

ROZDZIAŁ XIV.

WYKRES KOŁOWY SILNIKA ASYNCHRONICZNEGO TRÓJFAZOWEGO WEDŁUG BLONDELA – HEYLANDA.

Wyniki obliczeń opartych na wykresie podanym w rozdziale poprzednim zgodne są z wynikami prób w granicach potrzeb praktyki dla silników asynchronicznych wszelkich mocy.

Dla silników niezbyt małych, przy $\cos \varphi_k$ ¹⁾ nie większym od 0,2 można stosować wykres prostszy.

Przytoczone dalej sposoby wykreślnego wyznaczania mocy pobranej przez silnik, mocy pobranej przez wirnik, mocy mechanicznej oddanej przez wirnik i poślizgu mogą być zastosowane również do koła wykreślonego sposobem dokładniejszym, podanym w rozdziale XIII.

178. Koło wykresu Blondela – Heylanda.

Wyznaczenie koła tego wykresu oparte jest na nieco odmiennych założeniach od tych, które przyjmowaliśmy w rozdziale poprzednim.

Zachowując stałość napięcia prądu, zasilającego silnik przyjmujemy, że oporność omowa uzwojeń stojana równa się zeru. Do wykresu prądów dochodzimy przez wykres strumieni magnetycznych.

Wprowadzamy oznaczenia:

Φ_1 — strumień magnetyczny wywołany prądem stojana, przenikający do wirnika,

¹⁾ Spółczynnik mocy przy stanie zwarcia, kiedy silnik pod prądem jest nieruchomy.

Φ_2 — strumień magnetyczny wywołany prądem wirnika, przenikający do stojana,

$\nu_1 \Phi_1$ — cały strumień magnetyczny wywołany prądem stojana,

$\nu_2 \Phi_2$ — cały strumień magnetyczny wywołany prądem wirnika.

Tu ν_1 i ν_2 współczynniki rozproszenia większe od 1.

Φ_s — cały strumień w stojanie, stanowiący sumę geometryczną strumieni $\nu_1 \Phi_1$ i Φ_2 ,

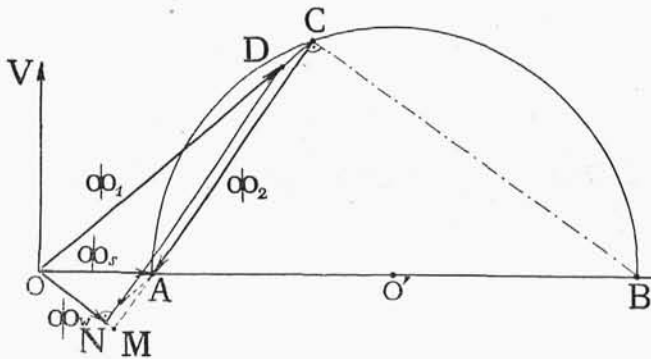
Φ_w — cały strumień w wirniku, stanowiący sumę geometryczną strumieni Φ_1 i $\nu_2 \Phi_2$.

Przy tych założeniach, prąd stojana I_1 jest w fazie z Φ_1 i $\nu_1 \Phi_1$, prąd wirnika I_2 jest w fazie z Φ_2 i $\nu_2 \Phi_2$.

Napięcie fazowe na zaciskach stojana V wyprzedza w fazie Φ_s o 90° .

Prąd wirnika I_2 opóźnia się w fazie względem Φ_w o 90° , gdyż I_2 jest w fazie z całkowitą wtórną siłą elektromotoryczną, wywołaną strumieniem Φ_w , w którym już się zawiera rozproszony strumień, sprawiający samoindukcję.

Z tego wynika, że strumień Φ_2 i $\nu_2 \Phi_2$ opóźnia się w fazie względem Φ_w o 90° .



Rys. 325.

Na rys. 325 podany jest wykres, wyrażający dodawanie odpowiednich strumieni.

Tu	$\overline{OD} = \Phi_1$	$\overline{OC} = \nu_1 \Phi_1$
	$\overline{CA} = \Phi_2$	$\overline{DN} = \nu_2 \Phi_2$
	$\overline{OA} = \Phi_s$	$\overline{ON} = \Phi_w$

Przez punkt C prowadzimy $CB \perp AC$ do przecięcia w punkcie B z przedłużeniem prostej OA .

Przy zmiennej pracy silnika, przyjmujemy napięcie na zaciskach stojana stałe, a więc i Φ_s również stałe, gdyż powyższe napięcie równoważy się z siłą elektromotoryczną indukowaną strumieniem magnetycznym Φ_s ¹⁾.

Krótkim wywodem pokażemy, że w tych warunkach odcinek AB ma stałą długość.

Z podobieństwa trójkątów OAM i ABC wynika:

$$\overline{AB} = \overline{OA} \frac{\overline{CA}}{\overline{MA}}$$

Pozatem z rysunku widzimy:

$$\overline{MA} = \overline{MC} - \overline{AC}$$

$$\overline{MC} = \overline{ND} \frac{\overline{OC}}{\overline{OD}} \quad ^2)$$



Dalej, podstawiając znaczenia odcinków, otrzymamy:

$$\overline{MC} = \nu_2 \Phi_2 \frac{\nu_1 \Phi_1}{\Phi_1} = \nu_1 \nu_2 \Phi_2$$

$$\overline{MA} = \nu_1 \nu_2 \Phi_2 - \Phi_2 = (\nu_1 \nu_2 - 1) \Phi_2$$

$$\overline{AB} = \overline{OA} \frac{\overline{CA}}{\overline{MA}} = \Phi_s \frac{1}{\nu_1 \nu_2 - 1}$$

Wobec tego, że Φ_s , ν_1 i ν_2 są wielkościami stałymi, więc i AB jest stałe.

Pozatem z konstrukcji geometrycznej wypada, że przy zmiennej pracy silnika, kąt ACB pozostaje zawsze prosty, a więc wierzchołek C trójkąta ABC porusza się po okręgu koła zakreślonym na AB jako na średnicy.

Wykres strumieni można zastąpić podobnym wykresem prądów, przyjmując, że strumienie są proporcjonalne do odpowiednich amperozwojów, a uzwojenia stojana i wirnika mają równą liczbę zwojów³⁾.

¹⁾ Spadek napięcia omowy, jak zaznaczono na wstępie, przyjmujemy równy zeru.

²⁾ Trójkąt OMC jest podobny do trójkąta OND .

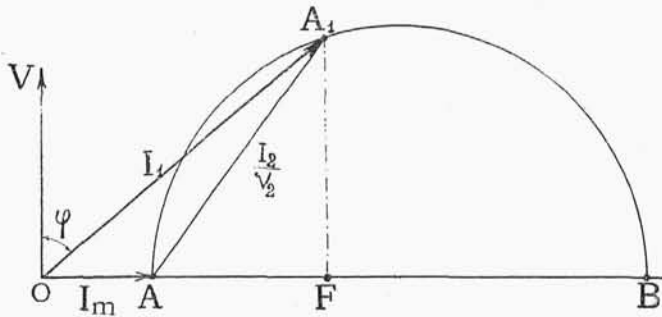
³⁾ W razie gdy liczby zwojów są nierówne, to mamy na myśli silnik zastępczy jak wyjaśniono w § 168.

Wtedy OC wyraża I_1 , CA wyraża $\frac{I_2}{v_2}$, OA wyraża prąd magnesujący I_m . Wszystkie prądy — fazowe.

Założmy, że w przybliżeniu wynik powyższego rozumowania da się zastosować do silnika z oporem omowym w stojanie i rozważmy kilka wykreślonych sposobów wyznaczania najbardziej charakterystycznych cech silnika.

179. Moc pobrana przez silnik.

Na rys. 326-y mamy wykreślony już wykres prądów. Z tego rysunku widzimy, że moc pobrana przez silnik, jest proporcjonalna do długości odcinka A_1F .



Rys. 326.

Wyrażając ten odcinek w skali prądu i zakładając, że V jest napięciem fazowym, znajdziemy całą moc pobraną przez stojan ze wzoru:

$$P = 3V[A_1F]$$

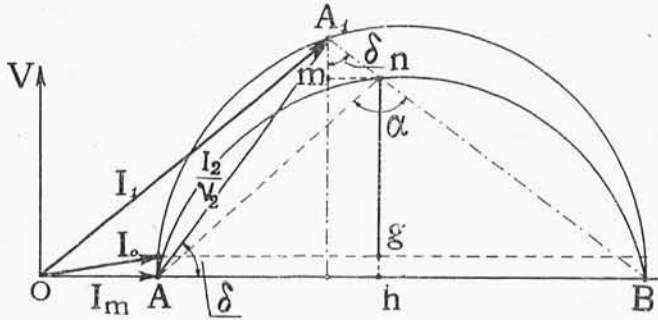
180. Moc pobrana przez wirnik.

Oznaczmy przez I_0 prąd pobierany przez silnik przy biegu luzem w ruchu synchronicznym, wtedy odcinek gh , rys. 327, wyraża prąd wiatowy pobrany na pokrycie strat w żelazie silnika, ciepła w miedzi przy prądzie jałowym, oraz tarcia w łożyskach i o powietrze.

Odcinek ng będzie proporcjonalny do mocy pobranej przez wirnik, o ile A_1m wyraża:

$$(I_1^2 - I_m^2) \frac{r_1}{V}$$

co stanowi moc przekształcającą się na ciepło w uzwojeniu stojana bez ciepła, które było uwzględnione w odcinku gh ¹⁾.



Rys. 327.

Łatwo przekonać się, że przy zmiennej pracy silnika, punkt n posuwa się po łuku pewnego okręgu koła, zakreślonego na AB jako na cięciwie.

Wynika to z następującego rozumowania.

$$\operatorname{tg} (180^\circ - \alpha) = \frac{\overline{A_1 A}}{\overline{A_1 n}} \quad \overline{A_1 A} = AB \cos \delta$$

$$\overline{A_1 n} = \frac{\overline{A_1 m}}{\cos \delta} \quad \overline{A_1 m} = (I_1^2 - I_m^2) \frac{r_1}{V}$$

Z trójkąta OA_1A :

$$I_1^2 - I_m^2 = \left(\frac{I_2}{v_2} \right)^2 + 2 \frac{I_2}{v_2} I_m \cos \delta$$

Z trójkąta $AB A_1$:

$$\frac{I_2}{v_2} = \overline{AB} \cos \delta$$

Przeto:

$$\overline{A_1 m} = \frac{r_1}{V} (\overline{AB} + 2 I_m) \overline{AB} \cos^2 \delta$$

Podstawiając kolejno otrzymane wyrazy w odpowiednie równania otrzymamy:

$$\operatorname{tg} (180^\circ - \alpha) = \frac{V}{r_1 (\overline{AB} + 2 I_m)}$$

¹⁾ Tu w przybliżeniu I_0 zastąpiono przez I_m . Moc na tarcie odjęto, więc ng wyraża moc bez tarcia.

Podstawiając otrzymane wyrazy kolejno w powyższe równania otrzymamy:

$$\operatorname{tg}(180^\circ - \alpha') = \frac{V}{r_1(\overline{AB} + 2I_m) + r_2 \overline{AB} v_2^2}$$

Wzór ten wskazuje, że kąt α' jest stały przy wszystkich okolicznościach pracy silnika.

Sposób wykreślenia odpowiedniego łuku podamy dalej w § 184.

182. Wykreślenie koła na podstawie pomiarów.

Przy normalnem napięciu fazowem V na zaciskach stojana wyznaczamy pomiarem:

P_0 i I_0 — całą moc pobraną przez silnik i natężenie prądu fazowego przy biegu silnika luzem.

P_k i I_k — całą moc pobraną przez silnik i natężenie prądu fazowego przy, tak zwanem zwarcu, a więc gdy silnik obraca się zupełnie wolniutko przy zaciśniętym hamulcu¹⁾.

Jeżeli prąd I_k byłby niebezpieczny dla silnika, to można wykonać pomiar przy napięciu obniżonem, a następnie obliczyć właściwy prąd zwarcia przez ekstrapolację, proporcjonalnie do napięcia. Pozatem należy jeszcze wyznaczyć oporność omową r_1 jednej fazy stojana.

Z powyższych danych obliczamy:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{3 V I_0} \qquad \cos \varphi_k = \frac{P_k}{3 V I_k}$$

$\cos \varphi_k$ może być wyznaczony przy P_k' i I_k' zmierzonych przy obniżonem napięciu V' , gdyż φ_k silnika w stanie zwarcia, przy zwiększaniu się napięcia znacznej zmianie nie ulega.

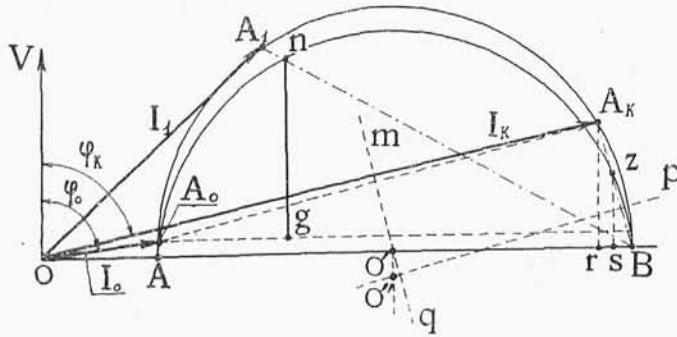
Na podstawie wyników powyższych pomiarów wykreślamy wykres, rys. 329.

Przedewszystkiem wykreślamy wektor OV , wyrażający napięcie fazowe na zaciskach stojana.

Względem tego wektora pod kątami φ_k i φ_0 prowadzimy wektory I_k i I_0 , na których odcinki OA_k i OA_0 w pewnej skali wyrażają odpowiednie prądy.

¹⁾ Lepiej brać odczyty przy bardzo powolnym ruchu, niż w czasie spoczynku, gdyż praca mechaniczna przy powolnym ruchu jest znikomą małą, a przy różnych położeniach nieruchomego wirnika mogą wypaść rozmaite wyniki.

W punkcie przecięcia się prostej OB , prostopadłej do OV , ze środkową mq odcinka $A_0 A_k$, prostopadłą do $A_0 A_k$, znajdujemy środek okręgu koła O' . Okrąg ten przechodzi przez punkty A_0 i A_k , więc zakreślamy go promieniem $O' A_0$ ¹⁾.



Rys. 329.

183. Wykreślenie łuku, wyznaczającego moc pobraną przez wirnik i moment obrotowy silnika.

Dla określenia położenia tego łuku znajdziemy sposób wyznaczenia punktu z na przecięciu prostej $A_k B$ z tym łukiem.

Wobec tego, że A_k odpowiada stanowi zwarcia silnika, możemy w przybliżeniu przyjąć, że odcinek $A_k r$ wyraża moc zamieniającą się na ciepło w uzwojeniach stojana i wirnika, odcinek zaś zs moc zamieniającą się na ciepło w wirniku.

Wtedy, oznaczając przez r_1 i r_2 oporności omowe jednej fazy uzwojeń stojana i wirnika otrzymamy ²⁾:

$$\frac{A_k r - zs}{A_k r} = \frac{r_1}{r_1 + r_2}$$

Pozatem z podobieństwa trójkątów:

$$\triangle A_k r B \sim \triangle z s B$$

¹⁾ Na wszystkich wykresach poprzednich i następnych wektor prądu I_0 w porównaniu do średnicy koła jest wzięty znacznie dłuższy, niż on wypada na podstawie obliczenia lub pomiaru wykonanego w praktyce.

²⁾ Tu r_2 — oporność zredukowana według § 168. Stosunek mocy zastąpiono stosunkiem oporów, wobec tego, że prąd magnesujący w porównaniu do prądów zwarcia jest mały, przez to w zredukowanych uzwojeniach wirnika płynie niemal ten sam prąd, co w uzwojeniach stojana.

wynika:

$$\frac{\overline{A_k r} - \overline{z s}}{\overline{A_k r}} = \frac{\overline{A_k B} - \overline{z B}}{\overline{A_k B}} = \frac{\overline{A_k z}}{\overline{A_k B}}$$

Przeto:

$$\frac{\overline{A_k z}}{\overline{A_k B}} = \frac{r_1}{r_1 + r_2} \dots \dots \dots (a)$$

Mając na uwadze trójkąt zwarcia, rys. 330, łatwo sprawdzić, że ten trójkąt jest niemal podobny do trójkąta $O A_k B$ wykresu ¹⁾, więc w przybliżeniu możemy przyjąć, że:

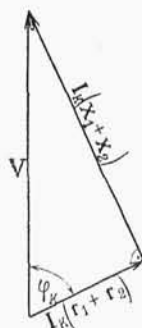
$$\frac{V}{I_k (r_1 + r_2)} = \frac{\overline{OB}}{\overline{A_k B}}$$

Stąd:

$$\overline{A_k B} = \frac{I_k (r_1 + r_2) \overline{OB}}{V}$$

a uwzględniając równanie (a) otrzymamy:

$$\overline{A_k z} = \frac{I_k r_1}{V} \overline{OB}$$



Rys. 330.

Po obliczeniu długości $A_k z$ odkładamy ten odcinek na $A_k B$ i w ten sposób znajdujemy punkt z .

Środkowa, poprowadzona prostopadle do $z B$, da środek łuku momentów O'' w przecięciu z prostą $O' O''$ prostopadłą do $A B$.

Mając dowolny punkt pracy silnika A_1 , stanowiący koniec wektora prądu stojana, znajdziemy szukaną moc, prowadząc prostą $A_1 B$, która przetnie łuk w punkcie n .

Odcinek $n g$, zmierzony w skali prądu, pozwala obliczyć moc pobraną przez wirnik ze wzoru:

$$P_w = 3 V [n g]$$

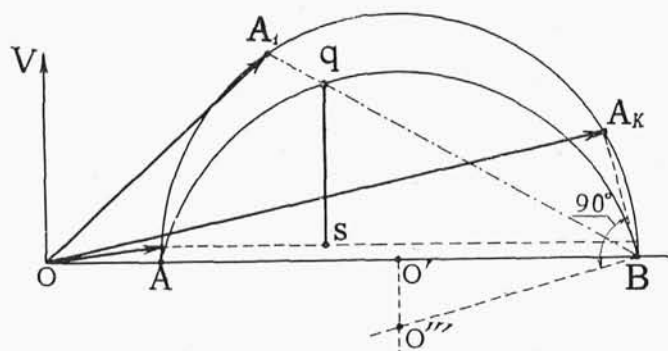
a według wyników rozważań § 173 obliczymy moment obrotowy ze wzoru:

$$M = P_w \frac{60}{2 \pi n_p}$$

¹⁾ $\angle A_k B O$ jest niemal równy φ_k , gdyż $\triangle O A_k B$ jest niemal prostokątny.

184. Wykreślenie łuku wyznaczającego moc mechaniczną oddaną przez silnik.

Dla wyznaczenia środka tego łuku korzystamy z tej okoliczności, że w stanie zwarcia silnik nie daje żadnej pracy mechanicznej, więc moc mechaniczna równa się zero. Przeto prosta $A_k B$, jest niemal styczna do rozważanego łuku, rys. 331.



Rys. 331.

Jeżeli więc prostopadle do $A_k B$ poprowadzimy prostą BO'' , to ona w przecięciu z prostą $O'O''$, poprowadzoną prostopadle do AB , da punkt O'' , stanowiący środek łuku mocy mechanicznej.

Dla dowolnego stanu pracy silnika, odpowiadającego punktowi A_1 na wykresie, odcinek qs , zmierzony w skali prądu, pozwoli obliczyć moc mechaniczną oddaną przez silnik ze wzoru:

$$P_m = 3 V [\overline{qs}]$$

185. Wyznaczenie poślizgu.

Przez punkt A_k , rys. 332, prowadzimy prostą $A_k T$, która tworzy z AB kąt α równy kątowi stałemu AnB , objętemu łukiem momentów.

Odcinek QT jest proporcjonalny do poślizgu silnika przy pracy, odpowiadającej punktowi A_1 na okręgu koła.

Jeżeli uwzględnimy, że silnik nieruchomy ma poślizg 100%, a rozważany odcinek przybiera wtedy długość TA_k , to dzieląc TA_k na 100 równych części odczytamy w punkcie Q poślizg w % dla silnika, którego bieg odpowiada punktowi A_1 na okręgu koła.

a podstawiając znaczenie odcinków AB , ON i OA wypadnie:

$$\overline{CB} = \Phi_w \frac{v_1}{v_1 v_2 - 1}$$

Wprowadzając stały współczynnik K , dla przejścia od strumieni magnetycznych do prądów, możemy napisać dla odcinka $A_1 B$ na rys. 332 wzór:

$$A_1 B = K \Phi_w \frac{v_1}{v_1 v_2 - 1}$$

Stąd wynika, że odcinek $A_1 B$ jest proporcjonalny do strumienia Φ_w .

W celu uwzględnienia omowego spadku napięcia w stojanie przeprowadzamy następujące rozumowanie.

Napięcie na zaciskach stojana równoważy się tylko z siłą elektromotoryczną wywołaną strumieniem magnetycznym Φ_s wtedy, jeżeli spadku napięcia omowego niema. Gdy zaś jest omowy spadek napięcia, wtedy to samo napięcie równoważy się z geometryczną sumą powyższej siły elektromotorycznej i omowego spadku napięcia, wobec tego teraz Φ_s będzie mniejsze o geometrycznie odjęty wektor umyślnego strumienia magnetycznego, odpowiadającego omowemu spadkowi napięcia.

Wpływ na Φ_s przenosi się i na Φ_w . Ponieważ wektor tego umyślnego strumienia jest prostopadły do prądu I_1 , a więc i do wektora Φ_1 , przeto w przybliżeniu może być uważany za mający fazę przeciwną do Φ_w . Z tego wynika, że jest on równoległy do CB na rys. 325.

Wielkość tego wektora w skali wykresu 332 da się przedstawić wzorem:

$$K' I_1 r_1 K \frac{v_1}{v_1 v_2 - 1}$$

Tu współczynnik K' wyraża przejście od napięcia do odpowiedniego strumienia magnetycznego, współczynnik zaś $K \frac{v_1}{v_1 v_2 - 1}$ odpowiada przejściu od strumienia magnetycznego do odpowiedniego odcinka na wykresie 332.

Łatwo przekonać się, że odcinek wyrażony powyższym wzorem jest odcinkiem $A_1 n$ na wykresie 327 str. 289.

Pomijając prąd I_m , z konstrukcji na rys. 327 wynika:

$$A_1 n = \frac{I_1^2 r_1}{V \cos \delta} \quad \cos \delta = \frac{A \overline{A_1}}{AB} = \frac{\frac{I_2}{v_2}}{K \Phi_s \frac{1}{v_1 v_2 - 1}}$$

poza tem:

$$V = \frac{\Phi_s}{K'}$$

więc:

$$A_1 n = K K' I_1 r_1 \cdot \frac{I_1}{I_2} \cdot \frac{v_2}{v_1 v_2 - 1}$$

Przyjmujemy, że $v_2 = v_1$, więc v_2 można zastąpić przez v_1 , przyjmujemy również w przybliżeniu, że I_2 mało się różni od I_1 , wtedy w przybliżeniu:

$$A_1 n = K K' I_1 r_1 \frac{v_1}{v_1 v_2 - 1}$$

A więc odcinek $A_1 n$ wyraża wektor, który trzeba odjąć od wektora wyrażonego odcinkiem $A_1 B$, żeby otrzymać odcinek proporcjonalny do strumienia magnetycznego Φ_w' t. j. do strumienia magnetycznego wirnika z uwzględnieniem spadku napięcia w stojanie.

Wobec tego, strumień magnetyczny Φ_w' będzie proporcjonalny do odcinka:

$$\overline{nB} = \overline{A_1 B} - \overline{A_1 n}$$

Prąd I_2 , który jest proporcjonalny do $A A_1$, jest również proporcjonalny do $A n$, gdyż kąty trójkąta $A_1 A n$ mają wielkości stałe.

Przeto uwzględniając wzór (b) na str. 295 wypada, że n_s jest proporcjonalne do $\frac{A n}{n B}$.

Z podobieństwa zaś trójkątów $A n B$ i $T Q B$ wynika:

$$\frac{A n}{n B} = \frac{Q T}{T B}$$

gdzie $T B$ jest odcinkiem stałym.

Wprowadzając więc stały współczynnik k , możemy napisać:

$$n_s = k \overline{Q T}$$

przeto długość odcinka $Q T$ jest proporcjonalna do poślizgu, który ma silnik w biegu odpowiadającym punktowi A_1 na wykresie.



MP. 546



SKOROWIDZ ALFABETYCZNY.

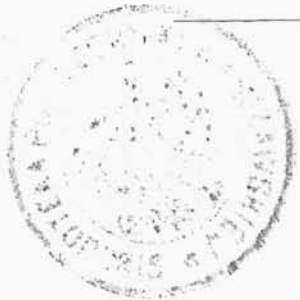
	Str.		Str.
A mperozwoje rozmagnesow.	28	Dwufazowe uzwojenie	83
Asynchroniczne silniki trójf.	179	Dwuwarstwowe uzwojenie prądu zmiennego	81
— jednofazowe	217	Dzielniki napięcia.	65, 66
— prądnice	215	E kwipotencjalne połączenia	21
Autotransformator	121	Elektromotoryczna siła.	1, 3
B ębnowe uzwojenie	9	— prądnic prądu stałego.	8, 21
Bieguny główne	33	— zmiennego	87
— zwrotne	26, 150	— transformatorów	109
— komutacyjne	26, 150	F aliste uzwojenie.	13
Blondela-Heylanda wykres	285	Fazowe lampy	92, 107
Bocznikowa prądnica	39	Fazowy przesuwnik	178, 209
Bocznikowy silnik.	151	G ęstość prądu pod szczotkami	36
Bocznikowo-szeregowa (głównikowa) prądnica	48	Gwiazdowe połączenie	76, 86
Bocznikowo-szeregowy silnik	170, 171	Gwiazda-trójkąt przełącznik	195
C harakterystyka prądu bocznikowej	43	H amowanie silników	168
— szeregowej	48	Heylanda wykres	285
— bocznikowo-szeregowej.	49	I ndukcji prawa.	1, 4
— prądu zmiennego	91	Iskrzenie szczotek.	25
Częstotliwość prądu zmiennego.	80	J ałowy bieg silnika prądu stałego	148
D ławiki tłumiące	107	— stan transformatora	117
Dodawcza prądnica	62, 63		

	Str.
Jarżmo magneśnicy	33
Jednofazowy silnik	216
Jednofazowe uzwojenie . . .	72, 76, 80
Jednomaszynowa przetwor- nica	126
Kaskadowa przetwornica . .	211
Kaskadowe połączenie silni- ków asynchronicznych . .	203
Klatkowe uzwojenie	180
Klatka podwójna	198
Kołowy wykres silników asyn- chronicznych	260
— Blondela-Heylanda . . .	285
Kołysanie się maszyn prądu zmiennego	97
Komutator	31, 35
Komutatorowe silniki	222
— bocznikowe	235
— szeregowo	225
— repulsyjne	230, 234
— trójfazowe szeregowo . .	239
— bocznikowe	249
Kompensacyjne uzwojenia . .	29
Krążkowe zwojnice w trans- formatorze	119
Liczba par biegunów przy prądzie zmiennym	78
— okresów na sekundę . . .	80
— obrotów na minutę prąd- nic prądu zmiennego . . .	78
Magneśnicy budowa	32, 79
Magnetyzm szczątkowy . . .	37, 39
Moment obrotowy silników prądu stałego	145
— zmiennego jednofazowe- go	218
— trójfazowego	186
Moment rozruchowy silników prądu stałego	151, 162

	Str.
Moment rozruchowy silników prądu zmiennego jednofazo- wego	220
— trójfazowego	191
— silników synchron. . . .	173
Moment synchronizujący . .	99
Napięcia prądnic prądu sta- łego	44
— zmiennego	80
— transformatorów	120
Napięcie prostowane w pro- stowniku	143
Odzyskiwanie energii . . .	169
Pętlicowe uzwojenie	9
Pierścieniowe uzwojenie . .	5
Pierścieniowy twornik . . .	5
Podziałka biegunowa	88, 182
Pole wirujące	181
Poślizg	184
Prąd prostowany	142
Prądnica prądu stałego . . .	5
— magnetoelektryczna . . .	36
— obcowzbudna	36
— bocznikowa	39
— szeregowo	47
— bocznikowo-szeregowo . .	48
— Rosenberga	51, 54
— prądu zmiennego z ru- chomym twornikiem . . .	68
— zmiennego z nierucho- mym twornikiem	77
Prostownikowe układy	129
Prostownik mechaniczny . .	132
— chemiczny	133
— katodowy	134
— jarzący	136
— rtęciowy	137
— tlenkowy	143
Przekładnia transformatora .	109

	Str.		Str.
Przetwornica dwumaszynowa	126	Silniki komutat. bocznikowe	235
— jednomaszynowa	126	— repulsyjne	230
— kaskadowa	211	— trójfazowe	239, 249
— częstotliwości	280	Spadek napięcia prądnic	
Reakcja twornika prądnic		prądu stałego	38, 46
prądu stałego	26	— zmiennego	91
— zmiennego	88	— transformatorów	114
— silników prądu stałego	149	Spółczynnik nierównomierno-	
Regulacja napięcia prądnic		ści biegu	98
prądu stałego	43	Sprawność maszyn	251
— zmiennego	92	— prądnic prądu stałego	252
— obrotów silników prądu		— zmiennego	255
stałego:		— silników prądu stałego	255
— bocznikowych	155	— zmiennego	256
— szeregowych	165	— transformatorów	258
— asyn. prądu zmiennego	200	Straty — patrz sprawność	
Repulsyjny silnik	230	Strumienie magn. prądnic	40
Równoległa praca prądnic		— transformatora	111
prądu stałego	58	— silnika asynchroniczne-	
— prądu zmiennego	92, 107	go	186
— transformatorów	122	Synchronizacja prądnic	92
Rozruch silników prądu sta-		Synchroniczne silniki	173
łego	151, 162	Szczelina powietrzna maszyn	
— zmiennego synchronicz-		prądu stałego	43
nych	173	— silników asynchronicz-	
— asynchroniczn. jednofaz.	218	nych	180
— trójfazowych	193	Szczotki	34
Samowzbudzenie	39	Szeregowe połączenie prądnic	64
Samoidukcja cewek zwartych	25	Tłumiące uzwojenie	106
Silniki prądu stałego	145	Transformatory	108
— bocznikowe	151	Trójkątne połączenie	73, 85
— szeregowo	162	Trójfazowy silnik asynchro-	
— bocznikowo-szeregowe	170	niczny	179
— prądu zmiennego syn-		Trójfazowych prądnic połącze-	
chroniczne	173	nie równoległe	107
— asynchroniczne trójfazo-		Trójfazowe uzwojenie	73, 84
we	179	Twornik prądnic prądu sta-	
— jednofazowe	217	łego	29
— komutat. szeregowo	225	Twornik prądnic prądu	
		zmiennego	68, 77

	Str.		Str.
Uzwojenie prądnic prądu sta-		Wzbudzanie obce	36, 78
łego pierścieniowe.	5	— bocznikowe	39
— bębnowe	9	— szeregowo.	47
— pętlicowe	9	— bocznikowo - szeregowo.	49
— faliste	13	— potrójne	50
— prądnic prądu zmien-		Zwarcie transformatora	116
nego	68, 80	Zwrotne bieguny	26, 150
— jednofazowe	68, 80	Zygzakowy układ	124
— dwufazowe	83		
— trójfazowe	73, 76, 84		
— transformatorów	119		
Walcowe cewki transf.	119	Żłobki w tworniku prądnic	
Wyrównawcze połączenia . . .	21	prądu stałego	32
Wyrównawcze przewodniki. 59, 60		— w maszynach prądu	
		zmiennego	179



nr. 546

SPROSTOWANIE.

Str.

36	wiersz	6	od góry	powinno być 5 zamiast 15
132	"	9	" "	opuścić słowo „są”
163	"	15	" dołu	powinno być „To” zamiast „Te”
166	"	6	" góry	" „przełączanie” zamiast „połączenie”
260	"	11	" „	" „ 168 zamiast 167



MP.546