

R o z d z i a ł II.

U Z W O J E N I E T W O R N I K A.

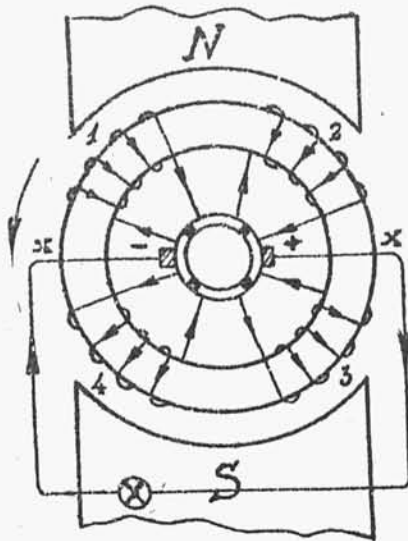
1. Twornik pierścieniowy.

W tworniku maszyny prądu stałego zawsze wytwarza się prąd zmienny i dopiero komutator prostuje go na jednokierunkowy.

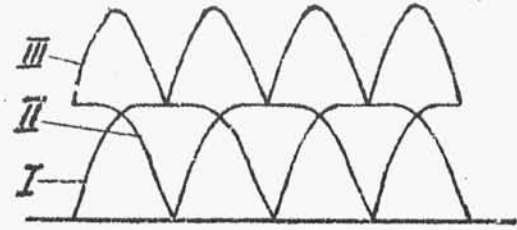
Jak widzimy z wykresu, rys.6, prąd wytwarzany przez twornik, przedstawiony na rys.5, choć jest coprawda jednokierunkowym, jest jednakże prądem zmiennym /zmienne natężenie/. Prąd taki w obwodach sprawia te same skutki co zwykły prąd zmienny, m.in. np. jest przyczyną samoindukcji. Aby zmniejszyć wahania prądu twornik zaopatrujemy w większą ilość zwojnic, przez co wzrośnie ilość działek komutatora, których liczba zawsze równa się ilości zwojnic.

Na rys.26 przedstawiony jest twornik z komutatorem i czterema zwojnicami wielozwojowymi, stanowiącymi dwie gałęzie równoległe, po dwie zwojnice połączone w szereg, a na rys.27 jest twornik 16-ma zwojnicami jednozwojowymi, stanowiącymi również dwie gałęzie rów-

wolęte po 8 zwojnic połączonych w szereg.



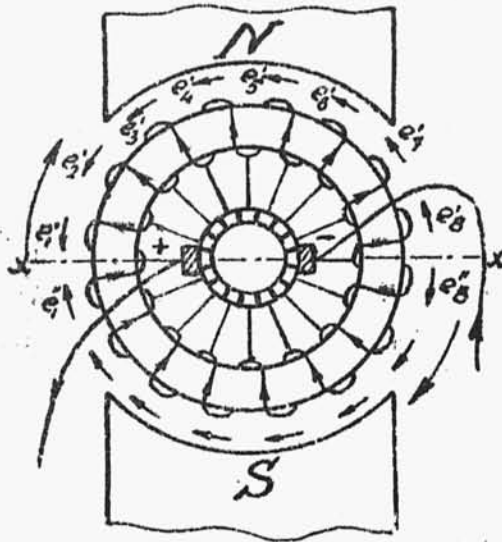
Rys. 26.



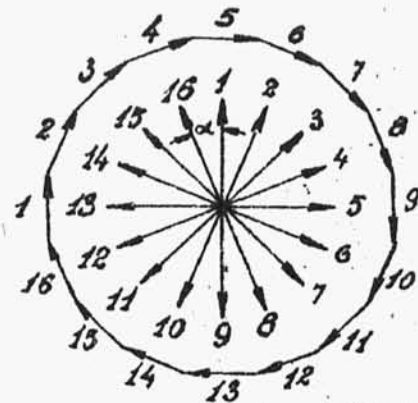
Rys. 27.

Powiększając zwojność zwoj-
ność zwojnicy, zwiększamy
siłę elektromotoryczną; po-

większając ilość zwojnic zwiększamy siłę elektromotoryczną
i zmniejszamy jej wahania.



Rys. 28.



Rys. 28a.

Rys. 27 przedstawia zmienność
siły elektromotorycznej uzwo-

wienia twornika, pokazanego na rys. 26. Krzywa I wy -

obraża zmienność siły elektromotorycznej w zwojnicach 1 i 3. W zwojnicach 2 i 4 powstaje siła elektromotoryczna wg. krzywej II, przesuniętej w czasie względem krzywej I o ćwierć obrotu. Wypadkową siłę twornika przedstawia krzywa III. Wahania siły elektromotorycznej dochodzą tu do 4%. Przy zastosowaniu 20 zwojnic wahania wynoszą około 1%, a przy 40 zwojnicach zaledwie 0,15%.

Gałęzie uzwojenia połączone są w jeden obwód zamknięty przez zwojnice, odpowiadające punktom powstałym przez umieszczenie szczotek na komutatorze. W czasie ruchu twornika rolę tę spełniają coraz to inne zwojnice uzwojenia.

Chwilowe wartości sił elektromotorycznych, powstających w uzwojeniu jednej gałęzi, dodają się do siebie, a ich suma jest równa napięciu między szczotkami. Wartość chwilowa siły elektromotorycznej w powstającej zwojnicy, podczas jej drogi w jednej gałęzi /t.j. na drodze między dwoma sąsiednimi szczotkami różnej biegunowości/, zmienia się wraz z natężeniem pola magnetycznego, zależnie od położenia względem biegunów. Ponieważ ruch twornika jest zwykle jednostajny, przeto chwilowe wartości sił elektromotorycznych są proporcjonalne do natężenia pola magnetycznego, które działa w danej chwili na zwojnicę.

Gdyby pole magnetyczne wzdłuż podziałki biegu nowej /część twornika, przypadająca na jeden biegun/

zmieniało się sinusoidalnie to przebieg zmienności chwilowej wartości siły elektromotorycznej zwojnicy, w czasie przejścia jej między dwoma sąsiednimi szczotkami różnoimiennymi, byłby też sinusoidalny. Moglibyśmy więc dodać geometrycznie wektory, wyobrażające maksymalne wartości sił elektromotorycznych poszczególnych zwojnic jednej gałęzi i otrzymać wartość napięcia między różnoimiennymi szczotkami prądnicy. Gdy dodamy geometrycznie maksymalne wartości sił elektromotorycznych wszystkich zwojnic całego uzwojenia dojdziemy do t.zw. **w i e l o b o k u n a p i ę c i a** danego uzwojenia. Na rys.28a widzimy wielobok napięcia, odpowiadający uzwojeniu, pokazanemu na rys. 28.

Wielobok napięcia otrzymamy dodając geometrycznie siły elektromotoryczne poszczególnych zwojnic w kolejności ich łączenia. Napięcie między szczotkami będzie rzutem wieloboku napięcia na oś szczotek. Jak widzimy napięcie to waha się w granicach między średnicą koła opisanego na wielokącie i wpisanego w wielokąt, który, w przypadku twornika, przedstawionego na rys.28, stanowi 16-to kąt foremny.

Operowanie wielobokiem napięcia upraszcza w znacznym stopniu rozpatrywanie uzwojenia szczególnie gdy ma być ono stosowane i na prąd zmienny.

Wielobok napięcia nazywamy też wielobokiem po-

tencjalnym. Wielobok ten służy do wyznaczania różnicy potencjału w różnych miejscach uzwojenia. Liczby w podanym wieloboku, rys.28a, oznaczają numery zwojnic, a jednocześnie i numery wycinków komutatora, do których dołączone są początki zwojnic z temi samymi numerami.

W maszynach dwubiegunowych geometryczny kąt wzajemnego rozstawienia poszczególnych zwojnic jest jednocześnie kątem wzajemnego ich położenia w polu magnetycznym. Na rys.28 mamy uzwojenie, złożone z 16-tu zwojnic zupełnie jednakowych i rozmieszczonych w odstępach równych, przeto otrzymamy 16 kierunków wektorowych. Kierunki te umieszczone w środku rys.28a tworzą gwiazdę wektorową.

Numeracja promieni gwiazdy jest uskuteczniiona w ten sposób, że wektory wieloboku i gwiazdy, oznaczone tym samym numerem, są względem siebie równoległe.

Kąt między dwoma promieniami, odpowiadającymi dwóm zwojnicom, położonym obok siebie, dla maszyny o 2p biegunach, jest

$$\alpha = \frac{360}{K} \cdot p \quad /11/$$

gdzie K - liczba wszystkich zwojnic uzwojenia.

Postępując według wyżej podanych określeń możemy w łatwy sposób, dla każdego uzwojenia, zbudować wielobok

napięcie oraz gwiżdżę wektorową.

Uzwojenie twornika przedstawione na rys. 28, jak widzimy, składa się z dwóch gałęzi równoległych i stanowi obwód zamknięty sam w sobie / u z w o j e - n i e z a m k n i ę t e /, pomimo, że obwód zewnętrzny jest otwarty, co nie mogło mieć miejsca w przypadku gdy twornik ma uzwojenie, pokazane na rys. 3 / u z w o j e n i e o t w a r t e /.

W obu gałęziach uzwojenia, rys.28, powstają grupy sił elektromotorycznych e'_k i e''_k wobec symetrii układu równych i skierowanych w strony przeciwne, więc

$$\sum e'_k = \sum e''_k$$

gdzie e'_k - jest siłą elektromotoryczną, indukowaną w dowolnym zwoju jednej gałęzi, a e''_k - siłą elektromotoryczną, indukowaną w dowolnym zwoju drugiej gałęzi uzwojenia.

Ogólna siła elektromotoryczna całego zamkniętego obwodu uzwojenia twornika, będąca sumą algebraiczną wszystkich sił jest równa zeru, czyli

$$(\sum e'_k) + (-\sum e''_k) = 0$$

Dla obwodu zewnętrznego czynną siłą elektromotoryczną twornika będzie suma sił, powstała w jednej tylko gałęzi uzwojenia, gdyż druga jest przyłączona do pierwszej równolegle, zatem

$$E = \sum e_k$$

gdzie e_k - siła elektromotoryczna, indukowana w dowolnym zwoju którejkolwiek gałęzi.

Jeżeli w jednej gałęzi jest Z zwojów /drutów/ to

$$E = e_1 + e_2 + \dots + e_z$$

a średnia siła elektromotoryczna w jednym zwoju

$$e_{sr.} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_z}{Z}$$

skąd

$$E = e_{sr.} \cdot Z \quad (12)$$

Wiemy, że chwilowa wartość siły elektromotorycznej w jednym drucie jest

$$e_t = \frac{d\phi}{dt}$$

Średnią siłę elektromotoryczną znajdziemy, dzieląc pole wykresu pod jednym biegunem, rys.6, przez czas t , potrzebny do zakreślenia połowy obwodu twornika, czyli

$$e_{sr.} = \frac{1}{t} \int_0^t e_t dt = \frac{1}{t} \int_0^t d\phi = \frac{\phi}{t}$$

jest to strumień magnetyczny, wychodzący z jednego bieguna i przecięty w czasie t .

Przy n obrotach twornika na minutę $t = \frac{60}{2n}$

a więc

$$e_{sr} = \frac{\phi}{\frac{60}{2n}} = \frac{2n\phi}{60}$$

Jeżeli na całym obwodzie twornika znajduje się N drutów, to

$$Z = \frac{N}{2}$$

skąd czynna siła elektromotoryczna dla obwodu zewnętrznego wyniesie

$$E = e_{sr} Z = \frac{2n\phi}{60} \cdot \frac{N}{2} = \frac{n}{60} \phi N \text{ jedn. el-m. (13)}$$

w jednostkach praktycznych

$$E = \frac{n}{60} \phi \cdot N \cdot 10^{-8} \text{ woltów (14)}$$

Prąd elektryczny J , wypływający z twornika tego rodzaju maszyny rys.28, dzieli się wewnątrz uzwojenia na dwie gałęzie, których przekroje przewodów oblicza się wg. połowy prądu J .

Jeżeli przez q - oznaczmy przekrój drutu, przez s - gęstość prądu w drucie, to cały prąd wypływający z twornika będzie

$$J = 2 \cdot s \cdot q \quad (15)$$

Gdy przez l - oznaczmy całkowitą długość drutu użytego na uzwojenie, to przy dwóch równoległych gałęziach, oporność uzwojenia twornika dla całkowitego prądu

du wyniesie

$$\gamma = \frac{1}{50} \cdot \frac{l/2}{2q} = \frac{1}{4} \cdot \frac{l}{50q} \quad \Omega \quad (16)$$

gdzie q - przekrój drutu w mm^2 , 50 - przewodność miedzi w stanie nagrzanym.

Jeżeli ten sam twornik umieścimy w polu biegunowym o $2p$ biegunach, otrzymamy w uzwojeniu twornika $2p$ układów sił elektromotorycznych. Na komutatorze umieścimy wówczas $2p$ szczotek: p - dodatnich i p - ujemnych. Szczotki dodatnie łączymy razem i ujemne też razem, otrzymamy wtedy $2p$ równoległych gałęzi, a prąd pobierany z takiego twornika wynosić będzie

$$J = 2p \cdot s \cdot q \quad (17)$$

Siła elektromotoryczna zachowa tę samą wartość co poprzednio, gdyż wprowadzić w jednej równoległej gałęzi będzie p razy mniej drutów, ale druty te szybciej będą przecinały linję pola magnetycznego, gdyż tu strumień magnetyczny jednego bieguna zostaje przecięty w czasie

$$t = \frac{60}{2n} \cdot \frac{1}{p}$$

a więc p razy krótszym, przez co średnia siła elektromotoryczna w każdym drucie będzie p razy większa.

2. Twornik bębnowy.

W tworniku pierścieniowym tylko części przewodników uzwojenia, znajdujące się na zewnętrznej powierzchni

Jeżeli oznaczymy przez K - liczbę zwojnic, to dla uzwojenia twornika pierścieniowego

$$S = K$$

a dla bębnowego

$$S = 2K$$

Jest oczywiste, że dla obu tworników S jest zawsze liczbą całkowitą.

Liczba działek komutatora zwykle równa się liczbie zwojnic K .

3. Uzwojenie twornika bębnowego.

Aby wykonać prawidłowe uzwojenie twornika bębnowego postępujemy wg. następującej zasady: należy na jego powierzchni walcowej rozmieścić daną liczbę przewodników /o ile zwojność $U_s \approx 1/$ lub boków zwojnic /o ile zwojność $U_s > 1/$ w odstępach równych, założyć kierunek obrotów i biegunowość, wyznaczyć kierunki sił elektromotorycznych /z reguły prawej ręki/ we wszystkich przewodnikach, następnie przewodniki połączyć między sobą w ten sposób, aby wszystkie utworzyły obwód zamknięty sam w sobie, w którym kierunki sił elektromotorycznych, wytworzonych w drutach pod jednym biegunem, były zgodne.

Nim przystąpimy do szczegółowego rozważania powyższej zasady omówimy najpierw sposoby łączenia przewodników między sobą i zależnie od czego mamy różne ro-