

13



ELEKTRYK

**Wykonywanie naprawy maszyn,
urządzeń i instalacji elektrycznych**



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Andrzej Wadas

Wykonywanie naprawy maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych 724[01].O2.05

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007**

Recenzenci:

Mgr inż. Grażyna Adamiec

Prof. PŁ dr hab. inż. Krzysztof Pacholski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01].O2.05 „Wykonywanie naprawy maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Zasady organizacji napraw urządzeń i instalacji elektrycznych	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	9
4.1.3. Ćwiczenia	9
4.1.4. Sprawdzian postępów	11
4.2. Podstawowe podzespoły mechaniczne stosowane w maszynach i urządzeniach elektrycznych	12
4.2.1. Materiał nauczania	12
4.2.2. Pytania sprawdzające	22
4.2.3. Ćwiczenia	22
4.2.4. Sprawdzian postępów	23
4.3. Uszkodzenia i naprawa transformatorów oraz urządzeń energoelektrycznych	24
4.3.1. Materiał nauczania	24
4.3.2. Pytania sprawdzające	28
4.3.3. Ćwiczenia	28
4.3.4. Sprawdzian postępów	30
4.4. Uszkodzenia i naprawa silników elektrycznych	31
4.4.1. Materiał nauczania	31
4.4.2. Pytania sprawdzające	50
4.4.3. Ćwiczenia	50
4.4.4. Sprawdzian postępów	53
4.5. Uszkodzenia i naprawa instalacji elektrycznych	54
4.5.1. Materiał nauczania	54
4.5.2. Pytania sprawdzające	59
4.5.3. Ćwiczenia	59
4.5.4. Sprawdzian postępów	62
5. Sprawdzian osiągnięć	63
6. Literatura	68

1. WPROWADZENIE

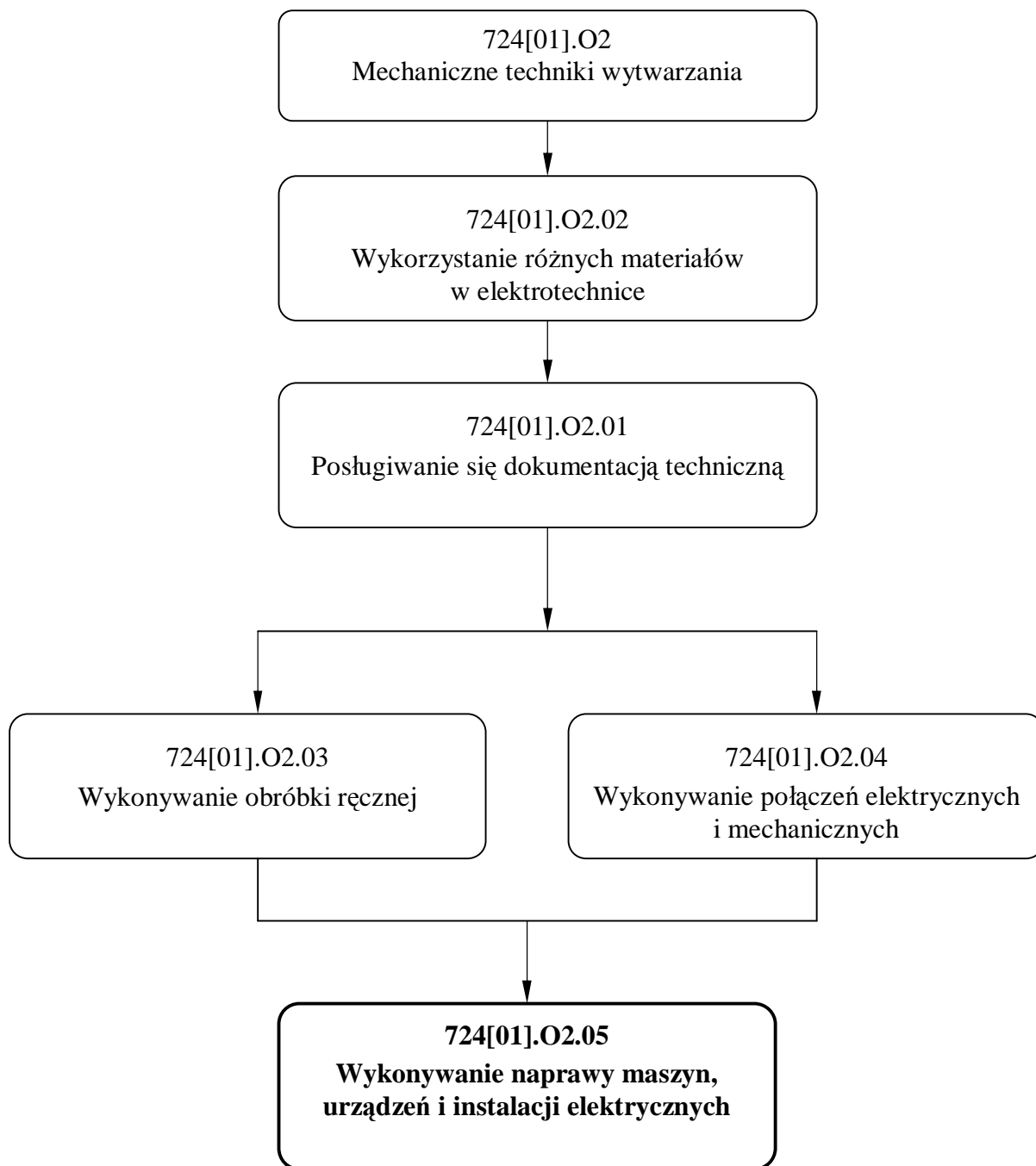
Poradnik ten będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy o montażu i wykonywaniu naprawy maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych, zasadach kształtowania bezpiecznych i higienicznych warunków pracy oraz ogólnych zasadach bezpieczeństwa na stanowisku pracy, a także w kształtowaniu umiejętności dostrzegania zagrożeń dla zdrowia lub życia, występujących na stanowisku pracy i ich skutecznego eliminowania lub ograniczania.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne określające umiejętności, jakie powinieneś posiadać, abyś mógł rozpocząć pracę z poradnikiem,
- cele kształcenia czyli wykaz umiejętności, jakie opanujesz w wyniku kształcenia w ramach tej jednostki modułowej,
- materiał nauczania, czyli wiadomości teoretyczne konieczne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań sprawdzających czy opanowałeś już podane treści,
- ćwiczenia zawierające polecenia, sposób wykonania oraz wyposażenie stanowiska pracy, które pozwolą Ci ukształtować określone umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów pozwalający ocenić Twój poziom wiedzy po wykonaniu ćwiczeń,
- sprawdzian osiągnięć opracowany w postaci testu, który umożliwi Ci sprawdzenie Twoich wiadomości i umiejętności opanowanych podczas realizacji programu danej jednostki modułowej,
- literaturę związaną z programem jednostki modułowej umożliwiającą pogłębienie Twojej wiedzy z zakresu programu tej jednostki.

W poradniku został zamieszczony wybrany materiał nauczania, ćwiczenia z zakresu montażu oraz wykonywania napraw maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych, pytania sprawdzające.

Szczególną uwagę zwróć na przepisy bezpieczeństwa przy wykonywaniu prac.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozróżniać rodzaje dokumentacji technicznej maszyn i urządzeń elektrycznych,
- odczytywać proste rysunki maszynowe,
- rozpoznawać symbole graficzne i oznaczenia stosowane w rysunku technicznym elektrycznym,
- odczytywać proste schematy elektryczne,
- rysować proste schematy elektryczne,
- odczytywać plan i schemat instalacji elektrycznej,
- odczytywać rysunki maszyn i urządzeń elektrycznych,
- odczytywać prostą dokumentację techniczną,
- rozróżniać materiały stosowane w elektrotechnice,
- rozpoznawać materiały stosowane w konstrukcjach maszyn i urządzeń elektrycznych,
- określać właściwości materiałów stosowanych w konstrukcjach maszyn i urządzeń elektrycznych,
- określać właściwości tworzyw sztucznych,
- rozpoznawać powłoki ochronne i dekoracyjne,
- wykonywać prace z zakresu obróbki ręcznej,
- stosować odpowiednią metodę obróbki do określonego elementu konstrukcyjnego,
- mierzyć podstawowe wielkości geometryczne,
- posługiwać się elektronarzędziami,
- posługiwać się dokumentacją techniczną, normami i katalogami części maszyn,
- rozpoznawać połączenia elektryczne i mechaniczne stosowane w konstrukcjach maszyn i urządzeń elektrycznych,
- rozpoznawać podstawowe złącza stosowane w urządzeniach elektrycznych,
- wykonywać połączenia mechaniczne,
- wykonywać połączenia elektryczne,
- przygotowywać styki i końcówki przewodów do lutowania,
- przykręcać przewody do zacisków,
- stosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozpoznać podstawowe rodzaje maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych,
- rozpoznać podzespoły mechaniczne stosowane w maszynach i urządzeniach elektrycznych,
- określić przeznaczenie elementów i podzespołów mechanicznych,
- rozpoznać elementy i zespoły instalacji elektrycznych,
- odczytać schematy ideowe i montażowe maszyn, urządzeń oraz instalacji elektrycznych,
- wykonać podstawowe pomiary w maszynach, urządzeniach i instalacjach elektrycznych,
- zlokalizować na podstawie wyników pomiaru uszkodzone elementy i podzespoły maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych,
- wymienić uszkodzone elementy i podzespoły w maszynach, urządzeniach i instalacjach elektrycznych,
- dokonać prostych napraw maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych,
- dokonać prostych napraw podstawowych układów energoelektronicznych,
- sprawdzić poprawność działania naprawionych maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych,
- skorzystać z katalogów części zamiennych,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej, ochrony od porażenia prądem elektrycznym oraz ochrony środowiska podczas wykonywania konserwacji i naprawy.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Zasady organizacji napraw urządzeń i instalacji elektrycznych

4.1.1. Materiał nauczania

Kolejność prac podczas napraw:

1. Zapoznanie się z dokumentacją techniczną (schematy ideowe, instrukcje użytkownika itp.) naprawianego urządzenia, naprawianej instalacji elektrycznej.
2. Określenie uszkodzeń mechanicznych i elektrycznych.
3. Opracowanie harmonogramu robót.
4. Przygotowanie materiałów.
5. Przygotowanie narzędzi.
6. Przygotowanie aparatury kontrolno-pomiarowej.
7. Naprawa.
8. Kontrola prawidłowości wykonanej naprawy.

Przygotowanie materiałów

W oparciu o dokumentację techniczną naprawianego urządzenia lub naprawianej instalacji elektrycznej oraz po określeniu rodzaju uszkodzenia należy zgromadzić wszystkie materiały potrzebne do wykonania całości robót.

Wyposażenie stanowiska roboczego monter–elektryka

Miejsce zajmowane przez pracującego nazywane jest stanowiskiem pracy lub stanowiskiem montażowym.

Zestaw narzędzi i urządzeń potrzebny do napraw i obróbki materiałów jest duży i narzędzia muszą być dobierane w zależności od rodzaju pracy. Przed przystąpieniem do pracy należy dobrze zapoznać się z dokumentacją naprawianego urządzenia lub schematami instalacji i zastanowić się nad kolejnością czynności podczas wykonywania pracy oraz materiałami, narzędziami i przyrządami niezbędnymi do wykonania każdej z tych czynności.

Narzędzia monterskie do:

- obróbki ślusarskiej: młotki, pilniki, pilki do metalu, rysiki, obcęgi, szczypce, gwintowniki i narzynki, i inne,
- montażu mechanicznego: klucze do śrub, ściągacze do łożysk, suwmiarka i inne,
- montażu elektrycznego: wkrętaki płaskie i krzyżowe izolowane, szczypce izolowane, kleszcze do zdejmowania izolacji, lutownica elektryczna, przeciągadło (sprężyna) do wciągania przewodów i inne,
- prac murarskich (przy naprawie instalacji elektrycznych): szpachle, packa do tynkowania i inne.

Aparatura kontrolno-pomiarowa

Do pomiarów wykonywanych najczęściej w trakcie oraz po zakończeniu montażu należą: pomiar napięcia, pomiar prądu, pomiar mocy czynnej, pomiar rezystancji, kontrola stanu izolacji i pomiar rezystancji uziemień. Wykorzystywana aparatura:

- dzwonek elektryczny 4,5 V wraz z baterijką (tzw. brzęczyk) lub inne urządzenie do sprawdzania ciągłości połączeń,
- wskaźniki (próbniki) napięć,

- multimetr,
- watomierz (pomiar mocy czynnej),
- miernik do pomiaru oporności uziemień,
- miernik (induktorowy) do pomiaru stanu izolacji,
- i inne.

Przechowywanie i konserwacja narzędzi

Po zakończeniu pracy narzędzia powinny zostać oczyszczone, poukładane i pozamykane do skrzynek lub szaf do tego przeznaczonych. Jeżeli nastąpiły uszkodzenia, należy wymienić narzędzia na nowe, lub naprawić we własnym zakresie.

Narzędzia zaopatrzone w rękogłoście izolacyjne, np. śrubokręty lub szczypce uniwersalne z gumowymi nakładkami izolacyjnymi, należy przechowywać w suchym miejscu i nie wolno ich oliwić.

Łączenie przewodów

Warunkiem dobrego wykonania wszelkich połączeń przewodów jest dobry i trwały styk między łączonymi częściami i możliwie jak najmniejsza oporność przejścia. Wartość tej oporności powinna być stała i nie powinna powiększać się podczas pracy złącza nawet przy wahających się obciążeniach.

Przy wszystkich łączeniach, w których występuje docisk powierzchni łączonych (połączenia śrubowe), ciśnienie, jakiemu powinna podlegać płaszczyzna styku, powinno być dostatecznie duże, (co najmniej 0,5 kG/mm²).

W celu zapewnienia nie wysuwania się przewodu zaciskanego, czynne powierzchnie styku muszą być dostatecznie duże. Uzyskuje się to przez stosowanie podkładek przy śrubach lub nakrętkach, a w przypadku zacisków – przez wykonywanie ich z dużymi powierzchniami styku.

Przystępując do łączenia, należy sprawdzić czy przeznaczone do połączenia przewody zmieszczą się w danym zacisku.

Przy zdejmowaniu izolacji i umieszczaniu przewodów w zaciskach należy unikać nadmiernych wygięć przewodów, żeby nie doprowadzać do osłabienia izolacji i do łamania się lub osłabienia przewodów.

Przewód aluminiowy (stosowany w instalacjach elektrycznych), poddany dużemu naciskowi „płynie” tj. po pewnym czasie ustępuje pod naciskiem, co powoduje pogorszenie styczności w zaciskach. Na skutek szybkiego utleniania się powierzchni aluminium, po pewnym czasie oporność połączenia wzrasta tak, że występuje grzanie się końcówek i iskrzenie (spowodowane również przez rozluźnianie się zacisku na skutek pełzania metalu przewodów). Powoduje to upalenie się końcówek przewodów i przerwę w obwodzie, a może być również przyczyną pożaru.

Przewody aluminiowe można łączyć tylko za pomocą specjalnych zacisków mocno sprężynujących.

Przy połączeniu aluminium z miedzią lub mosiądzem stosowane są podkładowe (Cu–Al) ze sprasowanych na gorąco płytek miedzianych i aluminiowych.

Podkładowe umieszcza się między miedzią (stroną miedzianą) a aluminium (stroną aluminiową).

Dobre połączenie przewodów za pomocą śrub uzyskuje się przez oczyszczenie styków, zapewnienie odpowiedniej powierzchni styków oraz mocne skręcenie śrub. Znaczną poprawę styku powierzchni czynnych osiąga się przez stosowanie podkładek sprężynujących zapobiegających ujemnym skutkom odkształcania się przewodów (szczególnie aluminiowych).

Przy łączeniu przewodów miedzianych stosuje się prawie wyłącznie lutowanie miękkie.

Lutowanie przewodów stosuje się, gdy nie jest dozwolone łączenie mechaniczne za pomocą śrub i zacisków (na przykład w uzwojeniach maszyn lub aparatów elektrycznych) oraz tam, gdzie wymagana jest bardzo dobra przewodność styku przewodów a ich spawanie nie jest możliwe.

Sprzęt bezpieczeństwa pracy

Na każdym stanowisku pracy powinna być zapewniona możliwość korzystania ze sprzętu zapewniającego bezpieczną pracę oraz sprzętu przeciwpożarowego.

W zależności od charakteru robót do sprzętu tego należeć mogą: transformator bezpieczeństwa, tablice ostrzegawcze, przenośne tablice rozdzielcze do zasilania narzędzi o napędzie elektrycznym, ubrania ochronne, buty i rękawice ochronne dielektryczne, apteczka, gaśnica śniegowa.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Czy dokonasz identyfikacji symboli elektrycznych występujących na schematach ideowych instalacji elektrycznych i urządzeń elektrycznych?
2. Kiedy i w jaki sposób łączymy przewody za pomocą śrub?
3. Kiedy i w jaki sposób lutujemy przewody miedziane?
4. Gdzie i w jaki sposób zakładamy podkładki kupalowe?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zidentyfikuj symbole graficzne znajdujące się na załączonym schemacie urządzenia elektrycznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) określić rodzaj dokumentu otrzymanego do wykonania ćwiczenia,
- 2) sporządzić tabelę symboli graficznych występujących w dokumencie,
- 3) określić znaczenie poszczególnych symboli i ewentualnie uzupełnić tabelę,
- 4) dokonać analizy dokumentu i wyszczególnić znajdujące się na rysunku obwody.

Środki dydaktyczne:

- schemat ideowy urządzenia elektrycznego,
- Polska Norma PN-EN 60617:2003 Symbole graficzne stosowane w schematach,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

Ćwiczenie 2

Wykonaj zestawienie symboli graficznych oraz wykaz obwodów znajdujących się na załączonym schemacie lub planie instalacji elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) określić rodzaj dokumentu otrzymanego do wykonania ćwiczenia,
- 2) sporządzić tabelę symboli graficznych występujących w dokumencie,
- 3) określić znaczenie poszczególnych symboli i ewentualnie uzupełnić tabelę,
- 4) dokonać analizy dokumentu i wyszczególnić znajdujące się na rysunku obwody.

Środki dydaktyczne:

- schemat lub plan instalacji elektrycznej mieszkaniowej,
- Polska Norma PN–EN 60617:2003 Symbole graficzne stosowane w schematach,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

Ćwiczenie 3

Sporządź plan i schemat instalacji elektrycznej pomieszczenia wskazanego przez nauczyciela lub swojego mieszkania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować plan pomieszczenia (lub pomieszczeń), które wskaże nauczyciel lub przy braku takiego wskazania – plan własnego mieszkania,
- 2) nanieść na planie widoczny osprzęt instalacyjny,
- 3) nanieść na planie obwody określając przynależność widocznego osprzętu instalacyjnego do poszczególnych obwodów,
- 4) narysować prawdopodobne trasy przewodów zgodne z zasadami dobierania tras przewodów,
- 5) nanieść na plan wartości prądów znamionowych zabezpieczeń,
- 6) sporządzić schemat instalacji rozrysowanej na planie,
- 7) zaznaczyć na planie instalacji miejsca, w których występują różnice między wykonaną już instalacją a wymaganiami określonymi obowiązującymi przepisami.

Środki dydaktyczne:

- taśma miernicza,
- Polska Norma PN–EN 60617:2003 Symbole graficzne stosowane w schematach,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) dobrać narzędzia i przyrządy pomiarowe do naprawy określonego uszkodzenia urządzenia elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) identyfikować symbole elektryczne występujące na schematach ideowych urządzeń elektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) identyfikować symbole elektryczne występujące na schematach ideowych instalacji elektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić kiedy i w jaki sposób łączymy przewody za pomocą śrub?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić kiedy i w jaki sposób lutujemy przewody miedziane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Podstawowe podzespoły mechaniczne stosowane w maszynach i urządzeniach elektrycznych

4.2.1. Materiał nauczania

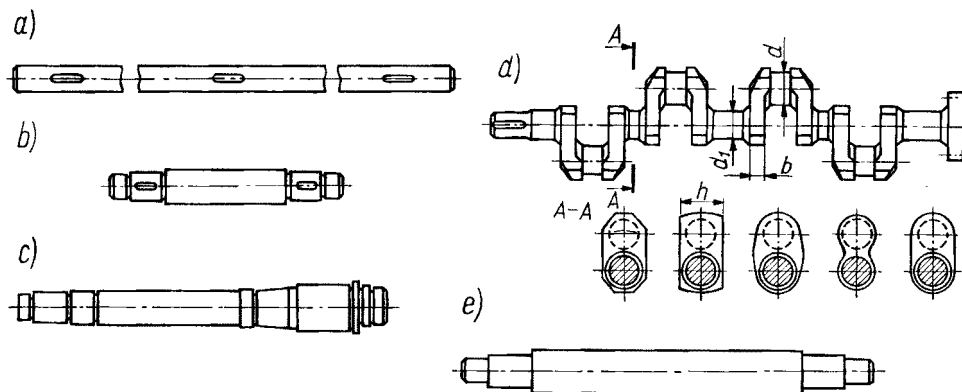
Osie i wały

Wał jest elementem maszyny, obracającym się wokół własnej osi. Służy do przenoszenia momentu obrotowego pomiędzy osadzonymi na nim częściami. Na wale mogą być osadzone różne elementy wykonujące ruch obrotowy, np. koła zębate, piasty, tarcze hamulcowe itp.

Oś jest elementem mechanizmu lub maszyny, kształtem podobnym do wału. Oś nie przenosi momentu obrotowego, służy do utrzymania w określonym położeniu osadzonych na niej wirujących elementów, najczęściej kół. Oś może być nieruchoma (stała) i wtedy części są na niej osadzone obrotowo, albo ruchoma i wtedy obraca się wraz z osadzonymi na niej częściami (np. osie kół wagonowych).

Podział wałów i osi w zależności od budowy (rys. 1):

- gładkie,
- stopniowe,
- wykorbione,
- mimośrodowe.

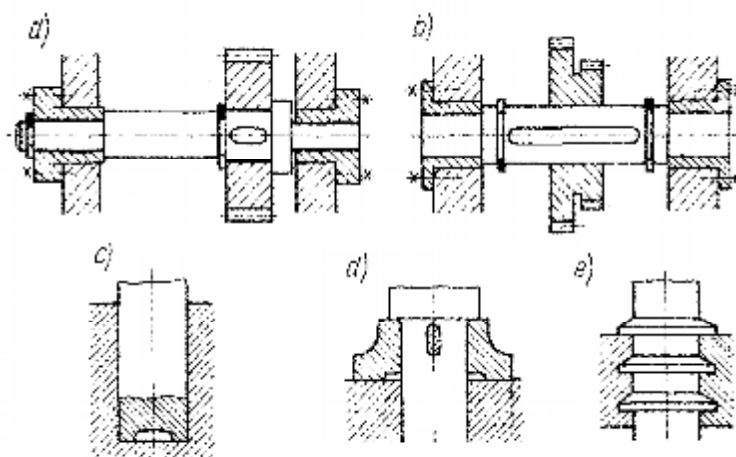


Rys.1. Rodzaje osi i wałów [13 s. 32]:
a) wał gładki pędny, b) i c) wał stopniowy, d) wał wykorbiony, e) oś.

Czop – jest elementem wału stykającym się z innymi częściami mechanizmu, ruchomymi lub nieruchomymi (koła zębate, koła pasowe, łożyska).

Rodzaje czopów (rys. 2):

- ruchowe – elementy osadzone na wale wykonują ruch,
- spoczynkowe – ruch elementów na wale jest niemożliwy.



Rys. 2. Rodzaje czopów [15, s. 21]:
a), b) – poprzeczne, c), d), e) – wzdłużne.

Łożyska

Zadaniem łożysk jest zapewnienie prawidłowej pracy wału (zachowanie stałego położenia osi jego obrotu względem nieruchomej podstawy). Łożyskowanie jest to ustalenie położenia osi i wałów względem korpusów.

Podział łożysk:

- toczne – w łożyskach tocznych między współpracującymi powierzchniami czopa i łożyska są umieszczone elementy toczne (np. kulki),
- ślizgowe – powierzchnia czopa wału ślizga się po powierzchni panewki (części łożyska współpracującej z czopem) lub bezpośrednio po powierzchni otworu łożyska.

Łożyska toczne

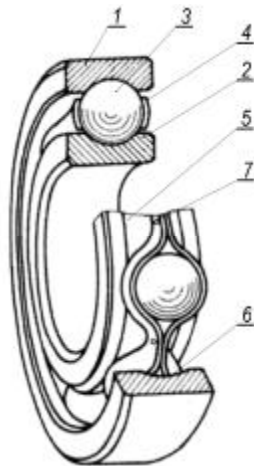
W łożyskach tocznych powierzchnie czopa i gniazda oddzielone są częściami tocznymi umożliwiającymi ruch obrotowy czopa bez poślizgu względem oprawy (rys. 3). W łożyskach tocznych występuje tarcie toczne.

Zastosowanie łożysk tocznych:

- elementy obrotowe wymagające małego oporu podczas pracy a przede wszystkim podczas rozruchu,
- elementy maszyn o zmiennych prędkościach obrotowych wału,
- elementy maszyn o częstszym zatrzymywaniu i uruchamianiu,
- miejsca maszyn wymagające dużej niezawodności pracy i dużej trwałości łożyska,
- miejsca maszyn wymagające stosowanie łożysk o małych wymiarach wzdłużnych.

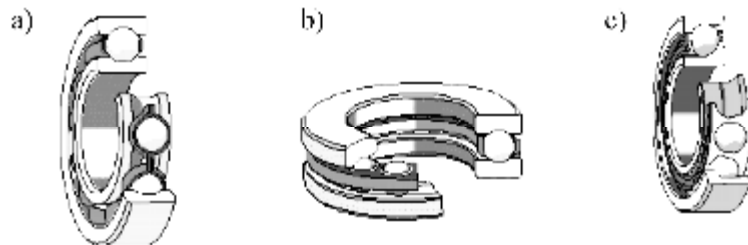
Podział łożysk tocznych ze względu na kierunek siły obciążającej (rys. 4):

- poprzeczne, przejmujące obciążenia prostopadłe do osi łożyskowanego elementu,
- wzdłużne, przenoszące obciążenia zgodne z kierunkiem ruchu osi,
- skośne.



Rys. 3. Budowa łożyska kulkowego [15, s. 23]:

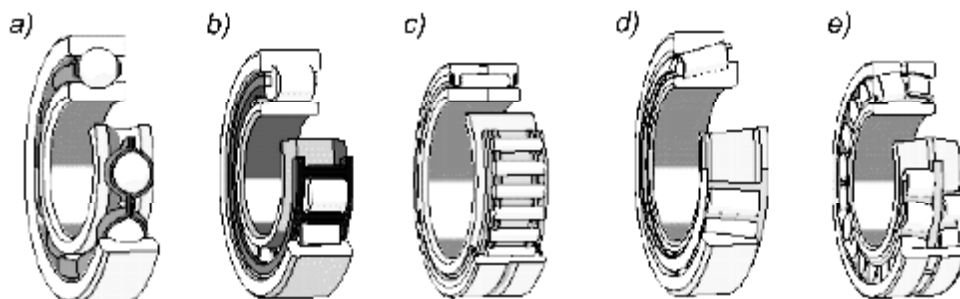
1 – pierścień zewnętrzny z bieżnią zewnętrzną 6 – pierścień wewnętrzny z bieżnią wewnętrzną 5, 3 – element toczny kulka, 4 – koszyk do zapewnienie równomiernego rozłożenia elementów tocznych na obwodzie łożyska, 7 – nit łączący połówki koszyka.



Rys. 4. Rodzaje łożysk ze względu na wartość nominalnego kąta działania łożyska [13, s. 23]:
a) poprzeczne, b) wzdłużne, c) skośne.

Podział łożysk ze względu na kształt części tocznych (rys. 5):

- a) kulkowe,
- b) wałeczkowe:
 - walcowe,
 - igiełkowe.
- c) stożkowe,
- d) baryłkowe.



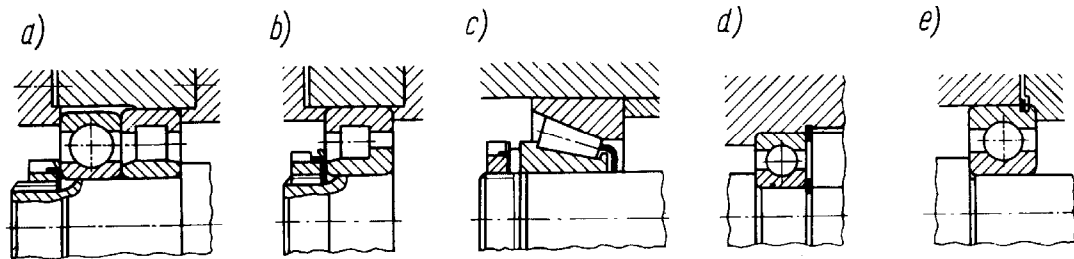
Rys. 5. Rodzaje łożysk tocznych [2, www]:

a) kulkowe, b) walcowe, c) igiełkowe, d) stożkowe, e) baryłkowe.

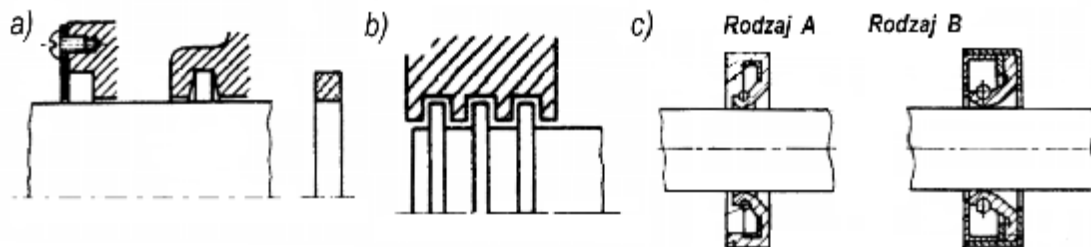
Mocowanie łożysk

Na rysunku 6 przedstawione są różne sposoby mocowania łożysk.

Ochronę łożysk przed kurzem, pyłem, wilgocią zapewnia się poprzez uszczelnienie w postaci pierścieni filcowych, kołnierzowych i labiryntowych (rys. 7).



Rys. 6. Mocowanie łożysk za pomocą [15, s. 25]:
a, b, c) znormalizowanych nakrętek, d, e) znormalizowanych pierścieni osadczych zewnętrznych i wewnętrznych.

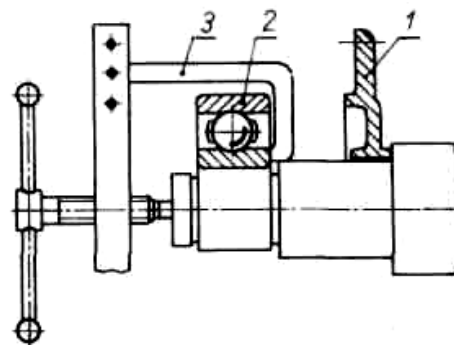


Rys. 7. Uszczelnienia łożysk tocznych [15, s. 25]:
a) pierścieniem filcowym, b) labiryntowe, c) kołnierzowe.

Wymiana łożysk tocznych

Niedopuszczalne jest zdejmowanie łożyska z wału bez przyrządu ściągającego, ponieważ grozi to uszkodzeniem łożyska oraz powierzchni osadzenia na wale. Ramiona ściągacza (rysunek 8) powinny być oparte o wewnętrzny pierścień łożyska. Jeżeli łożysko jest ciasno osadzone na wale, to można je podgrzać przez polewanie gorącym olejem.

Czop wału pod łożysko toczne jest pasowany z wewnętrznym pierścieniem na wcisk, aby podczas pracy nie nastąpiło w żadnym przypadku obracanie się pierścienia na wale (pasowanie wciskane według 6 klasy dokładności).

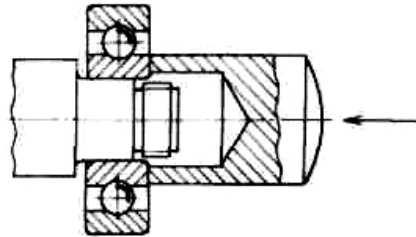


Rys. 8. Ściąganie łożyska tocznego z wału [17, s. 229]:
1 – pokrywa łożyska, 2 – łożysko, 3 – ściągacz.

Przed przystąpieniem do zakładania nowego łożyska należy:

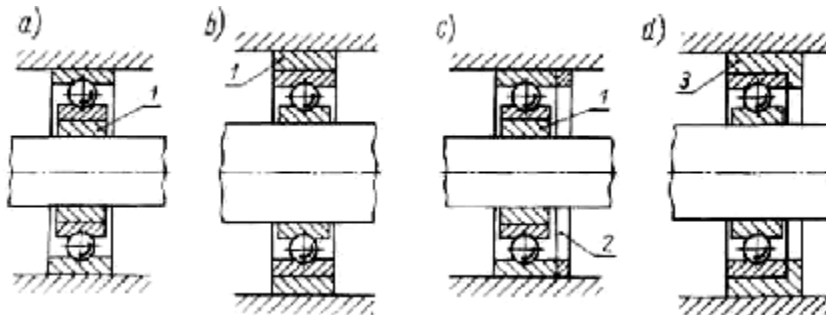
- stępić ostre krawędzie,
- usunąć ewentualne drobne uszkodzenia powierzchni osadcznej,
- starannie umyć czop w nafcie,
- łożyska wyjąć z opakowania bezpośrednio przed montażem.

Powierzchnię osadczą należy lekko naoliwić i następnie wbić łożysko przy użyciu specjalnej tulei i młotka (rys. 9) lub za pomocą prasy. Osadzenie łożysk o średnicy otworu większej niż 60 mm wykonuje się po uprzednim ogrzaniu ich w oleju do temperatury $80\div 90^{\circ}\text{C}$.



Rys. 9. Wbijanie łożyska tocznego na wał [17 s. 229].

Otwór w tarczy łożyskowej pasuje się do zewnętrznego pierścienia łożyska suwliwie lub przylgowo (według 7 klasy dokładności). Podczas nakładania tarczy pobija się ją lekko młotkiem przez rurę lub podkładkę mosiężną lub podkładkę drewnianą.



Rys. 10. Dopasowywanie łożysk tocznych za pomocą tulejek lub pierścieni [17, s. 230]:
1 – tulejka pośrednicząca, 2 – pierścień oporowy, 3 – tulejka kołnierzowa.

Łożysko powinno być wymienione na nowe, takie samo jak łożysko zużyte lub zastępcze, którego rodzaj i dopuszczalne obciążenie odpowiadają danym właściwego łożyska, a różnią się jedynie wymiarami, umożliwiającymi jednak dopasowanie łożyska.

W celu dopasowania średnic pierścieni do średnic wału i otworu w tarczy stosuje się tulejki pośredniczące, wciskane na wał lub w tarczę (rys. 10a, b). Szerokość tulejek powinna być równa szerokości pierścieni.

Łożyska ślizgowe

W łożyskach ślizgowych występuje tarcie ślizgowe. Jest to wada tego typu łożyskowania.

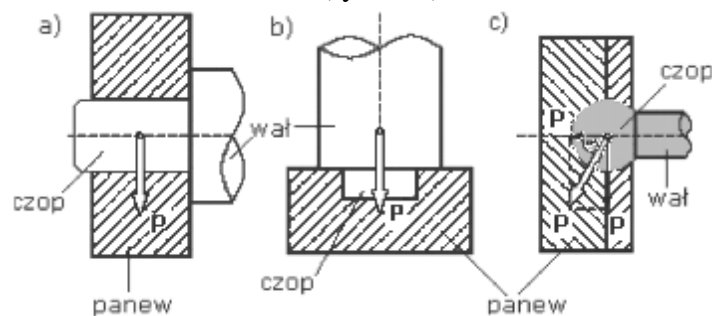
Łożyska ślizgowe stosuje się w przypadkach:

- przenoszenia bardzo dużych obciążeń, a także przy obciążeniach udarowych,
- konieczności tłumienia przez łożyska drgań wału,
- dużych prędkości obrotowych i możliwości uzyskania tarcia płynnego,
- konieczności stosowania łożysk (lub panwi) dzielonych,
- wymagania cichobieżności łożyska,

- osiągnięcia bardzo dużej dokładności montażu (przy łożyskach tocznych jest to utrudnione),
- drobnych konstrukcji o bardzo małych obciążeniach (urządzenia mechaniki precyzyjnej).

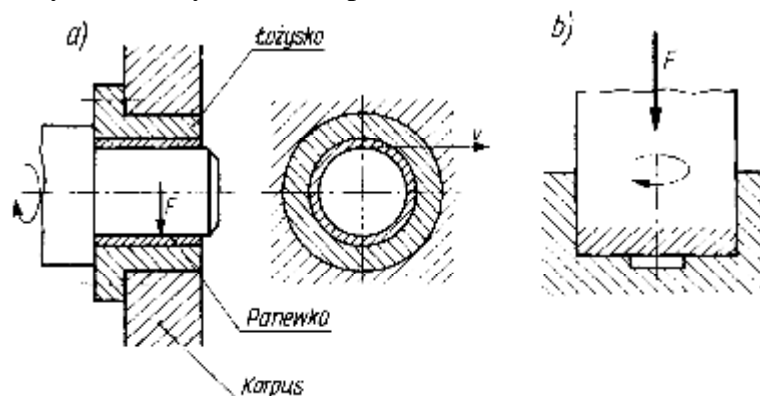
Podział łożysk ślizgowych w zależności od kierunku obciążeń, działających na łożysko:

- poprzeczne, przeznaczone do przyjmowania obciążeń prostopadłych do osi obrotu wału (rys. 11a),
- wzdłużne, obciążone siłami działającymi zgodnie z kierunkiem osi obrotu wału (rys. 11b),
- poprzeczno-wzdłużne, przeznaczone do przyjmowania obciążeń zarówno prostopadłych, jak i zgodnych z kierunkiem osi obrotu (rys. 11c).



Rys. 11. Rodzaje obciążenia łożysk ślizgowych [2, www]:
a) poprzeczne, b) wzdłużne, c) poprzeczno-wzdłużne.

Wały w korpusach maszyn są osadzone za pomocą panewek (tuleje ślizgowe), które po zużyciu dość łatwo można wymienić (rys. 12). Panewki wykonywane są najczęściej z żeliwa szarego, brązu tworzyw sztucznych oraz stopów miedzi.



Rys. 12. Budowa łożyska ślizgowego [2, www]:
a) poprzecznego, b) wzdłużnego.

Łożyska ślizgowe wymagają częstego smarowania. Do smarowania powierzchni trących stosowane są smary i oleje. Najczęściej stosuje się smary ciekłe, a zwłaszcza oleje mineralne. Smar na powierzchni panewki rozprowadzany jest za pomocą rowków i kieszeni smarowych. Do doprowadzenia smaru lub oleju do miejsca tarcia stosuje się smarownice.

Sprzęgła

Sprzęgło jest elementem układu napędowego maszyn służącym do łączenia wałów i przekazywania momentu obrotowego z wału napędzającego na wał napędowy.

Zastosowanie sprzęgieł:

- rozłączanie napędu od maszyny,
- upraszczanie rozwiązań konstrukcyjnych,
- umożliwianie stosowania uniwersalnych silników,
- zwiększanie obciążenia skrętnego wału,
- zabezpieczanie przed przeciążeniami.

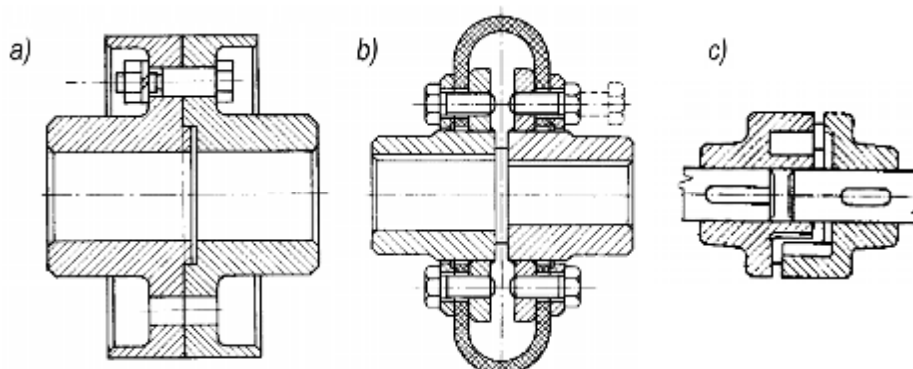
Elementy budowy sprzęgła:

- człon napędzający (czynny) osadzony na wale napędzającym,
- człon napędzany (bierny) osadzony na wale napędzanym oraz łącznika,
- łącznik – części (kołki, śruby itd.) lub czynnik (np. ciecz), przekazujące moment obrotowy z członu czynnego na człon bierny.

Sprzęgła nierozłączne stosuje się w przypadkach, gdy rozłączanie członów następuje jedynie przy demontażu maszyny.

Podział sprzęgieł nierozłącznych (rys. 13):

- sztywne – uniemożliwiają przesunięcie względne między członami w czasie eksploatacji,
- samonastawne – pozwalają na niewielkie przesunięcia wzdłużne i poprzeczne wałów (kłowe, zębate, przegubowe Cardana),
- podatne – łącznikiem są elementy sprężyste (kabląkowe – oponowe, wkładkowe tulejkowe, z elementami sprężystymi).



Rys. 13. Sprzęgła nierozłączne [15, s. 142]:

a) sztywne kołnierzowe, b) podatne oponowe, c) samonastawne kłowe.

Przekładnie mechaniczne

Podstawowym zadaniem przekładni mechanicznej jest przeniesienie energii z wału czynnego na wał bierny, a także zmiana prędkości obrotowej.

Przekładnie stosuje się w celu:

- uzyskania dużych momentów obrotowych przy małych prędkościach obrotowych z wykorzystaniem silników wysokoobrotowych,
- stosowania silników o małej prędkości obrotowej,
- zwiększenia zakresu regulacji prędkości obrotowych w maszynach roboczych, gdy niemożliwe to jest do osiągnięcia przez zmianę prędkości obrotowej silnika.

Podział przekładni ze względu na sposób zmiany prędkości obrotowej:

- przekładnie o stałym przełożeniu,
- przekładnie o stopniowej zmianie przełożenia,
- przekładnie bezstopniowe.

Podział przekładni ze względu na rozwiązania konstrukcyjne:

- cierne – przeniesienie napędu odbywa się dzięki sile tarcia (bezpośrednio lub przez element pośredniczący),
- cięgnowe – przeniesienie napędu odbywa się za pośrednictwem cięgien (pas, łańcuch),
- zębate – przeniesienie napędu odbywa się za pośrednictwem wzajemnie zazębiających się kół zębatach.

Przekładnie cierne

Przekładnia mechaniczna cierna przenosi ruch obrotowy z jednego koła na drugie dzięki sile tarcia.

Zalety przekładni ciernych:

- prosta budowa,
- spełnia także rolę sprzęgła poślizgowego,
- płynność pracy,
- cichobieżność,
- łatwość zmiany przełożenia.

Wady przekładni ciernych:

- szybkie zużycie powierzchni ciernych,
- konieczność stosowania dużych nacisków,
- duże straty i silne nagrzewanie się elementów współpracujących,
- problemy z chłodzeniem przekładni.

Przekładnie pasowe

W przekładni pasowej elastyczny pas (ciągnio) opasuje oba koła pasowe – czynne i bierne.

Rodzaje przekładni pasowych:

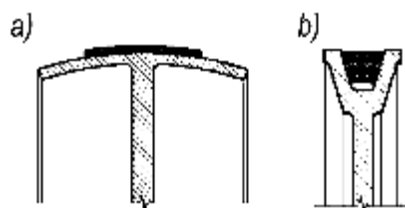
- przekładnie pasowe z pasami płaskimi (rys. 14a),
- przekładnie pasowe z pasami klinowymi (rys. 14b).

Zalety przekładni pasowej:

- zapewnienie płynności ruchu i cichobieżności (łagodzi przeciążenia),
- zabezpiecza mechanizm napędu od nadmiernych przeciążeń (poślizg),
- umożliwia znaczną dowolność rozstawu kół,
- przenoszenie różnej mocy.

Wady przekładni:

- wyciąganie się i niszczenie pasa,
- duże naciski na wały i łożyska,
- niezbyt wysoka sprawność,
- niestalość przełożenia.



Rys. 14. Koła pasowe [15, s. 154]:
a) z pasem płaskim, b) z pasem klinowym.

Podczas użytkowania przekładni pasowych mogą wystąpić trwałe odkształcenia plastyczne (pasy wydłużają się) oraz starzenie (zmniejsza się wytrzymałość pasa na rozciąganie spowodowana strzępieniem się, drobnymi pęknięciami, przzerwaniem elementów zbrojących, itp.). Niekorzystnemu wpływowi wydłużenia zapobiega się poprzez zastosowanie naciągacza pasa.

Przekładnie łańcuchowe

Podstawowymi elementami przekładni łańcuchowych są dwa (lub więcej) koła łańcuchowe o specjalnym zarysie zębów, oraz opasający je łańcuch, złożony z ogniw łączonych przegubowo.

Zalety przekładni łańcuchowych:

- stałość przelżenia,
- brak poślizgu,
- małe obciążenie łożysk,
- łatwy montaż i demontaż,
- duża trwałość i zwartość konstrukcji,
- przenoszenie dużej siły obwodowej,
- przenoszenie napędu na dwa lub więcej wały przy ich pionowym ustawieniu.

Wady przekładni łańcuchowych:

- nierównomierność biegu w przypadku zbyt małej liczby zębów w kole,
- duży koszt (ze względu na dokładne wykonanie łańcucha),
- konieczność smarowania łańcucha i regulacji zwisu,
- hałas.



Rys. 15. Przekładnia łańcuchowa z różnymi typami łańcuchów [4, www]:
a) drabinkowym,
b) zębatym,
c) pierścieniowym

Przekładnie zębate

Przeniesienie napędu w przekładni zębatej odbywa się za pośrednictwem wzajemnie zazębiających się kół zębatych.

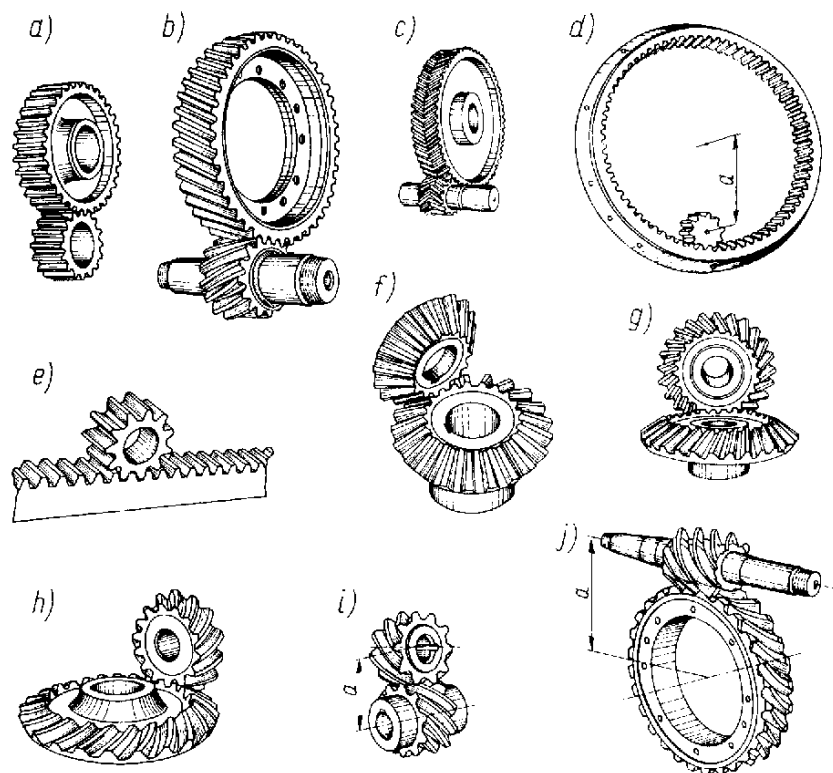
Podział przekładni ze względu na wzajemne położenie osi obrotu (rys. 16):

- a) przekładnie czołowe – obie osie obrotu leżą w jednej płaszczyźnie:
 - przekładnia walcowa,
 - przekładnia stożkowa.
- b) przekładnie śrubowe – osie obrotu leżą w dwóch różnych płaszczyznach:
 - przekładnia hiperboloidalna (osie zwichrowane),
 - przekładnia ślimakowa (osie prostopadłe).

Zalety przekładni zębatych:

- małe gabaryty,
- przenoszenia mocy w bardzo szerokim zakresie wartości,
- przekazywanie ruchu obrotowego w mechanizmach precyzyjnych,

- mniejsze naciski na wał i łożyska,
- cicha praca (przy odpowiednim smarowaniu),
- duża równomierność pracy,
- niezawodność działania.



Rys. 16. Rodzaje przekładni zębatych: walcowe o zazębieniu zewnętrznym [15, s. 114]:

a) proste, b) skośne, c) daszkowe, d) walcowe o zazębieniu wewnętrznym, e) zębatkowe, stożkowe, f) o zębach prostych, g) o zębach skośnych, h) krzywoliniowych, i) śrubowe, j) ślimakowe.

Wady przekładni zębatych:

- stosunkowo niskie przełożenie dla pojedynczego stopnia,
- wymagają obfitego smarowania,
- hałaśliwość,
- brak naturalnego zabezpieczenia przed przeciążeniem,
- duży koszt wykonania.

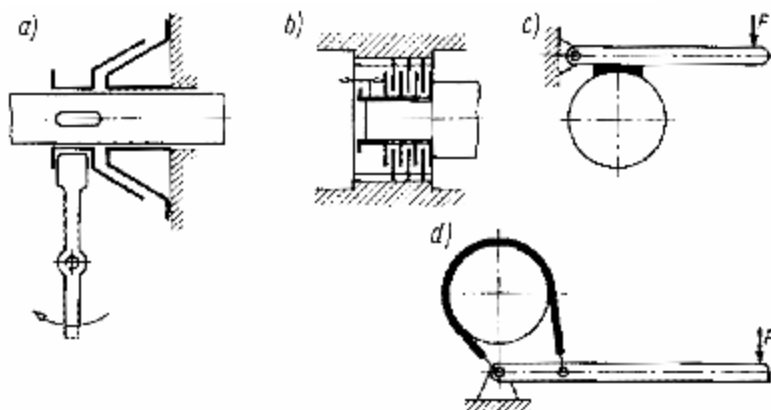
Hamulce

Hamulce służą do zatrzymywania, zwolnienia lub regulacji ruchu maszyn. Zasadnicze człony, z których zbudowany jest hamulec:

- człon hamowany – ruchomy,
- człon hamujący – nieruchomy.

W budowie maszyn najczęściej stosowanymi hamulcami są hamulce ciernie. Podział hamulców ciernych (rys. 17):

- hamulce segmentowe (klockowe lub szczękowe),
- taśmowe (ciągnowe),
- tarczowe – stożkowe i wielopłytkowe.



Rys. 17. Hamulce [15, s.148]:

a) stożkowy, b) wielopłytkowy, c) jednoklockowy, d) cięgnowy.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest różnica pomiędzy osią a wałem?
2. Jakie są rodzaje wałów?
3. Jaki element osi lub wału nazywamy czopem?
4. Jakie znasz rodzaje łożysk?
5. Jaki jest podział łożysk tocznych?
6. Jaki jest podział sprzęgieł?
7. Jaką rolę spełniają sprzęgła w urządzeniach?
8. Co nazywamy przekładnią mechaniczną?
9. Jakie znasz rodzaje przekładni pasowych?
10. Jakie znasz rodzaje przekładni łańcuchowych?
11. Jakie znasz rodzaje przekładni zębatych?
12. Jakie znasz rodzaje hamulców?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Rozpoznaj otrzymane łożyska oraz dokonaj ich klasyfikacji ze względu na kształt części tocznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z otrzymanymi łożyskami,
- 2) dokonać klasyfikacji łożysk ze względu na kształt części tocznych,
- 3) wskazać przykłady zastosowań otrzymanych łożysk,
- 4) dokonać analizy przeprowadzonego ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- zestaw łożysk tocznych,
- katalog łożysk tocznych,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

Ćwiczenie 2

Rozpoznaj rodzaje przekładni przedstawione na planszach. Wskaż ich wady i zalety oraz zastosowanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z przekładniami przedstawionymi na planszach,
- 2) dokonać klasyfikacji przekładni,
- 3) wskazać przykłady zastosowań przekładni przedstawionych na planszach,
- 4) dokonać analizy przeprowadzonego ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- plansze z rysunkami przekładni,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

Ćwiczenie 3

Rozpoznaj rodzaje hamulców przedstawione na planszach. Wskaż ich wady i zalety oraz zastosowanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z hamulcami przedstawionymi na planszach,
- 2) dokonać klasyfikacji hamulców,
- 3) wskazać przykłady zastosowań hamulców przedstawionych na planszach,
- 4) dokonać analizy przeprowadzonego ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- plansze z rysunkami hamulców,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić różnicę pomiędzy osią a wałem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) rozpoznać rodzaje łożysk?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) rozpoznać rodzaje łożysk tocznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) rozpoznać rodzaje sprzęgieł?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić rolę jaką spełniają sprzęgła w urządzeniach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zidentyfikować rodzaje przekładni pasowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) rozpoznać rodzaje przekładni łańcuchowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) zidentyfikować rodzaje przekładni zębatych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) określić rodzaje hamulców?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Uszkodzenia i naprawa transformatorów i urządzeń energoelektrycznych

4.3.1. Materiał nauczania

Wybrane uszkodzenia transformatorów

Tabela 1. Wybrane uszkodzenia transformatorów [1, s.160]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania usterek
1. Silne grzanie się	- nadmierne obciążenie - zwarcie w zwojach	sprawdzić wskazania amperomierzy czy obciążenie jest symetryczne, a w przypadku asymetrii, czy w dopuszczalnych granicach zbadać uzwojenia i czynne elementy żelazne
2. Nienormalne brzęczenie	- luźne połączenie śrub - rozluźnienie połączenia jarzma z kolumnami - drgania skrajnych blach rdzenia - zbyt luźne osadzenie uzwojeń na rdzeniu - praca przy podwyższonym napięciu	sprawdzić wskazania przyrządów, sprawdzić czy brzęczenie występuje również w stanie jałowym. Jeżeli po dokręceniu śrub, zmianie obciążenia lub napięcia brzęczenie nadal występuje – należy przyczyny sprawdzić po demontażu.
5. Przebicie izolacji uzwojeń	- przepięcie - naturalne zużycie izolacji - zwarcie wewnętrzne lub zewnętrzne	skontrolować stan izolacji uzwojeń, po demontażu sprecyzować przyczynę i dokonać remontu

Badania transformatorów

Badania i próby transformatorów, w szczególności energetycznych, prowadzą się do:

- a) badań prawidłowości połączeń uzwojeń – wyznaczenie początków i końców uzwojeń,
- b) sprawdzania parametrów znamionowych transformatora:
 - pomiary przekładni,
 - pomiary rezystancji uzwojeń,
 - pomiary w stanie zwarcia określające straty w uzwojeniach i napięcie zwarcia,
 - pomiary w stanie jałowym określające straty w rdzeniu i prąd stanu jałowego,
- c) badania stanu izolacji (pomiar rezystancji izolacji):
 - próba wytrzymałości izolacji zwojowej przy podwyższonym napięciu i częstotliwości,
 - próba izolacji napięciem udarowym,
 - badania cieplnego (próba nagrzewania),
- d) badania części ruchomych w transformatorach spawalniczych.

Pomiar rezystancji uzwojeń

Pomiar rezystancji uzwojeń – wykonuje się metodą techniczną przy zasilaniu uzwojenia prądem stałym (bez składowej zmiennej) lub mostkiem Thomsona (do 1 Ω) ewentualnie Wheatstone'a (powyżej 1 Ω). Pomiar ten pozwala na odróżnienie uzwojeń strony GN, mających większą rezystancję od uzwojeń strony DN.

Przy założeniu jednakowych strat mocy obu uzwojeń można także, na podstawie pomiaru rezystancji uzwojeń, oszacować przekładnię:

$$n = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}$$

gdzie: n – przekładnia

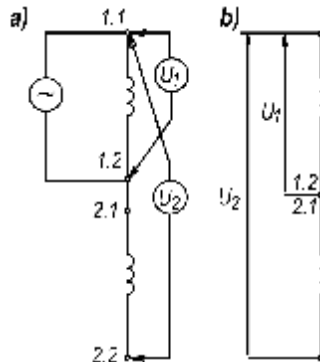
R_1 – rezystancja uzwojenia pierwotnego,

R_2 – rezystancja uzwojenia wtórnego.

Określenie początków i końców uzwojeń transformatora

Wyznaczenie początków i końców zacisków uzwojeń wykonuje się zasilając jedno z uzwojeń strony GN napięciem obniżonym. Łącząc po jednym zacisku uzwojenia GN i DN (rys. 18) mierzy się napięcie U_2 między wolnymi zaciskami tych uzwojeń.

Jeżeli napięcie U_2 jest większe od napięcia zasilania U_1 , to połączony został początek jednego uzwojenia z końcem drugiego, jeśli natomiast jest mniejsze, to połączono zaciski jednoimienne. Dowolny zacisk w transformatorze można nazwać początkiem i względem niego na podstawie poprzednio wykonanych sprawdzeń określić początki i końce wszystkich uzwojeń, a następnie połączyć uzwojenia w układy trójfazowe.



Rys. 18. Wyznaczanie początków i końców uzwojeń transformatora [14, s. 72]:
a) układ pomiarowy, b) wykres topograficzny.

Na schematach uzwojeń początek uzwojenia wyróżnia się kropką.

Pomiar przekładni znamionowej

Pomiar przekładni znamionowej wykonuje się mierząc napięcia między zaciskami wyjściowymi strony GN i strony DN transformatora.

Pomiar może być wykonany metodą pomiaru napięć przy obniżonym napięciu zasilania i użyciu woltomierzy klasy 0,2 lub za pomocą mostka kompensacyjnego dostosowanego do pomiaru przekładni transformatorów. Wymagania dużej dokładności pomiaru przekładni wynikają z wymagań normy dotyczących przekładni transformatorów przeznaczonych do pracy równoległej.

Pomiar rezystancji izolacji

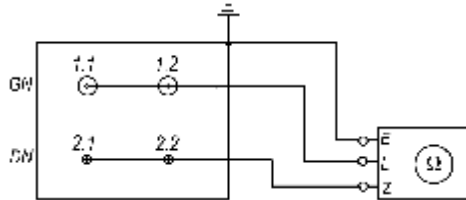
Pomiar rezystancji izolacji pozwala na określenie stanu izolacji transformatora. Wykonywany jest megaomierzem induktorowym o napięciu 2,5 kV lub 1 kV, przy zaciskach transformatora odłączonych od sieci.

Odczytu wskazania przyrządu dokonuje się po 15 oraz 60 s, a dla transformatorów dużej mocy także po 300 s. W miarę upływu czasu od rozpoczęcia pomiaru megaomierz wskazuje coraz większe wartości rezystancji, ponieważ zanika prąd pojemnościowy ładowania układu izolacyjnego. Duży stosunek wartości rezystancji R_{60}/R_{15} świadczy o braku

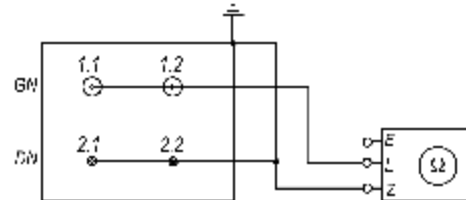
wilgoci w izolacji – zawilgocenie zwiększa, bowiem składową upływnościową prądu zależną od stanu izolacji, a nie od czasu wykonywania pomiaru.

Pomiar rezystancji izolacji wykonuje się w dwóch układach:

- między uzwojeniami obu stron transformatora w stosunku do uziemionego rdzenia (obudowy) (rys. 19),
- uzwojeń danej strony transformatora w stosunku do uziemionego rdzenia (obudowy) i uzwojeń drugiej strony (rys. 20).



Rys. 19. Schemat pomiarowy do wyznaczenia rezystancji izolacji między uzwojeniami GN i DN transformatora za pomocą miernika indukcyjnego [14, s. 156].



Rys. 20. Schemat pomiarowy do wyznaczenia rezystancji izolacji uzwojeń danej strony transformatora w stosunku rdzenia (obudowy) i pozostałych uzwojeń [14, s. 156].

Wykonanie uzwojeń GN i DN transformatorów malej mocy

Operacje związane z wykonaniem uzwojeń transformatora:

1. Nawijanie uzwojenia GN odbywa się na nawijarce i jest wykonywane, jako pierwsze (w przypadku uzwojeń umieszczonych na wspólnym karkasie).
2. Uzwojenie wykonywać należy na karkasie (lub szablonie), którego wymiary określone są wymiarami uzwojenia (cewki). Uzwojenie wykonuje się drutem okrągłym w izolacji emaliowanej.
3. Przed rozpoczęciem nawijania należy mikromierzem dokonać pomiaru wymiarów drutu. Wymiar drutu w izolacji emaliowanej nie może przekroczyć wymiaru podanego w dokumentacji transformatora.
4. Między warstwami stosuje się izolację. Grubość izolacji powinna być równomierna na obwodzie cewki. Odchyłka grubości wykonanej cewki nie może przekroczyć 0,5 mm. Odchyłka wysokości nie może przekroczyć 0,4 mm.
5. Nawijanie uzwojenia DN odbywa na uzwojeniu GN.
6. Uzwojenie DN nawija się miedzianym drutem w emalii.
7. Przed przystąpieniem do nawijania uzwojenia należy sprawdzić mikromierzem wymiar drutu gołego. Dopuszczalna odchyłka od wymiaru podanego w dokumentacji może wynosić $\pm 0,05$ mm. W przypadku drutu bez izolacji, drut należy izolować taśmą papierową o grubości 0,06 lub 0,12 mm na zakładkę ok. 50 % szerokości taśmy. Szerokość taśmy powinna wynosić $12 \div 25$ mm. Mniejsze szerokości należy stosować przy mniejszym przekroju drutu i dla uzwojeń o mniejszej średnicy. Struktura papieru powinna być jednolita, bez zanieczyszczeń a jego grubość równomierna.
8. Drut nawojowy należy umieszczać na bębnach zamocowanych w stojaku. Odwijany z bębna drut przechodzi między rolkami urządzenia prostującego. Drut po wyprostowaniu należy izolować papierem zgodnie z zasadami izolowania przewodów papierem izolacyjnym. Wykonane uzwojenie powinno mieć wszystkie zwoje ściśle przylegające do karkasu. Odchyłka średnicy zewnętrznej od wymiaru podanego w karcie naprawy nie może przekroczyć 2 %.
9. Między uzwojeniem GN a DN stosuje się izolację. Grubość izolacji powinna być równomierna na obwodzie cewki.
10. Uzwojenie GN i DN przedziela się warstwą izolacji z papieru nasycanego, ceratki, tkaniny bakelizowanej lub szklanej.

Przy wykonywaniu opisanych operacji obowiązują ogólne zasady przestrzegania przepisów BHP.

Montaż uzwojeń i rdzenia transformatora

Operacje związane z montażem części aktywnej transformatora:

1. Skompletować wszystkie elementy i podzespoły części aktywnej transformatora.
2. Elementy lub podzespoły naprawiane i konserwowane, części aktywnej muszą być wyczyszczone i umyte.
3. Zamontować uzwojenia (transformatory posiadające uzwojenie GN i DN nawinięte na wspólnym karkasie).
4. Zamontować uzwojenie DN i następnie GN (transformatory posiadające uzwojenie GN i DN nawinięte na oddzielnych karkasach).
5. Przystąpić do zaplatania rdzenia. Stanowisko, gdzie zaplata się rdzeń, musi być utrzymywane w stanie czystym. Przez cały czas zaplatania jarzma górnego blachy utrzymywać w czystości. Rdzeń uważany jest jako dobry, jeżeli do jego zaplecenia zostały użyte wszystkie blachy i zachowany został jego wymiar.
6. Po zapleceniu, rdzeń należy skrócić. W czasie zakładania nie wolno przebijać otworów w rdzeniu. Sworznie (lub śruby) powinny wchodzić w otwory rdzenia swobodnie. Przy zakładaniu sworzni (śrub) należy zwrócić uwagę, aby izolację sworzni (śrub) dostatecznie wystawić poza powierzchnię blach skrajnych.
7. Skrócić rdzeń.
8. Po zmontowaniu części aktywnej należy sprawdzić poprawność montażu.
9. Zmontowaną część aktywną poddać procesowi suszenia.

Przy wykonywaniu opisanych operacji obowiązują ogólne zasady przestrzegania przepisów BHP.

Badania końcowe transformatora

Badania końcowe transformatora mają na celu określić pełną przydatność eksploatacyjną transformatora po przeprowadzonej naprawie lub konserwacji.

Zakres badań obejmuje badania i pomiary elektryczne wymienione w tabeli 2.

Tabela 2. Wymagania [16, s. 14].

I.p.	Rodzaj badania – pomiaru	Wykonanie według	Wymagania według
1.	Pomiar rezystancji izolacji i wskaźnika izolacji R_{60}/R_{15}	PN – 81/E–04070.03	$R_{iz} \geq 1000M\Omega$; $R_{60}/R_{15} \geq 1,45$
2.	Próba wytrzymałości elektrycznej	PN – EN–60076–3	PN – 92/E04060
3.	Próba wytrzymałości izolacji zwojowej	PN – EN–60076–3	PN – EN–60076–3
4.	Pomiar rezystancji uzwojeń	PN–81/E–04070.05	PN – 83/E–06040 pkt. 12.8
5.	Pomiar przekładni i sprawdzenie grupy połączeń	PN – 81/E–04070.06 PN – 81/E–04070.07	PN – 83/E–06040 pkt. 7.1 i pkt. 12.8; PN – EN–60076.1
6.	Próba stanu jałowego Pomiar strat i prądu stanu jałowego	PN – 81/E–04070.08	PN – 83/E06040 pkt. 12.8
7.	Próba stanu zwarcia pomiarowego	PN – 81/E04070.09	PN – 83/E–06040
8.	Próba załączenia do sieci	Bezpośrednie załączenie w stanie jałowym	Bez objawów uszkodzeń

W transformatorze przebadanym z wynikiem pozytywnym należy przymocować nową tabliczkę znamionową.

Badania i naprawa podstawowych układów energoelektronicznych

Do podstawowych układów energoelektronicznych należą:

- a) prostowniki niesterowalne jednofazowe i trójfazowe:
 - jednopółwkowe,
 - dwupółwkowe.
- b) prostowniki sterowane jednofazowe i trójfazowe:
 - jednopółwkowe,
 - dwupółwkowe.
- c) falowniki.

Do najczęstszych uszkodzeń energoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych (dioda, tyrystor, tranzystor) należą:

- zwarcie w przyrządzie,
- przerwa.

Uszkodzenia w przyrządach półprzewodnikowych stwierdzić można dokonując pomiaru rezystancji przejścia między katodą a anodą (dla diody) dla dwóch kierunków polaryzacji omomierzem.

Uszkodzony przyrząd półprzewodnikowy należy wymienić na nowy tego samego typu, lub zastosować zamiennik. W przypadku zamiany na inny typ należy posłużyć się katalogami w celu sprawdzenia jego parametrów i możliwości zamontowania w miejsce poprzedniego.

Przed zamontowaniem należy powierzchnie stykającego się przyrządu i radiatora dokładnie oczyścić i odtłuścić a następnie posmarować pastą dobrze przewodzącą ciepło (pasta silikonowa).

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Wskaż przyczyny silnego grzania się uzwojeń transformatora?
2. Wskaż przyczyny brzęczenia rdzenia transformatora?
3. Jaka jest różnica w montażu rdzenia transformatorów małej mocy a transformatorów mocy dużej?
4. Jaka jest różnica w montażu uzwojeń transformatorów małej mocy a transformatorów mocy dużej?
5. Jaki jest cel stosowania izolacji międzywarstwowej?
6. Jaka jest rezystancja izolacji uzwojeń?
7. Jaki jest zakres pomiarów końcowych transformatora po naprawie?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj oględzin transformatora spawalniczego z ruchomym jarzmem.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi badanego transformatora,
- 2) ocenić stan uzwojeń,
- 3) ocenić jakość złożenia rdzenia i jego uziemienia,
- 4) sprawdzić stan mechanizmu przesuwanego jarzmo,
- 5) stan izolacji śrub jarzmowych,
- 6) sprawdzić jakość wszystkich połączeń śrubowych ściąających rdzeń,
- 7) wyciągnąć wnioski i zaprezentować efekty swoich badań.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- stanowisko do badań,
- transformator do badań,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiary rezystancji izolacji uzwojeń w danym transformatorze trójfazowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi badanego transformatora,
- 2) zaproponować układy pomiarowe,
- 3) zgromadzić niezbędne przyrządy pomiarowe,
- 4) wykonać pomiary rezystancji izolacji kolejno pomiędzy uzwojeniem pierwotnym i rdzeniem oraz wtórnym i rdzeniem,
- 5) wykonać pomiary rezystancji izolacji między zaciskiem strony pierwotnej a zwartym i uziemionym uzwojeniem wtórnym,
- 6) wykonać pomiary rezystancji izolacji między zaciskiem strony wtórnej a zwartym i uziemionym uzwojeniem pierwotnym,
- 7) opracować wyniki pomiarów i wyciągnąć wnioski oraz zaprezentować efekty swoich badań.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- transformator do badań,
- miernik elektroniczny (uniwersalny),
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie.

Ćwiczenie 3

Wyznacz początki i końce uzwojeń transformatora jednofazowego otrzymanego do badań.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi badanego transformatora,
- 2) zaproponować układ pomiarowy,
- 3) zgromadzić niezbędne przyrządy pomiarowe,
- 4) wykonać niezbędne pomiary,
- 5) określić i oznaczyć w transformatorze początki i końce uzwojeń,
- 6) dokonać analizy przeprowadzonego ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- stanowisko pomiarowe,
- transformator do badań,

- mierniki do pomiaru wielkości elektrycznych,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie.

Ćwiczenie 4

Wykonaj badania prostownika jednofazowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi znamionowymi prostownika jednofazowego otrzymanego do badań,
- 2) zaproponować układy pomiarowe,
- 3) zgromadzić niezbędne przyrządy pomiarowe,
- 4) wykonać pomiary rezystancji izolacji kolejno pomiędzy uzwojeniem pierwotnym i rdzeniem oraz wtórnym i rdzeniem,
- 5) wykonać pomiary rezystancji izolacji między zaciskiem strony pierwotnej a zwartym i uziemionym uzwojeniem wtórnym,
- 6) wykonać pomiary rezystancji izolacji między zaciskiem strony wtórnej a zwartym i uziemionym uzwojeniem pierwotnym,
- 7) wykonać pomiary sprawdzające stan przyrządów półprzewodnikowych,
- 8) opracować wyniki pomiarów i wyciągnąć wnioski oraz zaprezentować efekty swoich badań,
- 9) przestrzegać przepisy bhp.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- prostownik jednofazowy do badań,
- miernik elektroniczny (uniwersalny),
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wskazać, przyczyny silnego grzania się uzwojeń transformatora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić przyczyny brzęczenia rdzenia transformatora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wskazać sposób składania transformatora dla różnych kształtek rdzenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wyjaśnić cel stosowania izolacji międzywarstwowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) przedstawić wartości rezystancji izolacji uzwojeń?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zbadać stan przyrządów półprzewodnikowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Uszkodzenia i naprawa silników elektrycznych

4.4.1. Materiał nauczania

Określenie zakresu naprawy

Badanie uszkodzonego silnika wykonuje się w celu oceny jego przydatności do dalszej pracy i ustalenia zakresu jego ewentualnej naprawy. Badania te mogą być wykonywane przez użytkownika lub w warsztacie naprawczym.

Zakres naprawy określa się na podstawie oględzin silnika, oceny jego stanu mechanicznego i sprawdzenia stanu uzwojenia.

Oględziny silnika

Przed dokonaniem oględzin należy silnik oczyścić i przedmuchać sprężonym powietrzem, a następnie:

1. Odczytać i zapisać w karcie napraw treść tabliczki znamionowej: rodzaj silnika, typ, moc, napięcia lub napięcie i układ połączeń (Δ lub \mathring{A}) w przypadku trójfazowych silników indukcyjnych, prąd, prędkość obrotowa oraz numer fabryczny, rok produkcji i nazwę producenta. W przypadku braku tabliczki znamionowej, lub też tabliczka jest nieczytelna należy na podstawie oględzin określić rodzaj silnika oraz zmierzyć jego wznios i masę. Jego parametry można będzie odtworzyć na podstawie danych uzyskanych po wykonaniu pomiarów rdzenia i sprawdzeniu starego uzwojenia.
2. Sprawdzić stan tabliczki zaciskowej i końców przewodów doprowadzeniowych.
3. Sprawdzić stan i kompletność węzła szczotkowego w silnikach pierścieniowych i silnikach prądu stałego.

Ocena stanu mechanicznego silnika

Oceny stanu mechanicznego silnika dokonuje się na podstawie następujących badań:

1. Oględziny zewnętrzne korpusu silnika, tarcz łożyskowych, wentylatorów i ich osłon oraz końców wału.
2. Ręczne sprawdzenie lekkości obracania się wirnika.
3. Sprawdzenie stanu powierzchni komutatora, pierścieni ślizgowych oraz stopnia zużycia szczotek.
4. Sprawdzenie stanu wewnętrznych części mechanicznych po demontażu silnika.
5. Sprawdzenie wentylatora wewnętrznego i wentylatora obcego.
6. Określenie rodzaju łożysk i ocena ich stanu.

Wybrane uszkodzenia silników

Tabela 3. Wybrane uszkodzenia elektryczne silników indukcyjnych [17, s. 75]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
Po włączeniu silnik nie rusza	- uszkodzona linia zasilająca, - zadziałał wyłącznik nadprądowy (ewentualnie przepalona jest wkładka topikowa),	- sprawdzić, czy nie zadziałał wyłącznik nadprądowy, - sprawdzić napięcie w sieci i w linii zasilającej za wyłącznikiem nadprądowym (lub bezpiecznikiem), za wyłącznikiem zasilania i na zaciskach silnika.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
	- brak styku w zaciskach,	- oczyścić powierzchnię styków zacisków przy bezpiecznikach, przy wyłączniku, - na tabliczce zaciskowej stojana, wirnika i rozrusznika (dla silnika pierścieniowego).

Tabela 3 (c.d.). Wybrane uszkodzenia elektryczne silników indukcyjnych [17, s. 75]:

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
Po włączeniu silnik nie rusza	- przerwa w rozruszniku, - zły styk między szczotką a pierścieniem (w silniku pierścieniowym),	- sprawdzić obwody induktorem lub lampką kontrolną, - usunąć przerwę w rozruszniku, - oczyścić pierścień.
	- przerwa w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego,	- sprawdzić induktorem obwody poszczególnych faz stojana i wirnika, - zlutować połączenie między zezwojami, - przewozić silnik w przypadku, gdy przerwa jest wewnątrz zezwoju.
	- zbyt niskie napięcie na zaciskach,	- zmierzyć napięcie zasilania i porównać z napięciem na tabliczce znamionowej.
	- zwarcie w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego,	- sprawdzić uzwojenia fazowe za pomocą pomiaru ich rezystancji, - sprawdzić cały stojan i wirnik elektromagnesem do wykrywania zwarć, - zaizolować miejsce zwarcia lub przewozić wirnik lub stojan.
	- wadliwe połączenie uzwojenia: · na tabliczce zaciskowej,	- sprawdzić prawidłowość połączenia faz w gwiazdę lub trójkąt odpowiednio do danych tabliczki znamionowej i napięcia sieci, - sprawdzić za pomocą woltomierza prawidłowość oznaczeń początków i końców poszczególnych faz.
	· przy przełączniku gwiazda–trójkąt,	- sprawdzić schemat połączeń oraz jakość styków przełącznika.
	- zbyt duże obciążenie na wale lub zahamowanie maszyny napędzanej,	- zbadać maszynę napędzaną, - zmniejszyć obciążenie.
	- ocieranie wirnika o stojan, - zatarcie łożysk,	- sprawdzić lekkość obracania się wirnika w stojanie, - wymienić łożyska.
Po włączeniu zadziałał wyłącznik nadprądowy (ewentualnie przepalona jest wkładka topikowa)	- pomyłkowe załączenie silnika pierścieniowego przy zwartym rozruszniku lub zwartych pierścieniach (podniesionych szczotkach), - zwarcie w linii zasilającej (między zabezpieczeniem a silnikiem) lub na tabliczce zaciskowej,	- zmienić połączenie rozrusznika, - opuścić szczotki na pierścień, - wyjąć bezpieczniki – sprawdzić linię induktorem i usunąć zwarcie.

- zwarcie dwóch faz z kadłubem lub zwarcie w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego,	- sprawdzić induktorem – zaizolować uzwojenie w miejscu zwarcia.
- błąd w połączeniu uzwojeń,	- sprawdzić układ połączeń uzwojeń.

Tabela 3 (c.d.). Wybrane uszkodzenia elektryczne silników indukcyjnych [17, s. 75]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
Po włączeniu zadziałał wyłącznik nadprądowy (ewentualnie przepalona jest wkładka topikowa)	- nieodpowiednie zabezpieczenie (zbyt słabe) silnika,	- zmienić bezpieczniki lub nastawienie wyłącznika samoczynnego.
Zbyt mała prędkość obrotowa silnika przy obciążeniu	- zbyt niskie napięcie lub nieodpowiednie połączenie faz (w gwiazdę zamiast w trójkąt),	- zmierzyć napięcie na zaciskach podczas pracy silnika, - sprawdzić sposób połączenia faz i porównać z danymi tabliczki znamionowej.
	- przerwa w jednej fazie,	- po zatrzymaniu silnik nie rusza: · sprawdzić bezpieczniki, · zbadać napięcia w linii zasilającej oraz sprawdzić induktorem uzwojenia faz silnika, · usunąć przerwę w fazie,
	- przeciążenie silnika,	- zmniejszyć obciążenie,
	- zbyt duża rezystancja uzwojenia wirnika w silnikach: · klatkowych: wylutowanie się pręta wirnika, wady odlewu w postaci dziur i pęcherzy w prętach odlewanych z aluminium lub pęknięcia prętów lub pierścieni,	- sprawdzić klatkę wirnika za pomocą oględzin oraz usunąć uszkodzenie.
Nadmierny prąd przy rozruchu	- zbyt duża rezystancja uzwojenia wirnika w silnikach: · pierścieniowych: zły styk na pierścieniach lub w przyrządzie zwierającym, przerwa w uzwojeniu lub na zaciskach wirnika,	- sprawdzić połączenia oraz zbadać lampką kontrolną obwód wirnika, - usunąć przerwę.
	- nieodpowiedni rozrusznik,	- dopasować rozrusznik,
	- zbyt wysokie napięcie,	- sprawdzić napięcie sieci,
	- częściowe zwarcie w wirniku, - częściowe zwarcie w stojanie, - niewłaściwe połączenie przy rozruchu,	- sprawdzić, czy nie ma miejsc gorących. - odszukać zwarcie, - sprawdzić, czy silnik przy rozruchu otrzymuje na jedną fazę właściwe napięcie,

	- napięcie znamionowe silnika nie dostosowane do napięcia sieci,	- na przykład silnik przeznaczony do rozruchu za pomocą przełącznika gwiazda-trójkąt o napięciu 230/400 V zasilany z sieci 3x400V. Napięcie silnika powinno być 660/386V.
Nieodpowiedni kierunek wirowania	- zmieniona kolejność połączenia faz,	- skrzyżować końce dwóch faz na tabliczce zaciskowej lub na tablicy rozdzielczej sieci.

Tabela 3 (c.d.). Wybrane uszkodzenia elektryczne silników indukcyjnych [17, s. 75]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne iskrzenie szczotek na pierścieniach	- zbyt duży prąd w wirniku wskutek przeciążenia silnika lub zbyt niskiego napięcia sieci,	- zmierzyć prąd w stojanie przy obciążeniu,
	- zbyt słaby (powodujący iskrzenie) lub zbyt silny (nadmierne tarcie) nacisk szczotek na pierścienie,	- zmierzyć i wyregulować docisk szczotek,
	- zły stan powierzchni pierścieni,	- przetoczyć pierścienie,
	- nieodpowiedni gatunek szczotek,	- sprawdzić gatunek szczotek wg instrukcji i wymienić szczotki na odpowiednie.
	- zużycie styków mechanizmu zwierającego,	- sprawdzić styki, - oczyścić styki, - zużyte detale wymienić.
Nadmierne grzanie się silnika podczas pracy	- przeciążenie	- zmierzyć prąd pobierany przez silnik przy obciążeniu i porównać go z wartością prądu wg tabliczki znamionowej, - zmniejszyć obciążenie,
	- zbyt niskie napięcie zasilające, asymetria napięć lub praca jednofazowa,	- sprawdzić napięcie na zaciskach podczas pracy silnika.
	- zwarcie wewnątrz uzwojenia stojana lub zwarcie z kadłubem,	silnik pracuje hałaśliwie, uzwojenie nagrzewa się nierównomiernie: - sprawdzić uzwojenie na zwarcie oraz na przebicie do masy,
	- podczas pracy silnika nastąpiła przerwa w jednej fazie,	- zmierzyć prądy w trzech fazach, - wyłączyć silnik i spróbować ponownie uruchomić, po zatrzymaniu silnik ponownie nie rusza i brzęczy: - oczyścić i dokręcić zaciski, - sprawdzić i oczyścić szczotki oraz pierścienie ślizgowe.
	- pogorszenie wentylacji,	- sprawdzić wentylator i oczyścić uzwojenia i kanały wentylacyjne w wirniku.

Nadmierne hałasy silnika podczas pracy	- zwarcie zwojowe w jednej fazie stojana,	- sprawdzić, czy występuje lokalne przegrzanie się na połączeniach czołowych, - sprawdzić elektromagnesem, czy nie ma zwarć,
	- praca silnika na dwóch fazach (przerwa w trzeciej fazie),	- zatrzymać silnik, następnie spróbować uruchomić. Silnik nie powinien ruszyć, - znaleźć i usunąć przerwę w linii zasilającej lub w uzwojeniu.
Nadmierne hałasy silnika podczas pracy	- znaczna asymetria napięcia zasilania,	- zmierzyć napięcia i prądy w poszczególnych fazach, - usunąć przyczynę asymetrii w sieci,

Tabela 3 (c.d.). Wybrane uszkodzenia elektryczne silników indukcyjnych [17, s. 75]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne hałasy silnika podczas pracy	- nierówna szczelina powietrzna,	- wycentrować wirnik w stojanie, - wymienić łożyska.
	- zluzowanie śrub montażowych lub śrub mocujących silnik do fundamentu,	- dokręcić śruby.
	- ocieranie wirnika o stojan,	- sprawdzić centryczność komór łożyskowych w tarczach, sprawdzić łożyska.
	- ocieranie wentylatora o osłonę wentylacyjną,	- zdemontować silnik, - wyprostować skrzywiony wentylator lub osłonę.
	- hałasy łożysk tocznych,	- sprawdzić, czy jest smar w łożyskach, - łożyska zużyte wymienić.

Tabela 4. Wybrane uszkodzenia mechaniczne silników indukcyjnych [17, s. 96]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny mechaniczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne nagrzewanie się łożysk tocznych	- brak smaru w łożyskach,	- przemyć łożysko w benzynie i napełnić smarem.
	- zbyt dużo smaru w łożyskach,	- sprawdzić i zmniejszyć ilość smaru (maks. 2/3 objętości komory).
	- smar zanieczyszczony,	- usunąć zanieczyszczony smar, przemyć łożysko i napełnić nowym smarem.
	- smar nieodpowiedni, - łożysko uszkodzone (pęknięty pierścień lub koszyczek),	- usunąć nieodpowiedni smar, przemyć łożysko i napełnić właściwym smarem, dobranym według katalogu łożysk tocznych, - sprawdzić lekkość obracania się wału oraz prawidłowość montażu,
Nadmierna wibracja maszyny podczas biegu	- złe wyważenie wirnika,	- wyważyć wirnik.
	- skrzywienie wału,	- sprawdzić wał czujnikiem obracając powoli wirnik, - wyprostować lub wymienić wał,
	- nadmierny luz w łożyskach ślizgowych,	- sprawdzić luzy w panewkach, - wymienić tulejki łożyskowe lub wylać na nowo panewki stopem łożyskowym.

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny mechaniczne – silniki indukcyjne	Sposoby wykrycia i przyczyny
		- asymetria magnetyczna wskutek nierównomierności szczeliny lub zwarcia w uzwojeniu,

Wybrane uszkodzenia silników komutatorowych

Tabela 5. Wybrane uszkodzenia elektryczne silników komutatorowych [17, s. 86]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki komutatorowe	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania
Iskrzenie szczotek	<ul style="list-style-type: none"> - szczotki w złym stanie, - szczotkotrzymacze są ustawione nieprawidłowo lub zbyt słabo umocowane, - za mały lub zbyt duży docisk szczotek, - nieodpowiedni gatunek szczotek, - zanieczyszczony komutator, - brak izolacji między wycinkami komutatora, - zwarcia między chorągiewkami komutatora, - zwarcia między zwojowe w cewce lub cewkach twornika, - przerwa w połączeniu uzwojenia z wycinkiem, - zwarcie w obwodzie zewnętrznym. - wystająca izolacja międzywycinkowa. 	<p>sprawdzić:</p> <ul style="list-style-type: none"> - stan szczotek, - wymiary szczotek w stosunku do szczotkotrzymacza, - luzy szczotkotrzymacza, - kierunek wirowania (jeżeli szczotki ustawione są pod kątem), - gatunek szczotek porównać z zalecanym przez wytwórcę, - stan gładkości komutatora, - lutowania cewek do wycinków ewentualne uszkodzenia naprawić, - oczyścić izolację międzywycinkowa, <p>jeżeli zaczernieniu ulegają niektóre wycinki komutatora to należy sprawdzić:</p> <ul style="list-style-type: none"> - obtoczyć komutator, - sprawdzić łączenia i przerwy, - sprawdzić luzy łożyskowe, - sprawdzić szczelinę, - iskrzenie przy wirowaniu w jedną stronę jest intensywniejsze niż przy obracaniu się w stronę przeciwną, - prędkość wirowania silnika przy obu kierunkach jest niejednakowa.
Szczotki szybko się zużywają	<ul style="list-style-type: none"> - nieodpowiedni gatunek szczotek, - za duża siła dociskająca, - wystająca izolacja międzywycinkowa, - bicie komutatora lub jego nierównomierna powierzchnia. 	<ul style="list-style-type: none"> - dodatkowo występuje drżenie szczotek, szczotki wykruszają się na brzegach - zastosowano zbyt miękkie szczotki.
Prędkość obrotowa silnika odbiega od wartości znamionowej	<ul style="list-style-type: none"> - zadziałał wyłącznik nadprądowy (ewentualnie przepalona jest wkładka topikowa), przerwa w oporniku rozruchowym lub w przewodach, - przerwa w uzwojeniu twornika. - zwarcia w cewkach biegunów głównych. 	<ul style="list-style-type: none"> - silnik nie rusza, przyrządy nie wskazują przepływu prądu.
	<ul style="list-style-type: none"> - zwarcie uzwojenia bocznikowego z kadłubem lub z innymi uzwojeniami. 	<ul style="list-style-type: none"> - sprawdzić rezystancje międzyuzwojeniowe i izolację.

Tabela 5 (cd.). Wybrane uszkodzenia elektryczne silników komutatorowych [17, s. 86]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny elektryczne – silniki komutatorowe	Niektóre sposoby wykrywania i usuwania
Nadmierny przyrost temperatury silnika	<ul style="list-style-type: none"> - nadmierne obciążenie, - silnik przystosowany do pracy krótkotrwałej lub dorywczej pracuje za długo, - szczotki są w złym stanie, - szczotki nieprawidłowo umieszczone, - szczotkotrzymacze są ustawione nieprawidłowo lub zbyt słabo umocowane. - pogorszyły się warunki przewietrzania - zwarcia międzyzwojowe lub zwarcia w cewkach uzwojenia twornika - zwarcia między wycinkowe 	<ul style="list-style-type: none"> - sprawdzić wskazania przyrządów, - zmienić warunki pracy, <p>jeżeli występuje intensywniejsze iskrzenie szczotek jednego bieguna należy sprawdzić:</p> <ul style="list-style-type: none"> - stan gładkości komutatora, - lutowania cewek do wycinków ewentualne uszkodzenia naprawić, - oczyścić izolację międzywycinkowa.

Tabela 6. Wybrane uszkodzenia mechaniczne silników komutatorowych [17, s. 86, 96]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny mechaniczne – silniki komutatorowe	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierne hałasy silnika podczas pracy	<ul style="list-style-type: none"> - drgania wskutek niewłaściwego sprzęgnięcia lub niewyważenia wirnika, - zluzowanie skrub montażowych lub śrub mocujących silnik do fundamentu, - ocieranie wentylatora o osłonę wentylacyjną, - hałasy łożysk tocznych, 	<ul style="list-style-type: none"> - wycentrować wirnik w stojanie, - w razie potrzeby wymienić łożyska, - dokręcić śruby, - zdemontować silnik, - wyprostować skrzywiony wentylator lub osłonę. - sprawdzić, czy jest smar w łożyskach, - łożyska zużyte wymienić.
Nadmierne nagrzewanie się łożysk tocznych	<ul style="list-style-type: none"> - brak smaru w łożyskach - zbyt dużo smaru w łożyskach, 	<ul style="list-style-type: none"> - przemyć łożysko w benzynie i napełnić smarem. - sprawdzić i zmniejszyć ilość smaru (maks. 2/3 objętości komory).
Nadmierne nagrzewanie się łożysk tocznych	<ul style="list-style-type: none"> - smar zanieczyszczony, - nieodpowiedni smar, - łożysko uszkodzone (pęknięty pierścień lub koszyczek), 	<ul style="list-style-type: none"> - grubsze zanieczyszczenia rozpoznaje się rozcierając smar między palcami, drobne zaś za pomocą analizy chemicznej, - zanieczyszczony smar usunąć, przemyć łożysko i napełnić nowym smarem. - usunąć nieodpowiedni smar, przemyć łożysko i napełnić właściwym smarem, dobranym według katalogu łożysk tocznych, - sprawdzić lekkość obracania się wału oraz prawidłowość montażu.

Tabela 6 (c.d.). Wybrane uszkodzenia elektryczne silników komutatorowych [17, s. 86, 96]

Objawy uszkodzenia	Możliwe przyczyny mechaniczne – silniki komutatorowe	Sposoby wykrycia i przyczyny
Nadmierna wibracja maszyny podczas biegu	-złe wyważenie wirnika, -skrzywienie wału,	- wyważyć wirnik. - sprawdzić wał czujnikiem obracając powoli wirnik, - wyprostować lub wymienić wał,
	-nadmierny luz w łożyskach ślizgowych,	- sprawdzić luzy w panewkach, - wymienić tulejki łożyskowe lub wylać na nowo panewki stopem łożyskowym.

Demontaż silnika

Przed przystąpieniem do demontażu należy zapoznać się z zakresem naprawy, jeśli nie ma przeciwwskazań przystąpić do niżej wymienionych czynności:

1. Dokonać oględzin zewnętrznych silnika.
2. Oznaczyć za pomocą punktaka rozmieszczenie poszczególnych części obiektu.
3. Zdemontować wszystkie elementy zewnętrznej zabudowy silnika tj. zespołu niezależnego chłodzenia, prądniczki tachometrycznej, wentylatora, koła pasowego, sprzęgła itp. Do demontażu stosować narzędzie ślusarskie, klucze pneumatyczne lub ściągacze.
4. Aby zapobiec ewentualnemu uszkodzeniu części w czasie demontażu, należy części zabezpieczyć zalać naftą lub zrosić preparatem rozpuszczającym rdzę.
5. Zdemontować skrzynkę zaciskową.
6. Odkręcić pokrywę skrzynki. Zdemontować tabliczkę zaciskową i podstawę skrzynki, spod podstawy wyjąć uszczelki gumowe.
7. Wszystkie części należy odłożyć do przygotowanego pojemnika.
8. Zdemontować tarcze łożyskowe.
9. Odkręcić i zdjąć osłonę przewietrznika, zdemontować przewietrznik. Zdemontować zakrywki łożyskowe od strony napędu i przewietrznika, a następnie tarcze łożyskowe.
10. W wypadku silników pierścieniowych i komutatorowych należy zdemontować mechanizm szczotkowy (szczotki i szczotkotrzymacze).
11. Zdemontować wirnik.
12. Wysunąć wirnik ze stojana.

Elementy mechaniczne należy przygotować do mycia przez usunięcie nadmiernej ilości smaru.

Części silnika takie jak stojan lub wirniki silników komutatorowych lub pierścieniowych należy wydmuchać sprężonym powietrzem. Części umyte wysuszyć.

Przy wykonywaniu opisanych prac obowiązują ogólne zasady przestrzegania przepisów BHP.

Diagnoza silników

Postępowanie podczas diagnozowania silnika oraz ocena zgodności mechanicznej:

I. Diagnoza części mechanicznych

1. Dokonać oględzin poszczególnych elementów i zapisać uwagi odnośnie brakujących części i mechanicznych uszkodzeń.

Dokonać zapisu dotyczącego:

- zastosowanych łożysk (typ i ilość),
- zastosowanych szczotek w układzie pierścieni i/lub komutatora (typ i ilość),
- naprawy, regeneracji lub wymiany pozostałych elementów tj. tabliczki zaciskowej,
- wentylatora i jego osłony, zakrywek łożyskowych, szczotkotrzymaczy itp.

II. Diagnostyka części elektrycznej

1. Dokonać oględzin części elektrycznej silnika: uzwojenia, stojana i wirnika. W wypadku, gdy widoczne jest uszkodzenie któregoś z elementów wirnika przeznaczyć do sprawdzenia stanu uzwojenia.
2. W wypadku, gdy uzwojenie nie ma widocznych uszkodzeń element umyć gorącą wodą. Umyte części wysuszyć w suszarce a następnie dokonać dalszych badań diagnostycznych.
3. W wypadku konieczności wykonania regeneracji mechanicznej związanej z napawaniem lub spawaniem podzespół przekazać do spawalni.

Przy wykonywaniu opisanych prac obowiązują ogólne zasady przestrzegania przepisów BHP i stosowanych instrukcji.

Wykrywanie wad i uszkodzeń uzwojeń

Spośród typowych rodzajów uszkodzeń podanych w p. 4.4 najczęściej spotykane w praktyce to: przerwy w uzwojeniu, zwarcia z korpusem i zwarcia zwojowe.

Przerwa w uzwojeniu

Przyczyną przerw w obwodzie prądowym w miejscach lutowania są:

- przeciążenia prądowe,
- nadmierne drgania lub wadliwe lutowania.

Miejsce występowania przerw:

- przy tabliczce zaciskowej,
- na połączeniach czołowych,
- na komutatorze – przyczyną przerwy jest wylutowanie się przewodów z chorągiewek komutatora,
- wewnątrz uzwojenia na skutek przepalenia się przewodu wewnątrz uzwojenia, niedające śladu na zewnątrz.

Oględziny uzwojenia przeprowadzić należy starannie w celu ewentualnego wykrycia przerwy możliwej do usunięcia bez przeprojenia.

Najbardziej prawdopodobnymi miejscami przerw w uzwojeniu stojana są połączenia:

- międzyzwojowe,
- między grupowe,
- międzyfazowe lub międzycewkowe biegunów.

W prętowych uzwojeniach wirników przerwy najczęściej występują w:

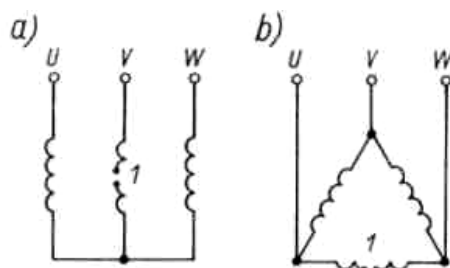
- czołach,
- miejscach lutowania prętów łączonych skuwkami,
- miejscach lutowania do komutatora.

W wirnikach klatkowych przerwy występują w miejscach połączeń prętów z pierścieniami zwierającymi.

Identyfikacji przerwanego obwodu można dokonać za pomocą wskaźnika obwodu lub megaomomierza.

W uzwojeniach połączonych w gwiazdę sprawdza się obwody między końcami faz i punktem neutralnym (zerowym), a gdy punkt neutralny jest niedostępny – między końcami faz U–V, U–W, W–V (rys. 21).

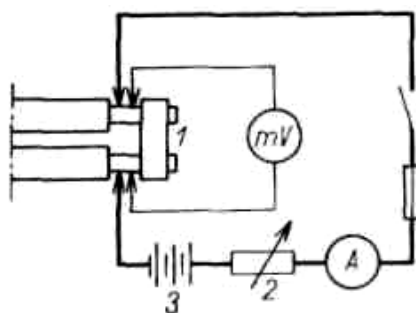
Przy połączeniu w trójkąt należy przerwać jego obwód i sprawdzić poszczególne fazy, a gdy przerwanie obwodu jest utrudnione, wówczas przerwaną fazę można wykryć, mierząc rezystancje między trzema parami zacisków. Rezystancja między zaciskami U–W z przerwaną fazą (rys. 21b) będzie dwukrotnie większa niż między U–V oraz V–W.



Rys. 21. Wykrywanie przerwy w uzwojeniu trójfazowym [17, s. 101]:
a) połączonym w gwiazdę; b) połączonym w trójkąt, 1 – przerwana faza.

Wykrycie przerwanego zezwoju lub grupy zezwojów (w większych silnikach) przeprowadza się za pomocą megaomomierza. W tym celu trzeba jedną końcówką megaomomierza dotknąć środka przerwanej fazy (np. za pomocą końcówki z ostrzem do przekłuwania izolacji), drugą zaś końcówką dotknąć do jednego z końców fazy. Po wykryciu przerwanej połówki fazy dotyka się końcówką megaomomierza do jej środków itd., aż do określenia przerwanego zezwoju lub grupy zezwojów.

Przerwę lub zły styk w połączeniach (skuwkowych) uzwojeń prętowych wykrywa się przez pomiar spadku napięcia przy zasilaniu prądem stałym (rys. 22). Spadek napięcia w skuwce źle zlutowanej jest większy niż w pozostałych skuwkach, dobrze przylutowanych do prętów.



Rys. 22. Wykrywanie złego styku w skuwce łączeniowej uzwojenia prętowego [17, s. 102]:
1 – skuwka, 2 – rezystor regulacyjny, 3 – źródło prądu stałego.

Przerwę w części żłobkowej uzwojenia wirnika klatkowego lub pierścieniowego można wykryć za pomocą blaszki stalowej. W tym celu wirnik wysuwa się nieco ze stojana i zabezpiecza przed obracaniem się. Uzwojenie stojana zasila się obniżonym napięciem trójfazowym (ok. $0,2 U_n$). Blaszka stalową o szerokości równej w przybliżeniu podziałce żłobkowej przykrywa się kolejne żłobki. Blaszka jest przyciągana, (co objawia się brzęczeniem) przez żłobki niezawierające przerwanych prętów. Gdy zaś znajdzie się nad żłobkiem z przerwą, wówczas jej przyciąganie i brzęczenie będzie znacznie słabsze.

Przerwy wewnątrz uzwojeń stojanów i tworników małych i średnich silników powodują konieczność przezwojenia całego silnika.

Przerwy występujące na połączeniach w miejscach dostępnych, mogą być usunięte przez oczyszczenie i ponowne zlutowanie przewodów. Miejsce lutowania należy starannie zaizolować taśmą i pokryć lakierem elektroizolacyjnym.

Zły styk w komutatorze lub skuwkach uzwojeń prętowych może być usunięty przez ponowne zlutowanie skuwek.

Uzwojenia klatkowe wirników, zalewane aluminium, bardzo rzadko ulegają uszkodzeniom i nie nadają się do naprawy. W tym przypadku uszkodzenia konieczna jest wymiana całego wirnika.

Często występujące przerwy w węźle szczotkowym silników prądu stałego lub indukcyjnych silników pierścieniowych wykrywa się zwykle podczas starannych oględzin szczotek, obsad szczotkowych i zacisków.

Zwarcie z korpusem

Zwarcia uzwojeń z korpusem występują dość często wskutek zesterzenia się izolacji, uszkodzenia mechanicznego lub jako wtórne zjawisko towarzyszące zwarciom zwojowym.

Zwarcie z korpusem wykrywa się przez pomiar oporu izolacji względem masy. Jeśli megaomierz wskazuje zerową wartość oporu, to należy wykryć miejsce zwarcia.

Zwarcie może występować:

- na tabliczce zaciskowej,
- w czołach uzwojeń,
- w części żłobkowej uzwojenia.

Zwarcie na tabliczce zaciskowej

Zwarcie na tabliczce między zaciskami lub między przewodami doprowadzającymi można wykryć przez oględziny. Dla upewnienia się, czy nie ma zwarc w uzwojeniu, wykonuje się badanie megaomierzem, po odłączeniu przewodów od tabliczki zaciskowej. Zwarcie na tabliczce można łatwo usunąć przez usunięcie przyczyny zwarcia. Jeżeli na tabliczce zaciskowej są trwałe ślady łuku zwarciovego tabliczkę należy wymienić.

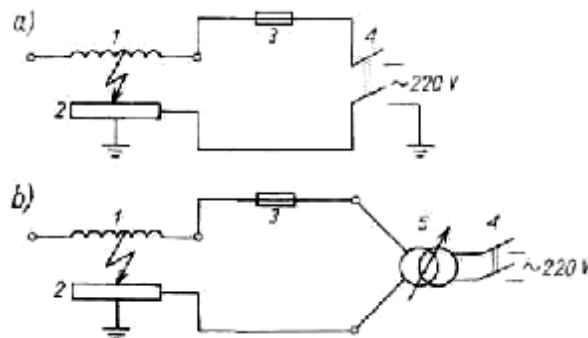
Zwarcie w czołach uzwojeń

Zwarcie w czołach uzwojeń następuje często wskutek mechanicznego uszkodzenia izolacji czoł lub wskutek błędnego zmontowania silnika. Zwarcie takie czasem wykryć za pomocą oględzin czoł uzwojenia. Przyczyną zwarcia w czołach może też być lokalne przegrzanie się przewodu w miejscu lutowania lub przepalenie się uszkodzonego przewodu.

Zwarcia w części żłobkowej uzwojenia

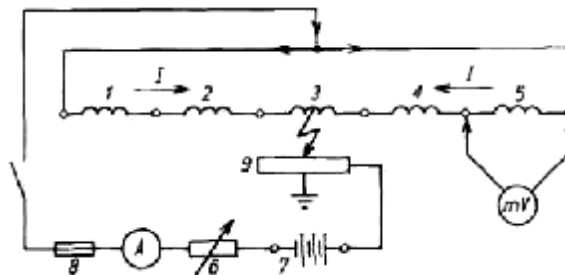
W celu znalezienia miejsca takiego zwarcia należy zdemontować i wyjąć wirnik ze stojana. Następnie, po odłączeniu przewodów od tabliczki zaciskowej i rozłączeniu poszczególnych faz, co niekiedy wymaga rozlutowania połączeń międzyfazowych silników z fazami na stale połączonymi wewnątrz uzwojenia (np. silniki trójfazowe o 3 zaciskach, silniki wielobiegunowe), ustala się fazę zwartą przy użyciu megaomierza.

Miejsce zwarcia można niekiedy wykryć dopiero po wypaleniu uszkodzonej izolacji. W tym celu w silnikach niskonapięciowych można doprowadzić napięcie sieciowe (230 V), przyłączając jedną fazę sieci do zwartej fazy poprzez bezpiecznik lub wyłącznik samoczynny o prądzie zadziałania $25 \div 50$ A, a punkt neutralny sieci (zero sieci) – do uziemionego korpusu maszyny (rys. 23). Prąd płynący przez miejsce zwarcia powoduje pojawienie się dymu lub łuku elektrycznego. Dogodniejsze jest zastosowanie napięcia o regulowanej wartości (rys. 23) wówczas można stopniowo podwyższać napięcie aż do wystąpienia objawów zwarcia.



Rys. 23. Układ do wykrywania miejsca zwarcia uzwojenia z korpusem [17, s. 104]:
 a) napięciem sieciowym, b) napięciem regulowanym, 1 – zwarta faza, 2 – korpus silnika, 3 – bezpiecznik, 4 – wyłącznik, 5 – regulator napięcia.

Do wykrywania miejsca zwarcia można również użyć prądu stałego (rys. 24). Badania przeprowadza się na zdemontowanym silniku. Jeden biegun źródła napięcia przyłącza się do połączonych końców zwartej fazy, drugi zaś – do korpusu silnika. W obwód włącza się amperomierz i opornik regulacyjny. Kierunki prądu w obu częściach uzwojenia zwartej fazy są przeciwne.



Rys. 24. Układ do wykrywania zwarcia z korpusem przy użyciu źródła prądu stałego [17, s. 105]:
 1 ÷ 5 – grupy uzwojenia fazowego, 6 – rezystor regulacyjny, 7 – źródło prądu stałego, 8 – bezpiecznik, 9 – korpus silnika.

Za pomocą miliwoltomierza dokonuje się pomiarów spadków napięć na poszczególnych grupach zezwojów. W tym celu trzeba oczyścić z izolacji przewody łączące grupy lub posłużyć się ostrzami, umożliwiającymi przekłuwanie izolacji przewodów.

Przy pomiarze spadków napięć, wykonywanym kolejno na grupach 1÷5, wskazówka miliwoltomierza wychyla się w tą samą stronę dopóki nie minie się grupy zwartej (grupa 3), po czym wychylenia będą przeciwne. Ponadto spadek napięcia na zwartej grupie zwykle jest mniejszy niż na pozostałych grupach.

Zamiast miliwoltomierza można w tym samym układzie posłużyć się igłą magnetyczną, którą przesuwają wzdłuż żłobków zwartej fazy. Wychylenie igły zależy od kierunku prądu płynącego w boku zezwoju. Gdy igłę przesunie się ponad miejscem zwarcia, wówczas kierunek jej wychylenia zmieni się na przeciwny.

Do wykrycia niepełnego zwarcia (zwarcie takie pojawia się tylko w nagrzanym silniku lub pod wpływem drgań uzwojenia w czasie pracy silnika) należy przeprowadzić próbę napięciową izolacji względem korpusu napięciem równym 0,8 napięcia probierczego.

Przy niepełnym zwarciu z korpusem opisane metody mogą się okazać nieprzydatne do wykrycia miejsca uszkodzenia, ponieważ w takim przypadku zwykle zwarcie pojawia się tylko w nagrzanym silniku lub pod wpływem drgań uzwojenia w czasie pracy silnika. W celu wykrycia niepełnego zwarcia przeprowadza się próbę napięciową izolacji względem korpusu napięciem równym 0,8 napięcia probierczego.

Przy przebiciu do korpusu powstałym w żłobkach małych i średnich silników najczęściej jest konieczna wymiana całego uzwojenia stojana. Częściowa naprawa może być wykonywana w silnikach większej mocy oraz w prętowych uzwojeniach wirników silników pierścieniowych i silników prądu stałego.

Zwarcie zwojowe

Zwarcie zwojowe polega na metalicznym połączeniu zwojów wskutek uszkodzenia izolacji przewodów nawojowych.

Zwarcie to może wystąpić między:

- zwojami tej samej fazy lub różnych faz (zwarcie międzyfazowe),
- w uzwojeniu stojana lub wirnika pierścieniowego,
- wskutek zwarcia wycinków komutatora.

Objawy zwarcia zwojowego podczas pracy silnika:

- zwiększenie się prądu,
- asymetria prądów pobieranych przez poszczególne fazy,
- dymienie silnika,
- wzmożony hałas (burczenie).

W celu wykrycia miejsca zwarcia zwojowego w silniku indukcyjnym (stojan czy wirnik w pierścieniowym) należy przede wszystkim ustalić miejsce zwarcia wykonując czynności:

- zasilić stojan, przy otwartym uzwojeniu wirnika, napięciem trójfazowym (obniżonym do 0,3–0,5 U_n).
- zmierzyć napięcie na pierścieniach wirnika trzema woltomierzami, przy bardzo powolnym obracaniu wirnika ręcznie.

Jeżeli zwarcie zwojowe występuje w stojanie, to wskazania trzech woltomierzy wahają się wprawdzie podczas obracania wirnika, jednak wahania wszystkich woltomierzy są jednakowe.

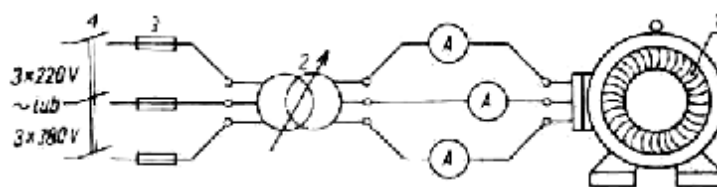
Jeżeli zwarcie występuje w jednej z faz wirnika, wówczas wskazania woltomierzy wykazują pewną stałą asymetrię, a wahania wskazań w miarę obracania wirnika są niewielkie.

Przeprowadzenie oględzin uzwojeń po zdemontowaniu silnika może pozwolić określić czy nastąpiło zwarcie zwojowe: izolacja zwartych zwojów ma zwykle wyraźne ślady przegrzania.

Silniki małej i średniej mocy, w których wystąpiło zwarcie zwojowe w uzwojeniu twornika lub stojana, należy całkowicie przezwoić. W przypadkach zwarć w stojanach silników większej mocy oraz w wirnikach pierścieniowych można niekiedy wymienić tylko część uzwojenia.

Miejsce zwarcia można określić mierząc rezystancję poszczególnych faz lub grup uzwojenia metodą techniczną, lub też za pomocą mostka lub miliwoltomierza. Rezystancja fazy zwartej jest nieco mniejsza od rezystancji pozostałych faz.

Wykrycie zwartych zwojów można również przeprowadzić zasilając stojan z wyjętym wirnikiem lub wirnik wyjęty ze stojana obniżonym napięciem z sieci trójfazowej (rys. 25). Szybkie nagrzanie się zasilanego uzwojenia (dymienie, zmiana zabarwienia, określenie nagrzania przez dotyk termometrem) świadczy o zwartych zwojach. Przy połączeniu uzwojenia w gwiazdę prąd w zwartej fazie jest większy niż w pozostałych. Przy połączeniu w trójkąt większe wychylenia mają dwa amperomierze przyłączone do końców fazy zwartej.



Rys. 25. Trójfazowy układ do wykrywania zwarcia zwojowych w uzwojeniu stojana [17, s. 107]:
1 – uzwojenie stojana, 2 – regulator napięcia, 3 – bezpieczniki, 4 – wyłącznik

Naprawa przyrządów szczotkowych (szczotkotrzymaczy)

Uszkodzeniom najczęściej ulegają obsady szczotkowe i szczotki.

Szczotki w obsadach szczotkowych nie mogą być osadzone zbyt luźno, oraz zapewniony ma być wymagany nacisk szczotek na powierzchnię ślizgową komutatora lub pierścieni.

Szczotki osadza się w obsadzie z pewnym luzem, umożliwiającym swobodne przesuwanie się szczotki, lecz niepozwalającym na kołysanie się jej.

Luz między szczotką a ściankami oprawy powinien zawierać się w granicach podanych w tabelicy 7. Wewnętrzne powierzchnie ścianek obsady powinny być płaskie, równe i gładkie.

Pomiary wykonuje się suwmiarką oraz szczelinomierzem wkładanym między szczotkę a oprawę.

Tabela 7. Luzy między szczotką a ściankami obsady szczotkowej [17, s. 212]:

Kierunek pomiaru	Dopuszczalny luz (mm) przy szczotki grubości	
	8 ÷ 16 mm	większej niż 16 mm
W kierunku wirowania komutatora	0,1 ÷ 0,25	0,15 ÷ 0,35
W kierunku osiowym	0,2 ÷ 0,4	0,3 ÷ 0,5

W przypadku powstania nadmiernego luzu wskutek zużycia się obsad należy obsady wymienić na nowe. Obsady nitowane mogą się również powiększyć wskutek zluźnienia nitów. Wtedy nity należy zaklepać, uważając przy tym, aby nie zniekształcić obsady. Wytarte obsady odlewane można nadspawać, a następnie obrobić na właściwe wymiary. Obsady nadpalone wskutek powstania łuku okrężnego należy oczyścić i opłówać, a w przypadku większych ubytków – wymienić.

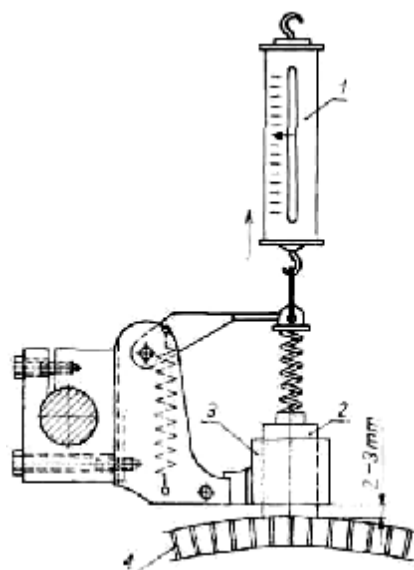
Naciski szczotek różnych gatunków podane są w katalogach. Dla najczęściej stosowanych szczotek naciski wynoszą 2,0÷2,5 N/cm² na komutator oraz 1,5÷2,0 N/cm² na pierścienie ślizgowe. Nacisk szczotek sprawdza się dynamometrem (rys. 26). Różnice w naciskach poszczególnych szczotek nie powinny być większe niż ± 10 % wartości średniej.

Przy zbyt małym nacisku w obsadach z regulacją naciągu sprężyny można bardziej napiąć, gdy obsady nie mają regulacji, należy wykonać nową sprężynę.

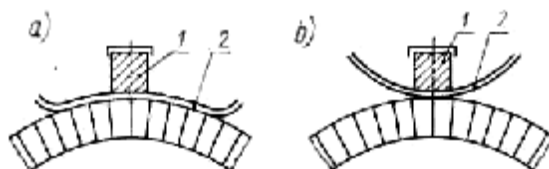
Zużyte szczotki należy wymienić na nowe tego samego gatunku i wymiarach. W przypadku braku szczotek o wymaganych wymiarach szczotki większe można dopłówać pilnikiem i drobnoziarnistym papierem ściernym. Przed uruchomieniem silnika nowe szczotki należy wstępnie dotrzeć. W tym celu komutator owija się papierem ściernym i ustawia się we właściwych położeniach obsady szczotkowe, po czym przeprowadza się docieranie ręcznie (rysunek 26a). Ostateczne dotarcie szczotek przeprowadza się na silniku wirującym bez obciążenia.

Podczas przeglądu szczotek należy sprawdzić, czy nie wystąpiło osłabienie styków na obu końcach giętkiej linki szczotkowej. W przypadku, bowiem pogorszenia styku prąd do szczotki przepływa poprzez obsadę szczotkową, co prowadzi do zniszczenia obsady.

Dla zapewnienia dobrej pracy szczotek ważne jest również właściwe ustawienie obsad szczotkowych w stosunku do komutatora lub pierścieni ślizgowych. Odległość dolnej krawędzi obsady od powierzchni, po której ślizga się szczotka, powinna wynosić 2÷3 mm (rys. 26).



Rys. 26. Sprawdzenie docisku szczotki za pomocą dynamometru [17, s. 213]:
1 – dynamometr, 2 – szczotka, 3 – obsada szczotkowa, 4 – komutator.



Rys. 27. Metody docieranie szczotki do komutatora [17, s. 214]:
a) właściwe, b) niewłaściwe, 1 – szczotka, 2 – papier ścierny.

Naprawa komutatora

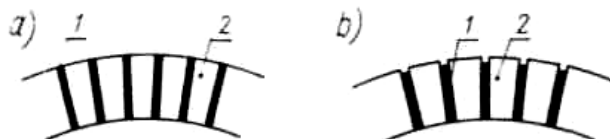
Naprawa powierzchni komutatora

Wskutek tarcia szczotek o komutator powierzchnia jego zniekształca się. Powstają na niej wgłębienia, rysy i zatarcia. W związku z nierówno miernym ścieraniem się miedzi i izolacji przekładki mikanitowe wystają ponad wycinki miedziane, powodując iskrzenie szczotek.

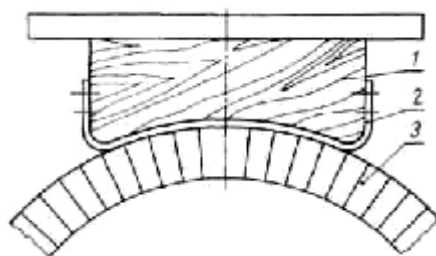
Bicie komutatora mierzy się czujnikiem na obwodzie wzdłuż komutatora. Nie powinno być większe niż 0,02 mm. Wadę tą usuwa się poprzez przetaczanie i polerowanie powierzchni cylindrycznej komutatora oraz frezowanie izolacji międzywycinkowej.

Toczenie na tokarce należy wykonywać powoli, aby otrzymać gładką i czystą powierzchnię bez bruzd i zadziorów. Prędkość toczenia nie powinna być większa niż 1,5 m/s, posuw zaś noża 0,1 mm/obrót.

Szlifowanie powierzchni po toczeniu wykonuje się za pomocą tarcz szlifierskich lub za pomocą drewnianego uchwytu obłożonego drobnoziarnistym papierem ściernym (rys. 29).



Rys. 28. Fragment komutatora [17, s. 214]
a) przed wycięciem przekładek mikanitowych,
b) po wycięciu, 1 – przekładki, 2 – wycinki.



Rys. 29. Uchwyt do szlifowania komutatora [17, s. 262]

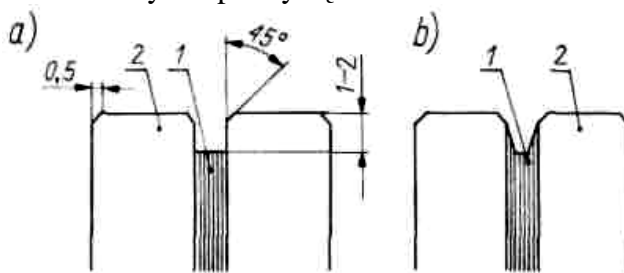
1 – klocek drewniany, 2 – papier ścierny, 3 – komutator.

Frezowanie izolacji można wykonać narzędziem pokazanym na rys. 30. Grubość piłki powinna być równa lub nieco większa od grubości izolacji (o 0,1÷0,2 mm).



Rys. 30. Piłka do wycinania przekładek mikanitowych [17, s. 214]

Wycinanie izolacji należy wykonać starannie, ponieważ łatwo jest uszkodzić sąsiednie wycinki. Wycięcie powinno być równe i mieć głębokość 1 ÷ 2 mm wzdłuż całej powierzchni ślizgowej komutatora (rys. 31). Rysunek 28 przedstawia fragment komutatora przed wycięciem przekładek mikanitowych i po wycięciu ich.



Rys. 31. Wycięcie izolacji międzywycinkowej [17, s. 214]

a) właściwe, b) niewłaściwe wycięcie izolacji międzywycinkowej, 1 – przekładka mikanitowa, 2 – wycinek komutatora

Remont wałów

Typowe uszkodzenia wałów:

- uszkodzenie powierzchni czopów oraz wolnych końców wału,
- uszkodzenie rowków wpustowych,
- skrzywienie wału,
- rozluźnienie osadzenia rdzenia na wale.

Drobne zatarcia na powierzchni wału w postaci rys, zadziorów i wgnieceń, których ogólna powierzchnia jest mniejsza niż 5 % powierzchni czopa, usuwa się przez lokalne szlifowanie bez obróbki całej powierzchni czopa.

Nierówność powierzchni spłaukuje się drobnym pilnikiem, a następnie poleruje papierem ściernym, nasmarowanym olejem.

Montaż końcowy silników elektrycznych

Kolejność czynności przy montażu końcowym silników elektrycznych:

1. Montaż silników

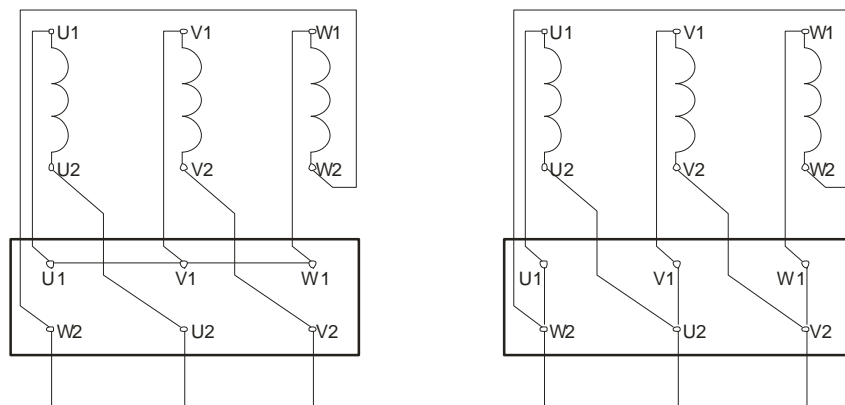
Prace przygotowawcze:

- na stanowisku montażu należy skompletować wszystkie podzespoły i elementy silnika wraz z łożyskami,
- części wymagające gruntowania należy malować.

2. Montaż skrzynki zaciskowej

Przykręcić podstawę i tabliczkę zaciskową, końce przewodów po uprzednim obcięciu i odizolowaniu należy uzbroić w końcówki kompatybilne z zaciskami śrubowymi tabliczki zaciskowej. W wypadku konieczności naciągnąć koszulki termokurczliwe.

Początki i końce faz uzwojeń podłączyć do tabliczki zaciskowej kojarząc w gwiazdę lub trójkąt:



Rys. 32. Połączenie w gwiazdę [16, s. 11]. Rys. 33. Połączenie w trójkąt [16, s. 11].

3. Uzbrojenie wirnika w zakrywki i łożyska:

- zakrywki wewnętrzne należy uzupełnić smarem zalecanym przez producenta lub ŁT (w wypadku łożysk otwartych) i nałożyć z obu stron wału,
- łożyska należy podgrzać do temperatury 100° C i osadzić na czopach wału, łożyska odkryte nasmarować smarem zalecanym przez producenta, (specjalnym stosowanym przy wyższych obrotach lub temperaturze) albo smarem ŁT,
- dobić łożyska tuleją do oporu,
- w silnikach do 160 cm wzniosu wału, nałożyć tarczę strony przeciwnapędowej (tylnej),
- węzeł łożyskowy zakryć tylną zakrywką i przykręcić.

4. Włożenie wirnika w żelazo stojana.

5. Nałożenie tarcz łożyskowych:

- należy nałożyć tylną tarczę a następnie nabić ją na zamek i przykręcić śrubami,
- na łożysko należy nałożyć sprężynę falistą a następnie przykręcić zakrywkę łożyskową,
- należy wykonać analogiczną czynność z przednią tarczą łożyskową,
- sprawdzić czy wirnik obraca się bez oporów mechanicznych,
- zakrywkę łożyskową nasmarować smarem jak w pkt. 3, a następnie przykręcić.

6. Prace końcowe:

- zawiesić zakrywkę skrzynki tabliczki zaciskowej,
- zamontować hamulec, silnik współpracujący (jeśli występuje),

- zamontować wentylator i osłonę wentylatora. W silnikach na 3000 obr/min wentylator i osłonę montować po próbach wstępnych,
 - zamontować sprzęgło (jeżeli występuje).
- Zmontowany silnik należy poddać badaniom po naprawie.

Badania silników elektrycznych po naprawie

Badaniom podlegają silniki elektryczne po naprawie lub konserwacji.

Zakres badań końcowych przeprowadzonych po naprawie i konserwacji gwarantujących ich przydatność eksploatacyjną:

1. Silniki zwarte – klatkowe

Dla silników o mocy do 50 kW przeprowadza się badania, które obejmują:

 - a) oględziny zewnętrzne w ramach, których należy:
 - zidentyfikować silnik,
 - sprawdzić zgodność i jakość montażu ze szczególnym zwróceniem uwagi na połączenia śrubowe i trwałość zamocowania zewnętrznego przewietrznika,
 - sprawdzić kompletność i uszkodzenia mechaniczne,
 - sprawdzić rezystancję przy pomocy czujników temperatury uzwojeń.
 - b) badanie wytrzymałości napięciowej izolacji – przeprowadzane zgodnie z PN-EN 60034-1 pkt 8.1,
 - c) próbę ruchową na biegu jałowym w ramach, której należy:
 - sprawdzić stan uzwojenia klatkowego wirnika (ocena przewodności uzwojenia) obracając powoli wirnik w kierunku przeciwnym do momentu obrotowego, próbę wykonać przy prądzie znamionowym, obserwując wahania wskazań amperomierzy,
 - ocenić równomierność pracy ruchowej,
 - ocenić głośność i nagrzewanie łożysk,
 - ocenić prędkość obrotową i porównać z wymaganą prędkością synchroniczną,
2. Silniki pierścieniowe

Silniki pierścieniowe podlegają próbom i badaniom jak silniki zwarte – klatkowe. W ramach oględzin zewnętrznych należy ocenić również węzeł szczotkowy. Dodatkowo zmierzyć napięcia wirnika przy znamionowym napięciu zasilania uzwojenia stojana i przy rozwartym obwodzie wirnika. Pomiaru należy dokonać między poszczególnymi fazami uzwojenia, oceniając równość napięć i wielkość w porównaniu z wielkością znamionową.
3. Silniki komutatorowe prądu przemiennego (badania niepełne) – zakres:
 - a) oględziny zewnętrzne w ramach, których należy sprawdzić:
 - jakość szczotek, ich swobodne przemieszczanie się w prowadnicach szczotkotrzymaczy oraz równomierność i siłę przylegania do komutatora,
 - w czasie próby ruchowej ocenić bicie promieniowe komutatora.
 - b) badanie wytrzymałości napięciowej izolacji wszystkich uzwojeń oraz pomiarów rezystancji izolacji wszystkich uzwojeń,
 - c) pomiar rezystancji uzwojeń,
 - d) pomiarowi rezystancji uzwojeń podlegają wszystkie uzwojenia stojana i wirnika w tym także uzwojenie komutatorowe wirnika mierzone umownie między 1 a 10-tą działką komutatora.
4. Silniki komutatorowe prądu stałego (badanie niepełne) – zakres:
 - a) oględziny zewnętrzne w ramach, których należy sprawdzić:
 - jakość szczotek, ich swobodne przemieszczanie się w prowadnicach szczotkotrzymaczy oraz równomierność i siłę docisku do komutatora,
 - w czasie próby ruchowej ocenić bicie promieniowe komutatora.

- b) badanie wytrzymałości napięciowej izolacji wszystkich uzwojeń oraz pomiary rezystancji izolacji wszystkich uzwojeń,
- c) pomiar rezystancji uzwojeń,
- d) pomiarowi rezystancji podlegają wszystkie uzwojenia stojana i wirnika w tym także uzwojenie komutatorowe wirnika mierzone umownie między 1 a 10-tą działką komutatora,
- e) przygotowanie silników do badań ruchowych,
- f) silniki wymagają skojarzenia uzwojeń stojana i podłączenia ich w obwód wirnika a także po oznaczaniu – pod tabliczkę zaciskową. W ramach przygotowania należy również ustawić jarzmo szczotkowe w strefie neutralnej oddziaływania biegunów uzwojenia głównego stojana,
- g) próba ruchowa – bieg jałowy.

Zasilając napięciem znamionowym uzwojenie wirnika z podłączonym uzwojeniem zwrotnym i/lub szeregowym oraz uzwojenie wzbudzające – zmierzyć i/lub ocenić:

- pobór prądu przez uzwojenie wirnika (I_{wir}),
- pobór prądu przez uzwojenie wzbudzające (I_{wzb}),
- prędkość obrotową (n),
- hałaśliwość i temperaturę łożysk,
- równomierność pracy ruchowej,
- pracę ześlizgu szczotkowego,
- bicie promieniowe komutatora.

Wymagania

Pełna przydatność eksploatacyjna silników lub ich elementów jest wtedy, gdy uzyskane wyniki badań przeprowadzanych po naprawie spełniają wymagania:

Tabela 8. Rodzaj badania, wymagania [16, s. 32]

Lp.	Rodzaj badania / pomiaru	Wartość wymagana
1.	Rezystancja izolacji uzwojeń: a) nowych b) naprawianych bądź konserwowanych c) wskaźnik $\frac{R_{60}}{R_{15}}$	min 100 MΩ min 50 MΩ, zgodnie z PN-E-06701 pkt 17.2,
2.	Wytrzymałość napięciowa izolacji głównej	zgodna z PN-EN 60034-1 pkt 8.1,
3.	Rezystancja uzwojeń	zgodna z wartościami fabrycznymi lub obliczeniowymi w granicach błędu pomiarowego,
4.	Wytrzymałość napięciowa izolacji zwojowej	zgodna z PN-88/E-06701 pkt 17.1,
5.1.	Wielkość poboru prądu I_o Przy U_{zn}	zgodna z danymi fabrycznymi lub skartotekowanymi (baza danych) dla określonego typu silnika,
5.2.	Asymetria prądów międzyfazowych	brak asymetrii,
6.	Pobór mocy przez silnik na biegu jałowym	zgodny z danymi fabrycznymi, nie więcej jednak niż 4% P_{zn} ,
7.	Prędkość obrotowa na biegu jałowym	zgodnie z PN-88/E-06701 tablica VIII lp.4 i 5,

8.	Temperatura pracy łożysk	zgodnie z PN-E/06701 pkt 16.6,
9.	Głośność pracy łożysk	zgodnie z PN-IEC 34-9 i PN-81/E-06019,
10.	Napięcie zwarcia	15% ÷ 40% U_{zn} wg zależności odwrotnie proporcjonalnej do prędkości obrotowej,
11.	Przewodność uzwojenia klatkowego wirnika sprawdzana metodą zmiany położenia wirnika w polu elektromagnetycznym stojanu	wahania wskazań amperomierzy na poszczególnych fazach – niewidoczne. Wyliczona ze wzoru: $\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max}} \times 100\%$ zmiana przewodności powyżej 5% wskazuje na wielkość uszkodzenia uzwojenia klatkowego,
12.	Praca ześlizgu szczotkowego	beziskrowa,
13.	Bicie promieniowe zespołu pierścieni ślizgowych	max 0,05 mm,
14.	Próba nagrzewania uzwojeń przy bezpośrednim obciążeniu	zgodnie z PN-88/E 06702 pkt 14 ÷ 16,
15.	Pomiar drgań mechanicznych	zgodnie z PN-88/E-06714.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie mogą być przyczyny zbyt małej prędkości obrotowej wirnika silnika obciążonego?
2. W jaki sposób postępowalbyś, aby usunąć nadmierne iskrzenie szczotek na pierścieniach?
3. Jaka jest kolejność czynności przy demontażu silnika?
4. Jak objawia się w pracy silnika przerwa w jednej fazie?
5. Co może być przyczyną nieodpowiedniego kierunku wirowania wirnika?
6. Jak objawia się w pracy silnika zbyt niskie napięcie zasilające?
7. Co może być przyczyną nadmiernego hałasu silnika?
8. Jakie są przyczyny nadmiernego nagrzewania się silnika w czasie pracy?
9. Co może być przyczyną, że po włączeniu silnik nie rusza?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj pomiar rezystancji izolacji uzwojeń silnika indukcyjnego zwartego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) rozpoznać badany silnik,
- 2) dokonać niezbędnych przełączeń na tabliczce zaciskowej,
- 3) ustalić przebieg pomiarów,
- 4) wykonać pomiary rezystancji izolacji,
- 5) dokonać analizy otrzymanych wartości rezystancji,
- 6) dokonać analizy przeprowadzonego ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi silników,
- Polskie Normy,
- silnik indukcyjny,
- multimetr,
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

Ćwiczenie 2

Wykonaj wymianę szczotek w silniku pierścieniowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z silnikiem pierścieniowym otrzymanym do ćwiczenia,
- 2) ustalić typ zastosowanych oryginalnych szczotek,
- 3) zdemontować osłonę szczotkotrzymaczy,
- 4) po usunięciu istniejących szczotek, zamontować nowe szczotki,
- 5) dotrzeć nowe szczotki,
- 6) zamontować wcześniej zdemontowane elementy silnika,
- 7) przeprowadzić próbę pracy silnika,
- 8) dokonać analizy przeprowadzonego ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- stanowisko do wykonywania ćwiczenia,
- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi silników,
- katalog szczotek,
- silnik pierścieniowy,
- multimetr,
- komplet narzędzi,
- różne szczotki,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie.

Ćwiczenie 3

Wykonaj pomiar rezystancji izolacji uzwojeń silnika komutatorowego prądu przemiennego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) rozpoznać badany silnik,
- 2) dokonać niezbędnych przełączeń na tabliczce zaciskowej.

- 3) ustalić przebieg pomiarów,
- 4) dokonać metody pomiaru rezystancji,
- 5) wykonać pomiary rezystancji izolacji,
- 6) dokonać analizy otrzymanych wartości rezystancji,
- 7) dokonać analizy z przebiegu ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi silników,
- Polskie Normy,
- silnik komutatorowy prądu przemiennego,
- multimetr,
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie,
- papier do pisania.

Ćwiczenie 4

Wymień łożyska toczne w silniku odkurzacza.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zdemontować odkurzacza,
- 2) określić typ silnika zastosowanego w odkurzaczu,
- 3) zdemontować silnik,
- 4) ustalić typ zastosowanych oryginalnych łożysk tocznych,
- 5) po usunięciu istniejących łożysk, zamontować nowe,
- 6) zamontować wcześniej zdemontowane elementy silnika,
- 7) przeprowadzić próbę pracy silnika,
- 8) zamontować silnik w odkurzaczu,
- 9) sprawdzić działanie odkurzacza,
- 10) dokonać analizy z przebiegu ćwiczenia.
- 11) przestrzegać przepisy bhp.

Środki dydaktyczne:

- stanowisko do wykonywania ćwiczenia,
- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi silników,
- katalog łożysk tocznych,
- odkurzacza,
- multimetr,
- komplet narzędzi,
- różne łożyska toczne,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przybory kreślarskie.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić parametry silnika na podstawie katalogu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić parametry silnika na podstawie tabliczki znamionowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać do wymiany szczotki zużyte na nowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wymienić łożyska w silniku?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dotrzeć szczotki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić przyczyny zbyt małej prędkości obrotowej wirnika przy obciążeniu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić kolejność czynności przy demontażu silnika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wskazać objawy w pracy silnika z przerwą w jednej fazie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) określić przyczyny nadmiernego hałasu silnika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wskazać przyczyny nadmiernego nagrzewania się silnika w czasie pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) określić przyczyny nie ruszania silnika po włączeniu zasilaniu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Uszkodzenia i naprawa instalacji elektrycznych

4.5.1. Materiał nauczania

Typowe uszkodzenia instalacji elektrycznych

- brak ciągłości przewodów ochronnych, wyrównawczych, głównych i dodatkowych,
- zmniejszona rezystancja izolacji instalacji elektrycznej,
- niesprawne działanie urządzeń różnicowo-prądowych,
- zwiększony spadek napięcia,
- uszkodzenia mechaniczne osprzętu instalacyjnego.

Wymagania dotyczące oględzin, prób i pomiarów określają między innymi następujące normy:

Nr normy	Zakres stosowania
PN-IEC 60364-6-61	instalacje elektryczne,
PN-86-92/E-05003	instalacje piorunochronne,
PN-IEC 61024-1:2001	
PN-T-45000-2	systemy uziemiające i uziemienia obiektów telekomunikacji
PN-T-45000-3	norma zakładowa,
ZN-96 TPSA-037	
PN-E-04700	urządzenia elektryczne.

Zakres prostych napraw instalacji elektrycznych

W instalacjach mieszkaniowych oraz instalacjach w budynkach użyteczności publicznej czynności konserwacyjne obejmują najczęściej:

- ocenę prawidłowości działania oświetlenia,
- wymianę niesprawnych elementów instalacji oświetleniowych,
- czyszczenie opraw oświetleniowych,
- ocenę prawidłowości działania obwodów gniazd wtyczkowych,
- wymianę gniazd wtyczkowych,
- sprawdzenie i poprawienie jakości połączeń w zaciskach puszek instalacyjnych, łączników instalacyjnych, gniazd wtyczkowych, opraw oświetleniowych,
- kontrolę działania wyłączników różnicowoprądowych,
- wymianę lub czyszczenie urządzeń zabezpieczających w tablicach rozdzielczych,
- sprawdzenie trwałości mocowania łączników, gniazd instalacyjnych, rurek, listew instalacyjnych, pokryw rozdzielnic itp.

Etapy naprawy instalacji:

- oględziny stanu technicznego,
- próby i pomiary parametrów elektrycznych instalacji,
- naprawa,
- pomiary sprawdzające po naprawie.

Oględziny

Cel przeglądu to określenie stanu technicznego budynku, urządzeń i instalacji.

Zakres oględzin obejmuje określenie stanu technicznego elementów instalacji, to jest:

- zwodów pionowych instalacji odgromowej i złącz kontrolnych,
- zabezpieczeń (kłódki, zamki) złącz i tablic elektrycznych,
- wewnętrznego stanu tablic elektrycznych,
- zabezpieczeń i wkładek topikowych,

- puszek rozgałęźnych,
- gniazd wtykowych i wtyczek, łączników ściennych i przy urządzeniach,
- połączeń wyrównawczych,
- itp.

Próby i pomiary parametrów elektrycznych instalacji

Należy przeprowadzić następujące próby i pomiary dotyczące:

- ciągłości przewodów ochronnych, wyrównawczych, głównych i dodatkowych,
- określenia, czy rezystancja instalacji w całości lub części nie pogorszyła,
- badania ochrony przeciwporażeniowej,
- badania działania wyłączników różnicowo-prądowych.

Mierniki do pomiarów sprawdzających w instalacjach elektrycznych

Każdy przyrząd pomiarowy powinien mieć następujące dokumenty:

- a) instrukcję (DTR – Dokumentacja Techniczno-Ruchowa) obsługi,
- b) instrukcję eksploatacji,
- c) świadectwo wzorcowania,
- d) dokumentację użytkowania przyrządu, która powinna zawierać zapisy dotyczące:
 - wprowadzenia do użytkowania,
 - wykonywania kontroli okresowych (wzorcowanie),
 - wykonywania kontroli bieżących.

Zasady wykonywania pomiarów

Wykonując pomiary należy przestrzegać następujących zasad:

- a) przed przystąpieniem do pomiarów należy:
 - sprawdzić sprawność przyrządów (próba, kontrola),
 - dokonać oględzin przyrządów dla stwierdzenia kompletności, braku usterek i prawidłowości wykonania badanego obiektu,
 - zapoznać się z dokumentacją techniczną przyrządów w celu ustalenia sposobu wykonania badań,
 - dokonać niezbędnych ustaleń i obliczeń warunkujących: wybór poprawnej metody pomiaru, jednoznaczność kryteriów oceny wyników, konieczność zastosowania współczynników poprawkowych do wartości pomierzonych.
- b) pomiary powinny być wykonywane w warunkach identycznych lub zbliżonych do warunków normalnej pracy podczas eksploatacji urządzeń czy instalacji.

Parametry wybranych mierników

Tabela 9. Parametry wybranych mierników do pomiaru rezystancji izolacji produkcji Zakładów ERA [8, s 34]:

Typ	Zakres wskazań	Zakres pomiarowy	Napięcie pomiarowe	Błąd pomiaru rezystancji	Rodzaj układu pomiarowego	Masa
	[MΩ]	[MΩ]	[V]	[%]	–	[kg]
IMI-11	0–100	0,5–5	500	10/1,5	ilorazowy	1,5
IMI-31	0–200	0,5–8	1000	10/1,5	ilorazowy	1,5
IMI-33	0–25	0,1–1,25	250	10/1,5	ilorazowy	1,5
	0–50	0,2–2,5	500	10/1,5		
	0–100	0,4–5	1000	10/1,5		
IMI-341	0–100	0,5–10	500	10/1,5	ilorazowy	0,9
	0–200	1–20	1000	10/1,5		
	0–500	0,5–10	15	10/1,5		

IMI-413	0-300 180- 20000	-	2500	10/1,5	szeregowy	2,0
---------	------------------------	---	------	--------	-----------	-----

Sprawdzenie ciągłości przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych

Przed wykonaniem pomiarów ciągłości połączeń wyrównawczych konieczne jest sprawdzenie stanu technicznego:

- łączy,
- styków,
- obejm na instalacjach przewodzących,
- przewodów.

Jeżeli odbiorniki są metalicznie połączone z innymi instalacjami przewodzącymi należy odłączyć te przewody od urządzeń elektrycznych. Ciągłość przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych sprawdza się w stanie beznapięciowym.

Sprawdzenie ciągłości żył za pomocą megaomomierza

Ciągłość przewodów można sprawdzić megaomomierzem, stosując przykładowy układ przedstawiony na rys. 34:

Do sprawdzenia można użyć:

- megaomomierza indukcyjnego,
- źródła prądu stałego o napięciu 4÷24 V o wydajności prądowej nie mniejszej niż 200 mA oraz wskaźnika przepływu prądu,
- mostka Wheatstone'a.

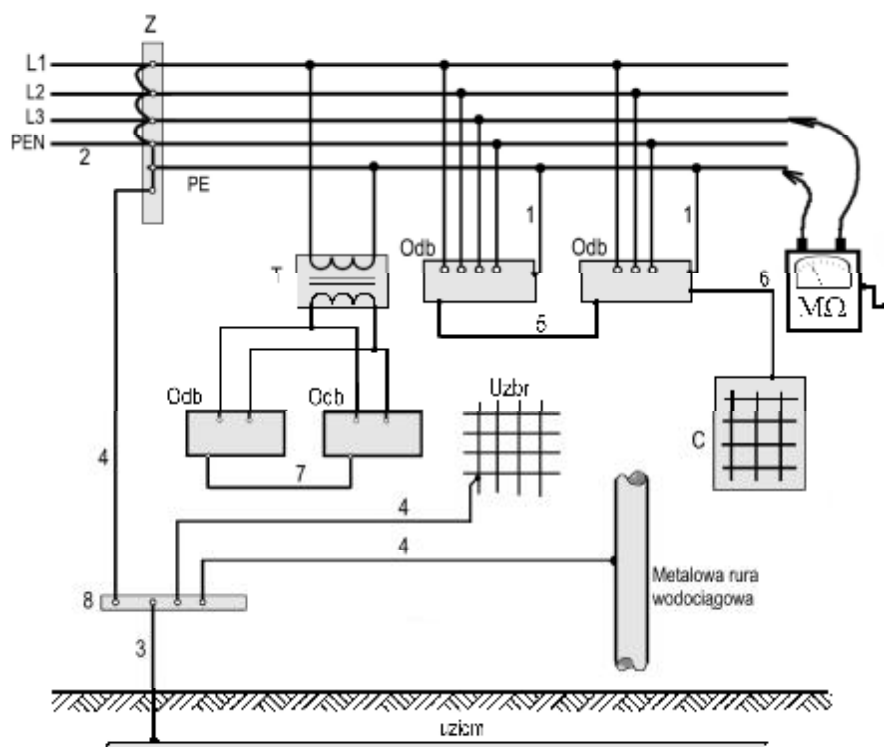
W celu sprawdzenia ciągłości żył megaomomierzem należy zewrzeć żyły linii L1, L2, L3, N z PEN na jednym końcu wewnętrznej linii zasilającej, a na drugim mierzyć rezystancję między poszczególnymi żyłami a przewodem ochronnym. Jeżeli nie ma przerwy, to rezystancje wszystkich żył wskazane przez megaomomierz będą miały jednakową wartość bliską zeru.

Jeżeli w czasie sprawdzania ciągłości żył wskaźnik nie wykazuje przepływu prądu oznacza to, że co najmniej w jednej z badanych żył jest przerwa.

Sprawdzenie ciągłości żył za pomocą mostka Wheatstone'a

W przypadku tego pomiaru należy uznać, że żyły są ciągłe, gdy mierzona rezystancja pętli żył nie jest większa niż dwukrotna wartość rezystancji pętli żył obliczonej dla danej linii (rys. 34).

Wyniki sprawdzania ciągłości żył są pozytywne, jeżeli nie stwierdzono w badanych przewodach przerw.



Rys. 34. Układ do sprawdzania ciągłości przewodów ochronnych [7, s. 259]:

1 – przewód ochronny PE, 2 – przewód ochronno–neutralny PEN, 3 – główny przewód uziemiający, 4 – przewód wyrównawczy główny, 5 – przewód wyrównawczy dodatkowy (miejskowy) łączący z sobą dwie części przewodzące dostępne, 6 – przewód wyrównawczy dodatkowy (miejskowy), łączący z sobą część przewodzącą dostępną oraz część przewodzącą obcą, 7 – przewód wyrównawczy nieuziemiający, 8 – główna szyna (zacisk) uziemiająca, Z – złącze, T – transformator separacyjny, Odb – odbiornik w obudowie przewodzącej I klasy ochronności, C – część przewodząca obca, Uzbr – zbrojenie (konstrukcje metalowe budynku).

Pomiary rezystancji izolacji instalacji i urządzeń elektrycznych niskiego napięcia

Pomiary rezystancji izolacji instalacji elektrycznej 3–fazowej

Przez pomiar rezystancji izolacji sprawdza się ochronę przed dotykiem bezpośrednim i dlatego pomiar ten należy do pomiarów normatywnych przy sprawdzaniu skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

Pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznych wykonuje się między:

- przewodami fazowymi a neutralnym: L1–N,
L2–N,
L3–N,
- każdym przewodem fazowym i neutralnym L1, L2, L3, N a ziemią.

Na czas pomiarów należy:

- odłączyć od napięcia zasilającego badany obwód w rozdzielniczy na przykład przez wyjęcie bezpieczników,
- ustawić wszystkie łączniki w badanym obwodzie w pozycji „załączony”,
- wyłączyć wszystkie inne odbiorniki zasilane z badanego obwodu,
- odłączyć wszystkie żarówki lampek sygnalizacyjnych.

Pomiary rezystancji instalacji elektrycznej jednofazowej

Ogólne zasady postępowania przy pomiarze rezystancji instalacji:

- ustawić łączniki w obwodzie zasilania badanego obwodu w pozycji „załączony” tak, aby wszystkie odbiorniki były włączone,
- wyłączyć zasilanie instalacji przez usunięcie wkładki bezpiecznikowej lub wyłączenie wyłącznika nadmiarowo-prądowego i odpowiednio zabezpieczyć przed przypadkowym włączeniem,
- odłączyć wszystkie odbiorniki zainstalowane na stałe, a także inne, które są zasilane z badanego obwodu,
- zaciski miernika (megaomomierza), należy dołączyć do odpowiednich przewodów sieci (jeżeli wykonuje się pomiar izolacji względem ziemi, to należy do zacisku „-” miernika dołączyć badany przewód linii, a zacisk „+” miernika połączyć z zaciskiem pomiarowym uziemionym, umieszczonym w tablicy zabezpieczeniowej).

Pomiar rezystancji izolacji instalacji elektrycznych wykonuje się między:

- przewodami fazowymi a ochronnym L1-PE,
- przewodem neutralnym a ochronnym N-PE.

Pomiary należy przeprowadzać oddzielnie dla przewodów instalacji i oddzielnie dla odbiorników.

Warunki, w jakich powinny być wykonane pomiary muszą być zbliżone do warunków normalnej pracy, to jest w temperaturze od 10°C do 25°C oraz wilgotności względnej od 40 % do 70%.

Za pozytywne można uznać te wyniki badań instalacji elektrycznej, w których zmierzone rezystancje izolacji są nie mniejsze od wartości podanych w tabeli 10. Podane w tabeli wartości rezystancji dotyczą pomiarów wykonanych w temperaturze 20^o C.

Tabela 10. Minimalne wartości rezystancji izolacji [7, s. 503]

Lp.	Napięcie znamionowe obwodu	Napięcie pomiarowe	Wymagana rezystancja izolacji
	[V]	[V]	[MΩ]
1	SELF i PELV Un ≤ 50 Un ≤ 120	250	≥ 0,25
2	Un ≤ 500	500	≥ 0,50
3	Un > 500	1000	≥ 1,0

Pomiary impedancji pętli zwarcia

Pomiary impedancji pętli zwarcia przeprowadzić można:

- metodą techniczną,
- miernikami fabrycznymi.

Znacznie wygodniejszą i szybszą jest pomiar miernikami fabrycznymi.

Ze względu na dużą różnorodność mierników do pomiaru impedancji pętli, sposób pomiaru nie jest tu opisany. Pomiary należy przeprowadzić zgodnie z instrukcją obsługi posiadanego miernika.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Na czym polegają oględziny instalacji elektrycznych?
2. W jakie dokumenty powinny być wyposażone przyrządy pomiarowe?
3. Jakie są zasady wykonywania pomiarów?
4. W jakim stanie pracy instalacji sprawdza się ciągłość przewodów połączeń wyrównawczych?
5. Jakimi miernikami można sprawdzić ciągłość przewodów połączeń wyrównawczych?
6. Czym kierujesz się dokonując wyboru mierników do badań?
7. W jaki sposób na podstawie instrukcji obsługi wybierzesz mierniki do pomiaru pętli zwarcia?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przeprowadź przegląd instalacji elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) określić zasady przeprowadzania oględzin instalacji,
- 2) zapoznać się z dokumentacją instalacji elektrycznych pomieszczenia/pomieszczeń, w których przeprowadzony ma być przegląd instalacji elektrycznej,
- 3) sprawdzić, czy instalacja wykonana jest zgodnie z dokumentacją (szczególną uwagę zwróć na dobór przewodów, zainstalowanego osprzętu, właściwe oznaczenia),
- 4) ocenić stan wykonania instalacji (prowadzenie i sposób mocowania przewodów),
- 5) ocenić jakość wykonania instalacji.

Środki dydaktyczne:

- teksty przewodnie,
- sprzęt ochronny i ratunkowy,
- plany instalacji,
- przepisy budowy i eksploatacji urządzeń elektrycznych,
- instalacja elektryczna model/rzeczywista,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przyrządy kreślarskie.

Ćwiczenie 2

Przeprowadź analizę instrukcji obsługi mierników do pomiarów sprawdzających w instalacjach elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z instrukcjami mierników do pomiarów w instalacjach elektrycznych,
- 2) określić zastosowanie danego miernika,
- 3) wskazać miernik/mierniki do pomiaru konkretnego parametru,
- 4) przedstawić zasadę działania wybranych mierników stosowanych w pomiarach instalacji,

- 5) sprawdzić stan miernika przed pomiarem,
- 6) dobrać zakresy pomiarowe mierników do określonych pomiarów.

Środki dydaktyczne:

- zestaw mierników stosowanych do pomiarów różnych parametrów w instalacjach elektrycznych,
- instrukcje mierników,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przyrządy kreślarskie.

Ćwiczenie 3

Sprawdź ciągłość żył przewodów roboczych instalacji elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z dokumentacją techniczną badanej instalacji,
- 2) zaproponować harmonogram badań,
- 3) dokonać wyboru przyrządów pomiarowych,
- 4) wykonać czynności przygotowawcze przed sprawdzaniem ciągłości żył,
- 5) sprawdzić ciągłość żył przewodów roboczych,
- 6) dokonać analizy wyników pomiarów.

Środki dydaktyczne:

- dokumentacja badanej instalacji,
- zestaw mierników stosowanych do pomiaru różnych parametrów instalacji elektrycznych,
- instrukcje mierników,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przyrządy kreślarskie.

Ćwiczenie 4

Sprawdź ciągłość żył przewodów ochronnych instalacji elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z dokumentacją techniczną badanej instalacji,
- 2) zaproponować harmonogram badań,
- 3) dokonać wyboru przyrządów pomiarowych,
- 4) wykonać czynności przygotowawcze przed sprawdzaniem ciągłości żył,
- 5) sprawdzić ciągłość żył przewodów ochronnych,
- 6) dokonać analizy wyników pomiarów.

Środki dydaktyczne:

- dokumentacja badanej instalacji,
- zestaw mierników stosowanych do różnych pomiarów w instalacjach elektrycznych,
- instrukcje mierników,
- zeszyt do ćwiczeń,

- kalkulator,
- ołówek, linijka, inne przyrządy kreślarskie.

Ćwiczenie 5

Wykonaj pomiary rezystancji izolacji instalacji elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) przedstawić przepisy bhp przy pomiarach rezystancji izolacji,
- 2) zapoznać się z dokumentacją techniczną badanej instalacji,
- 3) zaproponować harmonogram badań,
- 4) dokonać wyboru przyrządów pomiarowych,
- 5) wykonać czynności przygotowawcze przed pomiarami rezystancji izolacji,
- 6) wykonać pomiary rezystancji izolacji instalacji,
- 7) dokonać analizy przeprowadzonych pomiarów.

Środki dydaktyczne:

- norma PN–IEC 60364–6–61,
- dokumentacja techniczna instalacji,
- mierniki do pomiaru rezystancji izolacji wraz z instrukcjami obsługi,
- kalkulator,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówek, linijka, inne przyrządy kreślarskie.

Ćwiczenie 6

Wykonaj naprawę instalacji elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z dokumentacją techniczną badanej instalacji,
- 2) zaproponować harmonogram działań,
- 3) dokonać oględzin instalacji,
- 4) dokonać niezbędnych pomiarów,
- 5) zlokalizować uszkodzenia występujące w instalacji,
- 6) korzystać z katalogów osprzętu,
- 7) dokonać doboru właściwego osprzętu instalacyjnego do wymiany,
- 8) dokonać wyboru narzędzi koniecznych do wykonania naprawy,
- 9) naprawić instalację elektryczną,
- 10) dokonać analizy przeprowadzonej naprawy.

Środki dydaktyczne:

- model lub rzeczywista instalacja elektryczna,
- dokumentacja techniczna badanej instalacji,
- zestaw mierników stosowanych do pomiarów w instalacjach elektrycznych wraz z instrukcjami,
- zestaw narzędzi stosowanych do naprawy instalacji elektrycznych,
- zestaw osprzętu instalacyjnego,
- zeszyt do ćwiczeń,

- ołówek, linijka, inne przyrządy kreślarskie,
- sprzęt ochronny i ratunkowy.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić podstawowe akty prawne dotyczące ochrony przeglądu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zidentyfikować poszczególne elementy znajdujące na schemacie instalacji i wskazać je na rzeczywistej instalacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) objaśnić, na czym polegają oględziny instalacji elektrycznej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) ocenić jakość wykonania instalacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) ocenić zgodność elementów użytych do budowy instalacji elektrycznej z dokumentacją techniczną instalacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) określić zastosowanie mierników na podstawie instrukcji obsługi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić wymagania wartości rezystancji pętli zwarcia dla badanej instalacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) zidentyfikować uszkodzony osprzęt instalacyjny?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wymienić uszkodzony osprzęt instalacyjny na nowy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wykonać podstawowe naprawy instalacji elektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj dokładnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Odpowiedzi udzielaj wyłącznie na karcie odpowiedzi.
4. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
5. Test zawiera 20 zadań.
6. Do każdego zadania podane są cztery odpowiedzi, z których tylko jedna jest prawidłowa.
7. Zaznacz prawidłową według Ciebie odpowiedź wstawiając literę X w odpowiednim miejscu na karcie odpowiedzi.
8. W przypadku pomyłki zaznacz błędną odpowiedź kółkiem, a następnie literą X zaznacz odpowiedź prawidłową.
9. Za każde poprawne rozwiązanie zadania otrzymujesz jeden punkt.
10. Za udzielenie błędnej odpowiedzi, jej brak lub zakreślenie więcej niż jednej odpowiedzi – otrzymujesz zero punktów.
11. Uważnie czytaj treść zadań i proponowane warianty odpowiedzi.
12. Nie odpowiadaj bez zastanowienia, jeśli któreś z pytań sprawi Ci trudność – przejdź do następnego. Do pytań, na które nie udzieliłeś odpowiedzi możesz wrócić później.
13. Pamiętaj, że odpowiedzi masz udzielać samodzielnie.
14. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.

Powodzenia!

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Przy zdejmowaniu łożysk tocznych należy stosować
 - a) drewniany klocek i młotek,
 - b) stalowy pręt i młotek.
 - c) ściągacz.
 - d) nie ma znaczenia jakimi narzędzia zostaną zastosowane.
2. Uzwojenie pierwotne jest
 - a) zawsze stroną DN.
 - b) zawsze stroną GN.
 - c) uzwojeniem, do którego podłączone jest zasilanie.
 - d) uzwojeniem, do którego podłączony jest odbiornik.
3. Przyczyną nadmiernego hałasu transformatora nie jest
 - a) przeciążenie transformatora.
 - b) luźne połączenia śrub skręcających rdzeń.
 - c) zbyt niskie napięcie zasilania.
 - d) brak obciążenia transformatora.
4. Zadaniem pierścieni ślizgowych w maszynie pierścieniowej jest
 - a) umożliwienie podłączenia rezystorów w celu kształtowania charakterystyki silnika.
 - b) umożliwienie skrócenia czasu zatrzymania wirnika poprzez wprowadzenie dodatkowego tarcia.

- c) tłumienie drgań wirnika przez co praca silnika jest cicha.
 - d) ułatwienie rozruchu silnika.
5. Przyczyną zbyt małej prędkości obrotowej wirnika silnika pierścieniowego przy obciążeniu jest
- a) niewłaściwe połączenie przy rozruchu.
 - b) przerwa w jednej fazie.
 - c) błąd w połączeniu uzwojeń.
 - d) zamienioną kolejnością faz napięcia zasilającego.
6. W celu usunięcia nadmiernego iskrzenia szczotek na pierścieniach należy
- a) sprawdzić wentylator.
 - b) zwiększyć ilość smaru w łożyskach.
 - c) zmniejszyć ilość smaru w łożyskach.
 - d) sprawdzić gatunek szczotek.
7. Powstanie przerwy w jednej fazie podczas pracy silnika objawi się
- a) wzrostem prądu pobieranego przez silnik.
 - b) grzaniem się łożysk.
 - c) wzrostem prędkości obrotowej.
 - d) nadmierną wibracją silnika.
8. Nadmierne nagrzewanie się silnika indukcyjnego w czasie pracy spowodowane jest
- a) nierówną szczeliną powietrzną.
 - b) za dużą ilością smaru w łożyskach.
 - c) zamienioną kolejnością faz napięcia zasilającego.
 - d) asymetrią napięć zasilających.
9. W przypadku, gdy po włączeniu zasilania silnik nie rusza, należy sprawdzić
- a) kolejność faz napięcia zasilającego.
 - b) czy nie nastąpiło uszkodzenie izolacji uzwojeń.
 - c) ilość smaru w łożyskach.
 - d) czy nie wystąpiła przerwa w jednej fazie.
10. Przyczyną nadmiernego hałasu silnika komutatorowego jest
- a) za duży docisk szczotek do komutatora.
 - b) przeciążenie silnika.
 - c) zużycie się łożysk silnika.
 - d) zły stan powierzchni komutatora.
11. Nadmierne nagrzewanie się bocznikowego silnika prądu stałego w czasie pracy spowodowane jest
- a) wystającą izolacją międzycinkową.
 - b) zmienioną biegunowością napięcia zasilania.
 - c) błędnym połączeniem uzwojenia bocznikowego z zasilaniem.
 - d) niewłaściwym dociskiem szczotek.
12. Silnik prądu stałego po włączeniu nie rusza, ponieważ
- a) została zamieniona biegunowość napięcia zasilającego.
 - b) nastąpiło uszkodzenie izolacji uzwojenia wirnika.

- c) wystąpiła przerwa w obwodzie twornika.
 - d) w łożyskach jest zbyt dużo smaru.
13. Przyczyną nadmiernego iskrzenia szczotek w silniku komutatorowym jest
- a) przerwa w obwodzie twornika.
 - b) zwarcie międzyzwojowe w cewce twornika.
 - c) niedociążenie silnika.
 - d) przerwa w obwodzie wzbudzenia.
14. Wymieniając szczotki zużyte na nowe należy zastosować szczotki
- a) bardziej miękkie niż były – same lepiej i szybciej dotrą się.
 - b) nie ma znaczenia jakie szczotki zostaną zastosowane.
 - c) takiego samego typu jakie były przed wymianą i dotrzeć je bezpośrednio na komutatorze.
 - d) bardziej twarde a dotrzeć je przed włożeniem do silnika.
15. Oględziny instalacji elektrycznych polegają na
- a) wymianie uszkodzonego osprzętu instalacyjnego.
 - b) określeniu stanu technicznego elementów instalacji.
 - c) dokonaniu oględzin przyrządów pomiarowych stosowanych przy pomiarach w instalacjach elektrycznych.
 - d) dokonaniu oględzin narzędzi stosowanych przy naprawach instalacji elektrycznych.
16. Rysunek przedstawia symbol
-
- a) łącznika schodowego.
 - b) łącznika grupowego.
 - c) podwójnego gniazda.
 - d) łącznika krzyżowego.
17. Podkładki kupalowe zakładamy przy połączeniu między sobą przewodów
- a) miedziany z miedzianym.
 - b) aluminiowy z aluminiowym.
 - c) miedziany z aluminiowym.
 - d) nie ma znaczenia rodzaj przewodu.
18. Podłączenie przewodu neutralnego do gniazda z bolcem ochronnym powinno odbywać się w kolejności:
- a) bolec ochronny, zacisk gniazda,
 - b) nie wykonuje się takiego połączenia,
 - c) zacisk gniazda, bolec ochronny,
 - d) kolejność nie ma znaczenia.
19. W urządzeniach elektroenergetycznych przyrządem półprzewodnikowym mocy nie jest
- a) dioda prostownicza.
 - b) tyrystor.
 - c) dioda Zenera.
 - d) tranzystor mocy.

20. Łożysko ślizgowe jest to łożysko, w którym powierzchnia czopa wału ślizga się po powierzchni
- a) elementów tocznych – igłach.
 - b) elementów tocznych – kulkach.
 - c) elementów ślizgowych panewki.
 - d) otworu łożyska.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Wykonywanie naprawy maszyn, urządzeń i instalacji elektrycznych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne. WSiP. Warszawa 1998
2. <http://pcws.zis.ia.polsl.gliwice.pl>
3. <http://pl.wikipedia.org>
4. <http://www.totalpolska.pl/wiedza>
5. Katalog łożysk CX
6. Kotlarski W.: Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP. Warszawa 1999
7. Krupas K (red.) Wytyczne: Pomiary w elektroenergetyce. COSiW. Warszawa 2005
8. Laskowski J.: Poradnik elektroenergetyka przemysłowego. COSiW
9. Markiewicz H., Instalacje elektryczne. WNT. Warszawa 2005
10. Norma PN-90/E-06723
11. Norma PN-EN-22768-1
12. Polska Norma PN – EN 60617/2003. Symbole graficzne stosowane w schematach
13. Praca zbiorowa: Mały poradnik mechanika. WNT. Warszawa 1994
14. Praca zbiorowa: Maszyny i napęd elektryczny. WSiP. Warszawa 1978
15. Rutkowski A.: Części maszyn. WSiP, Warszawa 2005
16. Warunki Techniczne Odbioru: ZELTECH. Spółka z o.o. Łódź 2005
17. Zembruski J.: Uszkodzenia i naprawa silników elektrycznych. WNT. Warszawa 1992