
POMIARY I DIAGNOSTYKA MASZYN ELEKTRYCZNYCH



WSTĘP

Niniejsze opracowanie jest materiałem dydaktycznym sporządzonym na potrzeby szkoleń odbywających się w Branżowe Centrum Umiejętności nr 3 w dziedzinie elektryki we Wrocławiu. Szkolenie (jak i opracowanie) jest kierowane dla osób chcących poszerzyć swoją wiedzę i umiejętności w zakresie powszechnie stosowanych maszyn elektrycznych.

Poniższy materiał ujmuje zagadnienie pomiarów i diagnostyki od strony bardziej praktycznej , pomaga zrozumieć teorię zawartą w podręcznikach na przykładzie działania urządzeń i maszyn dostępnych w domu , warsztatach czy zakładach produkcyjnych. Szkolenie nie obejmuje specjalistycznych metod diagnostycznych i sprzętu pomiarowego przy maszynach dużych mocy stosowanych w górnictwie, transporcie czy produkcji energii elektrycznej czyli tam gdzie obowiązują szczegółowe – ściśle określone procedury.

SPISÓW ROZDZIAŁÓW

03

1. Klasyfikacja maszyn elektrycznych
 2. Parametry maszyn elektrycznych
 3. Rozpoznawanie maszyn elektrycznych
 4. Diagnostyka maszyn elektrycznych
 5. Załączenie do pracy
 6. Typowe uszkodzenia i ich rozpoznawanie
-

1. KLASYFIKACJA MASZYN ELEKTRYCZNYCH

Pod względem przeznaczenia maszyn elektrycznych stosuje się zasadniczo podział na silniki i prądnice. Zasadniczo silnik zamienia energię elektryczną w mechaniczną. Prądnica zamienia energię mechaniczną w elektryczną. Należy jednak pamiętać, że każda maszyna elektryczna po spełnieniu określonych warunków jest maszyną odwracalną tzn może pracować jako silnik i jako prądnica. Najlepszym przykładem jest tu silnik klatkowy stosowany w napędach pojazdów, który w zależności od woli kierującego oraz prędkości pojazdu będzie silnikiem lub prądnicą (będzie napędzał albo hamował)

Oprócz typowych maszyn – prądnica - silnik można spotkać jeszcze przetwornice wirujące jedno-
twornikowe , których zadaniem jest zamiana parametrów energii elektrycznej na drodze mechanicznej
rys 2 . Wraz z rozwojem energoelektroniki zostały zastąpione przez przetwornice półprzewodnikowe.



RYSUNEK 2. PRZETOWNICA WIRUJĄCA JEDNOTWORNIKOWA. LEWA STRONA - SILNIK BOCZNIKOWY. PRAWA STRONA PRĄDNICA SYNCHRONICZNA . 24V DC / 110 V 25HZ AC

POD WZGLĘDEM BUDOWY I ZASADY DZIAŁANIA MASZYNY DZIELĄ SIĘ NA :

- ☒ - maszyny prądu stałego
- ☒ - maszyny asynchroniczne (indukcyjne)
- ☒ - maszyny synchroniczne
- ☒ - maszyny komutatorowe prądu przemiennego

Powyższy podział maszyn jest podziałem podstawowym – bardzo ogólnym. Istnieje bardzo dużo maszyn , których ze względu na konstrukcję i zasadę działania trudno zakwalifikować do jednej konkretnej grupy. Przykładem są tutaj powszechnie stosowane silniki jednofazowe o uzwojeniach trójfazowych w układzie Steinmetza , silniki synchroniczne z uzwojeniami klatkowymi czy maszyny prądu stałego z uzwojeniami szeregowymi , bocznikowymi i obcymi jednocześnie

A. MASZYNY PRĄDU STAŁEGO

W maszynach prądu stałego stosuje się podział zależny od sposobu zasilania uzwojeń wzbudzenia :

- ☒ maszyny szeregowo
- ☒ maszyny bocznikowe
- ☒ maszyny obcowzbudne z magnesami trwałymi oraz ze wzbudzeniem elektromagnetycznym
- ☒ maszyny szeregowo- bocznikowe
- ☒ silniki BLDC

Występują także inne bardziej skomplikowane maszyny np. prądnica obcowzbudna z uzwojeniami bocznikowymi lub maszyna obcowzbudna z uzwojeniami szeregowymi

Jak widać rodzaj maszyn prądu stałego zależą od sposobu wzbudzenia pola magnetycznego i połączenia (lub nie) z uzwojeniami twornika.



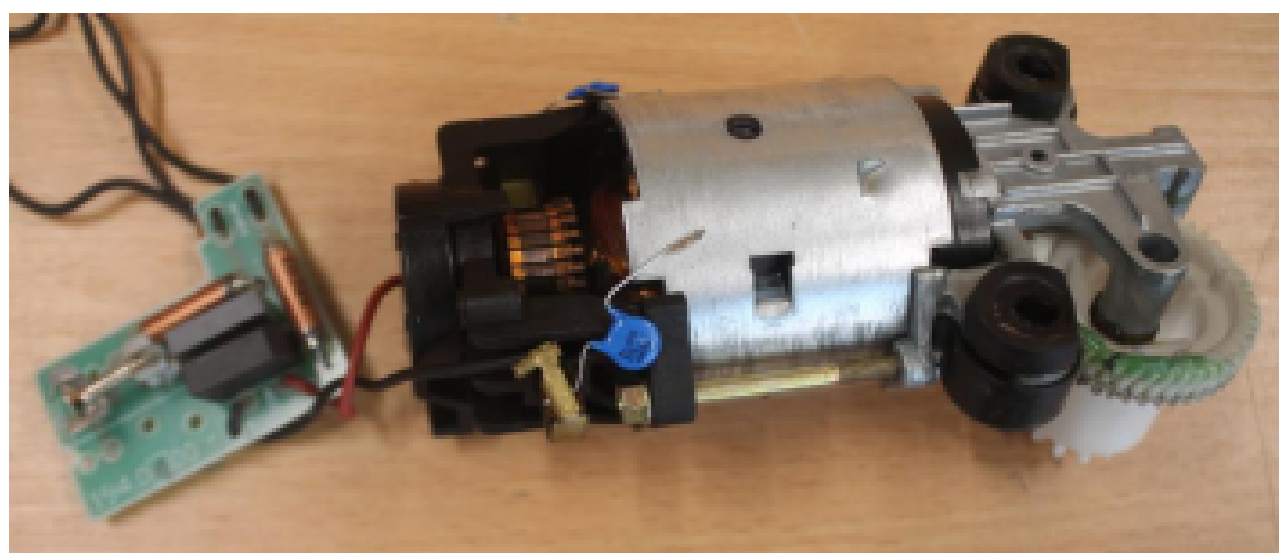
Rysunek 1
Przekrój maszyny komutatorowej szeregowej (czterobiegunowej) (rozrusznik samochodowy)



Rysunek 2. Przetownica wirująca jednotwornikowa. Lewa strona - silnik bocznikowy. Prawa strona prądnicą synchroniczną . 24V DC / 110 V 25HZ AC



Rysunek 3
Komutator z aparatem szczotkowym

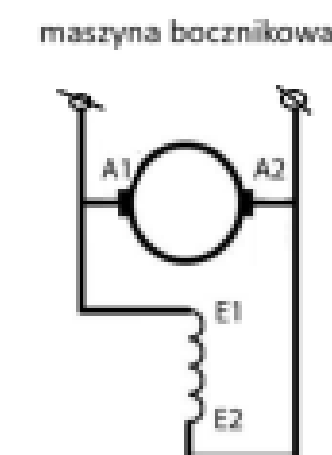


Rysunek 4
Silnik obcowzbudny z magnesami trwałymi wyposażony w układ prostownikowy (do zasilania prądem przemiennym)

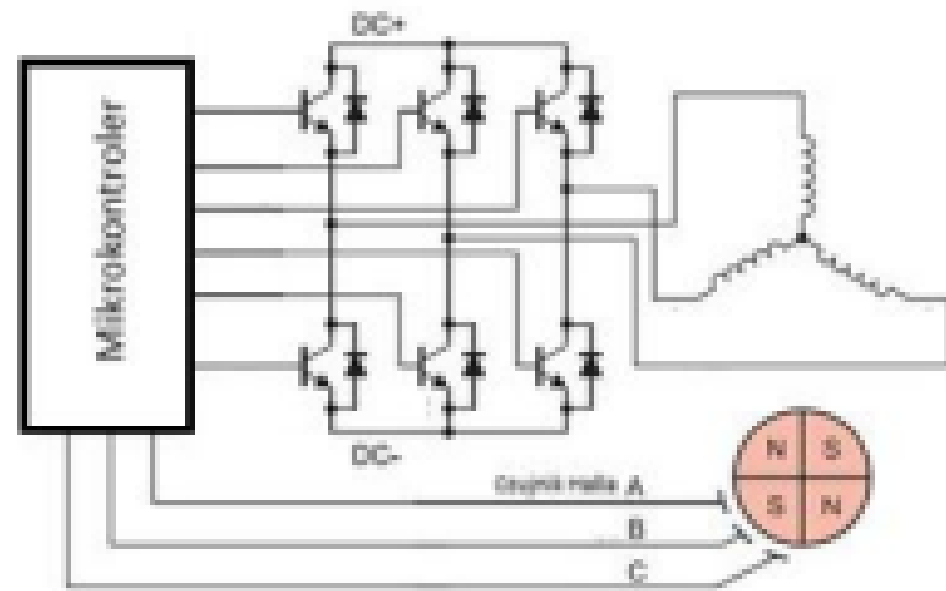


Rysunek 5
Silnik obcowzbudny z magnesami trwałymi niskonapięciowy

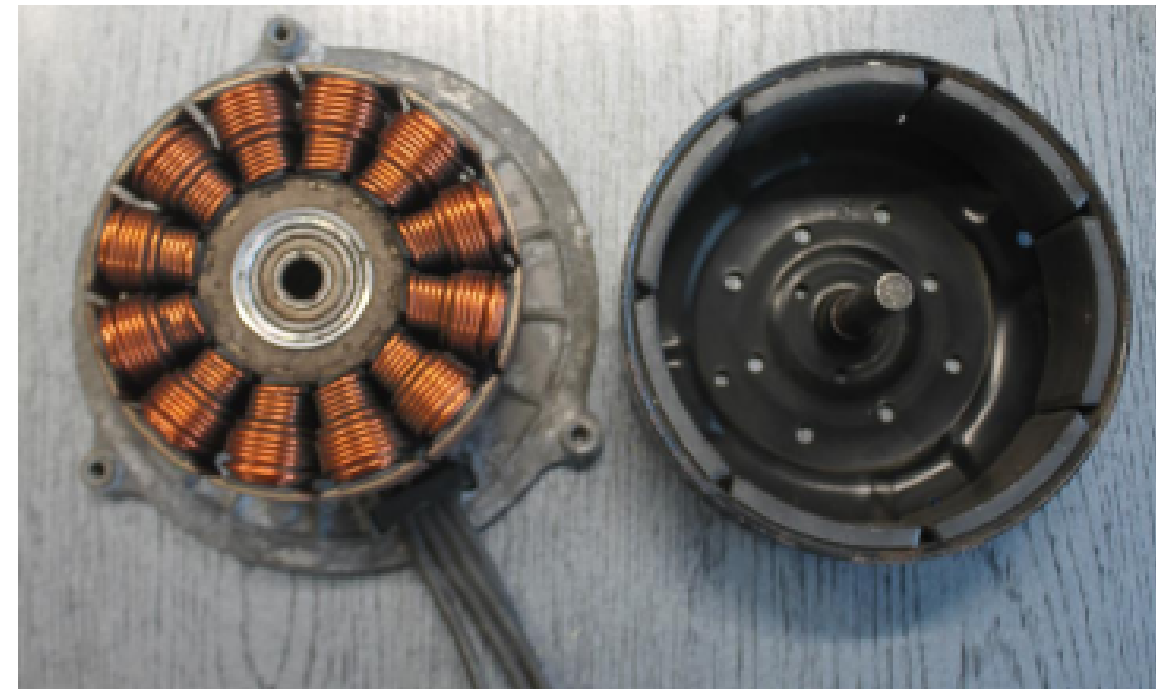
Rysunek 6
Klasyfikacja maszyn prądu stałego i stosowane oznaczenia uzwojeń



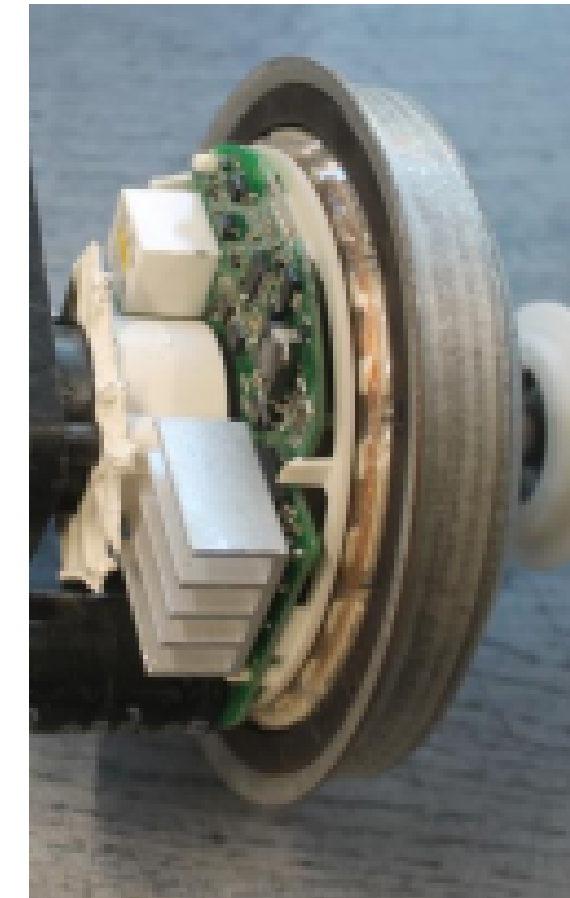
Do maszyn prądu stałego zalicza się silnik BLDC (brushless direct-current motor). Jest coraz częściej stosowany w urządzeniach niewielkiej mocy. Ten specyficzny silnik przypomina budową maszynę synchroniczną. W istocie jest zasilany prądem zmiennym w postaci impulsów elektrycznych poprzez układ elektroniczny.



Rysunek 7
Schemat ideowy podłączenia silnika BLDC



Rysunek 8
Silnik BLDC Od prawej: stojan, wirnik



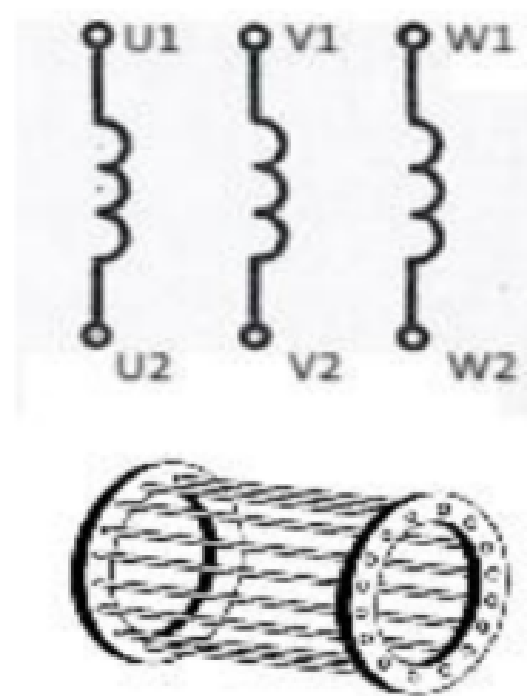
Rysunek 9
Silnik BLDC (widoczny zasilenie elektroniczne)

Maszyny prądu przemiennego komutatorowe to zasadniczo silniki szeregowo stosowane w elektronarzędziach i sprzętach AGD. Zasilone prądem stałym działają identycznie (a nawet lepiej) jak przy zasilaniu prądem przemiennym. Innym bardzo rzadko dziś spotykanym rozwiązaniem są maszyny trójfazowe komutatorowe oraz silniki repulsyjne. Ich zastosowanie zostało bardzo ograniczone poprzez dynamiczny rozwój półprzewodnikowych urządzeń energoelektronicznych i dużo większe możliwości regulacji i rozruchu układów napędowych z wykorzystaniem silników klatkowych.

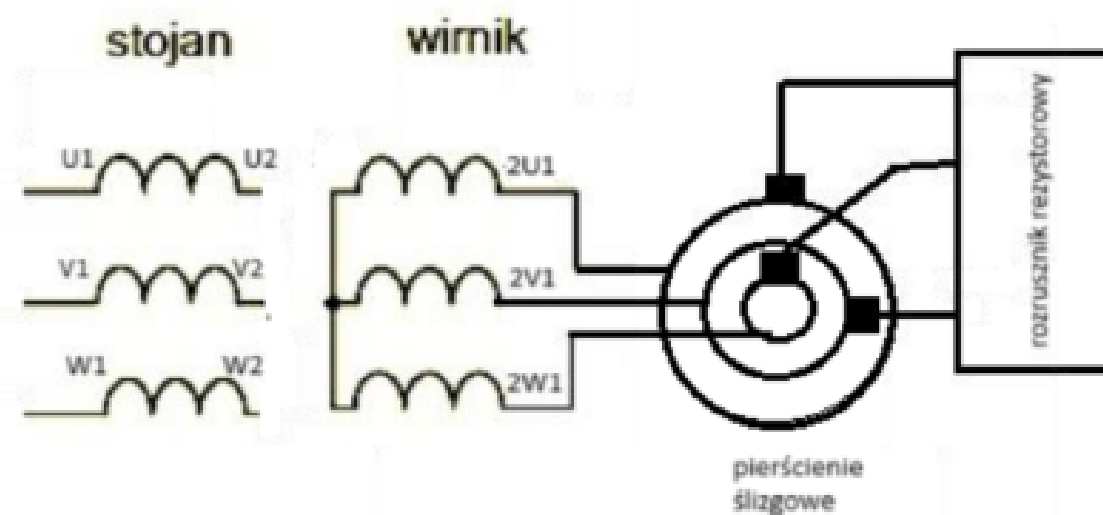
B. MASZYNY INDUKCYJNE

09

Innym określeniem maszyn indukcyjnych są maszyny asynchroniczne (ponieważ prędkość obrotowa nie jest prędkością synchroniczną i zależy od obciążenia). Maszyny indukcyjne trójfazowe można ogólnie podzielić na maszyny klatkowe i pierścieniowe.



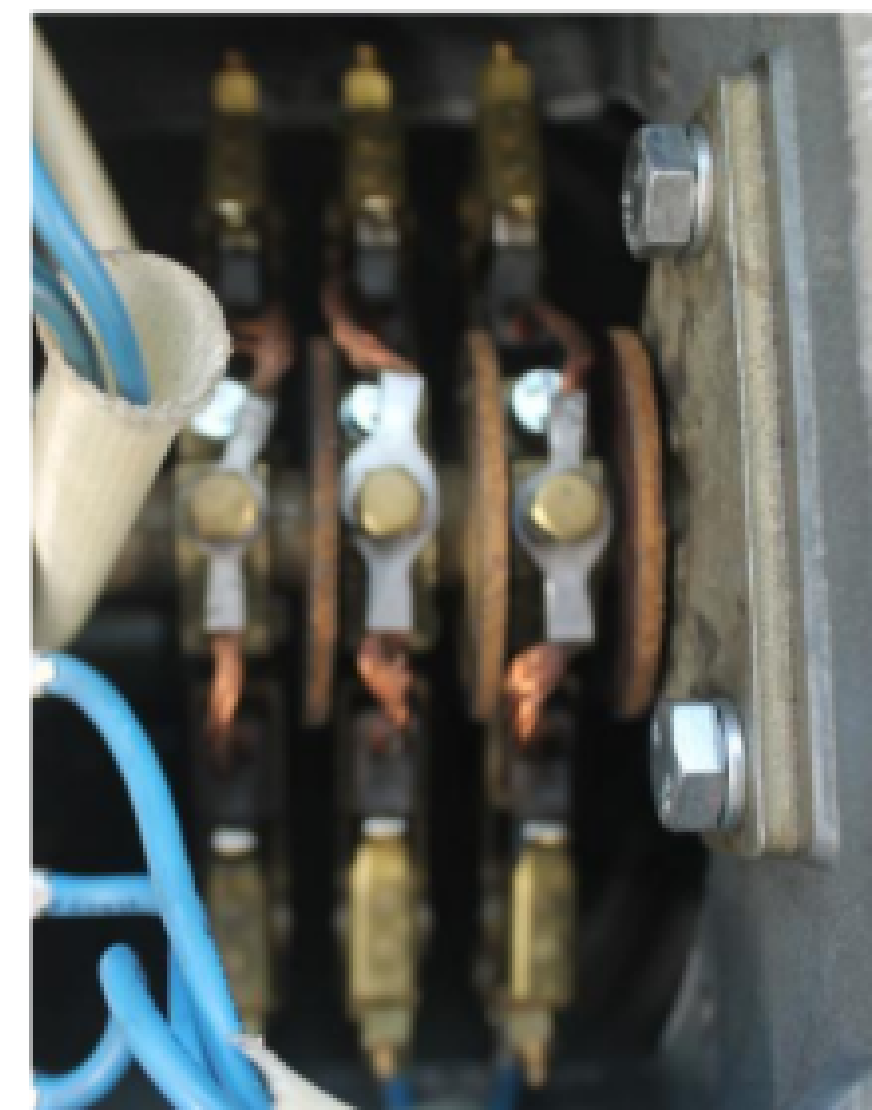
Rysunek 10 Schemat uzwojeń silnika indukcyjnego klatkowego trójfazowego.



Rysunek 11 Schemat uzwojeń silnika pierścieniowego



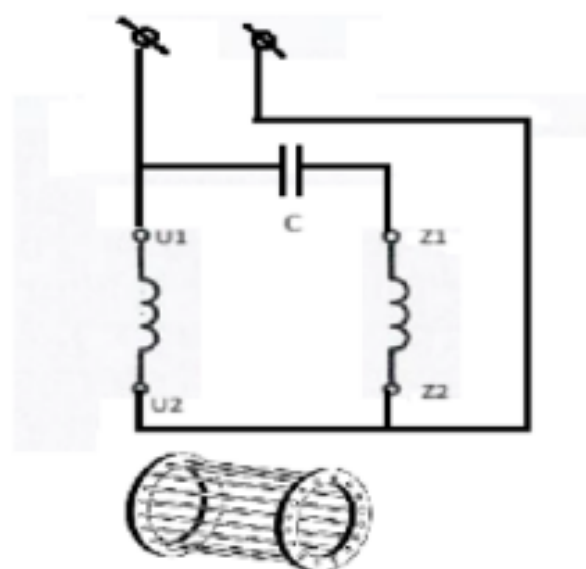
Rysunek 12 Wirnik silnika klatkowego



Rysunek 13 Aparat szczotkowy silnika pierścieniowego

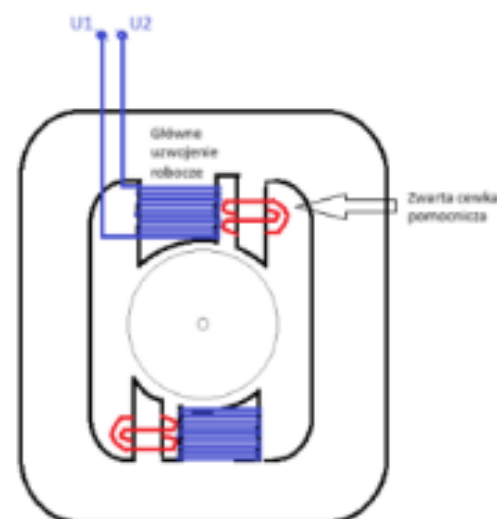
Natomiast w grupie silników indukcyjnych jednofazowych (klatkowych) rozróżnia się silniki z cewką pomocniczą zasilaną poprzez kondensator oraz silniki z cewką pomocniczą zwartą (pierścieniem na biegunie pomocniczym).

Silnik jednofazowy z cewką pomocniczą (Z1 i Z2)
oraz kondensatorem

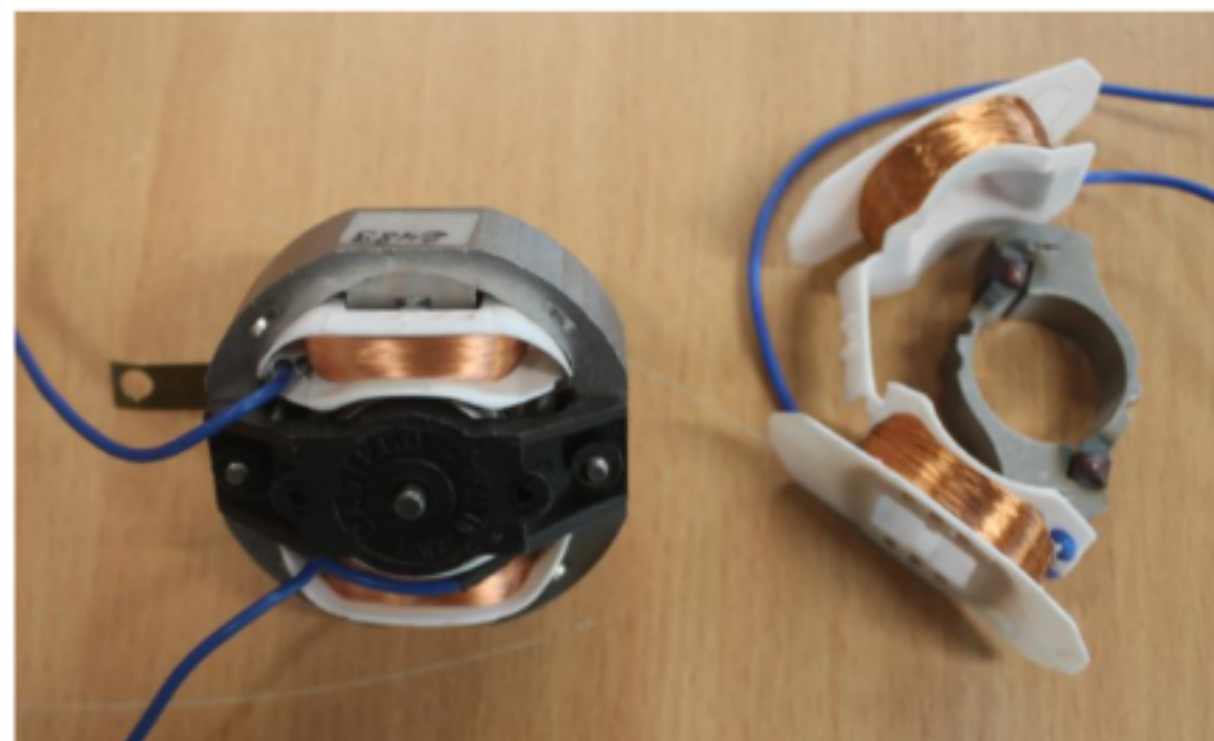


Rysunek 14 Silniki indukcyjne jednofazowe

Silnik jednofazowy ze zwartą
cewką pomocniczą



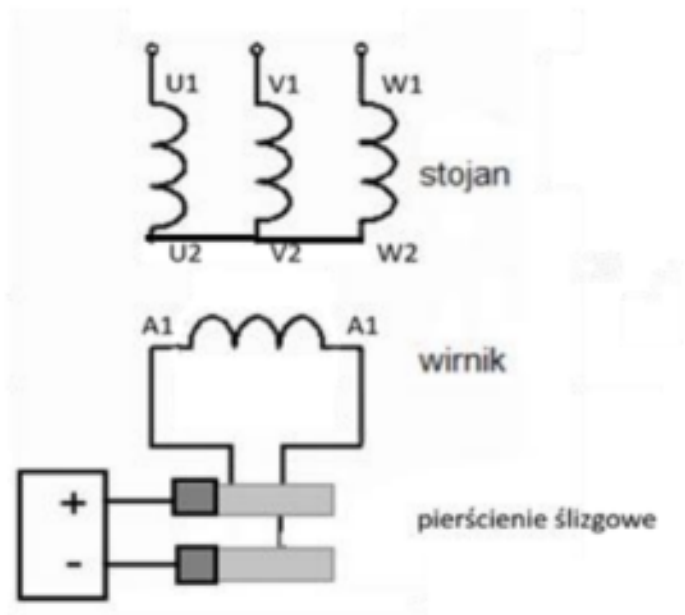
Rysunek 15 Silnik indukcyjny jednofazowy z kondensatorem



Rysunek 16 Silnik indukcyjny ze zwartą cewką pomocniczą . Po prawej zdemontowany obwód magnetyczny.

C. MASZYNY SYNCHRONICZNE

Maszyny synchroniczne to generatory , kompensatory oraz silniki niewielkich mocy. Do wytworzenia pola magnetycznego stosuje się elektromagnesy umieszczone na wirniku lub magnesy trwałe. Stąd też i podział na maszyny z magnesami trwałymi i elektromagnesami. Ciekawą odmianą silnika synchronicznego jest silnik histerezowy , w którym następuje namagnesowanie wirnika polem magnetycznym stojana – kiedyś powszechnie stosowany w magnetofonach szpulowych i tanich gramofonach . Silnik synchroniczny nie posiada momentu rozruchowego. W małych silniczkach stosuje się zwartą cewkę pomocniczą. Większe maszyny mogą oprócz magnesu lub elektromagnesu posiadać wirnik z prętami jak w silniku klatkowym . Powszechnym zastosowaniem są generatory mocy i alternatory samochodowe (rys 21) a także napędy niewielkich pomp wodnych stosowanych w pralkach, filtrach , gdzie wirnik wykonany z magnesu trwałego w całości pracuje w wodzie (rys 20) . Inne zastosowanie przedstawiono na rysunku 18 i 19



Rysunek 17 Schemat uzwojeń maszyny synchronicznej trójfazowej



Rysunek 18 Maszyna synchroniczna z magnesami trwałymi jako prądnica tachometryczna - enkoder do sterowania prędkością obrotową silnika szeregowego.



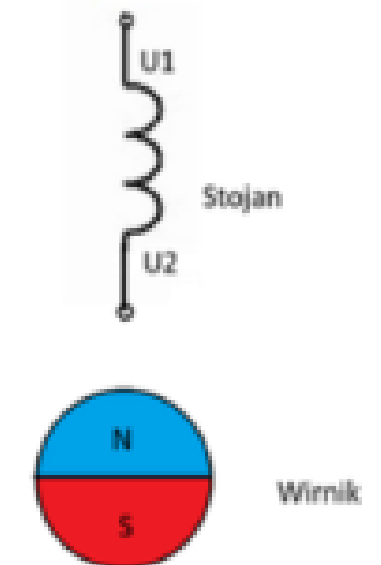
Rysunek 19 Prądnica synchroniczna - dynamo rowerowe



Rysunek 20 Silnik synchroniczny z magnesem trwałym w wirniku pracującym w wodzie.



Rysunek 21 Generator synchroniczny trójfazowy. Wirnik posiada widoczne dwa pierścienie oraz tzw bieguny kłowe. (Alternator samochodowy)



Rysunek 22 Maszyna synchroniczna ze wzбудzeniem magnesami trwałymi

2. PARAMETRY MASZYN ELEKTRYCZNYCH

13

Maszyna elektryczna jest urządzeniem przetwarzającym energię. To ile jest w stanie przetworzyć energii w jednostce jest określone mocą maszyny. Dla przykładu silnik elektryczny pracujący z mocą 100W przetwarza 100J energii w czasie jednej sekundy.

Pobierając w przybliżeniu 100 J energii elektrycznej i wytwarzając 100 J energii mechanicznej.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{100J}{1s} = 100 W$$

W rzeczywistości przetwarzanie energii nie odbywa się jeden do jednego. Każda maszyna posiada określoną sprawność . To znaczy , że w samej maszynie występują straty energii podczas jej przetwarzania. Każdy zaobserwował zapewne, że pracujący silnik się grzeje. Straty w maszynie to zasadniczo powstająca podczas procesów zamiany energia cieplna.

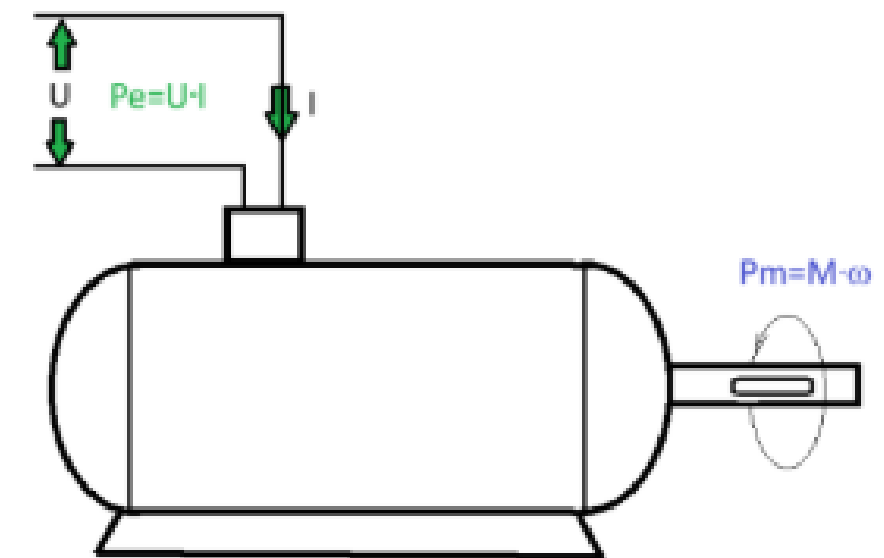
Podstawowymi parametrami każdej maszyny są więc jej moc i sprawność. Moc podawana jest w kW natomiast sprawność wyrażona jest w procentach. Należy pamiętać, że moc jest mocą wyjściową i dla silnika jest to moc mechaniczna na wale silnika P

$$P_m = M\omega$$

Gdzie M [Nm] – jest momentem obrotowym na wale, a ω [rad/s] jest prędkością kątową wału. Dla prądnicy mocą wyjściową jest moc elektryczna. Dla maszyn prądu stałego opisuje ją znany (prawo Joula- Lenza) wzór :

$$P_e = UI$$

Gdzie U jest napięciem na zaciskach maszyny w a I jest natężeniem prądu jaki przepływa przez twornik



Rysunek 22. Maszyna elektryczna jako przetwornik energii

Sprawność jest więc stosunkiem mocy wyjściowej do mocy wejściowej .

Dla silnika jest to :

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} = \frac{M\omega}{UI}$$

Dla prądnicy

$$\eta = \frac{P_e}{P_m} = \frac{UI}{M\omega}$$

Sprawność maszyn elektrycznych , wynosi średnio od 85% do 95% (z wyjątkiem silników w wydaniu „kompaktowym” np. odkurzaczy)

Znaczy to , że około 10-15% energii pobieranej przez maszyny jest „marnowane” w postaci ciepła. Konieczne jest więc oddawanie , usuwanie tego ciepła z maszyny aby nie nastąpiło jej przegrzanie i zniszczenie. Klasa izolacji jest to zakres maksymalnych temperatur jakie mogą osiągnąć uzwojenia – jest to parametr, który również można znaleźć na tabliczce znamionowej.

Klasa izolacji	Maksymalna temperatura pracy [°C]	Dopuszczalny przyrost temperatury [°C]
A	105	60
E	120	75
B	130	80
F	155	105
H	180	125

Nagrzewanie się jest ściśle związane z czasem pracy. Wzrost temperatury następuje w czasie pracy. Są urządzenia przewidziane do pracy ciągłej lub jak część sprzętu AGD do pracy tylko przez krótki czas. Oznaczenie określające jak długo można wykorzystać urządzenie jest określone symbolem cyfrowo literowym:

Rodzaj pracy	Oznaczenie	Opis	Przykłady zastosowania
Praca ciągła	S1	Urządzenie pracuje długi czas podczas którego osiąga ustaloną temperaturę	Pompy, wentylatory, silniki w taśmach produkcyjnych
Praca dorywcza	S2	Praca przez określony czas (np. 10 min), po którym następuje pełne wyłączenie i schłodzenie.	Sprzęt AGD typu blender mikser, elektronarzędzia do użytku nieprofesjonalnego.
Praca przerywana	S3	Cykl pracy składa się z okresów pracy i przerw, bez osiągnięcia stanu ustalonego temperatury. Brak rozruchu w każdym cyklu. Obok symbolu podawany jest procent określający czas pracy do pracy całego cyklu praca+chłodzenie	Napędy drzwi automatycznych, Silniki kompresorów ,hydroforów

Kolejnym parametrem jest prędkość obrotowa . Wyrażana jest w obrotach na minutę (obr/min 1/min, min⁻¹). Pomiędzy prędkością kątową a prędkością obrotową zachodzi zależność:

$$n = 60 \frac{\omega}{2\pi}$$

Znamionowa prędkość obrotowa podawane jest również na tabliczce znamionowej lecz należy pamiętać , że takiej prędkości wału można się spodziewać tylko dla maszyn synchronicznych. Dla pozostałych maszyn prędkość w mniejszym lub większym stopniu zależy od obciążenia : dla maszyn indukcyjnych , bocznikowych , obcowzbudnych można się spodziewać spadku do 10% - 15% prędkości po czym , przy dalszym obciążaniu może nastąpić ich zatrzymanie . Silnik szeregowy raczej się nie zatrzyma (nawet gdy się będzie dymił) a jego prędkość będzie bardzo zależna od prędkości.

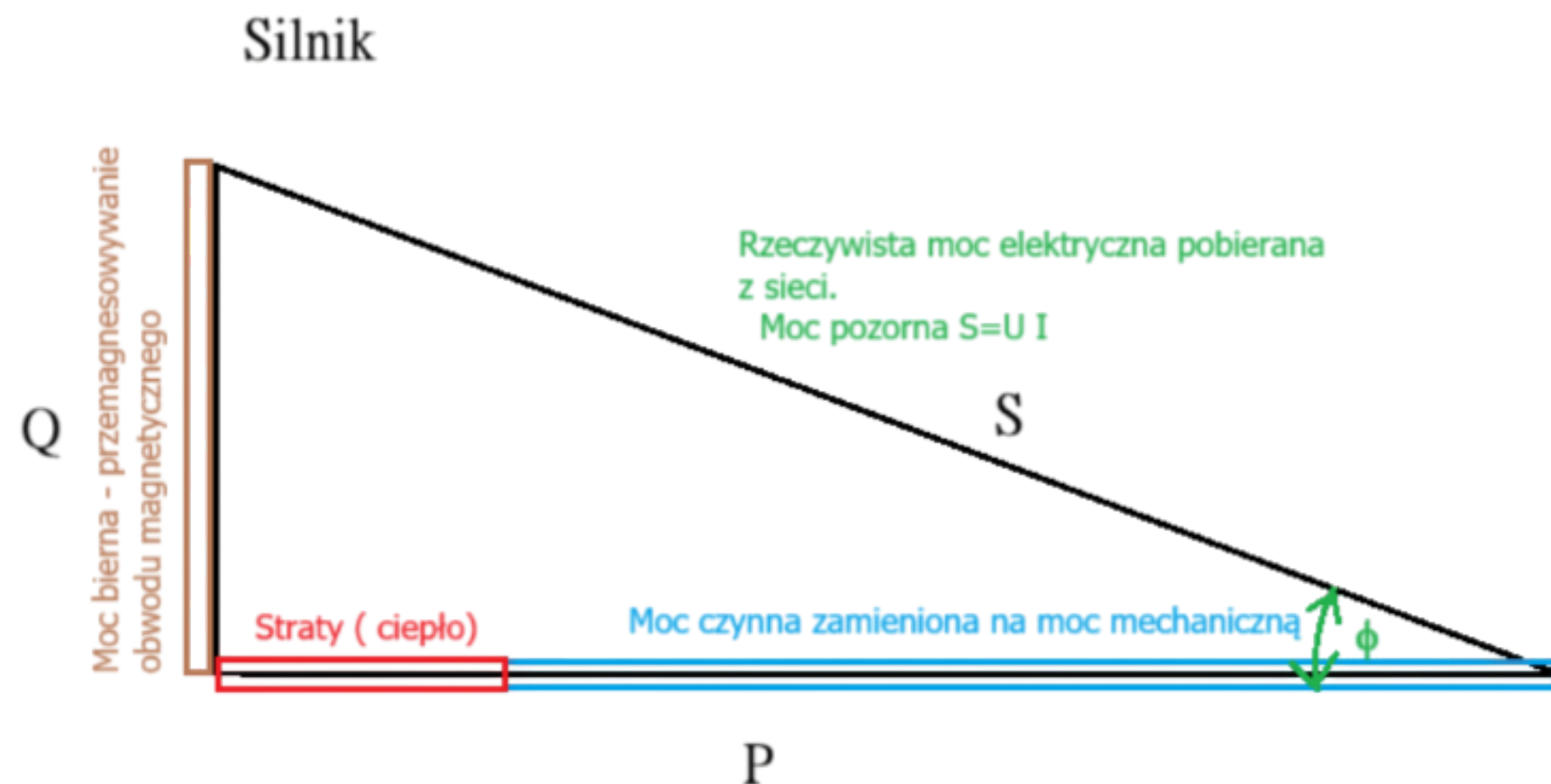
Ciekawostką są maszyny indukcyjne wielobiegunowe, na których tabliczkach podaje się dwie lub trzy znamionowe prędkości. Istotne jest aby podczas regulacji częstotliwościowej punktu pracy nie przekraczać zbytnio znamionowej prędkości a przy regulacji za pomocą odwzbudzania nie spowodować łuku okrężnego na komutatorze

Parametry elektryczne napięcie i natężenie prądu podane na tabliczce znamionowej należy rozumieć jako maksymalne. Podanie na zaciski maszyny o wiele większego napięcia niż znamionowe spowoduje w krótszym lub dłuższym czasie jej uszkodzenie.

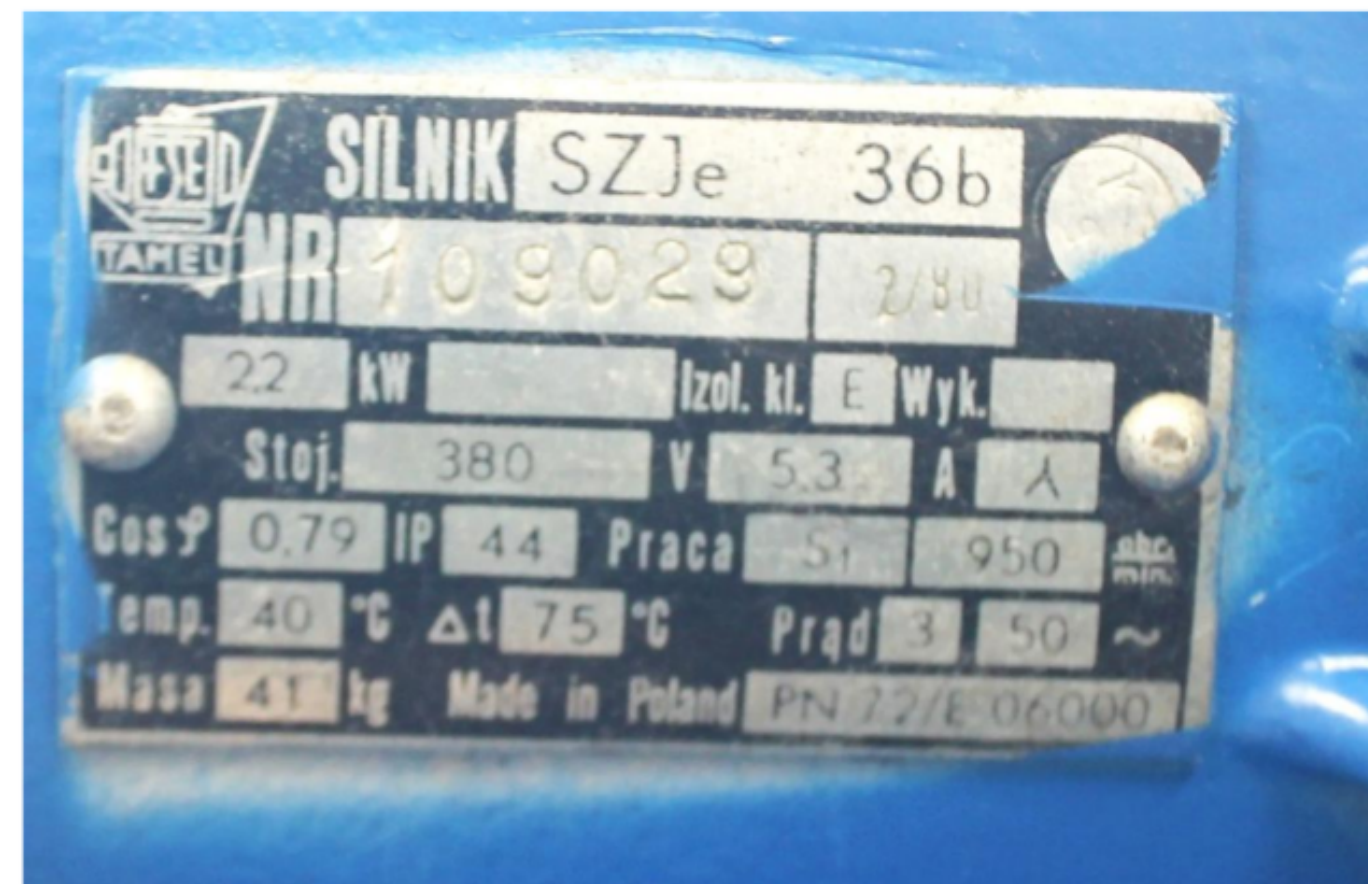
Dla silników trójfazowych najczęściej są podawane dwa napięcia tj dla dwóch konfiguracji połączeń – dla gwiazdy i trójkąta. Natężenie prądu I [A] jest zależne od obciążenia maszyny a dokładnie: od prędkości i przyłożonego napięcia. Podany na tabliczce znamionowej prąd – jest właściwy tylko dla znamionowej prędkości obrotowej przy zasilaniu napięciem znamionowym.

W obwodach prądu przemiennego moc elektryczna zużywana jest nie tylko na pracę mechaniczną czy ciepło. W maszynach prądu przemiennego występuje konieczność ciągłego przemagnesowywania obwodu magnetycznego zgodnie z częstotliwością napięcia zasilającego. Energia potrzebna na ciągłe przemagnesowywanie obwodu magnetycznego jest energią bierną a odpowiadająca jej moc jest mocą bierną. Geometryczna suma mocy czynnej P (zamiana na moc mechaniczną + straty) i biernej jest mocą pozorną definiowaną jako $S=UI$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$



Rysunek 23



Rysunek 24 Tabliczka znamionowa silnika do zastosowań przemysłowych

Wielkość , która określa stosunek mocy czynnej pobieranej z sieci do mocy pozornej to :

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

Wartość ta również jest podawane jako znamionowa tzn dla znamionowego obciążenia. Dla silnika pracującego na biegu jałowym, nie wykonującego żadnej pracy wartość ta jest mała a wraz ze wzrostem obciążenia i koniecznością zamiany energii elektryczne na mechaniczną wartość ta będzie rosła. Pobór prądu nieobciążonego silnika indukcyjnego o wartości niewiele większej niż prąd znamionowy jest więc zjawiskiem normalnym

3. ROZPOZNAWANIE MASZYN ELEKTRYCZNYCH

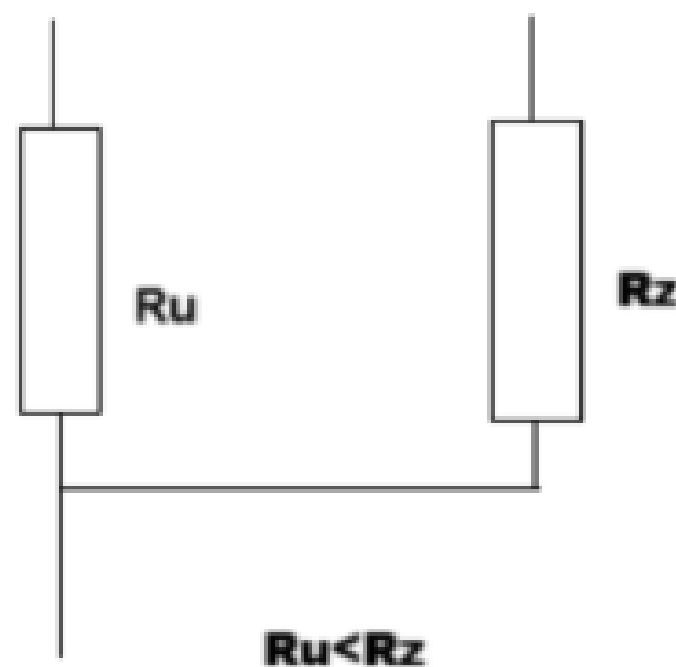
20

Chcąc poprawnie zdiagnozować sprawdzić maszynę elektryczną należy mieć pewność z jakim rodzajem maszyn ma się do czynienia. Dużo informacji można znaleźć na tabliczce znamionowej ale nie ma tam nazwy ani określenia rodzaju maszyny. I co najważniejsze posiadanie tabliczki znamionowej, lub jakichkolwiek informacji np. sposobu podłączenia nie jest normą w maszynach zabudowanych w urządzeniach.

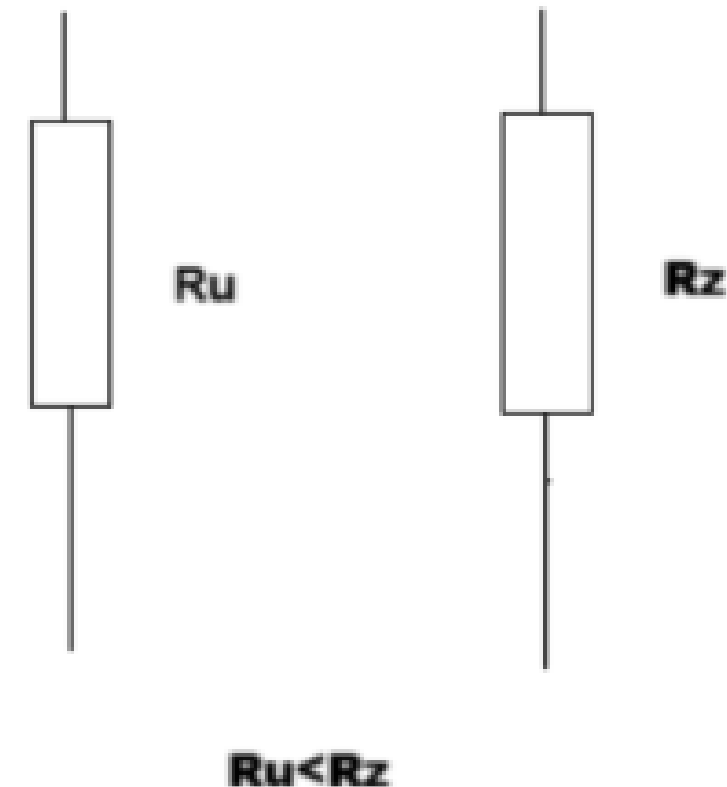
Rodzaj maszyny	Zastosowanie	Cechy zewnętrzne	Charakterystyka mechaniczna	Silniki indukcyjne jednofazowe	Elektronarzędzia , obrabiarki przemysłowe , AGD	Cechą charakterystyczną jest dołączony kondensator lub dwa. Podana na obudowie lub tabliczce znamionowej wartość w mF jednoznacznie wskazuje na silnik jednofazowy. Zasadniczo ciche ale w wydaniu większej mocy mogą generować głośne wibracje . Silniki ze zwartą cewką pomocniczą nie posiadają kondensatora a na części jarzma stojana posiadają zwarty pierścień z grubego miedzianego drutu. Na wirniku widoczne zwarte aluminiowe pręty umieszczone w skośnych żłobkach	Silnik jednofazowy bez kondensatora nie posiada momentu rozruchowego. Konieczne jest zastosowanie kondensatora o właściwej pojemności. Po osiągnięciu docelowej prędkości osiąga bardzo duży i stabilny moment obrotowy . Pod wpływem obciążenia prędkość może bardzo nieznacznie zmaleć o kilka procent
Silniki komutatorowe szeregowo z uzwojeniami wzbudzenia	Elektronarzędzia I AGD załączane do sieci	Posiadają komutator, szczotki oraz uzwojony wirnik. Ze względu osiąganie wysokich obrotów , tarcie na komutatorze oraz intensywne chłodzenie wykazują bardzo głośną pracę	Silniki szeregowo mogą osiągać bardzo duże prędkości do 15 000 obr/min. Przy obciążaniu prędkość wyraźnie maleje prawie do zatrzymania. Silnik cechuje niestabilność obrotów mocno zależną od obciążenia oraz duży moment obrotowy dla niskich prędkości				
Silniki komutatorowe z magnesami trwałymi	Elektronarzędzia akumulatorowe, silniki małej mocy kiluwatowe, zabawki.	Cechuje , je względnie cicha praca. Łatwo je rozpoznać po namagnesowanym jarzmie stojana. Posiadają komutator i uzwojony wirnik	Silnik posiada stabilną charakterystykę. Pod wpływem obciążenia prędkość umiarkowanie spada				
Maszyny synchroniczne z uzwojeniami wzbudzenia	Generatory w agregatach.	Cechą podstawową są dwa pierścienie ślizgowe oraz uzwojony wirnik. Ciekawą cechą jest wirnik z wyraźnie zarysowanymi biegunami.	Silnik posiada bardzo stabilną charakterystykę. Prędkość silnika zupełnie niezależna od obciążenia. Przeciążony wypada z synchronizmu i się zatrzymuje.	Silniki trójfazowe klatkowe	Elektronarzędzia , obrabiarki przemysłowe , AGD, transport	Maszyny powszechnie stosowane . Najprościej rozpoznać po trzech przewodach zasilających (lub charakterystycznej wtyczce. Nie posiadają komutatora ani pierścieni. Na wirniku widoczne zwarte aluminiowe pręty umieszczone w skośnych żłobkach	Załączony do pracy posiada względnie wysoki moment rozruchowy . Po osiągnięciu docelowej prędkości osiąga bardzo duży i stabilny moment obrotowy . Pod wpływem obciążenia prędkość może bardzo nieznacznie zmaleć o kilka procent
Maszyny synchroniczne ze stałym wzbudzeniem	Silniki małej mocy : sprzęt akwarystyczny i inny do pracy w wodzie, napędy zegarów i przełączników czasowych	Wirnik w postaci magnesu trwałego lub wykonany ze stali magnetycznie twardej. Pracują niezwykle cicho.		Silniki pierścieniowe	Dźwignice, podnośniki, wały elektryczne, napędy maszyn górniczych, przesuwniki fazowe	Silnik posiada trzy pierścienie ślizgowe oraz szczotki . Zasilany z trzech faz . Możliwy mechanizm do podnoszenia szczotek i zwierania pierścieni . Przesuwnik fazowy ma zablokowany wał zakończony przekładnią ślimakową.	Zastosowanie rezystorów rozruchowych wydatnie zwiększa moment rozruchowy w zakresie niskich prędkości. Po zakończonym rozruchu i zwarcu pierścieni silnik pracuje jak silnik klatkowy.

Identyfikacja uzwojeń silnika jednofazowego indukcyjnego (z kondensatorem).

Uzwojenie silnika jednofazowego , w zależności od mocy posiadają rezystancję od kilku do kilkudziesięciu omów. Należy pamiętać , że uzwojenia U1;U2 robocze będzie cechować niższa rezystancja niż uzwojeń pomocniczych Z1, Z2. Cecha ta bardzo ułatwia rozpoznanie tej maszyny.

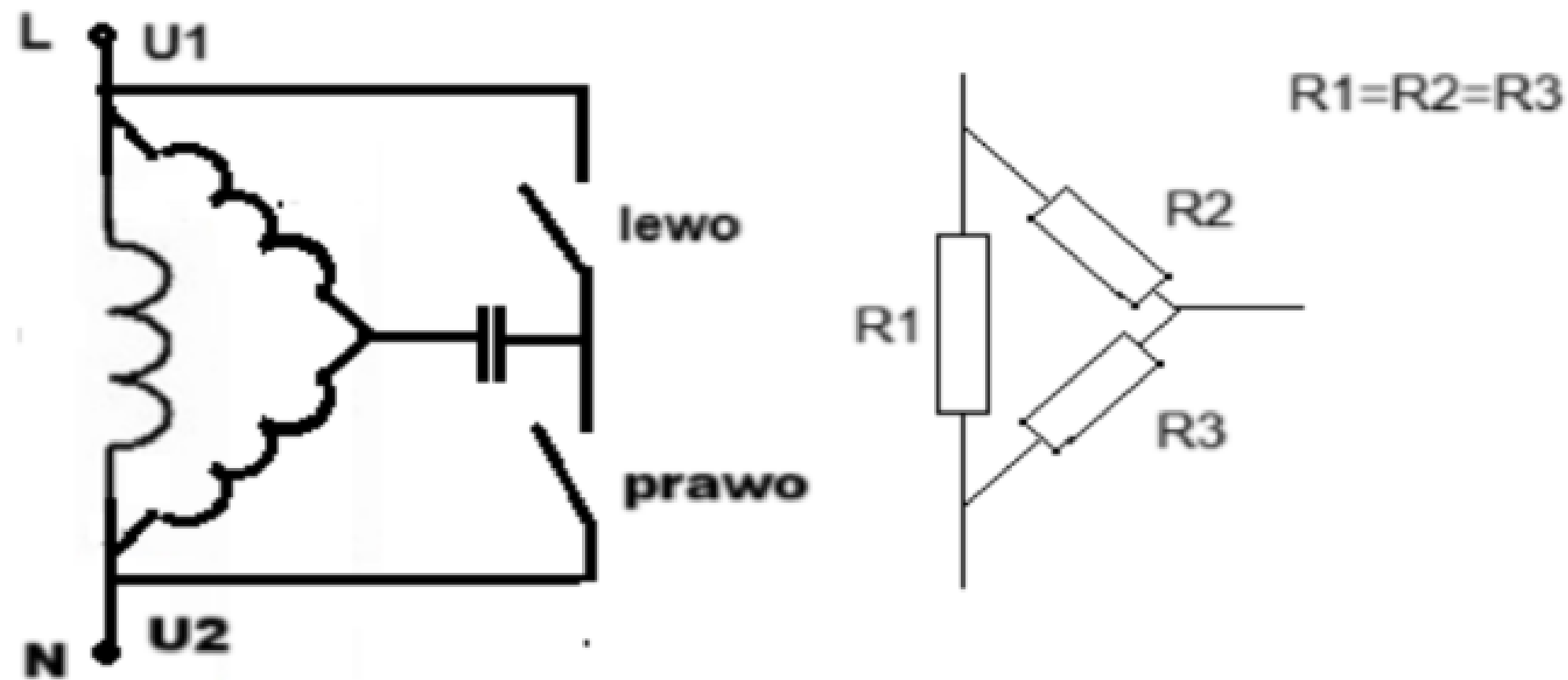


silnik jednofazowy z
trzema
wyprowadzeniami



silnik jednofazowy
z czterema
wyprowadzeniami

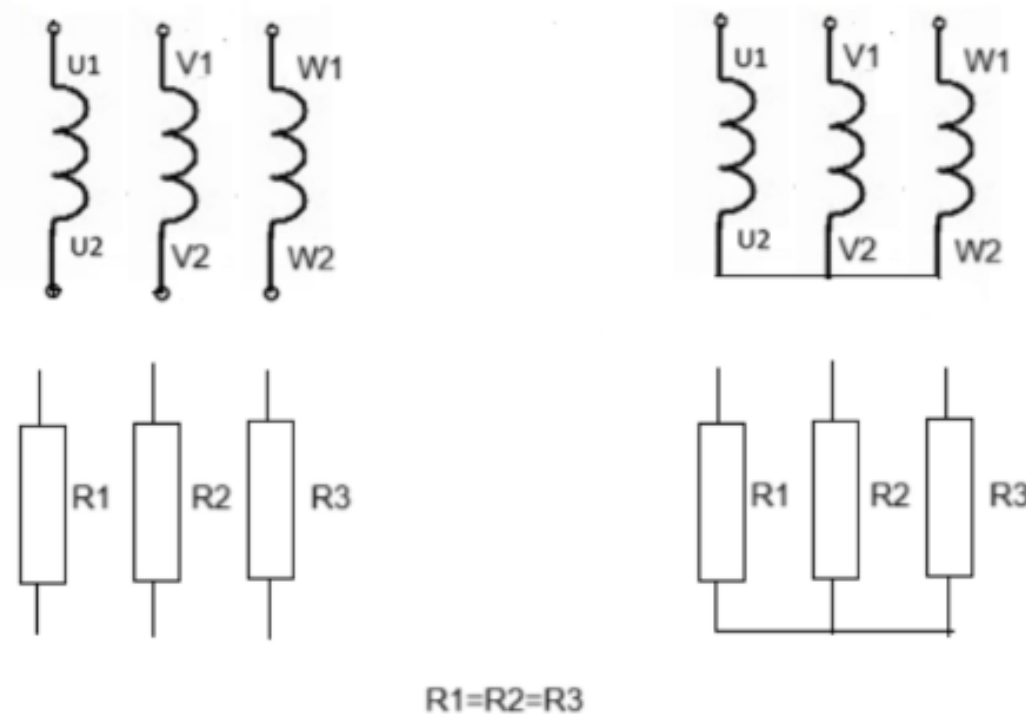
Silnik jednofazowy pracujący nawrotnie w obu kierunkach może być wykonany jako trójfazowy na napięcie fazowe (230V). Niezależnie od faktycznej konfiguracji uzwojeń (trójkąt czy gwiazda) rezystancje pomiędzy wyprowadzeniami będą takie same.



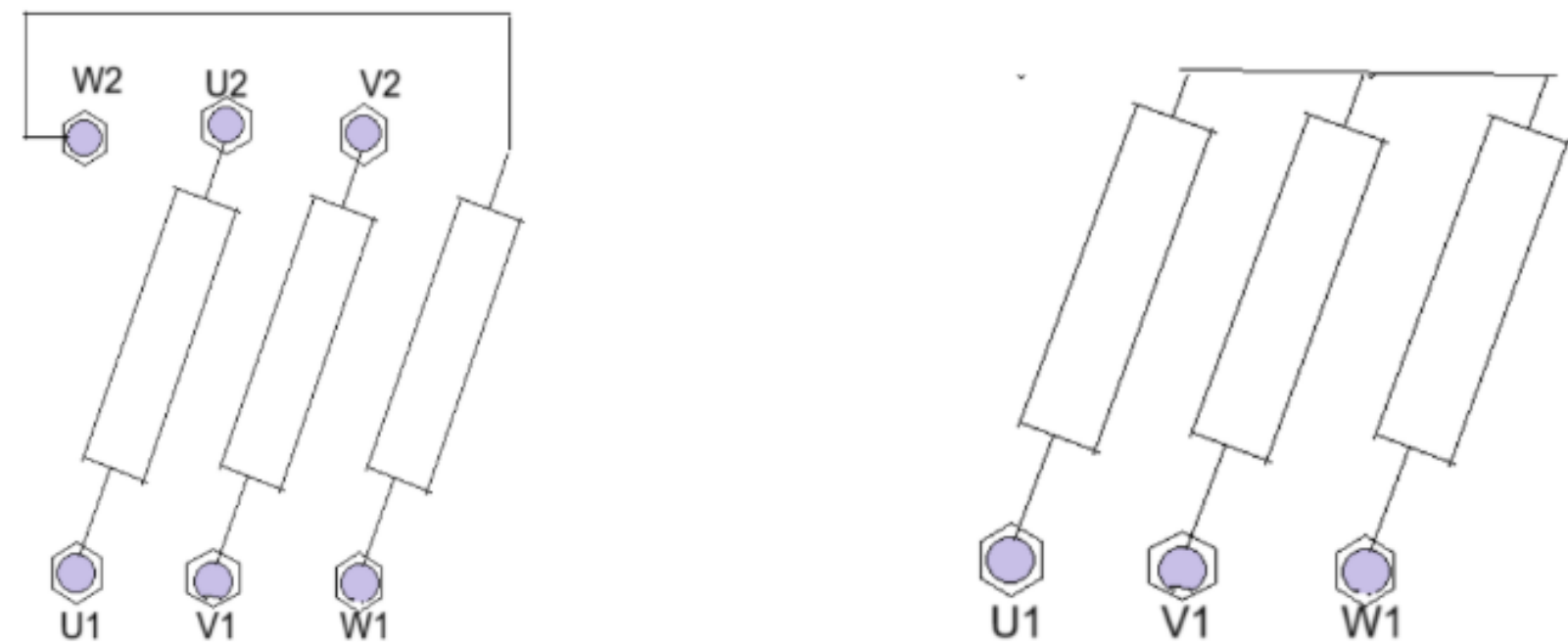
Rysunek 26 Silnik trójfazowy 230/400V zasilany z jednej fazy

Identyfikacja uzwojeń silnika trójfazowego klatkowego

Silniki trójfazowe posiadają sześć lub trzy wyprowadzenia. Silnik skonfigurowany na stałe (w gwiazdę) posiada tylko trzy. Silniki wielobiegunowe mogą posiadać więcej wyprowadzeń. W przypadku każdego silnika trójfazowego rezystancje uzwojeń są równe (wynoszą od kilku do kilkudziesięciu omów). Wartości wskazań podczas pomiarów , niezależnie od konfiguracji dla każdych dwóch wyprowadzeń od strony sieci zawsze powinny być takie same.



Rysunek 27 Rozpoznawanie uzwojeń silnika indukcyjnego trójfazowego

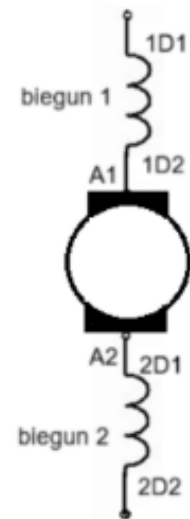


Rysunek 28 Wyprowadzenia uzwojeń na klasycznej tabliczce zaciskowej silnika trójfazowego

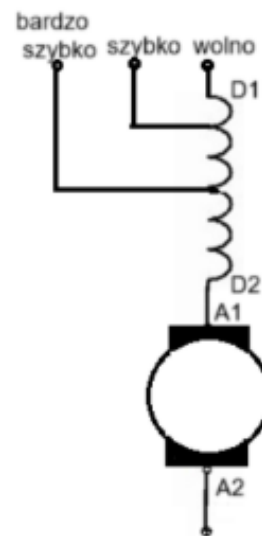
Identyfikacja uzwojeń maszyny komutatorowej

Silniki szeregowe w zależności od zastosowań mogą posiadać wiele wyprowadzeń. Rezystancja wirnika to zazwyczaj wartość kilku omów, choć bywają rezystancje większe (do 20 Ω). Uzwojenia wzbudzenia szeregowe D1 D2 posiadają niewielką rezystancję również zazwyczaj jest to kilka omów (bywają nieco większe). Podobnie i komutacyjne B1 B2. Uzwojenia komutacyjne są na stałe połączone z twornikiem. Natomiast uzwojenia bocznikowe E1 i E2 oraz F1 i F2 posiadają znacznie większą rezystancję – rzędu kilkuset omów w zależności od napięcia je zasilającego. Wyprowadzenia łatwo zidentyfikować – A1 A2 są połączone z komutatorem natomiast uzwojenia wzbudzenia to prosty obwód rezystancyjny.

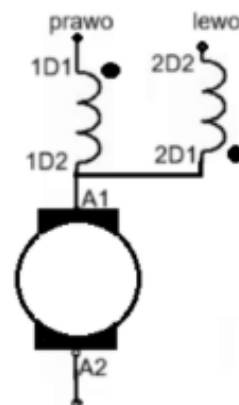
Układ połączeń typowego silnika szeregowego bez osobnych wyprowadzeń uzwojeń i twornika



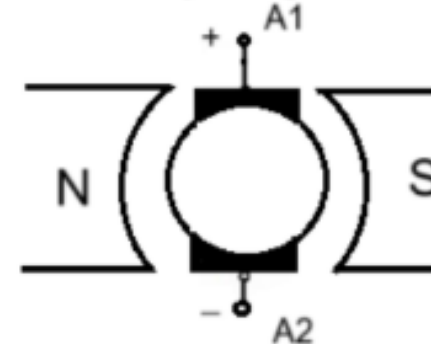
Układ połączeń silnika szeregowego z możliwością osłabiania pola w celu zwiększenia prędkości obrotowej.



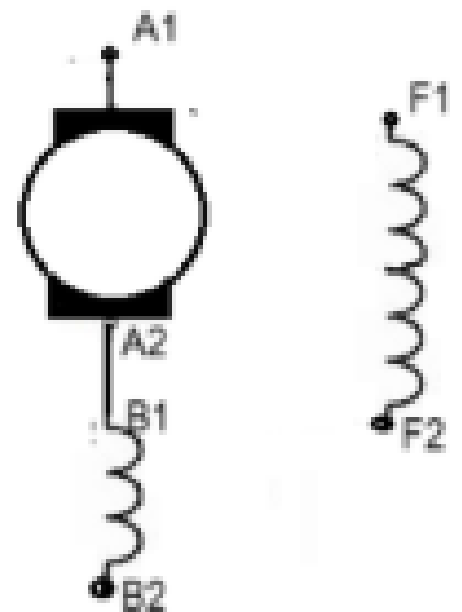
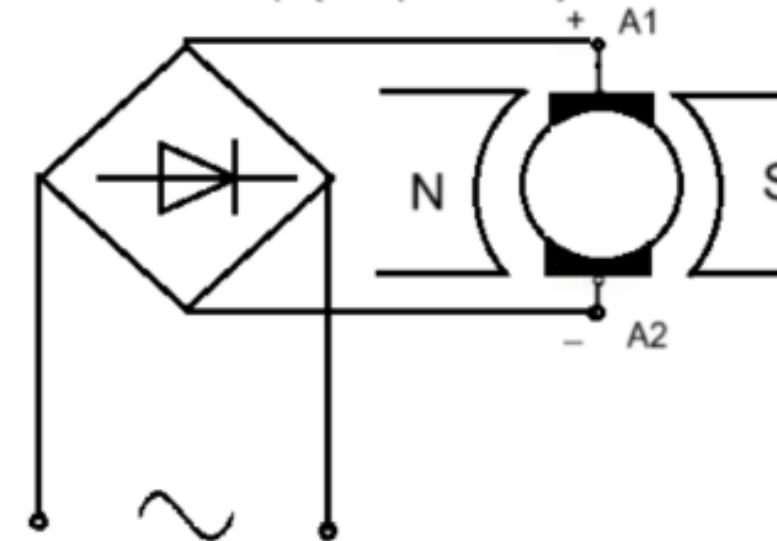
Układ połączeń silnika szeregowego do zmiany kierunku wirowania



Silnik obcowzbudny z magnesami trwałymi



Silnik obcowzbudny z magnesami trwałymi w typowym układzie przy zasilaniu prądem przemiennym



Rysunek 29 Wyprowadzenia silnika szeregowego

Rysunek 30 Wyprowadzenia silnika obcowzbudnego z magnesami trwałymi

Rysunek 31 Silnik obcowzbudny z uzwojeniami wzbudzenia oraz uzwojeniami komutacyjnym

Identyfikacja uzwojeń maszyn synchronicznych .

Maszyny synchroniczne jednofazowe – silniki małej mocy , bez uzwojeń wzbudzenia posiadają dwa wyprowadzenia. Wirnik nie stanowi obwodu elektrycznego.

Maszyny z uzwojeniami wirnika posiadają pięć wyprowadzeń z czego trzy to uzwojenia trójfazowe umieszczone w stojanie natomiast wirnik jest dołączony do pierścieni ślizgowych i szczotek. (rys17). Uzwojenia łatwo rozpoznać . Trzy z nich są zazwyczaj połączone i wykazują równą rezystancję pomiędzy wyprowadzeniami.

Identyfikacje uzwojeń silników pierścieniowych

Silnik pierścieniowy posiada dwa uzwojenia trójfazowe. Uzwojenie wirnika ma zdecydowanie mniejszą rezystancję niż stojana i wynosi maksymalnie kilka omów. Rys 11 .

4. DIAGNOSTYKA MASZYN ELEKTRYCZNYCH

26

Diagnostykę wykonuje się w celu określenia stanu technicznego maszyny i dokonania oceny stopnia zużycia najważniejszych układów i podzespołów. Ponadto diagnostykę i dokonuje się w celu ustalenia przyczyny nieprawidłowej pracy lub ogólnie jej braku. Podczas diagnostyki wykonuje się oględziny oraz szereg pomiarów wielkości fizycznych. Warto zwrócić uwagę, że oględziny to nie tylko wzrokowa ocena stanu urządzenia – konieczna jest też zwrócenie uwagi na charakterystyczne odgłosy czy zapach (swąd). Diagnostyka i pomiary niewielkich maszyn w warunkach zakładu, warsztatu sprowadza się najczęściej do określenia przyczyn usterek. W dużych zakładach w celu uniknięcia awarii dużych i kosztownych maszyn oraz przestojów w produkcji wykonuje się diagnostykę na zasadach przeglądów okresowych i oczywiście zupełnie inny zakres czynności diagnostycznych jest realizowany w zakładach naprawczych (i w zakładach produkcyjnych). W transporcie (choć nie tylko) parametry pracy są poddane kontroli ciągłej a dane są rejestrowane.

Oględziny w czasie pracy powinny przede wszystkim obejmować:

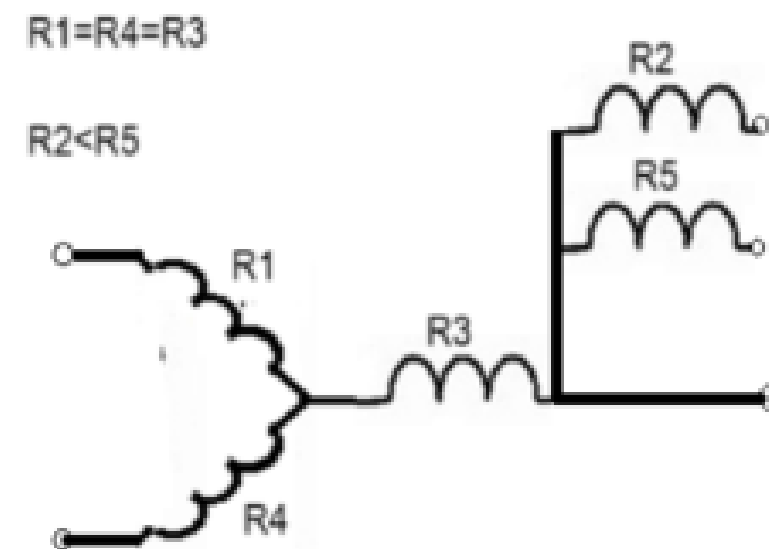
- poprawność ustawienia zabezpieczeń
- stopień
- nagrzewania obudowy i łożysk
- stan osłon i części wirujących
- poziom drgań i hałasu
- działanie układów chłodzenia (wentylacji)
- stan i podłączenie przewodów ochronnych

Pomiary rezystancji uzwojeń silników indukcyjnych

Pomiary rezystancji uzwojeń stojana ma określić ciągłość mierzonego obwodu , faktyczną rezystancję przejścia , niekiedy można za pomocą pomiaru rezystancji określić szacunkowy przyrost temperatury uzwojeń (pod warunkiem stosunkowo dużej rezystancji spoczynkowej i dokładności przyrządów).

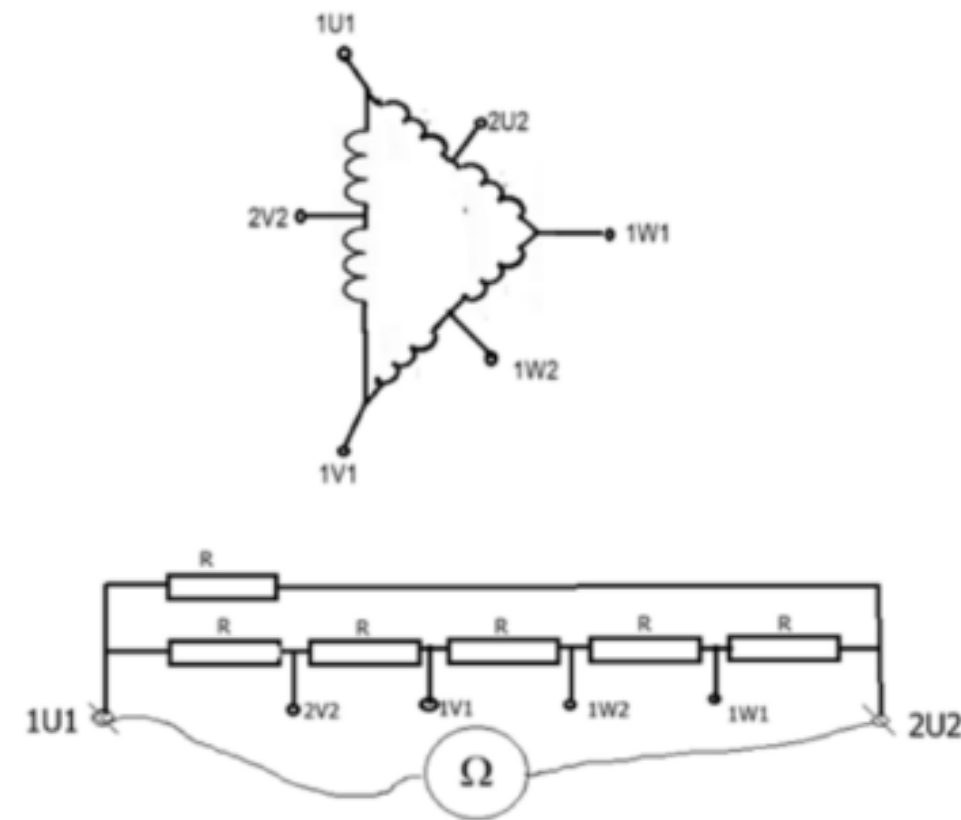
Pomiar rezystancji jak wyżej wspomniano pomaga określić rodzaj maszyny oraz jest wyprawdzenia, Pomiarów dokonuje się omomierzem lub multimetrem .

W przypadku braku dostępu do wszystkich końców wyprowadzeń ze względu na ich połączenie na stałe w maszynie należy oprzeć się na znanych z elektrotechniki wzorach . Spadek rezystancji świadczy o skróceniu uzwojeń, wzrost o świadczy o słabym styku wyprowadzeń. Zmiana rezystancji jest rzadkim zjawiskiem. Najczęściej dochodzi do przerw.



Rysunek 32 Przykładowy układ połączeń w silniku indukcyjnym jednofazowym wielobiegowym

Dobrym sposobem przy pomiarach rezystancji uzwojeń na stałe ze sobą połączonych w części maszyny jest więc naszkicowanie schematu uzwojeń w postaci klasycznego obwodu elektrycznego i dokonanie prostych obliczeń na podstawie wzorów na łączenie szeregowe i równoległe rezystorów .



Rysunek 33 Uzwojenia silnika dwubiegowego Δ/YY

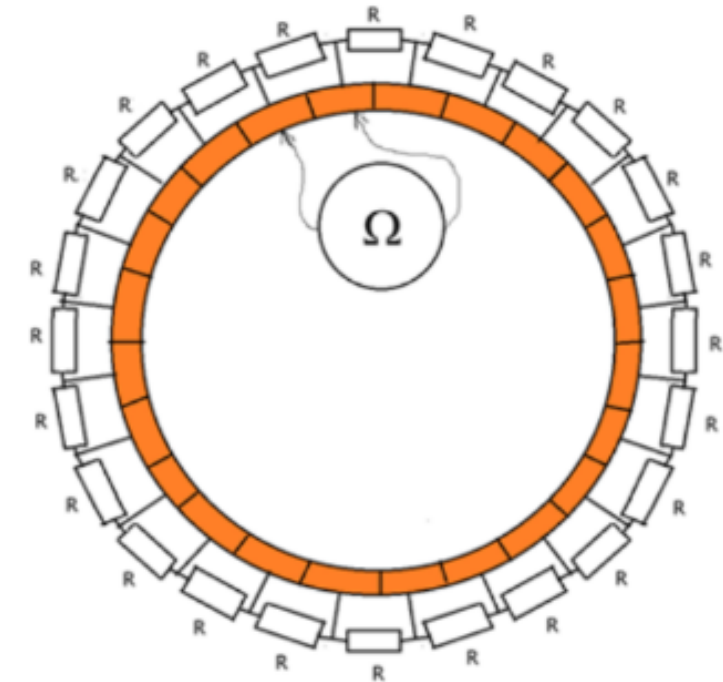
Rezystancja widziana od strony zacisków 1U1 -2U2 (rys 33) , wiedząc , że każde uzwojenie posiada taką samą rezystancję R

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R} + \frac{1}{5R} \quad R_x = \frac{5}{6}R$$

Pomiary rezystancji uzwojeń w maszynach komutatorowych

Pomiary rezystancji uzwojeń w przypadku uzwojeń stojana – uzwojeń wzbudzenia w przypadku wyprowadzonych końcówek nie stwarzają problemu . Dość często uzwojenia są podzielone na górne i dolne i dołączane bezpośrednio do szczotek. Uzwojenia stojana w przypadku gdy jest więcej wyprowadzeń (w celu możliwości odwzbudzania) należy traktować jak rezystory połączone szeregowo

Pomiar uzwojeń wirnika jest pracochłonny. Przerwę w uzwojeniu wirnika trudno wykryć prostym pomiarem rezystancji pomiędzy szczotkami. Uzwojenia wirnika stanowią pętlę o stosunkowo niskiej rezystancji. W przypadku maszyn niewielkiej mocy pomiar jest możliwy ale wymaga dokładnego omomierza z ostrymi sondami mocno dociskanymi do kolejnych wycinków komutatora rys 34. W przypadku dużych maszyn przerwy w uzwojeniach identyfikuje innymi metodami lub specjalistycznymi urządzeniami w wykorzystaniu prądu przemiennego.



Rysunek 34 Pomiar ciągłości uzwojeń wirnika

W przypadku pomiaru przedstawionego na rysunku 34 rezystancja wirnika mierzona na kolejnych dwóch wycinkach jest niewielka ok $0,3 \, \Omega - 0,6 \, \Omega$. Jest to wartość mierzalna dla dobrych multimetrów.

$$R_i = R \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

gdzie: n jest liczbą wycinków komutatora , R jest rezystancją pomiędzy dwoma kolejnymi wycinkami (jeden zezwój).

Jeżeli wystąpi przerwa w jednym zezwoju to jeden pomiar wykaże rezystancję:

$$R_i = R(n - 1)$$

czyli rezystancję większą tyle razy ile jest wycinków komutatora.

Podczas pomiarów rezystancji uzwojeń czynnikiem wpływającym na pomiar jest temperatura. Wraz z przyrostem temperatury rezystancja wzrasta liniowo w zależności od materiału. Dla uzwojeń (miedź) współczynnik przyrostu rezystancji wynosi $\alpha=0,004$, co należy rozumieć , że z każdym stopniem wzrostu temperatury rezystancja będzie wzrastać o 0,4%. Dla maszyn, w których temperatura uzwojeń wzrosła o 50°C można się spodziewać 20% wzrostu rezystancji

Uzwojenia maszyny muszą być odpowiednio odizolowane od jarzma , korpusu ogólnie od części znajdujących się poza obwodem elektrycznym . Przewody i uzwojenia również muszą być wzajemnie od siebie idizolowane

Rozróżnia się :

- izolację przewodową (w małych maszynach jest to przeźroczysta emalia)
 - izolację zwojową
 - izolację połączeń czołowych
 - izolację żłobkową
- izolację międzywycinkową i izolację komutatorową

Materiały , z których jest wykonana izolacja nie jest przewodnikiem ale jak każde ciało stałe, materia posiada cechę fizyczną : rezystancja.

Ze względu na bardzo duże wartości rezystancji izolacji rzędu M Ω czy G Ω pomiaru dokonuje się urządzeniem generującym stosunkowo duże napięcie 250 V 500V 1000V 2500V. Dla porównania: multimetr wykorzystuje napięcie rzędu kilku woltów. Urządzenie nazywa się megaomierzem , omomierzem do pomiaru rezystancji izolacji lub tradycyjnie induktorem (przedzwonić silnik – znaczyło sprawdzić rezystancję izolacji induktorem z korbką).

Urządzenia o napięciu znamionowym do 500V sprawdza się napięciem probierczym 500V a dla urządzeń o napięciu znamionowym od 500 do 1000V sprawdza się napięciem probierczym 1000V [1]

Pomiaru dokonuje się dotykając jedną sondą do „masy” czyli (niemalowanej części) obudowy – najlepiej zacisku przewodu ochronnego, drugą sondą do dowolnego wyprowadzenia uzwojenia lub elementu mierzonego uzwojenia rys 35. W przypadku gdy uzwojenia są połączone- wystarczy dotknąć do jednego dowolnego wyprowadzenia uzwojeń. Rezystancja uzwojeń jest tu pomijalnie mała.

Istotnym jest czas pomiaru. Obwód magnetyczny , jarzmo , konstrukcja mechaniczne to połączone zesobą części przewodzące . Pomiedzy uzwojeniami a elementami konstrukcyjnymi i magnetycznym znajduje się cienka warstwa izolacji o stosunkowo dużej powierzchni i przenikalności elektrycznej.

Całość można więc traktować jako kondensator o pojemności :

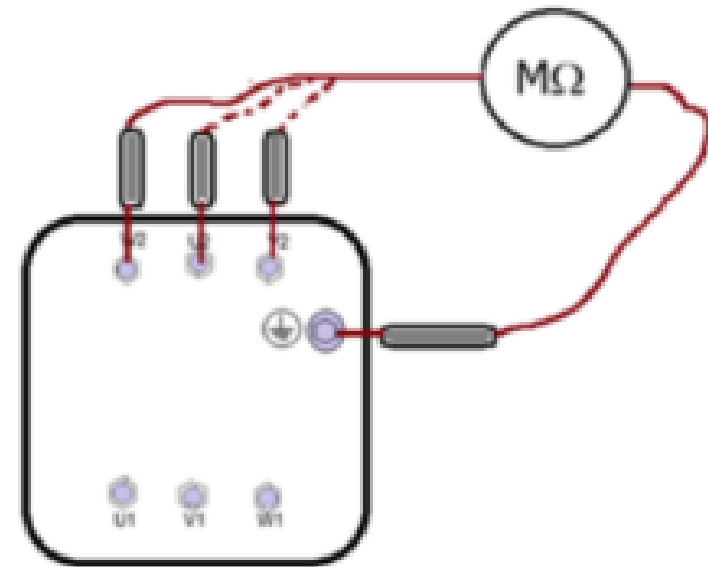
$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

s- powierzchnia izolacji uzwojeń

d- grubość izolacji

ε -przenikalnością elektryczną izolacji

Dlatego też aby uniknąć błędnych wskazań pomiar musi trwać nie mniej niż 5 s. Do tego czasu powinno nastąpić naładowanie i prąd ładowania wprowadzający błąd pomiaru, powinien ustać.



Rysunek 35 Pomiar rezystancji izolacji silnika trójfazowego

Tak jak w przypadku rezystancji uzwojeń, na pomiar ma wpływ temperatura. Dla rezystancji izolacji wpływ jest dużo większy i odwrotnie proporcjonalny. Wraz z przyrostem temperatury rezystancja izolacji spada. Podczas pracy maszyna pracuje w stanie nagrzany, dlatego więc rezystancję izolacji należy odnieść do temperatury 75°C tzn określić ile rezystancja izolacji wynosiłaby w 75°C

$$R_{75} = \frac{R_{iz}}{k_t}$$

gdzie: R_{75} jest skorygowaną wartością rezystancji izolacji, k_t jest współczynnikiem korekcyjnym, R_{iz} wynikiem pomiaru rezystancji izolacji w znanej temperaturze .

Wartości współczynnika korekcji k_t [1]

T [°C]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
k_t	12,3	10,2	8,4	7	5,7	4,4	3,8	3,2	2,6	2,2	1,7	1,5	1,2	1	0,8	0,7

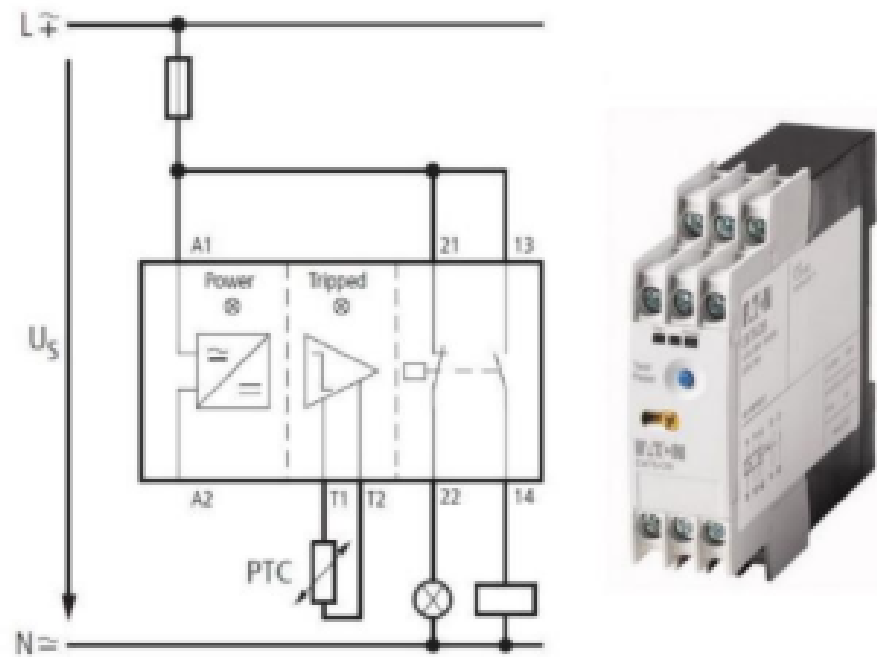
Rezystancja izolacji maszyn do 1kV nie powinna być mniejsza niż 5M Ω [1].

W sprawnych i suchych maszynach wartości te są o wiele większe – przekraczają 100M Ω . Zaniżenie tej wartości świadczy o zawilgoceniu, zabrudzeniu (szczególnie maszyn komutatorowych) lub zniszczeniu izolacji w wyniku przegrzania czy nawet spalenia. Należy pamiętać, że podczas eksploatacji zachodzi naturalny proces degradacji izolacji. Z czasem powstają w powłoce izolacyjnej mikropęknięcia, rozwarstwienia, starzenia, utlenienia. Szybkość tego procesu zależy od warunków i intensywności pracy. Zawilgocenia zabrudzenia w zasadzie można usunąć. Niestety „przebicia” tj punktowego uszkodzenia izolacji wewnątrz maszyny izolacji już nie.

Maszyny elektryczne większych mocy są wyposażane w odpowiednie sensory temperatury inaczej : czujniki żłobkowe (np. generatorów , silniki trakcyjne) . Wykonywane są w postaci bifilarnej czyli na całej długości żłobka lub punktowej. Współpracujące z czujnikami urządzenia na bieżąco kontrolują i monitorują temperaturę pracy maszyn.

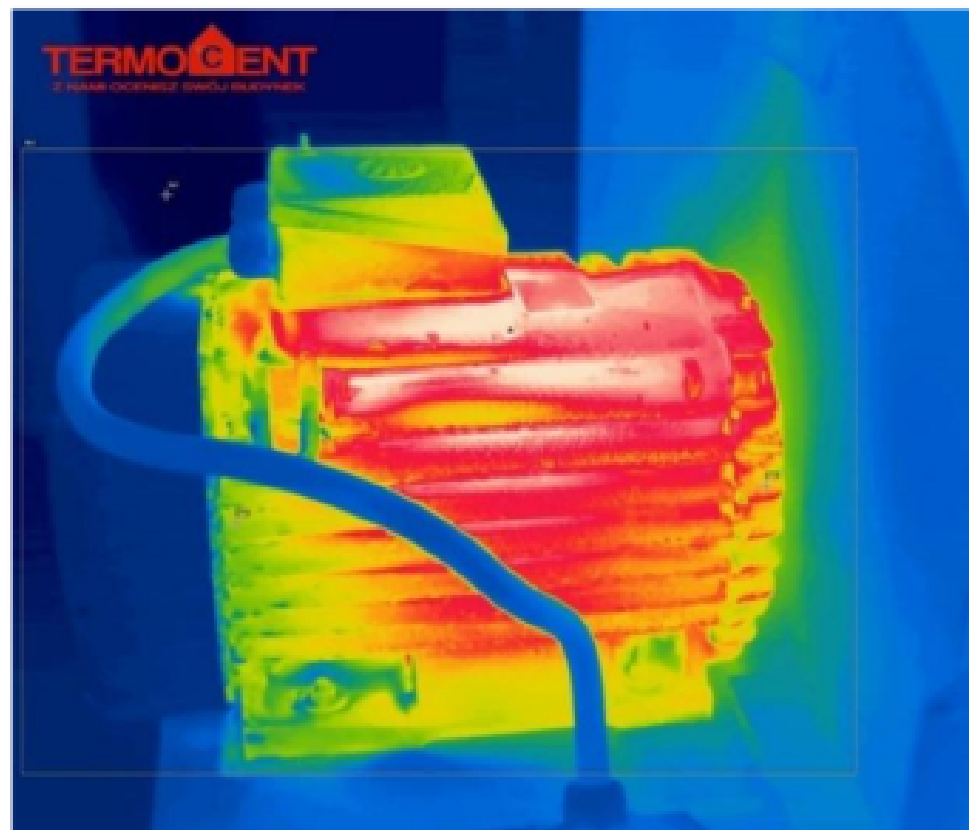
Innym rozwiązaniem są czujniki termistorowe PTC (Positive Temperature Coefficient). Wykonane są w formie niewielkiej pastylki i umieszczane są zazwyczaj w czołach uzwojeń, pomiędzy bokami cewek. Zasadniczo stosuje szeregowo połączone czujniki, każdy umieszczony w innych uzwojeniach (stojan).

Do współpracy z termistorowymi czujnikami temperatury PTC przeznaczone są tzw. przekaźniki rezystancyjne . Przy wzroście temperatury przynajmniej jednego z czujników ponad wartość znamionową następuje zadziałanie przekaźnika . Czujniki PTC wykonywane są na znamionowe temperatury: 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 145, 150, 155 °C. Czujniki termistorowe PTC wraz z przekaźnikami rezystancyjnymi nie dokonują więc pomiaru temperatury a tylko reagują stykami pomocniczymi w przypadku przekroczenia temperatury krytycznej.



Podczas oględzin stosuje się też pomiar temperatury części zewnętrznych za pomocą pirometrów i kamer termowizyjnych . Kontrolowane jest w ten sposób nagrzewanie się korpusu maszyny w szczególności tarcz łożyskowych w okolicach łożysk.

Rysunek 36 Przykładowy przekaźnik rezystancyjny do ochrony termicznej silnika firmy EATON



Pomiaru temperatury można dokonać za pomocą pomiaru rezystancji uzwojeń. Znając rezystancję uzwojeń w stanie zimnym dość łatwo określić przyrost temperatury przekształcając wzór na przyrost rezystancji pod wpływem przyrostu temperatury. Jest dość przybliżona metoda , której dokładność spada wraz ze wzrostem mocy maszyny (mniejsza rezystancja uzwojeń)

Rysunek 37 Obraz kamery termowizyjnej pracującego silnika dokonywanej przez firmę TERMOCENT

5. ZAŁĄCZENIE DO PRACY

37

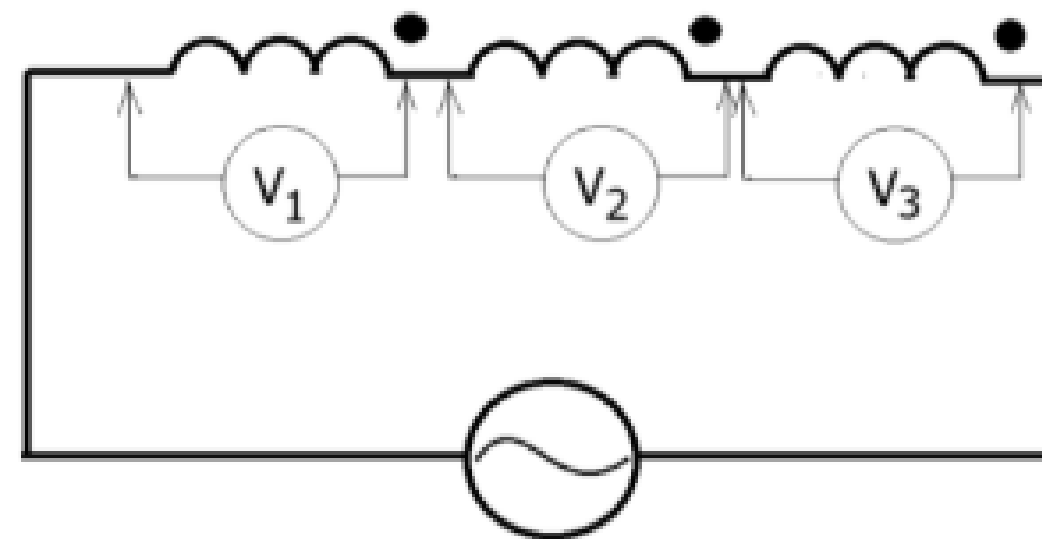
Maszyna elektryczna jako urządzenie wymaga załączenia do sieci. Ilość wyprowadzeń i sposób podłączenia często stwarza problemy. Nieprawidłowe podłączenie w najlepszym przypadku może skutkować , że maszyna nie będzie działać w ogólnie lub kierunek obrotów może być przeciwny.

W maszynach uniwersalnych , przemysłowych na wewnętrznej stronie pokrywy puszkilączeniowej

znajduje się najczęściej opis wyprowadzeń oraz sposób ich podłączenia. Niezależnie od tego warto narysować sobie schemat połączeń i zastanowić się czy przyjęty przez nas sposób podłączenia będzie zgodny. Na tabliczce łączeniowej mogą znajdować się oprócz wyprowadzeń uzwojeń także i

wyprowadzenia urządzeń kontrolno-sterujących np. wyłącznik odśrodkowy (do wyłączenia kondensatora rozruchowego) , zaciski prądnicy tachometrycznej , wyprowadzenia czujnika temperatury. Problem pojawia się gdy z maszyny wystają tylko przewody . W maszynach skonstruowanych i zabudowanych do pracy w innych urządzeniach trudno znaleźć jakiegokolwiek informację o sposobie podłączenia , dlatego przed wymianą , demontażem warto wykonać zdjęcie podłączenia.

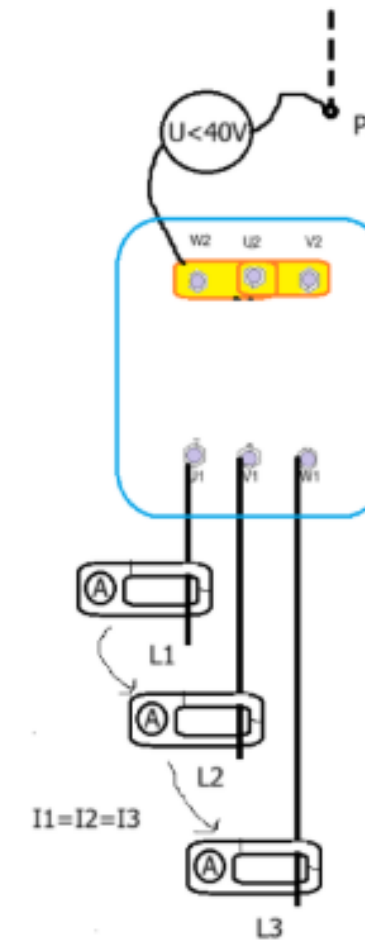
Ustalanie biegunowości uzwojeń maszyn trójfazowych wymaga użycia prądu przemiennego lub wykonania krótkotrwałej próby załączenia. Metod ustalania gdzie są początki i końce jest wiele. Najwygodniejsze są metody, przy których nie ma potrzeby użycia specjalistycznych urządzeń lub zasilania. Dla uproszczenia: trzy uzwojenia należy potraktować jako trzy sprzężone ze sobą cewki. Łącząc je szeregowo uzyska się obwód elektryczny z trzema impedancjami przez który przepływa ten sam prąd. W przypadku zgodnego połączenia wszystkie impedancje będą równe a spadek napięcia na nich będzie miał taką samą wartość. Jeśli któreś uzwojenie jest połączone inaczej to jego impedancja będzie inna. Do wykonania pomiaru wystarczy więc źródło napięcia 230V, woltomierz. Pomiaru dokonać należy dość szybko aby nie spowodować uszkodzenia silnika (rys 38)



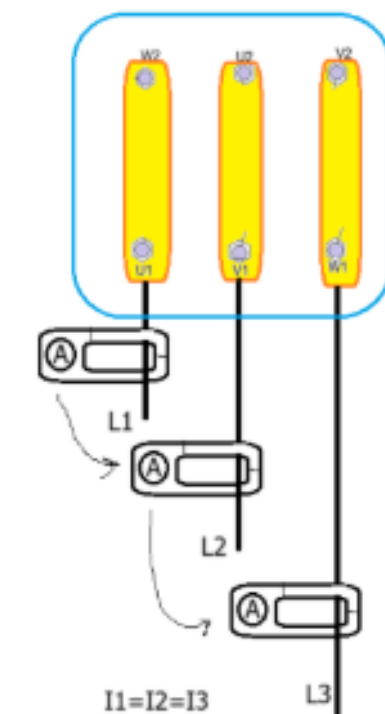
Rysunek 38 Ustalanie zgodności uzwojeń maszyny trójfazowej (metoda autora opracowania)

W przypadku próby załączenia należy mieć świadomość, że niezabezpieczony wyłącznikiem silnikowym silnik trójfazowy z nieprawidłowo połączonymi uzwojeniami może ulec zniszczeniu w stosunkowo niedługim czasie ale na tyle wystarczającym aby szybko ocenić czy pracuje prawidłowo.

Wprawione osoby mogą szybko dokonać w tym czasie pomiarów amperomierzem cęgowym prądy w przewodach zasilających lub zmierzyć różnicę potencjałów pomiędzy sztucznym punktem zerowym silnika a rzeczywistym przewodem neutralnym lub ochronnym. Nieprawidłowo podłączony silnik będzie przede wszystkim wykazywał głośne buczenie drgania i zanik momentu obrotowego przy obciążeniu. Spadki napięć na uzwojeniach połączonych w gwiazdę oraz prądy poszczególnych faz nie będą równe. Punkt połączenia uzwojeń przy gwieździe będzie wykazywał znaczne napięcie względem potencjału ziemi.

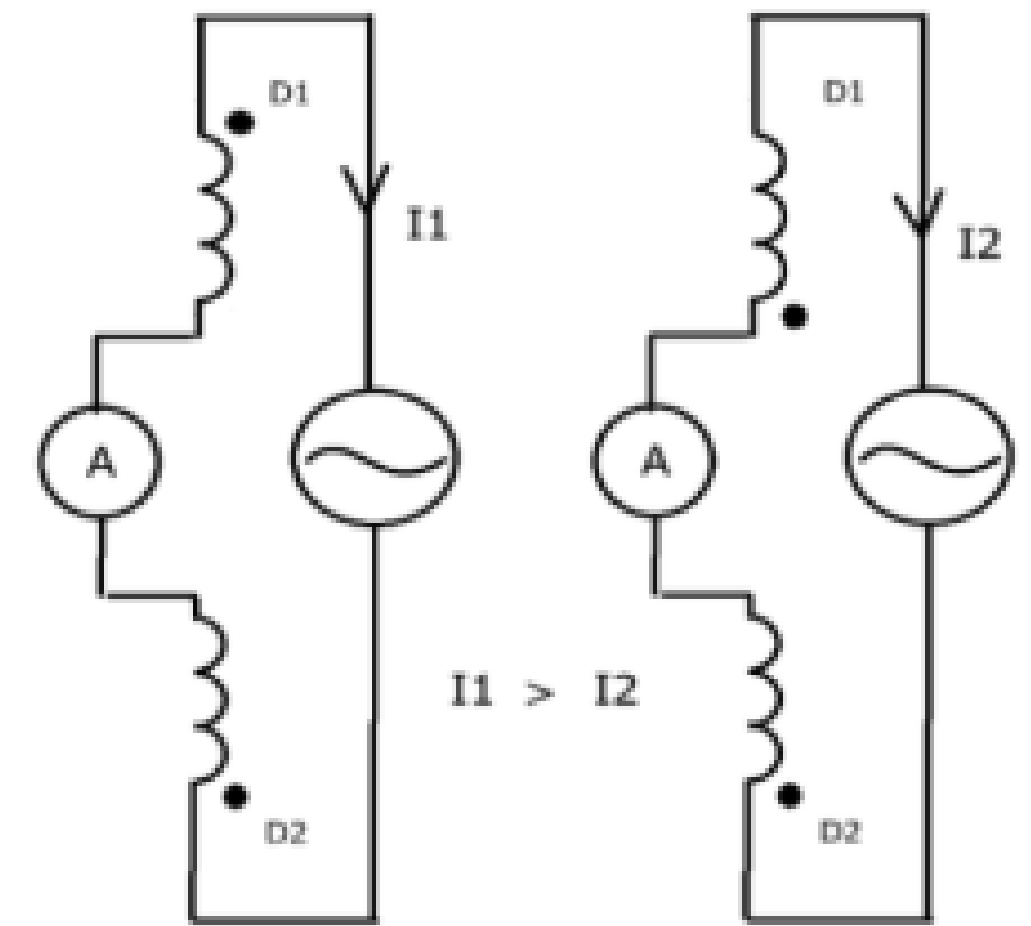


Rysunek 39 Pomiar symetrii napięć i prądów dla silnika skonfigurowanego w gwiazdę



Rysunek 40 Pomiar symetrii prądów silnika skonfigurowanego w trójkąt

W silnikach komutatorowych ustalenia biegunowości jest również ważne. Zamiana zacisków uzwojeń wzbudzenia lub twornika spowoduje zmianę kierunku obrotu. W urządzeniach gdzie obrót wału jest zawsze realizowany w tą samą stronę, silnik nie jest przystosowany do pracy w przeciwnym kierunku. Ustawienie szczotek uwzględnia wpływ reakcji twornika dlatego są ustawiane dla jednego kierunku obrotów. Załączenie do pracy takiego silnika przy pełnym napięciu w kierunku przeciwnym spowoduje powstanie łuku okrężnego i uszkodzenie komutatora w bardzo krótkim czasie. Po połączeniu należy więc sprawdzić niższym napięciem albo załączyć na ułamek sekundy sprawdzając w którą stronę się obraca mechanizm i jak zachowuje się komutator. Problemem jest też odpowiednie połączenia ze sobą uzwojeń każdego z biegunów. Zazwyczaj są już na stałe ze sobą połączone lub ich wyprowadzenia są umieszczone przy aparatach szczotkowych, do których mają być podłączone. Nieprawidłowe podłączenie będzie skutkować zupełną zmianą przepływu strumienia magnetycznego tj od wzbudzeniem lub wzbudzeniem poprzecznym – skutek zawsze ten sam: łuk okrężny. W przypadku konieczności ustalenie biegunowości należy dwa uzwojenia potraktować jako dwie cewki sprzężone magnetycznie czyli : najlepiej wyjąć wirnik, połączyć uzwojenia szeregowo, zasilić niskim napięciem ok 30-40V i zmierzyć prąd dla obu konfiguracji połączeń. Układ, w którym prąd jest mniejszy jest układem poprawnym.



Rysunek 41
Ustalanie współbiegunkowości uzwojeń wzbudzenia (metoda autora opracowania)

5. TYPOWE USZKODZENIA I ICH ROZPOZNAWANIE

41

Silniki indukcyjne trójfazowe

a) brak zasilania oraz przerwa w uzwojeniach jednej cewki

Brak zasilania jednego uzwojenia w momencie załączenia objawia się mniej lub bardziej głośniejszym buczeniem i drganiem w zależności od mocy silnika. Podczas pracy silnik przy niewielkim obciążeniu będzie pracował lecz głośniejsze. Przy pomocy woltomierza można wykryć asymetrię napięć bezpośrednio na wyprowadzeniu uzwojeń na tabliczce łączeniowej. W przypadku przerwy wewnątrz silnika pomiar rezystancji od strony zacisków wskaże różną rezystancję. Dość często dochodzi do przerw w puszcze łączeniowej. Praca silnika przy wykorzystaniu tylko dwóch cewek powoduje znaczne przekroczenie prądu znamionowego. Zasilanie przy stojącym wirniku skutkuje dość szybkim przegrzaniem uzwojeń i spalaniem izolacji. Warto więc zabezpieczyć silnik przełącznikiem lub wyłącznikiem silnikowym. Przy długotrwałym przekroczeniu prądu znamionowego urządzenia te odłączą zasilanie.

b) uszkodzenie izolacji

Do uszkodzenia izolacji dochodzi najczęściej wskutek przegrzania lub zalania wodą.

Zazwyczaj towarzyszy temu specyficzny zapach tzn swąd. Uzwojenia stają się ciemnobrązowe i czarne. O ile nie doszło do przebicia do obudowy to mogło dojść do trudno wykrywalnych miernikiem zwarć międzyzwojowych.

c) uszkodzenie łożysk

Objawem zużycia lub uszkodzenia łożysk jest głośna praca w postaci szumu o różnej barwie dźwięku. W wyniku pogorszenia pracy łożysk należy się spodziewać wzrostu temperatury tarcz łożyskowych w okolicach łożysk. Temperatura pracy łożysk nie powinna być wyższa niż 100°C – 120°C .

Niezależnie

od tego wzrost temperatury łożyska ponad temperaturę korpusu sugeruje awarię łożyska. Pomiaru dokonuje się pirometrem lub kamerą termowizyjną. Przyczyną uszkodzenia łożyska może być : niewyważenie wirnika , brak smarowania, środowisko pracy (wilgoć, długotrwały postój) , przekraczanie prędkości znamionowej, nadmierne wibracje układu napędowego.

Należy pamiętać, że silniki indukcyjne zasadniczo nie są przystosowane do pracy z prędkościami wyższymi niż 3000 obr/min. Jeżeli silnik jest zasilany napięciem o częstotliwości wyższej niż 50 Hz konieczne jest uwzględnienie jego prędkości maksymalnej.

d) uszkodzenie prętów wirnika

Objawami uszkodzenia prętów wirnika są nadmierne wibracje spadek obrotów i ogólnie głośna praca. Do uszkodzenia tj przerwy w prętach wirnika dochodzi wskutek pęknięć. Po demontażu wirnika miejsce to jest dobrze widoczne. W miejscu pęknięcia ze względu na duże prądy w uzwojeniach - prętach

dochodzi do iskrzenia i nadtopienia. „Niewielkie uszkodzenie klatki (np. przełamany jeden pręt) nie mają wielkiego wpływu na moment rozruchowy silnika. Jednak raz rozpoczęte uszkodzenie rozwija się dalej. Silnik z uszkodzoną klatką posiada wyraźnie gorszy rzeczywisty współczynnik sprawności” [2]

- **silniki indukcyjne jednofazowe**

a) uszkodzenie kondensatora

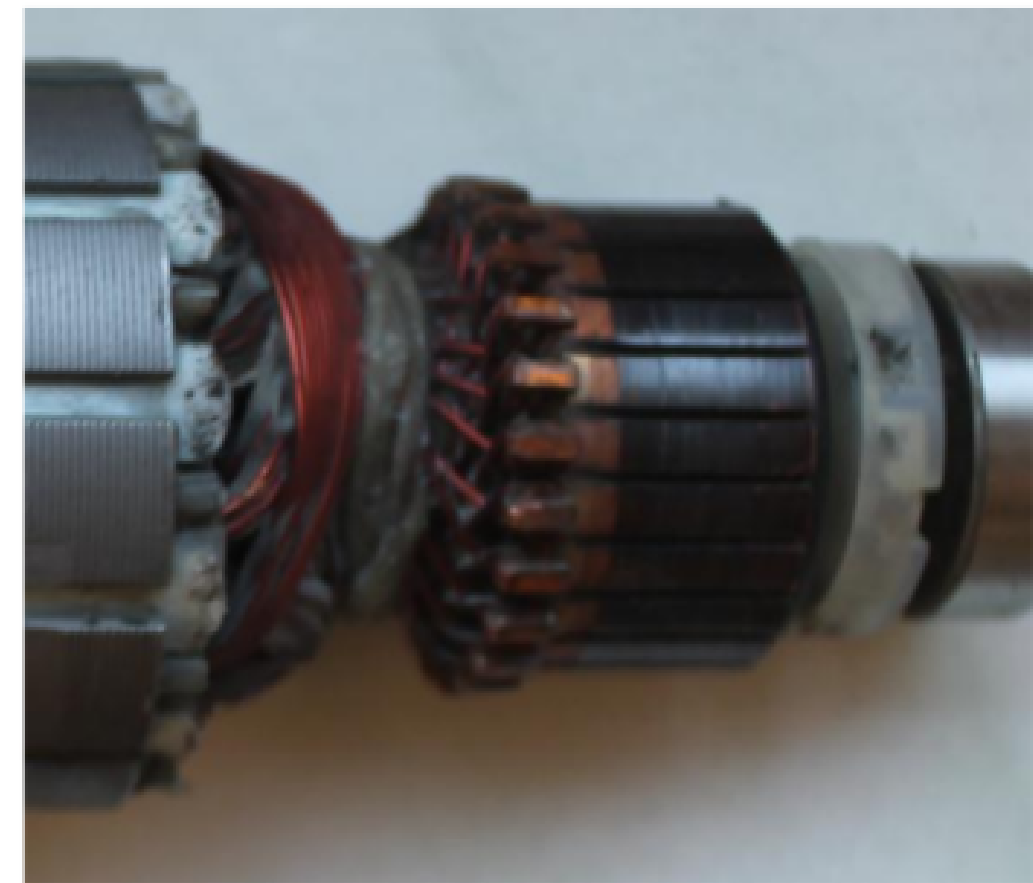
Silnik indukcyjny jednofazowy pozbawiony zasilania cewki pomocniczej nie posiada momentu rozruchowego. Załączony więc do pracy przy obciążeniu nie będzie pracował. Wirnik nie będzie się obracał natomiast będzie słyszalne niezbyt głośne buczenie. Przy stojącym wirniku prąd uzwojeń roboczych będzie dużo wyższy niż znamionowy, co po dłuższym czasie spowoduje uszkodzenia uzwojeń. (Silnik nieobciążony zazwyczaj po chwili zastartuje w losowo wybranym kierunku. Sprawdzenia kondensatora można dokonać multimetrem, który posiada możliwość pomiaru pojemności w zakresie od kilku do kilkudziesięciu F. Nie należy eksperymentować z zastępowaniem kondensatora. Najlepiej zastosować taki sam.

- **silniki komutatorowe**

Główną oznaką nieprawidłowości w pracy maszyny komutatorowej jest nadmierne iskrzenie pod szczotkami. W normalnej pracy maszyny naturalnym zjawiskiem jest pojawianie się gasnących iskier na kilku wycinkach komutatora za szczotką. Pojawianie się niebieskiego, białego łuku elektrycznego na części lub na całości komutatora świadczy o nieprawidłowej pracy maszyny zużycie szczotek. Takiemu zjawisku towarzyszy charakterystyczny trzeszczący odgłos

a) Uszkodzenie komutatora

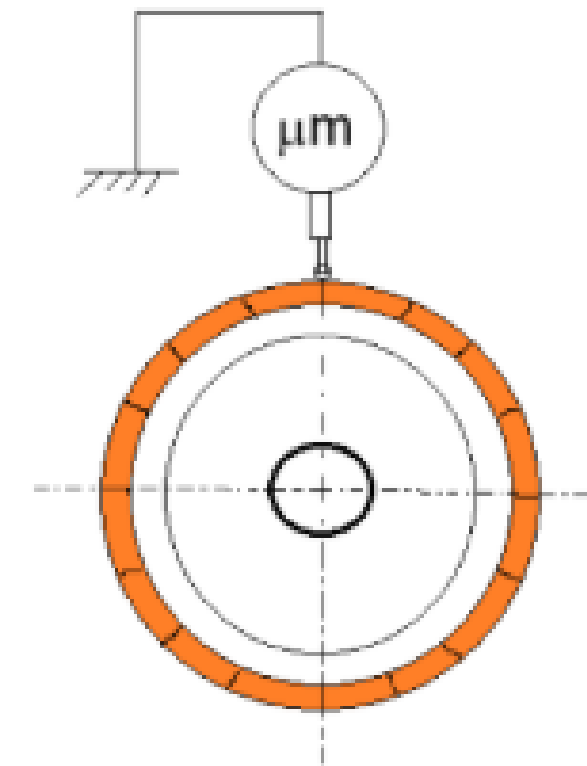
W wyniku nadmiernego iskrzenia i działania wysokiej temperatury może dojść do : uszkodzenia izolacji między wycinkowej, owal komutatora . Oznaką uszkodzenia izolacji jest ciemny , czarny kolor powierzchni komutatora , nadpalenia wycinków oraz ogień komutatorowy . Jeśli nie ma uszkodzeń uzwojeń można naprawić poprzez przetoczenie i usunięcie miedzi i zgorzelin spomiędzy wycinków. Na zdjęciu (rys42) opalony komutator . Ponadto kolor uzwojeń jest czerwony co może świadczyć o długotrwałej eksploatacji w wysokiej temperaturze.



Rysunek 42 Komutator po działaniu łuku okrężnego

Owal komutatora jest odkształceniem powierzchni komutatora polegającym na utracie współosiowości. W małych maszynach jest to widoczne poprzez zaczernienie części komutatora wskutek iskrzenia tylko na jego części o mniejszym promieniu. Owal można też sprawdzić za pomocą mikrometru – czujnika zegarowego.

Odchyłka powyżej 30 mμ świadczy o owalu komutatora [3]. Zasadniczo wystarczy przetoczenie i usunięcie miedzianych zadziorów spomiędzy wycinków. Mając do dyspozycji czujnik zegarowy można sprawdzić odchyłkę średnicy. Jeśli dostęp do powierzchni jest utrudniony, można wymontować wirnik i włożyć do wrzeciona stabilnej obrabiarki : tokarki lub wiertarki stołowej.



Rysunek 43 Pomiar owalu komutatora

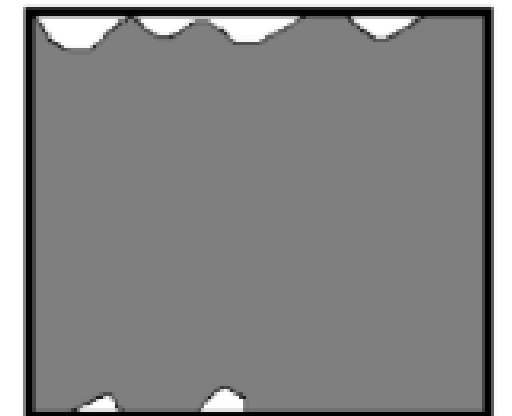
b) Uszkodzenia i zużycia szczotek

Częstym powodem iskrzenia a nawet łuku okrężnego jest słaby docisk . zupełne wytarcie szczotek lub ich zakleszczenie w aparacie szczotkowym . Szczotka musi dolegać całą powierzchnią do komutatora i posiadać luz tak aby mogła się tylko przemieszczać w kierunku równoległym do promienia wirnika . Stały docisk do komutatora ma zapewniać sprężyna. Powierzchnia przylegania szczotki do komutatora może w dużej mierze odzwierciedlać stan komutatora i jakość współpracy szczotka komutator. Powierzchnia przylegania powinna być w całości jednolita , gładka i nieco błyszcząca.

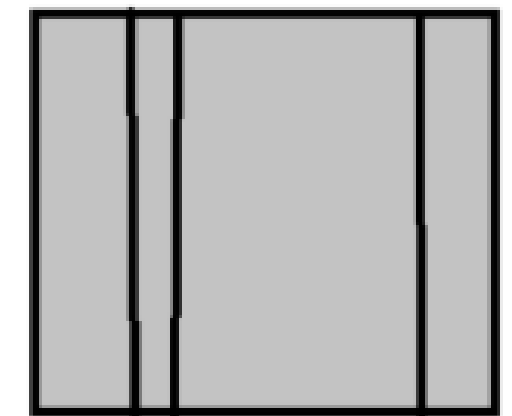
Natomiast:

- wykruszenia na krawędziach świadczą o nadmiernym luzie poprzecznym
 - szczotka ma zbyt duży luz
- podłużne rysy wskazują na skropliny miedzi na wycinkach komutatora
 - część powierzchni jest matowa
 - szczotka nie przylega całą powierzchnią
- złamania i wykruszenia na dużej powierzchni- wystawianie wycinków

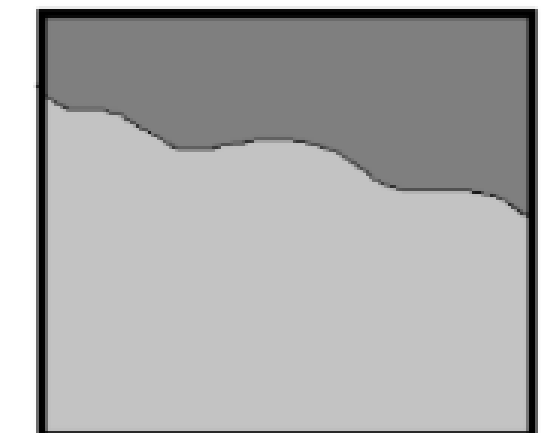
Wykruszenia na krawędziach.



Poprzeczne rysy na powierzchni



Powierzchnia w części matowa a w części lustrzano- szklista

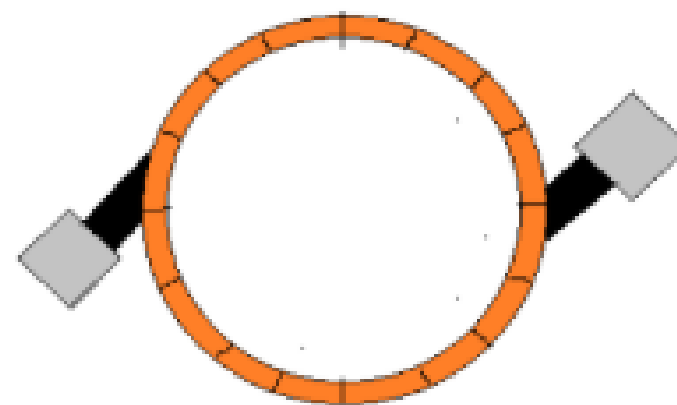


Rysunek 44 Rodzaje uszkodzenia szczotek - widziane od strony komutatora.

Nieprawidłowości na styku : szczotka – komutator objawia się iskrzeniem a co za tym idzie podwyższeniem temperatury nie tylko komutatora ale także i aparatu szczotkowego.

Zmieniony kolor gniazda szczotkotrzymacza czy przewodnicy świadczą o dużym przyroście temperatury.

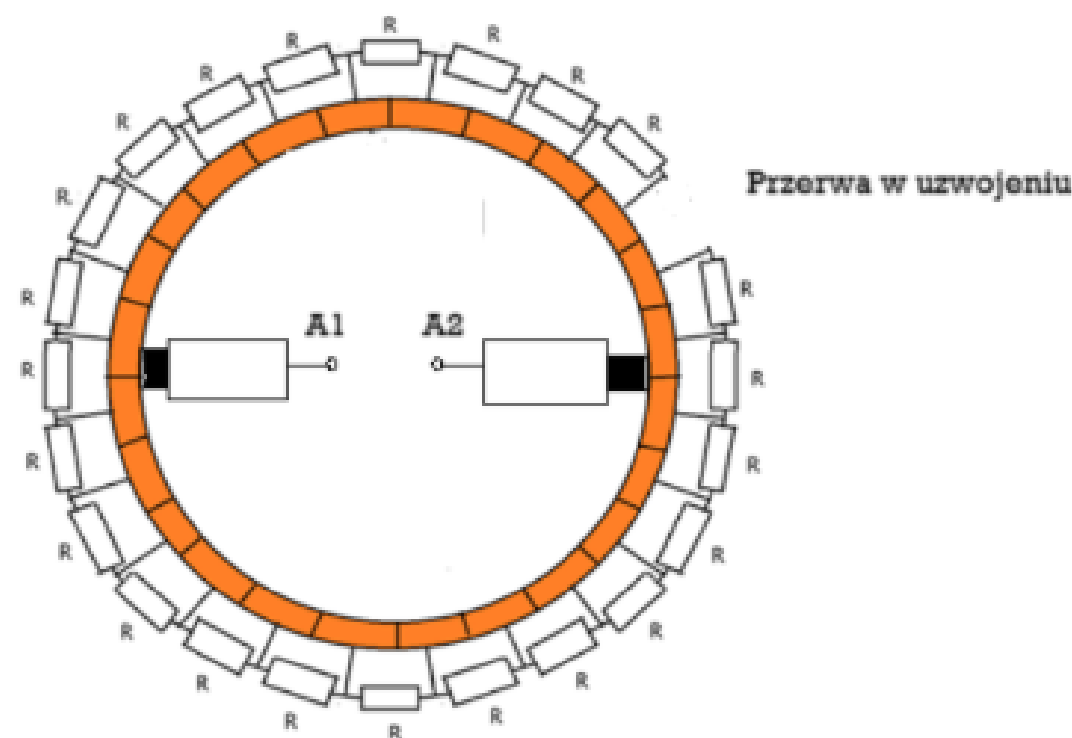
Wymiana szczotek zasadniczo wymaga ich wcześniejszego przygotowania tzn dotarcia. W sytuacji gdy aparat szczotkowy jest zamontowany ukośnie. (rys45) włożenie szczotki niedopasowanej spowoduje poważne iskrzenie . Należy więc zeszlifować powierzchnię aby przylegała największą powierzchnią. W sytuacji gdy szczotki ułożone są prostopadle wystarczy uruchomić maszynę na pewien czas bez obciążenia.



Rysunek 45 Silnik z ustawieniem ukośnym szczotkotrzymac

c) przerwa w uzwojeniach wirnika

Przerwa w uzwojeniach wirnika to odczuwalny spadek mocy i łuk okrężny. Prąd wirnika płynie tylko częścią (połową) uzwojeń a zmiana następuje z częstotliwością obrotu wirnika. W krótkim czasie wirnik ulega spaleni. Niestety - brak reakcji użytkownika może spowodować pożar całego urządzenia.



Rysunek 46 . Obwód uzwojeń wirnika - przerwa w jednym zezwoju.

BIBLIOGRAFIA

50

[1] PN-EN 61557-2 ; PN-EN 60204-1

[2] Maciej Bernatt, BOBRME Komel, Katowice Ryszard Rut, Jan Mróz, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów
O USZKODZENIACH KLATEK WIRNIKA

[3] PN-EN 60034-1
