



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Elżbieta Murlikiewicz

Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego 311[08].Z2.03

Poradnik dla nauczyciela

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

dr inż. Zdzisław Kobierski

mgr Krystyna Guja

Konsultacja:

dr Bożena Zając

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Korekta:

mgr inż. Jarosław Sitek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[08].Z2.03 „Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Scenariusze zajęć	6
Załączniki – Teksty przewodnie do ćwiczeń	9
5. Ćwiczenia	13
5.1. Maszyny indukcyjne	13
5.1.1. Ćwiczenia	13
5.2. Maszyny synchroniczne	22
5.2.1. Ćwiczenia	22
5.3. Maszyny komutatorowe prądu przemiennego	25
5.3.1. Ćwiczenia	25
6. Ewaluacja osiągnięć ucznia	28
7. Literatura	38

1. WPROWADZENIE

Przekazujemy Państwu Poradnik dla nauczyciela, który będzie pomocny w prowadzeniu zajęć dydaktycznych w szkole kształcącej w zawodzie technik elektryk 311[08].

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne,
- cele kształcenia,
- przykładowe scenariusze lekcji,
- ćwiczenia,
- narzędzia pomiaru osiągnięć ucznia – zestaw pytań testowych.

Ważnym elementem w osiągnięciu dobrych efektów jest zastosowanie odpowiednich metod i wprowadzenie do tematu. Należy tak moderować przebiegiem wprowadzenia do kolejnych jednostek tematycznych, aby uczniowie zrozumieli powiązanie między zjawiskami występującymi w polu magnetycznym i budową maszyny, a zasadą działania i własnościami maszyn prądu przemiennego.

Szczególną uwagę należy zwrócić na:

- kształtowanie umiejętności uruchamiania maszyn prądu przemiennego,
- wykonywanie pomiarów parametrów maszyn,
- poprawność wykonywania pomiarów niezbędnych do wyznaczenia charakterystyk,
- poprawność wykonania ćwiczeń rachunkowych kształtujących i doskonalących umiejętności obliczania podstawowych parametrów maszyn,
- kształtowanie i doskonalenie umiejętności analizy wyników pomiarów i wnioskowania na ich podstawie o stanie technicznym maszyny,
- kształtowanie i doskonalenie umiejętności korzystania z norm i katalogów.

Wskazane jest, aby zajęcia dydaktyczne prowadzone były różnymi metodami ze szczególnym uwzględnieniem:

- metody tekstu przewodniego,
- dyskusji dydaktycznej,
- metody projektów,
- ćwiczenia obliczeniowe – zastosowanie praktyczne poznanych metod doboru silników do wymagań maszyny roboczej,
- ćwiczenia pomiarowe.

W trakcie realizacji jednostki modułowej będzie dominować forma kształcenia:

- grupowa
- indywidualna.

Ćwiczenia zamieszczone w programie jednostki modułowej stanowią propozycje, które można wykorzystać podczas zajęć. Wskazane jest przygotowanie ćwiczeń o różnym stopniu trudności przystosowanych do warunków i możliwości szkoły – przygotować materiały, instrukcje. Każdy uczeń powinien mieć możliwość indywidualnej pracy.

Po zakończeniu modułu uczniowie powinni umieć analizować pracę i własności maszyn prądu przemiennego, a wówczas nie będą mieli problemów z zastosowaniem praktycznym wiadomości.

Pojawiający się w tekście i w opisie rysunków zapis [1], [2], wskazuje pozycję literatury z wykazu, z której pochodzi fragment tekstu lub rysunek.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- wykonywać działania na wielomianach,
- interpretować zależności matematyczne i wnioskować o wpływie poszczególnych składników na wartość liczbową wyrażenia,
- rysować przebieg funkcji na podstawie jej zapisu arytmetycznego,
- analizować przebieg funkcji liniowej i kwadratowej,
- opisywać właściwości funkcji na podstawie jej przebiegu,
- analizować wykresy wektorowe i zależności matematyczne między wielkościami w dwójniku szeregowym i równoległym RL w obwodzie prądu sinusoidalnego,
- zapisywać i zinterpretować prawo Joule’a – Lenza,
- klasyfikować silniki elektryczne według podanego kryterium,
- interpretować parametry maszyn wirujących umieszczone na tabliczce znamionowej,
- rozróżniać maszyny elektryczne na podstawie wyglądu zewnętrznego, schematu oraz tabliczki zaciskowej,
- obliczać podstawowe parametry silników prądu przemiennego wykorzystując zależności między nimi,
- charakteryzować podstawowe własności ruchowe silników prądu przemiennego,
- wyjaśniać przyczyny powstawania strat mocy w maszynach elektrycznych i określać ich sprawność,
- korzystać z katalogów maszyn elektrycznych.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- odczytać i zinterpretować parametry różnych maszyn prądu przemiennego umieszczone na ich tabliczkach znamionowych oraz w katalogach,
- obliczyć podstawowe parametry maszyn asynchronicznych i synchronicznych wykorzystując zależności między nimi,
- dobrać rodzaj maszyny prądu przemiennego do określonego zadania,
- określić właściwości ruchowe maszyn prądu przemiennego na podstawie charakterystyk,
- skorzystać ze schematów maszyn prądu przemiennego,
- zorganizować stanowisko do badań zgodnie z zasadami bhp, ochrony ppoż., ochrony środowiska oraz wymaganiami ergonomii,
- dobrać przyrządy pomiarowe do badania maszyn elektrycznych,
- połączyć układy maszyn elektrycznych i je uruchomić,
- zmierzyć podstawowe parametry maszyn asynchronicznych, synchronicznych oraz komutatorowych jednofazowych,
- wyznaczyć podstawowe charakterystyki maszyn prądu przemiennego na podstawie pomiarów,
- zastosować zasady bhp, ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pracy,
- skorzystać z literatury technicznej i technologii informacyjnej.

4. SCENARIUSZE ZAJĘĆ

Scenariusz zajęć 1

Osoba prowadząca:.....

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Montaż i eksploatacja maszyn i urządzeń elektrycznych 311[08].Z2

Jednostka modułowa 311[08].Z2.03 Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego

Temat: **Badanie silnika indukcyjnego pierścieniowego**

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności badania silnika indukcyjnego pierścieniowego.

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- zorganizować stanowisko do badań zgodnie z zasadami bhp, ochrony ppoż., ochrony środowiska oraz wymaganiami ergonomii,
- dobrać przyrządy pomiarowe do badania silnika indukcyjnego pierścieniowego,
- połączyć układy do badania silnika indukcyjnego pierścieniowego i je uruchomić,
- zmierzyć podstawowe parametry silników asynchronicznych pierścieniowych,
- wyznaczyć podstawowe charakterystyki silnika indukcyjnego pierścieniowego na podstawie pomiarów,
- określić właściwości ruchowe silnika indukcyjnego pierścieniowego na podstawie charakterystyk,
- zastosować zasady bhp, ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pracy,
- skorzystać z literatury technicznej i technologii informacyjnej.

Metody nauczania–uczenia się

- metoda tekstu przewodniego,
- ćwiczenia laboratoryjne,
- dyskusja dydaktyczna.

Formy organizacyjne pracy uczniów

- zespołowa.

Czas trwania zajęć – 5 godzin.

Środki dydaktyczne

- tekst przewodni – zał. nr 1,
- silnik indukcyjny pierścieniowy,
- regulowane źródło napięcia stałego,
- amperomierz magnetoelektryczny,
- woltomierz napięcia stałego,
- przewody łączeniowe,
- regulator napięcia,
- amperomierz magnetoelektryczny z zerem pośrodku,
- 4 amperomierze prądu przemiennego o zakresach dostosowanych do mocy silnika,
- 3 watomierze o jednakowych rezystancjach cewek obwodów napięciowych, o zakresach dostosowanych do mocy silnika,
- woltomierz napięcia przemiennego,
- rezystory rozruchowe (rozrusznik),

- rezystor bocznikujący amperomierz magnetoelektryczny o rezystancji dobranej do zakresu miernika,
- przewody łączeniowe,
- kalkulator
- literatura.

Uwaga: zakresy mierników dobrane do parametrów elektrycznych maszyny badanej.

Przebieg zajęć

1. Sprawy organizacyjne.
2. Wprowadzenie do tematu i uświadomienie celów zajęć:
 - przypomnienie przebiegu charakterystyk biegu jałowego, zwarcia i obciążenia silnika indukcyjnego,
 - przypomnienie metod pomiaru rezystancji,
 - uczniowie zapisują temat w zeszytach ćwiczeń,
 - zapoznanie uczniów z celami operacyjnymi,
3. Realizacja tematu:
 - podział uczniów na zespoły,
 - rozdanie tekstów przewodnich – załącznik nr 1 i wyjaśnienie zasad pracy zespołów,
 - zbieranie informacji przez uczniów – praca z literaturą,
 - planowanie wykonania ćwiczenia – uczniowie przygotowują schematy układów pomiarowych, tabele pomiarowe i wykaz mierników (wskazane, aby członkowie zespołu podzielili się pracą),
 - konsultacja z nauczycielem – zespół przedstawia nauczycielowi propozycję schematów układów i tabel pomiarowych, ustala warunki przeprowadzenia badania silnika oraz przypomina zasady bhp (m.in. zgłaszamy każdorazową zmianę konfiguracji układu pomiarowego nauczycielowi, nie wykonujemy przełączeń pod napięciem),
 - realizacja zadania – badanie silnika pierścieniowego w zakresie:
 - 1) oględziny,
 - 2) pomiar rezystancji uzwojeń,
 - 3) pomiar napięcia wirnika,
 - 4) wyznaczanie charakterystyk biegu jałowego,
 - 5) wyznaczanie charakterystyk zwarcia,
 - 6) wyznaczanie początkowego momentu rozruchowego,
 - 7) wyznaczanie charakterystyk obciążenia,
 - sprawdzenie poprawności wykonania pomiarów – na podstawie wyników pomiarów uczniowie wykreślają charakterystyki i konsultują z nauczycielem
 - dyskusja i formułowanie wniosków – zespoły dzielą się spostrzeżeniami i wnioskami dotyczącymi wyników pomiarów.
4. Podsumowanie zajęć.
 - przypomnienie zrealizowanych celów zajęć,
 - ocena aktywności pracy zespołów i uczniów indywidualnie,
 - ewaluacja – uczniowie wskazują swoje mocne i słabe strony.

Uwaga: Zakres badania silnika należy przystosować do poziomu uczniów. Dla uczniów „słabych” wskazane jest ograniczenie zakresu badań.

Scenariusz zajęć 2

Osoba prowadząca:.....

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Montaż i eksploatacja maszyn i urządzeń elektrycznych 311[08].Z2

Jednostka modułowa 311[08].Z2.03 Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego

Temat: Synchronizacja prądnicy z siecią sztywną

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności synchronizacji prądnicy synchronicznej z siecią sztywną.

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- zorganizować stanowisko do badań zgodnie z zasadami bhp, ochrony ppoż., ochrony środowiska oraz wymaganiami ergonomii,
- skorzystać ze schematów maszyn prądu przemiennego,
- dobrać przyrządy pomiarowe do synchronizacji prądnicy synchronicznej z siecią sztywną,
- połączyć układy do synchronizacji prądnicy synchronicznej z siecią i przeprowadzić synchronizację,
- zmierzyć podstawowe parametry prądnicy synchronicznej,
- zastosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pracy,
- skorzystać z literatury technicznej i technologii informacyjnej.

Metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne,
- metoda tekstu przewodniego,
- pogadanka.

Formy organizacyjne pracy uczniów:

- grupowa,
- indywidualna.

Czas trwania: 90 minut

Środki dydaktyczne:

- prądnica synchroniczna,
- „sieć sztywną” – trójfazowe źródło napięcia symulujące sieć sztywną,
- woltomierze napięcia przemiennego – 3 szt.,
- częstotliwościomierze – 2 szt.,
- amperomierz prądu stałego – 1 szt.,
- rezystor suwakowy lub regulowane źródło napięcia stałego,
- wyłącznik 3-biegunowy,
- wyłącznik 2-biegunowy,
- przewody łączeniowe,
- kalkulator,
- tekst przewodni – załącznik nr 2,
- literatura.

Uwaga: zakresy mierników dobrane do mocy maszyny badanej.

Przebieg zajęć

1. Sprawy organizacyjne.
2. Wprowadzenie do tematu i uświadomienie celów zajęć:
 - przypomnienie przypadków współpracy równoległej prądnic synchronicznych,
 - przypomnienie pojęcia definicji sieci sztywnej,
 - przypomnienie pojęcia synchronizacji i sposobów synchronizacji,
 - uczniowie zapisują temat w zeszytach ćwiczeń,
 - zapoznanie uczniów z celami operacyjnymi.
3. Realizacja tematu:
 - podział uczniów na zespoły (liczba zespołów = liczba przygotowanych stanowisk i tekstów przewodnich), wyjaśnienie zasad pracy zespołów,
 - liderzy zespołów losują tekst przewodni (metodę synchronizacji),
 - zbieranie informacji przez uczniów – praca z literaturą,
 - planowanie wykonania ćwiczenia,
 - konsultacja z nauczycielem – zespół przedstawia nauczycielowi wybraną metodę synchronizacji, propozycję schematu układu, ustala warunki przeprowadzenia ćwiczenia oraz przypomina zasady bhp (m.in. zgłaszamy każdorazową zmianę konfiguracji układu połączeń nauczycielowi, nie wykonujemy przełączeń pod napięciem),
 - realizacja zadania: połączenie układu przez uczniów, sprawdzenie poprawności połączenia przez nauczyciela, przeprowadzenie synchronizacji, formułowanie wniosków,
 - dyskusja i formułowanie wniosków końcowych – zespoły dzielą się spostrzeżeniami i wnioskami dotyczącymi wybranej metody i przebiegu ćwiczenia.
4. Podsumowanie zajęć.
 - przypomnienie zrealizowanych celów zajęć,
 - ewaluacja – uczniowie wskazują swoje mocne i słabe strony.

Załączniki

ZAŁĄCZNIK NR 1

TEKST PRZEWODNI DO ĆWICZENIA: BADANIE SILNIKÓW INDUKCYJNYCH

Przedstaw sposób zbadania i przedstawienia własności silnika indukcyjnego, przeprowadź badania i sformułuj wnioski. W wykonaniu zadania pomoże ci tekst przewodni.

Rozwiązuj postawione zadanie etapami.

Faza I – informacje:

Zanim przystąpisz do rozwiązywania postawionego problemu odpowiedz na pytania korzystając z wiadomości i umiejętności zdobytych w czasie lekcji maszyn elektrycznych, z notatek z dotychczasowych lekcji oraz dostępnej literatury.

1. Jaka jest budowa maszyny indukcyjnej?
2. Jakie są warunki powstania pola wirującego?
3. Wyjaśnij zasadę działania silnika indukcyjnego.
4. Co to jest poślizg?
5. Jakie są podstawowe dane eksploatacyjne silnika asynchronicznego?
6. W jaki sposób przeprowadza się próbę biegu jałowego silnika asynchronicznego?

7. Jakie parametry silnika można wyznaczyć podczas próby biegu jałowego?
8. W jaki sposób przeprowadza się próbę zwarcia silnika asynchronicznego?
9. Jakie parametry silnika asynchronicznego można wyznaczyć podczas próby zwarcia?
10. Gdzie występują i od czego zależą straty mocy w silniku indukcyjnym?
11. Jak zdefiniowana jest sprawność silnika asynchronicznego i na czym polega metoda strat poszczególnych?
12. Co to jest charakterystyka naturalna a co przedstawia charakterystyka sztuczna?
13. Co przedstawia charakterystyka mechaniczna silnika indukcyjnego i jaki jest jej przebieg?
14. W jaki sposób dokonuje się zmiany kierunku wirowania silnika asynchronicznego?
15. Jakie są sposoby regulacji prędkości silników asynchronicznych (zalety i wady poszczególnych sposobów)?
16. Jakie są sposoby rozruch silników asynchronicznych?
17. Jakie są sposoby hamowania silników asynchronicznych?
18. W jaki sposób można wyznaczyć moc na wale i sprawność silnika asynchronicznego?

Jeżeli odpowiedziałeś na pytania zastanów się, jak można przeprowadzić badania silnika indukcyjnego.

Faza 2 – planowanie:

Zanim przystąpisz do badania silnika odpowiedz na pytania, które ułatwią ci wykonanie zadania.

1. Co wchodzi w zakres badań silników asynchronicznych?
2. Jakie wielkości powinieneś zmierzyć, aby zanalizować działanie silnika i zdiagnozować jego stan techniczny?
3. Czym będziesz się kierował przy wyborze i doborze mierników?
4. W jaki sposób w układach prądu przemiennego regulujemy wartości prądów i napięć?
5. Przedstaw przebieg ćwiczenia umożliwiającego zbadanie silnika indukcyjnego.
6. Zaproponuj układ, w którym można zmierzyć wartości potrzebnych wielkości, oraz tabelę, w której zapiszesz wyniki pomiarów.

Jeśli odpowiedziałeś na pytania, przygotowałeś przebieg ćwiczenia, schemat układu pomiarowego i tabelę wyników pomiarów przejdź do następnej fazy. Przedyskutuj ze mną swoją propozycję rozwiązania postawionego problemu. Pamiętaj, że w dyskusję powinny być zaangażowane obie strony. Nie tylko odpowiadaj na zadane przeze mnie pytania, ale również sam zadawaj pytania. Nie obawiaj się krytyki, nie zapominaj, że „Kto pyta nie błądzi”.

Faza 3 – ustalenia:

Przedstaw swoją propozycję i postaraj się przekonać mnie, że masz ilość informacji wystarczającą do rozwiązania postawionego problemu. Zanim przystąpisz do fazy realizacji zastanówmy się nad następującymi problemami:

1. W jakim zakresie będziesz regulował napięcie zasilające? (zwrócić uwagę na prąd i napięcie znamionowe silnika)
2. Czy na podstawie pomiarów wykonanych w zaproponowanych układach otrzymasz wyczerpujące informacje?
3. Jak zamierzasz przedstawić uzyskane wyniki obserwacji? Przedstaw swoją propozycję.

Ustaliliśmy zasady realizacji postawionego zadania możesz więc przystąpić do działania.

Faza 4 – realizacja:

Zanim przystąpisz do wykonywania zaproponowanego przez ciebie ćwiczenia przypomnij sobie podstawowe zasady obowiązujące podczas wykonywania ćwiczeń.

1. Jakie zasady bezpieczeństwa należy zachować podczas wykonywania ćwiczenia?
 - Do wszelkich połączeń należy używać przewodów izolowanych;
 - Nie wolno modyfikować układu pod napięciem;
 - Na stanowisku pomiarowym nie powinny znajdować się zbędne przedmioty.
2. Pamiętaj o ustawieniu zakresów pomiarowych przed załączeniem napięcia.
3. Zwróć uwagę na dokładność odczytów wskazań przyrządów.

Nareszcie możesz przystąpić do wykonania ćwiczenia. Życzę ci owocnej pracy i poprawnych wyników pomiarów.

Faza 5 – sprawdzanie:

Wykonałeś pomiary i zanotowałeś wyniki, a teraz kolej na wyciągnięcie wniosków. Zanim przystąpisz do formułowania wniosków wykonaj zaproponowane niżej czynności.

1. Przedstaw wyniki swoich badań w postaci charakterystyk.
2. Oceń poprawność wyników porównując przebieg charakterystyk rzeczywistych z teoretycznymi (idealnymi).

Na podstawie wyników pomiarów i charakterystyk możesz ocenić poprawność działania i zdiagnozować stan techniczny silnika. Przejdź do fazy następnej. Życzę trafnych wniosków.

Faza 6 – analiza:

W określeniu właściwości silnika, poprawności działania oraz stanu technicznego i formułowaniu wniosków pomogą Ci pytania.

1. Jakie wnioski wynikają z przeprowadzonych badań?
 - Co wykazały oględziny?
 - Czy rezystancja izolacji spełnia wymagania PN?
 - Czy stopień ochrony spełnia wymagania?
 - Czy rezystancje uzwojeń spełniają warunki (mają wartości zgodne z podanymi na tabliczce znamionowej)?
 - Czy przebieg wykreślonych charakterystyk jest zgodny z teoretycznymi?
2. Z jakim zjawiskiem związana jest zasada działania silnika elektrycznego i jakie zjawiska towarzyszą pracy silnika?
3. Czy wyniki przeprowadzonych badań pokrywają się z analizą teoretyczną własności silników asynchronicznych? Uzasadnij.
4. Czy do przygotowania i realizacji postawionego zadania miałeś wystarczającą ilość informacji? Jeśli nie, to jakich informacji ci zabrakło?
5. W jaki sposób uzupełniłeś brakujące informacje?
6. Jakie błędy popełniłeś podczas wykonywania ćwiczenia? Czy mogłeś ich uniknąć?

Zapisz wszystkie spostrzeżenia i podziel się nimi ze mną i kolegami. Przekonaj się, że potrafisz trafnie formułować wnioski.

TEKST PRZEWODNI DO ĆWICZENIA: „Synchronizacja prądnicy z siecią sztywną”**I**

1. Przypomnijcie sobie wiadomości z wprowadzenia do tematu i z zakresu obwodów elektrycznych prądu przemiennego oraz korzystając z literatury odpowiedzcie na pytania:
 - Jakie warunki muszą być spełnione, aby w obwodzie popłynął prąd?
 - Jakie warunki muszą spełniać jednofazowe źródła napięcia, aby po podłączeniu ich równolegle nie popłynął prąd?
 - Jakie warunki muszą spełniać trójfazowe źródła napięcia, aby po podłączeniu ich do pracy równoległej nie popłynęły prądy wyrównawcze? – warunki synchronizacji
 - W jaki sposób można regulować częstotliwość i wartość napięcia wyjściowego prądnicy synchronicznej?
2. Narysujcie schemat układu do synchronizacji „na ciemno”.
3. Przygotujcie wykaz mierników i urządzeń niezbędnych do przeprowadzenia ćwiczenia.
4. Przedstawcie nauczycielowi swoje propozycje i po akceptacji propozycji, ustalcie warunki przeprowadzenia ćwiczenia.
5. Połączcie układ według schematu i po sprawdzeniu przez nauczyciela przeprowadźcie synchronizację prądnicy z siecią sztywną.
6. Sformułujcie i zapiszcie wnioski, które nasuwały wam się w trakcie wykonywania ćwiczenia.
7. Wybierzcie osobę, która zaprezentuje wasze przemyślenia kolegom z pozostałych grup.
8. Na wykonanie zadania macie 60 minut.
9. Czas prezentacji – 3 minuty.

TEKST PRZEWODNI DO ĆWICZENIA: „Synchronizacja prądnicy z siecią sztywną”**II**

1. Przypomnijcie sobie wiadomości z wprowadzenia do tematu i z zakresu obwodów elektrycznych prądu przemiennego oraz korzystając z literatury odpowiedzcie na pytania:
 - Jakie warunki muszą być spełnione, aby w obwodzie popłynął prąd?
 - Jakie warunki muszą spełniać jednofazowe źródła napięcia, aby po połączeniu ich równolegle nie popłynął prąd?
 - Jakie warunki muszą spełniać trójfazowe źródła napięcia, aby po podłączeniu ich do pracy równoległej nie popłynęły prądy wyrównawcze? – warunki synchronizacji
 - W jaki sposób można regulować częstotliwość i wartość napięcia wyjściowego prądnicy synchronicznej?
2. Narysujcie schemat układu do synchronizacji „ze światłem wirującym”.
3. Przygotujcie wykaz mierników i urządzeń niezbędnych do przeprowadzenia ćwiczenia.
4. Przedstawcie nauczycielowi swoje propozycje i po akceptacji propozycji, ustalcie warunki przeprowadzenia ćwiczenia.
5. Połączcie układ według schematu i po sprawdzeniu przez nauczyciela przeprowadźcie synchronizację prądnicy z siecią sztywną.
6. Sformułujcie i zapiszcie wnioski, które nasuwały wam się w trakcie wykonywania ćwiczenia.
7. Wybierzcie osobę, która zaprezentuje wasze przemyślenia kolegom z pozostałych grup.
8. Na wykonanie zadania macie 60 minut.
9. Czas prezentacji – 3 minuty.

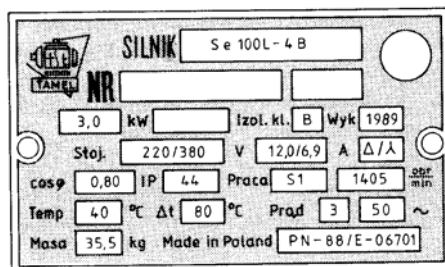
5. ĆWICZENIA

5.2. Maszyny indukcyjne

5.1.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Odczytaj i zinterpretuj parametry umieszczone na tabliczce znamionowej silnika przedstawionej na rysunku.



Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia. Ćwiczenie wykonują uczniowie indywidualnie. Czas na wykonanie: 5–10 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) odczytać wartości: napięć oraz prądów stojana (dla „gwiazdy” i „trójkąta”), mocy znamionowej, prędkości obrotowej, współczynnika mocy i częstotliwość prądu,
- 2) zdefiniować znaczenie odczytanych parametrów, np. napięcie znamionowe jest to wartość skuteczna napięcia między przewodowego,
- 3) odczytać rodzaj pracy i stopień ochrony i zinterpretować znaczenie odczytanych parametrów, np. S1 – silnik przystosowany do pracy

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia praktyczne.

Środki dydaktyczne:

- tabliczki znamionowe silników prądu przemiennego lub rysunki z tabliczkami znamionowymi,
- katalogi maszyn indukcyjnych, synchronicznych i komutatorowych jednofazowych prądu przemiennego,
- normy:

PN-91/E-06700 – Maszyny elektryczne wirujące. Terminologia.

PN-88/E-06701 – Maszyny elektryczne wirujące. Ogólne wymagania i badania

Uwaga: Zwrócić szczególną uwagę na dokładną interpretację parametrów.

Ćwiczenie 2

Silnik indukcyjny klatkowy ma następujące dane: $P_N = 10$ kW, $n_N = 955$ obr./min, $M_k = 160$ Nm. Oblicz przeciążalność i poślizg znamionowy.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia. Ćwiczenie wykonują uczniowie indywidualnie. Czas na wykonanie: 10–15 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wypisać dane i szukane,
- 2) zapisać zależność między mocą i momentem znamionowym,
- 3) obliczyć prędkość kątową odpowiadającą podanej prędkości obrotowej,
- 4) obliczyć moment znamionowy,
- 5) obliczyć przeciążalność,
- 6) zapisać wzór definiujący poślizg,
- 7) oszacować wartość prędkości synchronicznej dla silnika,
- 8) obliczyć poślizg znamionowy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- arkusze papieru format A4.

Ćwiczenie 3

Narysuj schemat rozwinięty uzwojenia jednowarstwowego wzornikowego o równych grupach cewek dla maszyny o danych: $Q = 24$, $p = 2$, $m = 3$.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia. Ćwiczenie wykonują uczniowie indywidualnie lub w zespołach dwuosobowych. Czas na wykonanie: 10–15 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć liczbę żłobków przypadających na biegun i fazę,
- 2) obliczyć kąt elektryczny między siłami elektromotorycznymi indukowanymi w bokach leżących w sąsiednich żłobkach,
- 3) narysować 24 odcinki charakteryzujące boki zezwojów w żłobkach i ponumerować – najpraktyczniej użyć trzy kolory,
- 4) zaznaczyć zwroty prądów w bokach np. dla bieguna N „w górę”, a dla bieguna S „w dół”,
- 5) przyjmując początek fazy U w pierwszym żłobku połączyć boki w zwoje, zwoje w grupy i grupy cewek szeregowo, posuwając się zgodnie ze strzałkami,
- 6) wyznaczyć numer żłobka w którym leży początek fazy V pamiętając, że przesunięcie fazowe wynosi 120° ,
- 7) połączyć uzwojenie fazy V posuwając się zgodnie ze zwrotem prądu,
- 8) wyznaczyć numer żłobka, w którym leży początek fazy W i posuwając się w kierunku przeciwnym do zwrotu prądu połączyć uzwojenie fazy W. (Jak wynika z przebiegów czasowych, jeżeli wartości chwilowe napięć sieci trójfazowej symetrycznej w fazie A i B są dodatnie to w fazie C napięcie jest ujemne i aby uzyskać przesunięcie fazowe między wszystkimi napięciami 120° należy w fazie W posuwać się przeciw strzałkom.

- Zalecane metody nauczania–uczenia się:
- ćwiczenia projektowe.
- Środki dydaktyczne:
- „Poradnik przezwajania maszyn indukcyjnych”,
 - kalkulator,
 - arkusze papieru lub kartki formatu A4,
 - mazaki lub kredki – 3 kolory.

Ćwiczenie 4

Dokonaj pomiaru rezystancji uzwojeń silnika indukcyjnego klatkowego metodą techniczną.

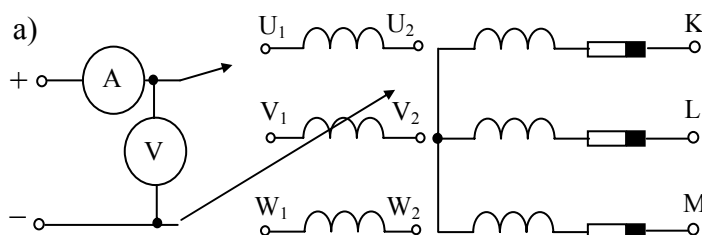
Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują zespoły 2 – 3 osobowe. Czas wykonania 20÷25 minut.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zestawić układy pomiarowe według schematu a),



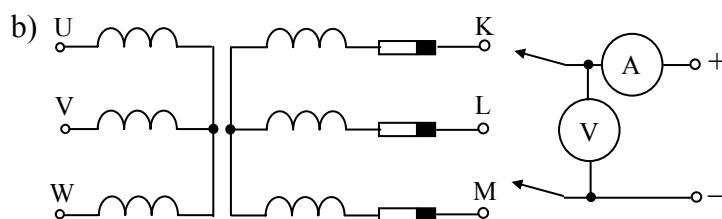
- 2) zaprojektować i narysować tabelę pomiarową,
- 3) załączyć napięcie do układu,
- 4) ustawić wartość prądu, nie przekraczając prądu znamionowego i odczytać wartość napięcia dla każdego uzwojenia fazowego,
- 5) obliczyć rezystancje $R_{U1,U2}$, $R_{V1,V2}$, $R_{W1,W2}$ na podstawie prawa Ohma,
- 6) obliczyć wartość średnią rezystancji jednej fazy w temperaturze otoczenia ϑ_o :

$$R_{f\bar{s}} = \frac{R_{U1,U2} + R_{V1,V2} + R_{W1,W2}}{3}$$

- 7) obliczyć wartość średnią rezystancji jednej fazy stojana w temperaturze 75°C,

$$R_{f\bar{s}75} = \frac{235 + 75}{235 + \vartheta_o} R_{f\bar{s}}$$

- 8) zestawić układy pomiarowe według schematu b),



- 9) zaprojektować i narysować tabelę pomiarową,
- 10) załączyć napięcie do układu,

- 11) odczytać wartości napięć i prądów oraz wyznaczyć wartość rezystancji między poszczególnymi pierścieniami R_{KL} , R_{LM} i R_{MK} – wyniki zanotować w tabeli,
- 12) obliczyć wartość średnią rezystancji jednej fazy w temperaturze otoczenia ϑ_o :

$$R_{ws} = \frac{R_{KL} + R_{LM} + R_{MK}}{6}$$

- 13) obliczyć wartość średnią rezystancji jednej fazy wirnika w temperaturze 75°C

$$R_{ws75} = \frac{235 + 75}{235 + \vartheta_o} R_{ws}$$

- 14) Stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne,
- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny pierścieniowy,
- regulowane źródło napięcia stałego,
- amperomierz magnetoelektryczny,
- woltomierz napięcia stałego,
- przewody łączeniowe,
- kalkulator.

Uwagi:

- zakresy mierników dobrane do parametrów elektrycznych maszyny badanej.

Ćwiczenie 5

Przeprowadź rozruch silnika asynchronicznego klatkowego z zastosowaniem przełącznika gwiazda – trójkąt i określ przybliżoną wartość prądu rozruchu.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują zespoły 2–4 osobowe. W fazie projektowania układów uczniowie mogą podzielić się na dwa podzespoły. Czas wykonania 90–135 minut w zależności od organizacji pracy i predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zaprojektować schemat układów: odvodu silnoprądowego i sterowania stycznikowo-przełącznikowego,
- 2) połączyć układ według schematu,
- 3) załączyć napięcie oraz odczytać i zanotować maksymalne wychylenie amperomierza w momencie załączenia napięcia,
- 4) odczytać wskazania amperomierza przy skojarzeniu uzwojeń w gwiazdę,
- 5) odczytać wskazania amperomierza po przełączeniu uzwojeń w trójkąt,
- 6) zmierzyć prędkość wirnika przy połączeniu w gwiazdę i w trójkąt,
- 7) czynności 3, 4, 5 i 6 powtórzyć 3-krotnie i wyznaczyć wartość średnią,

- 8) porównać wyznaczone wartości średnie wskazań amperomierzy oraz prędkości i wyciągnąć wnioski,
- 9) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia projektowe,
- ćwiczenia laboratoryjne.

Środki dydaktyczne:

- trójfazowe źródło napięcia,
- amperomierz (1 lub 3, decyduje nauczyciel),
- silnik indukcyjny asynchroniczny,
- trójfazowy wyłącznik instalacyjny,
- dwa styczniki,
- dwie lampki sygnalizacyjne,
- dwa przyciski sterownicze z parą styków zwierno-rozwiernych,
- jednofazowy wyłącznik instalacyjny,
- przekaźnik termobimetalowy,
- przewody łączeniowe,
- miernik prędkości,
- literatura: np. jednostka modułowa 311[08].Z4.02 „Projektowanie i uruchamianie układów stycznikowych”.

Uwaga:

- amperomierz i podzespoły dobrane do parametrów elektrycznych silnika

Ćwiczenie 6

Przeprowadź regulację prędkości silnika asynchronicznego klatkowego z zastosowaniem autotransformatora.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują uczniowie w zespołach 2–4 osobowych. Czas na wykonanie: 30–45 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zaprojektować schemat układu pomiarowego
- 2) połączyć układ według schematu,
- 3) załączyć napięcie – napięcie wyjściowe autotransformatora równe zeru,
- 4) zwiększyć wartość napięcia do $U = U_N$ silnika,
- 5) zmniejszając napięcie, odczytać wskazania amperomierza i zmierzyć prędkość przy nieobciążonym silniku dla 5 wartości napięcia– wyniki zanotować w tabeli,
- 6) powtórzyć punkt 5 przy obciążonym silniku momentem znamionowym (wskazane dla tych samych wartości napięcia),
- 7) porównać wskazania amperomierzy oraz miernika prędkości i wyciągnąć wnioski,
- 8) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- elementy metody projektów,
- ćwiczenia laboratoryjne.

Środki dydaktyczne:

- trójfazowe regulowane źródło napięcia,
- silnik indukcyjny asynchroniczny,
- amperomierz (1 lub 3, decyduje nauczyciel)
- miernik prędkości,
- przewody łączeniowe,
- literatura: np. jednostka modułowa 311[08].Z4.02 „Projektowanie i uruchamianie układów stycznikowych”.

Uwaga:

- amperomierz i podzespoły dobrane do parametrów elektrycznych silnika.

Ćwiczenie 7

Wyznaczyć i wykreślić charakterystyki biegu jałowego $P_0 = f(U)$, $I_0 = f(U)$, $\cos \varphi_0 = f(U)$, $s_0 = f(U)$ dla silnika indukcyjnego pierścieniowego.

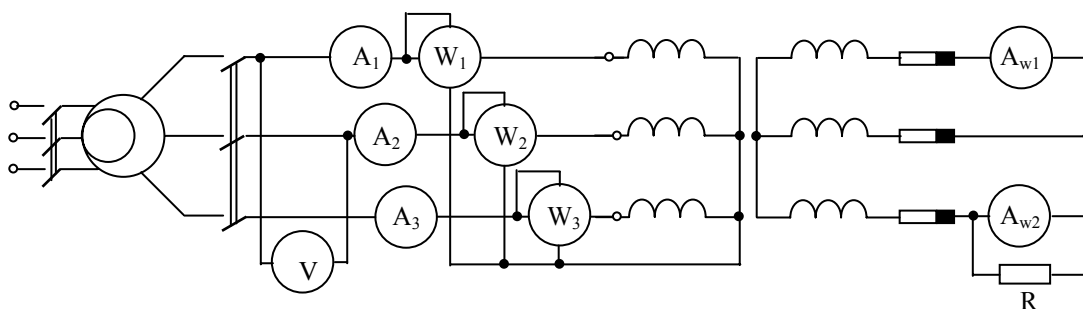
Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują zespoły 2–3 osobowe. Czas wykonania 60–90 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zestawić układy pomiarowe według schematu,
 A_{w1} – amperomierz prądu przemiennego do pomiaru prądu wirnika,
 A_{w2} – amperomierz magnetoelektryczny z zerem po środku do pomiaru poślizgu.



- 2) zaprojektować i narysować tabelę pomiarową,
- 3) uruchomić silnik,
- 4) ustawić wartość napięcia zasilającego o wartości $1,3 U_N$,
- 5) wykonać 7 pomiarów obniżając napięcia, notując wyniki w tabeli,
- 6) wykonać obliczenia na podstawie wzorów:

$$I_0 = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad \text{– wartość średnia prądu biegu jałowego}$$

$$P_0 = P_1 + P_2 + P_3 \quad \text{– moc pobierana przez silnik na biegu jałowym,}$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}U \cdot I_0} \quad - \text{ współczynnik mocy przy biegu jałowym},$$

$$s_0 = \frac{2N}{t} \quad - \text{ poślizg, } N - \text{ liczba pełnych odchylen wskazówki } A_{w1} \text{ w czasie } t,$$

$$\Delta P_{Cu0} = 3R_{Cus} I_0^2 \quad - \text{ straty mocy w uzwojeniu stojana, } R_{Cus} - \text{ rezystancja uzwojeń stojana}$$

$$\Delta P_0 = \Delta P_m + \Delta P_{Fe} = P_0 - \Delta P_{Cus} \quad - \text{ straty jałowe}$$

- 7) wykreślić charakterystyki biegu jałowego,
- 8) rozdzielić straty biegu jałowego na straty w rdzeniu i straty mechaniczne, w tym celu powinien:
- 9) narysować na podstawie wyników pomiarów charakterystykę $P_0 = f(U^2)$,
- 10) przedłużyć do przecięcia z osią P_0 punkt przecięcia wyznacza wartość strat mechanicznych ΔP_m ,
- 11) z punktu ΔP_m narysować równoległą do osi U_2 .
- 12) określić własności ruchowe silnika na podstawie wykreślonych charakterystyk,
- 13) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne,
- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny pierścieniowy,
- regulator napięcia,
- amperomierz magnetoelektryczny z zerem pośrodku,
- 4 amperomierze prądu przemiennego o zakresach dostosowanych do mocy silnika,
- 3 watomierze o jednakowych rezystancjach cewek obwodów napięciowych, o zakresach dostosowanych do mocy silnika,
- woltomierz napięcia przemiennego,
- rezystor bocznikujący amperomierz magnetoelektryczny o rezystancji dobranej do zakresu miernika,
- przewody łączeniowe,
- kalkulator.

Uwaga:

- zakresy mierników dobrane do parametrów elektrycznych maszyny badanej.

Ćwiczenie 8

Wyznaczyć i wykreślić charakterystyki zwarcia $P_z = f(U_z)$, $I_z = f(U_z)$, $\cos \varphi_z = f(U_z)$, dla silnika indukcyjnego pierścieniowego.

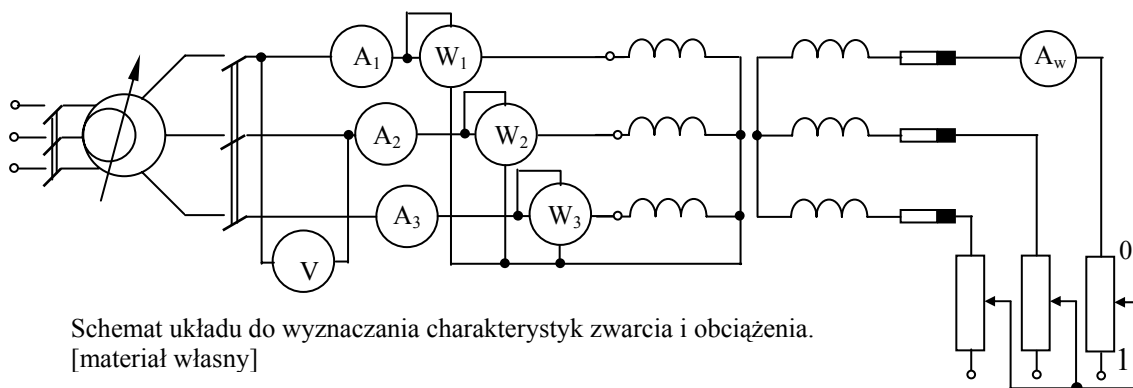
Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują zespoły 2–3 osobowe. Czas wykonania 60–90 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zestawić układ pomiarowy według schematu (rezystory obwodu wirnika ustawione w pozycji „0”),



- 2) zaprojektować i narysować tabelę pomiarową,
- 3) unieruchomić wirnik silnika (wirnik powinien być zahamowany),
- 4) ustawić wartość napięcia wyjściowego regulatora równe zero,
- 5) załączyć napięcie do układu,
- 6) wykonać 7 pomiarów zwiększając napięcia, aż do osiągnięcia wartości prądu $1,3 I_N$, notując wyniki w tabeli,
- 7) obniżając napięcie o zera wykonać również 7 pomiarów, notując wyniki w tabeli,
Uwaga: Wartość mierzonych wielkości zależy również od położenia wirnika względem stojana, dlatego wskazane jest dla danej wartości napięcia odczytać, wykonać pomiary dla trzech różnych położenia wirnika. Ze względu na brak czasu można ograniczyć się do odhamowania wirnika po każdym pomiarze.

- 8) wykonać obliczenia na podstawie wzorów:

$$I_z = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad \text{– wartość średnia prądu zwarcia,}$$

$$P_z = P_1 + P_2 + P_3 \quad \text{– moc pobierana przez silnik w stanie zwarcia,}$$

$$\cos \varphi_z = \frac{P_z}{\sqrt{3} U_z I_z} \quad \text{– współczynnik mocy w stanie zwarcia,}$$

- 9) wykreślić charakterystyki obciążenia,
- 10) określić własności ruchowe silnika na podstawie wykreślonych charakterystyk,
- 11) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne,
- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny pierścieniowy,
- 3 rezystory regulowane lub 3 – fazowy regulator rezystancyjny dostosowany do mocy silnika,

- regulator napięcia,
 - 4 amperomierze prądu przemiennego,
 - 3 watomierze o jednakowych rezystancjach cewek obwodów napięciowych, o zakresach dostosowanych do parametrów elektrycznych silnika,
 - woltomierz napięcia przemiennego,
 - przewody łączeniowe,
 - kalkulator.
- Uwaga:
- zakresy mierników dobrane do parametrów elektrycznych maszyny badanej,

Ćwiczenie 9

Wyznaczyć i wykreślić charakterystyki obciążenia $n = f(P)$, $I = f(P)$, $M = f(P)$, $\cos\varphi = f(P)$, $s = f(P)$, $\eta = f(P)$ oraz charakterystykę $n = f(M)$ dla trzech różnych wartości rezystancji przyłączonych do obwodu wirnika silnika indukcyjnego pierścieniowego.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują zespoły 2–3 osobowe. Czas wykonania 60–90 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zestawić układy pomiarowe według schematu z ćwiczenia 8, wirnik zwarty (wyznaczanie charakterystyk zwarcia), zwiększając zakresy pomiarowe woltomierzy i cewek napięciowych watomierzy do wartości napięcia znamionowego silnika,
- 2) zaprojektować i narysować tabelę pomiarową,
- 3) załączyć napięcie i unieruchomić silnik zwiększając napięcie regulatora do wartości znamionowej silnika,
- 4) obciążyć silnik hamulcem, aż natężenie prądu obciążenia osiągnie wartość $1,3 I_N$,
- 5) odcinając silnik wykonać 7 pomiarów, utrzymując napięcie znamionowe na zaciskach silnika, notując wyniki w tabeli,
- 6) powtórzyć pomiary dla 2 różnych wartości rezystancji przyłączonej do obwodu wirnika,
- 7) wykonać obliczenia na podstawie wzorów:

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \quad \text{– wartość średnia prądu pobieranego przez silnik,}$$

$$P_{in} = P_1 + P_2 + P_3 \quad \text{– moc pobierana przez silnik w stanie zwarcia,}$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{in}}{\sqrt{3}UI} \quad \text{– współczynnik mocy w stanie zwarcia,}$$

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad \text{– poślizg,}$$

$$\eta = \frac{P}{P_{in}} \quad \text{– sprawność,}$$

$$F = F_1 - F_2 \quad \text{– siła na obwodzie koła hamulca,}$$

$$M = \frac{FD}{2} \quad \text{– moment hamujący.}$$

- 8) wykreślić charakterystyki obciążenia,

- 9) określić własności ruchowe silnika na podstawie wykreślonych charakterystyk,
- 10) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne,
- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny pierścieniowy,
- 3 rezystory regulowane lub 3 – fazowy regulator rezystancyjny dostosowany do mocy silnika,
- regulator napięcia,
- 4 amperomierze prądu przemiennego o zakresach dostosowanych do mocy silnika,
- 3 watomierze o jednakowych rezystancjach cewek obwodów napięciowych, o zakresach dostosowanych do mocy silnika,
- woltomierz napięcia przemiennego,
- przewody łączeniowe,
- papier milimetrowy, przybory kreślarskie,
- kalkulator.

Uwaga:

- zakresy mierników dobrane do parametrów elektrycznych maszyny badanej.

5.2. Maszyny synchroniczne

5.2.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Z jaką prędkością należy napędzać wirnik prądnicy synchronicznej o dwóch parach biegunów, aby uzyskać częstotliwość napięcia 50Hz.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wypisać dane i szukane,
- 2) zapisać wzór wiążący wielkości występujące w zadaniu,
- 3) podstawić dane liczbowe,
- 4) wykonać obliczenia, wpisać jednostkę i podkreślić wynik.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia rachunkowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- arkusze papieru formatu A4,
- katalogi maszyn synchronicznych.

Ćwiczenie 2

Wyznacz charakterystykę zwarcia prądnicy synchronicznej $I_z = f(I_f)$ przy $f = 50$ Hz i $U = 0$.

Wskazówki do realizacji

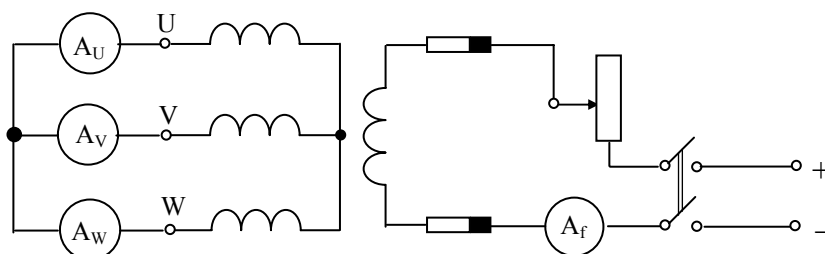
Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

Ćwiczenie wykonują zespoły 2–3 osobowe. Czas wykonania 45 minut.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zaprojektować i narysować tabelę pomiarową,
- 2) połączyć układ według schematu,



- 3) obliczyć prędkość z jaką należy napędzać wirnik dla zadanej częstotliwości,
- 4) uruchomić prądnicę ustawiając wymaganą prędkość obrotową wirnika,
- 5) załączyć napięcie wzbudzenia,
- 6) utrzymując stałą prędkość wykonać 5 pomiarów, zwiększać prąd od zera do wartości, przy której amperomierze będą wskazywały $1,3 I_N$,
- 7) zanotować wyniki w tabeli i wykonać obliczenia,

$$I_z = \frac{I_U + I_V + I_W}{3}$$

- 8) narysować charakterystykę na podstawie wyników pomiarów,
- 9) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne,
- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- regulowane źródło napięcia stałego lub źródło nieregulowane i rezystor o regulowanej rezystancji,
- maszyna synchroniczna,
- przewody łączeniowe,
- amperomierze prądu przemiennego – 4szt,
- kalkulator.

Uwaga:

- zakresy mierników dobrane do mocy maszyny badanej,

Ćwiczenie 3

Przeprowadź synchronizację prądnicy synchronicznej z siecią w układzie „na ciemno”.

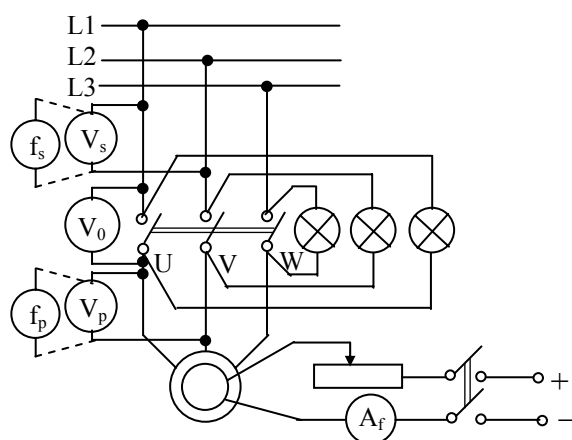
Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują zespoły 2–3 osobowe. Czas wykonania 30 minut.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) połączyć układ według schematu,



- 2) nastawić prędkość obrotową, przy której częstotliwość prądnicy jest równa częstotliwości sieci,
- 3) regulując prąd wzbudzenia obserwować żarówki i woltomierz V_0 ,
- 4) w chwili, kiedy wskazanie woltomierza spadnie do zera, a żarówki zgasną, zamknąć wyłącznik,
- 5) w przypadku, gdy żarówki zapalają się i gasną niejednocześnie, zamienić miejscami dwa dowolne przewody fazowe od strony prądnicy,
- 6) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne.
- Środki dydaktyczne:
- prądnica synchroniczna,
- „sieć sztywną” – trójfazowe źródło napięcia symulujące sieć sztywną,
- woltomierze napięcia przemiennego – 3 szt.,
- częstotliwościomierze – 2 szt.,
- amperomierz prądu stałego – 1 szt.,
- rezystor suwakowy lub regulowane źródło napięcia stałego,
- wyłącznik 3-biegunowy,
- wyłącznik 2-biegunowy,
- przewody łączeniowe.

Uwaga:

- zakresy mierników dobrane do parametrów elektrycznych maszyny badanej,

Ćwiczenie 4

Przeprowadź analizę własności prądnicy synchronicznej na podstawie charakterystyk zewnętrznych.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia. Ćwiczenie wykonują uczniowie w zespołach 2–3 osobowych. Czas na wykonanie: 10–15 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować rodzinę charakterystyk zewnętrznych dla różnych współczynników mocy obciążenia,
- 2) narysować rodzinę charakterystyk zewnętrznych dla wybranego współczynnika mocy obciążenia i różnych wartości prądu wzbudzenia,
- 3) przeprowadzić analizę przebiegu charakterystyk pod kątem wpływu współczynnika mocy obciążenia na zmienność napięcia prądnicy,
- 4) przeprowadzić analizę przebiegu charakterystyk pod kątem wpływu prądu wzbudzenia na wartość napięcia wyjściowego prądnicy,
- 5) wyciągnąć wnioski jak należy regulować prądem wzbudzenia aby przy zmianie obciążenia o różnym charakterze utrzymać stałą wartość napięcia na zaciskach prądnicy.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rysunkowe,
- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- arkusze papieru,
- katalogi maszyn synchronicznych,
- literatura: np. pakiet edukacyjny dla zawodu technik elektryk.

5.3. Maszyny komutatorowe prądu przemiennego

5.3.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wyznacz charakterystyki robocze silnika uniwersalnego: $n = f(M)$, $\eta = f(M)$, $\cos\varphi = f(M)$.

Wskazówki do realizacji

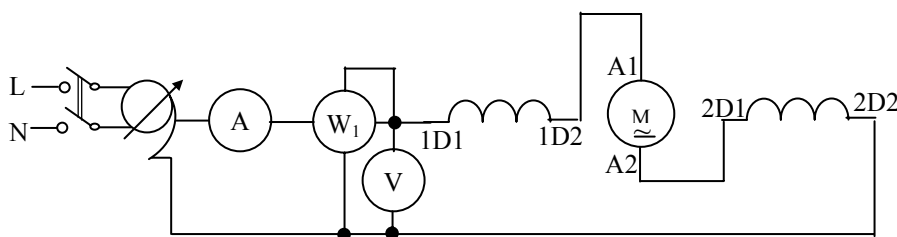
Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia z uwzględnieniem przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Ćwiczenie wykonują uczniowie w zespołach 2–3 osobowych. Czas na wykonanie: 35–45 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) dobrać mierniki na odpowiedni rodzaj prądu i o odpowiednim zakresie,

- 2) połączyć układ pomiarowy według schematu podanego na rysunku,



- 3) uruchomić silnik i ustawić napięcie na wartość znamionową,
 4) obciążyć silnik do $1,2 I_N$,
 5) utrzymując stałą wartość napięcia znamionowego, odciażać silnik notując wskazania mierników w tabeli wykonać 5 pomiarów,

Lp.	Pomiary					Obliczenia		
	U	I	P_1	M	n lub ω	P_2	$\cos \varphi$	η
	V	A	W	N·m kG·m	obr/min rad/s	W	–	–
1.								
2.								

- 6) wykonać obliczenia i uzupełnić tabelę,
 $P_2 = \omega M$ – moc oddawana
 $\eta = \frac{P_2}{P_1}$ – sprawność
 $\cos \varphi = \frac{P_1}{UI}$ – współczynnik mocy
 7) wykreślić charakterystyki,
 8) stosować zasady bhp, ochrony ppoż. i ochrony środowiska obowiązujące na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia laboratoryjne,
- ćwiczenia projektowe.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- silnik uniwersalny,
- amperomierz prądu stałego i zmiennego o zakresie dobranym do mocy silnika,
- woltomierz napięcia stałego i zmiennego o zakresie dobranym do mocy silnika,
- watomierz o zakresach dobranych do mocy silnika,
- autotransformator,
- instrukcja do ćwiczenia z tekstem przewodnim, literatura,
- kalkulator.

Ćwiczenie 2

Na podstawie charakterystyk mechanicznych i charakterystyk momentu porównaj własności ruchowe silników komutatorowych.

Wskazówki do realizacji

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić zakres i technikę wykonywania ćwiczenia. Ćwiczenie wykonują uczniowie w zespołach 2–3 osobowych. Czas na wykonanie: 5–10 minut w zależności od predyspozycji uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować we wspólnym układzie współrzędnych przykładowe charakterystyki mechaniczne silników: szeregowego, bocznikowego i szeregowo – bocznikowego prądu stałego oraz szeregowego prądu przemiennego,
- 2) określić zmienność prędkości dla każdego typu silnika,
- 3) narysować charakterystyki momentu,
- 4) porównać momenty rozruchowe i określić wpływ zmian momentu obciążenia na prąd obciążenia,
- 5) przygotować plakat lub foliogram,
- 6) przygotować prezentację dla kolegów,
- 7) zaprezentować efekty pracy.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia rysunkowe,
- prezentacja.

Środki dydaktyczne:

- arkusze papieru lub folia,
- pisaki kolorowe,
- literatura: np. moduł 311[08].03.01 „Charakteryzowanie procesów przetwarzania energii elektrycznej”.

6. EWALUACJA OSIĄGNIĘĆ UCZNIA

Przykłady narzędzi pomiaru dydaktycznego

TEST 1

Test pisemny dwustopniowy do jednostki modułowej „Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego”

Test składa się z dwudziestu zadań wielokrotnego wyboru. Zadania z poziomu podstawowego są bez gwiazdki, a zadania z jedną gwiazdką „*” są zadaniami z zakresu poziomu ponadpodstawowego.

Punktacja zadań: 0 lub 1 punkt

Za poprawną odpowiedź na zadanie wielokrotnego wyboru uczeń otrzymuje 1 punkt. Za odpowiedź błędną lub brak odpowiedzi uczeń otrzymuje 0 punktów.

Proponuje się następujące normy wymagań – uczeń otrzyma następujące oceny szkolne:

niedostateczny	– 0–7 punktów
dopuszczający	– 8–11 punktów z poziomu podstawowego
dostateczny	– 12–15 punktów (12 punktów z poziomu podstawowego)
dobry	– 16–18 punktów (minimum 12 punktów z poziomu podstawowego + 4 punkty z poziomu ponadpodstawowego)
bardzo dobry	– 19–20 punktów (minimum 12 punktów z poziomu podstawowego + 7 punktów z poziomu ponadpodstawowego)

Oceny celującej nie przewiduje proponowany test. Nauczyciel może przygotować dodatkowe zadanie na celujący np. z zadań otwartych proponowanych w poradniku dla ucznia.

Klucz odpowiedzi: 1. c, 2. b, 3. b, 4. c, 5. a, 6. a, 7. c, 8. d, 9. b, 10. c, 11. b, 12. c, 13. a, 14. d, 15. d, 16. b, 17. c, 18. a, 19. d, 20. b,

Plan testu pisemnego

Nr zadania	Cel operacyjny (mierzone osiągnięcia uczniów)	Kategoria celu	Poziom wymagań	Poprawna odpowiedź
1	Odczytywać parametry różnych silników prądu przemiennego umieszczane na tabliczce znamionowej.	B	p	c
2	Interpretować parametry różnych maszyn prądu przemiennego umieszczane na tabliczce znamionowej.	B	p	b
3	Wyznaczać podstawowe parametry maszyn asynchronicznych, w sytuacjach złożonych, wykorzystując zależności między nimi.	C	pp	b

4	Obliczyć podstawowe parametry maszyn asynchronicznych wykorzystując zależności między nimi.	C	p	c
5	Wyznaczyć podstawowe parametry i charakterystyki biegu jałowego silników prądu przemiennego.	C	p	a
6	Obliczać podstawowe parametry maszyn synchronicznych wykorzystując zależności między nimi.	C	pp	a
7	Dobrać rodzaj silnika prądu przemiennego do określonego zadania.	D	pp	c
8	Zdefiniować stany pracy prądnicy synchronicznej.	A	p	d
9	Określić właściwości ruchowe silnika indukcyjnego na podstawie charakterystyk.	C	p	b
10	Określić właściwości ruchowe silników synchronicznych na podstawie charakterystyk.	C	p	c
11	Określić właściwości ruchowe silnika komutatorowego szeregowego jednofazowego na podstawie charakterystyk.	C	p	b
12	Zdefiniować wielkości charakteryzujące pracę silnika indukcyjnego.	A	p	c
13	Charakteryzować stany niestabilny i stabilny w pracy silnika indukcyjnego.	C	pp	a
14	Dobrać przyrządy pomiarowe do pomiaru rezystancji izolacji.	C	p	d
15	Rozróżniać podstawowe charakterystyki maszyn prądu przemiennego.	B	p	d
16	Rozróżnić konfiguracje połączeń uzwojeń stojana silnika indukcyjnego.	B	p	b
17	Dobrać sposób regulacji prędkości do rodzaju silnika.	C	p	c
18	Dobrać przyrządy pomiarowe do badania maszyn elektrycznych.	D	pp	a
19	Określić przyrządy pomiarowe do pomiaru parametrów maszyn asynchronicznych	C	pp	d
20	Analizować wpływ parametrów napięcia zasilającego i budowy maszyny na przebieg charakterystyk	D	pp	b

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela

1. Ustal z uczniami termin przeprowadzenia sprawdzianu z wyprzedzeniem co najmniej jednodniowym.
2. Przed rozpoczęciem testu należy przygotować salę zgodnie z wymaganiami.
3. Po zajęciu miejsc przez uczniów należy rozdać instrukcje testowania, a następnie arkusze zadań testowych oraz arkusze odpowiedzi. Na arkuszach uczniowie powinni wpisać imię, nazwisko i klasę.
4. Uczniowie otrzymują 5 minut na zapoznanie się z instrukcją – w tym czasie nie wykonują żadnych czynności.
5. Uczeń rozwiązuje 20 zadań testowych wielokrotnego wyboru.
6. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
7. Uczeń zaznacza poprawną odpowiedź zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
8. W przypadku pomyłki bierze błędną odpowiedź w kółko i zaznacza właściwą.
9. Uczniowie pracują indywidualnie nie korzystając z żadnych pomocy za wyjątkiem przyborów do pisanie oraz rysowania.
10. Na rozwiązanie wszystkich zadań uczniowie mają maksymalnie 35 minut – czas jest mierzony tylko w czasie pracy uczniów, po zapoznaniu się z instrukcją.
11. Zakończenie rozwiązywania testu uczeń zgłasza przez podniesienie ręki.
12. Jeśli uczeń rozwiąże zadanie kilkanaście minut przed czasem można zwrócić uwagę na ostatnie zdanie „Instrukcji dla ucznia”.

Instrukcja dla ucznia:

1. Przeczytaj uważnie instrukcję i zapoznaj się z zestawem zadań testowych – masz na tą czynność 5 minut, jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Twoje zadanie polega na rozwiązaniu 20 zadań o różnym poziomie trudności: zadania bez oznaczenia – poziom podstawowy, oznaczone „* ” – poziom ponadpodstawowy.
3. Rozwiązuj najpierw zadania z poziomu podstawowego, potem z poziomu ponadpodstawowego
4. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
5. Na rozwiązanie testu masz 35 minut.
6. Za poprawne rozwiązanie 12 zadań z poziomu podstawowego otrzymasz ocenę dostateczną. Aby otrzymać ocenę dopuszczającą powinieneś rozwiązać przynajmniej na 8 zadań z poziomu podstawowego.
7. Za poprawne rozwiązanie 16 zadań ocenę dobrą.
8. Za prawidłowe rozwiązanie 19 zadań otrzymasz ocenę bardzo dobrą.
9. Odpowiedzi udzielaj na karcie odpowiedzi zaczerniając właściwe pole. Jeśli uznasz, że pierwsza odpowiedź jest błędna zakresł kółkiem i zaznacz prawidłową.
10. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Rozwiązanie zadania będzie uznane za prawidłowe, jeżeli udzielisz poprawnej odpowiedzi, uzyskasz wówczas jeden punkt. Za rozwiązanie niepoprawne lub jego brak otrzymasz 0 punktów. Jeżeli czas pozwoli przed oddaniem swej pracy, sprawdź odpowiedzi, jakich udzieliłeś w teście.

Materiały dla ucznia:

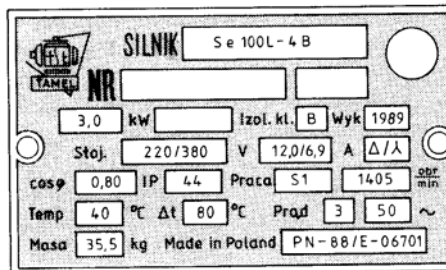
- instrukcja,
- zestaw zadań testowych,
- karta odpowiedzi,
- poradnik, norma, katalog silników elektrycznych.

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

TEST 1

1. Napięcie fazowe silnika, którego tabliczkę znamionową pokazano na rysunku wynosi:

- 8,5kW
- 380V
- 220V
- 50Hz

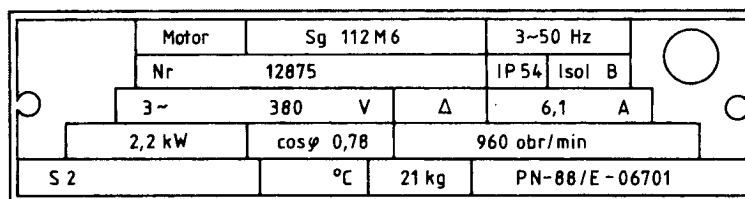


SILNIK		Se 100L-4 B	
3,0 kW	izol. kl. B	Wyk 1989	
Stoj. 220/380 V	12,0/6,9 A	Δ/λ	
cos φ 0,80	IP 44	Praca S1	1405 obr/min
Temp 40 °C	Δt 80 °C	Prąd 3	50 ~
Masa 35,5 kg	Made in Poland	PN-88/E-06701	

[1]

2. Silnik, którego tabliczkę znamionową pokazano na rysunku przystosowany jest do pracy

- ciągłej
- okresowej
- dorywczej
- nieokresowej



Motor	Sg 112 M 6	3~50 Hz
Nr 12875	IP 54	Isol B
3~ 380 V	Δ	6,1 A
2,2 kW	cos φ 0,78	960 obr/min
S 2	°C	21 kg
PN-88/E-06701		

[1]

- 3.* Wyznacz przeciążalność silnika indukcyjnego klatkowego o następujących danych znamionowych: $U_N = 400V$, $P_N = 10 kW$, $n_N = 965 \text{ obr./min}$, $M_k = 160 \text{ Nm}$:

- $u = 16$
- $u = 1,6$
- $u = 6$
- $u = 9,65$

4. Silnik indukcyjny klatkowy ma następujące dane: $P_N = 10 kW$, $n_N = 965 \text{ obr./min}$, $M_k = 160 \text{ Nm}$. Oblicz poślizg znamionowy.

- $s_N = 6,0\%$
- $s_N = 2,5\%$
- $s_N = 3,5\%$
- $s_N = 3,6\%$

5. Przeprowadzając próbę biegu jałowego silnika wyznaczysz między innymi straty mocy

- w rdzeniu
- w uzwojeniach twornika
- w uzwojeniach wzbudzenia
- rezystorach rozruchowych

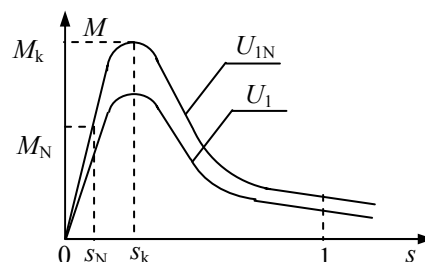
- 6.* Maszyna synchroniczna pracująca przy częstotliwości 50Hz z prędkością $104,7 \text{ rad/s}^{-1}$ posiada:

- 3 pary biegunów
- 2 pary biegunów
- 1 parę biegunów
- 4 pary biegunów

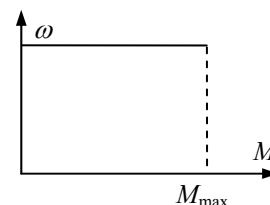
- 7.* Gdy zachodzi potrzeba uzyskania bardzo małych prędkości kątowych, a nie wskazane jest stosowanie niedogodnych przekładni mechanicznych zastosujesz:

- silnik impulsowy
- silnik indukcyjny klatkowy
- silnik reduktorowy
- silnik dwufazowy

8. Bieg jałowy prądnicy synchronicznej to taki stan pracy, w którym:
- wirnik wiruje, uzwojenie wirnika jest zasilane i obwód stojana jest zamknięty przez impedancję,
 - wirnik wiruje, uzwojenie wirnika jest zasilane i obwód stojana jest zwarty bezimpedancyjnie,
 - wirnik wiruje, uzwojenie wirnika jest otwarte i uzwojenie stojana jest rozwarne,
 - wirnik wiruje, uzwojenie wirnika jest zasilane i uzwojenie stojana jest rozwarne.
9. Z charakterystyk pokazanych na rysunku wynika, że w zakresie pracy stabilnej zmniejszenie napięcia zasilającego silnik indukcyjny, przy niezmiennym obciążeniu powoduje:

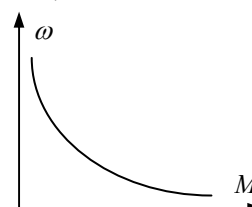


- wzrost prędkości wirowania wirnika
 - obniżenie prędkości wirowania wirnika
 - prędkość wirowania wirnika pozostaje bez zmian
 - w zależności od punktu pracy prędkość może rosnąć lub maleć
10. Z charakterystyki mechanicznej silnika synchronicznego wynika, że przy wzroście momentu obciążenia prędkość silnika:



- dość szybko rośnie,
- nieznacznie maleje,
- pozostaje bez zmian,
- w zależności od punktu pracy może rosnąć lub maleć.

11. Z charakterystyki mechanicznej silnika komutatorowego szeregowego jednofazowego wynika, że:



- silnik ma mały moment rozruchowy i dużą zmienność prędkości,
- silnik ma duży moment rozruchowy i dużą zmienność prędkości,
- silnik ma duży moment rozruchowy i małą zmienność prędkości,
- silnik ma mały moment rozruchowy i małą zmienność prędkości.

12. Moc znamionowa silnika to:

- moc elektryczna oddawana przez silnik,
- moc elektryczna dostarczona do silnika,
- moc mechaniczna oddawana przez silnik,
- moc mechaniczna dostarczona do silnika.

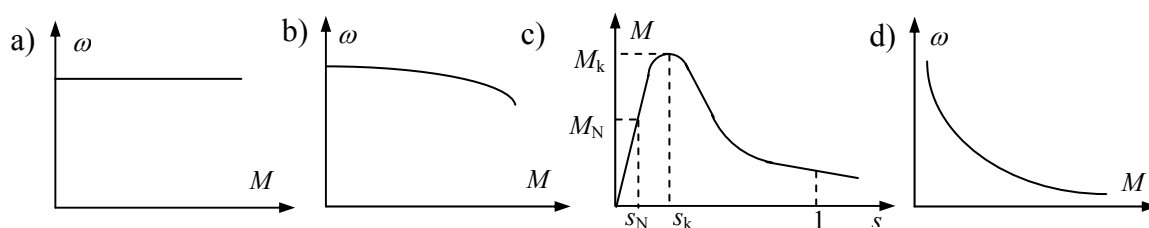
- 13.* Pracę silnika uważa się za stabilną, jeżeli:

- przy trwałych zmianach momentu ($M_h < M_{max}$) ustala się nowy punkt pracy,
- przy trwałym wzroście momentu napędowego silnik rozbiega się,
- przy trwałym wzroście momentu oporowego ($M_h < M_{max}$) silnik zatrzyma się,
- w całym zakresie zmian obciążeń i momentu napędowego.

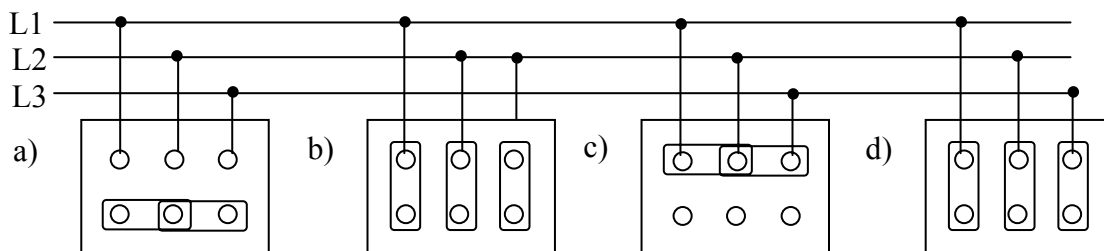
14. Do pomiaru rezystancji izolacji silnika o napięciu znamionowym 250V zastosujesz:

- omomierz szeregowy
- megaomomierz o napięciu 500V
- mostek Thomsona
- megaomomierz o napięciu 1000V

15. Charakterystykę mechaniczną silnika uniwersalnego przedstawia rysunek:



16. Uruchom silnik indukcyjny przy połączeniu uzwojeń stojana w trójkąt.



17. Regulację prędkości przez zmianę liczby par biegunów zastosujesz w silnikach:

- a) komutatorowych szeregowych
- b) synchronicznych jawnobiegunowych
- c) indukcyjnych klatkowych
- d) indukcyjnych pierścieniowych

18.* Dobierz zakresy pomiarowe mierników do wyznaczenia charakterystyk biegu jałowego silnika o mocy 1kW zasilanego z sieci niskiego napięcia:

- a) W – 200/400V, 1/ 2,5A; V – 200/400V; A – 1/ 2,5A
- b) W – 200/400V, 2,5/5A; V – 200/400V; A – 1/ 2,5A
- c) W – 200/400V, 0,5/ 1A; V – 200/400V; A – 0,5/1A
- d) W – 100/200V, 0,5/ 1A; V – 100/200V; A – 1/ 2,5A

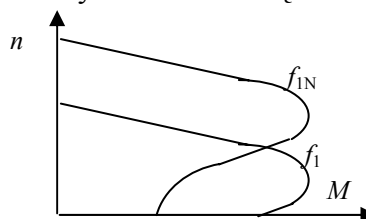
19.* W celu pomiaru poślizgu silnika indukcyjnego pierścieniowego należy włączyć w obwód wirnika:

- a) woltomierz magnetoelektryczny z zerem pośrodku
- b) woltomierz elektromagnetyczny z zerem pośrodku
- c) amperomierz elektromagnetyczny z zerem pośrodku
- d) amperomierz magnetoelektryczny z zerem pośrodku

i wyznaczyć na podstawie odchylen wskazówki miernika z zależności $s_0 = \frac{2N}{t}$

20.* Na podstawie wyników pomiarów wykreślono charakterystyki mechaniczne silnika indukcyjnego, przedstawione na rysunku, dla różnych wartości częstotliwości:

- a) $U_1 < U_{1N}$
- b) $f_1 < f_{1N}$ dla $U/f = \text{const}$
- c) $f_1 < f_{1N}$ dla $U = \text{const}$
- d) $f_1 > f_{1N}$ dla $U/f = \text{const}$



KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego.

Zakreśl poprawną odpowiedź w zadaniach 1 do 20 zaczerniając odpowiednie pole

Nr zadania	Odpowiedź				Punktacja
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:					

TEST 2

Test praktyczny do badań sumujących z zakresu „Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego”

Test praktyczny zawiera 25 czynności o zróżnicowanym poziomie wymagań.

Punktacja zadań:

Czynności punktowane są 0–1. Za poprawnie wykonaną czynność uczeń otrzymuje 1punkt. Za nieprawidłowo wykonaną czynność, czynność wykonaną z pomocą nauczyciela lub jej nie wykonanie uczeń otrzymuje 0 punktów.

Proponuje się następujące normy wymagań – uczeń otrzyma następujące oceny szkolne:

niedostateczny	– 0–14 punktów
dopuszczający	– 15–18 punktów
dostateczny	– 19–21 punktów
dobry	– 22–23 punktów
bardzo dobry	– 24–25 punktów

Plan testu praktycznego

Numer zadania	Cele operacyjne	Kategoria celów	Poziom wymagań
1	Przestrzegać zasady bhp oraz organizować stanowisko pracy.	B	P
2	Rozpoznać na podstawie oględzin stanu szczotek i pierścieni ślizgowych.	C	PP
3	Zmierzyć rezystancję uzwojeń.	C	P
4	Zmierzyć rezystancję izolacji uzwojeń.	C	P
5	Dobrać mierniki do pomiarów.	C	P
6	Montować układy pomiarowe.	C	PP
7	Zmierzyć wielkości potrzebne do wyznaczenia charakterystyk.	C	P
8	Wykonać obliczenia.	C	P
9	Sporządzić charakterystyki.	B	PP
10	Formułować wnioski.	D	PP

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela:

- 1) Ustal z uczniami termin przeprowadzenia testu praktycznego z wyprzedzeniem co najmniej tygodniowym.
- 2) Przygotuj stanowiska laboratoryjne.
- 3) Uczeń wykonuje test praktyczny, w którym punktowane jest 25 czynności pogrupowane w 10 zadań.
- 4) Za poprawnie wykonaną czynność uczeń uzyskuje 1 punkt. Za niewykonanie czynności lub wykonanie nieprawidłowe otrzymuje 0 punktów.

- 5) Uczeń może poprosić nauczyciela o pomoc przy wykonywaniu czynności i za poprawnie wykonaną czynność z pomocą nauczyciela nie otrzymuje punktów.
- 6) W trakcie wykonywania ćwiczenia uczeń może korzystać z instrukcji do ćwiczenia lub innej literatury.
- 7) Na rozwiązanie testu uczeń ma 85 minut oraz 5 minut na zapoznanie się z instrukcją.
- 8) Po zakończeniu pomiarów uczeń podnosi rękę i czeka aż nauczyciel podejdzie i sprawdzi poprawność działania aparatury kontrolno-pomiarowej.

Instrukcja dla ucznia

- 1) Przeczytaj uważnie instrukcję i zapoznaj się z zadaniem testowym – masz na te czynności 5 minut, jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
- 2) Na wykonanie 10 zadań, w których punktowanych jest 25 czynności masz 85 minut.
- 3) W czasie wykonywania ćwiczenia przestrzegaj zasad bhp i ppoż.
- 4) Nie wykonuj zmian konfiguracji układu pod napięciem.
- 5) Każdorazową zmianę układu połączeń zgłaszaj nauczycielowi.
- 6) W czasie rozwiązywania zadań możesz korzystać z instrukcji do ćwiczenia (np. ćwiczenie 4 str. 27 i 7 str. 28 poradnik dla ucznia).
- 7) Za poprawne wykonanie 19 czynności uzyskasz 19 punktów i otrzymasz ocenę dostateczną Aby otrzymać ocenę dopuszczającą i zaliczyć test powinieneś uzyskać 15 punktów.
- 8) Na ocenę dobrą powinieneś uzyskać 22 punkty, a za 24 punkty otrzymasz ocenę bardzo dobrą.
- 9) Możesz poprosić nauczyciela o pomoc przy wykonywaniu czynności, ale za poprawnie wykonaną czynność z pomocą nauczyciela nie otrzymujesz punktów
- 10) Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Materiały dla ucznia:

- instrukcja,
- zadanie testowe,
- kryteria oceny,
- poradnik, norma, katalog silników elektrycznych.

Test praktyczny

Przeprowadź badania silnika indukcyjnego pierścieniowego w zakresie:

- oględziny,
- pomiar rezystancji uzwojeń metodą techniczną,
- pomiar rezystancji izolacji uzwojeń,
- próba biegu jałowego.

Podczas wykonywania ćwiczenia sprawdzającego powinieneś:

- ✓ dokładnie rozpoznać elementy budowy silnika i określić stan szczotek i komutatora,
- ✓ dobrać aparaturę pomiarową,
- ✓ wybrać właściwy schemat pomiarowy,
- ✓ sporządzić tabele pomiarowe,
- ✓ wyniki pomiarów zanotować w tabeli,
- ✓ wykonać obliczenia i wykreślić charakterystyki,
- ✓ sformułować i zapisać wnioski.

KARTA OCENY

Imię i nazwisko

Uruchamianie i badanie maszyn prądu przemiennego

Numer zadania	Oceniana czynność	Punktacja	Uzyskana ilość punktów
1	Bhp oraz organizacja stanowiska pracy:	0–2	
	1) bhp podczas wykonywania pomiarów	0–1	
	2) organizacja stanowiska i bhp na stanowisku pracy	0–1	
2	Rozpoznanie na podstawie oględzin stanu szczotek i pierścieni ślizgowych:	0–2	
	3) rozpoznanie stanu szczotek	0–1	
	4) rozpoznanie stanu pierścieni ślizgowych	0–1	
3	Pomiar rezystancji uzwojeń	0–2	
	5) pomiar rezystancji uzwojeń stojana,	0–1	
	6) pomiar rezystancji uzwojeń wirnika.	0–1	
4	Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń:	0–2	
	7) pomiar rezystancji między uzwojeniami	0–1	
	8) pomiar rezystancji między uzwojeniem i obudową	0–1	
5	Dobór mierników do pomiarów:	0–3	
	9) dobór amperomierzy	0–1	
	10) dobór woltomierzy	0–1	
	11) dobór watomierzy	0–1	
6	Montaż układów pomiarowych:	0–3	
	12) montaż obwodu prądowego	0–1	
	13) podłączenie woltomierzy,	0–1	
	14) podłączenie cewek napięciowych watomierzy	0–1	
7	Pomiar wielkości potrzebnych do wyznaczenia charakterystyk:	0–3	
	15) pomiar natężenia prądu	0–1	
	16) pomiar napięcia	0–1	
	17) pomiar mocy	0–1	
8	Wykonanie obliczeń:	0–2	
	18) współczynnika mocy i poślizgu	0–1	
	19) strat mocy (obciążeniowych i jałowych)	0–1	
9	Sporządzenie charakterystyk:	0–2	
	20) P_0 , I_0 i $\cos\varphi_0$ w funkcji U_1	0–1	
	21) $P_0 = f(U_1^2)$ i wyznaczenie strat mechanicznych	0–1	
10	Sformułowanie wniosków:	0–4	
	22) dotyczących stanu szczotek i pierścieni ślizgowych	0–1	
	23) dotyczących stanu izolacji i rezystancji uzwojeń	0–1	
	24) dotyczących prądu stanu jałowego i współczynnika mocy	0–1	
	25) dotyczących strat mocy i stanu rdzenia	0–1	
	Razem	0–25	

7. LITERATURA

1. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne. WSiP, Warszawa 1998
2. Kacejko L.: Pracownia elektryczna. Tom II. Maszyny, urządzenia i napęd. MCNEMT, Radom 1993
3. Plamitzer A.M.: Maszyny elektryczne. WNT, Warszawa 1976.
4. Praca zbiorowa: Poradnik monter elektryka. WNT, Warszawa 1997
5. Normy:
 - PN-92/E-01200 – Symbole graficzne stosowane w schematach.
 - PN-91/E-06700 – Maszyny elektryczne wirujące. Terminologia.
 - PN-88/E-06701 – Maszyny elektryczne wirujące. Ogólne wymagania i badania
 - PN-89/E-06702 – Maszyny elektryczne wirujące. Straty i sprawność.
 - PN-88/E-06705 – Maszyny elektryczne wirujące. Stopnie ochrony.
 - PN-88/E-06706 – Maszyny elektryczne wirujące. Sposoby chłodzenia.
 - PN-89/E-06707 – Maszyny elektryczne wirujące. Oznaczenia form wykonania.
 - PN-88/E-06708 – Maszyny elektryczne wirujące. Oznaczenia wyprowadzeń i kierunku wirowania.