

### ROZDZIAŁ III.

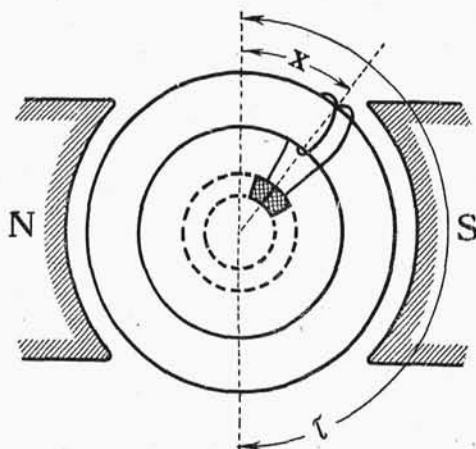
#### PRĄDNICE PRĄDU ZMIENNEGO.

##### 36. Siła elektromotoryczna, powstająca w elemencie uzwojenia tworników prądu stałego.

Gdy rozważymy element uzwojenia twornika prądnicy prądu stałego o uzwojeniu pierścieniowym czy bębnowym, to według praw indukcji siła elektromotoryczna w tym elemencie może być zawsze wyrażona wzorem:

$$E = B l v$$

gdzie  $B$  jest to gęstość linii pola magnetycznego, w którym znajduje

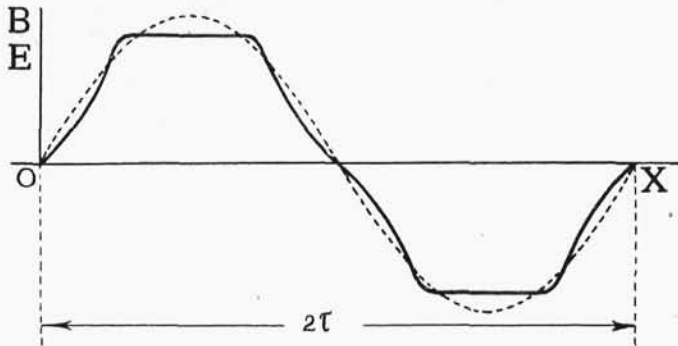


Rys. 89.

się element,  $l$  — długość drutu, przecinającego w ruchu linie magnetyczne,  $v$  — szybkość ruchu drutu względem linii magnetycznych.

Jeżeli będziemy mieli na myśli, np., uzwojenie pierścieniowe, rys. 89, to siła elektromotoryczna cewki między dwoma wycinkami komutatora będzie wyrażona powyższym wzorem.

Obserwując tę siłę elektromotoryczną w różnych położeniach drutu względem biegunów przy obracaniu się twornika, łatwo spostrzeżemy, że będzie ona zmienna, gdyż zmienna jest gęstość linii pola magnetycznego  $B$ , podczas gdy  $v$  i  $l$  są czynnikami stałymi.



Rys. 90.

Zmienność gęstości linii pola jest wyrażona przez wykres na rys. 90; tak samo zmieniać się będzie siła elektromotoryczna. Dla dalszych rozważań przyjmiemy, że rozkład linii pola magnetycznego jest ściśle sinusoidalny, wtedy i zmienność siły elektromotorycznej w zależności od odległości  $x$  będzie sinusoidalna.

Jeżeli tak zwaną podziałkę biegunową, czyli odległość pomiędzy środkami sąsiednich biegunów wzdłuż obwodu twornika, oznaczymy przez  $\tau$ , to zależność  $B$  od  $x$  i  $E$  od  $x$  można będzie wyrazić wzorami:

$$B_x = B_m \sin \frac{\pi}{\tau} x$$

$$E_x = E_m \sin \frac{\pi}{\tau} x$$

$B_m$  i  $E_m$  są to wartości maksymalne w środku pod biegunem  $N$  czy  $S$ .

Jeżeli teraz rozważymy zmienność siły elektromotorycznej w elemencie uzwojenia w zależności od czasu, to we wzorze

$$E = B l v$$

wielkość  $B$  będzie funkcją czasu, a więc i  $E$  będzie taką samą funkcją czasu, gdyż  $l$  i  $v$  nie ulegają zmianie wraz z czasem, t. j. są stałe.

Według naszych upraszczających założeń:

$$B_t = B_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$B_t$  — jest to gęstość linii, wywołująca w chwili  $t$  siłę elektromotoryczną  $E_t$ , a  $B_m$  — gęstość linii, wznecająca maksymalną siłę elektromotoryczną, gdy cewka znajduje się w środku pod biegunem.

Podstawiając wzór na  $B_t$  we wzór na siłę elektromotoryczną:

$$E = B l v$$

otrzymamy po przekształceniu:

$$E_t = E_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

Okres zmienności siły elektromotorycznej równa się tu czasowi jednego obrotu twornika:

$$T = \frac{60}{n}$$

gdzie  $n$  — liczba obrotów twornika na minutę. Częstotliwość zmienności siły elektromotorycznej będzie:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{n}{60}$$

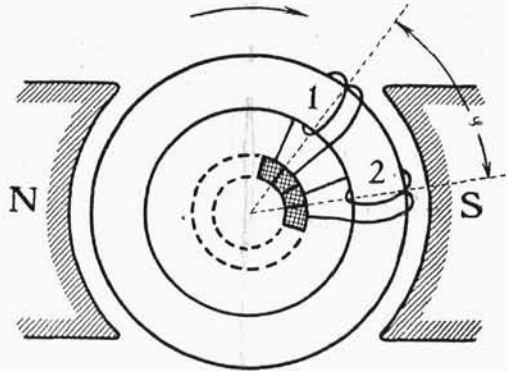
### 37. Siły elektromotoryczne w dwu elementach uzwojenia.

Rozważając dwa elementy uzwojenia, rys. 91, spostrzeżemy łatwo, że, w zależności od położenia względem biegunów magnetycznych, siły elektromotoryczne w tych elementach zmieniać się będą jednakowo:

$$E_{1x} = E_{1m} \sin \frac{\pi}{\tau} x$$

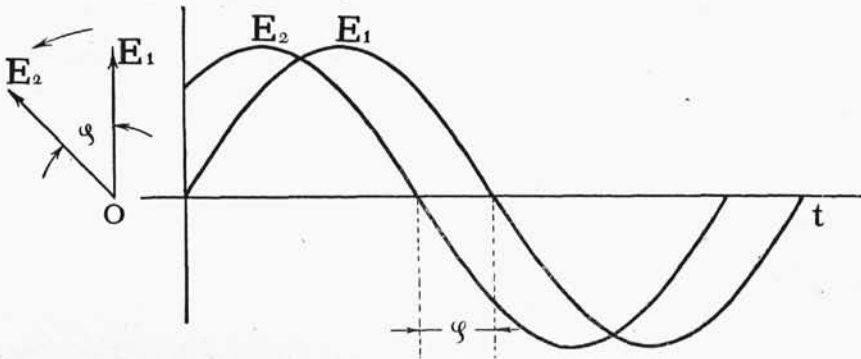
$$E_{2x} = E_{2m} \sin \frac{\pi}{\tau} x$$

Ale względem czasu rzecz przedstawiać się będzie inaczej, gdyż na odległości  $X$  od początku współrzędnych te cewki znajdują



Rys. 91.

się nie jednocześnie, a więc nie jednocześnie siły elektromotoryczne będą miały tę samą wartość; pomiędzy nimi będzie różnica faz tak, jak pokazane na rys. 92.



Rys. 92.

Jeżeli twornik obraca się w kierunku wskazówek zegarka, to siła elektromotoryczna w cewce II-ej wyprzedza w fazie siłę elektromotoryczną cewki I-ej. Wielkość różnicy faz zależy od kąta  $\varphi$  pomiędzy promieniami, przeprowadzonymi ze środka twornika do środka cewek

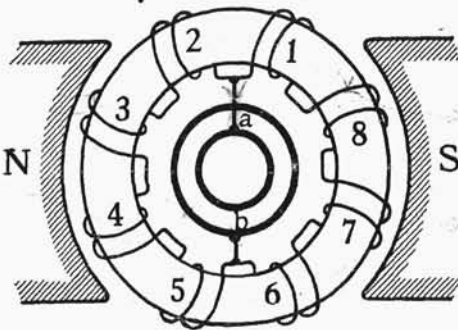
W zależności od czasu siły elektromotoryczne dadzą się wyrazić wzorami w sposób następujący:

$$E_1 = E_{1m} \sin \frac{2\pi}{T} t$$

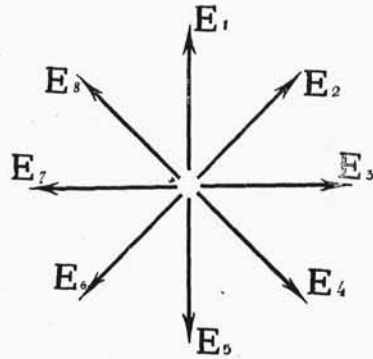
$$E_2 = E_{2m} \sin \left( \frac{2\pi}{T} t + \varphi \right)$$

### 38. Napięcie pomiędzy dwoma przeciwległymi punktami uzwojenia dwubiegowego.

Dla określenia siły elektromotorycznej, otrzymywanej od całego uzwojenia, miarodajnej dla napięcia na dwóch jego punktach, rozważymy całe uzwojenie, składające się, np., z ośmiu zwojnic, rozłożonych równomiernie po obwodzie, rys. 93.

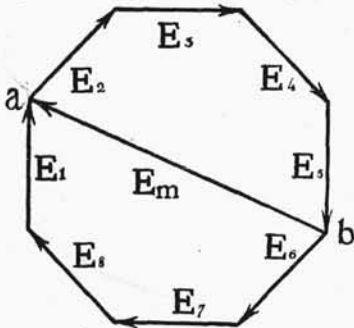


Rys. 93.



Rys. 94.

Zmienne siły elektromotoryczne, działające w tych zwojnicach, można będzie wyrazić wektorami, rys. 94, układającymi się w gwiazdę. Suma sił elektromotorycznych, wziętych wokół uzwojenia, jest zero, gdyż suma geometryczna powyższych wektorów równa się zeru, rys. 95 — wielobok zamyka się.



Rys. 95.

Dla napięcia pomiędzy pierścieniami *a* i *b*, rys. 93, połączonymi z punktami przeciwległymi uzwojenia, miarodajną jest suma sił elektromotorycznych połowy uzwojenia.

Sumę tę wyraża wektor  $E_m$ ; jest to jednocześnie wartość stałej siły elektromotorycznej, miarodajnej dla napięcia pomiędzy szczotkami na komutatorze, który można byłoby przyłączyć do tego uzwojenia.

Skuteczna wartość siły elektromotorycznej zmiennej, wywołującej napięcie na pierścieniach, będzie  $\sqrt{2}$  razy mniejszą, a więc:

$$E_{ab} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{E_{st}}{\sqrt{2}} = 0,707 E_{st}$$

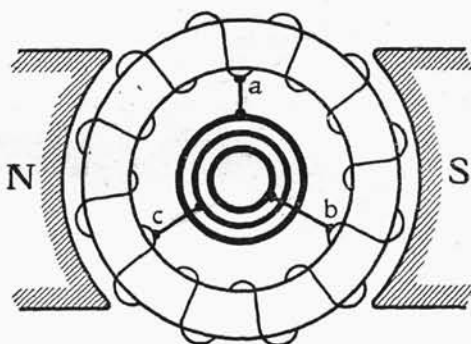
Gdy więc mamy prądnicę prądu stałego na 100 woltów, to dodając pierścienie, odpowiednio połączone z uzwojeniem twornika, będziemy mogli czerpać z nich prąd zmienny (jednofazowy) o napięciu skutecznym 70,7 wolta.

### 39. Napięcie prądu trójfazowego, otrzymanego z zamkniętego uzwojenia dwubiegunowego.

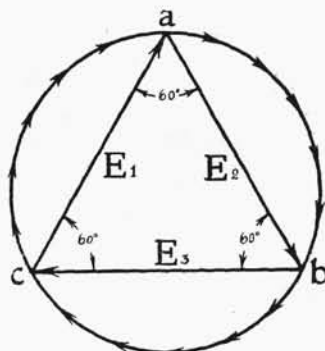
Na wale twornika umieszczamy trzy pierścienie i łączymy je z trzema punktami uzwojenia, rys. 96.

Napięcia  $V_{ab}$ ,  $V_{bc}$  i  $V_{ca}$  będą tu równe co do wielkości, różne zaś co do fazy.

Z rys. 97, na którym wskazane jest dodawanie odpowiednich



Rys. 96.



Rys. 97.

sił elektromotorycznych, widzimy, że różnica faz pomiędzy  $E_1$ ,  $E_2$  i  $E_3$  wynosi  $120^\circ$ , czyli третią część okresu.

Uwzględniając, że siła elektromotoryczna maksymalna trzeciej części uzwojenia wyraża się bokiem trójkąta równobocznego, wpisanego w koło, otaczające wielobok sił elektromotorycznych, rys. 97, otrzymamy dla wartości skutecznej siły elektromotorycznej tejże trzeciej części uzwojenia wzór:

$$E_{trój} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\sqrt{3}}{2} E_{st} = 0,612 E_{st}$$

Od trzech szczotek, ślizgających się po tych pierścieniach, odprowadzamy zapomocą trzech przewodów prąd, tak zwany trójfazowy. Pomiedzy każdymi dwoma z tych trzech przewodów mamy napięcie co do wielkości to samo, ale co do fazy różne; napięcia

te są względem siebie przesunięte w fazie o третią część okresu, tak że mogą być one wyrażone trzema wektorami, poprowadzonymi pod kątem  $120^{\circ}$ .

#### 40. Napięcie prądu sześciofazowego, otrzymywanego z zamkniętego uzwojenia dwubiegunowego.

Gdy umieścimy na wale twornika 6 pierścieni, połączonych z symetrycznie rozłożonymi sześciu punktami uzwojenia, to siły elektromotoryczne wypadkowe, wytwarzające napięcie pomiędzy sąsiednimi punktami, będą miały wartość, obliczoną ze wzoru:

$$E_{sześć} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{E_{st}}{2} = 0,35 E_{st}$$

Wzór ten został wyprowadzony na mocy tego, że bok sześciokąta równa się promieniowi koła opisanego.

Odprowadzając od szczotek, ślizgających się na tych sześciu pierścieniach, sześć przewodów, otrzymamy prąd sześciofazowy.

Napięcia pomiędzy poszczególnymi przewodami będą równe co do wielkości, ale pomiędzy nimi będzie istniała różnica faz, wynosząca  $\frac{1}{6}$  część okresu, t. j.  $60^{\circ}$ .

#### 41. Liczby z praktyki, wyrażające stosunki skutecznej wartości napięcia zmiennego do napięcia stałego.

Podane powyżej zależności pomiędzy napięciem prądu zmiennego, odprowadzonego od pierścieni, a napięciem prądu stałego, odprowadzonego od komutatora, nie dają się otrzymać ściśle w praktyce, głównie ze względu na niesinusoidalny rozkład pola magnetycznego. W praktyce współczynniki te znajdują się w następujących granicach<sup>1)</sup>:

Dla prądu jednofazowego:

$$V_{jed} = \text{od } 0,75 \text{ do } 0,69 V_{st}$$

Dla prądu trójfazowego:

$$V_{trój} = \text{od } 0,66 \text{ do } 0,60 V_{st}$$

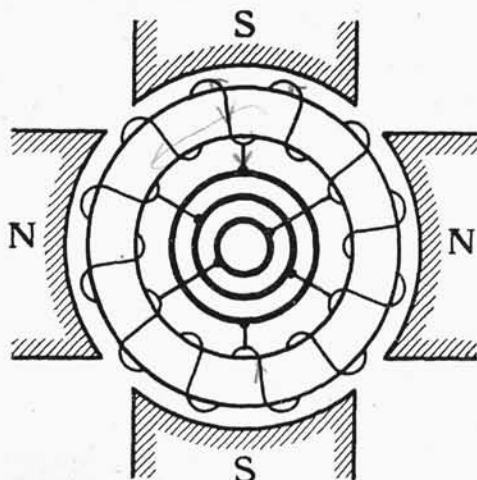
Dla prądu sześciofazowego:

$$V_{sześć} = \text{od } 0,377 \text{ do } 0,347 V_{st}$$

<sup>1)</sup> Według E. v. Rziha u. J. Seidener 1930 r.

#### 42. Odgałęzienia w uzwojeniach wielobiegunowych.

Aby otrzymać prądy wielofazowe z tworników maszyn wielobiegunowych, wypada wykonać tyle razy więcej połączeń, niż w dwubiegunowych, ile mamy par biegunów.



Rys. 98.

W uzwojeniach wielobiegunowych są na obwodzie punkty ekwipotencjalne, które przyłączamy do pierścieni ślizgowych w taki sposób, aby otrzymać pożądaną różnicę faz dla napięć pomiędzy temi pierścieniami. Np., dla odprowadzenia prądu trójfazowego od uzwojenia czterobiegunowego, rys. 98, wypadnie połączyć każdy pierścień z dwoma punktami uzwojenia, leżącymi naprzeciw siebie, gdyż w uzwojeniu czterobiegunowym te punkty są ekwipotencjalne.

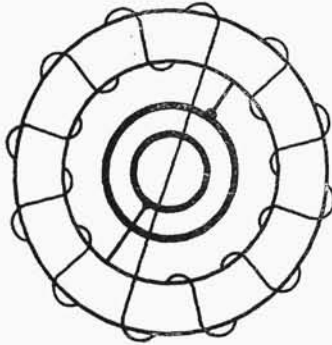
Każda para punktów jest przesunięta na obwodzie względem poprzedniej o  $60^\circ$ .

Podobne połączenia wykonujemy w uzwojeniach wielobiegunowych bębnowych.

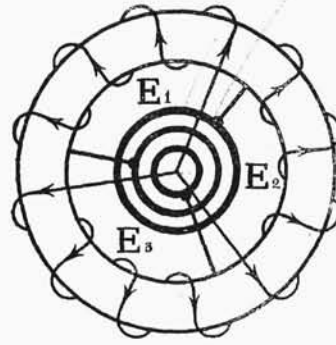
#### 43. Uzwojenia rozcięte.

Gdy uzwojenie twornika, wykonane według zasad, podanych dla uzwojeń prądu stałego, ma być przeznaczone tylko dla wytwarzania prądu zmiennego, a więc na wale będą tylko pierścienie, komutatora zaś nie będzie, to nieraz bywa dogodniej uzwojenie rozciąć, aby otrzymać napięcie wyższe.

Jako przykłady uzwojeń rozciętych podajemy rozcięte uzwojenie dwubiegunowe jednofazowe, rys. 99, i rozcięte uzwojenie dwubiegunowe trójfazowe, rys. 100.



Rys. 99.

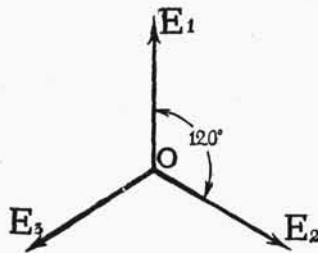


Rys. 100.

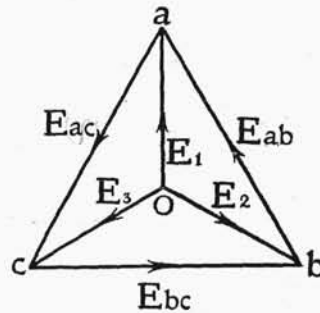
W uzwojeniu jednofazowym otrzymamy między pierścieniami napięcie podwójne w porównaniu do napięcia między pierścieniami, przyłączonymi do uzwojenia nierozciętego.

W uzwojeniu trójfazowym napięcie między pierścieniami, przyłączonymi do uzwojenia, rozciętego i połączonego w gwiazdę, jak na rys. 100, będzie  $\sqrt{3}$  razy większe od napięcia między takimi samymi pierścieniami, przyłączonymi do uzwojenia zamkniętego (połączenie w trójkąt).

Powyższa zależność wynika z rozumowania następującego. Na rys. 100, widzimy, że w uzwojeniach poszczególnych faz czynne są równe siły elektromotoryczne, których dodatnie kierunki zwrócone są od punktu wspólnego. Wobec różnicy faz, wynoszącej



Rys. 101.



Rys. 102.

$120^\circ$  pomiędzy temi siłami elektromotorycznymi, wektory ich utworzą gwiazdę, przedstawioną na rys. 101. Siły elektromotoryczne wypadkowe, działające pomiędzy końcami uzwojenia, będą oczywiście

równe różnicy geometrycznej odpowiednich sił elektromotorycznych fazowych, a więc:

$$\dot{E}_{ab} = \dot{E}_1 - \dot{E}_2 \quad \dot{E}_{bc} = \dot{E}_2 - \dot{E}_3 \quad \dot{E}_{ca} = \dot{E}_3 - \dot{E}_1$$

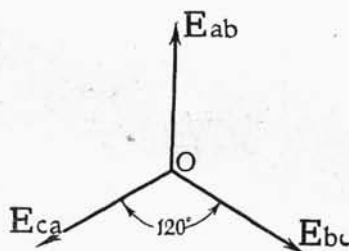
Z rys. 102 widzimy, że te różnice geometryczne wyrażają się bokami trójkąt równobocznego, powstającego przy połączeniu końców wektorów  $E_1$ ,  $E_2$  i  $E_3$ .

Z dowolnego trójkąta wewnętrznego, np.,  $aob$  wynika, że :

$$E_{ab} = \sqrt{3} E_1$$

gdyż  $\angle aob = 120^\circ$ , a trójkąt  $aob$  jest równoramienny.

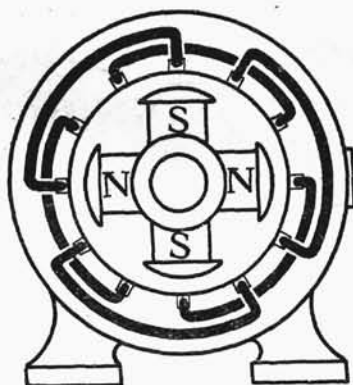
Rysując wektory trzech wypadkowych sił elektromotorycznych, wychodzące z jednego punktu, otrzymamy wykres rys. 103.



Rys. 103.

#### 44. Prądnicą prądu zmiennego z nieruchomym twornikiem i wirującą magneśnicą.

W praktyce współczesnej zwykle są w użyciu prądnice prądu zmiennego z twornikiem nieruchomym, rys. 104, wewnątrz którego wiruje magneśnica. Liczba biegunów magneśnicy zależy od ilości



Rys. 104.

obrotów na minutę i wymaganej częstotliwości prądu. Ponieważ przy przejściu pod drutem twornika jednej pary biegunów ma-

gnień mamy jeden okres zmienności siły elektromotorycznej, więc częstotliwość prądu, powstającego w tworniku, będzie:

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

$p$  — liczba par biegunów,

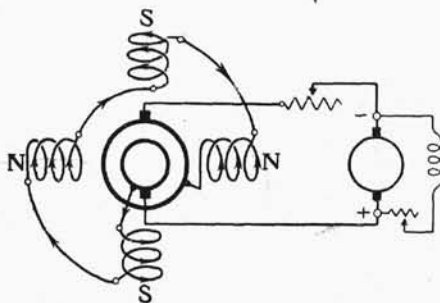
$n$  — liczba obrotów magnesu na minutę.

W Europie  $f$  najczęściej równa się 50 okresom na sekundę, więc liczby par biegunów i liczby obrotów magnesu na minutę muszą odpowiadać następującej tabelce:

$p$	$n$
1	3000
2	1500
3	1000
4	750
5	600
6	500
8	375
10	300
i t. d.	

Prądnice, napędzane turbinami parowymi, zwykle wirują z szybkością 3000 lub 1500 obrotów na minutę i odpowiednio do tego mają dwu — lub czterobiegunowe magnesy.

Prądnice, obracane przez duże silniki tłokowe lub turbiny wodne, obracają się z szybkością kilkudziesięciu, najwyżej kilkuset obrotów na minutę i odpowiednio do tego mają znaczną liczbę biegunów.



Rys. 105.

Magnesnica prądnicy prądu zmiennego magnesuje się prądem stałym, czerpanym z osobnej prądnicy, zwanej wzbudnicą. Układ

połączeń wzbudnicy z uzwojeniem czterobiegunowej magneśnicy jest pokazany na rys. 105. Wzbudnica jest bocznikowa z dwoma opornikami regulacyjnymi, jednym w obwodzie elektromagnesów wzbudnicy, a drugim w obwodzie elektromagnesów prądnicy prądu zmiennego. Obecnie często stosuje się tylko jeden opornik w boczniku wzbudnicy.

Magneśnica prądnicy bywa wyrabiana zwykle ze stali lanej, rzadziej z żeliwa, a pieńki z nasadami biegunowymi przeważnie z blach żelaznych.

Magneśnice prądnic szybkobieżnych, napędzanych przez turbiny parowe, nie mają pieńków wystających. Tu magneśnica stanowi pełny walec stalowy żłobkowany. W żłobkach ułożone jest uzwojenie w ten sposób, aby na walcu powstały dwa albo cztery bieguny.

Nieruchomy twornik prądnicy, czyli tak zwany stojan, składa się zwykle z żeliwnego kadłuba, wewnątrz którego umocowany jest pierścień utworzony z cienkich blach żelaznych, żłobkowany na wewnętrznej powierzchni. W tych żłobkach umieszczone jest odpowiednio izolowane uzwojenie. W wielkich prądnicach szybkobieżnych, głównie obecnie stosowanych, ważną rolę odgrywa sprawa odprowadzenia ciepła, wywiązującego się w miedzi i w żelazie tych prądnic. W tym celu zawsze stosuje się przewietrzanie sztuczne powietrzem, wprawianem w ruch wentylatorami. Teraz zwykle urządza się obieg kołowy powietrza, które ochładza się zapomocą wody.

#### 45. Moc, napięcie i liczba obrotów na minutę oraz częstotliwość prądu prądnic prądu zmiennego.

Prądnice małe do napędu zapomocą przekładni, przy mocy od 1 do 500 kVA (kilowoltamperów) obracane bywają z szybkością od 1500 do 750 obrotów na minutę. Większe prądnice, bezpośrednio sprzężone z silnikami napędowymi, za wyjątkiem turbin parowych, mają zwykle moc w granicach od 50 do 5000 kVA i obracane są z szybkością 500 do 75 obrotów na minutę. Wielkie prądnice do bezpośredniego sprzężenia z turbinami parowymi mają moc najczęściej kilka, kilkadziesiąt, a nawet sto i więcej tysięcy kilowoltamperów przy szybkości wirowania od 3000 do 1000 obrotów na minutę.

Wielkie prądnice do bezpośredniego sprzężenia z turbinami wodnymi obracają się znacznie wolniej. Np., prądnice wodospadu Niagary mają moc po 65000 kVA i obracają się z szybkością 107 obrotów na minutę.



Napięcia prądnic wynoszą najczęściej około 6000 woltów, rzadziej 12000, wyjątkowo 20000 woltów i więcej. W Niemczech ustalono następujący szereg napięć normalnych dla prądnic prądu zmiennego: 130 — 230 — 400 — 525 — 1050 — 3150 — (5250) — 6300 — 10500 i 15750 woltów.

Częstotliwość prądu stosowana w Europie wynosi 50 okresów na sekundę, za wyjątkiem kolei, które stosują prąd zmienny o częstotliwości  $16\frac{2}{3} = \frac{50}{3}$  okresów na sekundę<sup>1)</sup>. W Ameryce najczęściej są stosowane częstotliwości 60 i 25 okresów na sekundę.

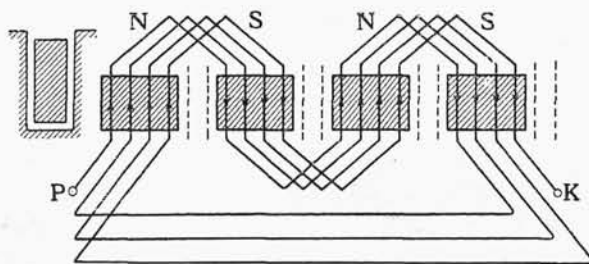
#### 46. Jednofazowe uzwojenie nieruchomego twornika prądnic prądu zmiennego.

Przy uzwojeniu jednofazowym nie wyzyskujemy wszystkich żłobków twornika, zazwyczaj wyciętych w tej samej ilości, co dla dalej rozważanego uzwojenia trójfazowego.

Jako przykłady uzwojeń jednofazowych, weźmiemy uzwojenia, wykonane dla prądnicy czterobiegunowej z 24 żłobkami na tworniku, z których tylko  $\frac{2}{3}$ , t. j. 16 żłobków zapełnimy drutami.

Gdy prąd jest znaczny, a napięcie nie wysokie, to uzwojenie wykonywamy z grubych prętów miedzianych, ułożonych w żłobkach jedną lub dwiema warstwami. Takie uzwojenie nazywamy prętowem.

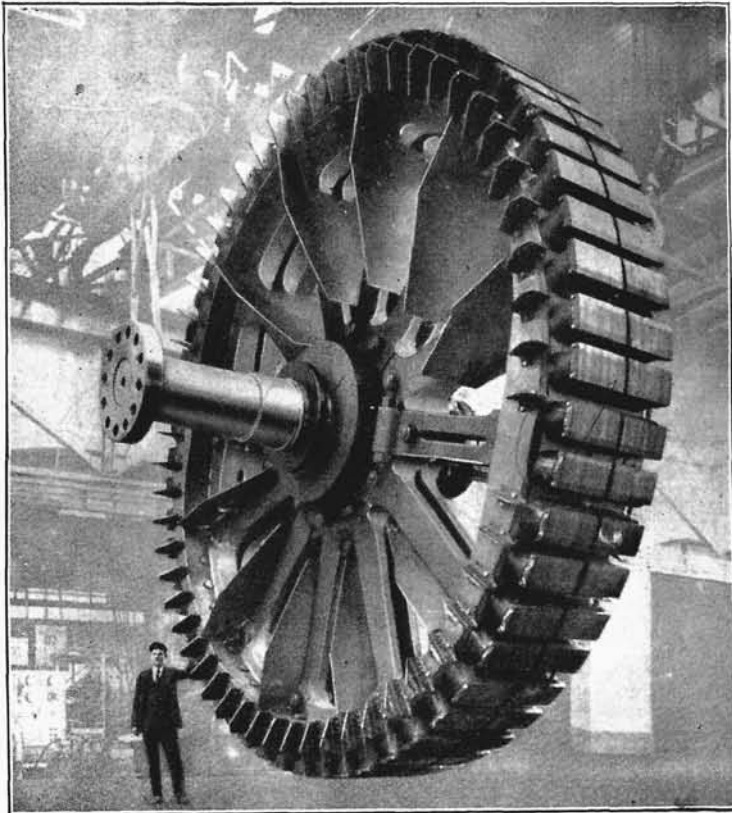
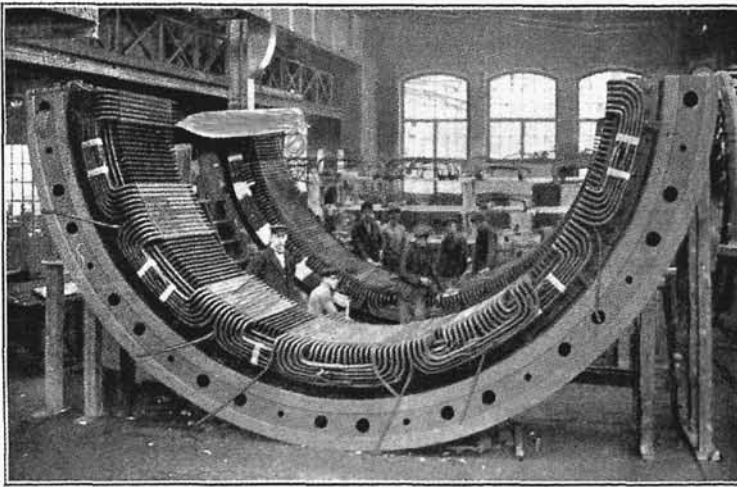
Wszystkie pręty łączą się tu w taki sposób, aby siły elektromotoryczne dodawały się, gdy wartość ich jest w pobliżu największości. Na rys. 106 przedstawiony jest bardzo prosty układ pręto-



Rys. 106.

wego uzwojenia jednowarstwowego, w którym mamy po jednym pręcie w żłobku. Poskok tu nie jest wszędzie równomierny: po wykonaniu trzech poskoków, każdy przez 6 żłobków, robimy

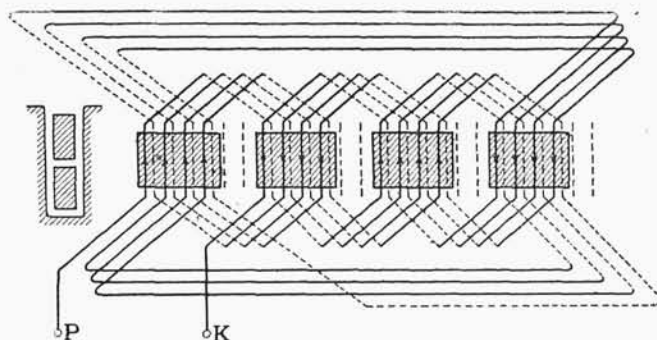
<sup>1)</sup> Wyjątkowo, w starych urządzeniach, głównie w Italji można spotkać jeszcze inne częstotliwości.



1. Połowa twornika (stojana) prądnicy prądu trójfazowego na 10000 kVA przy 11000 woltów i 25 okr. na sek. Uzwojenie niedokończone.
  2. Magnesia prądnicy prądu trójfazowego na 12000 kVA, 50 okr. na sek., 107 obr. na min., 28 par biegunów.
- Maszyny szwedzkiej firmy A S E A.

czwarty poskok przez 7 żłobków, potem znowu trzy razy przez sześć i t. d., aż przejdziemy wszystkie pręty.

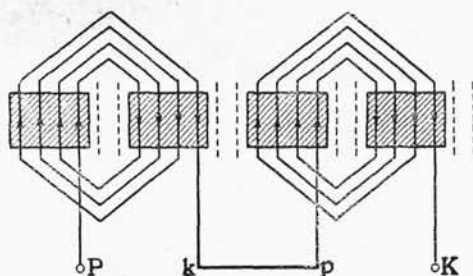
Na rys. 107 mamy dla tej samej liczby żłobków przykład uzwojenia dwuwarstwowego. Tu pręt górny 1-go żłobka łączymy z prętem dolnym 7-go żłobka, idąc poskokiem sześćżłobkowym. Po trzech poskokach przez 6 żłobków robimy poskok przez 7 żłob-



Rys. 107.

ków i dalej znowu trzy razy po 6, aż przejdziemy połowę uzwojenia, która kończy się na dolnym pręcie 22-go żłobka. Teraz łączymy pręt dolny 22-go żłobka z dolnym prętem żłobka czwartego i następnie, licząc wstecz (w lewo), wykonywamy drugą połowę uzwojenia takimi samymi poskokami, jak poprzednio, aż skończymy na górnym pręcie 7-go żłobka.

Przy napięciach większych, gdy trzeba wykonać uzwojenie z bardzo wielu drutów niezbyt grubych, sporządzamy z tych drutów zwojnice, które układamy w żłobki, biorąc po jednym żłobku lub też po kilka żłobków na jeden bok zwojnicy.

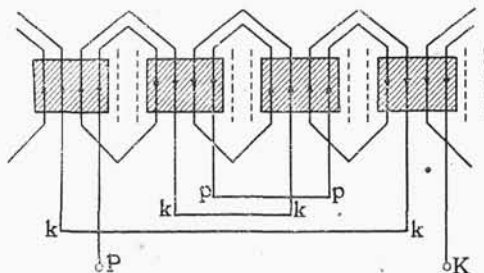


Rys. 108.

Gdy średnią rozpiętość poszczególnych części zwojnicy zrobimy dokładnie równą podziałce biegunowej (odległość pomiędzy środkami sąsiednich biegunów), układając je tak, jak wskazano na

rys. 108, to łączymy je w szereg, lutując koniec pierwszej zwojnicy z początkiem drugiej, lub też równolegle, lutując początki i końce osobno.

Możemy jednak wziąć zwojnice węższe, zato w większej liczbie, umieszczając jeden bok zwojnicy w dwóch żłobkach; wtedy



Rys. 109.

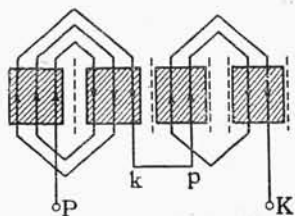
ułożymy je tak, jak wskazano na rys. 109, i dla uzgodnienia kierunków sił elektromotorycznych łączymy koniec pierwszej zwojnicy z końcem drugiej, następnie początek drugiej z początkiem trzeciej i t. d.

Na poprzednich schematach pokazane są układy zwojnic na tworniku czterobiegunowym z 24-ma żłobkami, z których 8 pozostało pustych.

Zwojnice na rysunku pokazano z jednym drutem w żłobku, w rzeczywistości przeważnie bywa w jednym żłobku dużo drutów, tak że zwojnica jest wielozwojowa, wielokrotna.

Przeważnie uzwojenia są wykonywane tak, jak powyższe, z jednakowymi zwojnicami. Bywa jednak nieraz taka liczba żłobków, iż trzeba wziąć część zwojnic większych, a część mniejszych.

Tak, np., gdy w tworniku prądnicy 16 — biegunowej będziemy mieli 60 żłobków, z których 40 zechcemy wypełnić drutami jedno-



Rys. 110.

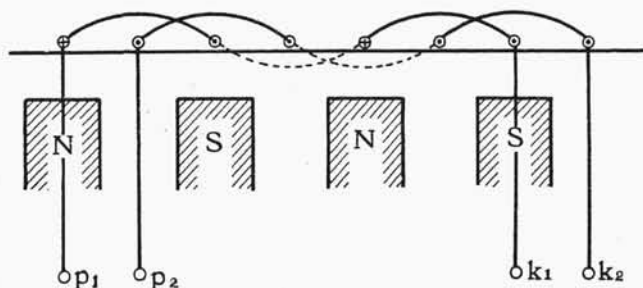
fazowego uzwojenia ośmiozwojnicowego, to, dzieląc 40 przez 16, otrzymamy 2,5 żłobka na biegun. Jednakowe zwojnice są zatem nie wykonalne, ale możemy zrobić z ośmiu połowę zwojnic trójżłobkowych, na co potrzebne są  $6 \times 4 = 24$  żłobki, i połowę dwużłobkowych w 16 żłobkach. Wtedy wykonywamy zwojnice najczęściej naprzemian, jako trójżłob-

kowe i dwużłobkowe, rys. 110. We wszystkich podanych wyżej

uzwojeniach jednofazowych druty na tworniku są połączone szeregowo w jeden obwód, którego końce są doprowadzone do zacisków prądnicy.

## 47. Uzwojenie dwufazowe.

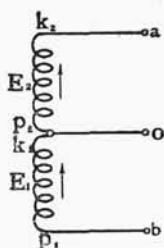
Jeżeli na tworniku umieścimy obok siebie dwa jednakowe, niezależne uzwojenia jednofazowe, przesunięte względem siebie o połowę podziałki biegunowej rys. 111<sup>1)</sup>, to w tych uzwojeniach



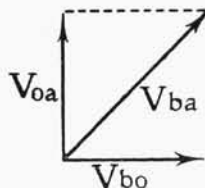
Rys. 111.

powstaną dwie siły elektromotoryczne różniące się w fazie o ćwierć okresu.

Z takich uzwojeń będziemy mogli czerpać prąd dwufazowy zapomocą czterech przewodów, lub też, po skojarzeniu tych uzwojeń między sobą według schematu, podanego na rys. 112, odprowadzimy prąd trzema przewodami.



Rys. 112.



Rys. 113.

Wtedy pomiędzy skrajnymi przewodami otrzymamy napięcie  $\sqrt{2}$  razy większe od napięcia pomiędzy przewodem skrajnym, a przewodem środkowym.

<sup>1)</sup> Na tym rysunku widzimy rozwinięty rzut uzwojenia prostopadły do osi magnetycznej.

Wypada to z geometrycznego dodawania napięć, przeprowadzonego na rys. 113.

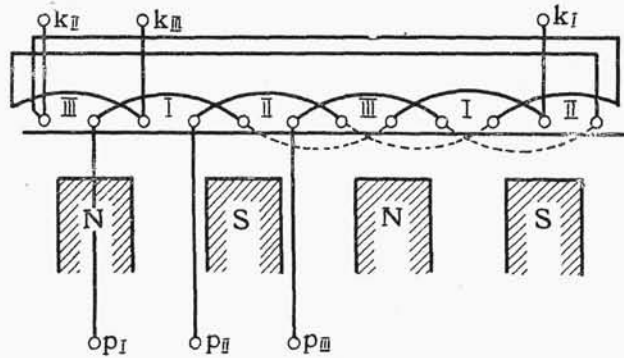
Przy takim skojarzeniu mamy sposobność czerpania prądu o dwóch różnych napięciach.

#### 48. Uzwojenie trójfazowe.

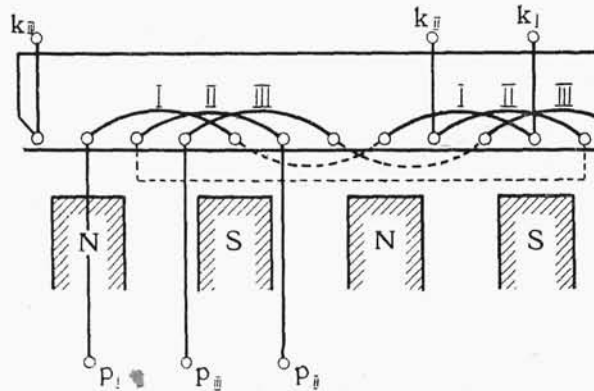
Aby otrzymać uzwojenie trójfazowe umieszczamy na tym samym tworniku trzy jednakowe uzwojenia, z których pobieramy trzy prądy.

Dla osiągnięcia odpowiedniej różnicy faz pomiędzy siłami elektromotorycznymi w tych uzwojeniach, wynoszącej trzecią część okresu, mamy dwa sposoby umieszczania zwojnic.

Jeżeli uzwojenie drugiej fazy względem uzwojenia pierwszej fazy i uzwojenie trzeciej fazy względem uzwojenia drugiej fazy przesuniemy po obwodzie twornika o trzecią część podwójnej podziałki biegunowej, rys. 114, to oczywiście od razu otrzymamy pożądaną różnicę faz napięć.



Rys. 114.



Rys. 115.