

PRZEZWAJANIE SILNIKÓW ZE ZWARTĄ FAZĄ ROZRUCHOWĄ

Czynność wymiany uszkodzonego uzwojenia maszyny elektrycznej na nowe uzwojenie nazywamy przezwajaniem maszyny.

Przewajanie większości maszyn elektrycznych jest dosyć kłopotliwe, ale w przypadku silników jednofazowych ze zwartą fazą rozruchową nie stanowi ono większego problemu i tylko zupełnie wyjątkowo ich wykonanie może być utrudnione. Dla lepszej orientacji zamieszczamy fotografię typowych uzwojeń silnika ze zwartą fazą rozruchową (fot. 1).

Jak widać, uzwojenia są zazwyczaj nawinięte na specjalnych szpulach albo też tworzą bezszpulowe cewki, odpowiednio uformowane i usztywnione bandażem izolacyjnym.

Do przewajania maszyny przystępujemy dopiero wtedy, gdy mamy absolutną pewność, że uzwojenie jest całkowicie uszkodzone mechanicznie lub elektrycznie. Często okazuje się, iż przerwane są same doprowadzenia prądu do poszczególnych cewek albo występuje przerwa w zewnętrznych zwojach cewki. Podczas poszukiwania przerwy w zewnętrznych zwojach cewki dobrze jest posłużyć się lupą zegarmistrzowską. W razie konieczności ewentualną przerwę można naprawić przez zlutowanie i dokładne zaizolowanie połączenia. W uzwojeniach szpulowych spotyka się też uszkodzenie, polegające na odłamaniu doprowadzenia do zewnętrznych zwojów cewki. W takim przypadku, za pomocą lutownicy, wytapiamy szpulę w okolicy oderwanego doprowadzenia. W ten sposób odsłaniamy mały fragment drutu, który delikatnie czyścimy z izolacji i następnie dolutowujemy do niego miękka linkę

miedzianą. Dla zabezpieczenia wykonanego połączenia zalewamy je dużą kroplą kleju polistyrenowego lub epidianu i pozostawiamy do całkowitego wyschnięcia.

Jeśli mamy pewność, że uzwojenie nie nadaje się do naprawy, nie pozostaje nam nic innego, jak wykonanie przewajowania maszyny.

Ogólną zasadą, jaką przyjmujemy podczas przewajowania dowolnej maszyny, będzie ściśle odwzorowanie uzwojenia fabrycznego, wraz ze sposobem jego połączeń.

W powyższym stwierdzeniu nie ma żadnej przesady, a odstępstwa od podanej zasady są ewidentnym błędem popełnianym świadomie, bądź nieświadomie, przez majsterkowiczów.

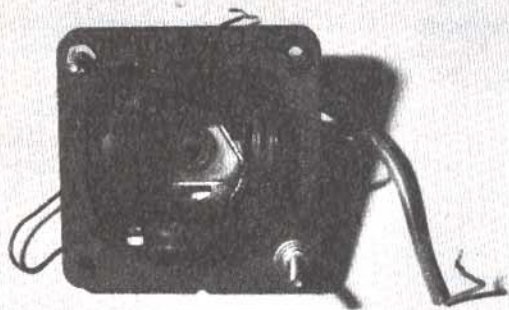
Przed demontażem maszyny należy zatem zanotować na kartce dane znamionowe i naszkicować sposób połączeń uzwojenia oraz kierunek nawinięcia poszczególnych cewek.

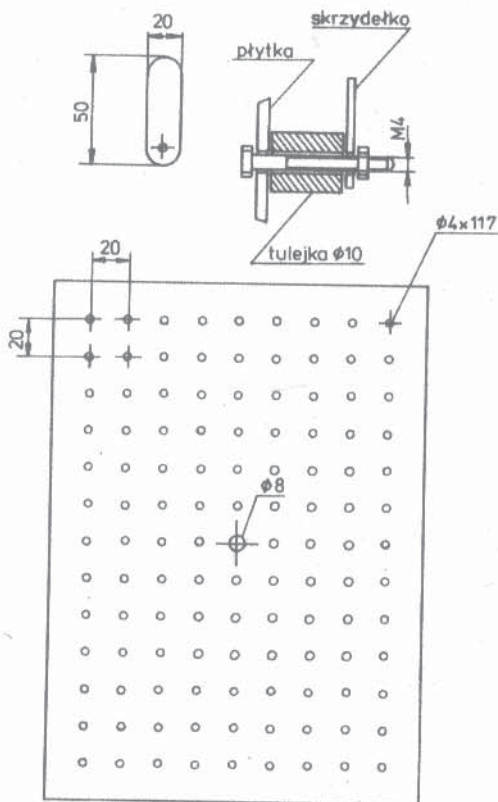
Wykonywanie uzwojeń bezszpulowych

Przed wykonaniem nowego uzwojenia silnik trzeba zdemontować. W tym celu należy rozkręcić maszynę i wyjąć wirnik. Zdarza się, że niektóre silniki są nitowane – w takim przypadku najpierw usuwamy główki nitów, a następnie demontujemy silnik. Zdjęcie cewek uzwojenia ułatwia ich rozgięcie za pomocą wkrętaka. Po zdjęciu cewek usuwamy z nich zewnętrzną izolację i starannie rozprostowujemy zwoje, tak by przypominały prostokąt, po czym dokładnie mierzymy od wewnątrz długość boków prostokąta oraz ustalamy orientacyjną grubość cewki. Powyższe czynności wykonujemy dokładnie, ponieważ od nich zależy, czy nowa cewka będzie dobrze pasowała do biegunów. Nie należy też zaniedbać oszacowania grubości zewnętrznej izolacji starej cewki.

W silnikach z cewkami bezszpulowymi (szablownymi) na ogół nie znajdziemy danych odnośnie zwojów cewki i średnicy drutu nawojowego. Dlatego musimy dokładnie przeliczyć zwoje cewki i zanotować ich ilość. Po przeliczeniu zwojów (wystarczy dla jednej cewki) mierzymy średnicę użytego drutu nawojowego. Pomiar wykonujemy za pomocą śruby mikrometrycznej, po uprzednim usunięciu izolacji. W ostateczności można się posłużyć dokładną suwmiarką (dokładność minimum 0,05 mm). Ostatnią

Fot. 1





RYS. 1

czynnością przygotowawczą będzie oszacowanie długości użytego drutu nawojowego, którą otrzymujemy obliczając iloczyn średniej długości obwodu cewki i liczby jej zwojów.

Na nowe uzwojenie stosujemy taki sam typ drutu nawojowego jak drut w uzwojeniu zniszczonym. **Drut o mniejszej lub większej średnicy nie nadaje się.** Oczywiście, nie można stosować zamiast drutu emaliowanego drutu w oprzędzie włóknistym, bowiem taki drut zajmuje znacznie więcej miejsca.

Wykonanie nowych cewek wymaga użycia odpowiedniego szablonu. W najprostszym przypadku może to być prostokątna deseczka, o wymiarach większych niż wymiary cewki, zaopatrzona w cztery kołki, umieszczone prostopadłe do jej powierzchni. Kołki powinny się znajdować w rogach prostokąta o wymiarach równych wewnętrznym wymiarom starej, rozprostowanej cewki. Dobrym materiałem na kołki jest twarde drewno lub tworzywo sztuczne, ale nawet gwoździe, osłonięte koszulką izolacyjną spełnią swoją rolę. Wysokość kołków powinna być nieco większa od uprzednio wyznaczonej grubości cewki. Końce kołków zaopatrujemy w skrzydełka, zabezpieczając przed zsuwaniem się zwojów cewki. Przez środek deseczki można wywiercić otwór

i zamocować w nim oś ze śruby. Koniec śruby mocuje się w uchwycie ręcznej wiertarki, a samą wiertarkę zaciska się w szczękach imadła stołowego.

Jeśli przewidujemy przewijanie różnych typów maszyn elektrycznych, to wtedy opłaca się wykonać uniwersalny szablon-nawijarkę (rys. 1). Jak widać konstrukcja szablonu daje możliwość wykonywania cewek o różnych wymiarach, przez zmianę położenia kołków na płaszczyźnie perforowanej płyty. Dużym udogodnieniem w pracy będzie zastosowanie do szablonu-nawijarki licznika obrotów, w przeciwnym razie trzeba zliczać ilość nawiniętych zwojów cewki.

Podczas nawijania poszczególnych cewek należy unikać zbyt dużego naciągu drutu i jego krzyżowania. Cewki nawijamy warstwowo. Po nawinięciu cewki sprawdzamy, czy ilość jej zwojów jest zgodna z notatkami (przed zdjęciem cewki z szablonu i odcięciem końcówki drutu nawojowego). Jeżeli cewka ma właściwą liczbę zwojów, lutujemy do jej końców giętkie odcinki izolowanej linki miedzianej. Miejsca lutowania izolujemy koszulką olejową lub igelitową. Przed założeniem izolacji zewnętrznej, boki cewki przewiązujemy mocną nicią, co zapobiega rozsypany i krzyżowaniu się zwojów.

Zakładanie izolacji zewnętrznej na cewkę nazywamy bandażowaniem. Bandaż chroni cewkę przed uszkodzeniami mechanicznymi, usztywnia ją i stanowi zarazem izolację między cewką a stojanem. Z tego też względu bandażowanie trzeba wykonać bardzo starannie. Na bandaż użyjemy taśmy z ceratki olejowej, zwykłej taśmy bawełnianej lub taśmy jedwabnej. Bandaż zakładamy począwszy od zewnętrznej strony cewki, od tzw. czoł, które wystają poza biegun z obu stron stojana. Cewkę bandażujemy ściśle, z zakładem na 1/3 szerokości taśmy, ale tak, by nie doprowadzić przy tym do jej zbyt dużej deformacji. Taśmę prowadzimy dwukrotnie po obwodzie cewki. Po zakończeniu bandażowania koniec taśmy przekładamy przez jej trzy ostatnie zwoje i silnie ściągamy. Do bandażowania nie należy używać izolacji do przewodów, taśmy samoprzylepnej, przylepca lekarskiego itp. materiałów.

Kolejną czynnością, jaką wykonamy, będzie oczyszczenie stojana. Zwracamy przy tym uwagę na okolice biegunów, gdzie zazwyczaj pozostają resztki spalonej izolacji i lakieru, silnie przywierające do żelaza. Stojan czyścimy mechanicznie, można tu użyć małego skrobaka i ewentualnie drobnego płótka ściernego. Oczyszczony stojan przecieramy benzyną ekstrakcyjną i lakierujemy wodoodpornym lakierem bezbarwnym, szlakiem rozpuszczonym w spirytusie lub innym lakierem dobrej jakości. Do

tego celu nie wolno używać lakierów z zawiesiną proszków metalicznych, ze względu na ich słabe własności izolacyjne. Lakierowanie zabezpiecza stojan przed korozją i stanowi zarazem dodatkową izolację elektryczną.

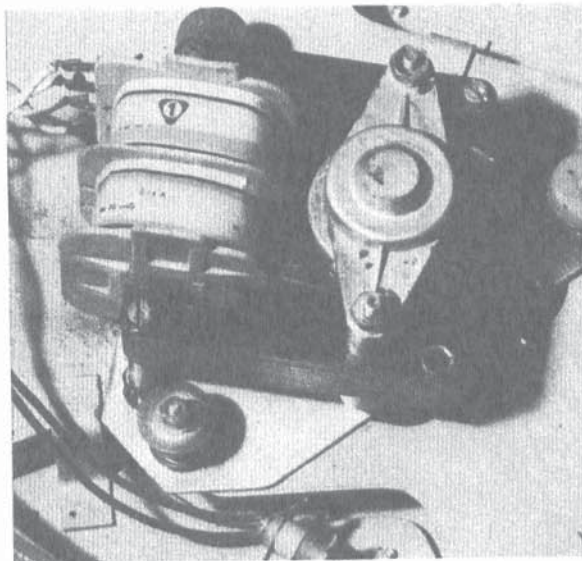
Po wysuszeniu stojana, zakładamy na niego nowe cewki, formując je w taki sposób, żeby ściśle pasowały do kształtu biegunów. Czola cewek odginamy na zewnątrz stojana w celu ich oddalenia od wirnika. Następnie łączymy doprowadzenia cewek zgodnie z notatkami, a miejsca łączeń izolujemy koszulką olejową i próbnie składamy silnik. Zwracamy przy tym uwagę, czy cewki i ich połączenia znajdują się w bezpiecznej odległości od wirujących części maszyny, i kontrolujemy stan izolacji między uzwojeniem a obudową. Jeżeli stan izolacji jest zadowalający, możemy uruchomić silnik, prowadząc próbę biegu jałowego. Gdy próba wypadnie pomyślnie, przystępujemy do wykonania ostatnich czynności – powtórnie demontujemy silnik, za pomocą szpaga-tu mocujemy cewki do stojana (sposób mocowania powinien odpowiadać sposobowi fabrycznemu, czasem wystarcza prawidłowe wyprofilowanie cewek) oraz mocujemy doprowadzenia prądu i połączenia uzwojenia. Doprowadzenia prądu mocujemy w ten sposób, by odsunąć je jak najdalej od wirnika.

Przed montażem silnika uzwojenie nasycamy lakierem izolacyjnym. W celu nasycenia (impregnacji) zanurzamy stojan z uformowanym i zamocowanym uzwojeniem, na kilkanaście minut, w naczyniu z lakierem. Następnie uzwojenie suszymy w podwyższonej temperaturze, np. w pobliżu kuchni elektrycznej, piecyka lub dużej żarówki. Mniej efektywną metodą nasycenia uzwojeń jest kilkakrotne lakierowanie ich za pomocą miękkiego pędzelka, należy tu zaznaczyć, że nasycenie uzwojeń ma podstawowe znaczenie dla ich trwałości, gdyż poprawia izolację międzyzwojową, usztywnia cewki oraz zapobiega drganiom drutu nawojowego. Po nasyceniu i wysuszeniu uzwojenia czyścimy stojan z nadmiaru lakieru (dotyczy to głównie biegunów), tak aby wirnik obracał się swobodnie i nie zacierał o bieguny stojana.

Łożyska silnika przemywamy benzyną ekstrakcyjną i napełniamy świeżym smarem, po czym montujemy silnik.

Uzwojenia szpulowe

Uzwojenia silników nawinięte na szpulach (karkasach) są bardzo łatwe do wykonania (fot. 2), dlatego też nie poświęcimy im zbyt dużo miejsca. Wykonanie takiego uzwojenia polega praktycznie na ustaleniu liczby zwojów i średnicy drutu nawojo-

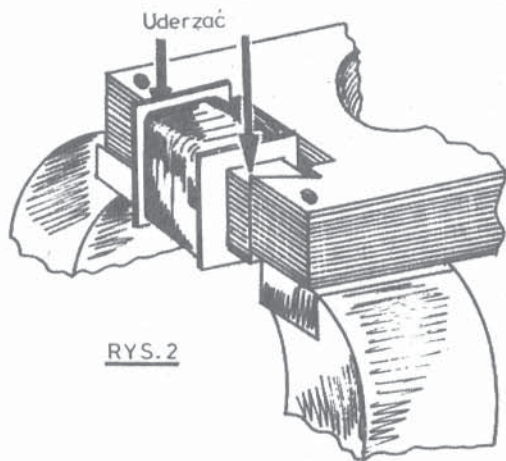


Fot. 2

wego oraz nawinięciu odpowiedniego drutu w miejscu spalonego.

Szpułę wraz z częścią stojana (jarzemkiem) wybijamy za pomocą młotka i pręta miedzianego, uderzając raz z jednej, raz z drugiej strony szpuli w jarzemko (rys. 2). Do tej czynności wygodnie jest zdemontować silnik, aby podczas pracy nie uszkodzić pozostałych elementów. W małych silniczkach bardzo często elementy obwodu magnetycznego są pasowane na wcisk, co czasem prowadzi do błędnego przekonania o niemożności wykonania demontażu.

Podczas montażu jarzemko należy ustawić dokładnie w pierwotnym położeniu. Zarówno wybijanie, jak wbijanie elementów obwodu magnetycznego



RYS. 2

go wymaga dużej staranności, bowiem można zniszczyć szpulę albo doprowadzić do rozwarstwienia blach.

Przystosowanie silnika do zasilania różnymi napięciami

Większość silników ze zwartą fazą rozruchową jest przystosowana do zasilania napięciem 220 V. Spotyka się też silniki z uzwojeniem przełączalnym, które można zasilac napięciem 220 V (szeregowe połączenie cewek) lub napięciem 110 V (równoległe połączenie cewek). W praktyce amatorskiej, szczególnie w modelarstwie, przydają się silniki zasilane napięciem do 40 V ze względu na bezpieczeństwo. Okazuje się, że w niektórych przypadkach, kiedy w stojanie jest dostatecznie dużo miejsca na pomieszczenie uzwojenia, można przezwoić silnik na znacznie niższe napięcie pracy.

W poprzednim odcinku artykułu powiedzieliśmy, że silnik ze zwartą fazą rozruchową daje się porównać do transformatora. Skorzystamy więc ze znanej zależności:

$$U_1 / U_2 \approx z_1 / z_2 \approx I_2 / I_1 = k,$$

gdzie U_1 – napięcie, do którego był przystosowany silnik,

U_2 – napięcie, na jakie chcemy silnik przezwoić,

z_1 – ilość zwojów dla napięcia U_1 ,

z_2 – ilość zwojów dla napięcia U_2 ,

I_1 – prąd silnika dla napięcia U_1 ,

I_2 – prąd silnika dla napięcia U_2 ,

k – stosunek napięcia $U_1:U_2$.

Przekształcając powyższe wyrażenia otrzymamy:

$$1. z_2 = U_2 \times z_1 / U_1 = z_1 / k$$

$$2. I_2 = z_1 \times I_1 / z_2 = k \times I_1$$

Ponieważ w uzwojeniu silnika przezwojonego na niższe napięcie popłynie k razy większy prąd niż dla napięcia U_1 , należy k razy zwiększyć przekrój drutu nawojowego.

$$3. S_2 = k \times S_1$$

gdzie S_1 – przekrój drutu dla napięcia U_1 ,

S_2 – przekrój drutu dla napięcia U_2 .

Znając przekrój drutu możemy wyznaczyć jego średnicę ze wzoru:

$$S = \pi \times D^2 : 4$$

zatem ostatecznie wzór na przybliżoną średnicę drutu nawojowego przyjmuje postać:

$$4. D_2 = 2\sqrt{k \times S_1 / \pi}$$

D_2 – średnicą drutu o przekroju S_2

$$5. D_2 = \sqrt{k \times D_1^2}$$

Wzór (4) stosujemy, gdy znamy przekrój drutu uzwojenia na napięcie U_1 , natomiast wzór (5) – gdy znamy średnicę tego drutu.

Wyliczoną średnicę zaokrąglamy do najbliższej wyższej średnicy wg katalogu drutów nawojowych.

Sposób wykonania uzwojenia jest oczywiście analogiczny do sposobu podanego wcześniej.

Dla przykładu omówimy sposób przeliczenia uzwojenia silnika typu S 12. Silniki o podobnej konstrukcji powszechnie stosuje się w gramofonach, wentylatorach, magnetofonach i innych urządzeniach.

Dane uzwojenia silnika S 12:

Napięcie znamionowane – 220 V,

Prąd znamionowy – 0,14 A,

Ilość zwojów – 2 x 1700 (3400 zw.),

Średnica drutu nawojowego – 0,23 mm (drut nawojowy w emalii – DNE),

Uzwojenie szpulowe dwusekcyjne – praca szeregowo 220 V lub równoległa 110 V.

Sposób nawinięcia – warstwowo bez przekładek.

Zaplanowano przezwojenie silnika na napięcie 24 V.

1. Wyznaczenie stosunku k

$$k = U_1 / U_2, k = 220 / 24 \approx 9,17$$

2. Obliczenie prądu znamionowego dla napięcia 24 V

$$I_2 = k \cdot I_1, I_2 = 9,17 \cdot 0,14 \approx 1,28 \text{ A}$$

3. Obliczenie ilości zwojów uzwojenia dla 24 V

$$z_2 = z_1 / k, z_2 = 3400 / 9,17 \approx 371 \text{ zw.}$$

(dla równego podziału na dwie sekcje przyjmujemy 372 zw.)

4. Obliczenie średnicy drutu nawojowego dla 24 V

$$D_2 = \sqrt{k \times D_1^2}, D_2 = \sqrt{9,17 \times 0,23^2} \approx 0,696$$

przyjmujemy najbliższą górną średnicę katalogową, czyli 0,7 mm.

Dla nowego uzwojenia zakładamy analogiczny sposób wykonania, jaki był przyjęty przez wytwórcę, zatem nawijamy dwie sekcje po 196 zw. warstwowo. Łącząc cewki (sekcje) szeregowo lub równoległe możemy zasilac silnik napięciem 24 V lub 12 V. W obu przypadkach strumień wytwarzany przez cewki musi być zgodny co do kierunku.

W powyższym przykładzie nie uwzględniono oporności czynnej uzwojenia tak, że silnik będzie pobierał nieco większy prąd niż wyliczony.

Jerzy Augustyniak
Włodzimierz Augustyniak