

10. MASZyny KOMUTATOROWE PRĄDU PRZEMIENNEGO

10.1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Maszyny komutatorowe prądu przemiennego, jak wszystkie wirujące maszyny elektryczne, mogą pracować zarówno w zakresie pracy prądnicowej, jak i silnikowej. W praktyce pracują one jednak prawie wyłącznie jako silniki i dlatego zostaną omówione tylko w tym zakresie pracy.

Zasadniczą zaletą silników komutatorowych prądu przemiennego, w porównaniu z silnikami indukcyjnymi i synchronicznymi, jest możliwość dogodnej i ekonomicznej regulacji prędkości obrotowej bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń oraz (w niektórych z tych silników) możliwość poprawiania współczynnika mocy. Okupione to jest jednak skomplikowaną konstrukcją i mniejszą pewnością ruchu tych silników. Po wprowadzeniu łatwych w obsłudze i pewnych w działaniu przetworników energoelektrycznych do regulacji prędkości obrotowej silników indukcyjnych i synchronicznych zastosowanie silników komutatorowych prądu przemiennego znacznie się zmniejszyło.

Elementem komplikującym konstrukcję i eksploatację silników komutatorowych prądu przemiennego jest węzeł składający się z komutatora i szczotek. Zjawiska towarzyszące komutacji prądu przemiennego są bardziej skomplikowane niż zjawiska towarzyszące komutacji prądu stałego. Dlatego właściwości silników komutatorowych prądu przemiennego analizuje się na podstawie fizycznego opisu zjawisk zachodzących w tych silnikach.

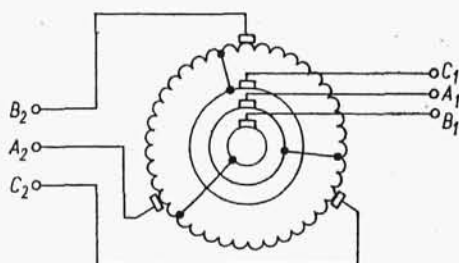
Silniki komutatorowe prądu przemiennego można podzielić na trzy podstawowe grupy:

- silniki komutatorowe trójfazowe bocznikowe;
- silniki komutatorowe trójfazowe szeregowo;
- silniki komutatorowe jednofazowe.

Największe zastosowanie mają obecnie silniki komutatorowe jednofazowe.

10.2. KOMUTATOR JAKO PRZETWORNICA CZĘSTOTLIWOŚCI

Rysunek 10.1 przedstawia uzwojenie wirnika wyposażone z jednej strony w trzy pierścienie ślizgowe ze szczotkami A_1, B_1, C_1 , a z drugiej strony w komutator ze szczotkami A_2, B_2, C_2 .



Rys. 10.1. Zasada działania komutatora jako przetwornicy częstotliwości

Jeżeli uzwojenie jest zasilane prądem trójfazowym przez szczotki A_1, B_1, C_1 i przez pierścienie ślizgowe, to powstaje strumień magnetyczny, który względem tego uzwojenia wiruje z prędkością synchroniczną

$$n_1 = \frac{f}{p}$$

Synchronicznie ze strumieniem wiruje względem komutatora krzywa napięcia. Jeżeli komutator jest nieruchomy, to na szczotkach A_2, B_2, C_2 otrzymuje się tę samą częstotliwość f . Jeżeli komutator wiruje z prędkością $\pm n$, to krzywa napięcia wiruje względem szczotek z prędkością

$$n_2 = n_1 \pm n \quad (10.1)$$

Wtedy napięcie na szczotkach ma częstotliwość

$$f_2 = p n_2 = p (n_1 \pm n) \quad (10.2)$$

Częstotliwość f jest przetwarzana na częstotliwość

$$f_2 = p (n_1 \pm n) = f s \quad (10.3)$$

przy czym

$$s = \frac{n_1 \pm n}{n_1} \quad (10.4)$$

oznacza poślizg. Znak plus odpowiada wirowaniu wirnika w kierunku zgodnym z kierunkiem wirowania pola, a znak minus odpowiada wirowaniu wirnika w kierunku przeciwnym do kierunku wirowania pola.

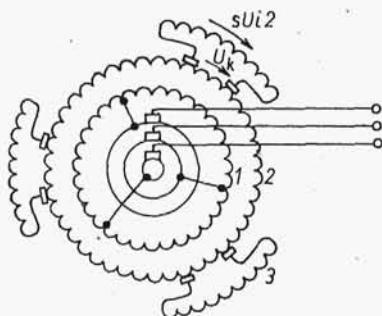
Jeżeli szczotki A_2, B_2, C_2 są zasilane prądem przemiennym o stałej częstotliwości f , to powstaje strumień magnetyczny, który względem nieruchomych szczotek wiruje z prędkością synchroniczną.

Jeżeli komutator razem z uzwojeniem wiruje względem szczotek A_2, B_2, C_2 , to w poszczególnych uzwojeniach fazowych, ograniczonych szczotkami A_2, B_2, C_2 , wymieniają się tylko poszczególne zezwoje uzwojenia, ale osie tych uzwojeń pozostają nadal w przestrzeni nieruchome i prędkość wirowania strumienia względem nieruchomych szczotek pozostaje nadal niezmienna. Jeżeli jednak wirnik z uzwojeniem wiruje z prędkością n , to prędkość wirowania strumienia względem uzwojenia jest określona wzorem (10.2) z tym, że znak minus odpowiada wirowaniu wirnika

w kierunku zgodnym z kierunkiem wirowania strumienia, a znak plus odpowiada wirowaniu wirnika w kierunku przeciwnym do kierunku wirowania strumienia. W poszczególnych zewojach indukują się wtedy napięcia o częstotliwości równej częstotliwości napięcia na szczotkach A_1, B_1, C_1 , określonej wzorem (10.2). Zmiana częstotliwości przez komutator pozwala na zrealizowanie regulacji prędkości obrotowej maszyny indukcyjnej przez zmianę poślizgu z odzyskiwaniem mocy poślizgu (opis podany w p. 8.3.11.4).

10.3. SILNIK SCHRAGEGO

Na wirniku silnika Schragego (rys. 10.2) są umieszczone dwa uzwojenia, z których uzwojenie 1 jest zwykłym uzwojeniem silnika indukcyjnego trójfazowego, dołączonym do trzech pierścieni ślizgowych, a uzwojenie 2 jest uzwojeniem z komutatorem. Na stojanie silnika jest umieszczone uzwojenie trójfazowe 3 o trzech uzwojeniach



Rys. 10.2. Schemat połączeń silnika Schragego

fazowych niepołączonych ze sobą. Końcówki każdego z uzwojeń fazowych są dołączone do dwóch szczotek ślizgających się po komutatorze. Szczotki mogą być zsunięte lub rozsunęte symetrycznie albo niesymetrycznie względem osi poszczególnych uzwojeń fazowych stojana. Jeżeli są one zsunięte w ten sposób, że obydwie szczotki dołączone do danego uzwojenia fazowego stoją na tym samym wycinku komutatora, to każde z uzwojeń fazowych stojana jest zwarte i uzwojenie 2 z komutatorem nie bierze udziału w pracy. Silnik zachowuje się tak, jak silnik indukcyjny zwarty, zasilany od strony wirnika przez szczotki na pierścieniach ślizgowych uzwojenia 1.

Strumień wytworzony w uzwojeniu 1 wiruje niezależnie od prędkości obrotowej wirnika z prędkością synchroniczną n_1 względem uzwojenia wywołującego ten strumień, czyli względem uzwojenia 1, a tym samym także względem uzwojenia 2. Na skutek napięć indukowanych w uzwojeniu 3 płyną w tym uzwojeniu prądy wywołujące moment obrotowy, usiłujący obrócić uzwojenie 3 w kierunku ruchu strumienia. Ponieważ uzwojenie 3 jest osadzone nieruchomo na stojanie i nie może się obracać, zatem wirnik z uzwojeniem 1 i 2 wiruje w kierunku przeciwnym do kierunku wirowania strumienia. W uzwojeniu komutatorowym nie płynie żaden prąd, indukują się w nim jednak napięcia, powstają straty komutacyjne i straty tarcia

szczotek o komutator. Na skutek tego sprawność silnika jest mniejsza, od sprawności silnika indukcyjnego.

Przy prędkości wirnika n strumień wiruje względem uzwojenia stojana z prędkością

$$n_2 = n_1 - n$$

i w tym uzwojeniu indukują się napięcia o częstotliwości

$$f_2 = pn_2 = sf \quad (10.5)$$

przy czym

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}$$

W uzwojeniu z komutatorem częstotliwość indukowanych napięć, niezależnie od prędkości wirnika, ma zawsze stałą wartość f , gdyż strumień względem tego uzwojenia wiruje zawsze ze stałą prędkością.

Jeżeli szczotki są rozsunięte, jak na rys. 10.2, to w uzwojeniu stojana działa indukowane napięcie sU_{i2} oraz napięcie U_k doprowadzone przez szczotki. Przy prędkościach podsynchronicznych wirnika, tzn. przy $n < n_1$, kierunek wirowania strumienia względem uzwojenia stojana jest zgodny z kierunkiem wirowania strumienia względem uzwojenia komutatorowego. Wtedy przy podobnym wykonaniu obydwóch uzwojeń, napięcia sU_{i2} i U_k są zgodne, czyli w obwodzie zamkniętym działają one przeciwko sobie. Prąd w stojanie jest określony wówczas zależnością

$$I_2 = \frac{sU_{i2} - U_k}{Z_2} \quad (10.6)$$

w której Z_2 oznacza impedancję rozpatrywanego obwodu. Jeżeli szczotki są najbardziej rozsunięte, to napięcie U_k ma największą wartość. Aby prąd I_2 mógł uzyskać wtedy wartość odpowiadającą danemu momentowi M , napięcie sU_{i2} musi uzyskać dużą wartość, poślizg s musi być duży, a prędkość obrotowa n mała. Położenie takie nazywa się *położeniem rozruchu*. Dla polepszenia warunków rozruchowych można w obwód stojana włączyć odpowiednie oporniki rozruchowe, działające podobnie do oporników rozruchowych w obwodzie wirnika pierścieniowego silnika indukcyjnego.

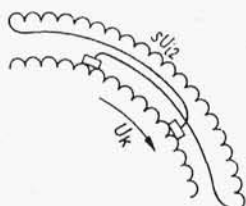
Każdemu położeniu szczotek odpowiada pewna wartość napięcia U_k , a więc w stanie ustalonym stała wartość poślizgu s , przy którym prąd I_2 ma wartość odpowiadającą danemu momentowi M . Jeżeli przy stałej wartości momentu szczotki zostaną zsunięte, to wartość U_k maleje, a wartość prądu I_2 i momentu obrotowego silnika chwilowo wzrastają, przy czym moment obrotowy osiąga wartość większą od wartości momentu hamującego. Wtedy wirnik doznaje przyspieszenia i prędkość obrotowa wzrasta. Przy biegu podsynchronicznym oznacza to zmniejszenie poślizgu s , zmniejszenie indukowanego napięcia sU_{i2} i zmniejszenie prądu I_2 do poprzedniej wartości, uwarunkowanej wartością momentu hamującego. Przez zsuwanie szczotek uzyskuje się wzrost prędkości obrotowej. Jeżeli szczotki są zsunięte zupełnie,

tn. jeżeli są zwarte przez odpowiednie wycinki komutatora, to $U_k = 0$ i silnik pracuje jak zwykły silnik indukcyjny. Prąd stojana jest wtedy określony zależnością

$$\underline{I}_2 = \frac{s\underline{U}_{i2}}{\underline{Z}_2} \quad (10.7)$$

Jeżeli szczotki są skrzyżowane jak na rys. 10.3, to – przy niewielkim ich rozsunięciu – w obwodzie stojana działa suma napięć $s\underline{U}_{i2}$ i \underline{U}_k . Wtedy prąd w obwodzie stojana jest określony zależnością

$$\underline{I}_2 = \frac{s\underline{U}_{i2} + \underline{U}_k}{\underline{Z}_2} \quad (10.8)$$



Rys. 10.3. Skrzyżowanie szczotek w silniku Schragego

Skrzyżowanie szczotek powoduje chwilowy wzrost prądu, chwilowe zwiększenie momentu i dalszy wzrost prędkości obrotowej, która jest obecnie większa od prędkości obrotowej silnika indukcyjnego bez dodatkowego napięcia w obwodzie wirnika i zbliża się do prędkości synchronicznej. Przy pewnym położeniu szczotek skrzyżowanych napięcie \underline{U}_k uzyskuje taką wartość, że prąd płynący pod jej wpływem, określony zależnością

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_k}{\underline{Z}_2} \quad (10.9)$$

ma wartość odpowiadającą danemu momentowi hamującemu. Wtedy $s\underline{U}_{i2} = 0$, czyli $s = 0$. Silnik uzyskuje prędkość synchroniczną, czyli $n = n_1$. W tym stanie strumień wirujący z prędkością synchroniczną względem wirnika w kierunku przeciwnym do kierunku wirowania wirnika jest nieruchomy w przestrzeni (względem uzwojenia stojana) i nie indukuje w uzwojeniu stojana żadnych napięć. Przy dalszym rozsunięciu szczotek skrzyżowanych wartość napięcia \underline{U}_k wzrasta, powodując chwilowy wzrost prądu \underline{I}_2 i momentu obrotowego. Prędkość obrotowa silnika wzrasta do prędkości nadsynchronicznej. Wtedy $n > n_1$ oraz $s < 0$. Strumień wiruje względem uzwojenia stojana z prędkością poślizgu sn_1 w kierunku przeciwnym niż przy biegu podsynchronicznym. Indukowane napięcie $s\underline{U}_{i2}$ zmienia swój kierunek, a prąd w obwodzie stojana jest określony zależnością

$$\underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_k - s\underline{U}_{i2}}{\underline{Z}_2} \quad (10.10)$$

Dalsze rozsuwanie szczotek skrzyżowanych powoduje dalszy wzrost napięcia U_k , dalszy wzrost bezwzględnej wartości poślizgu s , co przy biegu nadsynchronicznym powoduje dalszy wzrost prędkości obrotowej.

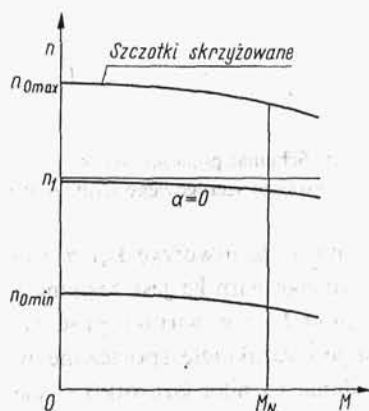
Przy biegu podsynchronicznym kąt pomiędzy napięciem sU_{i2} i prądem I_2 jest mniejszy od $\pi/2$. Uzwojenie stojana, które w silniku Schragego jest uzwojeniem wtórnym, pracuje prądnicowo i oddaje moc poślizgu do uzwojenia komutatorowego. Uzwojenie komutatorowe przekazuje tę moc, podobnie jak w transformatorze, do uzwojenia I z pierścieniami ślizgowymi, które z kolei przekazuje ją do sieci, zmniejszając o tę wartość moc pobraną przez silnik. Przy biegu nadsynchronicznym kierunek przepływu mocy poślizgu jest przeciwny. Regulacja prędkości obrotowej silnika odbywa się bez strat.

Przesuwając szczotki niesymetrycznie względem osi uzwojenia stojana uzyskuje się dodatkowo możliwość regulacji współczynnika mocy. Silnik ze szczotkami przesuwanymi asymetrycznie jest przystosowany tylko do jednego kierunku wirowania. Zakres regulacji prędkości zawiera się zwykle w granicach

$$\frac{1}{2} n_1 < n < \frac{3}{2} n_1$$

Niekiedy buduje się silniki Schragego o znacznie większym zakresie regulacji, dochodzącym do 1:10.

Przy stałym położeniu szczotek charakterystyki $n = f(M)$ przebiegają podobnie, jak w silniku indukcyjnym (rys. 10.4). Mają one charakter bocznikowy.



Rys. 10.4. Charakterystyki $n = f(M)$ w silniku Schragego dla różnych położenia szczotek

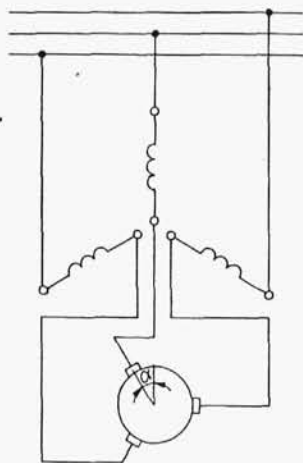
Spadek prędkości obrotowej ze wzrostem obciążenia jest najmniejszy przy kącie rozchylenia szczotek $\alpha = 0$. W takim położeniu szczotek jest on w przybliżeniu równy spadkowi prędkości obrotowej zwykłego silnika indukcyjnego i dla zmiany momentu od zera do wartości znamionowej wynosi ok. 4%. Przy maksymalnym rozchyleniu szczotek w jedną i drugą stronę jest on w przybliżeniu trzy razy większy i wynosi ok. 12%.

Sprawność silnika Schragego jest nieco mniejsza, niż sprawność silnika indukcyjnego z nieregulowaną prędkością obrotową, ale znacznie większa niż sprawność silnika indukcyjnego z regulacją prędkości obrotowej za pomocą oporników. Wadami silnika Schragego są: duże wymiary i duży ciężar, duży koszt oraz mniejsza pewność ruchu.

Ze względu na zasilanie od strony wirnika silniki Schragego są budowane na napięcie nie przekraczające 500 V.

10.4. SILNIK KOMUTATOROWY SZEREGOWY TRÓJFAZOWY

Na stojanie takiego silnika (rys. 10.5) są umieszczone trzy nie połączone ze sobą uzwojenia fazowe, dołączone jednymi końcówkami do sieci zasilającej, a drugimi — do szczotek, ślizgających się po komutatorze, połączonym z uzwojeniem wirnika. Wszystkie trzy szczotki mogą być razem przesuwane w jednym lub drugim kierunku



Rys. 10.5. Schemat połączeń silnika komutatorowego szeregowego trójfazowego

tak, że oś danego uzwojenia fazowego stojana może utworzyć kąt α z osią odpowiedniego uzwojenia fazowego wirnika. Uzwojenie wirnika jest zasilane szeregowo przez uzwojenie stojana. W stojanie płynie prąd I_1 , a w wirniku prąd I_2 . Prądy te nie są identyczne, gdyż uzwojenie wirnika jest zamknięte (połączone w trójkąt). Uzwojenie stojana jest otwarte. Punkty zasilania wirnika (szczotki) i osie poszczególnych uzwojeń fazowych wirnika pomimo obrotu wirnika są w przestrzeni nieruchome. Przy przesunięciu szczotek o kąt α wytwarza się moment obrotowy określony zależnością

$$M = c \Phi_1 \Phi_2 \sin \alpha \quad (10.11)$$

lub zależnością

$$M = c_1 \Theta_1 \Theta_2 \sin \alpha \quad (10.12)$$

w których: Φ_1 i Φ_2 – strumienie stojana i wirnika; θ_1 i θ_2 – przepływy stojana i wirnika.

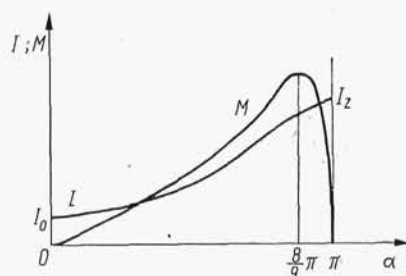
W związku z tym między strumieniami (lub przepływami) stojana i wirnika jest zawsze kąt α , niezależnie od tego czy wirnik jest nieruchomy, czy też obraca się.

Przy nieruchomym wirniku moment określony wzorem (10.12) wyznacza moment rozruchowy w funkcji kąta α . Przy $\alpha = 0$ strumień Φ_1 pokrywa się ze strumieniem Φ_2 . Moment wytworzony w tym położeniu jest równy zero. Strumień wypadkowy jest wtedy największy, napięcia indukowane w uzwojeniach stojana i wirnika są największe, a prąd płynący przez silnik ma najmniejszą wartość I_0 . Położenie to nazywa się *położeniem rozruchu*.

Przy $\alpha = \pi$ strumień Φ_1 jest skierowany przeciwnie do strumienia Φ_2 . Strumień wypadkowy jest najmniejszy, napięcia indukowane w stojanie i wirniku są najmniejsze, a prąd płynący przez uzwojenie silnika ma wartość największą I_z . Moment w tym położeniu jest równy zero. Położenie to nazywa się *położeniem zwarcia*. Przy pośrednich położeniach szczotek prąd przybiera wartości z przedziału I_0 i I_z (rys. 10.6).

Ponieważ przepływy są proporcjonalne do prądów, a stosunek prądów stojana i wirnika jest stały, więc wyrażenie na moment może być napisane w postaci

$$M = cI_1^2 \sin \alpha \quad (10.13)$$

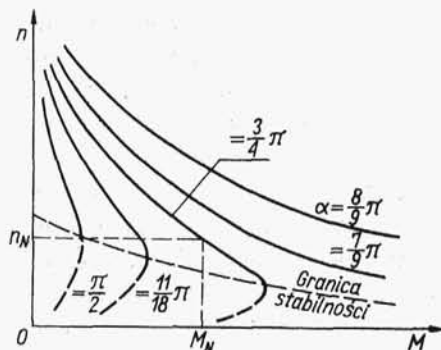


Rys. 10.6. Charakterystyki rozruchowe silnika komutatorowego szeregowego trójfazowego

Gdyby kąt α był zmieniany przy zasilaniu silnika takim napięciem, żeby prąd I_1 miał zawsze stałą wartość, przebieg $M = f(\alpha)$ byłby sinusoidą. Przy zasilaniu silnika napięciem o stałej wartości prąd I_1 ma większe wartości przy większych kątach α , a więc krzywa $M = f(\alpha)$ jest zniekształconą sinusoidą, której maksimum (rys. 10.6) jest przesunięte do wartości kąta $\alpha \approx \frac{8}{9}\pi$. Strumienie Φ_1 i Φ_2 mają tendencję do pokrywania się, więc kierunek działania momentu i kierunek obrotów silnika są zawsze zwrócone przeciwko kierunkowi przesunięcia szczotek i to niezależnie od kierunku wirowania strumienia, czyli niezależnie od kolejności połączenia uzwojeń silnika z siecią. Kierunek wirowania strumienia powinien być przez odpowiednią kolejność połączeń dobrany tak, żeby był zgodny z kierunkiem wirowania wirnika. Wtedy bowiem częstotliwość i straty w wirniku są mniejsze.

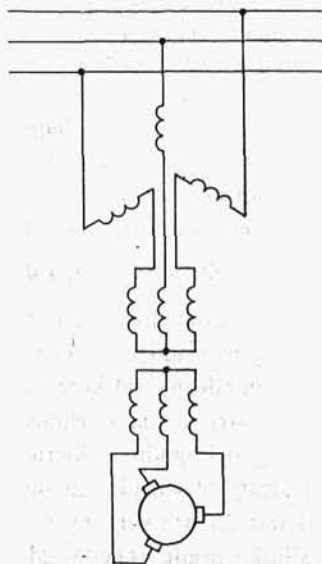
Przy wirującym wirniku, wzór (10.13) wyraża wytworzony w silniku moment obrotowy, podobnie jak w szeregowym silniku prądu stałego, gdzie moment

jest proporcjonalny do kwadratu prądu. Charakterystyki $n = f(M)$ trójfazowego silnika komutatorowego szeregowego pokazano na rys. 10.7. Przy niezbyt dużych kątach przesunięcia szczotek, a przy dużych momentach, praca silnika staje się niestabilna (linie przerywane), co oznacza, że silnik ulega zatrzymaniu. Natomiast



Rys. 10.7. Charakterystyki obciążenia silnika komutatorowego szeregowego trójfazowego

przy biegu jałowym silnik może się rozbiegać, jak szeregowy silnik prądu stałego. Jeżeli między uzwojenie stojana i wirnika jest włączony mocno nasycony transformator (rys. 10.8), to duży prąd magnesujący tego transformatora rozszerza zakres pracy stabilnej silnika, nie pozwalając mu na rozbieganie się przy braku obciążenia i umożliwiając pracę przy dużych obciążeniach przy mniejszych kątach przesunięcia szczotek bez zatrzymania się. Dla polepszenia komutacji transformator taki jest

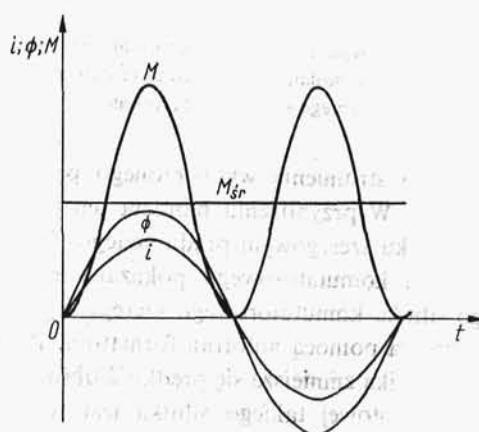


Rys. 10.8. Schemat połączeń silnika komutatorowego szeregowego trójfazowego z transformatorem

transformatorem obniżającym. Zakres regulacji prędkości obrotowej silnika komutatorowego szeregowego trójfazowego przy obciążeniu momentem znamionowym zawarty jest w granicach od 0,4 do 1,2 prędkości synchronicznej.

10.5. SILNIK KOMUTATOROWY JEDNOFAZOWY

Zasada działania silnika komutatorowego jednofazowego szeregowego jest analogiczna do zasady działania silnika szeregowego prądu stałego. Przy zmianie kierunku prądu w silniku szeregowym prądu stałego, zmienia się jednocześnie kierunek prądu w tworniku i kierunek strumienia magnetycznego wznieszonego przez uzwojenie szeregowo. Kierunek momentu, proporcjonalnego do iloczynu prądu twornika i strumienia, pozostaje niezmieniony. Na rysunku 10.9 podano przybliżone prze-

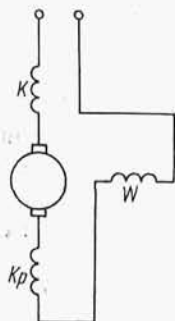


Rys. 10.9. Przybliżone przebiegi prądu, strumienia i momentu silnika szeregowego przy zasilaniu prądem przemiennym

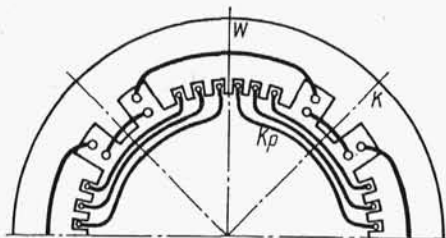
biegi prądu, strumienia i momentu silnika szeregowego przy zasilaniu prądem przemiennym. Na tym rysunku nie uwzględniono przesunięcia fazowego między prądem i strumieniem spowodowanego prądami indukowanymi w rdzeniu. Moment ma przebieg pulsujący z częstotliwością $2f$. Powstaje średnia wartość momentu M_{sr} .

Silnik szeregowy prądu stałego zasilony prądem przemiennym nie pracowałby jednak właściwie, gdyż na skutek zmian strumienia powstałyby w litych biegunach i litym jarzmie stojana zbyt duże straty. Dla zmniejszenia strat w rdzeniu silniki komutatorowe szeregowo jednofazowe mają bieguny i jarzmo wykonane z blach. Współczynnik mocy takiego silnika jest mały, na skutek indukcyjności twornika. Dlatego buduje się je tylko o mocy mniejszej od 1 kW. Podobny silnik może być zbudowany jako tzw. *silnik uniwersalny*, tj. silnik na prąd stały i przemienny. Większe silniki mają uzwojenie kompensacyjne, znoszące strumień wirnika. Dla poprawienia komutacji wyposaża się takie silniki w bieguny komutacyjne.

Schemat połączeń silnika komutatorowego szeregowego jednofazowego z uzwojeniem wzbudzącym W , komutacyjnym K i kompensacyjnym Kp pokazano na rys. 10.10. Uzwojenia są umieszczone w odpowiednich żłobkach blach stojana (rys. 10.11). Moment wytworzony w silniku komutatorowym jednofazowym jest

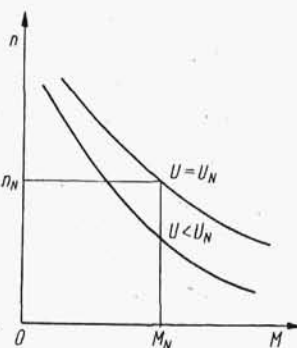


Rys. 10.10. Schemat połączeń silnika komutatorowego szeregowego jednofazowego



Rys. 10.11. Rozmieszczenie uzwojeń w stojanie silnika komutatorowego szeregowego jednofazowego

proporcjonalny do prądu twornika i strumienia wytworzonego przez połączone z twornikiem uzwojenie wzbudzące. W przybliżeniu moment ten jest proporcjonalny do kwadratu prądu, jak w silniku szeregowym prądu stałego. Charakterystykę $n = f(M)$ jednofazowego silnika komutatorowego pokazano na rys. 10.12. Rozruchu dużego jednofazowego silnika komutatorowego szeregowego można dokonać przez obniżenie napięcia, np. za pomocą autotransformatora. Ze zmniejszeniem napięcia doprowadzonego do silnika zmniejsza się prędkość obrotowa. Jednym ze sposobów regulacji prędkości obrotowej takiego silnika jest regulacja przez zmianę wartości napięcia. Inny sposób regulacji prędkości polega na zmianie strumienia uzwojenia wzbudzącego, uzyskiwanej przez zmianę liczby zwojów tego uzwojenia. Silnik przeznaczony do takiej regulacji ma na uzwojeniu wzbudzącym zaczepy, odpowiadające np.: 50%, 60%, 70%, 80%, 90% i 100% ogólnej liczby zwojów. Moment rozruchowy silnika komutatorowego jednofazowego szeregowego jest duży, podobnie jak moment rozruchowy silnika szeregowego prądu stałego.

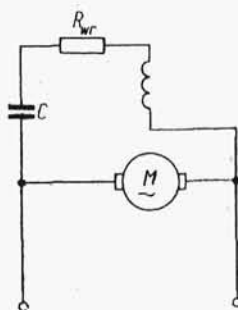


Rys. 10.12. Charakterystyki silnika komutatorowego szeregowego jednofazowego

Dzięki opadającej ze wzrostem momentu charakterystyce mechanicznej, dużemu momentowi rozruchowemu i dość dogodnej regulacji prędkości obrotowej, silniki komutatorowe jednofazowe szeregowo stosuje się w trakcji elektrycznej prądu przemiennego. Dotyczy to oczywiście silników dużej mocy, które zawsze mają uzwojenie komutacyjne i kompensacyjne. Natomiast silniki mocy ułamkowej (mniejszej od 1 kW), budowane bez uzwojeń komutacyjnych i kompensacyjnych, znajdują szerokie zastosowanie do napędu urządzeń gospodarstwa domowego, jak np.: odkurzacze, froterki, maszyny kuchenne itp.

Silnik komutatorowy jednofazowy szeregowy ma – jak każdy silnik szeregowy – bardzo „miękką” charakterystykę mechaniczną, tzn. wzrost momentu powoduje znaczne zmniejszenie prędkości obrotowej. Znacznie „sztywniejszą” charakterystykę mechaniczną ma silnik bocznikowy.

Przy zasilaniu prądem przemiennym zwykłego silnika bocznikowego prądu stałego (także ze stojanem blachowanym) prąd w uzwojeniu bocznikowym jest znacznie opóźniony w fazie w stosunku do prądu twornika, ponieważ indukcyjność uzwojenia bocznikowego jest znacznie większa niż indukcyjność twornika. Na skutek tego średni moment takiego silnika jest bardzo mały.



Rys. 10.13. Schemat połączeń silnika komutatorowego jednofazowego bocznikowego

Dla zwiększenia średniego momentu należy zmniejszyć kąt przesunięcia fazowego między prądem twornika i prądem wzbudzenia. Najprościej można to uzyskać przez włączenie kondensatora w szereg z uzwojeniem bocznikowym, jak na rys. 10.13.