**Związek Rzemiosła Polskiego w Warszawie**

**Izba Rzemieślnicza Małej i Średniej Przedsiębiorczości w Szczecinie**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**PORADNIK DLA UCZESTNIKA**

**KURSU PRZYGOTOWUJĄCEGO**

**DO UZYSKANIA KWALIFIKACJI**

**W ZAWODZIE ELEKTRYK**

**Kwalifikacja składowa: Eksploatacja maszyn i urządzeń elektrycznych**

**Symbol kwalifikacji składowej: Ele/3**

**Szczecin, 2013**

Autor: mgr inż. Piotr Dubis

Korekta stylistyczna: mgr Katarzyna Klimecka

Redakcja techniczna: Ewelina Gracz

Poradnik opracowano i wydano w ramach projektu:

„Platforma Flexicurity MiŚP - Kreowanie płaszczyzny współpracy w zakresie flexicurity   
w obszarze MiŚP” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Projektodawcy:

Związek Rzemiosła Polskiego

Izba Rzemieślnicza Małej i Średniej Przedsiębiorczości w Szczecinie

Egzemplarz bezpłatny – przeznaczony dla uczestników projektu: „Platforma Flexicurity MiŚP - Kreowanie płaszczyzny współpracy w zakresie flexicurity w obszarze MiŚP”

**Spis Treści**

Wstęp 4

I. Wykonywanie przeglądów maszyn elektrycznych 8

II. Naprawa i montaż maszyn elektrycznych 16

III. Przezwajanie silników 21

IV. Wykonywanie prób napięciowych maszyn 26

V. Przykład zadania praktycznego 31

VI. Literatura 33

# Wstęp

Dynamiczny rozwój zewnętrznego kontekstu kształcenia oraz szybkie tempo zmian wymuszają ciągły proces uczenia się i doskonalenia, praktycznie na każdym etapie życia jednostki. Edukacja, traktowana jako podstawowe prawo jednostki, zyskuje w oczach całych społeczeństw coraz wyższą wartość. W krajach europejskich wykształcenie postrzegane jest powszechnie jako jeden z zasadniczych czynników kariery zawodowej oraz wyznacznik pozycji społeczno-ekonomicznej. Takie podejście do edukacji stawia przed polityką społeczną poszczególnych państw szczególne zadania. Zachodzi konieczność prowadzenia takich działań, aby każda jednostka miała zapewniony dostęp do kształcenia na wszystkich jego poziomach. W obliczu kontrastów narastających w wielu obszarach życia społecznego oraz komercjalizacji szeregu usług oświatowych, stworzenie niejednorodnym środowiskom równego dostępu do edukacji wydaje się zadaniem szczególnie ważnym i trudnym zarazem.

Naprzeciw zmianom rynku pracy wychodzi nowe podejście do procesu uczenia się. Z jednej strony nowy sposób opisywania szeroko rozumianej edukacji – poprzez efekty uczenia się, z drugiej – konieczność reagowania na zmiany na rynku pracy w toku całego życia człowieka wymusza lepsze dopasowanie do naszych potrzeb systemów szkolenia i kształcenia, otwarcia się na równoważne traktowanie rozmaitych ścieżek edukacyjnych, stworzenie dostępnych, elastycznych ofert inwestowania w nasz rozwój osobisty i zawodowy. Tylko skuteczne inwestowanie w kapitał ludzki w ramach systemów kształcenia i szkolenia zapewni dalszy rozwój cywilizacyjny Unii Europejskiej, w tym także Polski.

We wrześniu 2010 roku polski rząd zatwierdził wprowadzenie Krajowych Ram Kwalifikacji (KRK) jako nowego narzędzia organizacji kształcenia. System ma być oparty na przyjętym w Europie układzie odniesienia umożliwiającym porównywanie kwalifikacji uzyskiwanych w różnych krajach (European Qualifications Framework, EQF). System charakteryzuje się podejściem całościowym – na jego podstawie można oceniać postępy w edukacji przedstawicieli dowolnego zawodu[[1]](#footnote-1).

Definicje:

1. **Europejska Rama Kwalifikacji (ERK),** to przyjęty w UE układ odniesienia umożliwiający porównywanie kwalifikacji uzyskiwanych w różnych krajach. W ERK wyróżniono 8 poziomów kwalifikacji określonych za pomocą wymagań dotyczących efektów uczenia się. Zgodnie z zaleceniami Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/C 111/01/WE z dnia 23 kwietnia 2008r., można zdefiniować cele ERK. Celem jest ułatwienie porównywania kwalifikacji zdobywanych w różnym czasie, miejscach i formach, lepsze dostosowanie kwalifikacji do potrzeb rynku pracy, a w efekcie wzrost mobilności pracowników, wypromowanie i ułatwienie uczenia się przez całe życie[[2]](#footnote-2). Europejska Rama Kwalifikacji dla uczenia się przez całe życie (ERK) - przyjęta w Unii Europejskiej struktura poziomów kwalifikacji stanowiąca układ odniesienia krajowych ram kwalifikacji umożliwiający porównywanie kwalifikacji uzyskiwanych w różnych krajach[[3]](#footnote-3).

Na równi traktowane będzie kształcenie formalne, pozaformalne i nieformalne. Ponadto nabyte kompetencje będą tak opisane, aby były rozpoznawalne i porównywalne w Polsce oraz w Europie.

Europejska Rama Kwalifikacji w skrócie pozwala na porównanie poziomów kształcenia bez konieczności unifikacji programów kształcenia, czyli pozwala na zachowana odrębności systemów edukacji przy jednoczesnej możliwości porównania poziomu, na którym pozostaje kwalifikacja. Pozwala na mobilność, gwarantuje transparentność, przy zachowaniu różnorodności treści kształcenia, instytucji kształcących i pozwala na różnorodność dróg dochodzenia do uzyskania kompetencji i kwalifikacji[[4]](#footnote-4).

1. **Polska Rama Kwalifikacji (PRK) -** Opis hierarchii poziomów kwalifikacji wpisywanych do zintegrowanego rejestru kwalifikacji w Polsce[[5]](#footnote-5).

PRK jest wzorowana na ERK i w naszym przypadku przyjęto osiem poziomów podobnie, jak to zaproponowano w ERK. PRK to zbiór różnych kwalifikacji tj. dyplomów, certyfikatów i świadectw formalnie potwierdzających wiedzę, umiejętności kompetencje przypisane danej kwalifikacji, a uzyskane w różnych formach edukacji:

- formalnej (w szkole)

- nieformalnej (na kursie, szkoleniu)

- pozaformalniej (w procesie pracy i samoedukacji)

1. **Edukacja formalna -** uczenie się poprzez udział w programach kształcenia i szkolenia prowadzących do uzyskania kwalifikacji zarejestrowanej[[6]](#footnote-6).
2. **Edukacja pozaformalna -** uczenie się zorganizowane instytucjonalnie jednak poza programami kształcenia i szkolenia prowadzącymi do uzyskania kwalifikacji zarejestrowanej[[7]](#footnote-7).
3. **Uczenie się nieformalne -** dochodzenie do nowych kompetencji bez korzystania z programów prowadzonych przez podmioty kształcące/szkolące (bez nauczyciela/instruktora/trenera), przez samodzielną aktywność podejmowaną w celu osiągnięcia określonych efektów uczenia się, i/lub przez uczenie się nieintencjonalne (niezamierzone)[[8]](#footnote-8).
4. **Kwalifikacja zarejestrowana -** opisany w zintegrowanym rejestrze kwalifikacji zestaw efektów uczenia się/kształcenia się, którego osiągnięcie zostało formalnie potwierdzone przez uprawnioną instytucję. Kwalifikacja opisana w rejestrze może być pełna lub cząstkowa[[9]](#footnote-9).
5. **Kwalifikacje składowe** - układ umiejętności i wiadomości określonych przez zestaw zadań zawodowych oraz cech psychofizycznych określonych przez zestaw kompetencji personalnych i społecznych, które umożliwiają efektywne wykonywanie pracy na określonym stanowisku pracy.
6. **Walidacja -** wieloetapowy proces sprawdzania, czy - niezależnie od sposobu uczenia się - kompetencje wymagane dla danej kwalifikacji zostały osiągnięte. Walidacja prowadzi do certyfikacji[[10]](#footnote-10).
7. **Certyfikowanie -** proces, w którego wyniku uczący się otrzymuje od upoważnionej instytucji formalny dokument, stwierdzający, że osiągnął określoną kwalifikację. Certyfikacja następuje po walidacji[[11]](#footnote-11).
8. **Wiedza -** zbiór opisów faktów, zasad, teorii i praktyk, przyswojonych w procesie uczenia się, odnoszących się do dziedziny uczenia się, lub działalności zawodowej[[12]](#footnote-12).
9. **Egzaminy sprawdzające kwalifikacje składowe** – egzamin sprawdzający przeprowadzany na podstawie z art. 3, ust. 3a ustawy o rzemiośle z dnia 22 marca 1989r. (Dz. U. 1989 Nr 17 poz. 92)[[13]](#footnote-13). – zgodnie z rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 września 2012r. w sprawie egzaminu czeladniczego, egzaminu mistrzowskiego oraz egzaminu sprawdzającego, przeprowadzanych przez komisje egzaminacyjne izb rzemieślniczych.
10. **Kurs** – kurs umożliwiający uzyskiwanie kwalifikacji zawodowych zgodnie z §3 pkt.5 rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 11 stycznia 2012r. w sprawie kształcenia ustawicznego w formach pozaszkolnych (Dz. U. 2012 Nr 0 poz.186)[[14]](#footnote-14).

Poradnik, który masz do dyspozycji ma pomóc Ci w pozyskaniu wiedzy i umiejętności związanych z zadaniami, dotyczącymi przygotowania do zawodu elektryk oraz przygotowaniu się do egzaminu sprawdzającego kwalifikację składową, a docelowo do egzaminu czeladniczego lub mistrzowskiego w zawodzie elektryk. Dla zawodu elektryk określono 5 kwalifikacji składowych.

Jeżeli zdobędziesz doświadczenie zawodowe oraz stosowne wykształcenie będziesz mógł przystąpić do egzaminu czeladniczego a później mistrzowskiego w zawodzie elektryk.

W poradniku zamieszczono wiadomości teoretyczne dotyczące wykonywania zadań zawodowych koniecznych na określonym stanowisku pracy. Opis każdego zadania zawodowego przedstawiony jest jako osobny temat.

W poradniku w postaci zwięzłych informacji, wskazano to, co w treściach poszczególnych tematów jest najważniejsze. Aby dobrze opanować te treści konieczne jest, abyś poszerzył swoją wiedzę o wiadomości zawarte w literaturze fachowej. Musisz też opierać się na swoim doświadczeniu zawodowym i umiejętnościach zdobytych podczas szkolenia praktycznego. Po każdym temacie podano przykładowe pytania sprawdzające wraz z odpowiedziami oraz ćwiczenie do samodzielnego wykonania. Na końcu każdego poradnika zamieszczono zadanie praktyczne, które sprawdzi Twoje opanowanie kwalifikacji składowej i tym samym przygotowanie do egzaminu sprawdzającego.

Egzaminy: sprawdzający, czeladniczy oraz mistrzowski przeprowadzane są przez komisje egzaminacyjne izby rzemieślniczej w dwóch etapach – praktycznym i teoretycznym. Kolejność zdawania etapów ustala przewodniczący komisji.

Etap praktyczny – polega na samodzielnym wykonaniu przez Ciebie zadań egzaminacyjnych sprawdzających umiejętności praktyczne.

Etap teoretyczny egzaminu czeladniczego i mistrzowskiego obejmuje dwie części: pisemną i ustną. Część pisemna przeprowadzana jest w formie testu i obejmuje 7 tematów w przypadku czeladnika lub 9 w przypadku egzaminu na mistrza, natomiast w części ustnej musisz odpowiedzieć na pytania zawarte w wylosowanym przez Ciebie zestawie obejmującym 3 tematy tj. technologia, maszynoznawstwo, materiałoznawstwo.

Na egzaminie sprawdzającym etap teoretyczny przeprowadzany jest tylko w części ustnej z zakresu: umiejętności zawodowych wchodzących w zakres zawodu, którego dotyczy egzamin oraz tematów: przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej, a także podstawowe zasady ochrony środowiska.

Egzamin sprawdzający przeprowadza komisja czeladnicza izby rzemieślniczej.

1. **Wymagania dla kandydatów na egzamin sprawdzający**

Do egzaminu sprawdzającego możesz przystąpić jeżeli ukończyłeś odpowiedni kurs. Po kursie składasz wniosek do izby rzemieślniczej i następnie przystępujesz do egzaminu sprawdzającego. Jeżeli zdasz egzamin sprawdzający otrzymasz „Zaświadczenie o zdaniu egzaminu sprawdzającego”, potwierdzające znajomość podstawowych zagadnień dotyczących przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej, zasad ochrony środowiska oraz umiejętności właściwych dla danej kwalifikacji składowej określonej dla zawodu elektryk.

1. **Wymagania dla kandydatów na egzamin czeladniczy**

Do egzaminu czeladniczego możesz przystąpić, o ile spełniasz jeden z poniższych warunków:

- jeśli ukończyłeś naukę zawodu u rzemieślnika to konieczne jest, abyś dokształcił się w szkole lub w systemie pozaszkolnym,

- jeżeli jesteś absolwentem gimnazjum lub ośmioletniej szkoły podstawowej to musisz mieć co najmniej 3-letni staż pracy w zawodzie elektryk lub mieć potwierdzenie, że uzyskałeś umiejętności zawodowe w zawodzie elektryk w formie pozaszkolnej,

- posiadasz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej lub dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej, prowadzącej kształcenie zawodowe o kierunku związanym z zawodem elektryk,

- posiadasz tytuł zawodowy w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk oraz po uzyskaniu tytułu zawodowego co najmniej pół roku pracowałeś w zawodzie elektryk,

- posiadasz zaświadczenie o zdaniu egzaminu sprawdzającego lub świadectwo potwierdzające kwalifikacje w zawodzi oraz po ich uzyskaniu przez co najmniej rok wykonywałeś prace elektryka.

**III. Wymagania dla kandydatów na egzamin na mistrza**

Do egzaminu mistrzowskiego możesz przystąpić jeśli spełniasz jeden z poniższych warunków:

- posiadasz tytuł czeladnika lub równorzędny w zawodzie i po uzyskaniu tytułu co najmniej 3–letni staż pracy w zawodzie, w którym zdajesz egzamin oraz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej,

- jeżeli przez co najmniej sześć lat prowadziłeś samodzielną działalność gospodarczą i wykonywałeś w jej ramach zawód elektryka oraz posiadasz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej,

- posiadasz tytuł mistrza w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk i po uzyskaniu tytuł mistrza co najmniej roczny staż pracy w zawodzie elektryk oraz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej,

- posiadasz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej, dających wykształcenie średnie, w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk i tytuł zawodowy w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk, oraz po uzyskaniu tytułu zawodowego co najmniej dwuletni staż pracy w zawodzie elektryk,

- posiadasz dyplom ukończenia uczelni wyższej na kierunku lub w specjalności w zakresie wchodzącym w zakres zawodu elektryk, i po uzyskaniu tytułu zawodowego co najmniej roczny staż pracy w zawodzie elektryk.

**Metryczka zawodu**

**Zestawienie kwalifikacji składowych dla zawodu elektryk**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Symbol kwalifikacji składowej** | **Nazwa kwalifikacji składowej** | **\*** |
| Ele/1 | Przygotowywanie i montaż osprzętu elektrycznego |  |
| Ele/2 | Montowanie instalacji elektrycznych |  |
| Ele/3 | Eksploatacja maszyn i urządzeń elektrycznych |  |
| Ele/4 | Kontrolowanie i pomiary elektryczne maszyn i urządzeń elektrycznych |  |
| Ele/5 | Eksploatowanie sieci elektroenergetycznych |  |

\* - kolumna przeznaczona do określenia indywidualnego programu nauczania

**Metryczka kwalifikacji składowej**

**Zestawienie zadań zawodowych dla kwalifikacji składowej: eksploatacja maszyn**

**i urządzeń elektrycznych**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Numer zadania zawodowego** | **Nazwa zadania zawodowego** | **\*** |
| Ele/3 – 1 | Wykonywanie przeglądów maszyn elektrycznych |  |
| Ele/3 – 2 | Naprawa i montaż maszyn elektrycznych |  |
| Ele/3 – 3 | Przezwajanie silników |  |
| Ele/3 – 4 | Wykonywanie prób napięciowych maszyn |  |

\* - kolumna przeznaczona do określenia indywidualnego programu nauczania

# Wykonywanie przeglądów maszyn elektrycznych

Każda użytkowana maszyna elektryczna powinna być poddawana okresowym przeglądom w celu stwierdzenia stanu maszyny. Rozróżnia się przeglądy małe i przeglądy główne. Przeglądy małe maszyn pracujących w czystych pomieszczeniach są przeprowadzane co 6 miesięcy, a maszyny pracujące w ciężkich i zmiennych warunkach otoczenia - np.  
w pomieszczeniach zapylonych, w pomieszczeniach o okresowo zmiennej temperaturze przegląda się co 3 miesiące a nawet częściej. Przeglądy główne przeprowadzane są zasadniczo raz w roku.

Zakres przeglądu małego obejmuje następujące czynności:

1. Oględziny zewnętrzne i oczyszczenie maszyn bez jej rozbiórki (chyba że zostanie stwierdzona konieczność przeprowadzenia rozbiórki). W szczególności sprawdzenia: zamocowania maszyn, stanu dokręcenia śrub mocujących tarcze do kadłuba i zacisku ochronnego.
2. Pomiar szczeliny powietrznej w maszynach w których taki pomiar jest możliwy (konieczny w maszynach z łożyskami ślizgowymi, zalecany w maszynach z łożyskami tocznymi).
3. Przemycie łożysk ślizgowych (jeżeli zostanie stwierdzona konieczność przemycia).
4. Oczyszczenie kanałów i filtrów powietrznych w obwodzie chłodzenia maszyny (jeżeli istnieją).
5. Zbadanie stanu pierścieni ślizgowych i szczotek, przyrządu zwierającego, komutatora  
   i całego aparatu szczotkowego (w maszynach wyposażonych w te urządzenia).
6. Pomiar oporności izolacji wszystkich uzwojeń maszyny.
7. Zbadanie aparatury - rozrusznika, opornika regulacyjnego, wyłączników, przełączników (zainstalowanych przy tym silniku).
8. Sprawdzenie stanu instalacji doprowadzającej napięcie do silnika (od wyłącznika lub

załącznika), a w szczególności: sprawdzenie dokręcenia śrub i nakrętek na wszystkich stykach maszyny i aparatury oraz sprawdzenia stanu izolacji przewodów.

1. Próbne uruchomienia maszyny.

Zakres przeglądu głównego polega na przeprowadzeniu następujących czynności:

1. Rozbiórka maszyny wraz z wyjęciem wirnika.
2. Sprawdzenie stanu izolacji uzwojeń.
3. Oględziny uzwojeń i oczyszczenie ze smarów, pyłów i brudu, przetaśmowanie obluzowanych części połączeń czołowych, uzupełnienie i polakierowanie uszkodzonych części izolacji, zamocowanie luźnych klinów i bandaży (na wirniku), sprawdzenie wszystkich wyprowadzeń elektrycznych.
4. Oględziny pakietów blach, poprawienie sprasowania i zagięcie rozstrzępionych końców blach na zębach.
5. Kontrola stanu kanałów wentylacyjnych w obwodzie chłodzenia maszyny, oczyszczenie  
   z brudu lub pyłu powierzchni chłodzonych maszyny, oczyszczenie filtrów powietrznych.
6. Kontrola i mycie łożysk oraz napełnienie łożysk nowym smarem (niezależnie od terminu kontroli łożysk).
7. Zbadanie stanu pierścieni ślizgowych, szczotek, przyrządu zwierającego, komutatora oraz oczyszczenie i przepolerowanie powierzchni pierścieni lub komutatora naoliwionym papierem ściernym o bardzo drobnym ziarnie.
8. Złożenie maszyny.
9. Zbadanie łączników i aparatury rozruchowo-regulacyjnej oraz sprawdzenie stanu oleju pod względem zanieczyszczenia i zawilgocenia przez pobranie próbki.
10. Sprawdzenie stanu instalacji doprowadzającej napięcie do silnika, a w szczególności: sprawdzenie dokręcenia śrub i nakrętek na wszystkich stykach maszyny i aparatury oraz sprawdzenia stanu izolacji przewodów.
11. Próbne uruchomienia maszyny.

Przed przystąpieniem do każdego przeglądu (małego lub głównego) należy odłączyć całe urządzenia od napięcia. Jeżeli w czasie małego lub głównego przeglądu zostanie stwierdzone uszkodzenie maszyny wymagające większego remontu, to maszynę należy przekazać do naprawy.

Maszynę będącą w ruchu trzeba systematycznie obserwować, ażeby móc stwierdzić czy pracuje ona należycie i zawczasu zapobiec ewentualnym uszkodzeniom. Obsługujący maszynę powinien przede wszystkim uważać na następujące rzeczy: wartość prądu w obwodzie głównym, napięcie oraz ewentualnie prąd wzbudzenia. Wszystkie maszyny, których zatrzymanie jest niepożądane lub szkodliwe oraz wszystkie większe maszyny (np. silniki o mocy większej niż 40 kW*)* powinny być wyposażone w mierniki: prądu w obwodzie głównym, napięcia i ewentualnie prądu wzbudzenia (w przypadku maszyn synchronicznych i maszyn prądu stałego). Pomiar tych wielkości w maszynach małej mocy nie jest konieczny. Osoba, której powierzony jest nadzór nad maszynami powinna kontrolować za pomocą amperomierzy wartości prądu w obwodzie głównym i ewentualnie w obwodzie wzbudzenia oraz za pomocą woltomierza - napięcie. Wartość prądu nie powinna być większa od wartości znamionowej (niewielkie i krótkotrwałe przeciążenie prądowe jest dopuszczalne ), natomiast napięcie powinno mieć wartość znamionową.Maszynę należy w pewnych odstępach czasu dotknąć ręką celem sprawdzenia, czy cała maszyna lub poszczególne jej części nie nagrzewają się nadmiernie. Szczególnie należy uważać na nagrzanie się maszyn nowych lub pracujących po raz pierwszy po remoncie. Największą uwagę należy zwracać na uzwojenia  
i łożyska, które mogą szybko się przegrzać. Charakterystyczną oznaką silnego przegrzania się maszyny jest pojawienie się zapachu spalenizny. Taki zapach wydzielany jest przez lakiery nasycające uzwojenia maszyn . Maszynę wydzielającą swąd należy niezwłocznie zatrzymać

i określić przyczynę przegrzania się. Każda maszyna wirująca wydaje pewien hałas. Są maszyny hałasujące mniej inne znów więcej. Najciszej pracują maszyny z łożyskami ślizgowymi. Do maszyn głośnych należą maszyny z komutatorem. Najwięcej hałasują jednak prądnice reluktacyjne średniej częstotliwości. Są to jednak wszystko hałasy pochodzenia magnetycznego, mechanicznego (tarcie w łożyskach, tarcie szczotek o komutator lub pierścienie) lub wentylacyjnego. Osoba obsługująca maszyny elektryczne łatwo odróżnia te hałasy od hałasów wykraczających po za normalne. W przypadku stwierdzenia nienormalnych szmerów, gwizdów, chrobotania lub innego rodzaju hałasów, osoba obsługująca maszynę powinna podjąć działania określające ich przyczynę. Przyczyną tą jest zazwyczaj jakaś nieregularność lub uszkodzenie maszyny.

Łożyska stanowią bardzo ważną część maszyny i należy im poświęcić dużo uwagi. Łożyska toczne (kulkowe, rolkowe ) należy sprawdzić czy nie nagrzewają się nadmiernie  
i czy nie hałasują. Łożyska ślizgowe trzeba kontrolować czy się nie przegrzewają, czy ilość smaru (poziom na olejowskazie) jest właściwa, czy smar jest czysty i czy dopływa do czopa wału w odpowiedniej ilości. Najczęściej stosuje się łożyska samosmarujące tzn. wyposażone w pierścienie samosmarujące. W celu sprawdzenia takiego łożyska należy unieść do góry pokrywkę łożyska i sprawdzić czy pierścień smarujący porusza się we właściwy sposób.Pierścienie ślizgowe silników asynchronicznych, pierścieniowych powinny mieć czystą i gładką powierzchnię. Szczotki w silniku pierścieniowym powinny być dobrze dotarte i dociśnięte do pierścieni oraz nie powodować iskrzenia. Obsady szczotkowe powinny być mocno osadzone i nie powinny ocierać się o pierścienie. Przyrząd do podnoszenia szczotek  
i zwierania uzwojeń wirnika w silnikach asynchronicznych, pierścieniowych z podnoszonymi szczotkami powinien dawać się łatwo przełączać z położenia spoczynkowego do położenia ruchowego i odwrotnie. W czasie przełączania przyrządu zwierającego w położenie ruchowe najpierw powinno być zwarte uzwojenie wirnika , a dopiero później podniesione szczotki. Gdy kolejność jest odwrotna, wówczas występują iskrzenia zwieracza pierścieni. W czasie ruchu maszyny po zwarciu uzwojeń wirnika nie powinno występować iskrzenie tulei zwieracza. Iskrzenie świadczy o obluzowaniu się styków. W takim przypadku silnik musi być oddany do naprawy.

Komutator wraz ze ślizgającymi się po nim szczotkami powinien pracować cicho  
i bez iskrzenia. Szczotki powinny być dobrze dotarte, co da się łatwo sprawdzić przez wyjęcie szczotki z obsady (gdy maszyna jest nieruchoma) i obejrzenie jej powierzchni. Szczotka powinna mieć gładką, wypolerowaną powierzchnię na całym przekroju, bez rys i zadraśnięć. Obsady szczotkowe powinny być mocno zamocowane, a szczotki powinny poruszać się  
w nich swobodnie, lecz niezbyt luźno. Nacisk szczotek na komutator lub pierścienie powinien być właściwy. Niektóre gatunki twardych szczotek elektrografitowych mają tę właściwość, że bez obciążeń silnie wibrują i hałasują oraz powodują szybkie nagrzewanie się i ciemnienie płytek komutatora.

Podczas obsługi maszyn elektrycznych należy uważać, aby w pomieszczeniu, w którym są ustawione maszyny nie zaszły zmiany pogarszające dotychczasowe warunki środowiskowe. Pomieszczenie dotychczas suche nie może stać się wilgotnym.

Diagnostyka maszyn polegająca na oględzinach maszyny pozwala zaobserwować początki awarii. Odpowiednie obserwowanie silnika pozwala na określenie jego stanu oraz na ewentualne wytypowanie uszkodzeń. Typowe uszkodzenia silników indukcyjnych zamieszczono poniżej wraz z ich objawami.

1. Po włączeniu silnik nie rusza:

* brak napięcia, np. przepalona wkładka bezpiecznikowa,
* brak styku na zaciskach,
* zbyt niskie napięcie, przerwa lub zwarcie w uzwojeniu stojana,
* wadliwe połączenie uzwojeń stojana,
* zbyt duże obciążenie,
* w silniku pierścieniowym: przerwa w rozruszniku, przerwa lub zwarcie w uzwojeniu wirnika, zły styk na przejściu szczotka – pierścienie ślizgowe,
* zapieczone łożyska.

2. Po załączeniu napięcia przepalają się bezpieczniki lub zadziała wyłącznik silnikowy:

* zwarcie w linii zasilającej lub na tabliczce zaciskowej,
* zwarcie w uzwojeniu stojana lub wirnika,
* zwarcie między uzwojeniem a kadłubem,
* błąd w połączeniu uzwojeń,
* źle dobrane zabezpieczenie.

3. Za niska prędkość obrotowa przy obciążeniu:

* przerwa w jednej fazie,
* za niskie napięcie zasilające,
* nieodpowiednia konfiguracja połączeń uzwojeń stojana (gwiazda zamiast trójkąta),
* zbyt duże obciążenie mechaniczne silnika,
* zbyt duża rezystancja uzwojenia wirnika – uszkodzona klatka w silniku klatkowym lub zły styk w pierścieniowym.

4. Nadmierny prąd przy rozruchu:

* źle dobrana rezystancja rozrusznika,
* napięcie znamionowe silnika nie dostosowane do napięcia sieci.

5. Nadmierne nagrzewanie silnika podczas pracy:

* przeciążenie silnika,
* za niskie napięcie zasilające lub przepalenie bezpiecznika w jednej fazie,
* pogorszenie warunków chłodzenia,
* zwarcie w uzwojeniu stojana lub zwarcie do obudowy,
* błędne połączenie grup zezwojów w jednej z faz.

6. Głośna praca silnika:

* przerwa w jednej fazie,
* zwarcie w jednej fazie,
* złe zamocowanie silnika do podłoża (poluzowane śruby mocujące),
* niewłaściwe sprzęgnięcie z maszyną roboczą,
* niewłaściwe wyważenie wirnika,
* szum w zużytych łożyskach,
* ocieranie się wirnika o stojan lub wentylatora o obudowę.

Spośród typowych rodzajów uszkodzeń podanych wcześniej najczęściej spotykane

w praktyce to: przerwy w uzwojeniu, zwarcia z korpusem i zwarcia zwojowe.

Przyczyną przerw w obwodzie prądowym w miejscach lutowania są:

* przeciążenia prądowe,
* nadmierne drgania lub wadliwe lutowania.

Typowe miejsce występowania przerw w obwodzie silnika:

* przy tabliczce zaciskowej,
* na połączeniach czołowych uzwojeń,
* na komutatorze – przyczyną przerwy jest wylutowanie się przewodów z chorągiewek komutatora,
* w uzwojeniu w skutek przepalenia się przewodu wewnątrz uzwojenia.

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

Najbardziej prawdopodobnymi miejscami przerw w uzwojeniu stojana są połączenia:

* między zwojowe,
* między grupowe,
* międzyfazowe lub między cewkowe 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. 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 będzie dwukrotnie większa niż między U–V oraz V–W.

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. Jak dzielimy przeglądy maszyn elektrycznych?

Odpowiedź:

Rozróżnia się przeglądy małe i przeglądy główne.

1. Jak często przeprowadza się przeglądy maszyn elektrycznych?

Odpowiedź:

Przeglądy małe maszyn pracujących w czystych pomieszczeniach są przeprowadzane co 6 miesięcy, a maszyny pracujące w ciężkich i zmiennych warunkach otoczenia - np. w pomieszczeniach zapylonych, w pomieszczeniach o okresowo zmiennej temperaturze przegląda się co 3 miesiące, a nawet częściej. Przeglądy główne przeprowadzane są zasadniczo raz w roku.

1. Na jakie parametry zwracać powinien szczególną uwagę obsługujący maszynę elektryczną?

Odpowiedź:

Obsługujący maszynę powinien przede wszystkim uważać na następujące rzeczy: wartość prądu w obwodzie głównym, napięcie oraz ewentualnie prąd wzbudzenia.

1. Co jest charakterystyczną oznaką przegrzania się maszyny elektrycznej?

Odpowiedź:

Charakterystyczną oznaką silnego przegrzania się maszyny jest pojawienie się zapachu spalenizny.

1. Jakie przyczyny mogą spowodować, że silnik po włączeniu nie zaczyna się obracać?

Odpowiedź:

Mogą to spowodować:

* brak napięcia, np. przepalona wkładka bezpiecznikowa,
* brak styku na zaciskach,
* zbyt niskie napięcie, przerwa lub zwarcie w uzwojeniu stojana,
* wadliwe połączenie uzwojeń stojana,
* zbyt duże obciążenie,
* w silniku pierścieniowym: przerwa w rozruszniku, przerwa lub zwarcie

w uzwojeniu wirnika, zły styk na przejściu szczotka – pierścienie ślizgowe,

* zapieczone łożyska.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie:

Przeprowadź prace mające na celu określenie uszkodzenia silnika indukcyjnego objawiającego się jego zbyt głośną pracą.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Silnik Indukcyjny trójfazowy klatkowy napędzający przekładnie zębatą.
* Miernik uniwersalny.
* Komplet narzędzi elektromonterskich.
* Suwmiarka.

Sposób wykonania:

1. Za pomocą miernika uniwersalnego sprawdź czy silnik jest zasilany wszystkimi fazami. Sprawdź wartość napięć fazowych.
2. Jeżeli wartości napięć są poprawne sprawdź za pomocą omomierza ciągłość uzwojeń silnika.
3. Jeżeli wartości rezystancji są poprawne sprawdź jakość zamocowania silnika do konstrukcji wsporczej.
4. Jeżeli silnik zamocowany jest poprawnie sprawdź jakość połączenia wału napędowego silnika z przekładnią.
5. Jeżeli połączenie mechaniczne jest poprawne sprawdź bicie wału silnika za pomocą suwmiarki.
6. Jeżeli wartości odchylenia osi wału mieszczą się w danych z dokumentacji technicznej silnika sprawdź jakość pracy zamontowanych łożysk. Jeżeli słychać nasilone szumy z tarcz łożyskowych należy łożyska wymienić.
7. Po zidentyfikowaniu uszkodzenia lub kilku uszkodzeń należy przystąpić do ich usunięcia. Po usunięciu uszkodzeń należy sprawdzić poprawność montażu i dokonać próbnego rozruchy silnika, określając czy objawy uszkodzenia ustąpiły.

# Naprawa i montaż maszyn elektrycznych

Naprawa przyrządów szczotkowych. 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 tablicach. Wewnętrzne powierzchnie ścianek obsady powinny być płaskie, równe i gładkie. Pomiary wykonuje się suwmiarką oraz szczelinomierzem wkładanym między szczotkę  
a oprawę. Zużyte szczotki należy wymienić na nowe tego samego gatunku i wymiarach.  
W przypadku braku szczotek o wymaganych wymiarach szczotki większe można dopiłować 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. 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.

Naprawa powierzchni komutatora jest typową naprawą w silnikach komutatorowych. Wskutek tarcia szczotek o komutator powierzchnia jego wyciera się. Powstają na niej wgłębienia, rysy i zatarcia. W związku z nierównomiernym ścieraniem się miedzi i izolacji dochodzi do tego, że 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 dokładnie, aby otrzymać gładką  
i czystą powierzchnię bez bruzd i zadziorów. Szlifowanie powierzchni po toczeniu wykonuje się za pomocą tarcz szlifierskich lub za pomocą drewnianego uchwytu obłożonego drobnoziarnistym papierem ściernym.

Remont wałów przeprowadza się w maszynach dużych mocy gdzie ma to odpowiednie podłoże ekonomiczne. 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 spiłowuje się drobnym pilnikiem, a następnie poleruje papierem ściernym, nasmarowanym olejem.

Wymiana łożysk tocznych jest typowym zadaniem przy remontach silników elektrycznych. Łożyska ze względu na swoją budowę są elementami podatnymi na zużywanie się. Niedopuszczalne jest zdejmowanie łożyska z wału bez przyrządu ściągającego, ponieważ grozi to uszkodzeniem łożyska oraz powierzchni osadzenia na wale. Ramiona ściągacza powinny być oparte o wewnętrzny pierścień łożyska. Jeżeli łożysko jest ciasno osadzone na wale, to można je podgrzać przez polewanie gorącym olejem. Przed przystąpieniem do zakładania nowego łożyska należy:

* stępić ostre krawędzie na wale,
* usunąć ewentualne drobne uszkodzenia powierzchni osadczej,
* 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 lub za pomocą prasy. Osadzenie łożysk o średnicy otworu większej niż 60 mm wykonuje się po uprzednim ogrzaniu ich w oleju do temperatury 80÷90°C. Otwór w tarczy łożyskowej pasuje się do zewnętrznego pierścienia łożyska suwliwie lub przylgowo. Podczas nakładania tarczy pobija się ją lekko młotkiem przez rurę, podkładkę mosiężną lub podkładkę drewnianą. Łożysko zastępcze, to łożysko którego rodzaj i dopuszczalne obciążenie odpowiadają danym właściwego łożyska, a różni się ono jedynie wymiarami, umożliwiającymi dopasowanie łożyska do parametrów czopa. W celu dopasowania średnic pierścieni do średnic wału i otworu w tarczy stosuje się tulejki pośredniczące, wciskane na wał lub w tarczę. Szerokość tulejek powinna być równa szerokości pierścieni. 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.

Montaż końcowy silników elektrycznych po remontach przeprowadza się  
w następującej kolejności:

1. Montaż silnika.

Prace przygotowawcze polegają na przygotowaniu stanowiska montażu, należy tam skompletować wszystkie podzespoły i elementy silnika wraz z łożyskami, części wymagające gruntowania należy pomalować.

2. Montaż skrzynki zaciskowej.

Należy 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.

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 trzeba nasmarować smarem zalecanym przez producenta, (specjalnym stosowanym przy wyższych obrotach lub temperaturze) albo smarem ŁT, dobija się łożyska tuleją do oporu, w silnikach do 160 cm wzniosu wału, nakłada się tarczę strony przeciwnapędowej (tylnej), a następnie węzeł łożyskowy zakrywa tylną zakrywką i przykręca.

4. 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, potem wykonuję się analogiczną czynność z przednią tarczą łożyskową, następnie należy sprawdzić czy wirnik obraca się bez oporów mechanicznych i zakrywkę łożyskową smaruje się smarem i przykręca.

5. Prace końcowe.

Należy teraz zawiesić zakrywkę skrzynki tabliczki zaciskowej, zamontować hamulec, i silnik współpracujący (jeśli występuje), następnie należy zamontować wentylator i osłonę wentylatora. W silnikach na 3000 obr/min wentylator i osłonę montuje się po próbach wstępnych, na końcu montuje się sprzęgło (jeżeli występuje). Zmontowany silnik należy poddać badaniom po naprawie.

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. W jaki sposób obsadza się szczotki w obsadzie?

Odpowiedź:

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

1. W jaki sposób dociera się nowe szczotki?

Odpowiedź:

W tym celu komutator owija się papierem ściernym i ustawia się we właściwych położeniach obsady szczotkowe, po czym przeprowadza się docieranie ręcznie. Ostateczne dotarcie szczotek przeprowadza się na silniku wirującym bez obciążenia.

1. W jaki sposób mierzy się bicie komutatora i jaka powinna być jego maksymalna wartość?

Odpowiedź:

Bicie komutatora mierzy się czujnikiem na obwodzie wzdłuż komutatora. Nie powinno być większe niż 0,02 mm.

1. W jakich silnikach przeprowadza się remonty wałów?

Odpowiedź:

Remont wałów przeprowadza się w maszynach dużych mocy gdzie ma to odpowiednie podłoże ekonomiczne.

1. Jakie uszkodzenia wału usuwa się przez lokalne szlifowanie?

Odpowiedź:

Drobne zatarcia na powierzchni wału w postaci rys, zadziorów i wgnieceń, których ogólna powierzchnia jest mniejsza niż 5 % powierzchni czopa.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie:

Wymień łożyska wirnika w silniku indukcyjnym klatkowym.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Silnik indukcyjny małej mocy.
* Łożyska do wymiany.
* Ściągacz do łożysk.
* Narzędzia elektromonterskie.
* Tuleję do nabijania łożysk.
* Młotek drewniany.
* Zestaw kluczy płaskich.

Sposób wykonania:

1. Odłącz silnik od zasilania.
2. Rozkręć skrzynkę zaciskową i odłącz przewód zasilający.
3. Zdemontuj osłonę przewietrznika.
4. Zdejmij za pomocą ściągacza przewietrznik.
5. Zdemontuj tarcze łożyskową od strony napędowej.
6. Zdemontuj tarcze łożyskową strony przeciw napędowej wraz z wirnikiem.
7. za pomocą ściągacza zdejmij tarcze łożyskową z wirnika.
8. Za pomocą ściągacza zdejmij z wirnika łożyska.
9. Za pomocą tulei nabij łożyska na oś wirnika.
10. Zamontuj wirnik i tarcze łożyskowe, pamiętając aby podczas skręcania symetryczność przerwy powietrznej między wirnikiem i stojanem.
11. Sprawdź czy wirnik porusza się bez oporów.
12. Podłącz silnik i przeprowadź próbny rozruch.

# Przezwajanie silników

Wszystkie silniki elektryczne wyposażone są w uzwojenia. Ich wykonanie różni się  
w zależności od rodzaju silnika natomiast procedura pracy przy przewijaniu jest bardzo podobna. W praktyce warsztatowej najczęściej spotykamy się z przypadkami remontu uzwojeń stojanów trójfazowych silników asynchronicznych. Proces usuwania uzwojenia polega na kolejnym wykonaniu następujących czynności: zdjęcie danych nawojowych, usunięcie zużytego uzwojenia ze żłobków, oczyszczenie i sprawdzenie stanu rdzenia, pomiaru rdzenia i szczeliny powietrznej. Zdjęcie danych nawojowych jest czynnością bardzo odpowiedzialną i wymaga dobrej znajomości typów uzwojeń a szczególnie zasad budowy i schematów. Dane te potrzebne są do zaprojektowania nowego uzwojenia. Dane uzwojenia zapisuje się w protokole wyzwajania, który powinien zawierać następujące rubryki:

* treść tabliczki znamionowej,
* rodzaj uzwojenia,
* liczba żłobków,
* liczba drutów w żłobku,
* wymiary drutu gołego i izolowanego,
* rodzaj przewodnika i izolacji,
* liczba drutów równoległych,
* liczba gałęzi równoległych,
* liczba ze zwojów w grupie,
* połączenie faz,
* poskok uzwojenia,
* wysięg połączeń czołowych,
* rodzaj izolacji połączeń czołowych zezwojów,
* rodzaj izolacji międzyfazowej,
* mocowanie połączeń czołowych,
* ciężar uzwojenia wraz z izolacją,
* schemat uzwojenia.

Schemat uzwojenia rysuje się tylko w przypadku, gdy w uzwojeniu zastosowano nietypowy schemat. Na ogół wystarczy podać numer schematu wg atlasu typowych schematów uzwojeń lub posiadanych własnych rysunków. Gdy twardość lakieru pokrywającego uzwojenie uniemożliwia wyznaczenie danych nawojowych, wówczas należy uzwojenie uprzednio podgrzać przepuszczając przez nie prąd o odpowiednim natężeniu lub umieszczając silnik na pewien okres w piecu o temperaturze 100 do 150°C. Usuwanie uzwojenia zużytego należy rozpocząć od wybicia klinów żłobkowych. Następnie wycina się połączenie czołowe po jednej stronie rdzenia i wyciąga się ze żłobków pozostałe części ze zwojów albo (w większych silnikach) wyjmuje się po jednym drucie przez otwór żłobka. Ważną rzeczą jest przy tym zachowanie jednego ze zwoju lub grupy ze zwojów w stanie możliwie nie zniekształconym jako wzór służący do wyboru wzornika lub nastawienia wzornika uniwersalnego w celu nawinięcia nowych zezwojów o odpowiednim kształcie i wymiarach. Przy usuwaniu izolacji żłobkowej oraz izolacji pierścieni dociskowych na zewnątrz żłobków należy zachować przy tym jej odpowiednie fragmenty jako wzorce do pomiarów i opisu rodzaju izolacji. Usunięte druty nawojowe należy zważyć. Czyszczenie rdzenia polega przede wszystkim na starannym usunięciu ze żłobków resztek izolacji oraz ewentualnych nacieków lakieru, oczyszczenie wewnętrznej powierzchni rdzenia oraz krawędzi bocznych. Następnie należy wyprostować żłobki w przypadku, gdy się one odkształciły wskutek nie dość ostrożnego wyciągania zużytego uzwojenia. Rdzeń poddaje się oględzinom celem stwierdzenia czy nie ma nim uszkodzeń. Po oczyszczeniu i sprawdzeniu rdzenia należy uzupełnić protokół wyzwajania z następującymi danymi :

* średnica wewnętrzna rdzenia stojana oraz średnica zewnętrzna wirnika,
* szczelina powietrzna,
* długość rdzenia stojana,
* liczba i długość kanałów wentylacyjnych,
* wysokość jarzma,
* szkic i wymiary żłobka,
* rodzaj i wymiary izolacji żłobkowej,
* rodzaj i wymiary izolacji pierścieni dociskowych,
* materiał i rodzaje klinów.

Protokół powinien zawierać rubrykę na dodatkowe uwagi, jak np. wyjątkowo duży współczynnik zapełnienia żłobków itp. Wyznaczone na podstawie zużytego uzwojenia dane nawojowe powinny być sprawdzone obliczeniowo. Przeliczenie kontrolne uzwojenia ma na celu sprawdzenie danych starego uzwojenia celem wykrycia ewentualnych błędów, które mogły stanowić przyczynę jego uszkodzenia.

Można teraz przystąpić do wykonania nowego uzwojenia. Mając dane uzwojenia, zdjęte podczas wyzwajania silnika i sprawdzone obliczeniem kontrolnym można przystąpić do wykonania nowego uzwojenia. Proces zwojenia składa się z szeregu następujących czynności:

* przygotowanie izolacji,
* nawinięcie zezwoju,
* izolowanie rdzenia,
* zwojenie,
* wykonanie połączeń uzwojenia,
* kontrola uzwojenia,
* bandażowanie,
* impregnowanie izolacji.

Procesy technologiczne przy przezwajaniu nie powinny się różnić w sposób zasadniczy od procesów stosowanych przy produkcji nowych silników, bowiem trwałość uzwojenia zależy przede wszystkim od poprawności procesu wykonania. Przy opracowaniu nowego uzwojenia można rozróżnić następujące przypadki:

* przezwajanie ściśle według danych zużytego uzwojenia,
* zmiana materiałów np. zastosowanie innego drutu nawojowego lub izolacji innego rodzaju,
* zmiana rodzaju uzwojenia.

Przezwajanie ściśle według danych zużytego uzwojenia stosuje się najczęściej w stosunkowo nowych silnikach, w których zarówno materiały jak i rodzaj uzwojenia nie różnią się od obecnie stosowanych. Dane konstrukcyjne nowego uzwojenia powinny być takie same jak zużytego, technologia zaś powinna odpowiadać procesom stosowanym w danym warsztacie. Konieczność zmiany materiału przy przezwajaniu może wystąpić wskutek znacznej różnorodności materiałów stosowanych w uzwojeniach silników prądu zmiennego. Ze względu na to nie zawsze można dobrać przy przezwajaniu silnika materiały oryginalnie stosowane. Najczęściej nie można dobrać odpowiednich drutów nawojowych do silników mających kilkadziesiąt lat. Różnić się może zarówno średnica jak i rodzaj izolacji.  
W przypadku drutu obowiązuje zasada zachowania niezmiennego przekroju przy zastosowaniu np. zamiast drutu pojedynczego dwóch drutów równoległych. Natomiast w przypadku izolacji przewodu, jak również izolacji żłobkowej, nie może być ona zmieniona na izolację gorszą pod względem odporności na temperaturę lub wytrzymałość elektryczną oraz na izolację grubszą gdyż w żłobku nie zmieści się potrzebna ilość zwojów. Zmiany rodzaju uzwojenia wynikają wskutek dążenia do uproszczenia używanych przyrządów oraz jego wykonania. Przykładem takiej zmiany może być zastąpienie uzwojenia wzornikowego grupowego uzwojeniem wzornikowym o jednakowych zezwojach, które umożliwia przygotowanie wszystkich grup ze zwojów na jednym wzorniku. Należy przy tym pamiętać, że uzwojenie o jednakowych zezwojach może być stosowane tylko przy odpowiednio giętkich zezwojach wykonanych z cienkiego drutu nawojowego. Na ogół tego rodzaju zmiany są dopuszczalne, gdy powodują uproszczenie technologii umożliwiającej przezwojenie silnika. Obowiązuje przy tym zasada zachowania niezmiennej średnicy długości zezwoju. Do bardziej istotnych zmian należą: zastąpienie uzwojenia szytego uzwojeniem wsypywanym lub uzwojenia jednowarstwowego uzwojeniem dwuwarstwowym. Pierwszy przypadek zwykle pociąga za sobą konieczność rozpiłowania szczerbinek w żłobkach, drugi zaś - zmianę poskoku uzwojenia. Zmiany tego rodzaju należy stosować ostrożnie ze względu na możliwość ich wpływu na własności użytkowe przezwajanego silnika. Przy wprowadzeniu dużych zmian konieczne jest przeprowadzenie obliczeń dotyczących zasad konstrukcji danego silnika.

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. Jakie są etapy procesu wyzwajania silnika?

Odpowiedź: Proces wyzwajania polega na kolejnym wykonaniu następujących czynności: zdjęcie danych nawojowych, usunięcie zużytego uzwojenia ze żłobków, oczyszczenie

i sprawdzenie stanu rdzenia, pomiaru rdzenia i szczeliny powietrznej.

1. Co należy zrobić gdy twardość lakieru pokrywającego uzwojenie uniemożliwia wyznaczenie danych nawojowych?

Odpowiedź:

Należy uzwojenie uprzednio podgrzać przepuszczając przez nie prąd o odpowiednim natężeniu lub umieszczając silnik na pewien okres w piecu o temperaturze 100 do 150°C.

1. Jakie prace wykonuje się przy czyszczeniu rdzenia silnika?

Odpowiedź:

Czyszczenie rdzenia polega przede wszystkim na starannym usunięciu ze żłobków resztek izolacji oraz ewentualnych nacieków lakieru, oczyszczenie wewnętrznej powierzchni rdzenia oraz krawędzi bocznych. Następnie należy wyprostować żłobki w przypadku, gdy się one odkształciły.

1. Jaka zasada obowiązuje jeżeli podczas przezwajania nie można dobrać odpowiednich drutów nawojowych do silników?

Odpowiedź:

W przypadku drutu obowiązuje zasada zachowania niezmiennego przekroju przy zastosowaniu np. zamiast drutu pojedynczego dwóch drutów równoległych.

1. O czym należy pamiętać jeśli przy przezwajaniu chcemy zastąpić uzwojenie wzornikowe grupowe uzwojeniem wzornikowym o jednakowych zezwojach, które umożliwia przygotowanie wszystkich grup ze zwojów na jednym wzorniku?

Odpowiedź:

Należy pamiętać, że uzwojenie o jednakowych zezwojach może być stosowane tylko przy odpowiednio giętkich zezwojach wykonanych z cienkiego drutu nawojowego. Obowiązuje przy tym zasada zachowania niezmiennej średnicy długości zezwoju.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie: Dokonaj wyzwojenia silnika elektrycznego. Podczas wyzwajania uzupełnij dane w protokole wyzwalania.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Silnik elektryczny.
* Narzędzia elektromonterskie.
* Młotek, przecinali, wybijaki do uzwojeń.
* Szczotka druciana, papier ścierny, skrobaki.
* Ściereczka papierowa.
* Szlifierka kontowa.
* Okulary ochronne.
* Suwmiarka, mikrometr.

Sposób wykonania:

1. Spisz treść tabliczki znamionowej.
2. Zdemontuj tarcze łożyskowe i wyciągnij wirnik ze stojana.
3. Zanotuj rodzaj uzwojenia w stojanie.
4. Zanotuj liczbę żłobków w stojanie.
5. Usuwając zużyte uzwojenie ze żłobków notuj kolejne parametry uzwojenia.
6. Zanotuj liczbę drutów w żłobku.
7. Zmierz i zanotuj wymiary drutu gołego i izolowanego, rodzaj przewodnika i izolacji.
8. Policz i zanotuj liczbę drutów równoległych, liczbę gałęzi równoległych i zezwojów

w grupie, połączenie faz, poskok uzwojenia, wysięg połączeń czołowych.

1. Zanotuj rodzaj izolacji połączeń czołowych zezwojów, rodzaj izolacji międzyfazowej

i sposób mocowania połączeń czołowych.

1. Zważ całe usunięte uzwojenie wynik wpisz w protokół wyzwalania.
2. Wyczyść stojan z resztek izolacji.
3. Sprawdź stan rdzenia, wyprostuj ewentualne odkształcenia żłobków powstałe przy wycinaniu uzwojenia.

# Wykonywanie prób napięciowych maszyn

Pod pojęciem eksploatacji układu napędowego z maszynami należy rozumieć działania odnoszące się do wszystkich elementów składowych układu od momentu jego wyprodukowania do czasu likwidacji. Należy zatem przestrzegać wielu zaleceń dotyczących transportu, składowania, montażu i uruchomienia układu. Przed uruchomieniem układu napędowego z maszynami elektrycznymi należy:

* dokonać dokładnych oględzin podzespołów układu i urządzeń pomocniczych ze szczególnym zwróceniem uwagi na maszynę elektryczną,
* dokonać dokładnych oględzin maszyny i urządzeń pomocniczych,
* sprawdzić stan izolacji uzwojeń i elementów sieci zasilającej,
* przygotować urządzenia i obwody pomocnicze do uruchomienia,
* sprawdzić smarowanie i stan łożysk,
* załączyć odłączniki lub włożyć bezpieczniki,
* ustawić rozruszniki i wszystkie elementy regulacji we właściwych położeniach.

Po wykonaniu wymienionych czynności można układ napędowy z maszyną elektryczną włączyć do sieci i doprowadzić do stanu normalnej pracy. W eksploatacji układów napędowych z maszynami elektrycznymi rozróżnia się następujące badania: odbiorcze, profilaktyczne i specjalne (wykonywane np. po naprawie, przy zmienionych warunkach użytkowania, w celu ustalenia przyczyn złej pracy maszyny).

Zakres badań obejmuje:

* oględziny,
* pomiar rezystancji izolacji wszystkich podzespołów wchodzących w skład układu napędowego,
* pomiar rezystancji uzwojeń silników oraz współpracujących z nimi maszyn elektrycznych,
* próbę wytrzymałości elektrycznej izolacji uzwojeń,
* pomiar drgań,
* sprawdzenie komutacji,
* sprawdzenie charakterystyki biegu jałowego silnika napędowego,
* sprawdzenie pracy.

Wymienione rodzaje badań wchodzą w zakres badań odbiorczych maszyny. W badaniach profilaktycznych przeprowadzana jest próba badania stanu izolacji wszystkich podzespołów wchodzących w skład układu napędowego w tym uzwojeń maszyny oraz sprawdzenie jakości komutacji. Podczas oględzin maszyny ocenia się jej stan bez demontażu. Szczególną uwagę należy zwrócić na:

* swobodne obracanie się wirnika,
* wielkość szczeliny powietrznej,
* stan szczotek i komutatora,
* stan łożysk,
* stan zacisków w skrzynce zaciskowej,
* stan układu chłodzenia,
* dokręcenie i zabezpieczenie śrub.

Pomiarów rezystancji izolacji uzwojeń dokonuje się megaomomierzami o napięciu zależnym od napięcia znamionowego maszyny. Przy badaniach odbiorczych określa się napięcie miernika:

* dla uzwojeń o napięciu znamionowym do 1 kV– napięcie miernika 1 kV,
* dla uzwojeń o napięciu znamionowym powyżej 1 kV – napięcie miernika 2,5 kV.

Przy badaniach okresowych określa się napięcie miernika:

* dla uzwojeń o napięciu znamionowym poniżej 500V – napięcie miernika 500 V,
* dla uzwojeń o napięciu znamionowym od 0,5 kV do 1 kV– napięcie miernika 1 kV,
* dla uzwojeń o napięciu znamionowym powyżej 1kV – napięcie miernika 2,5 kV.

Wynikiem pomiaru jest rezystancja odczytana po 60 sekundach od chwili przyłożenia napięcia. Dla maszyn prądu stałego rezystancja izolacji powinna wynosić: R60>1 MΩ/kV przy temperaturze uzwojeń 75oC w trakcie badań odbiorczych oraz R60>1 MΩ/kV przy temperaturze uzwojeń 20oC w trakcie badań profilaktycznych. Rezystancja izolacji uzwojeń rozrusznika powinna wynosić R60>1 MΩ przy 20oC. Jeżeli w trakcie pomiarów temperatura uzwojeń jest inna należy przeliczyć rezystancję izolacji, przyjmując, że wzrost temperatury uzwojeń o 10oC powoduje 1,5 krotne zmniejszenie rezystancji izolacji uzwojenia. Pomiary rezystancji uzwojeń dla maszyn elektrycznych przeprowadza się okresowo, przy badaniach odbiorczych lub po naprawie. Należy je wykonywać podczas postoju maszyny, po ostygnięciu uzwojeń. Pomiar rezystancji należy wykonać miernikiem klasy 0,2 lub metodą techniczną przyrządami klasy 0,5. W czasie pomiarów należy zanotować temperaturę uzwojeń i otrzymany wynik przeliczyć na temperaturę 20oC. Wyniki pomiarów powinny być zgodne z podanymi przez producenta i z przepisami o ochronie przeciwporażeniowej.

Silniki elektryczne na stałe przyłączone do sieci są częścią instalacji i jak instalacja podlegają okresowym badaniom z zakresu bezpieczeństwa użytkowania i ochrony przeciwporażeniowej. Przeprowadzane badania i oględziny maja na celu określisz czy silnik wraz z instalacją zasilającą jest bezpieczny w użytkowaniu. Zakres badań obejmuje pomiar rezystancji izolacji, impedancji pętli zwarcia, ciągłości przewodów, rezystancji uziemienia, zadziałania wyłączników różnicowoprądowych. Wyniki badań wraz z wynikami oględzin powinny się znaleźć w protokole, w którym osoba przeprowadzająca badania określa czy maszyna i instalacja jest sprawna, oraz określa datę kolejnego badania.

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. Co rozumiemy pod pojęciem eksploatacji maszyn elektrycznych?

Odpowiedź:

Pod pojęciem eksploatacji należy rozumieć działania odnoszące się do wszystkich elementów składowych układu od momentu jego wyprodukowania do czasu likwidacji.

1. Jakie czynności należy wykonać przed uruchomieniem układu napędowego?

Odpowiedź:

Przed uruchomieniem układu napędowego z maszynami elektrycznymi należy:

* dokonać dokładnych oględzin podzespołów układu i urządzeń pomocniczych ze szczególnym zwróceniem uwagi na maszynę elektryczną,
* dokonać dokładnych oględzin maszyny i urządzeń pomocniczych,
* sprawdzić stan izolacji uzwojeń i elementów sieci zasilającej,
* przygotować urządzenia i obwody pomocnicze do uruchomienia,
* sprawdzić smarowanie i stan łożysk,
* załączyć odłączniki lub włożyć bezpieczniki,
* ustawić rozruszniki i wszystkie elementy regulacji we właściwych położeniach.

1. Jakie czynności wchodzą w zakres badań odbiorczych maszyn elektrycznych?

Odpowiedź:

Zakres badań odbiorczych obejmuje:

* oględziny maszyny elektrycznej,
* pomiar rezystancji izolacji wszystkich podzespołów wchodzących w skład układu napędowego,
* pomiar rezystancji uzwojeń silników oraz współpracujących z nimi maszyn elektrycznych,
* próbę wytrzymałości elektrycznej izolacji uzwojeń,
* pomiar drgań,
* sprawdzenie komutacji,
* sprawdzenie charakterystyki biegu jałowego silnika napędowego,
* sprawdzenie pracy.

1. Na co zwraca się uwagę podczas oględzin silnika elektrycznego?

Odpowiedź:

Szczególną uwagę należy zwrócić na:

* swobodne obracanie się wirnika,
* wielkość szczeliny powietrznej,
* stan szczotek i komutatora,
* stan łożysk,
* stan zacisków w skrzynce zaciskowej,
* stan układu chłodzenia,
* dokręcenie i zabezpieczenie śrub.

1. Przy jakich wartościach napięć dokonuje się pomiaru rezystancji izolacji w silnikach elektrycznych?

Odpowiedź:

W zależności od napięć zasilających silnik:

* dla uzwojeń o napięciu znamionowym poniżej 500V – napięcie miernika 500 V,
* dla uzwojeń o napięciu znamionowym od 0,5 kV do 1 kV– napięcie miernika 1 kV,
* dla uzwojeń o napięciu znamionowym powyżej 1kV – napięcie miernika 2,5 kV.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie:

Zbadaj rezystancje izolacji silnika indukcyjnego klatkowego.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Silnik indukcyjny.
* Megaomomierz indukcyjny lub miernik rezystancji izolacji.
* Sądy do pomiarowe do miernika.
* Zestaw narzędzi elektromonterskich.

Sposób wykonania:

1. Odłącz silnik od zasilania.
2. Rozłącz przewód zasilający w skrzynce zaciskowej.
3. Ustaw napięcie na mierniku przy którym będzie badana rezystancja izolacji w zależności od napięcia zasilania silnika.
4. Przeprowadź pomiar rezystancji izolacji między uzwojeniami a korpusem silnika, następnie między poszczególnymi uzwojeniami silnika.
5. Zapisz wyniki w protokole pomiarów i zinterpretuj je wydając opinie o dopuszczeniu silnika do dalszej eksploatacji.

# Przykład zadania praktycznego

Polecenie:

Wykonaj montaż końcowy silnika elektrycznego po remoncie generalnym.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Kompletne podzespoły silnika elektrycznego.
* Komplet narzędzi elektromonterskich.
* Tuleje do nabijani łożysk.
* Młotek drewniany.
* Stanowisko montażowe.
* Suwmiarka, mikrometr.
* Zaciskarka do końcówek oczkowych.
* Końcówki oczkowe.
* Koszulki termokurczliwe.
* Lutownica, cyna, topnik.
* Farba ochronna, pędzel, rozpuszczalnik.

Sposób wykonania:

1. Montaż silnika.

Prace przygotowawcze:

Przygotuj stanowisko montażu, należy tam skompletować wszystkie podzespoły i elementy silnika wraz z łożyskami, części wymagające gruntowania należy pomalować.

2. Montaż skrzynki zaciskowej:

Przykręć podstawę i tabliczkę zaciskową, końce przewodów po uprzednim obcięciu i odizolowaniu uzbrój w końcówki kompatybilne z zaciskami śrubowymi tabliczki zaciskowej. W wypadku konieczności naciągnij koszulki termokurczliwe. Początki i końce faz uzwojeń podłącz do tabliczki zaciskowej kojarząc w gwiazdę lub trójkąt.

3. Uzbrojenie wirnika w zakrywki i łożyska:

Zakrywki wewnętrzne uzupełnij smarem zalecanym przez producenta lub ŁT (w wypadku łożysk otwartych) i nałóż z obu stron wału, łożyska podgrzej do temperatury 100°C i osadź na czopach wału, łożyska odkryte trzeba nasmarować smarem zalecanym przez producenta, (specjalnym stosowanym przy wyższych obrotach lub temperaturze) albo smarem ŁT, dobij łożyska tuleją do oporu, w silnikach do 160 cm wzniosu wału, nałóż tarczę strony przeciw napędowej (tylnej), a następnie węzeł łożyskowy zakryj tylną zakrywką i przykręć.

4. Włożenie wirnika w żelazo stojana:

Ostrożnie włóż wirnik do stojana w taki sposób aby nie miał kontaktu z uzwojeniami, w przypadku małych silników można tą operacje wykonać w położeniu pionowym.

5. Nałożenie tarcz łożyskowych:

Nałóż tylną tarczę a następnie nabij ją na zamek i przykręcić śrubami, na łożysko należy nałożyć sprężynę falistą a następnie przykręcić zakrywkę łożyskową, potem wykonaj analogiczną czynność z przednią tarczą łożyskową, następnie sprawdź czy wirnik obraca się bez oporów mechanicznych, i nasmaruj zakrywkę łożyskową smarem po czym przytkać ją do tarczy łożyskowej.

6. Prace końcowe:

Zamontuj zakrywkę skrzynki tabliczki zaciskowej, zamontuj hamulec, i silnik współpracujący (jeśli występuje), następnie zamontuj wentylator i osłonę wentylatora. W silnikach na 3000 obr/min wentylator i osłonę zamontuj po próbach wstępnych, na końcu zamontuj sprzęgło (jeżeli występuje). Zmontowany silnik poddaj badaniom po naprawie. Jeśli badania przejdą pomyślnie silnik oddaj do eksploatacji.

Zadanie wykonywane jest zgodnie z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej, a także zasadami ochrony środowiska.

# Literatura

* + - 1. Praca zbiorowa: Praktyczna elektrotechnika ogólna. REA, Warszawa 2003
      2. Praca zbiorowa: Poradnik montera elektryka. WNT, Warszawa 1997
      3. Januszewski S., Pytlak A., Rosnowska-Nowaczyk M., Świątek H.: Energoelektronika. WSiP, Warszawa 2004

4. Niestępski S., Patrol M., Pasternakiewicz J., Wiśniewski T.: Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2001.

[www.zrp.pl](http://www.zrp.pl)

[www.program.platforma-flexicurity.pl](http://www.program.platforma-flexicurity.pl)

[www.irszczecin.pl](http://www.irszczecin.pl)

1. „Kompetencje pracowników a współczesne potrzeby rynku pracy”, Marta Znajmiecka-Sikora, Bogna Kędzierska, Elżbieta Roszko, Łódź 2011. [↑](#footnote-ref-1)
2. Instytut Badań Edukacyjnych, 2011 [↑](#footnote-ref-2)
3. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-3)
4. [www.ibe.edu.pl](http://www.ibe.edu.pl) [↑](#footnote-ref-4)
5. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-5)
6. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-6)
7. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-7)
8. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-8)
9. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-9)
10. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-10)
11. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-11)
12. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-12)
13. [www.isap.sejm.gov.pl](http://www.isap.sejm.gov.pl) [↑](#footnote-ref-13)
14. [www.isap.sejm.gov.pl](http://www.isap.sejm.gov.pl) [↑](#footnote-ref-14)