sup> w innych pomieszczeniach. Nie stosuje się przekroju większego od 50 mm<sup>2</sup>.

Z żelaza ocynkowanego lub obojętowanego nie mniejszy — niż 20 mm<sup>2</sup>, a najwyżej — 100 mm<sup>2</sup>.

3. Gdy przyłączamy kilka przedmiotów do jednego uziemia, to nie można prowadzić linki uziemiającej stopniowo, np. od pierwszego przedmiotu do drugiego, od drugiego do trzeciego, a od trzeciego do uziemia, lecz trzeba prowadzić równoległe od każdego przedmiotu osobne linki, które potem można przyłączyć do wspólnej linki grubszej, prowadzącej do uziemia.

4. Przynałami raz do roku należy sprawdzić stan linki, czy drutów uziemiających, szczególnie w tym miejscu, gdzie wchodzi do ziemi, odkopując na głębokości conajmniej kilkudziesięciu centymetrów. Sprawdzić należy również stan styków i dociągnięcie śrub kontaktowych. Stan uziemiający należy sprawdzać, mierząc opór uziemia.

## IZOLACJA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH.

### § 162. JAKA MA BYĆ IZOLACJA?

1. Urządzenia elektryczne prądu silnego niskiego napięcia, powinny mieć pewien dostateczny opór izolacji między przewodami poszczególnych biegunów, oraz między przewo-

dami a ziemią, aby było zapewnione na czas długi dobre działanie urządzenia.

Przepisy określają wielkość tego dostatecznego, oporu w pewien sposób, który przytoczymy tu z wyjaśnieniami.

Oddacznym od sieci urządzenia elektrycznego: na wszystkich biegunach prądnic, silniki, przetwornice, prostowniki, akumulatory, transformatory, przewody napowietrzne oraz kable podziemne, przewody w pomieszczeniach willgotnych, czy z parami zrzęmy, wykrcmy żarówki równoległe połączone, i przerwiny w jednym miejscu koło środka ob-wszystkie zabezpieczniki i oddacznym wyłączeni samoczynne, zastępujące zabezpieczniki, do 6 amperowych włącznik, wtedy sieć przewodów podzieli się na działki. O toż w każdej takiej działce osobno opór izolacji pomiędzy dwoma przewo-

dami różnych biegunów nie powinien wynosić mniej, niż

$$U \times 1000 \text{ omów}$$

gdzie U — napięcie robocze, a więc napiętkład, gdy sieć pracuje przy 220 V, to opór izolacji nie może być mniejszy od:



Strata więc prądu przez izolację na każdej dziale, nie może być większa od jednej tysięcznej części ampera, gdyż:

$$A. \quad \frac{220}{1} = \frac{220000}{1000}$$

Poza tym w każdej dziale osobno conajmniej taki sam opór musi mieć izolacja przewodów każdego z biegunów od ziemi. (Pomiar patrz dalej).

Wierzyć możemy również opór izolacji całej sieci od ziemi lub całej przewodów pomiędzy sobą: jeżeli ogólny opór wypadnie taki, jaki musi mieć jedna działka, to na pewno opór izolacji poszczególnej działki będzie większy, natomiast jeżeli wypadnie mniejszy od wymaganey dla jednej działki, to należy zbadać każdą działkę z osobna.

2. Przewody napowietrzne nie mają przepisanego oporu izolacji, gdyż tu opór izolacji jest zmienny, zależny od pogody i od długości linii, która tu może być bardzo rozmaita. Dla orientacji podajemy z praktyki, że opór izolacji przewodów napowietrznego wynosi conajmniej 2000  $\Omega$  na 1 km. To znaczy, że dla linii 2 km będzie dwa razy mniejszy — 1000  $\Omega$  i t.p.

3. Kable zakopane w ziemi również nie wykazują stałego oporu izolacji, więc i dla nich na opór izolacji przepisów nie ma. W znacznym stopniu opór izolacji zależy od temperatury. Kable próbowane w fabryce przy 15° po 1 minutowej elektryzacji wykazały naprzykład na 1 km:

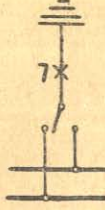
Opór izolacji	Przekrój
300 megomów (millionów omów)	do 50 mm <sup>2</sup>
200 megomów	50 do 185 mm <sup>2</sup>
100 megomów	185 do 1000 mm <sup>2</sup>

Po zakopaniu do ziemi i przyłączeniu muł opór izolacji zmniejsza się, w pewnym przypadku wyniósł 15 megomów na 1 km.

Ze znacznego zmniejszenia się oporu izolacji kabli, w ciągu pewnego czasu można wywnioskować o rozpoczynających się uszkodzeniach. Tak np. kabel, który poprzednio wykazywał opór izolacji kilkaset megomów na kilometr, po pewnym czasie wykazał opór izolacji 0,3 megomów na kilometr i stwierdzono w nim uszkodzenie pancerza, płaszcz i żyły. 4. Przewody w pomieszczeniach wilgotnych zwykle trudno jest izolować tak dobrze, jak w suchych, musimy więc pogodzić się z izolacją gorszą i z pewnymi stratami prądu, które zresztą nigdy nie mogą być wielkie, o ile odbiorniki należyście działają i bezpieczniki nie stapiają się. W każdym razie należy jednak w takich pomieszczeniach zwracać uwagę, czy prąd upływający nie czyni gdzieś jakich szkód, i czy dotykanie do metalowych przedmiotów nie wywołuje wstrząśnięć od prądu. W takich razach należy niezwłocznie uzgodzenie zbadać i izolację polepszyć.

### § 163. WSKAZNIKI ZWARCIA Z ZIEMIĄ.

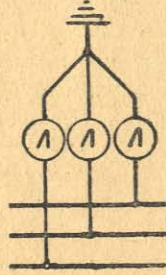
1. W urzędzeniach prądu stałego zwykle, jako wskaźnik zwarcia z ziemią, służy lampka żarowa, która za pomocą przełącznika włączamy pomiędzy (+) i ziemię albo (—) i ziemię, rys. 163. Jeżeli lampka jasno świeci przy połączeniu z (+), to znaczy, że (—) jest uzziemiony i odwrotnie. Rozległe sieci, nawet dobrze izolowane, wobec wielkiej powierzchni, przez którą prąd przez izolację płynie może, mają niezbyt wielki opór izolacji i lampka może lekko się zarzyć na obu biegunach. Jeżeli na jednym biegunie zarzy się silniej, niż na drugim to znaczy, że ten drugi jest gorzej izolowany.



Rys. 163.



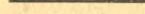
2. W urzędzeniach prądu trójfazowego zazwyczaj stosowany jest układ trzech woltomierzy połączonych w gwiazdę z zerowym punktem uziemionym p. rys. 164.



Rys. 164.

Jeżeli izolacja na wszystkich biegunach jest jednakowa, to wszystkie woltomierze pokazywać będą jednakowe napięcie, jeżeli natomiast na którymkolwiek biegunie izolacja przewodów stanie się gorszą, to woltomierz połączony z tym biegunem wskazywać będzie mniej.

Przy wysokich napięciach bywają tu zwykle stosowane woltomierze elektrostacyjne połączone wprost na wysokie napięcie i umieszczone nie na tablicy, lecz w zamkniętej na klucz rozdzielni wysokiego napięcia.

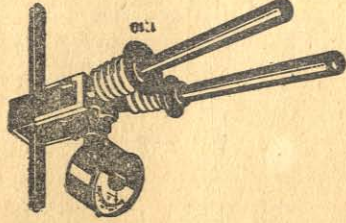


## P O M I A R Y

Przy obsłudze urządzeń elektrycznych dla pomiarów poza miernikami i licznikami, umieszczonymi na stałe korzysta-amy z mierników przenośnych.

### § 164. POMIAR NAPIĘCIA, NAPIĘCIA I MOCY PRĄDU.

1. Amperomierze przenośne dla prądu zmiennego z transformatorami albo szczypcami transformacyjnymi, p. rys. 165, a dla stałego z bocznikami służą do kontrolowania natężenia prądu, gdzie nie ma stałe włączonych amperomierzy, lub też do sprawdzania przyrządów tablicowych.



Rys. 165.

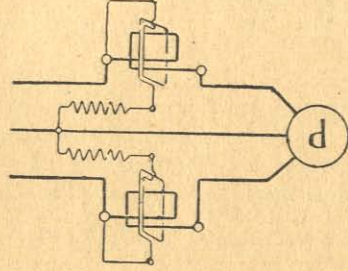
Chcąc przez czas dłuższy mieć wykaz zmian prądu, np. w jakimś transformatorze albo odgądzającym, włączamy amperomierz somopiszący z mechanizmem zegarowym, który na taśmie papierowej daje kropki albo ciągłą kreskę wyrażającą dokładnie przebieg prądu, np. w ciągu doby albo jeszcze dłuższego czasu.



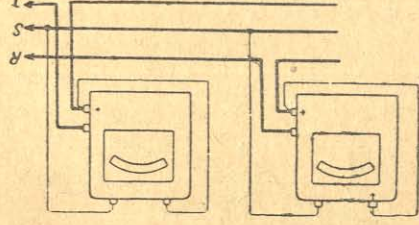
Poza tym włączając amperomierz w obwód silników, przekonac się łatwo możemy o przebiegu pracy napędzanej maszyny.

2. *Woltomierze* przenośne służą głównie dla kontroli napięcia w różnych miejscach sieci. Woltomierz samozapisać się z mechanizmem zegarowym, połączony z siecią w odpowiednim miejscu na czas dłuższy, wykazuje z łatwością wszystkie wahania napięcia i w ten sposób pozwala sprawdzić doskonałość regulacji.

3. *Watomierze* przenośne zwykle są używane do prób prądnic i silników prądu zmiennego.



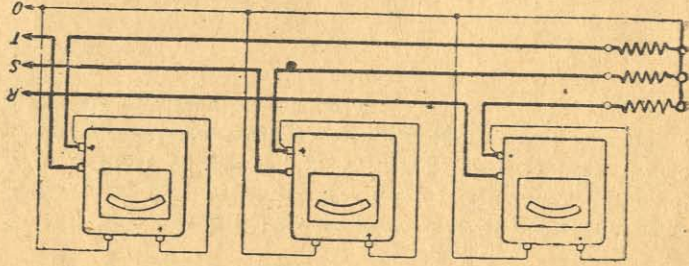
Rys. 166.



Rys. 167. Pomiar mocy zapomocą dwóch watomierzy.

Przy prądzie trójfazowym przy pomiarach dokładnych używają używane dwa watomierze w układzie podanym na rys. 166 i 167.

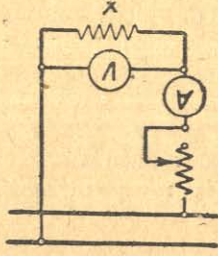
Przy prądzie trójfazowym w układzie czteroprzewodowym stosuje się trzy watomierze złączone w sposób, podany na rys. 168.



Rys. 168. Pomiar mocy za pomocą trzech watomierzy.

### § 165. POMIAR OPORU UZWOJEŃ MASZYN I OPORNIKÓW.

a) Najprostszymi sposobami polega na zastosowaniu amperomierza i woltomierza w układzie połączonym na rys. 169. Gdy chodzi o pomiar oporu uzwojeń, to koniecznie musi być użyty prąd stały. Amperomierz i woltomierz muszą mieć skalę tego rodzaju, aby wskazówki pod prądem wskazywały działki w pobliżu środka skali.



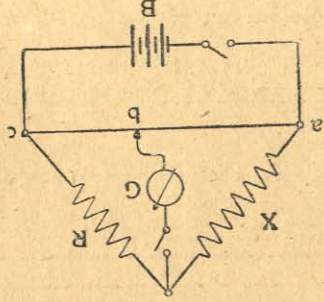
Rys. 169.



Przykład. Prąd nastawiono na 2 A, napięcie na końcach niewiadomego oporu 210 V, to opór będzie:

$$\frac{210}{2} = 105 \Omega.$$

b) Inny sposób polega na zastosowaniu przyrządu zwanego mostkiem Wheatstone'a (czytaj witszona), najlepiej z kontaktem ślizgowym, p. rys. 170. Zwykle przy drucie mamy działki wskazujące stosunek oporów X i R. Opór R bierzemy możliwie bliższy do X.



Rys. 170.

Przykład. Opór  $R = 10 \Omega$ , ustawiamy kontakt ślizgowy w położenie, przy którym galwanometr wskazuje zero, przy tym kontakcie odczytujemy na skali 2,5, to znaczy, że niewiadomy opór  $X$  jest 2,5 razy większy od  $R$  wobec tego:

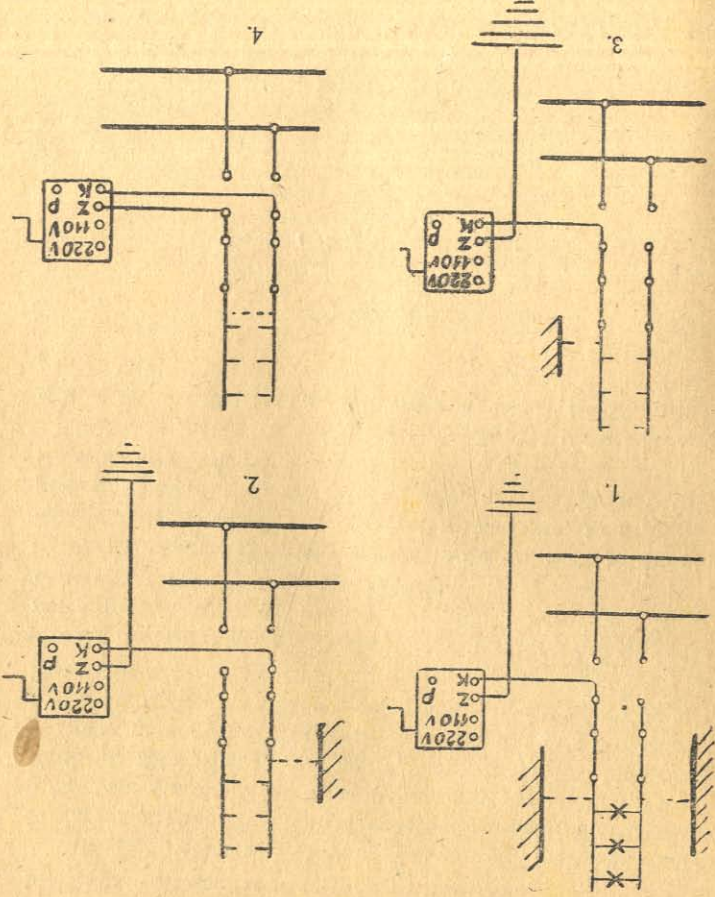
$$X = 10 \times 2,5 = 25 \Omega.$$

Sposób wyznaczenia przyrostu temperatury uzwojenia z drutu miedzianego przez pomiar przyrostu oporu:

$$t = \frac{R_g - R}{R_g - R} \left( 234 + t_z \right)$$

Oznaczenia:  $t$  — przyrost temperatury w stopniach Celsjusza,  $t_z$  — temperatura uzwojenia zimnego,  $R_g$  — opór uzwojenia gorącego,  $R_z$  — opór uzwojenia zimnego.

### § 166. POMIAR OPORU IZOLACJI URZĄDZEN ELEKTRYCZNYCH.



Rys. 171. 1. Mierzenie oporu izolacji obu przewodów od ziemi, 2. i 3. mierzenie oporu izolacji jednego przewodu od ziemi, 4. mierzenie oporu izolacji pomiedzy przewodami.



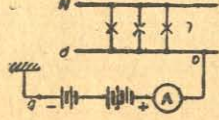
Pomiar wykonywamy za pomocą miernika izolacji, czyli tak zwanego omiomierza z induktorem na prąd stały i do-  
kładnym woltomierzem w jednym pudełku.

Układy połączeń wskazane są na rys. 171. Obracając  
korbkę z szybkością około 3 obrotów na sekundę, uzysku-  
jemy napięcia około 100 V, które możemy sprawdzić na wol-  
tomierzu przyciskając przycisk P, wychylenie zaś woltomie-  
rza przy niemalniętym przycisku P, wskazuje na odpowied-  
niejsi skali wprost opór izolacji wyrażony w megomach (w mi-  
lionach omów).

Do próbowanego przewodu należy przyłączyć, o ile moż-  
ności biegun ujemny, co bywa zwykle przewidziane przy  
oznaczeniu zacisków na przyrządzie.

Tego rodzaju omiometer służyć może tylko do mierzenia  
oporów dużych. Jeżeli izolacja jest uszkodzona, to przyrząd  
pewnej określonej liczby nie wskaze, a wskazówka będzie  
się wahać w pobliżu zera.

Pomiar oporu izolacji może być również uskuteczony  
woltomierzem włączonym, jak wskazano na rys. 172. Jeżeli  
oznaczamy:



Rys. 172.

R — opór woltomierza,  
r — opór izolacji sieci,  
U — napięcie baterii,  
u — napięcie, jakie wskaze woltomierz włączony w/s  
rys. 172, to

$$r = R \frac{U - u}{u}$$

Przykład. R = 10000 Ω, U = 100 V, u = 20 V, to:

$$r = 10000 \frac{100 - 20}{20} = 40000 \Omega$$

### § 167. POMIAR OPORU UZIEMIENIA

Opór dobrych uzemień wynosi zaledwie kilka omów.  
Jeżeli mamy w pobliżu rozległą sieć rur wodocigowych,  
to najprostszym sposobem polega na zmierzeniu oporu pomię-  
dzy przewodem prowadzącym do badanego uzemiaacza, a rurą  
wodocigową. Ten opór możemy przyjąć za opór uzemie-  
nia badanego uzemiaacza, gdy opór uzemiaenia rur jest do  
pominięcia, jako względnie znacznie mniejszy.

W innych okolicznościach sporządzamy dwa uzemiaenia  
pomocnicze na odległości co najmniej 10 m od siebie oraz od  
uzemiaacza badanego i mierzymy opór pomiędzy parami uzie-  
mień. Jeżeli oznaczymy uzemiaenia przez A — badane, przez  
a i b — pomocnicze, a wyniki pomiarów wypadły następujące:

$$\begin{aligned} \text{opór pomiędzy A i a} &= 20 \Omega \\ \text{„ „ A i b} &= 30 \Omega \\ \text{„ „ a i b} &= 40 \Omega \end{aligned}$$

to opór uzemiaenia badanego będzie:

$$\frac{20 + 30 - 40}{2} = 50 \Omega$$

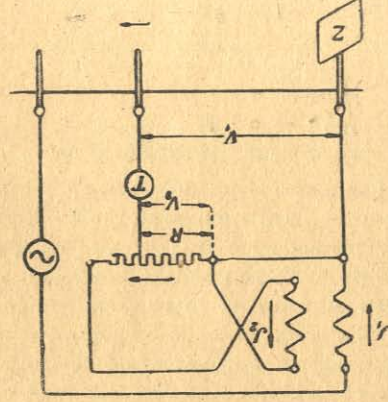
Pomiar oporu między uzemiaeniami dokonujemy w róż-  
ny sposób:

a) Puszczamy w obwód pomiędzy dwa uzemiaenia prąd  
zmienny przez opornik (opór około 50 Ω, wytrzymujący  
na prąd około 5 A), włączając amperomierz i woltomierz,  
a amperomierz 5 A, to opór między uzemiaeniami  
będzie:

$$\frac{100}{5} = 20 \Omega$$



b) Stosujemy mostek Wheatstone'a, p. rys. 170, przy-  
stosowany do badania uziemień, a więc zasilany prą-  
dem zmiennym i zaopatrzony w słuchawkę telefonicz-  
ną zamiast galwanometru.  
c) Pomiar przyrządem kompensacyjnym według sche-  
matu, p. rys. 173 za pomocą którego mając dwa pomoc-  
nicze uziemienia odracza bez obliczenia odczytujemy  
przy kontakcie szlgowym opór uziemienia badanego  
uziemiacza, po sprrowadzeniu wskazówki przyrządu  
do zera.

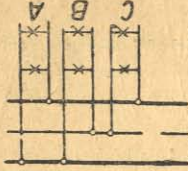


Rys. 173.

## § 168. ODNAJDYWANIE USZKODZEN.

1. Przerwa w sieci elektrycznej ujawnia się ustaniem dzia-  
łania odbiorników. O ile w sieci nie ma gałęzi, w których  
jest dopływ prądu z dwóch stron i przewody są dostępne,  
to nie ma żadnej trudności w znalezieniu przerwy; wystar-  
cza w tym celu zauważyć, które odbiorniki są czynne.  
Na szczególną uwagę zasługują przerwa w przewodzie  
prądu układu trójprzewodowego prądu stałego i cztero-  
przewodowego prądu trójfazowego. W tym przypadku lam-

py więcej obciążonego biegauna świecą za słabo, natomiast  
lampy mniej obciążonego biegauna świecą za jasno, a nawet  
mogą się przepalić.  
Również należy zwrócić uwagę, jak się odbija na lam-  
pach przerwa w jednym przewodzie linii trójfazowej trój-  
przewodowej, p. rys. 174. Wtedy lampy A, załączone na  
przewody całej, świecą normalnie, lampy zaś B i C podą-  
żone z przewodem przerwanym świecą słabiej, gdyż mie-  
dzyprzewodowe napięcie dzieli się tu na dwie części wprost  
proporcjonalnie do oporu grup lamp B i C.



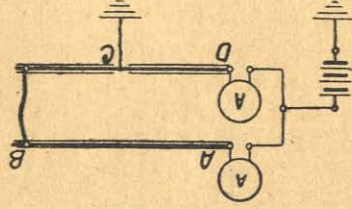
Rys. 174.

Miejsce przerwy w przewodach niedostępnym np. pod-  
ziemnych kablowych bez uziemienia znajduje się przez po-  
miar pojemności z wiadomą pojemnością 1 km. Najczę-  
ściej jednak przerwa zdarza się łącznie z uziemieniem i od-  
szukuje się tak, jak uziemienie.

2. Uziemienie w dostępnej sieci przewodów odszukuje się  
zapomocą miernika izolacji, oddziałując stopniowo poszcze-  
gólne gałęzie jedną po drugiej przez otwieranie wyjączni-  
ków, wykręcanie korków, wyjmowanie stopiek bezpieczni-  
kowych i rozkręcanie rozetek łącznikowych przy jednocze-  
snym obserwowaniu miernika izolacji.  
Jeżeli uziemienie znalazło się w gałęzi zawierającej kilka  
w szeregu połączonych odbiorników, to miejsce uszkodzenia  
znajdujemy, dzieląc ten obwód mniejszą część na dwie równe  
części, a następnie tę część jeszcze po połowie itd.  
3. Miejsce uziemienia w niedostępnym kablu podziemnym  
znajdujemy różnymi sposobami.



a) Mając baterie akumulatorów o niewielkim woltażu, natomiast na prąd przynajmniej kilkudziesięciu amperów, łączymy przewodnikiem żyły kabla z końcem oporze koniec uszkodzonej żyły kabla z końcem zdrowej żyły tego samego lub innego kabla, p. rys. 175, i puszczamy prąd przez dwa amperomierze i uzziemienie o małym oporze, jak wskazuje schemat. Prąd rozgałęzi się odwrotnie proporcjonalnie do oporów przewodów w kablu, a ponieważ opory są proporcjonalne do długości, to przy równym przekroju żyły wskazania amperomierzy będą odwrotnie proporcjonalne do długości ABC i CD.

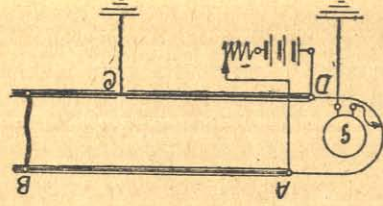


Rys. 175

Przykład. Amperomierz górny wskazuje 10 A, a dolny 25 A, a cała długość ABCD = 400 m, to od D do C będzie:

$$\frac{400}{10 + 25} \times 10 = 114 \text{ m.}$$

b) Inny sposób polega na zastosowaniu mostku Wheatstone'a ze ślizgowym kontaktem, p. rys. 176. W tym



Rys. 176

przykładu łączymy koniec żyły uszkodzonej ze źródłem i z połączenia kontaktu ślizgowego znajdujemy stosunek oporów przewodu ABC do oporu przewodu DC.

c) Jeżeli zdrowej żyły nie ma, to zwykle w miejscu uszkodzenia można wyznaczyć z oporu otrzymanej w ten sposób pętli, który należy zmierzyć mostkiem i podzielić przez znany opór 1 km żyły; w ten sposób znajdziemy długość przewodnika w pętli, a połowa tej długości jest odległością miejsca uszkodzenia od początku kabla.

d) Możemy również posilkować się prądem zmiennym znacznej częstotliwości, np. kilkakset okresów na sekundę. Puszczamy taki prąd do uszkodzonego kabla, łącząc jeden biegun źródła prądu z żyłą kabla, a drugi z ziemią, tak że prąd przepływa tylko do miejsca uszkodzenia i dalej wraca przez ziemię. Na powierzchni ziemi nad kablem przesuwamy ramkę zwinietą kilkudziesięciu zwojów drutu połączoną ze słuchawką telefoniczną. W telefonie słychać dźwięk tylko wtedy, póki ramka przesuwa się nad kablem z prądem, za miejscem uszkodzenia dźwięk w słuchawce ustaje.



ostrożnie i z namysłem, w miarę możności odgradzać się

osłonami z materiału izolacyjnego.

7. W razie konieczności wykonywania prac przy niskim napięciu pod prądem należy postikować się narzędziami z izolacyjnymi rączkami i stęć na izolacyjnej podkładce, np. na suchej grubiej desce.

8. Roboty koło przewodów niskiego napięcia oraz prądu

słabego, znajdujących się w pobliżu linii wysokiego napięcia, należy wykonywać po odłączeniu przewodów wysokiego napięcia od źródła prądu, zwarcia tych przewodów i uzziemieniu.

9. W ogóle należy pamiętać, że porażenia śmiertelne bywają i przy niskich napięciach 220 i 110 V, więc należy i przy tych napięciach przestrzegać przepisów ostrożności.

#### § 170. CO CZYNIĆ W RAZIE PORAZENIA PRĄDEM?

1. Najlepiej zaraz wyłączyć prąd.

2. Usunąć rączkę spod napięcia przedmiotem z materiału izolacyjnego, lub rękami, chwytając za ubranie; jeżeli nie można dobrze izolując się samemu od ziemi za pomocą suchej deski lub złożonego w kilikoro suchego ubrania.

3. Zastosować jak *naprędzej* sztuczne oddychanie, które należy prowadzić kilka godzin.

4. W razie oparzenia, skóry nie dotykać, a nałożyć opatrunek z bornej wazeliny.

Szczegóły podane są we „Wskazówkach niesienia doraznej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym” PNE/9.

#### § 171. TABLICE OSTRZEŻAWCZE.

W urządzeniach elektrycznych o wysokim napięciu należy umieszczać tablice ostrzegawcze z rysunkiem i napisem według przepisów Min. Rob. Publ. 30. IV. 1923 r., na ścianach, budkach, transformatorach itd.

## PORAZENIE PRĄDEM.

#### § 169. JAK SIĘ USTRZEC OD PORAZENIA PRĄDEM.

1. Nie dotykać przewodów pod wysokim napięciem i nie

zbliżać się do nich zanadto.

2. Nie dotykać przewodów pod napięciem nawet niskim, jeżeli ciało jest dobrze uzziemione, a więc znajdując się w fa-

zience, w piwnicy itp.

Niebezpiecznie jest dotykać lamp, wyłazników itp. mokrymi rękami, gdy się stoi bosy, albo w przemoczonym obu-

wiu na wilgotnej podłodze lub siedzi się w wannie. Niebezpieczne jest dotknięcie kranu wodociągowego lub kurka ga-

zowego czy kaloryferu, gdy się drugą ręką dotyka lampy lub innego przyrządu elektrycznego pod napięciem.

Nie dotykać lamp elektrycznych i wyłazników, gdy się ma na uszach słuchawkę aparatu radiotelegraficznego.

3. Nigdy nie dotykać żadnych przewodów pod prądem całą dłońią.

Nie dokonywać napraw przed odłączeniem maszyny i przewodów od sieci na wszystkich biegunach, nawet przy niskim napięciu.

4. Przy wszelkich robotach na urządzeniach wysokiego napięcia należy zawsze odłączyć przewody na wszystkich biegunach i uzemić; postikować się przy tym dobrym drabie-

niem, zawsze pracować conajmniej we dwóch.

5. Przy wysokim napięciu nie zabierać się do roboty samodzielnie, tylko z towarzyszeniem.

6. Wszystkie czynności w pobliżu urządzeń wysokiego napięcia, znajdujących się pod prądem, wykonywać bardzo



## WIADOMOŚCI POMOCCNICZE.

## § 172. PRZEPISY I NORMY ELEKTROTĘCHNICZNE.

W urządzeniach elektrycznych znajdujących się w szczególności w warunkach, np.:

1. w kinematografach,
  2. w podziemnych kopalniach,
  3. w kopalniach oleju i gazu ziemnego
- obowiązują specjalne przepisy uwzględniające osobliwe okoliczności ruchu tych urządzeń.
- Przepisy takie zostały wydane przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich.

Tytuły tych przepisów są następujące:

1. Przepisy na urządzenia elektryczne w kinematografach.
2. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych w podziemnych kopalniach,
3. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych na kopalniach oleju i gazu ziemnego.

Poza tym S.E.P. wydało:

1. Przepisy budowy i ruchu urządzeń elektrycznych prądu silnego.
2. Przepisy budowy i ruchu reklam świetlnych niskiego napięcia, oraz urządzeń rur świetlnych.
3. Wskazówki obchodzenia się z urządzeniami elektrycznymi w razie pożaru.

4. Wskazówki niesienia doraznej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym.
5. Wskazówki obchodzenia się z domowymi urządzeniami elektrycznymi. Środki ostrożności przeciw porażeniom i pożarom.

6. Wskazówki co do ochrony budowli od elektrycznych wyładowań atmosferycznych, oraz Instrukcja dla kontroli urządzeń pionocchronowych.

7. Przepisy badania i oceny maszyn elektrycznych.
8. Symbole planów instalacyjnych.
9. Przewody miedziane prądu silnego.

## § 173. OZNACZENIA NA PLANACH.

Linia nądzenna, przewody 3 po 4 mm<sup>2</sup> i 1 na 2,5 mm<sup>2</sup> rodzaj izolacji DG.

Kabel podziemny trójżyłowy.

Przewody pionowe prowadzące energię do góry.

„ „ „ wód.

„ „ „ zgóry.

„ „ „ zdołu.

Bezpiecznik.

Tabliczka rozdzielcza.

Licznik.

Amperomierz.

Woltomierz.

Uziemienie.

Mufa.

Stup drewniany.

Stup żelazny o przekroju okrągłym.

Stup żelazny kratowy.





Wyłącznik dwubiegunowy na 10 A.

Przełącznik.

Przełącznik hotelowy.

Przełączniki schodowe.

Gniazdko wtyczkowe do światła.

Gniazdko wtyczkowe do siły 10 A.

Lampa na 25 W zawieszona na wysokości 250 cm. od podłogi.

Lampa z kurkiem.

Lampa ściągana.

Świecznik z 3-ech lamp po 75 watów.

Grzejnik na 500 W.

Silnik

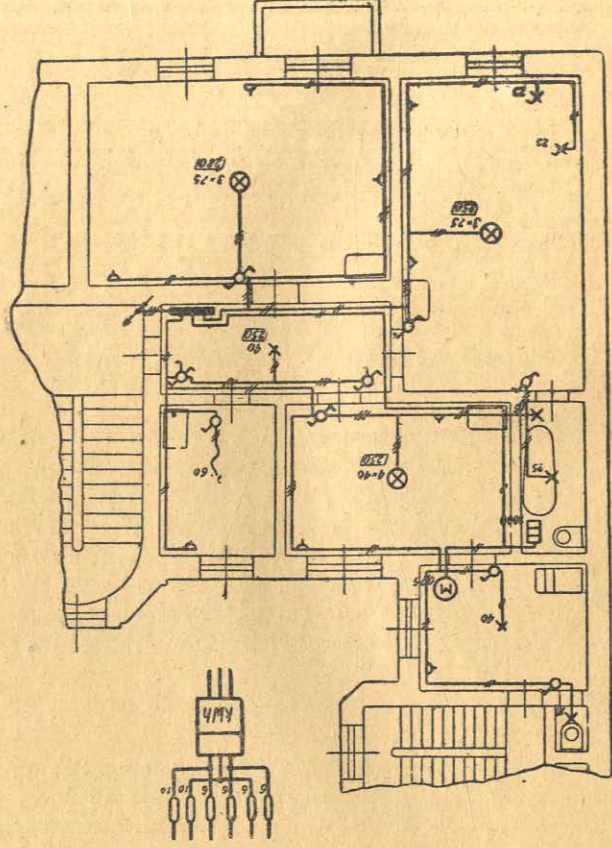
Prądnicą.

Transformator trójfazowy.



§ 174. PLAN PRZEWODÓW W MIESZKANIU.

4x40  
250  
oznacza świecznik z 4 lampami po 40 watów, zawieszonymi na wysokości 250 cm nad podłogą.





## § 175. NAPĘD PASOWY.

Przekładnia jest to stosunek liczb obrotów na minutę sprzęgniętych wałów.

Wzór na obliczenie przekładni:  $n_1$  i  $n_2$  liczby obrotów na minutę wałów,  $d_1$  i  $d_2$  — średnice kół pasowych.

$$\frac{n_1}{d_1} = \frac{n_2}{d_2}$$

poza tym należy uwzględnić poślizg około 3 do 5%.

Przykład sprzężenia silnika spalinowego z prądnicą. Sil-

nik ma koło pasowe o średnicy 1250 mm i wał jego obraca się z szybkością 210 obrotów na minutę, prądnica ma się obracać z szybkością 950 obrotów na minutę. Obliczamy

średnicę koła pasowego na prądnicy.

Chcąc uwzględnić poślizg, przyjmujemy, że prądnica ma

obracać się z szybkością o 3% większą, a więc ma wykony-

wać:

$$950 + 950 \times 0,03 = 978 \text{ obrotów na min.}$$

Z powyższego wzoru wypada:

$$\frac{210}{d_2} = \frac{978}{1250}$$

stąd:

$$d_2 = \frac{210 \times 1250}{978} = 268 \text{ mm.}$$

W podobny sposób obliczamy przekładnie od silników elektrycznych do maszyn napędzanych.

Powierzchnię kół pędzących obtacza się piasko, a pędzo-

nych — wypukło.

Najmniejszy odstęp między osiami wałów podajemy w ta-

beli w metrach.

Przekładania		Średnica mniejszego koła pasowego w mm			
1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	
3,6	3,2	3,4	3,4	3,6	200
5,1	3,8	4,3	4,3	5,1	300
6,8	4	4,6	5,7	6,8	400
8,6	4,5	5,7	7,1	8,6	500
—	4,4	5,1	6,8	—	600
—	4,8	5,8	7,9	—	700
—	5,2	6,6	9,1	—	800

Przykład. Przy średnicy małego koła pasowego 300 mm i przekładni 1 : 4 najmniejsza odległość będzie 3,5 metra.

Jeżeli trzeba dać odległość mniejszą, ze względu na warunki miejscowe, to dajemy naprężacz pasa w postaci kółka, którego średnica co najmniej równa się średnicy małego koła, w ten sposób można zwiększyć znacznie przekładnię np. do 1 : 13 przy niewielkich odległościach wałów.

Przykład. Gdy średnica koła mniejszego jest 270 mm, a przekładnia: 210 : 969 = 1 : 4,6, to z tablicy wyposrodzujemy odległość wałów 3,5 m, jeżeli odległość ma być 2 m, potrzebny jest naprężacz.

Kierunek wrowania kół powinien być taki, aby część pasa wyprężona — ciągnęca była dolną, zwisająca zaś górną.

Pasy muszą być klejone, ostry kant w miejscu sklejenia powinien być zwrócony w kierunku odwrotnym do kierunku ruchu pasa.

Jeżeli nie można dostatecznie naprężyć pasa przez rozsuwanie wałów, to niemal o 20% można skrócić pas, podciągając wewnętrzną stronę pasa roztopionym czystym jołem kałafonii czy żywicy, gdyż niszcza skórę, za wyjątkiem oleju rogowego nadającego większą sprężystość.



Sprawność przekładni pasowej wynosi około 0,95 bez strat w łożyskach wałów i oporu powietrza kół pasowych. Najlepsze są pasy ze skóry grzbietowej grub. ok. 5 mm przy szerokościach do 200 mm. Szerokość pasa oblicza się na podstawie tabelki dopuszczalnego obciążenia w kg na 1 cm szerokości pasa.

Srednica matego kola	Szybkość pasa w metrach na sekundę									
	3	5	10	15	20	30	40	50		
100 mm	2	2,5	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
200 "	3	4	5	5,5	6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
500 "	6	7	8	9	10	11	11,5	12		
1000 "	9	10	11	12	13	14	14,5	15		

*Przykład.* Obliczmy szerokość pasa dla przeniesienia mocy 10 KM. Małe koło pasowe będzie miało średnicę 200 mm i będzie obracać się z szybkością 1000 obrotów na minutę. Wobec tego, że 200 mm = 0,2 m, szybkość ruchu pasa będzie:

$$v = 3,14 \frac{0,2 \times 1000}{60} = 10 \text{ m na sek.}$$

Przy tej szybkości i 200 mm średnicy koła, z tabeli dopuszczalne obciążenie pasa — 5 kg. na cm. Naciąg cały pasa obliczymy dzieląc moc przenoszoną, wyrażoną w kilogrammetrach na sekundę, przez szybkość ruchu pasa w metrach na sekundę.

1 KM = 75 kg/m na sek.  
cała moc, odpowiadająca 10 KM, wynosi:  $75 \times 10 = 750 \text{ kgm}$  na sek., więc naciąg całkowity pasa będzie:

$$\frac{75 \times 10}{10} = 75 \text{ kg.}$$

#### § 176. NAPĘD KOŁAMI ZĘBATYMI.

Wobec tego szerokość pasa wypadnie:

$$\frac{75}{5} = 15 \text{ cm.}$$

Obecnie sprzężanie silników elektrycznych z różnymi maszynami, oraz sprzężanie turbin parowych z prądnicami prądu stałego, odbywa się za pomocą dokładnie wykonanych łożysk zwanymi zębatach pracujących w oleju. Tak zwane różne przekładnie np. dla małych przekładni: gdy silnik wykonany 1450; 950; 720 obrotów na minutę, a wał za przekładnią: 800; 600; 700; 400; 500; 300; 250; 200 i 150 obrotów na minutę, oraz dla dużych przekładni: 1:30; 1:50; 1:100; 1:200; 1:300; 1:400; 1:600 i 1:1000.

Straty w takich przekładniach bywają około 2%. Cała obsługa przy takich przekładniach polega na dopilnowaniu, aby nie zabrakło oleju w kadłubie tej przekładni i nie rozluźniły się żadne bolce. Niska temperatura i cichy bieg świadczą o prawidłowej pracy przekładni.

#### § 177. FUNDAMENTY POD MASZYNY.

Fundamenty należy budować z cegły wyborowej dobrze wymoczonej w wodzie, na zaprawie cementowej: 1 część cementu, 3 części piasku lub 1 część cementu, 2 części piasku, albo też z betonu:

1 część cementu, 3 części piasku i 6 części żwiru, albo 1 część cementu, 2 części piasku i 4 części żwiru. Fundament murywany jest dość związany po upływie 3 dni.

Fundament zaś betonowy jest dość stwardniały po upływie wie dni 14-tu.

Spód fundamentu musi być rozszerzony, a najlepiej, gdy u dołu założona jest szeroka płyta betonowa.



Cisnienie dopuszczalne na grunt: mokra glina z piaskiem 1,5 kg na 1 cm<sup>2</sup>, a na suchą glinę, piasek, żwir 2,5 kg na cm<sup>2</sup>.  
Dla osiabienia przenoszenia wstrząśnienia na ściany budynku, dyńku nie należy łączyć fundamentów z murami budynku, pozostawiając wokół fundamentu szczelne szerokości co najmniej 40 mm pomiędzy fundamentem a krawędzią otaczającej podłogi. Szczeliny te nakrywamy kładkami z blachy żelaznej.  
Głębokość fundamentów dla małych maszyn elektrycznych można stosować następująco:

Moc maszyny w kW	Głębokość w m
150	1,5
120	1,4
75	1,2
50	1,0
30	0,9
20	0,8
10	0,7
5	0,6
1,5	0,5

TABELA

MOC POTRZEBNA DLA NAPĘDU RÓŻNYCH MASZYN  
W KONIACH MECHANICZNYCH.

Do metali		Do drewna		W gospodarstwie rolnym		W gospodarstwie domowym	
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Heblarki . . . . .	1	Miocarnie małe, od 3,5 do 4	5	Miocarnie duże, . . . . .	7
Heblarki . . . . .	1	Nożyce . . . . .	1	Miocarnie małe, . . . . .	5	Sieczkarnie . . . . .	2
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	5	Miocarnie duże, . . . . .	5		
Tokarki . . . . .	0,4	Tokarki . . . . .	4		4		
Szlifierki . . . . .	0,4	Szlifierki . . . . .	2,5		2,5		
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Do drzewa					
Wiertarki . . . . .	4	Wiertarki . . . . .	1				
Heblarki . . . . .	10	Heblarki . . . . .	1				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	20				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .	15				
Wiertarki . . . . .	od 0,14 do 4	Frezarki . . . . .	15				
Heblarki . . . . .	10	Frezarki . . . . .	15				
Frezarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Tokarki . . . . .	1	Frezarki . . . . .	15				
Szlifierki . . . . .	0,4	Frezarki . . . . .					



Zamiana kilowatów na konie mechaniczne.

KW	KM	KW	KM	KW	KM	KW	KM	KW	KM
1	1,36	2,5	3,40	5	6,80	8	10,88	10,88	14,5
1,05	1,43	2,55	3,47	5,1	6,94	8,1	11,02	11,02	14,5
1,1	1,50	2,6	3,54	5,2	7,07	8,2	11,15	11,15	14,5
1,15	1,56	2,65	3,60	5,3	7,21	8,3	11,29	11,29	14,5
1,2	1,63	2,7	3,67	5,4	7,34	8,4	11,42	11,42	14,5
1,25	1,70	2,75	3,74	5,5	7,48	8,5	11,56	11,56	14,5
1,3	1,77	2,8	3,81	5,6	7,62	8,6	11,70	11,70	14,5
1,35	1,84	2,85	3,88	5,7	7,75	8,7	11,83	11,83	14,5
1,4	1,90	2,9	3,94	5,8	7,89	8,8	11,97	11,97	14,5
1,45	1,97	2,95	4,01	5,9	8,02	8,9	12,10	12,10	14,5
1,5	2,04	3	4,08	6	8,16	9	12,24	12,24	14,5
1,55	2,11	3,1	4,22	6,1	8,30	9,1	12,38	12,38	14,5
1,6	2,18	3,2	4,35	6,2	8,43	9,2	12,51	12,51	14,5
1,65	2,24	3,3	4,49	6,3	8,57	9,3	12,65	12,65	14,5
1,7	2,31	3,4	4,62	6,4	8,70	9,4	12,78	12,78	14,5
1,75	2,38	3,5	4,76	6,5	8,84	9,5	12,92	12,92	14,5
1,8	2,45	3,6	4,90	6,6	8,98	9,6	13,06	13,06	14,5
1,85	2,52	3,7	5,03	6,7	9,11	9,7	13,19	13,19	14,5
1,9	2,58	3,8	5,17	6,8	9,25	9,8	13,33	13,33	14,5
1,95	2,65	3,9	5,30	6,9	9,38	9,9	13,46	13,46	14,5
2	2,72	4	5,44	7	9,52	10	13,6	13,6	14,5
2,05	2,79	4,1	5,58	7,1	9,66	10,5	14,3	14,3	14,5
2,1	2,86	4,2	5,71	7,2	9,79	11	15,0	15,0	14,5
2,15	2,92	4,3	5,85	7,3	9,93	11,5	15,6	15,6	14,5
2,2	2,99	4,4	5,98	7,4	10,06	12	16,3	16,3	14,5
2,25	3,06	4,5	6,12	7,5	10,20	12,5	17,0	17,0	14,5
2,3	3,13	4,6	6,26	7,6	10,34	13	17,7	17,7	14,5
2,35	3,20	4,7	6,39	7,7	10,47	13,5	18,4	18,4	14,5
2,4	3,26	4,8	6,53	7,8	10,61	14	19,0	19,0	14,5
2,45	3,33	4,9	6,66	7,9	10,74	14,5	19,7	19,7	14,5

Miary długości i powierzchni.

KW	KM	KW	KM	KW	KM	KW	KM	KW	KM
15	20,4	27,5	37,4	50	68,0	75	102,0	102,0	134,6
16	21,1	28	38,1	51	69,4	76	103,4	103,4	134,6
16,5	21,8	28,5	38,8	52	70,7	77	104,7	104,7	134,6
17	22,4	29	39,4	53	72,1	78	106,1	106,1	134,6
17,5	23,8	30	40,8	55	74,8	80	108,8	108,8	134,6
18	24,5	31	42,2	56	76,2	81	110,2	110,2	134,6
18,5	25,2	32	43,5	57	77,5	82	111,5	111,5	134,6
19	25,8	33	44,9	58	78,9	83	112,9	112,9	134,6
19,5	26,5	34	46,2	59	80,2	84	114,2	114,2	134,6
20	27,2	35	47,6	60	81,6	85	115,6	115,6	134,6
20,5	27,9	36	49,0	61	83,0	86	117,0	117,0	134,6
21	28,6	37	50,3	62	84,3	87	118,3	118,3	134,6
21,5	29,2	38	51,7	63	85,7	88	119,7	119,7	134,6
22	29,9	39	53,0	64	87,0	89	121,0	121,0	134,6
22,5	30,6	40	54,4	65	88,4	90	122,4	122,4	134,6
23	31,3	41	55,8	66	89,8	91	123,8	123,8	134,6
23,5	32,0	42	57,1	67	91,1	92	125,1	125,1	134,6
24	32,6	43	58,5	68	92,5	93	126,5	126,5	134,6
24,5	33,3	44	59,8	69	93,8	94	127,8	127,8	134,6
25	34,0	45	61,2	70	95,2	95	129,2	129,2	134,6
25,5	34,7	46	62,6	71	96,6	96	130,6	130,6	134,6
26	35,4	47	63,9	72	97,9	97	131,9	131,9	134,6
26,5	36,0	48	65,3	73	99,3	98	133,3	133,3	134,6
27	36,7	49	66,6	74	100,6	99	134,6	134,6	134,6

1 kilometr = 1000 metrów. 1 metrkwadr.=10000 cm.kwadr.  
 1 metr = 100 centymetrów. 1 centymetr kw.=100mm kwadr.  
 1 cm. = 10 milimetrów. 1 cal ang. = 25,3995 mm.  
 1 hektar = 100 arów. 1 stopa ang. = 30,4794 cm.  
 1 ar = 100 metrów kwadr. 1 mila ang. = 1609,2 metrów.



Alkohol zwykły . . . . .	0,79	Rtęć . . . . .	13,59
Benzyna . . . . .	0,68 ÷ 0,73	Smola płynna . . . . .	1,20
Gliceryna . . . . .	1,23	Spirytus drzewny . . . . .	0,80
Nafta . . . . .	0,79 ÷ 0,82	Terpentyna . . . . .	0,87
Oliva . . . . .	0,92	Woda morska . . . . .	1,02 ÷ 1,03
Oliva mineralna . . . . .	0,95 ÷ 0,96	Woda destylowana . . . . .	1,00

Ciepłar 1 cm<sup>3</sup> płynów w gramach.

Asfalt . . . . .	od 1,1 ÷ 1,5	Gлина . . . . .	od 1,52 ÷ 2,85
Beton . . . . .	1,8 ÷ 2,45	Marmur . . . . .	2,52 ÷ 2,85
Cegła . . . . .	1,4 ÷ 2,0	Miedz. drut . . . . .	8,8 ÷ 9,0
Cement lizn. . . . .	1,3	Nikiel . . . . .	8,9 ÷ 9,2
Cement stward- niały . . . . .	2,7 ÷ 3,2	Ołow . . . . .	11,3
Cyna . . . . .	7,0 ÷ 7,5	Pasek suchy . . . . .	1,4 ÷ 1,65
Cyrk . . . . .	6,84 ÷ 7,2	" mokry . . . . .	1,9 ÷ 2,05
Suchy dąb . . . . .	0,69 ÷ 1,07	Wapno gaszone . . . . .	1,3 ÷ 1,4
Suchy świerk . . . . .	0,35 ÷ 0,6	Węgiel kamien- ny . . . . .	1,2 ÷ 1,5
Świeży świerk . . . . .	0,45 ÷ 1,07	Żelazo . . . . .	6,9 ÷ 7,85
Glin (aluminium) . . . . .	2,56 ÷ 2,75	Zwir suchy . . . . .	1,8

Ciepłar 1 cm<sup>3</sup> w gramach niektórych ciał stałych.

## Średnica wewnętrzna rur gazowych.

Cale ang.	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	3 1/2	4
mm	6,3	9,5	12,7	15,9	19	25,4	31,7	38,1	44,4	50,8	63,5	76,2	88,9	101,6

## Średnica zewnętrzna gwintu Whitworth'a.

Cale ang.	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 5/8	1 3/4	1 7/8	2
mm	6,3	7,9	9,5	11,1	12,7	15,9	19	22,2	25,4	28,6	31,7	34,9	38,1	41,3	44,4	47,6	50,8

## Średnica zewnętrzna w mm — d i rozwartość klucza w mm — r dla gwintu metrycznego.

d	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22
r	12	13	15	16	18	19	21	23	26	29	32	35
d	24	27	30	33	36	39	42	45	48	52	56	60
r	38	42	46	50	54	58	63	67	71	77	82	88



Cieżar 1 metra pretów żelaznych w kg.

Grub. mm	Kwa- drato- wy	Sze- sko- katny	Okra- y	Grub. mm	Kwa- drato- wy	Sze- sko- katny	Okra- y
5	0,195	0,281	0,243	22	3,776	3,269	2,979
6	0,281	0,382	0,331	23	4,225	3,583	3,241
7	0,382	0,499	0,432	24	4,493	3,891	3,529
8	0,499	0,632	0,547	25	4,875	4,222	3,829
9	0,632	0,780	0,676	26	5,273	4,566	4,141
10	0,780	0,944	0,817	27	5,686	4,924	4,466
11	0,944	1,123	0,973	28	6,115	5,296	4,803
12	1,123	1,318	1,142	29	6,560	5,681	5,162
13	1,318	1,529	1,324	30	7,020	6,080	5,513
14	1,529	1,755	1,520	32	7,987	6,917	6,273
15	1,755	1,997	1,729	34	9,017	7,809	7,082
16	1,997	2,254	1,952	36	10,109	8,754	7,939
17	2,254	2,527	2,189	38	11,263	9,754	8,746
18	2,527	2,816	2,439	40	12,480	10,808	9,802
19	2,816	3,120	2,702	42	13,759	11,926	10,806
20	3,120	3,440	2,979	21	3,440	2,979	2,702

Zelazo dwuteowe		Zelazo teowe	
Profil Nr	Wys. mm	Cieżar 1 m w kg	Grub. pasow. mm
8	80	42	3,9
9	90	46	4,2
10	100	50	4,5
11	110	54	4,8
12	120	58	5,1
13	130	62	5,4
14	140	66	5,7
15	150	70	6,0
16	160	74	6,3
17	170	78	6,6
18	180	82	6,9
19	190	86	7,2
20	200	90	7,5
21	210	94	7,8

Profil Nr	Wys. mm	Szer. mm	Grub. pasow. mm	Grub. pasow. mm	Cieżar 1 m w kg
2	20	3	2/7	21 <sup>1/2</sup>	0,87
3	25	3,5	21 <sup>1/2</sup>	7,0	1,28
4	30	4	3/3	1,76	1,76
5	35	4,5	31 <sup>1/2</sup>	2,32	2,32
6	40	5	41 <sup>1/2</sup>	2,94	2,94
7	45	5,5	41 <sup>1/2</sup>	3,64	3,64
8	50	6	5/5	4,42	4,42
9	55	6	6/6	5,19	5,19
10	60	7	7/7	6,19	6,19
11	65	8	8/8	7,27	7,27
12	70	8	8/8	8,27	8,27
13	75	9	9/9	9,3	9,3
14	80	10	10/10	10,6	10,6
15	85	11	11/11	11,3	11,3
16	90	11	12/12	12,1	12,1
17	95	11,7	14/14	14,14	14,14
18	100	11,7	14/14	14,14	14,14
19	105	11,3	12/12	12,1	12,1
20	110	11,3	10/10	10,10	10,10
21	115	11,7	12/12	12,1	12,1

Zelazo katowe rowno- ramienne		Zelazo geowe (korytka)	
Profil Nr	Cieżar w kg	Profil Nr	Wys. mm
1	0,64	3	30
2	0,87	4	40
3	1,11	5	50
4	1,44	6	65
5	1,77	6 <sup>1/2</sup>	80
6	2,03	8	100
7	2,40	10	120
8	2,75	12	140
9	3,12	14	160
10	3,49	16	180
11	3,86	18	200
12	4,23	20	251
13	4,57	25	311
14	4,92	30	371
15	5,28	35	431
16	5,64	40	491
17	6,00	45	551
18	6,36	50	611
19	6,72	55	671
20	7,08	60	731
21	7,44	65	791
22	7,80	70	851
23	8,16	75	911
24	8,52	80	971
25	8,88	85	1031
26	9,24	90	1091
27	9,60	95	1151
28	9,96	100	1211
29	10,32	105	1271
30	10,68	110	1331
31	11,04	115	1391
32	11,40	120	1451
33	11,76	125	1511
34	12,12	130	1571
35	12,48	135	1631
36	12,84	140	1691
37	13,20	145	1751
38	13,56	150	1811
39	13,92	155	1871
40	14,28	160	1931
41	14,64	165	1991
42	15,00	170	2051
43	15,36	175	2111
44	15,72	180	2171
45	16,08	185	2231
46	16,44	190	2291
47	16,80	195	2351
48	17,16	200	2411
49	17,52	205	2471
50	17,88	210	2531
51	18,24	215	2591
52	18,60	220	2651
53	18,96	225	2711
54	19,32	230	2771
55	19,68	235	2831
56	20,04	240	2891
57	20,40	245	2951
58	20,76	250	3011
59	21,12	255	3071
60	21,48	260	3131
61	21,84	265	3191
62	22,20	270	3251
63	22,56	275	3311
64	22,92	280	3371
65	23,28	285	3431







$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
61	3721	226981	7,8102	3,9365	81	6561	531441	9,0000	4,3267
62	3844	233828	7,8740	3,9575	82	6724	551368	9,0554	4,3445
63	3969	250047	7,9373	3,9791	83	6889	571787	9,1104	4,3621
64	4096	262144	8,0000	4,0000	84	7056	592704	9,1652	4,3795
65	4225	274625	8,0623	4,0207	85	7225	614125	9,2195	4,3968
66	4356	287596	8,1240	4,0412	86	7396	636036	9,2734	4,4140
67	4489	300763	8,1854	4,0615	87	7569	658503	9,3274	4,4310
68	4624	314432	8,2462	4,0817	88	7744	681472	9,3808	4,4480
69	4761	328509	8,3066	4,1016	89	7921	704969	9,4340	4,4647
70	4900	343000	8,3666	4,1213	90	8100	729000	9,4868	4,4814
71	5041	357911	8,4261	4,1408	91	8281	753571	9,5394	4,4979
72	5184	373248	8,4853	4,1602	92	8464	778688	9,5917	4,5144
73	5329	389107	8,5444	4,1798	94	8649	804337	9,6437	4,5307
74	5476	405224	8,6023	4,1983	94	8836	830584	9,6954	4,5468
75	5625	421875	8,6603	4,2172	95	9025	857375	9,7468	4,5629
76	5776	438976	8,7178	4,2358	96	9216	884736	9,7980	4,5789
77	5929	456533	8,7750	4,2543	97	9409	912673	9,8489	4,5947
78	6184	474552	8,8318	4,2727	98	9604	941192	9,8995	4,6104
79	6241	493029	8,8882	4,2908	99	9801	970299	9,9499	4,6261
80	6400	512000	8,9443	4,3089	100	10000	1000000	10,0000	4,6416

$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$n$	$n^2$	$n^3$	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
81	6561	531441	9,0000	4,3267	8	64	512	2,0000	2,0000
82	6724	551368	9,0554	4,3445	9	81	729	2,0491	2,0491
83	6889	571787	9,1104	4,3621	10	100	1000	2,1082	2,1082
84	7056	592704	9,1652	4,3795	11	121	1331	2,1674	2,1674
85	7225	614125	9,2195	4,3968	12	144	1728	2,2266	2,2266
86	7396	636036	9,2734	4,4140	13	169	2197	2,2858	2,2858
87	7569	658503	9,3274	4,4310	14	196	2744	2,3450	2,3450
88	7744	681472	9,3808	4,4480	15	225	3375	2,4042	2,4042
89	7921	704969	9,4340	4,4647	16	256	4096	2,4634	2,4634
90	8100	729000	9,4868	4,4814	17	289	4913	2,5226	2,5226
91	8281	753571	9,5394	4,4979	18	324	5832	2,5818	2,5818
92	8464	778688	9,5917	4,5144	19	361	6859	2,6410	2,6410
93	8649	804337	9,6437	4,5307	20	400	8000	2,7002	2,7002
94	8836	830584	9,6954	4,5468	21	441	9261	2,7594	2,7594
95	9025	857375	9,7468	4,5629	22	484	10648	2,8186	2,8186
96	9216	884736	9,7980	4,5789	23	529	12167	2,8778	2,8778
97	9409	912673	9,8489	4,5947	24	576	13824	2,9370	2,9370
98	9604	941192	9,8995	4,6104	25	625	15625	2,9962	2,9962
99	9801	970299	9,9499	4,6261	26	676	17568	3,0554	3,0554
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	27	729	19653	3,1146	3,1146

$d$  — średnica,  $n$  — obwód,  $s$  — pole.

Tablica obwodów i pól kół.











