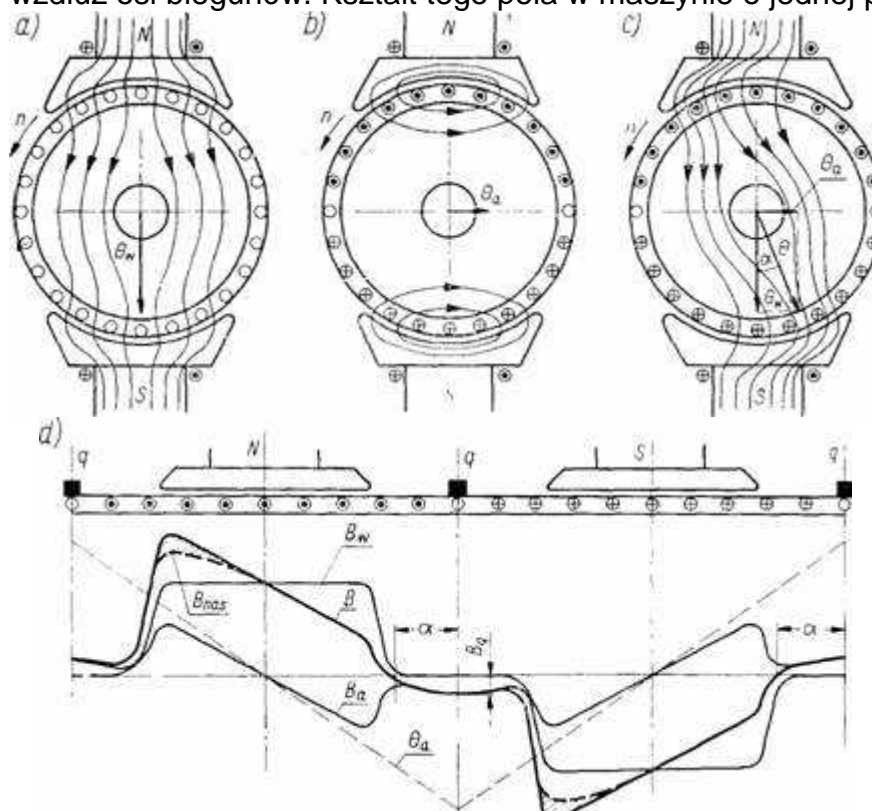


Oddziaływanie wirnika

W każdej maszynie prądu stałego, pracującej jako prądnica lub silnik, może wystąpić taki szczególny stan pracy, że prąd wirnika jest równy zero. Jedynym przepływem jest wówczas przepływ wzbudzenia, który wytwarza pole magnetyczne skierowane wzdłuż osi biegunów. Kształt tego pola w maszynie o jednej parze



Rys. 7.13. Oddziaływanie wirnika: a) przebieg strumienia głównego, b) przebieg strumienia oddziaływania wirnika, c) przebieg strumienia wypadkowego, d) rozkład indukcji magnetycznej wzdłuż obwodu maszyny

biegunów ilustruje rys. 7.13a. W przedstawionym stanie pracy rozkład indukcji magnetycznej w obszarze dwóch podziałek biegunowych ilustruje krzywa 5, na rys. 7.13d; pod biegunami indukcja magnetyczna ma wartość stałą, a w strefie neutralnej, gdzie znajdują się szczotki, indukcja jest równa zero.

Jeżeli maszyna jest obciążona, to w uzwojeniu wirnika płynie prąd. W każdym przecie płynie prąd określony wzorem (7.21). Okładem prądowym nazywa się liczbę amperoprętów, przypadających na jednostkę długości na obwodzie wirnika NI , NI

Ponieważ uzwojenie jest rozłożone na obwodzie równomiernie, więc okład prądowy w całej strefie między osiami neutralnymi jest stały. W strefie neutralnej okład prądowy zmienia znak. Okład prądowy wirnika daje przepływ działający w osi neutralnej (rys. 7.13b). Strumień wytworzony przez ten przepływ (zwany strumieniem poprzecznym) zamyka się przez nabiegunniki, zęby wirnika, jarzmo wirnika i szczelinę powietrzną. Ponieważ okład prądowy jest stały, przepływ zmienia się liniowo, a w osi neutralnej osiąga wartość maksymalną, równą.

Rozkład przepływu ϕ , przedstawiono na rys. 7.13d. Indukcja magnetyczna strumienia wytworzonego przez przepływ poprzeczny w dowolnym miejscu na obwodzie wirnika zależy od wartości przepływu i reluktancji, którą reprezentuje głównie szczelina powietrzna gdzie ξ' jest obliczeniową drogą strumienia przez powietrze, x — współrzędną geometryczną wzdłuż obwodu, liczoną od osi bieguna.

Ponieważ pod biegunem szczelina powietrzna jest z reguły równomierna, przebieg indukcji jest tu tak samo liniowy jak przebieg przepływu (krzywa B_y na rys. 7.13d); natomiast w strefie między biegunami indukcja A_x , wywołana prądem wirnika, jest mała, mimo że występuje tu duża wartość przepływu.

Wypadkowy strumień magnetyczny (rys. 7.13c) jest skręcony względem osi podłużnej o pewien kąt α . Jeżeli obwód magnetyczny jest nienasycony, to przebieg wypadkowej indukcji magnetycznej można otrzymać, sumując wartości indukcji w każdym punkcie; w ten sposób powstał wykres B na rys. 7.13d. Jeżeli obwód magnetyczny jest nasycony, to pod połówkami biegunów, gdzie indukcje B_y i A_x dodają się, krzywa wypadkowa A_x przebiega niżej, niż to wynika z sumowania $2A_x$ i A_x , tym samym strumień wypadkowy, którego miarą jest powierzchnia ograniczona krzywą B_{w} , jest mniejszy od strumienia magnesów określonego krzywą B_y lub B .

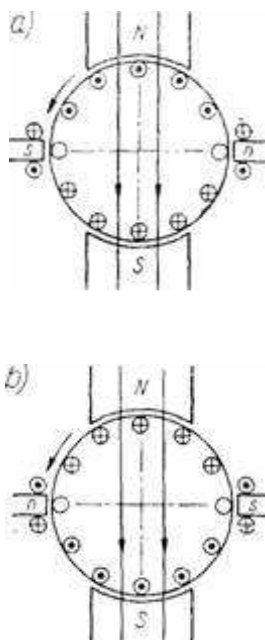
Oddziaływanie wirnika (zwane też reakcją twornika) wywiera więc następujące skutki:

- a) ulega zmianie rozkład indukcji magnetycznej pod biegunami;
- b) indukcja jest równa zero nie w osi poprzecznej, lecz w punkcie przesuniętym w stosunku do niej o kąt α , czyli rzeczywista oś neutralna obraca się o kąt α względem geometrycznej osi neutralnej;
- c) w maszynie nasyconej strumień ulega zmniejszeniu. Zniekształcenie przebiegu indukcji pod biegunami powoduje, że w niektórych zezwojach, znajdujących się w polu o powiększonej indukcji, indukuje się większe napięcie niż v stanie jałowym; może to być powodem zwiększenia napięcia między wycinkowego do takiej wartości, że wystąpi iskrzenie na komutatorze. Przesunięcie osi neutralnej powoduje, że w osi poprzecznej, gdzie są umieszczone szczotki, występuje pole o indukcji B_y , a więc w zwartych przez szczotkę zezwojach indukuje się napięcie, co powoduje przepływ znacznego prądu w tych obwodach i pojawienie się iskry pod szczotkami.

Zmniejszenie strumienia powoduje spadek indukowanego napięcia, czego skutek będzie omawiany przy rozpatrywaniu własności ruchowych poszczególnych maszyn.

Najbardziej niekorzystne dla pracy maszyny jest przesunięcie osi neutralnej. Aby przeciwdziałać skutkowi pojawienia się indukcji B_y w strefie szczotek, można przesunąć szczotki o kąt α do tego miejsca, gdzie indukcja jest równa zero. W prądnicach, jak wynika z rys. 7.13, należałoby przesunąć szczotki w kierunku wirowania wirnika, w silniku zaś szczotki należałoby przesunąć przy obciążeniu w kierunku przeciwnym do kierunku prędkości. Przesuwanie szczotek byłoby jednak uciążliwe, ponieważ kąt przesunięcia strefy neutralnej jest zależny od prądu obciążenia. Przed kilkudziesięciu laty przeciwdziałano skutkom oddziaływania wirnika przez zmianę położenia szczotek. Obecnie takiego sposobu nie stosuje się, wykonuje się natomiast dodatkowe małe bieguny między biegunami głównymi (rys. 7.4) i zasila je tak, by strumień tych biegunów znosił w osi szczotek strumień wywołany oddziaływaniem wirnika. Ponieważ działanie tych dodatkowych biegunów (zwanymi pomocniczymi

lub komutacyjnymi) ma być proporcjonalne do prądu wirnika, ich uzwojenia są połączone szeregowo z uzwojeniem wirnika.



Rys. 7.14. Wyznaczanie kolejności biegunów głównych i pomocniczych (komutacyjnych): a) w prądnicy, b) w silniku

Dla określenia sposobu uzwojenia biegunów pomocniczych można rozważyć kierunek działania przepływu oddziaływania wirnika przy pracy silnikowej i prądniczej (rys. 7.14). Z analizy wynika, że kolejność biegunów głównych i pomocniczych, licząc w kierunku prędkości jest następująca:

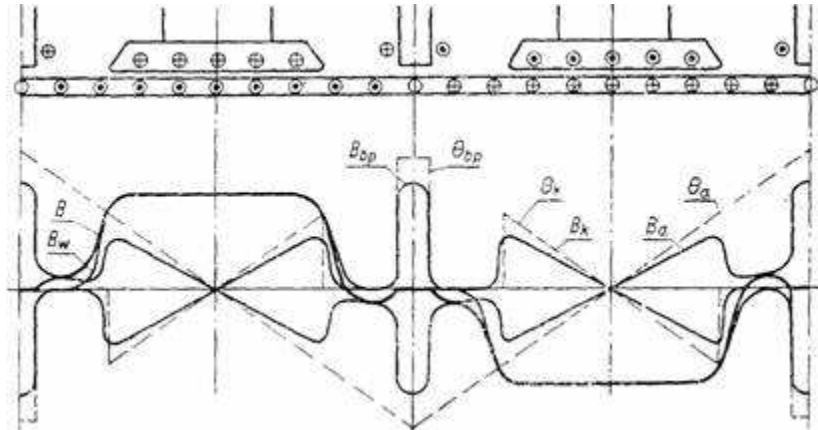
- w prądnicy — N, s, **S**, n,
- w silniku — N, n, **S**, s.

Bieguny pomocnicze nie likwidują jednak zniekształcenia pola pod biegunami, działają one jedynie w strefie szczotek. Aby znieść oddziaływanie przepływu wirnika w strefie biegunów wykonuje się specjalne uzwojenia, umieszczone w nabiegunnikach (rys. 7.15). Uzwojenia te, zwane kompensacyjnymi, są połączone szeregowo z uzwojeniem wirnika, przy czym kierunek prądu musi być przeciwny do prądu wirnika pod danym biegunem. W maszynie z uzwojeniami kompensacyjnymi indukcja pod biegunami pozostaje stała, więc nawet przy dużym nasyceniu obwodu magnetycznego strumień nie zmienia się. Bieguny pomocnicze mają obecnie wszystkie maszyny o mocy od kilkuset watów. Uzwojenie kompensacyjne, ze względu na ich duży koszt, wykonuje się tylko w dużych maszynach, o mocy od kilkudziesięciu kilowatów; w maszynach mniejszej mocy stosuje się mniejsze nasycenie obwodu magnetycznego i ogranicza napięcia między wycinkowe przez odpowiedni dobór liczby działek komutatora.

Pewne zmniejszenie szkodliwych wpływów oddziaływania wirnika w strefie biegunów głównych można osiągnąć przez zwiększenie szczeliny powietrznej między biegunem i wirnikiem. Dlatego w maszynach prądu stałego stosuje się szczeliny większe niż w maszynach indukcyjnych. Ponieważ strumień oddziaływania wirnika występuje głównie na krawędziach biegunów, wykonuje się często nabiegunniki

w taki sposób, że szczelina powietrzna jest najmniejsza w osi bieguna i stopniowo zwiększa się ku jego krawędziom.

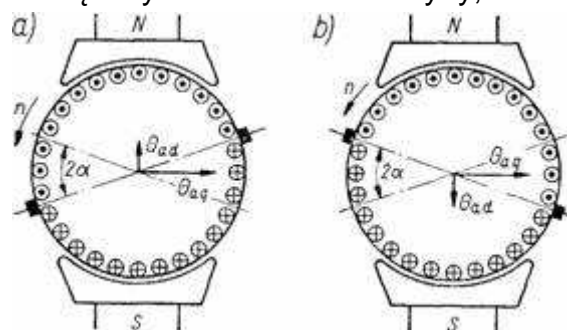
Bieguny pomocnicze, ustawione w osi neutralnej powodują, że obraz pola przedstawiony na rys. 7.13 ulega dość znacznej zmianie. Przepływ wirnika, działający w tej osi, wytwarza teraz duży strumień, mimo że szczelina powietrzna pod biegunami pomocniczymi jest znacznie większa niż pod biegunami głównymi. Rys. 7.16 ilustruje rozkład przepływów, indukcji magnetycznych składowych oraz



Rys. 7.16. Rozkład przepływów i indukcji w maszynie z biegunami pomocnymi. i uzwojeniem kompensacyjnym indukcji wypadkowej w maszynie z biegunami pomocnymi i uzwojeniem kompensacyjnym.

Bieguny pomocnicze i uzwojenie kompensacyjne sprawiają, że rozkład indukcji przy obciążeniu jest niemal taki sam, jak w stanie jałowym. Przez odpowiedni dobór liczby zwojów uzwojeń pomocniczych można spowodować, że w strefie neutralnej indukcja będzie równa zero lub, jeśli to okaże się potrzebne, będzie miała określoną wartość. Potrzeba taką wynika z analizy zjawiska, zwanego komutacją (p. 7.1.9).

Przy rozpatrywaniu zagadnień oddziaływania wirnika przyjęto, że szczotki znajdują się w osi poprzecznej, czyli że przepływ występuje w osi prostopadłej do osi biegunów. Dla uzyskania żądanych własności maszyny, szczotki są niekiedy



Rys. 7.17. Przepływ oddziaływania wirnika przy przesunięciu szczotek z osi neutralnej: a) przy obróceniu szczotek, w kierunku prędkości; b) przy obróceniu w kierunku przeciwnym do kierunku prędkości

przesunięte z osi neutralnej (rys. 7.17) i wówczas przepływ wirnika można traktować jako składający się z dwóch składowych: przepływu poprzecznego θ_{ad} i podłużnego $\theta_{a\alpha}$. Składowy przepływ poprzeczny daje takie skutki, jak przy położeniu szczotek w osi neutralnej, natomiast podłużny powoduje osłabienie lub wzmocnienie strumienia. Łatwo stwierdzić, że obrócenie szczotek w kierunku prędkości powoduje

w prądniccy osłabienie, a w silniku wzmocnienie pola podłużnego, przy obrocie szczotek w kierunku przeciwnym do kierunku prędkości działanie przepływu podłużnego jest odwrotne.