To co było wyżej powiedziane o uzwojeniach pierścieniowych dotyczy uzwojeń tworników bębnowych.

Dla uzwojeń pętlicowych wielokrotnych mamy następujące wzory:

$$y_1 = \frac{S \pm b}{2p} \qquad y_2 = \frac{S \pm b}{2p} \pm 2m \qquad y = y_1 - y_2 = \pm 2m$$

$$K = \frac{S}{2} \qquad y_K = \frac{y_1 - y_2}{2} = \pm m \qquad a = mp$$

Podstawiając w te wzory m 1 otrzymamy zależności charakteryzujące zwykłe uzwojenie równoległe, w którem $a = p$. Przy liczbie m całkowitej i większej od jedności otrzymamy uzwojenie wielokrotne z liczbą równoległych gałęzi $2a = m \cdot 2p$.

Jeżeli K i $y_k = m$ nie mają wspólnego dzielnika, otrzymamy uzwojenie równoległe z m - krotnem wejściem powrotnem; jeżeli K i y_k mają wspólny dzielnik np. n, otrzymujemy uzwojenie n - krotnie zamknięte.

Uzwojenia wielokrotne stosuje się przy bardzo dużych prądach w tworniku.

5. Uzwojenie faliste.

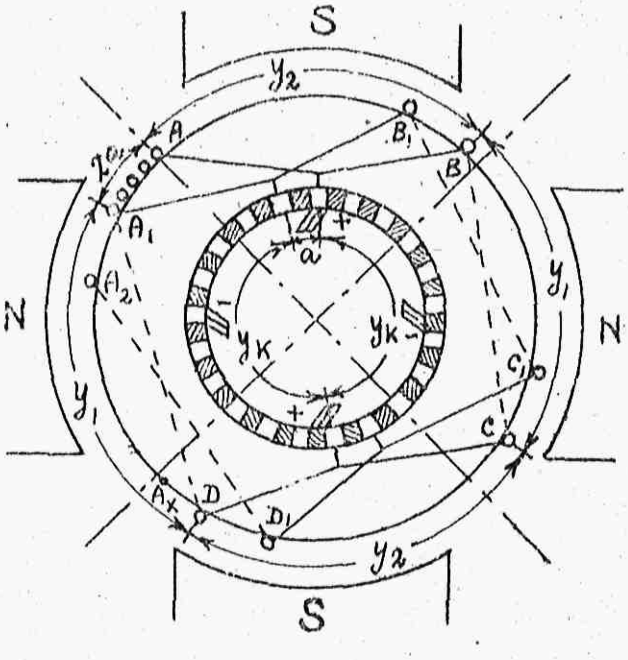
W uzwojeniu falistem liczba równoległych gałęzi może być albo mniejsza, albo większa od liczby biegunów, w zależności od poskoku całkowitego, który dla uzwojenia falistego wynosi:

$$y = y_1 + y_2 \qquad /23/$$

Z pośród uzwojeń falistych rozróżniamy uzwojenia: szeregowe /a = 1/, szeregowo-równoległe albo Arnolda /1 < a < p/, równoległe/a = p/ i równol.wielokrotne/a = mp/.

Powyższe określenie daje możność wyznaczyć liczbę równoległych gałęzi uzwojenia falistego: jeżeli wyjdziemy z jakiegokolwiek przewodnika np. A i po obejściu jeden raz całego obwodu twornika dojdziemy do przewodnika A_1, odległego od A o 2a przewodników, to liczba równoległych gałęzi tego uzwojenia będzie "2a", rys.44.

Tę ostatnią regułę można wyrazić jeszcze inaczej: liczba działek komutatora, o którą nastąpi przesunięcie po obwodzie komutatora po jego jednorazowem obejściu, równa jest połowie liczby równoległych gałęzi i wynosi "a", rys.44.



Rys. 44.

Dla wyjaśnienia powyższego rozpatrzmy rys.44, na którym schematycznie przedstawione jest uzwojenie faliste czterobiegunowe.

Wiemy już, że uzwojenie faliste charakteryzuje się tem, że poskok całkowity równa się sumie poskoków częściowych, dzięki czemu przy obchodzeniu uzwojenia ciągle posuwamy się naprzód, robiąc poskoki y_1 i y_2.

Uzwojenie, przedstawione na rys.44, składa się z całego szeregu połączonych szeregowo wielokątów otwartych $A\,B\,C\,D\text{-}A_1$, $A_1B_1C_1D_1A_2$ i t.d., z przerwami $A\,A_1$, A_1A_2 i t.d. równemi 2a. Robiąc poskoki y_1 i y_2, po każdem obejściu obwodu twornika coraz więcej oddalamy się od punktu wyjścia A.

Gdy początkowy punkt A dowolnego wielokąta przejdzie z obrębu jednej podziałki biegunowej w drugą, przekonamy się, że w tym wielokącie kierunek indukowanych sił elektromotorycznych zmienia się na odwrotny, wynika stąd że w punkcie A_x zaczyna się nowa gałąź uzwojenia.

Wobec tego jasnem jest, że każda równoległa gałąź uzwojenia falistego składa się z

$$\frac{S/_{2p}}{2a}$$

wielokątów. Ponieważ w każdym wielokącie mieści się 2p przewodników, to liczba przewodników w każdej gałęzi będzie równa

$$\frac{S/_{2p}}{2a}\cdot 2p = \frac{S}{2a}$$

Wynika stąd, że ogólna liczba gałęzi równoległych uzwojenia falistego powinna być równa 2a.

Zagadnienie o liczbie gałęzi równoległych przy uzwojeniu falistem można rozpatrywać jeszcze z innego punktu widzenia.

Wyobraźmy sobie całe uzwojenie faliste /przy a >1/ składające się z szeregu "składowych" uzwojeń szeregowych połączonych równolegle.

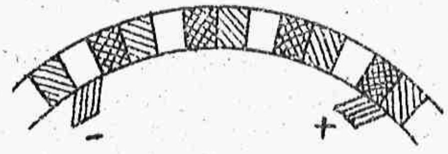
Wychodząc z jakiejkolwiek działki komutatora np. Nr.1 /rys.44/ i dokonawszy raz jeden obejścia całego obwodu komutatora w kierunku dowolnym przyjdziemy do działki odległej od Nr.1 o tyle działek komutatora /a/, ile "składowych" uzwojeń szeregowych chcemy otrzymać. Wycinki komutatora /zakreskowane na rysunku/, które pozostały wolne przy obchodzeniu uzwojenia, będą przeznaczone dla innych "składowych" uzwojeń.

Ponieważ każde uzwojenie "składowe" szeregowe ma dwie gałęzie równoległe, więc ogólna liczba par gałęzi równoległych w tym wypadku będzie równa a.

Uzwojenie, przedstawione na rys.44 składa się z $a = 2$ "składowych" szeregowych uzwojeń /wycinki komutatora jednego z tych "składowych" uzwojeń są zakreskowane/.

Jeżeli, przy obchodzeniu całego obwodu twornika, przesunięcie po komutatorze będzie $a = 3$, otrzymamy

6 równoległych gałęzi , albo 3 uzwojenia "składowe" połączone ze sobą równolegle. Na rys.45 pokazana jest część komutatora między szczotkami dodatnią i ujemną dla tego rodzaju uzwojenia, przyczem dla lepszego zobrazowania, działki komutatora, odpowiadające różnym uzwojeniom "składowym" są różnie zakreskowane.



Rys. 45.

We wszystkich naszych dotychczasowych rozważaniach zakładaliśmy, że K i y_k nie mają wspólnego dzielnika, a następnie dla uproszczenia wszystkie rozpatrywane uzwojenia faliste, składające się z szeregu uzwojeń "składowych", są jednokrotnie zamknięte.

Po pełnem obejściu obwodu twornika, do czego koniecznem jest dokonać "p" poskoków całkowitych, przychodzimy do przewodnika, umieszczonego na odległości 2a przewodników od przewodnika wejściowego; wyrażając to matematycznie mamy:

$$S = p \cdot y \pm 2a \qquad 24.$$

skąd

$$y = \frac{S \pm 2a}{p} = y_1 + y_2 \qquad 25.$$

Poskok komutatorowy

$$y_k = \frac{y}{2} = \frac{y_1 + y_2}{2} \qquad 26.$$

Jeżeli równanie /25/ podzielimy stronami przez 2 otrzymamy:

$$\frac{y}{2} = y_K = \frac{S/2 \pm a}{p} = \frac{K \pm a}{p} \qquad 27.$$

Z pośród dwuch różnych znaków /$\pm$/, zawartych w równaniach na y i y_K bierzemy zawsze w obu równaniach znaki jednakowe.

Zwykle w uzwojeniach falistych poskoki całkowity i komutatorowy stosujemy mniejsze, odpowiadające znakowi minus: będą to t.zw. uzwojenia faliste n i e s k r z y ż o w a n e; gdy zaś w równaniach tych uwzględnimy znak plus otrzymamy uzwojenie s k r z y ż o w a n e.

Gdy w równanie 27 wstawimy $a=1$, otrzymamy uzwojenie szeregowe, mające dwie gałęzie równoległe.

Gdy $p > a > 1$ otrzymamy uzwojenie szeregowo-równoległe, w którem liczba gałęzi równoległych jest większa od 2, a mniejsza od liczby biegunów maszyny.

Gdy $a=p$ będzie uzwojenie równoległe z liczbą gałęzi równą liczbie biegunów, a przy $a=mp$ - uzwojenie równoległe wielokrotne.

Do rzędu ostatniego rodzaju uzwojeń należą poprzednio już rozważane uzwojenia pętlicowe.

Jeżeli przytem K i y_K nie mają wspólnego dzielnika, otrzymujemy uzwojenie jednokrotnie zamknięte. Gdy K i y_K mają wspólny dzielnik np. m otrzymamy uzwojenie faliste równoległe m - krotnie zamknięte.

Dla uzwojenia szeregowego mamy następujące wzory:

$$y = \frac{S \pm 2}{p} = y_1 + y_2$$

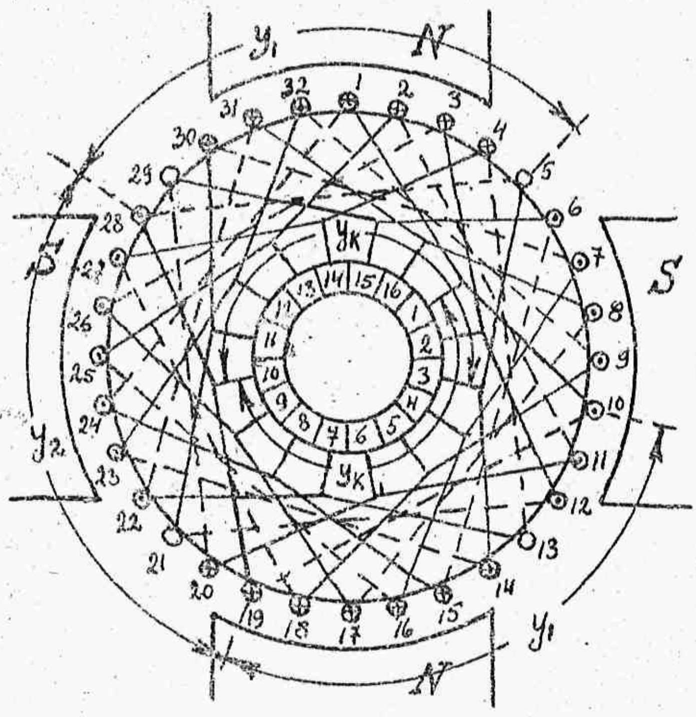
$$y_K = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{K \pm 1}{p} \qquad K = \frac{S}{2}$$

Poskoki częściowe y_1 i y_2, wchodzące w te wzory, zgodnie z tem co było poprzednio powiedziane, powinny być liczbami nieparzystemi, niewiele różniącemi się od wielkości podziałki biegunowej.

Na rys.46 pokazane jest uzwojenie szeregowo-równoległe, czterobiegunowe, przedstawione w rozwinięciu na rys.47 z następującemi danemi:

$$S = 32, \quad p = 2, \quad a = 2, \quad y = y_1 + y_2 = \frac{S \pm 2a}{p} = \frac{32 + 4}{2} = 18$$

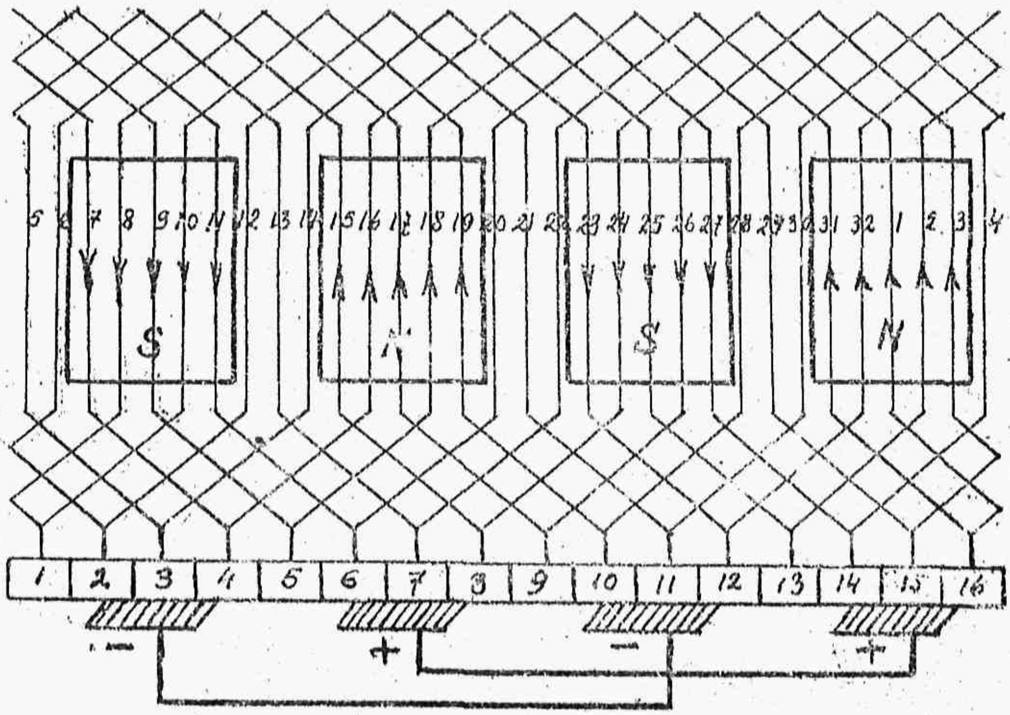
$$y_1 = y_2 = 9, \quad K = \frac{S}{2} = 16 \quad y_K = \frac{K \pm a}{p} = \frac{16 + 2}{2} = 9.$$



Rys.46.

W przykładzie tym oba poskoki częściowe są jednakowe, lecz nie jest to konieczne.

Ponieważ K i y_k nie mają wspólnego dzielnika, otrzymujemy uzwojenie jednokrotnie zamknięte.



Rys. 47.

Jeżeli na komutatorze umieścimy wszystkie cztery szczotki, otrzymamy następujące gałęzie:

11 - 2 - 25 - 16
8 - 17 - 26 - 3
+   −
24 - 1 - 10 - 19
27 - 18 - 9 - 32

Pozostałe sekcje są zwarte przez szczotki.