

SILNIKI ELEKTRYCZNE-MAŁEJ MOCY w praktyce majsterkowicza

W wielu konstrukcjach amatorskich, w których przewidziany został napęd elektrycznym silnikiem, asynchronicznym (rzadziej synchronicznym) małej mocy, zasilanym z sieci prądu zmiennego 220 V, zachodzi potrzeba stwierdzenia przydatności tego silnika do napędu urządzenia, względnie dokonania niezbędnych czynności umożliwiających poprawną pracę zastosowanego silnika.

Jeżeli kupiony został silnik elektryczny nowy lub używany, ale znane są jego dane techniczne, to nie ma potrzeby zastanawiać się nad jego przydatnością i wystarczy tylko pobieżne oględziny.

Inaczej będzie się przedstawiała sprawa z silnikami nabytymi przypadkowo, bez tabliczki znamionowej i niezbędnych informacji dotyczących rodzaju pracy, napięcia zasilania, zastosowanego kondensatora itd. Najczęściej takie silniki wymagają bardzo dokładnego sprawdzenia, zarówno pod względem mechanicznym, jak i elektrycznym.

Sprawdzenie pod względem mechanicznym będzie wymagało zwrócenia uwagi na stan łożysk, równe przykręcenie obu pokryw silnika (bocznych), czy wirnik obraca się swobodnie nie ocierając o stojan i czy jest on odpowiednio wyważony.

Może zdarzyć się, że powodem niesprawnej pracy takiego silnika będzie skrzywiona oś, a w związku z tym nie normalne obracanie się wirnika.

W przypadku stwierdzenia takich usterek należy wymienić łożyska, odpowiednio ustawić i dokręcić pokrywy boczne, wyprostować oś wirnika, względnie wyważyć wirnik przez odpowiednie nawiercanie cięższej jego części.

Niezależnie od omówionych uszkodzeń może zdarzyć się, że łożyska nie są dostatecznie nasmarowane lub oś wirnika jest nadmiernie obciążona pa-

sem lub rzemieniem napędowym i z tego powodu silnik obraca się bardzo wolno (ciężko), nie może osiągnąć normalnej liczby obrotów.

W takich przypadkach silnik należy rozkręcić, łożyska oraz oś wirnika dokładnie wymyć w naftce, a następnie nasmarować smarem do łożysk tocznych.

Jeżeli natomiast przyczyną niedomagania w pracy silnika jest nadmierne obciążenie wirnika pasem lub rzemieniem napędzającym właściwe urządzenie, należy naciąg zwolnić, aby wirnik mógł się swobodnie obracać, a łożyska podczas pracy miały normalną temperaturę.

Sprawdzenie silnika pod względem elektrycznym będzie wymagało przede wszystkim zidentyfikowania napięcia zasilania, tzn. czy dany silnik będzie mógł być zasilany z sieci 220 V, dalej — czy to jest silnik jedno- czy trzyczłonowy, czy ma odpowiedni kierunek i ilość obrotów na minutę.

Nieodpowiednie napięcie zasilania może być powodem nadmiernego grzania się silnika, co łatwo jest stwierdzić dotykając ręką jego obudowy. Temperatura obudowy silnika na prąd zmienny, przy zasilaniu napięciem nominalnym, nie powinna przekraczać 70—80°C.

Przyczyną nadmiernego grzania się silnika, niezależnie od nieodpowiedniego napięcia zasilania, może być również i przeciążenie, tzn. silnik będzie miał za małą moc dla napędu danego urządzenia.

Fakt przeciążenia można łatwo sprawdzić przez pomiar prądu pobieranego przez silnik i porównanie wyniku pomiaru z nominalnym prądem przewidzianym dla danego silnika (jeśli te dane są wiadome).

Pozostałe przyczyny nadmiernego grzania się silnika mogą być spowodowane

wane zwarciami w uzwojeniu stojana albo brakiem jednej fazy, w przypadku zasilania trzyfazowego.

Przegrzanie silnika może być przyczyną powstawania zwarć międzyzwojowych w stojanie i spowodować znaczne pogorszenie pracy silnika, względnie jego całkowite unieruchomienie.

Pogorszenie warunków pracy może być spowodowane również nieodpowiednią pojemnością kondensatora pomocniczego, włączonego do obwodu uzwojenia rozruchowego, względnie jego uszkodzeniem.

Zdarzają się również przypadki, że amatorzy stosują do pracy ciągłej małe, w pełni sprawne silniki, które są przeznaczone tylko do pracy chwilowej i które mimo zupełnie poprawnej budowy oraz braku jakichkolwiek usterek nie będą nadawały się do napędu danego jakiegoś urządzenia, ze względu na nadmierne grzanie się w ciągu bardzo krótkiego okresu czasu. Silniki nie przewidziane do pracy ciągłej mogą być użytkowane tylko zgodnie ze swoim przeznaczeniem.

W przypadku użycia takich silników można sprawdzić, do jakiej temperatury nagrzewa się dany silnik w określonej jednostce czasu i czy ten czas pracy wystarczy do naszych celów, a w przypadku negatywnego wyniku próby, należy w ogóle zrezygnować z używania takiego silnika.

Jeśli chodzi o silniki z wirnikiem krótkozwartym, to powszechnie wiadomo, że są one przeznaczone do zasilania prądem zmiennym jedno- lub trzyfazowym. Odnznaczają się one stałą liczbą obrotów w jednostce czasu, przy jednoczesnym braku możliwości regulowania liczby tych obrotów.

Stojan silnika trzyfazowego ma trzy uzwojenia (rys. 1). Które są przyłączone do trzech przewodów sieci prądu zmiennego.

Odpowiednio do właściwości prądu zmiennego trzyfazowego, zmieniającego w sposób cykliczny swoją moc, w każ-

dym z tych uzwojeń będzie wytwarzane zmienne pole magnetyczne, a w efekcie końcowym tzw. pole wirujące, powodujące obroty wprawiające w ruch pozbawiony uzwojenia wirnik. W rzeczywistości ma on w specjalny sposób wykonane „uzwojenie”, najczęściej odlane z aluminium. Poszczególne zwoje takiego wirnika są zwarte na krótko i łączą się z dwoma tarczami, także aluminiowymi. Stąd nazwa — silniki krótkozwarte.

Silniki trzyfazowe z krótkozwartym wirnikiem można przyłączać do sieci zasilającej dwojako: w trójkąt lub w gwiazdę.

Przy podłączeniu w gwiazdę końcówki trzech uzwojeń stojana są połączone z zaciskami oznaczonymi z-x-y (rys. 2a).

Tego rodzaju układ połączeń jest powszechnie stosowany przy wyższych napięciach zasilających silnik, np. 380 V, a w niektórych egzemplarzach silników starszej konstrukcji także 220 V. Silniki krótkozwarte przeważnie są przystosowane do zasilania z sieci o napięciu 380/220 V lub 220/127 V.

Przy połączeniu uzwojenia w trójkąt (rys. 2b), każdy początek jednego z uzwojeń jest połączony z końcem drugiego uzwojenia, a więc: $u+z$, $v+x$, $w+y$ i w tym przypadku silnik jest przystosowany do zasilania napięciem niższym, np. 220/127 V.

Oznaczenie przewodów wyprowadzanych z poszczególnych uzwojeń stojana silnika trzyfazowego przedstawione jest w tabelce na następnej stronie.

Poprawność oznaczania początków i końców poszczególnych uzwojeń sprawdza się w następujący sposób:

Uzwojenia dwóch faz łączy się szeregowo i zasila ze źródła prądu zmiennego (50 Hz) o napięciu 20–30 V.

Natomiast trzecie uzwojenie łączy się z miernikiem napięć zmiennych i gdy woltomierz nie wykaże napięcia, to będzie oznaczało, że oba uzwojenia zostały połączone niewłaściwie, tj. początkami

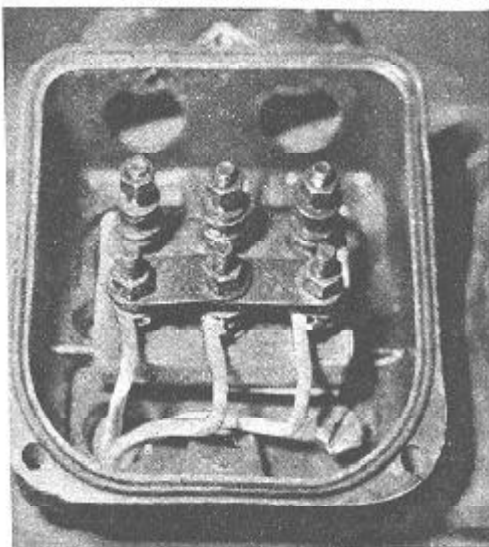
Układ połączeń	Ilość końców przewodów	Nazwa uzwojenia	Oznaczenie końców uzwojenia	
			pozątki	końce
Rozłączony	6	I faza II faza III faza	p_1 p_2 p_3	k_1 k_2 k_3
Gwiazda	4 lub 3	I faza II faza III faza zero	p_1 p_2 p_3 $0(k_1+k_2+k_3)$	
Trójkąt	3	I zacisk II zacisk III zacisk	p_1 p_2 p_3	

uzwojeń ($p_1 + p_2$), względnie ich końcami ($k_1 + k_2$).

Uzwojenia od strony źródła zasilania należy odłączyć i odpowiednio oznaczyć (po dokonaniu właściwego połączenia).

Następnie do jednego z poprzednio oznaczonych uzwojeń trzeba przyłączyć szeregowo uzwojenie trzeciej fazy, a cały

Tabliczka silnika elektrycznego trójfazowego z zaciskami do połączenia ze źródłem prądu



układ włączyć do źródła prądu zmiennego. Woltomierzem badamy zaś drugie uzwojenie.

Początki i końce uzwojeń określa się w sposób analogiczny.

Jeżeli do dyspozycji będzie silnik przewidziany do zasilania napięciem nominalnym 220/127 V, co często zdarza się w silnikach produkcji radzieckiej, to taki silnik należy włączyć do sieci 220 V w gwiazdę, podczas gdy silnik przystosowany do zasilania 380/220 V włączymy do tej samej sieci w trójkąt.

Silniki trójfazowe mogą być włączane do sieci jednofazowej, jeśli w sposób sztuczny będzie stworzona faza pomocnicza (rozruchowa), najczęściej przez włączenie do układu kondensatora (Cd) lub dławika (rys. 3).

Przy takim sposobie zasilania silnik może uzyskać w przybliżeniu 75% mocy, jaką uzyskałby przy normalnym zasilaniu trzyczasowym.

Wirnik silnika krótkozwartego osiąga maksymalną ilość obrotów w jednostce czasu zależnie od częstotliwości prądu, a niezależnie od tego występuje tzw. poślizg zależny od obciążenia silnika i napięcia zasilającego, przejawiający się w tym, że liczba obrotów wirnika zawsze będzie mniejsza od nominalnej.

Przy pominięciu poślizgu, liczbę obrotów wirnika można obliczyć ze wzoru:

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

gdzie: n — liczba obrotów wirnika na minutę,

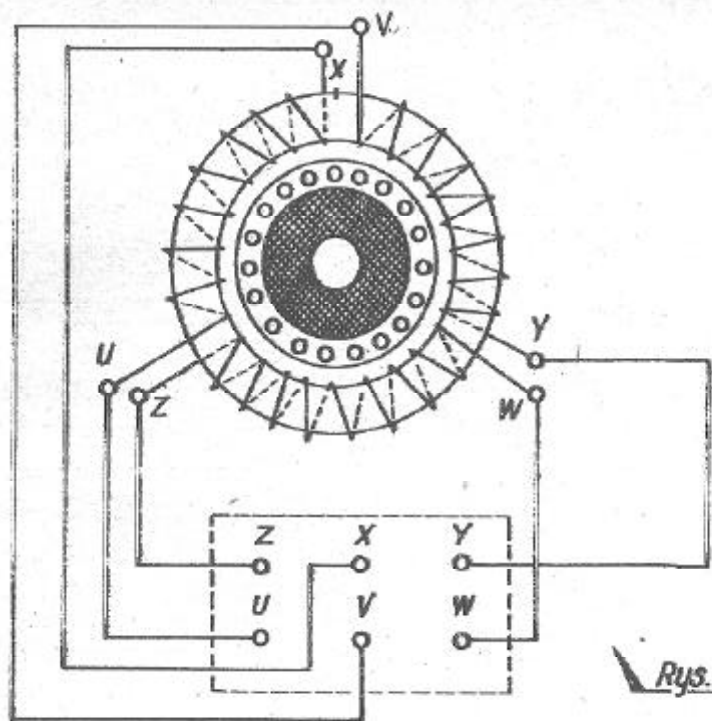
f — częstotliwość sieci,

p — liczba par biegunów.

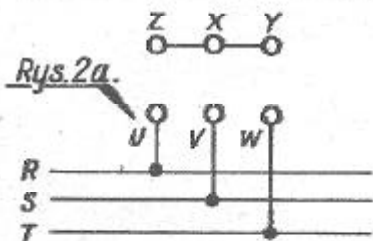
Przykład: Dla silnika z czterema biegunami (2 pary) i dla częstotliwości sieci 50 Hz liczba obrotów „ n ” wyniesie:

$$n = \frac{50 \cdot 60}{2} = 1500 \text{ obr/min}$$

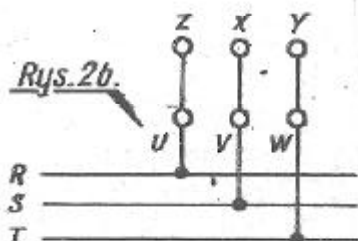
Przy założeniu, że poślizg nie przekracza 2%, rzeczywista liczba obrotów wyniesie 1470.



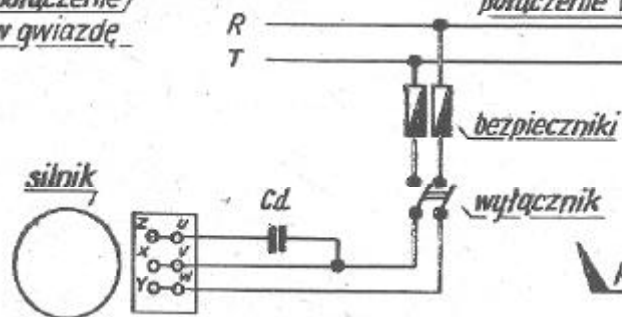
Rys. 1.



połączenie w gwiazdę



połączenie w trójkąt



Rys. 3.

Przy zastosowaniu dodatkowego kondensatora silnik będzie mógł pracować tylko wtedy, gdy będzie prawidłowo dobrana pojemność i napięcie pracy tego kondensatora.

Im większy będzie silnik, tym większego będzie wymagał kondensatora pomocniczego i tym silniejsze będzie nagrzewanie uzwojenia silnika.

Z tego powodu układy z kondensatorem pomocniczym stosuje się tylko w silnikach niewielkich, przy mocach nie przekraczających 1 KM (736 W).

Może zdarzyć się, że nie będzie znana pojemność kondensatora włączanego razem z pomocniczym uzwojeniem fazy rozruchowej silnika.

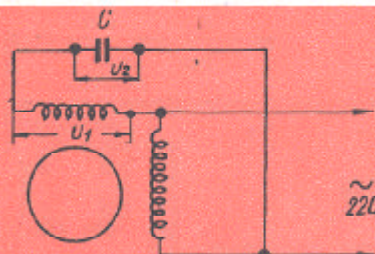
Aby określić dane kondensatora, uzwojenie zasadnicze przyłączamy bezpośrednio do sieci prądu zmiennego,

a uzwojenie pomocnicze przez kondensator o pojemności od 1 do 10 mikrofaradów (rys. 4), mierząc jednocześnie napięcie (U_1) na końcówkach uzwojenia pomocniczego i napięcie (U_2) na końcówkach.

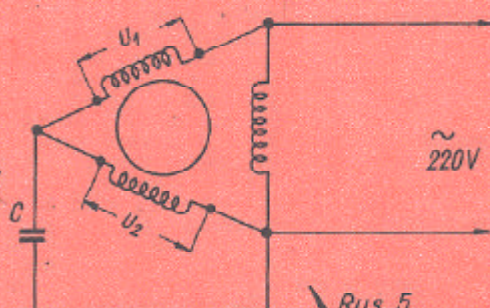
Jeżeli okaże się, że napięcie na kondensatorze będzie wyższe od napięcia na uzwojeniu pomocniczym, to pojemność kondensatora należy powiększyć, w przeciwnym razie pojemność kondensatora należy zmniejszać do momentu, gdy nastąpi wyrównanie obu tych napięć.

Napięcie pracy kondensatora powinno być wyższe od napięcia występującego na uzwojeniu pomocniczym 1,7 do 2 razy.

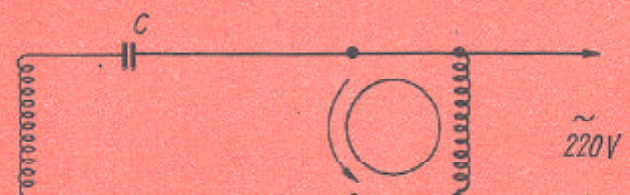
Dobieranie kondensatora dla silnika trzyfazowego odbywa się w taki sam spo-



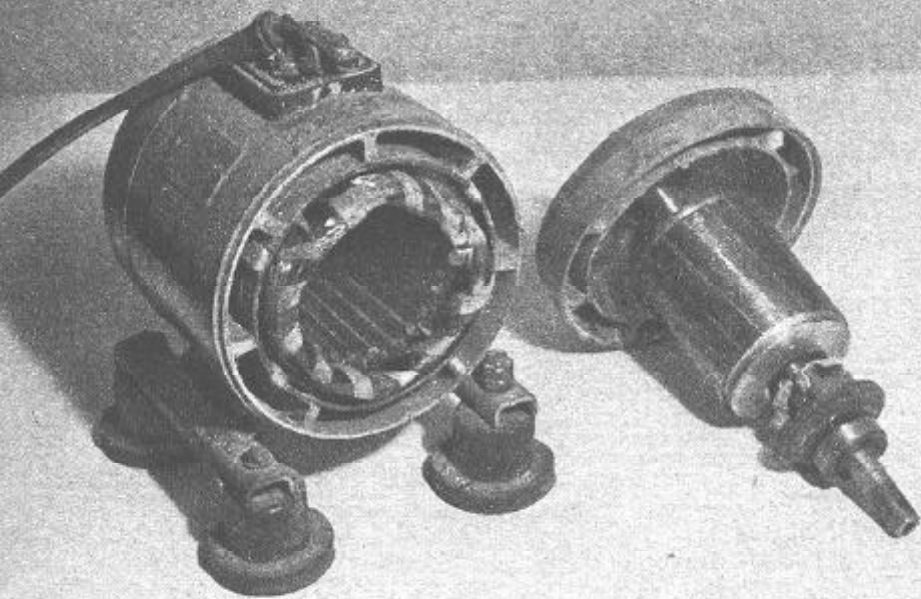
Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6



Części silnika elektrycznego krótkozwartego, jednofazowego stosowanego w popularnych pralkach

sób i przy prawidłowo dobranej pojemności napięcie na uzwojeniu trzeciej fazy powinno być takie jak na pozostałych uzwojeniach (rys. 5).

Zmiana kierunku obrotów w silniku asynchronicznym, kondensatorowym może być dokonana przez zmianę połączenia końców uzwojenia pomocniczego (rys. 6).

W silnikach nie mających uzwojeń pomocniczych i kondensatora odwracającego fazę zmiany kierunku obrotów można dokonać w następujący sposób:

Silnik należy rozebrać, wyjąć wirnik i przekręcić stojan o 180° , po uprzednim zaznaczeniu położenia pierwotnego. Silnik następnie ponownie złożyć uważając, aby wirnik mógł się swobodnie obracać, nie ocierając o blachy stojana.

Po dokonaniu takiego zabiegu wirnik silnika będzie obracał się w odwrotnym kierunku.

Kondensatory pomocnicze powinny być z dielektrykiem papierowym przewidziane na napięcie pracy nie mniejsze niż 500–600 V, gdyż zastosowanie kondensatorów o niższym napięciu pracy może doprowadzić do szybkiego ich przegrzania i przebicia, co może spowodować spalenie silnika.

Podawane na kondensatorze napięcie próby odnosi się do wartości napięcia stałego i z tego powodu wartości dla napięcia zmiennego (50 Hz) powinny być odpowiednio wyższe.

Przy wykonywaniu prac związanych z pomiarami napięć, łączeniem uzwojeń silników, dobieraniem pojemności kondensatora rozruchowego, jak i podczas eksploatacji silnika należy zachować specjalną ostrożność, aby uchronić się przed porażeniem prądem elektrycznym.

Inż. Jerzy Brdulak