



Przerzynanie drewna, sklejk i materiałów drewnopochodnych, takich jak płyty wiórowe, pilśniowe czy paździerzowe, wymaga znacznego wysiłku fizycznego. Inaczej przedstawia się sytuacja, gdy mamy do dyspozycji pilarkę tarczową z napędem elektrycznym.

Na str. 65, w dalszym ciągu cyklu pt. „Elektronarzędzia majsterkowicza” piszemy, jak taką pilarkę zbudować w domowym warsztacie.



# NA WARSZTACIE

## MASZYNY ELEKTRYCZNE W PRAKTYCE AMATORSKIEJ

Maszyny elektryczne zaczęto budować grubo ponad sto lat temu, z początkiem lat trzydziestych ubiegłego wieku.

Pierwszy silnik elektryczny skonstruował znakomity fizyk angielski Michael Faraday (1791–1867). Silnik ten nie miał znaczenia praktycznego, jednak zapoczątkował budownictwo maszyn elektrycznych. Nie sposób wprost ocenić znaczenia doświadczeń tego genialnego fizyka. Zbudował on bowiem również pierwowzór transformatora i określił fizyczne zasady działania generatorów prądu, a tym samym przyczynił się do powstania elektroenergetyki, stanowiącej bazę współczesnej cywilizacji. To też w niewiele lat po pionierskich doświadczeniach Faradaya zbudowano pierwsze przemysłowe maszyny elektryczne.

Współczesne maszyny elektryczne różnią się zasadniczo od swych poprzedniczek i doprawdy, niewiele im brak do doskonałości. Charakteryzują się one niebywałą trwałością i nie spotykają u innych maszyn sprawnością, osiągającą przy większych mocach blisko 100%. Tym niemniej i one, tak jak większość wytworów techniki, wymagają odpowiednich warunków pracy oraz zabiegów konserwacyjnych. Jeśli użytkownik o tym zapomni, to nawet maszyna elektryczna, chociaż w pewnym sensie doskonała, też z czasem odmówi mu posłuszeństwa.

Celem niniejszego artykułu jest omówienie zasad użytkowania, konserwacji i naprawy wirujących maszyn elektrycznych o mocy ułamkowej, to znaczy mniejszej od 1 kW.

Maszyny mocy ułamkowej (głównie silniki) są powszechnie stosowane w gospodarstwie domowym, urządzeniach elektroakustycznych, elektroinżynierii, automatyce, samochodach i, rzecz jasna, stanowią cenną pozycję wyposażenia warsztatu majsterkowicza. Niestety, w ręce majsterkowiczów trafiają najczęściej maszyny uszkodzone. Zamiast jednak rozpatrywać przykre strony tego faktu, lepiej będzie przystąpić do działania. Nie, nie natych-

miast – mamy jeszcze jedną ważną uwagę.

**Podczas prac związanych z maszynami elektrycznymi powstaje niebezpieczeństwo porażenia prądem elektrycznym.**

Napięcia, jakimi zasilają się większość maszyn elektrycznych, wynoszą 220 i 380 V, są zatem niezwykle niebezpieczne.

**Pod żadnym pozorem nie wolno dokonywać manipulacji przy maszynach włączonych do sieci zasilającej.**

### „Dowód osobisty” maszyny elektrycznej

Każdą maszynę, w szczególności więc i maszynę elektryczną, cechują pewne parametry techniczne. Znajomość ich jest podstawowym warunkiem prawidłowego użytkowania danej maszyny. Dla maszyn elektrycznych przyjęto umieszczać zbiór opisujących je parametrów na tabliczce znamionowej (fot. 1). Tabliczka znamionowa znajduje się naj-

Fot. 1. Tabliczka znamionowa silnika elektrycznego



część na zewnętrznej stronie obudowy maszyny. Stanowi ona podstawowe źródło informacji o danej maszynie.

W większości przypadków na tabliczce znamionowej nie znajdziemy wszystkich cechujących maszynę parametrów. Mogą też wystąpić pewne różnice w systemie oznaczeń, zależnie od symboliki przyjętej przez poszczególnych producentów.

A oto parametry charakterystyczne dla wirujących maszyn prądu stałego i przemiennego (silniki i prądnice):

1. Producent, typ maszyny, nr fabryczny, rok produkcji
2. Rodzaj prądu
3. Napięcie zasilające (wytwarzane), np. 220 V
4. Częstotliwość prądu, np. 50 Hz
5. Moc silnika (prądnicy), np. 0,736 kW (dawniej KM)
6. Obroty znamionowe, np. 1450 obr/min
7. Prąd znamionowy (pobierany, oddawany), np. 1-5 A

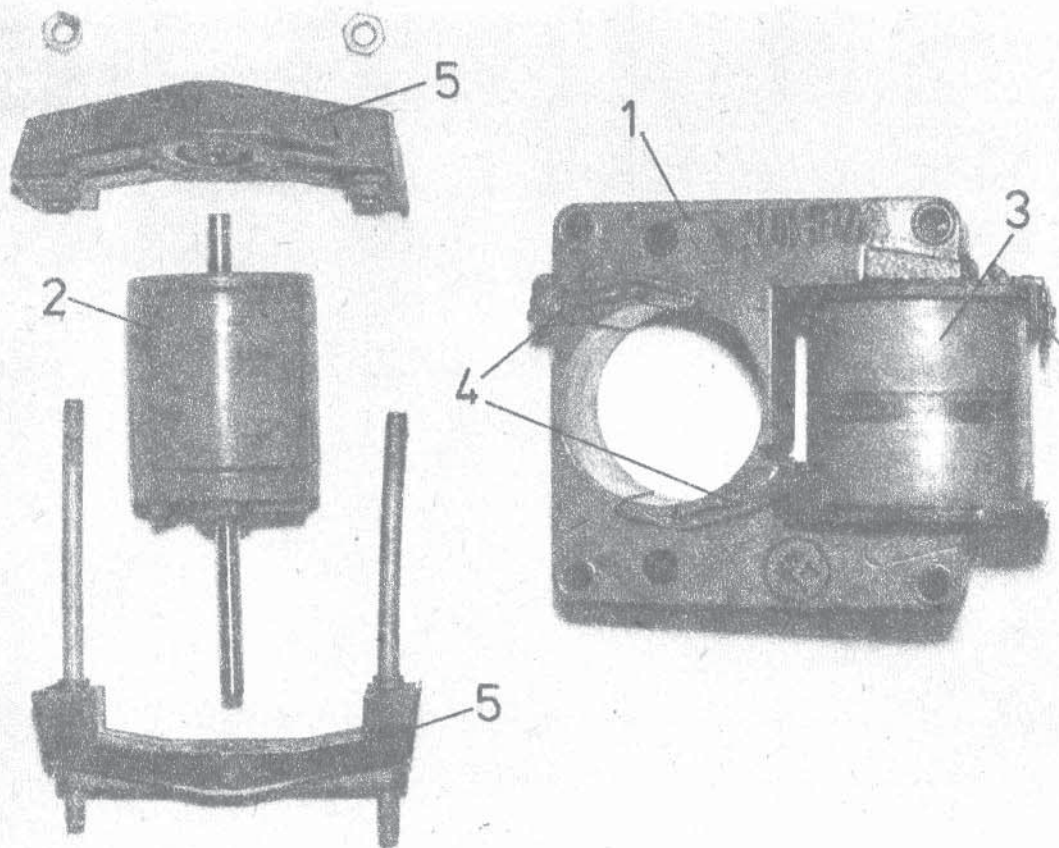
8. Moment obrotowy, np. 0,9 kGm
9. Sprawność, np.  $\eta - 0,87$  lub 87%
10. Współczynnik mocy, np.  $\cos \varphi - 0,75$
11. Temperatura pracy, np.  $-25^{\circ} - +60^{\circ} \text{C}$  lub  $248^{\circ} - 333^{\circ} \text{K}$
12. Masa, np. 6,5 kg (dawniej ciężar w kG)

Dane znamionowe, umieszczane na tabliczce znamionowej, zazwyczaj grupuje się, np. 220 V-5 A-50 Hz, co prowadzi do oszczędności miejsca.

Tabliczka znamionowa maszyny powinna dostarczać wszelkich niezbędnych danych o maszynie, jednakże prawidłowej ich interpretacji może dokonać tylko specjalista. Pomimo to zdarza się, że nawet specjalista może napotkać trudny problem, a mianowicie w razie całkowitej lub częściowej nieczytelności tabliczki czy też jej braku. Nie pozostaje wtedy nic innego, jak wnioskowanie o przeznaczeniu maszyny na podstawie oględzin, co połączone jest zazwyczaj z demontażem.

W warunkach amatorskich należy wykorzystać każdą dostępną metodę identyfikacji maszyny (np.

Fot 2. Zdemontowany silnik elektryczny: 1 - stojan, 2 - wirnik, 3 - uzwojenie, 4 - zwarta faza rozruchowa, 5 - pokrywy z łożyskami





katalogi fabryczne, porównanie ze zbliżonym znanym typem itp.). Dopiero w ostateczności można wnioskować o przeznaczeniu danej maszyny na podstawie szczegółowego oglądu i demontażu.

Tabliczka znamionowa powinna więc być pierwszym interesującym nas elementem maszyny.

### Silniki jednofazowe ze zwartą fazą rozruchową

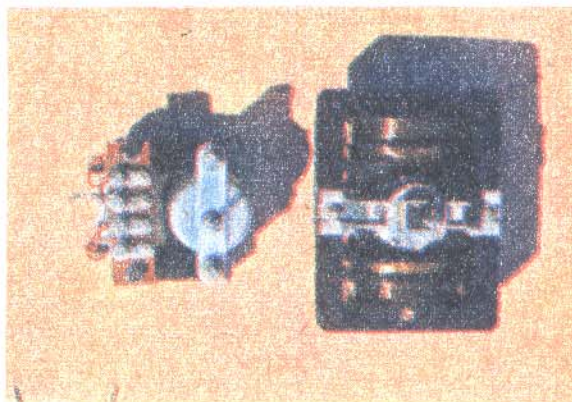
Już w samej nazwie, użytej w tytule rozdziału, kryją się pojęcia nie znane, być może, niektórym Czytelnikom. A jeśli tak, to czy można mówić o naprawie, skoro nie wiadomo nawet, na jakiej zasadzie taka maszyna działa. Postaramy się więc pokrótce, w sposób intuicyjny, wyjaśnić niektóre zagadnienia, zakładając jednakże, że Czytelnik zna podstawy elektrotechniki.

Budowa silnika ze zwartą fazą rozruchową przypomina budowę innych maszyn prądu przemiennego. Tak jak inne maszyny, wspomniany silnik ma stojan i wirnik (fot. 2) oraz pokrywy (występujące często w formie szczątkowej), w których ułożyskowany jest wał wirnika.

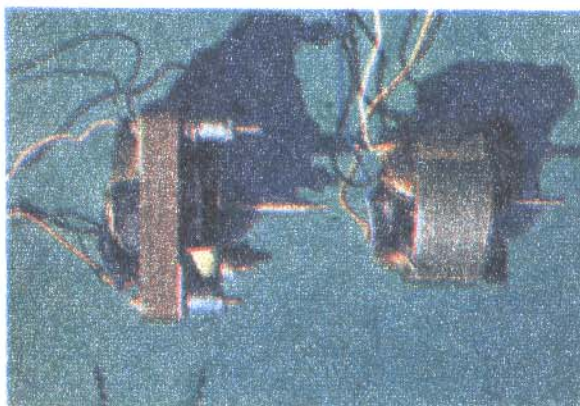
Na stojanie (1) takiego silnika umieszczone jest uzwojenie (3), wytwarzające strumień magnetyczny w stojanie. Strumień ten zamyka się przez wirnik (2). Zarówno stojan, jak i wirnik wykonane są z materiału ferromagnetycznego. Silniki ze zwartą fazą rozruchową są maszynami prądu przemiennego, zatem dla uniknięcia strat na prądy wirowe, stojan i wirnik wykonuje się z pakietów cienkich blach żelazokrzemowych. Każda z blach pakietu jest izolowana elektrycznie za pomocą papieru, lakieru lub warstwy tlenków.

Wirnik silnika również ma uzwojenie, wytwarzające własny strumień magnetyczny, chociaż nie jest ono bezpośrednio widoczne. Uzwojenie wirnika takiej maszyny składa się z pojedynczych prętów miedzianych lub aluminiowych, przetkniętych przez otwory, rozmieszczone symetrycznie na okręgu współśrodkowym z osią wirnika. Otwory te znajdują się tuż pod powierzchnią walcową wirnika. Wszystkie pręty są połączone elektrycznie za pomocą pierścieni, przyspawanych do czoł prętów. Nowszą metodą wykonania polega na odlaniu całego uzwojenia bezpośrednio w wirniku. W ten sposób wykonane uzwojenie wirnika tworzy tak zwaną klatkę, która stanowi zamknięty, zwarty obwód elektryczny. Jednak to jeszcze nie jest zwarta faza rozruchowa.

Przypuśćmy teraz, że tak zbudowaną maszynę włączymy do źródła jednofazowego prądu przemiennego. Wówczas będzie się ona zachowywała podobnie jak zwarty transformator, którego uzwo-



Fot. 3. Różne silniki ze zwartą fazą rozruchową. U góry od lewej – miniaturowy silnik z przekładnią od zegara elektrycznego i silnik od magnetofonu ZK 120. U dołu od lewej – silnik od gramofonu i silnik od wentylatora kuchennego



jeniem pierwotnym jest uzwojenie stojana, a uzwojeniem wtórnym klatka wirnika. Pod wpływem pulsującego pola magnetycznego stojana indukują się w klatce wirnika prądy wytwarzające własny strumień magnetyczny. Powstaną więc dwa pola magnetyczne, działające wzajemnie na siebie, ale wypadkowy moment obrotowy silnika będzie równy zeru, ponieważ na pręty klatki działają dwie siły równe i przeciwnie skierowane (jak wynika z reguły lewej dłoni). Jeżeli potrafimy teraz spowodować pewną asymetrię oddziaływania pól tak, żeby moment obrotowy był w jedną stronę większy niż w drugą, to wirnik zacznie się obracać. Efekt taki może powstać, jeśli dostatecznie szybko obrócimy wirnik w dowolnym kierunku.

Jednak taka metoda rozruchu maszyny, chociaż rozpoczyna obroty wirnika w lewo lub w prawo, jest mało praktyczna. Dlatego w małych silnikach sto-



suje się do rozruchu tak zwane zwarte uzwojenie rozruchowe (uzwojenie pomocnicze).

Zwarte uzwojenie rozruchowe wykonuje się z kilku zwojów grubego drutu miedzianego (4), umieszczonych w odpowiednim miejscu stojana i trwale połączonych elektrycznie – zwartych. To uzwojenie wytwarza dodatkowy strumień magnetyczny, przesunięty fazowo w stosunku do strumienia głównego stojana – stąd nazwa: zwarta faza rozruchowa. W wyniku działania tych dwóch strumieni magnetycznych powstaje wirujące, eliptyczne pole magnetyczne, powodujące powstanie momentu obrotowego.

W zwartym uzwojeniu rozruchowym występują znaczne straty cieplne, dlatego też stosuje się je do silników o mocach nie większych od kilkudziesięciu watów. Dla większych maszyn bardziej ekonomiczne są inne metody rozruchu, o których powiemy dalej.

### Uruchomienie silnika

Uruchomienie silnika powinno być poprzedzone skrupulatnym sprawdzeniem wszystkich jego elementów, w szczególności jeśli zamierzamy uruchomić silnik używany. Silniki ze zwartą fazą rozruchową mają zazwyczaj budowę otwartą, tak prostą i przejrzystą, że jej szczegółowy opis wydaje się tu niezasadny.

Podczas wstępnego badania silnika należy sprawdzić:

#### 1. Dane znamionowe.

Dane znamionowe (w tym przypadku) najczęściej są drukowane bezpośrednio na elementach silnika.

#### 2. Stan łożyskowania wału wirnika.

Wirnik powinien się obracać bez wyczuwalnego oporu, natomiast samo łożyskowanie nie może wykazywać luzów bocznych.

#### 3. Stan uzwojenia stojana.

Na uzwojeniu nie powinny występować ślady uszkodzeń mechanicznych lub działania wilgoci. Izolacja zewnętrzna uzwojenia (o ile taka występuje) nosi niejednokrotnie ślady przegrzania, np. zmieniona, brudna barwa czy wyraźny, wręcz nieprzyjemny zapach spalenizny, co nasuwa podejrzenie uszkodzenia uzwojenia.

#### 4. Stan izolacji między stojanem a uzwojeniem.

Dokonyjemy pomiaru omomierzem. Oporność izolacji musi być większa od 1000  $\Omega$  na 1 V napięcia zasilającego, np. dla 220 V opór izolacji powinien być większy lub równy 220 k $\Omega$ . Badanie oporu izolacji zwykłym omomierzem nie zawsze daje dobre wyniki. Całkowitą

pewność pomiaru daje dopiero metoda indukcyjna. Jeśli jednak stwierdzimy występowanie mniejszego oporu niż podany (ale nie zwarcie do stojana), to można podjąć próbę wysuszenia silnika i ponownie sprawdzić oporność izolacji. Suszenie należy prowadzić przez kilkanaście godzin w temperaturze 50–60°C.

#### 5. Ciągłość uzwojenia.

Dokonyjemy pomiaru omomierzem. Ewentualnie stosujemy próbnik żarówkowy (patrz rys.). Opór czynny uzwojenia wynosi kilkaset omów. Próbnik żarówkowy służy do oszacowania oporności pozornej uzwojenia (impedancji), która jest rzędu kilku tysięcy omów. Występują tu jednak znaczne rozbieżności, zależnie od napięcia znamionowego silnika oraz jego wielkości. Podczas badania uzwojenia za pomocą próbnika żarówkowego stwierdza się znaczne zmniejszenie intensywności świecenia żarówki, przy badaniu miniaturowych silniczków żarówka może w ogóle nie świecić, co zmusza badającego do użycia omomierza. Jeśli natomiast żarówka świeci pełnym blaskiem, to należy przypuszczać, że występuje zwarcie międzyzwojowe znacznej części uzwojenia. Podobnie wnioskujemy, jeżeli opór czynny uzwojenia jest podejrzanie mały. Oczywiście wtedy, gdy silnik ma zwarte uzwojenie, nie należy podejmować prób jego uruchamiania.

#### 6. Poprawność wykonania połączeń uzwojeń. (Odnosi się tylko do silników z uzwojeniem przełączalnym na różne napięcia i silników z uzwojeniem wielocewkowym). Należy sprawdzić, czy wykonane połączenie odpowiada napięciu sieci, do której chcemy przyłączyć silnik. Sposób wykonania połączenia jest zazwyczaj podawany na opasce uzwojenia, na szpuli mieszczącej uzwojenie lub jest drukowany na elementach silnika.

Brak odpowiednich oznaczeń wymaga doświadczonego wykonania połączeń tak, żeby strumień powstający w stojanie od poszczególnych cewek był zgodny co do kierunku\*. Dla wyższego napięcia zasilania cewki łączy się najczęściej szeregowo, a dla niższego napięcia – równolegle. Kierunek wzbudzanego w stojanie strumienia można sprawdzić za pomocą baterii prądu stałego. Niewłaściwe połączenie cewek powoduje zanik strumienia. Zwracamy tu uwagę, że po dokonaniu szeregowego połączenia cewek strumień pozostanie bez zmiany w stosunku do

\* Nie dotyczy to silników czterobiegunowych

strumienia jednej cewki. Dla połączenia równoległego wystąpi dwukrotny wzrost strumienia (przy założeniu, że do badania używamy tej samej baterii). Oceny powstającego w stojanie strumienia dokonujemy za pomocą blaszki z miękkiej stali, zbliżanej do biegunów stojana.

Jeśli wstępne sprawdzenie silnika wypadnie pomyślnie, można przystąpić do jego uruchomienia. W tym celu podłączamy silnik do sieci zasilającej, najlepiej przez amperomierz, dobrany zakresem odpowiednio do prądu znamionowego silnika. Amperomierz powinien wskazywać wartość prądu mniejszą od wartości prądu znamionowego danej maszyny. Wzrost prądu obserwuje się podczas obciążania maszyny (np. hamowanie wału silnika palcami – **tylko dla znikomych mocy!**).

Pracę maszyny bez obciążenia określa się jako tak zwany bieg jałowy.

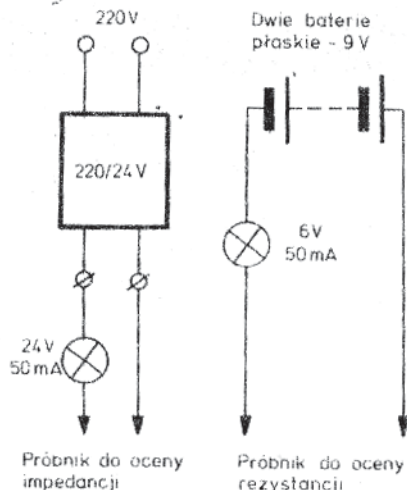
W razie braku odpowiedniego amperomierza przystępujemy od razu do próby biegu jałowego, która umożliwi ostateczną ocenę stanu danej maszyny. Dla przeprowadzenia tej próby przyłączamy silnik do sieci zasilającej na okres około jednej godziny. W tym czasie, po odłączeniu silnika od sieci, sprawdzamy dłonią temperaturę stojana i, o ile to możliwe, samego uzwojenia. Do dokładnego pomiaru temperatury należy użyć termometru. Użycie termometru uwalnia też od kłopotliwego odłączania i włączania silnika.

Szybki przyrost temperatury silnika świadczy o występującym w uzwojeniu zwarciu międzyzwojowym. Po próbie biegu jałowego temperatura silnika nie powinna przekraczać 40–50°C.

Niebezpieczny przyrost temperatury może być również spowodowany zwarciami między blachami obwodu magnetycznego. Zwarcia takie powstają jednak stosunkowo rzadko i są trudne do usunięcia, nie będziemy więc poświęcać im miejsca.

### Konserwacja silników

Silniki ze zwartą fazą rozruchową (fot. 3) spotyka się w rozmaitych urządzeniach, takich jak: małe wentylatory, suszarki do włosów, gramofony elektryczne, magnetofony itp. W przeciwieństwie do innych elementów tych urządzeń silnik jest, niemal zawsze, ostatnim punktem naszych zainteresowań. Właściwie dopiero wtedy, kiedy silnik odmówi pracy, poświęcamy mu naszą uwagę. W istocie silnik ze zwartą fazą rozruchową wymaga od użytkownika bardzo niewielu starań. Praktycznie konserwacja tego typu maszyn ogranicza się do wpuszczenia dwóch, trzech kropli oleju w łożyskowanie wału wirnika. Smarowanie silnika przeprowadza się



raz na kilka miesięcy. Po dłuższych okresach postoju maszyny dobrze jest przemyć łożyska i wał wirnika za pomocą nafty. Przemywanie łożysk wykonuje się po demontażu. Jeśli silnik jest nierozbieralny, np. nitowany, należy napuścić w łożyska niewielką ilość rzadkiego oleju, po czym włączyć silnik do biegu jałowego. Gdyby silnik nie chciał ruszyć, obracamy wałem wirnika.

Często występuje zatarcie wału w łożyskach. W takim przypadku silnik należy stanowczo zdemontować i dokładnie przemyć łożyskowanie oraz starannie sprawdzić stan łożysk i wału.

Po lekkim nagrzanym biegnącym jałowo silnika, usuwamy szmatką wyciekający olej i napełniamy olej o właściwej lepkości. Może to być np. olej o niskiej lepkości, stosowany do silników spalinowych. Do silniczków miniaturowych stosujemy olej dobrej jakości, przeznaczony do maszyn precyzyjnych.

Zwracamy uwagę, by podczas smarowania chronić uzwojenie silnika, ponieważ izolacja drutu nawojowego nie wykazuje zbyt dużej odporności chemicznej.

Podczas smarowania silnika nie należy zapominać o ewentualnym przemyciu i nasmarowaniu wszystkich mechanizmów, napędzanych przez silnik.

**Uwaga:** Niektóre typy silników wymagają olejów specjalnych (podane w instrukcji). Można też spotkać silniki, w których stosuje się łożyska samosmarowne.

Jerzy Augustyniak  
Włodzimierz Augustyniak