



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Anna Kemblowska
Krzysztof Kemblowski

Montaż i badanie energoelektronicznych układów napędowych 311[08].Z4.03

Poradnik dla nauczyciela

Wydawca
Instytut Technologii i Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005

Recenzenci:

mgr inż. Jan Krzemiński

mgr Joachim Strzałka

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr Bożena Zając

Korekta:

mgr inż. Jarosław Sitek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[08]Z4.03 „Montaż i badanie energoelektronicznych układów napędowych 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. Przykładowe scenariusze zajęć	6
5. Ćwiczenia	11
5.1. Wiadomości wstępne	11
5.1.1. Ćwiczenia	11
5.2. Układy napędowe z silnikami prądu stałego	14
5.2.1. Ćwiczenia	14
5.3. Układy napędowe z silnikami prądu przemiennego	22
5.3.1. Ćwiczenia	22
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 zajęć,
- ćwiczenia,
- ewaluację osiągnięć ucznia,
- literaturę.

Opracowanie ćwiczeń zawiera szczegółowe omówienie 14 ćwiczeń – prowadzący zajęcia każdorazowo może dostosować program do możliwości sprzętowych. Każde omówienie służy do powtórzenia i utrwalenia wiadomości oraz przygotowania ucznia do wykonania ćwiczenia w praktyce. Zawiera program badań, sposób opracowania wyników oraz wykaz sprzętu niezbędnego do wykonania ćwiczenia.

Przykładowe scenariusze uwzględniają metody zalecane w programie. W dziale „Ewaluacja osiągnięć ucznia” znajdziecie Państwo dwa przykładowe testy osiągnięć szkolnych.

Zamieszczone przykłady zawierają:

- plan testu sporządzony w formie tabelarycznej,
- proponowaną punktację zadań,
- propozycję norm wymagań,
- instrukcję dla nauczyciela,
- instrukcję dla ucznia,
- zadania testowe.

Szczególną uwagę należy zwrócić na zasady bezpieczeństwa przy wykonywaniu ćwiczeń praktycznych, właściwy dobór sprzętu pomiarowego oraz poprawne ich obsługiwanie.

Wskazane jest, aby zajęcia dydaktyczne prowadzone były różnymi metodami ze szczególnym uwzględnieniem: metody ćwiczeń, tekstu przewodniego, projektów i przypadków, wykładu konwersatoryjnego.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- klasyfikować urządzenia energoelektroniczne,
- rozróżniać i charakteryzować poszczególne rodzaje urządzeń energoelektronicznych,
- klasyfikować półprzewodnikowe przyrządy mocy (ppm),
- interpretować podstawowe parametry i charakterystyki prądowo-napięciowe ppm,
- rozpoznawać elementy i podzespoły urządzeń energoelektronicznych,
- analizować pracę wybranych urządzeń energoelektronicznych na schematach oraz na podstawie przebiegów czasowych prądów i napięć,
- charakteryzować zabezpieczenia urządzeń energoelektronicznych,
- charakteryzować rozwiązania konstrukcyjne urządzeń energoelektronicznych,
- dobierać filtry zabezpieczające przekształtniki przed zakłóceniami,
- organizować stanowisko pracy do montażu i badania urządzeń energoelektronicznych w układach napędowych zgodnie z przepisami bhp, ochrony ppoż., ochrony środowiska i wymaganiami ergonomii,
- dobierać przyrządy pomiarowe i metody pomiaru do badania urządzeń energoelektronicznych,
- montować i uruchomić podzespoły obwodu głównego w urządzeniu energoelektronicznym,
- wyznaczać charakterystyki eksploatacyjne typowych przekształtników,
- interpretować przebiegi czasowe napięć i prądów w układach energoelektronicznych,
- lokalizować i usuwać proste uszkodzenia w urządzeniach energoelektronicznych,
- stosować zasady eksploatacji urządzeń energoelektronicznych,
- stosować zasady bhp podczas pracy przy urządzeniach elektrycznych,
- klasyfikować maszyny elektryczne,
- interpretować podstawowe parametry i charakterystyki silników elektrycznych,
- analizować pracę silników elektrycznych na podstawie ich charakterystyk,
- dobierać z katalogów ppm do warunków pracy napędu,
- wyznaczać charakterystyki silników,
- posługiwać się dokumentacją techniczną, normami oraz katalogami maszyn elektrycznych, podzespołów i urządzeń energoelektronicznych
- stosować zasady eksploatacji maszyn elektrycznych.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- wyjaśnić strukturę energoelektronicznego układu napędowego na schemacie blokowym,
- sklasyfikować energoelektroniczne układy napędowe,
- scharakteryzować właściwości układów napędowych,
- scharakteryzować kryteria regulacji układów napędowych,
- odczytać schematy funkcjonalne prostych energoelektronicznych układów napędowych,
- dobrać przyrządy pomiarowe i metody pomiaru podczas badania układów napędowych zasilanych z przekształtników,
- zorganizować stanowisko pracy do montażu i badania energoelektronicznych układów napędowych zgodnie z przepisami bhp, ochrony ppoż., ochrony środowiska i wymaganiami ergonomii,
- połączyć i uruchomić układy napędowe zasilane z przekształtników,
- dokonać regulacji napięcia, prądu i prędkości obrotowej w układach napędowych,
- wyznaczyć charakterystyki mechaniczne silników zasilanych z przekształtników,
- zmierzyć parametry wyjściowe układów napędowych,
- zanalizować oscylogramy wybranych przebiegów prądu i napięć w warunkach normalnych i przy symulacji zakłóceń,
- ocenić wyniki badań właściwości statycznych i dynamicznych układu regulacyjnego,
- zlokalizować uszkodzenia układów energoelektronicznych na podstawie wykonanych pomiarów,
- usunąć proste uszkodzenia w układzie napędowym,
- scharakteryzować najprostsze zabiegi konserwacyjne warunkujące prawidłową eksploatację układów napędowych,
- zastosować zasady prawidłowej eksploatacji energoelektronicznych układów napędowych,
- zastosować zasady bezpieczeństwa pracy oraz środki ochrony przeciwpożarowej w energoelektronicznych układach napędowych,
- posłużyć się dokumentacją techniczno-ruchową urządzeń energoelektronicznych.

4. PRZYKŁADOWE SCENARIUSZE ZAJĘĆ

Scenariusz zajęć nr 1

Osoba prowadząca

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Montaż i eksploatacja układów sterowania 311[08].Z4.

Jednostka modułowa: Montaż i badanie energoelektronicznych układów napędowych
311[08].Z4.03

Temat: Dobieranie rodzaju przekształtnika do zasilania określonego silnika elektrycznego

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności posługiwania się dokumentacją techniczną.

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- scharakteryzować kryteria regulacji układów napędowych,
- wyjaśnić strukturę energoelektronicznego układu napędowego na schemacie blokowym,
- posłużyć się dokumentacją techniczno-ruchową urządzeń energoelektronicznych,
- zastosować zasady bezpieczeństwa pracy oraz środki ochrony przeciwpożarowej w energoelektronicznych układach napędowych,
- ocenić wyniki badań właściwości statycznych i dynamicznych układu regulacyjnego,
- odczytać schematy funkcjonalne prostych energoelektronicznych układów napędowych.

Metody nauczania – uczenia się:

- pokaz z objaśnieniem,
- ćwiczenie.

Formy organizacyjne pracy uczniów:

- indywidualna zróżnicowana.

Środki dydaktyczne:

- karty katalogowe silników,
- karty katalogowe przekształtników,
- kalkulator,
- kartka,
- długopis.

Czas zajęć:

90 min.

Przebieg zajęć:

1. Powitanie uczniów, sprawdzenie listy obecności, podanie celu zajęć, sformułowanie tematu i zapis tematu do zeszytu.
2. Omówienie przez nauczyciela zasad doboru przekształtnika do napędu elektrycznego.
3. Omówienie przez nauczyciela warunków pracy układu napędowego.

4. Przypomnienie przez nauczyciela zasad rozruchu i regulacji prędkości w danych układach napędowych.
5. Realizacja ćwiczenia zgodnie z instrukcją.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) określić parametry silnika niezbędne do dobrania rodzaju przekształtnika,
- 2) określić warunki pracy układu napędowego,
- 3) obliczyć potrzebne parametry do doboru przekształtnika,
- 4) wyszukać w katalogach przekształtnik spełniający wymagania,
- 5) zweryfikować i uzasadnić sposób doboru przekształtnika.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe silników,
 - karty katalogowe przekształtników,
 - kalkulator,
 - kartka,
 - długopis.
6. Sprawdzenie prawidłowości wykonanych obliczeń.
 7. Sprawdzenie prawidłowości dokonanych doborów.
 8. Podsumowanie wykonanego ćwiczenia.

Zakończenie zajęć

Praca domowa

Wykonaj sprawozdanie z wykonanego ćwiczenia.

Sposób uzyskania informacji zwrotnej od ucznia po zakończonych zajęciach:

- anonimowe ankiety ewaluacyjne dotyczące sposobu prowadzenia zajęć i zdobytych umiejętności

Scenariusz zajęć nr 2

Osoba prowadząca
Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]
Moduł: Montaż i eksploatacja układów sterowania 311[08].Z4.
Jednostka modułowa: Montaż i badanie energoelektronicznych układów napędowych 311[08].Z4.03

Temat: Badanie dynamiki układu silnika prądu stałego zasilanego z jednofazowego prostownika prądu stałego.

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności badania układów napędowych.

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- wyjaśnić strukturę energoelektronicznego układu napędowego na schemacie blokowym,
- scharakteryzować właściwości układów napędowych,
- odczytać schematy funkcjonalne prostych energoelektronicznych układów napędowych,
- dobrać przyrządy pomiarowe i metody pomiaru podczas badania układów napędowych zasilanych z przekształtników,
- zorganizować stanowisko pracy do montażu i badania energoelektronicznych układów napędowych zgodnie z przepisami bhp, ochrony ppoż., ochrony środowiska i wymaganiami ergonomii,
- połączyć i uruchomić układy napędowe zasilane z przekształtników,
- dokonać regulacji napięcia, prądu i prędkości obrotowej w układach napędowych,
- zmierzyć parametry wyjściowe układów napędowych,
- zanalizować oscylogramy wybranych przebiegów prądu i napięć w warunkach normalnych i przy symulacji zakłóceń,
- ocenić wyniki badań właściwości dynamicznych układu regulacyjnego,
- zastosować zasady prawidłowej eksploatacji energoelektronicznych układów napędowych,
- zastosować zasady bezpieczeństwa pracy oraz środki ochrony przeciwpożarowej w energoelektronicznych układach napędowych,
- posłużyć się dokumentacją techniczno-ruchową urządzeń energoelektronicznych.

Metody nauczania – uczenia się:

- pokaz z objaśnieniem,
- ćwiczenia.

Formy organizacyjne pracy uczniów:

- grupowa jednolita.

Środki dydaktyczne:

- prostownik sterowany,
- silnik prądu stałego,
- maszyna obciążająca (prądnica prądu stałego),
- amperomierz,
- woltomierz,

- prostownik niesterowany,
- rezystory regulowane,
- przybory kreślarskie,
- papier milimetrowy,
- zestaw foliogramów,
- rzutnik.

Czas zajęć:

135 min.

Przebieg zajęć:

1. Powitanie uczniów, sprawdzenie listy obecności, podanie celu zajęć, sformułowanie tematu i zapis tematu do zeszytu.
2. Omówienie przez nauczyciela zasad dokonywania rozruchu w układzie napędowym.
3. Omówienie przez nauczyciela zjawisk zachodzących w stanach przejściowych.
4. Omówienie przez nauczyciela sposobów zdejmowania przebiegów dynamicznych.
5. Omówienie przez nauczyciela wykorzystania przebiegów dynamicznych do wyznaczania właściwości układu napędowego.
6. Przypomnienie przez nauczyciela zasad bezpiecznej pracy na stanowisku.
7. Realizacja ćwiczenia zgodnie z instrukcją.
8. Sprawdzenie prawidłowości wykonanego połączenia.
9. Wykonanie ewentualnych zmian w wykonywanym połączeniu.
10. Podsumowanie wykonanego ćwiczenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) dokonać rozruchu silnika,
- 2) zarejestrować przebiegi: $I_d = f(t)$, $\omega = f(t)$ za pomocą układu rejestrującego,
- 3) zaobserwować wpływ wartości ograniczenia prądowego na przebieg rozruchu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- prostownik sterowany,
- silnik,
- maszyna obciążająca (prądnica prądu stałego),
- amperomierz,
- woltomierz,
- prostownik niesterowany,
- rezystory regulowane,
- przybory kreślarskie,
- papier milimetrowy

5. ĆWICZENIA

5.1. Wiadomości wstępne

5.1.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na schemacie układu napędowego rozpoznaj zastosowane podzespoły i określ ich przeznaczenie. Określ rodzaj podzespołu.

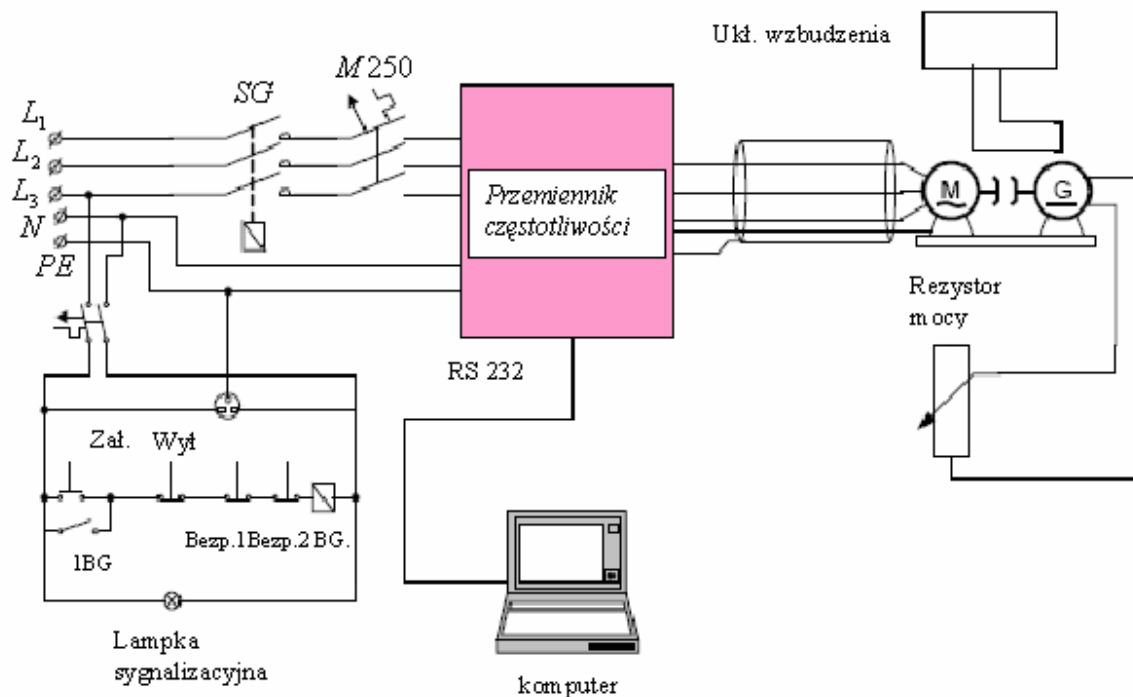
Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) określić rodzaj podzespołów zastosowanych w podanym schemacie układu napędowego,
- 2) określić funkcję poszczególnych podzespołów.



Schemat przykładowego układu napędowego

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- zestaw przykładowych schematów energoelektronicznych układów napędowych,
- kartki papieru,
- karty katalogowe,
- długopis,
- ołówek.

Ćwiczenie 2

Rozpoznać elementy układu w rzeczywistym przekształtniku.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) rozpoznać w danym rzeczywistym układzie przekształtnika elementy sterowania,
- 2) uzupełnić tabelkę nazwami rozpoznanych elementów.

Numer elementu	Nazwa elementu	Przeznaczenie
1		
2		
3		
4		

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- rzeczywisty układ napędowy z przekształtnikiem,
- kartki,
- długopis,
- karty katalogowe.

Ćwiczenie 3

Dobierz rodzaj przekształtnika do zasilania określonego silnika elektrycznego.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) określić parametry silnika niezbędne do dobrania rodzaju przekształtnika,
- 2) określić warunki pracy układu napędowego,
- 3) obliczyć potrzebne parametry do doboru przekształtnika,
- 4) wyszukać w katalogach przekształtnik spełniający wymagania,
- 5) zweryfikować i uzasadnić sposób doboru przekształtnika.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- karty katalogowe silników,
- karty katalogowe przekształtników,
- kalkulator,
- kartka,
- długopis.

Ćwiczenie 4

Przeanalizuj zachowanie układu napędowego w stanie dynamicznym na podstawie przebiegów prędkości obrotowej i prądu – symulacja komputerowa.

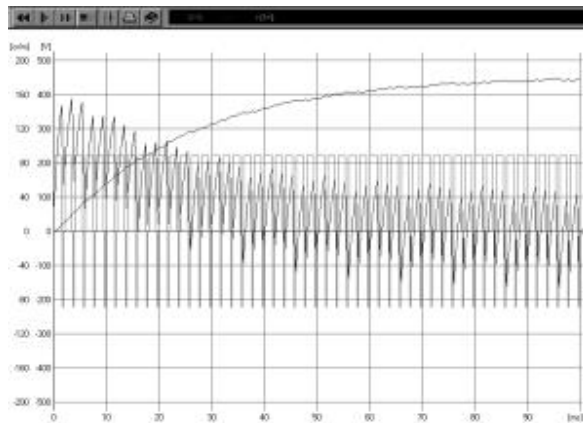
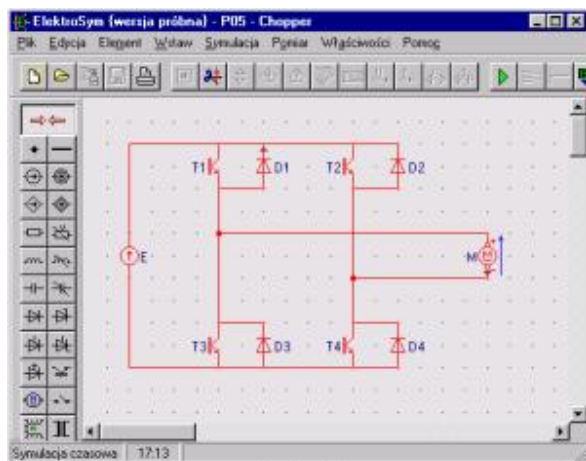
Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z programem komputerowym do symulacji układów elektronicznych i energoelektronicznych,
- 2) zaprojektować polecony przez nauczyciela układ energoelektroniczny,
- 3) zbadać jego dynamikę poprzez obserwację przebiegów czasowych w programie symulacyjnym,
- 4) wydrukować przebiegi czasowe napięcia, prądu i prędkości obrotowej układu napędowego z zastosowaniem w/w przekształtnika,
- 5) wyciągnąć wnioski z przeprowadzonych badań.



Przykład wykorzystania programu do badania układu czopera i przebiegów napięcia silnika, prądu i jego prędkości obrotowej

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- stanowisko komputerowe z oprogramowaniem specjalistycznym,
- drukarka,
- instrukcja obsługi programu specjalistycznego,
- karty katalogowe elementów elektronicznych,
- karty katalogowe silników elektrycznych,
- długopis,
- kartki papieru.

5.2. Układy napędowe z silnikami prądu stałego

5.2.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zbadaj silnik prądu stałego zasilanego z jednofazowego prostownika sterowanego.

Wskazówki do realizacji:

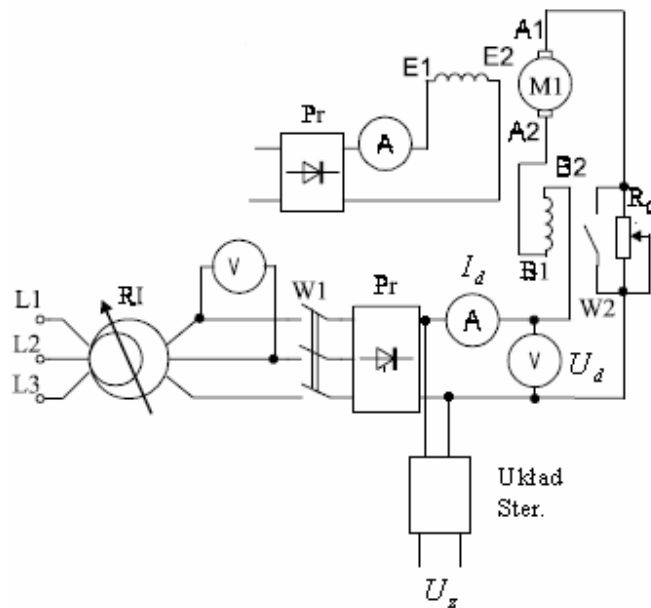
Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wyznaczyć charakterystykę zewnętrzną prostownika $U_d = f(I_d)$ dla kilku różnych wartości napięcia zadającego ($u_z = \text{const.}$ i $\alpha_z = \text{const.}$),
- 2) wyniki zapisać w tabeli

- 3) na podstawie pomiarów należy wykonać wykresy $U_d = f(I_d)$,
- 4) narysować przebiegi napięcia i prądu na wyjściu prostownika przy różnych kątach załączenia tyrystorów (za pomocą oscyloskopu katodowego),
- 5) połączyć układ zgodnie ze schematem na rysunku,
- 6) wyznaczyć charakterystykę mechaniczną silnika dla kilku różnych wartości napięcia zadającego $u_z = const.$ i $\alpha_z = const.$,
- 7) zapisać wyniki pomiarów w tabeli,
- 8) wykreślić na podstawie pomiarów i obliczeń charakterystyki mechaniczne silnika



Schemat układu pomiarowego

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- prostownik sterowany,
- silnik,
- maszyna obciążająca (prądnica prądu stałego),
- amperomierz,
- woltomierz,
- prostownik niesterowany,
- rezystory regulowane,
- przybory kreślarskie,
- papier milimetrowy.

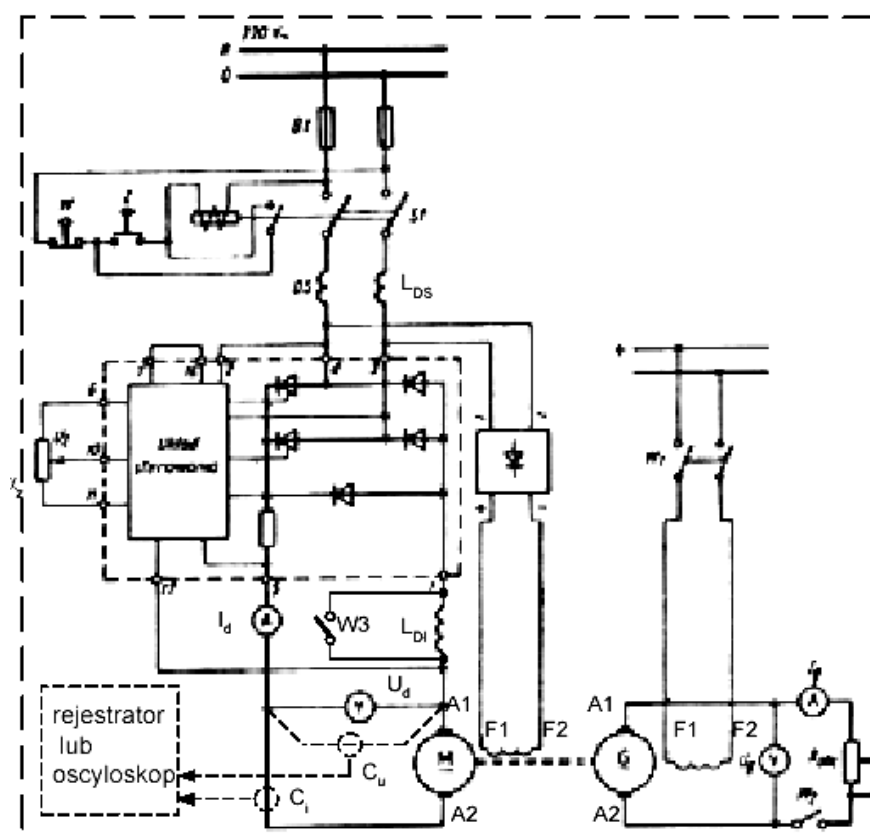
Ćwiczenie 2

Zbadaj dynamikę układu silnika prądu stałego zasilanego z jednofazowego prostownika sterowanego.

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Uczeń powinien:

- 1) dokonać rozruchu silnika,
- 2) zarejestrować przebiegi: $I_d = f(t)$, $\omega = f(t)$ za pomocą układu rejestrującego,
- 3) zaobserwować wpływ wartości ograniczenia prądowego na przebieg rozruchu.



Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

prostownik sterowany,
 silnik,
 maszyna obciążająca (prądnica prądu stałego),
 amperomierz,
 woltomierz,

- prostownik niesterowany,
- rezystory regulowane,
- przybory kreślarskie,
- papier milimetrowy.

Ćwiczenie 3

Zbadaj silnik prądu stałego zasilanego z różnych źródeł.

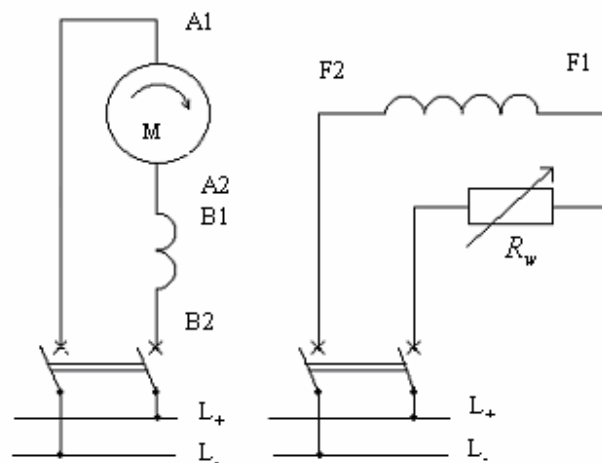
Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) połączyć silnik prądu stałego zgodnie ze schematem obwodu,
- 2) wyznaczyć charakterystyki mechaniczne i regulacyjne zasilając go z:
 - a) mostka Graetza,
 - b) pojedynczej diody,
 - c) układu 6-pulsowego,
 - d) źródła stabilizowanego,
- 3) narysować charakterystyki na papierze milimetrowym,
- 4) wyciągnąć wnioski z przeprowadzonego badania.



Schemat układu pomiarowego

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- prostownik sterowany,
- silnik obcowzbudny,
- mierniki uniwersalne,

- miernik prędkości obrotowej.

Ćwiczenie 4

Zbadaj układ napędowy w stanie statycznym i dynamicznym.

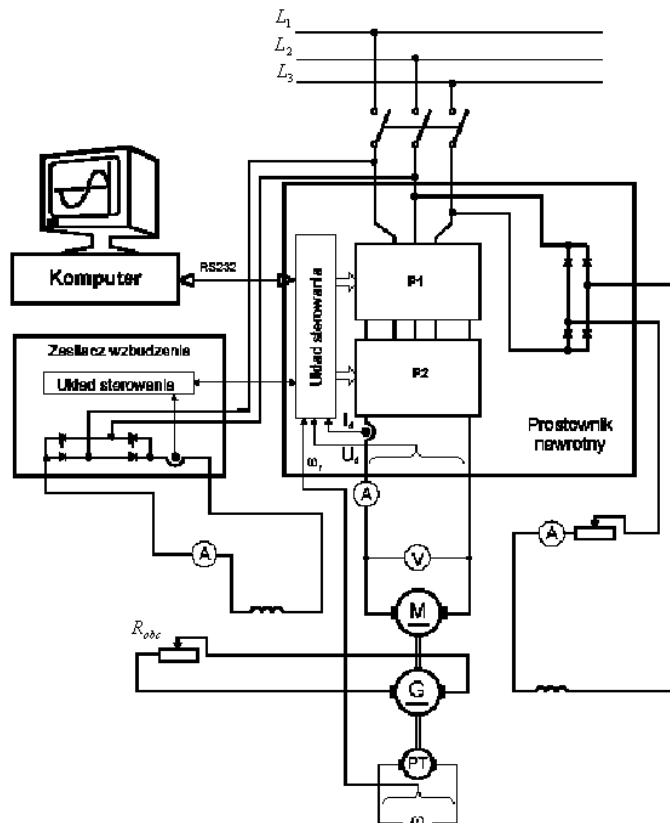
Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się ze stanowiskiem laboratoryjnym,
- 2) zapoznać się z obsługą i działaniem układu,
- 3) załączyć układ,
- 4) zmienić prędkość kątową, przeprowadzić nawrót,
- 5) wyznaczyć charakterystyki mechaniczne układu przy sprzężeniu prędkościowym dla różnych prędkości zadanych: 100%, 80%, 60%, i 40%. W sprawozdaniu dodatkowo określić sztywność charakterystyk,
- 6) wyznaczyć charakterystykę mechaniczną układu przy sprzężeniu prędkościowym dla 80% prędkości zadanej i 50% prądu ograniczenia,
- 7) sprawdzić zakres regulacji prędkości obrotowej,
- 8) wyznaczyć ustalony uchyb prędkości przy zmianie obciążenia,
- 9) wyznaczyć charakterystykę mechaniczną przy sprzężeniu napięciowym,
- 10) charakterystykę wyznaczyć dla 80% prędkości zadanej dla różnych nastaw IR,
- 11) dobrać wartość IR tak aby uzyskać charakterystykę mechaniczną sztywną,
- 12) przeprowadzić rejestrację przebiegów w stanie ustalonym dla 3 różnych wartości prędkości kątowej zadanej. Ustawić minimalny czas rejestracji,
- 13) przeprowadzić rejestrację przebiegów przy rozruchu silnika dla 6 różnych prądów ograniczenia.



Schemat stanowiska pomiarowego

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- prostownik sterowany,
- silnik obcowzbudny,
- mierniki uniwersalne,
- miernik prędkości obrotowej,
- komputer ze specjalistycznym oprogramowaniem,
- rejestrator,
- kartki papieru,
- długopis, ołówek,
- zestaw napędowy z silnikiem prądu stałego i regulatorem,
- oscyloskop.

Ćwiczenie 5

Dobierz nastawy regulatorów w energoelektronicznym układzie napędowym.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się ze stanowiskiem do optymalizacji układu napędowego,
- 2) dostroić układ do stałych czasowych T_E i T_M silnika napędzanego:
 - a) nastawić wzmacnienie regulatora prędkości $R(\omega)$ na wartość $k = 1$,
 - b) zadajnikiem prędkości zadać skokowo napięcie,
 - c) zaobserwować na oscyloskopie przebieg prądu ograniczenia w okresie jego narastania i w stanie ustalonym,
 - d) zmienić wartość członów korekcyjnych, tak by uzyskać prawidłowy przebieg prądu ograniczenia,
 - e) zwiększyć wzmacnienie regulatora prędkości, jeżeli przebieg prądu ograniczenia uzna za prawidłowe,
 - f) skorygować ostatecznie wartości elementów R_F i C_F obserwując przebiegi prędkości kątowej przy skokowych wymuszeniach,
- 3) wyciągnąć wnioski z przeprowadzonych badań.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- zestaw napędowy z silnikiem prądu stałego i regulatorem,
- oscyloskop,
- rejestrator,
- kartki papieru,
- długopis, ołówek.

Ćwiczenie 6

Zbadaj impulsowy układ rozruchu i hamowania.

Wskazówki do realizacji:

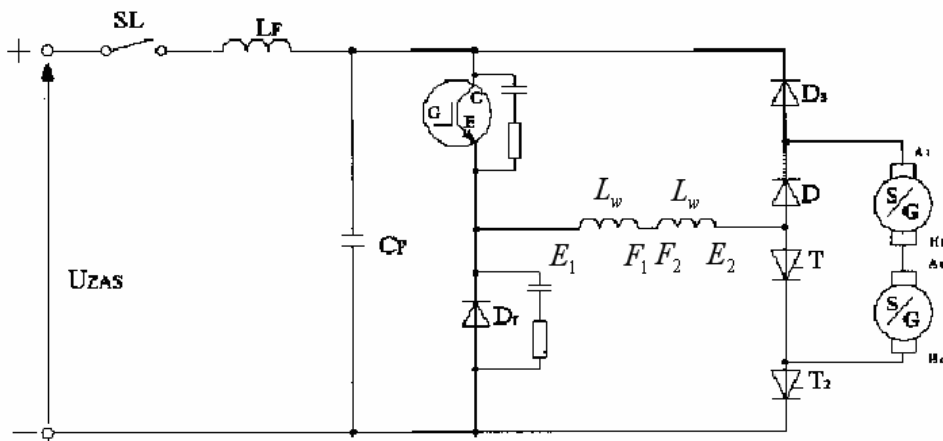
Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania. Zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zgromadzić na stanowisku pomiarowym sprzęt niezbędny do wykonania ćwiczenia,
- 2) połączyć układ pomiarowy,
- 3) zarejestrować przebiegi prądów i napięć w różnych miejscach obwodu:
 - a) w czasie rozruchu,

- b) w czasie hamowania odzyskowego,
- 4) dokonać obserwacji:
 - a) prądu pobieranego z sieci zasilającej,
 - b) prądu płynącego przez uzwojenia wzbudzenia silników,
 - c) napięcia na silniku,
 - d) prędkości obrotowej silników,
- 5) wyciągnąć wnioski z otrzymanych ćwiczeń.



Schemat laboratoryjnego układu impulsowego

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- układ modelowy do badania impulsowego rozruch i hamowania z odzyskiem,
- rejestrator,
- miernik prędkości obrotowej,
- kartki papieru,
- długopis.

Ćwiczenie 7

Zbadaj w oparciu o program TCAD układ napędowy z silnikiem prądu stałego zasilanym z prostownika sterowanego.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania. Zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z obsługą programu,
- 2) zapoznać się z topologią i parametrami badanego układu (plik STALY.sch),
- 3) dla dobranych nastaw korzystając z pliku STALY.sch zarejestrować przebiegi (prąd twornika i prędkość kątowna) przy rozruchu silnika do zadanych prędkości w zadanych warunkach obciążenia maszyny. Określić parametry rozruchu.
- 4) zarejestrować przebiegi przy zmniejszaniu prędkości silnika,
- 5) zarejestrować przebiegi przy skokowym obciążeniu i odciążeniu maszyny; określić parametry procesu przejściowego,
- 6) wyciągnąć wnioski z przeprowadzonych pomiarów.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- komputer z oprogramowaniem,
- drukarka,
- kalkulator,
- kartki papieru,
- długopis.

5.3. Układy napędowe z silnikami prądu przemiennego

5.3.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zbadaj silnik indukcyjny klatkowy z przemiennikiem częstotliwości.

Wskazówki do realizacji:

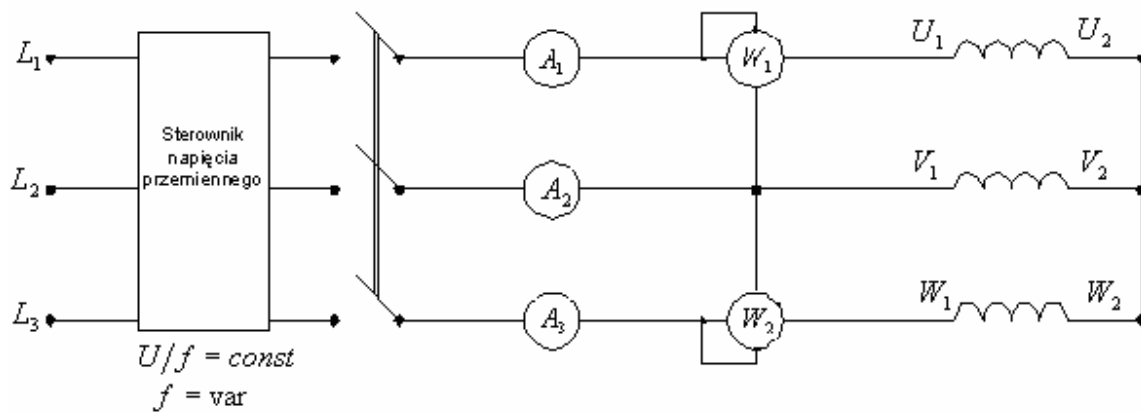
Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem,
- 2) dobrać sprzęt pomiarowy,
- 3) zmierzyć wartości prędkości obrotowej, prądów oraz mocy przy różnych częstotliwościach napięcia zasilającego i stałej wartości $\frac{U_1}{f_1}$,
- 4) zmienić wartość obciążenia silnika i pomiary powtórzyć,

- 5) wyznaczyć charakterystyki ruchowe silnika przy dwóch częstotliwościach zasilania różnych od znamionowej w funkcji momentu obciążenia na wale silnika,
- 6) zapisać wyniki w tabeli pomiarowej,
- 7) obliczyć pozostałe wartości charakteryzujące układ napędowy,
- 8) wykreślić charakterystyki η , P , I , $\cos\varphi$, $n = f(M)$,
- 9) wyciągnąć wnioski z pomiarów.



Schemat układu pomiarowego

Wzory do obliczeń:

$$P = P_1 + P_3 \quad \text{moc elektryczna}$$

$$M = m \cdot g \cdot \frac{r}{1000} \quad \text{moment użyteczny}$$

g – przyspieszenie ziemskie

m – masa ciężarka

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI} \quad \text{współczynnik mocy}$$

$$\eta = \frac{P_m}{P} 100\% \quad \text{sprawność}$$

$$P_m = \omega M = \frac{2\pi n}{60} M \quad \text{moc użyteczna}$$

Tabela pomiarowa

Lp.	Z pomiarów								Z obliczeń			
	f	n	U	I_R	I_s	I_T	P_{RS}	P_{TS}	P	$\cos\varphi$	P_m	η
	Hz	obr./min	V	A	A	A	W	W	W	–	W	%

Tabela pomiarowa

	Z pomiarów								Z obliczeń			
Lp.	U	n	M	I_R	I_s	I_T	P_{RS}	P_{TS}	P	$\cos\varphi$	P_m	η
	V	obr./min	Nm	A	A	A	W	W	W	–	W	%

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny,
- sterownik napięcia przemiennego,
- watomierze,
- amperomierze,
- miernik prędkości obrotowej,
- regulowane obciążenie wału silnika,
- kartki papieru,
- długopis, ołówek, linijka, zestaw krzywików,
- papier milimetrowy,
- kalkulator prosty.

Ćwiczenie 2

Zbadaj układ napędowy silnika klatkowego z bezpośrednią regulacją momentu

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) sprawdzić połączenia układu i narysować schemat układu ACS600,
- 2) zapoznać się z działaniem i obsługą przemiennika ACS600,
- 3) zapoznać się z działaniem i obsługą programu ABB DRIVE,
- 4) dla układu sterowania DTC z falownikiem ACS600:
 - a) wprowadzić dane wejściowe i przeprowadzić bieg identyfikacyjny silnika,
 - b) zbadać działanie układu przy obciążeniu silnika, zmienić wartość ograniczenia momentu,
 - c) przeprowadzić nawrót silnika,
 - d) przeprowadzić regulację czasów przyspieszania i hamowania oraz wyboru krzywej przyspieszania/hamowania,
 - e) wykonać skok momentu obciążenia przez załączenie obwodu twornika prądu stałego (obciążenie),
 - f) dokonać zmian nastaw regulatora prędkości i zaobserwować zachowanie silnika

- podczas zmian prędkości zadanej, np. rozruch, nawrót,
- g) po porównaniu wpływu nastaw regulatora prędkości na przebieg prędkości przeprowadzić samodostrojenie regulatora prędkości,
 - h) zastosować funkcję nadzoru prędkości krytycznych,
 - i) przeprowadzić obserwację i rejestrację przebiegu prądu wyjściowego przekształtnika wykorzystując czujnik LEM,
 - j) woltomierzem elektromagnetycznym zmierzyć napięcie międzyfazowe na wyjściu przekształtnika przy silniku obracającym się ze znamionową prędkością obrotową,
- 5) wykorzystując program symulacyjny obejrzeć przebiegi prądów, momentu i innych zmiennych wewnętrznych silnika w charakterystycznych punktach pracy (rozruch, nawrót, zmiana prędkości, zmiana strumienia, zmiana momentu obciążenia).

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny,
- sterownik napięcia zmiennego,
- watomierze,
- amperomierze,
- miernik prędkości obrotowej,
- regulowane obciążenie wału silnika,
- kartki papieru,
- długopis, ołówek, linijka, zestaw krzywików,
- papier milimetrowy,
- kalkulator prosty.

Ćwiczenie 3

Zbadaj rozruch układu napędowego silnika indukcyjnego z urządzeniem do łagodnego rozruchu (softstart).

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z dokumentacją techniczno-ruchową zastosowanego urządzenia,
- 2) dobrać nastawy i zabezpieczenia do silnika, którego rozruch ma przeprowadzić,
- 3) zaprogramować urządzenie zgodnie z wymogami napędu dla danego silnika,
- 4) przeprowadzić rozruch, kontrolując prąd pobierany przez silnik i jego prędkość obrotową,
- 5) pomiary zanotować w tabeli,
- 6) wyciągnąć wnioski.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- urządzenie do łagodnego rozruchu (softstart),
- silnik indukcyjny,
- amperomierze,
- miernik prędkości obrotowej,
- długopis,
- kartki papieru.

Ćwiczenie 4

Zbadaj w oparciu o program TCAD układ napędowy z silnikiem asynchronicznym klatkowym sterowanym według zasady $U/f = \text{const}$.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania oraz zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z obsługą programu,
- 2) zapoznać się z topologią i parametrami badanego układu (plik ZMIENNY.sch),
- 3) zarejestrować przebiegi (prąd stojana, wirnika, moment i prędkość kątową) przy rozruchu silnika do zadanych prędkości w zadanych warunkach obciążenia maszyny,
- 4) określić parametry rozruchu,
- 5) zarejestrować przebiegi przy skokowym obciążeniu i odciążeniu maszyny; określić parametry procesu przejściowego,
- 6) zarejestrować przebiegi: prądu i napięcia stojana, prądu wirnika, napięcia na kondensatorze pośredniczącym oraz prądu i napięcia zasilania przekształtnika w stanie ustalonym napędu,
- 7) zarejestrować przebiegi przy zmniejszaniu prędkości silnika; zbadać wpływ obciążenia na przebieg hamowania.



Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- Środki dydaktyczne:

- „Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Fundusz Społecznego”

6. EWALUACJA OSIĄGNIĘĆ UCZNIA

Przykłady narzędzi pomiaru dydaktycznego

Test sumatywny pisemno-praktyczny z działu: Układy napędowe z silnikami prądu stałego

Test składa się z dziesięciu zadań – zadanie numer 1 jest zadaniem pisemnym, pozostałe zadania są zadaniami praktycznymi.

Punktacja zadań:

Za każde poprawne wykonanie zadania uczeń otrzymuje punkty, zgodnie z arkuszem rozwiązania.

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

- niedostateczny – 0÷5 pkt
- dopuszczający – 6÷9 pkt
- dostateczny – 10÷13 pkt
- dobry – 14÷17 pkt
- bardzo dobry – 18÷20 pkt

Plan testu

Nr zadania w teście	Cel operacyjny	Kategoria celu	Poziom wymagań
1	Zdefiniować parametry układu napędowego	B	P
2	Połączyć układ na podstawie schematu	C	P
3	Zmierzyć wielkości pozwalające wyznaczyć parametry układu napędowego	C	P
4	Wykreślić charakterystyki układu napędowego	C	P
5	Narysować przebiegi napięcia i prądu	B	P
6	Połączyć układ na podstawie schematu	C	P
7	Zmodyfikować układ napędowy	C	PP
8	Sprawdzić poprawność modyfikacji	C	P
9	Zanalizować pracę układu na podstawie uzyskanych wyników	C	PP
10	Opracować wyniki pomiarów	C	P

Arkusz oceny rozwiązania testu

Nr	Nazwa czynności	Liczba punktów	Kryterium oceny	Liczba punktów		
				Uczeń 1	Uczeń 2	Uczeń 3
1.	Podanie definicji i wzoru:	1	Podanie: definicji, wzoru v_z , η , λ .			
		0	błędne			
2.	Połączenie układu pomiarowego	2	Połączenie układu do wyznaczenia $U_d=f(I_d)$,			
		0	z błędami			
3.	Pomiar wielkości	2	Pomiar : U_d , I_d			
		0	Brak pomiarów lub pomiary błędne			
4.	Narysowanie charakterystyki	2	Narysowanie ch-ki $U_d=f(I_d)$			
		0	błędne			
5.	Narysowanie przebiegów	2	Narysowanie przebiegów o różnym kącie załączania v_z ,			
		0	błędne			
6.	Połączenie układu pomiarowego	2	Połączenie układu do wyznaczenia ch-ki mechanicznej			
		0	błędne			
7.	Modyfikacja układu w celu zastosowania zamkniętego obwodu sprzężenia napięciowego	2	Zastosowanie sprzężenia napięciowego			
		0	błędy lub brak modyfikacji			
8.	Sprawdzenie modyfikacji układu zgodnie z założeniami	3	Wyznaczenie ch-yk, porównanie wielkości			
		0	z błędami			
9.	Analiza pracy układu	2	Analiza układu na podstawie pomiarów i określenie jego parametrów			
		0	z błędami			

Nr	Nazwa czynności	Liczba punktów	Kryterium oceny	Liczba punktów		
				Uczeń 1	Uczeń 2	Uczeń 3
10.	Sporządzenie sprawozdania	2	Sprawozdanie zawiera: schematy pomiarowe, przrządy pomiarowe, obliczenia, charakterystyki, analizę pracy układu, wnioski			
		0	z błędami			
Suma						

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela

1. Uczniowie wykonują zadania indywidualnie, a zatem nauczyciel musi przygotować stanowiska pomiarowe i zapewnić sprzęt pomiarowy dla każdego ucznia.
2. Test należy przeprowadzić w czasie jednej jednostki metodycznej – w czasie nie dłuższym niż 90 minut.

Instrukcja dla ucznia

Przystępujesz do wykonania zadania, sprawdzającego w jakim stopniu opanowałeś wiadomości i jakie posiadasz umiejętności z działu „Układy napędowe z silnikami prądu stałego”.

Wynik tego testu pozwoli ci stwierdzić jakie jeszcze masz braki w danej dziedzinie czyli nad czym jeszcze musisz popracować.

Przystępując do rozwiązania podanego zadania:

1. Przeczytaj uważnie instrukcję – masz na tą czynność 5 minut. Jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
3. Na rozwiązanie zadań masz 90 minut.
4. W czasie rozwiązywania zadań możesz korzystać z katalogów.
5. Test zawiera 10 zadań. Zadania od nr 1 do 6 wykonujesz według podanej kolejności.
6. Jeśli nie potrafiłbyś wykonać zadań od 7 do 9, przejdź do rozwiązywania zadania 10.
7. Przeliczenie punktów na ocenę szkolną przedstawi nauczyciel po zakończeniu testu.

Materiały dla ucznia:

- instrukcja,
- zestaw zadań testowych,
- karta odpowiedzi.

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

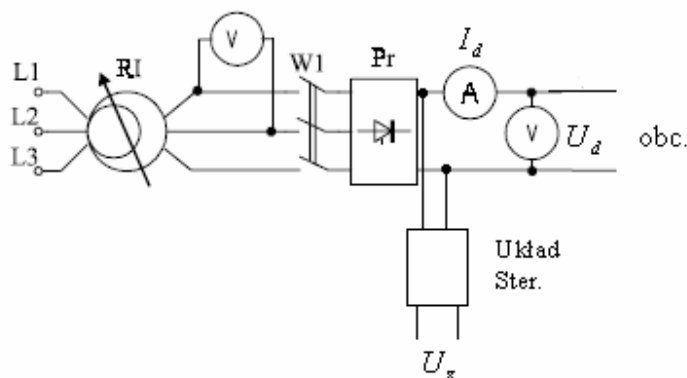
Zadanie 1. (1 punkt)

Podaj definicje i wzory:

- kąta załączenia tyrystora ϑ_z ,
- kąta przewodzenia tyrystora λ
- sprawności układu napędowego η

Zadanie 2. (2 punkty)

Zbuduj układ do wyznaczania charakterystyki zewnętrznej prostownika



Zadanie 3. (2 punkty)

Zmierz wielkości potrzebne do wyznaczenia tej charakterystyki przy różnych wartościach napięcia zadanego ($u_z = const.$ i $\alpha_z = const.$).

Wartości zapisz w tabeli.

Zadanie 4. (2 punkty)

Na podstawie pomiarów narysuj charakterystyki $U_d = f(I_d)$.

Zadanie 5. (2 punkty)

Narysuj przebiegi napięcia i prądu na wyjściu prostownika przy różnych kątach załączenia tyrystorów (za pomocą oscyloskopu katodowego), .

Zadanie 6. (2 punkty)

Zbuduj układ do pomiaru charakterystyki mechanicznej silnika dla kilku różnych wartości napięcia zadanego $u_z = const.$ i $\alpha_z = const.$

Test sumatywny pisemno-praktyczny z działu: Układy napędowe z silnikami prądu zmiennego

Test składa się z dziesięciu zadań – zadanie numer 1 jest zadaniem pisemnym, pozostałe zadania są zadaniami praktycznymi.

Punktacja zadań:

Za każde poprawne wykonanie zadania uczeń otrzymuje punkty, zgodnie z arkuszem rozwiązania.

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

- niedostateczny – 0÷5 pkt
- dopuszczający – 6÷9 pkt
- dostateczny – 10÷13 pkt
- dobry – 14÷17 pkt
- bardzo dobry – 18÷20 pkt

Plan testu

Nr zadania w teście	Cel operacyjny	Kategoria celu	Poziom wymagań
1	Zdefiniować parametry układu napędowego	B	P
2	Połączyć układ na podstawie schematu	C	P
3	Zmierzyć wielkości pozwalające wyznaczyć parametry układu napędowego	C	P
4	Wykreślić charakterystyki układu napędowego	C	P
5	Obliczyć parametry układu napędowego	B	P
6	Porównać praktycznie uzyskane parametry z obliczonymi	B	P
7	Zmodyfikować układ napędowy	C	PP
8	Sprawdzić poprawność modyfikacji	C	P
9	Zanalizować pracę układu na podstawie uzyskanych wyników	C	PP
10	Opracować wyniki pomiarów	C	P

Arkusz oceny rozwiązania testu

Nr	Nazwa czynności	Liczba punktów	Kryterium oceny	Liczba punktów		
				Uczeń 1	Uczeń 2	Uczeń 3
1.	Podanie definicji i wzoru:	1	Podanie: definicji, wzoru v_z , $\cos\varphi$, λ .			
		0	błędne			
2.	Połączenie układu pomiarowego	2	Połączenie układu zgodnie ze schematem			
		0	z błędami			
3.	Pomiar wielkości	2	Pomiar : ω , I , P			
		0	Brak pomiarów lub pomiary błędne			
4.	Narysowanie charakterystyk	2	Narysowanie ch-k dla dwóch różnych częstotliwości napięcia zasilania			
		0	błędne			
5.	Obliczenie parametrów	2	Obliczenie: $\cos\varphi$, P , η			
		0	nie obliczony żaden parametr lub błędy w obliczeniu			
6.	Porównanie parametrów z danymi technicznymi	2	Porównanie parametrów $\cos\varphi$, P , η			
		0	błędnie			
7.	Modyfikacja układu w celu uzyskania wyższej sprawności	2	Zmiana P			
		0	błędy lub brak modyfikacji			
8.	Sprawdzenie modyfikacji zgodnie z założeniami	3	Pomiar wielkości do wyznaczenia ch-k, porównanie wyników pomiarowych			
		0	z błędami			
9.	Analiza pracy układu	2	Analiza układu na podstawie pomiarów i określenie jego parametrów			
		0	z błędami			

Nr	Nazwa czynności	Liczba punktów	Kryterium oceny	Liczba punktów		
				Uczeń 1	Uczeń 2	Uczeń 3
10.	Sporządzenie sprawozdania	2	Sprawozdanie zawiera: schematy pomiarowe, przyrządy pomiarowe, obliczenia, charakterystyki, analizę pracy układu, wnioski			
		0	z błędami			
Suma						

Instrukcja dla nauczyciela

1. Uczniowie wykonują zadania indywidualnie, a zatem nauczyciel musi przygotować stanowiska pomiarowe i zapewnić sprzęt pomiarowy dla każdego ucznia.
2. Test należy przeprowadzić w czasie jednej jednostki metodycznej – w czasie nie dłuższym niż 90 minut.

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

Przystępujesz do wykonania zadania, sprawdzającego w jakim stopniu opanowałeś wiadomości i jakie posiadasz umiejętności z działu „Układy napędowe z silnikami prądu zmiennego”.

Wynik tego testu pozwoli ci stwierdzić, jakie jeszcze masz braki w danej dziedzinie czyli nad czym jeszcze musisz popracować.

Przystępując do rozwiązywania podanego zadania:

1. Przeczytaj uważnie instrukcję – masz na tę czynność 5 minut. Jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
3. Na rozwiązanie zadań masz 90 minut.
4. W czasie rozwiązywania zadań możesz korzystać z katalogów.
5. Test zawiera 10 zadań. Zadania od nr 1 do 6 wykonujesz według podanej kolejności.
6. Jeśli nie potrafiłbyś wykonać zadań od 7 do 9, przejdź do rozwiązywania zadania 10.
7. Przeliczenie punktów na ocenę szkolną przedstawi nauczyciel po zakończeniu testu.

Materiały dla ucznia:

- instrukcja,
- zestaw zadań testowych,
- karta odpowiedzi.

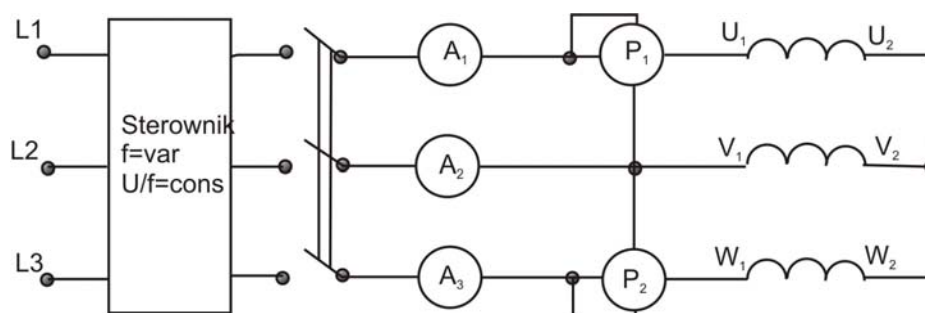
ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Podaj definicje i wzory:

- kąta załączenia tyrystora ϑ_z
- kąta przewodzenia tyrystora λ
- współczynnika mocy $\cos \varphi$

(1 punkt)

2. Zbuduj układ do pomiaru zgodnie ze schematem. Dobierz sprzęt pomiarowy.



(2 punkty)

3. Zmierz wartości prędkości obrotowej ω , prądów oraz mocy przy różnych częstotliwościach napięcia zasilającego. Wartości zapisz w tabeli.

(2 punkty)

4. Na podstawie pomiarów narysuj charakterystyki ruchowe silnika przy dwóch częstotliwościach zasilania różnych od znamionowej w funkcji momentu obciążenia na wale silnika.

(2 punkty)

5. Oblicz parametry układu napędowego η , P , $\cos \varphi$.

(2 punkty)

6. Porównaj uzyskane praktycznie parametry z obliczonymi.

(2 punkty)

7. Zmodyfikuj układ w celu uzyskania wyższej sprawności układu.

(2 punkty)

8. Zmierz wielkości potrzebne do wyznaczenia charakterystyk w zmodyfikowanym układzie przy różnych wartościach obciążenia silnika i różnych częstotliwościach napięcia zasilania. Wartości zapisz w tabeli. Sprawdź poprawność modyfikacji.

(3 punkty)

9. Zanalizuj pracę układu na podstawie uzyskanych wyników pomiarów.

(2 punkty)

10. Na podstawie wykonanych pomiarów i obliczeń sporządź sprawozdanie.

(2 punkty)

6. LITERATURA

1. ACS/ACC/ACP 601 Frequency Converters 2.2 to 110 kW – Installation & Start-up Manual. ABB Industry Oy, 1998
2. Barlik R., Nowak M.: Technika tyrystorowa WNT, Warszawa 1988
3. Dębowski A.: Sposoby sterowania momentem w nowoczesnym napędzie elektrycznym. Artykuł z seminarium towarzyszącemu targom „Napędy i Sterowanie '99”
4. DTC – Bezpośrednie Sterowanie Momentem, przewodnik techniczny nr 1. ABB Industry, Zakład Napędów
5. Golusiński L., Rulaff B., Chrzan P.: Laboratorium automatyzacji napędu. Wyd. PG, Gdańsk 1985
6. Januszewski S., Pytlak A., Rosnowska-Nowaczyk M., Świątek H.: Napęd elektryczny, WSiP, Warszawa 1994
7. Januszewski S., Pytlak A., Rosnowska-Nowaczyk M., Świątek H.: Energoelektronika WSiP Warszawa 2004
8. Przemienniki częstotliwości ACS 600 o mocach od 2.2 do 315 kW – podręcznik programowania wersja 1.0. ABB Industry Sp. z o.o., 1996. [ACS 600 Frequency Converters 2.2 to 630 kW – Programming Manual. ABB Industry Oy, 1997]
9. Ptaszyński L.: Przetwornice częstotliwości. Envirotech, Poznań 1996.
10. Sidorowicz J.: Napęd elektryczny i jego sterowanie. Oficyna Wydawnicza Pol. Warszawskiej, Warszawa 1994
11. Tunia H., Kaźmierkowski M.: Automatyka napędu przekształtnikowego. PWN, Warszawa 1987
12. Tunia H., Winiarski B.: Energoelektronika: PWN, Warszawa 1994.