



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Marek Szymański

Badanie układów automatyki zabezpieczeniowej 311[08].Z3.04

Poradnik dla nauczyciela

Wydawca

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

Recenzenci:

mgr inż. Henryk Krystkowiak

mgr inż. Grażyna Adamiec

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr Bożena Zając

Korekta:

mgr inż. Jarosław Sitek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[08].Z3.04 „Badanie układów automatyki zabezpieczeniowej” 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	10
5.1. Zakłócenia w systemie elektroenergetycznym	10
5.1.1. Ćwiczenia	10
5.2. Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa	11
5.2.1. Ćwiczenia	11
5.3. Przekładniki prądu przemiennego	14
5.3.1. Ćwiczenia	14
5.4. Zabezpieczenia transformatorów	17
5.4.1. Ćwiczenia	17
5.5. Zabezpieczenia linii	18
5.5.1. Ćwiczenia	18
5.6. Zabezpieczenia silników	20
5.6.1. Ćwiczenia	20
5.7. Samoczynne ponowne załączanie SPZ	21
5.7.1. Ćwiczenia	21
5.8. Samoczynne załączanie rezerwy SZR	22
5.8.1. Ćwiczenia	22
5.9. Samoczynne częstotliwościowe odciążanie SCO	23
5.9.1. Ćwiczenia	23
6. Ewaluacja osiągnięć ucznia	23
7. Literatura	32

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,
- test dla potrzeb prowadzenia ewaluacji osiągnięć uczniów,
- literaturę.

Wskazane jest, aby zajęcia dydaktyczne prowadzone były różnymi metodami ze szczególnym uwzględnieniem ćwiczeń laboratoryjnych oraz metody tekstu przewodniego.

W trakcie realizacji jednostki modułowej będzie dominować jednolita praca grupowa prowadzona w zespołach dwu- lub trzyosobowych w zależności od możliwości technicznych szkoły. W trakcie realizacji tej jednostki modułowej uczniowie wykorzystują wiedzę i umiejętności z zakresu wykonywania pomiarów elektrycznych, doboru i stosowania aparatów i maszyn elektrycznych. Przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia uczniowie muszą posiadać wiedzę z zakresu wykonywanego ćwiczenia. Istotne jest więc, aby rzetelnie odpowiedzieli na pytania sprawdzające zawarte w każdym rozdziale. Na zakończenie jednostki modułowej zaproponowano dwa przykładowe narzędzia do badań sumujących: test pisemny oraz test praktyczny. Należy zaznaczyć, że są to propozycje testów i mogą być modyfikowane przez nauczycieli prowadzących proces kształcenia w tej jednostce modułowej.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- czytać schematy ideowe automatyki zabezpieczeniowej,
- posługiwać się miernikami elektrycznymi,
- dobierać rodzaj i zakres mierników do wykonywanych pomiarów,
- określać niepewność pomiaru,
- oceniać stan techniczny połączeń na podstawie oględzin i pomiarów,
- korzystać z literatury i kart katalogowych osprzętu instalacyjnego, przewodów,
- korzystać z norm dotyczących instalacji elektrycznych,
- stosować podstawowe prawa i zależności dotyczące obwodów prądu stałego i przemiennego,
- stosować zasady bhp i ochrony ppoż. obowiązujące na stanowisku pracy.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- zorganizować stanowisko pracy zgodnie z przepisami bhp, ochrony ppoż., ochrony środowiska i wymaganiami ergonomii,
- określić rodzaje zakłóceń w systemie elektroenergetycznym,
- dobrać zabezpieczenia elektroenergetyczne ze względu na rodzaj zakłócenia,
- rozróżnić przekładnik prądowy i napięciowy,
- rozpoznać przekaźniki zabezpieczeniowe na podstawie wyglądu zewnętrznego i stosowanych oznaczeń,
- zinterpretować parametry przekładników i przekaźników podawane na tabliczkach znamionowych,
- sprawdzić parametry przekładników prądowych i napięciowych,
- sprawdzić parametry przekaźników pomiarowych i pomocniczych,
- ocenić stan techniczny przekładników i przekaźników na podstawie przeprowadzonych pomiarów,
- przeanalizować pracę układów zabezpieczeniowych z przekaźnikami na podstawie ich schematów ideowych,
- połączyć układy z przekaźnikami zabezpieczeniowymi na podstawie schematów ideowych i montażowych,
- zbadać obwody pomiarowe, sterownicze i sygnalizacyjne w układach automatyki zabezpieczeniowej,
- dobrać zabezpieczenia linii elektroenergetycznych, transformatorów i silników,
- połączyć układy prostych zabezpieczeń różnych obiektów i sprawdzić ich działanie,
- posłużyć się katalogami, normami, przepisami i dokumentacją techniczną przy doborze i badaniu układów automatyki zabezpieczeniowej,
- zastosować zasady bhp i ochrony ppoż. obowiązujące na stanowisku pracy.

4. SCENARIUSZE ZAJĘĆ

Scenariusz zajęć nr 1

Osoba prowadząca

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Budowa i eksploatacja sieci elektroenergetycznych 311[08].Z3.

Jednostka modułowa: Badanie układów automatyki zabezpieczeniowej 311[08].Z3.04

Temat: Identyfikowanie rodzajów zakłóceń w sieciach elektroenergetycznych

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności z zakresu identyfikowania zakłóceń w elementach układu elektroenergetycznego

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- określić rodzaje zakłóceń występujących w systemie elektroenergetycznym,
- określić przyczyny różnych zakłóceń w sieci energetycznej, transformatorach,
- przewidzieć skutki zakłóceń,
- określić rodzaj zabezpieczenia do konkretnego rodzaju zakłócenia.

Metody nauczania:

- wykład konwersatoryjny.

Formy organizacyjne pracy uczniów:

- grupowa jednolita,
- indywidualna.

Czas: 135 minut.

Środki dydaktyczne:

- plansze i foliogramy ukazujące przykładowe systemy energetyczne,
- plansze i foliogramy ukazujące systematykę zakłóceń w systemach elektroenergetycznych,
- katalogi urządzeń zabezpieczających przed zakłóceniami.

Przebieg zajęć:

1. Wyjaśnienie przebiegu zajęć i omówienie celów zajęć – 5 minut.
2. Zdefiniowanie pojęcia zakłócenie – 5 minut.
3. Omówienie przez nauczyciela typowej struktury systemu elektroenergetycznego na podstawie schematu – 15 minut.
4. Realizacja tematu – 45 minut:
 - określają rodzaje zakłóceń występujących w systemie elektroenergetycznym,
 - określają przyczyny różnych zakłóceń w sieci energetycznej, transformatorach,
 - przewidują skutki zakłóceń,
 - określają rodzaje zabezpieczenia stosowanego do konkretnego rodzaju zakłócenia.
5. Na podstawie wypowiedzi uczniów porządkowana zostaje klasyfikacja zakłóceń, przyczyn ich powstawania oraz ich skutków – 25 minut.
6. Omówienie metod zapobiegania zakłóceniom oraz usuwania ich skutków – 25 minut.

Zakończenie zajęć

Podsumowanie i przedstawienie pracy domowej – 10 minut

Praca domowa

Twoim zadaniem będzie określenie na podstawie notatek z zajęć rodzaju zakłóceń, które mogą wystąpić w instalacji elektrycznej występującej w Twoim mieszkaniu.

Sposób uzyskania informacji zwrotnej od uczniów po zakończonych zajęciach:

- anonimowe ankiety ewaluacyjne dotyczące sposobu prowadzenia zajęć, trudności podczas realizowania zadania i zdobytych umiejętności.

Scenariusz zajęć nr 2

Osoba prowadząca

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Budowa i eksploatacja sieci elektroenergetycznych 311[08].Z3.

Jednostka modułowa: Badanie układów automatyki zabezpieczeniowej 311[08].Z3.04

Temat: Dobieranie zabezpieczeń do silnika indukcyjnego

Cel ogólny: kształtowanie umiejętności z zakresu dobierania zabezpieczeń do elektrycznych silników indukcyjnych

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- dobrać rodzaj zabezpieczenia do silnika indukcyjnego na podstawie danych znamionowych silnika,
- narysować schemat połączeń układu zabezpieczeń silnika,
- dobrać prąd zadziałania zabezpieczeń,
- dobrać zwłoki czasowe zabezpieczeń,
- połączyć układ i uruchomić go.

Metody nauczania:

- ćwiczenia przedmiotowe.

Formy organizacyjne pracy uczniów:

- grupowa jednolita.

Czas: 90 minut.

Środki dydaktyczne:

- stanowisko pomiarowe,
- katalogi silników,
- katalogi urządzeń automatyki zabezpieczeniowej,
- katalogi aparatury łączeniowej,
- silnik,
- aparatura łączeniowa,
- aparatura zabezpieczająca,
- przyrządy pomiarowe.

Przebieg zajęć:

1. Sprawy organizacyjne.
2. Nawiązanie do tematu, omówienie celów zajęć.
3. Zorganizowanie stanowiska do wykonania ćwiczenia.
4. Realizacja tematu:
 - zapoznanie uczniów z zasadami bhp obowiązującymi na stanowisku pracy,
 - omówienie przez nauczyciela sposobu posługiwania się katalogami silników,
 - omówienie przez nauczyciela sposobu korzystania z danych znajdujących się na tabliczce znamionowej,
 - omówienie przez nauczyciela sposobu posługiwania się katalogami silników
 - omówienie przez nauczyciela stanów zakłóceń w pracy silników,
 - omówienie przez nauczyciela sposobów zabezpieczeń silników
 - przygotowanie planu pracy,

- dobieranie rodzaju zabezpieczeń do silnika indukcyjnego na podstawie danych znamionowych silnika,
 - rysowanie schemat połączeń układu zabezpieczeń silnika,
 - dobranie prądu zadziałania zabezpieczeń,
 - dobranie zwłoki czasowej zabezpieczeń,
 - łączenie układu zasilania i zabezpieczeń silnika,
 - uruchomienie silnika,
 - sprawdzenie działania zabezpieczeń,
 - stosowanie przepisów bhp obowiązujących na stanowisku pracy.
5. Po ustaleniu wszystkich czynności zawartych w poleceniu zadania, każda grupa uczniów dokonuje analizy swojej pracy.
 6. Uczniowie wskazują swoje słabe i mocne strony, jakie ujawniły się podczas wykonywania ćwiczenia.
 7. Nauczyciel analizuje pracę uczniów i określa poczynane postępy.

Zakończenie zajęć

Uczniowie prezentują swoje prace.

Klasa wspólnie z nauczycielem dokonuje oceny prac.

Praca domowa

Twoim zadaniem będzie określenie na podstawie notatek z zajęć zabezpieczeń silnika elektrycznego znajdującego się w agregacie sprężarkowym.

Sposób uzyskania informacji zwrotnej od uczniów po zakończonych zajęciach:

- anonimowe ankiety ewaluacyjne dotyczące sposobu prowadzenia zajęć, trudności podczas realizowania zadania i zdobytych umiejętności.

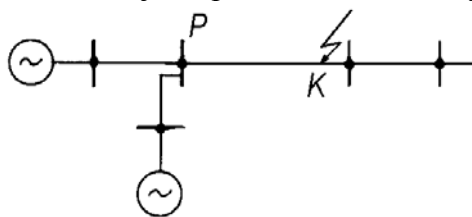
5. ĆWICZENIA

5.1. Zakłócenia w systemie elektroenergetycznym

5.1.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przedstaw, jakie zakłócenia mogą wystąpić w przedstawionej na rysunku sieci elektroenergetycznej. Krótko omów, w jaki sposób można zidentyfikować te zakłócenia.



Wskazówki do realizacji

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

W ćwiczeniu przewidziano pracę w zespołach dwuosobowych lub indywidualną jednolitą. Ze względu na brak konieczności uruchamiania układów ćwiczenie może być realizowane w sali wykładowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zidentyfikować elementy systemu elektroenergetycznego,
- 2) wymienić przynajmniej dwa zakłócenia, jakie mogą wystąpić w systemie elektroenergetycznym,
- 3) wskazać sposób identyfikowania tych zakłóceń,
- 4) opisać sposoby zapobiegania zakłóceniom.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- przybory kreślarskie,
- normy, katalogi, poradniki.

5.2. Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa

5.2.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Rozpoznaj przekaźniki na podstawie wyglądu zewnętrznego oraz danych znamionowych.

Wskazówki do realizacji:

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

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatów elektrycznych. W dalszej kolejności należy zapoznać uczniów z przekaźnikami stosowanymi w automatyce zabezpieczeniowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zidentyfikować przekaźnik na podstawie wyglądu zewnętrznego oraz danych znamionowych umieszczonych na tabliczce znamionowej,
- 2) opisać przeznaczenie przykładowych przekaźników,
- 3) wskazać przekładowe zastosowanie każdego z nich.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- przykładowe przekaźniki (przynajmniej pięć typów i rodzajów),
- katalogi przekaźników,
- dostęp do Internetu,
- zeszyt do ćwiczeń,
- ołówki.

Ćwiczenie 2

Badanie przekaźników nadmiarowo-prądowych.

Wskazówki do realizacji:

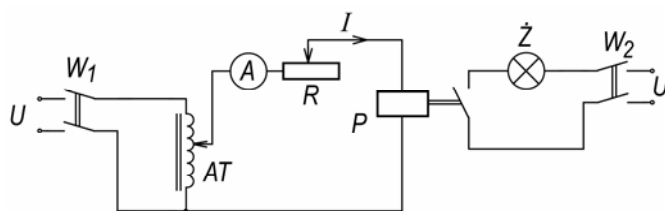
Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania. Zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatów elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) połączyć układ pomiarowy jak na rysunku:



- 2) zwiększając prąd I płynący przez cewkę przekaźnika zmierzyć prąd rozruchu przekaźnika I_r (najmniejsza wartość prądu, przy której załącza się przekaźnik) oraz prądu powrotu I_p (największa wartość prądu przy której zestyki przekaźnika rozwierają się),
- 3) wykonać po trzy pomiary prądu I_r i I_p ,
- 4) wyznaczyć dla każdego pomiaru współczynnik powrotu $k_p = \frac{I_p}{I_r}$,
- 5) wyznaczyć średnią wartość współczynnika powrotu,
- 6) sformułować wnioski dotyczące stanu technicznego przekaźnika nadmiarowo-prądowego,
- 7) dokonać analizy wykonanej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- przekaźniki nadmiarowo-prądowe,
- katalogi przekaźników nadmiarowo-prądowych,
- stanowisko pomiarowe,
- przyrządy pomiarowe,
- kartki papieru,
- kalkulator,
- linijka,
- ołówek.

Ćwiczenie 3

Badanie przekaźników podnapięciowych.

Wskazówki do realizacji:

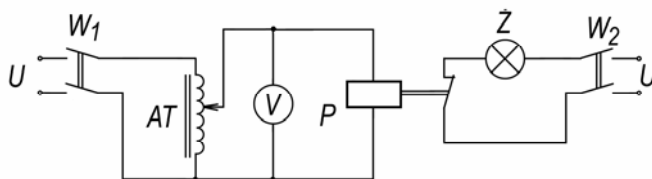
Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia nauczyciel powinien omówić jego zakres i techniki wykonania. Zapoznać uczniów z zasadami bezpiecznej pracy.

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatury elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) połączyć układ pomiarowy jak na rysunku:



- 2) zmniejszając napięcie na cewce przekaźnika zmierzyć jego napięcie rozruchu U_r (najmniejsza wartość napięcia, przy której nastąpi zadziałanie przekaźnika – zwora odpadnie a zestyk rozwierny zamknie się),
- 3) zwiększając napięcie na cewce przekaźnika zmierzyć jego napięcie powrotu U_p (największa wartość napięcia, przy której nastąpi przyciągnięcie zwory przekaźnika a zestyk rozwierny otworzy się),
- 4) wykonać po trzy pomiary napięcia U_r i U_p ,
- 5) wyznaczyć dla każdego pomiaru współczynnik powrotu $k_p = \frac{U_p}{U_r}$,
- 6) wyznaczyć średnią wartość współczynnika powrotu,
- 7) sformułować wnioski dotyczące stanu technicznego przekaźnika podnapięciowego,

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- przekaźniki podnapięciowe,
- katalogi przekaźników podnapięciowych,
- stanowisko pomiarowe,
- przyrządy pomiarowe,
- kartki papieru,
- kalkulator,
- linijka,
- ołówek.

Ćwiczenie 4

Badanie przekaźników pomocniczych.

Wskazówki do realizacji

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

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatów elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z instrukcją do ćwiczenia,
- 2) połączyć układ pomiarowy zgodnie ze schematem z instrukcji,
- 3) wyznaczyć współczynnik powrotu,
- 4) wyznaczyć czas zadziałania przekaźnika dla zestyków zwiernych i rozwiernych,
- 5) dokonać porównania z otrzymanych wartości z danymi katalogowymi,
- 6) sformułować wnioski dotyczące stanu technicznego przekaźnika pomocniczego,
- 7) dokonać analizy wykonanej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczeń,
- przekątniki pomocnicze,
- katalogi przekątników pomocniczych,
- stanowisko pomiarowe,
- przyrządy pomiarowe,
- kartki papieru,
- kalkulator,
- linijka,
- ołówek.

5.3 Przekładniki prądu przemiennego

5.3.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Rozpoznawanie przekładników na podstawie danych znamionowych i oznaczeń.

Wskazówki do realizacji:

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

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatów elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) dokonać oględzin dostępnych przekładników,
- 2) scharakteryzować dane znamionowe przynajmniej jednego przekładnika prądowego i jednego napięciowego,
- 3) wymienić zastosowanie każdego z nich.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczeń,
- przekładniki prądowe i napięciowe,
- katalogi przekładników.

Ćwiczenie 2

Badanie przekładników prądowych.

Wskazówki do realizacji

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

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatów elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z zadaniem zawartym w instrukcji,
- 2) zaproponować układ do wyznaczania przekładni prądowej przekładnika prądowego,
- 3) połączyć układ pomiarowy,
- 4) wyznaczyć przekładnię prądową przekładnika,
- 5) dokonać analizy wykonanej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi przekładników prądowych,
- przekładniki prądowe,
- stanowisko pomiarowe,
- przyrządy pomiarowe,
- kartki papieru,
- kalkulator,
- linijka,
- ołówek.

Ćwiczenie 3

Badanie przekładników napięciowych.

Wskazówki do realizacji

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

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatów elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z zadaniem zawartym w instrukcji,
- 2) zaproponować układ do wyznaczania przekładni napięciowej przekładnika,
- 3) połączyć układ pomiarowy,
- 4) wyznaczyć przekładnię napięciową przekładnika,
- 5) dokonać analizy wykonanej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi przekładników napięciowych,
- przekładniki napięciowe,
- stanowisko pomiarowe,

- przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych,
- kalkulator,
- linijka,
- kartki papieru, ołówek.

Ćwiczenie 4

Badanie układów przekładników napięciowych.

Wskazówki do realizacji

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

Ćwiczenia należy realizować w zespołach maksymalnie trzyosobowych w pracowni urządzeń i aparatów elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z zadaniem zawartym w instrukcji,
- 2) połączyć układ do pomiaru napięć po stronie pierwotnej i wtórnej przekładników napięciowych pracujących w układzie V,
- 3) zmierzyć napięcia po stronie pierwotnej i wtórnej przekładnika napięciowego dla trzech wartości napięć po stronie pierwotnej U_N , $U_N+10\%$, $U_N-10\%$,
- 4) dokonać analizy wykonanej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi przekładników napięciowych,
- przekładniki napięciowe,
- stanowisko pomiarowe,
- przyrządy pomiarowe,
- kartki papieru,
- kalkulator,
- ołówek.

5.4. Zabezpieczenia transformatorów

5.4.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz zabezpieczenie dla transformatora małej mocy.

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 parametrami transformatora,
- 2) wymienić możliwe zakłócenia w nim występujące,
- 3) dobrać prąd znamionowy bezpiecznika,
- 4) dokonać analizy wykonanej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- katalogi transformatorów małej mocy,
- katalogi bezpieczników,
- kartki papieru,
- kalkulator,
- ołówek.

Ćwiczenie 2

Zbadaj zabezpieczenie różnicowe transformatora.

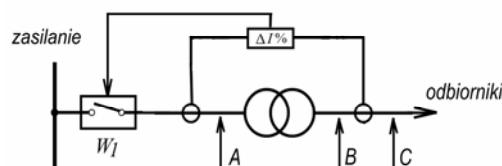
Wskazówki do realizacji

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 instrukcją ćwiczenia,
- 2) zapoznać się z parametrami jednofazowego transformatora zastosowanego w ćwiczeniu,
- 3) wymienić możliwe zakłócenia występujące w pracy transformatora zasilającego odbiorniki,
- 4) zmontować według schematu zamieszczonego w instrukcji układ symulujący pracę transformatora energetycznego,
- 5) zasymulować różne stany zakłócenia w pracy transformatora wprowadzając dodatkowe obciążenie w miejsca A, B i C pokazane na poniższym schemacie:



- 6) określić rodzaj zakłócenia po wprowadzeniu dodatkowego obciążenia w miejsca A, B i C,
- 7) dokonać analizy zachowania się układu zabezpieczenia różnicowego dla różnych zakłóceń,
- 8) dokonać analizy wykonanej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- stanowisko pomiarowe,
- transformator jednofazowy,
- przekaźnik różnicowy,
- rezystory do obciążenia transformatora,
- rezystory do symulacji zakłóceń,
- katalogi transformatorów małej mocy,
- katalogi przekaźników różnicowych,
- mierniki wartości elektrycznych,
- kartki papieru,
- kalkulator,
- ołówek

5.5. Zabezpieczenia linii

5.5.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz zabezpieczenia odległościowe do linii przesyłowej.

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 instrukcją ćwiczenia,
- 2) zapoznać się ze schematem ideowym sieci energetycznej,
- 3) wymienić możliwe zakłócenia występujące w sieci,
- 4) zaproponować właściwy układ zabezpieczenia odległościowego dla modelu linii przesyłowej,
- 5) dobrać aparaturę zabezpieczającą,

- 6) zmontować układ zabezpieczający,
- 7) wykonać symulację zwarć w różnych strefach sieci,
- 8) dokonać analizy wykonanej pracy

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- dokumentacja badanej sieci,
- stanowisko pomiarowe,
- model sieci energetycznej,
- zestaw przełączników koniecznych do wykonania ćwiczenia,
- katalogi i poradniki urządzeń zabezpieczających,
- kalkulator,
- ołówek, liniał, inne przybory kreślarskie.

Ćwiczenie 2

Dobierz zabezpieczenia nadprądowe zwłoczne do linii przesyłowej.

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 instrukcją ćwiczenia,
- 2) zapoznać się ze schematem ideowym sieci energetycznej,
- 3) wymienić możliwe zakłócenia występujące w sieci,
- 4) zaproponować właściwy układ zabezpieczenia nadprądowego zwłocznego dla linii przesyłowej,
- 5) dobrać aparaturę zabezpieczającą,
- 6) zmontować układ zabezpieczający,
- 7) wykonać symulację zwarć w różnych strefach sieci,
- 8) dokonać analizy wykonanej pracy

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- instrukcja do ćwiczenia,
- dokumentacja badanej sieci,
- stanowisko pomiarowe,
- model sieci energetycznej,
- zestaw przełączników koniecznych do wykonania ćwiczenia,
- katalogi i poradniki urządzeń zabezpieczających,
- kalkulator,
- ołówek, liniał, inne przybory kreślarskie.

5.6. Zabezpieczenia silników

5.6.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz najprostsze zabezpieczenie do silnika indukcyjnego klatkowego o rozruchu bezpośrednim zasilanego napięciem 230/400 V.

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 danymi znamionowymi umieszczonymi na tabliczce znamionowej silnika indukcyjnego klatkowego,
- 2) zapoznać się z danymi znamionowymi silnika indukcyjnego klatkowego umieszczonymi w kartach katalogowych tego silnika,
- 3) obliczyć prąd rozruchu silnika,
- 4) zaproponować najprostsze zabezpieczenie silnika od zwarć wewnętrznych międzyfazowych i jednofazowych,
- 5) obliczyć prąd wkładki topikowej do zabezpieczenia silnika,
- 6) dobrać typ wkładki bezpiecznikowej i gniazda bezpiecznikowego,
- 7) połączyć układ zasilania silnika,
- 8) uruchomić silnik bez obciążenia, a następnie z obciążeniem,
- 9) dokonać analizy z przeprowadzonych badań,
- 10) przestrzegać przepisów bezpieczeństwa obowiązujących na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny klatkowy,
- katalogi silników,
- bezpieczniki instalacyjne,
- katalogi bezpieczników instalacyjnych,
- stanowisko pomiarowe,
- przyrządy pomiarowe,
- kalkulator,
- ołówek, liniał, inne przybory kreślarskie.

Ćwiczenie 2

Dobierz zabezpieczenie od skutków obniżenia się napięcia do silnika indukcyjnego klatkowego o rozruchu bezpośrednim zasilanego napięciem 230/400 V.

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 danymi znamionowymi umieszczonymi na tabliczce znamionowej silnika indukcyjnego klatkowego,
- 2) zapoznać się z danymi znamionowymi silnika indukcyjnego klatkowego umieszczonymi w kartach katalogowych tego silnika,
- 3) zaproponować układ do zabezpieczenia od skutków obniżenia się napięcia,
- 4) połączyć układ siłowy silnika,
- 5) połączyć układ zabezpieczenia i sterowania silnika,
- 6) uruchomić silnik bez obciążenia,
- 7) obniżać podczas pracy silnika napięcie zasilania od wartości U_N do wartości, przy której zadziała zabezpieczenie,
- 8) dokonać analizy z przeprowadzonych badań,
- 9) przestrzegać przepisów bezpieczeństwa obowiązujących na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- silnik indukcyjny klatkowy,
- katalogi silników,
- zestaw aparatów koniecznych do montażu układu siłowego, zabezpieczeń i sterowania,
- katalogi aparatów do zabezpieczeń i sterowania,
- stanowisko pomiarowe,
- przyrządy pomiarowe,
- kalkulator,
- ołówek, liniał, inne przybory kreślarskie.

5.7. Samoczynne ponowne załączanie SPZ

5.7.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj układy SPZ i dobierz nastawy parametrów wybranego układu SPZ.

Wskazówki do realizacji

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

Ćwiczenie należy wykonywać w zespołach maksymalnie trzyosobowych. Każdy zespół powinien dobrać zabezpieczenia, narysować schemat połączeń układu, a następnie układ połączyć i uruchomić. Prowadząc zajęcia należy zwrócić szczególną uwagę na zagadnienia związane z doбором nastaw SPZ oraz zakresem jego stosowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z instrukcją do szkolnego modelu SPZ
- 2) zapoznać się ze schematem ideowym szkolnego modelu SPZ zawartym w instrukcji,
- 3) połączyć elementy SPZ wg schematu ideowego,
- 4) uruchomić układ SPZ,
- 5) zbadać zachowanie się układu SPZ przy różnych stawieniach zadziałania członu zwłocznego i bezzwłocznego przekaźnika,
- 6) przeprowadzić symulację „próby nieudanej” i „udanej”,
- 7) dokonać analizy z przeprowadzonych badań,
- 8) przestrzegać przepisów bezpieczeństwa obowiązujących na stanowisku pomiarowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- stanowisko pomiarowe,
- szkolny model układu SPZ,
- instrukcja do ćwiczenia,
- katalogi i poradniki układów SPZ.

5.8. Samoczynne załączanie rezerwy SZR

5.8.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj układ SZR i dobierz nastawy parametrów wybranego układu SZR.

Wskazówki do realizacji

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

Ćwiczenie należy wykonywać w zespołach maksymalnie trzyosobowych. Prowadząc zajęcia należy zwrócić szczególną uwagę na zagadnienia związane z doбором nastaw SPZ oraz zakresem jego stosowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się ze schematem ideowym sieci energetycznej,
- 2) określić parametry sieci,
- 3) dobrać układ SZR,
- 4) dobrać parametry układu SZR,
- 5) dokonać analizy z przeprowadzonego ćwiczenia.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- dokumentacja sieci z układem SZR,
- katalogi i poradniki układów SZR,
- ołówek, liniał, inne przybory kreślarskie.

5.9. Samoczynne częstotliwościowe odciażanie SCO

5.9.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj działanie układu SCO.

Wskazówki do realizacji

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

Ćwiczenie należy wykonywać w zespołach maksymalnie trzyosobowych. Prowadząc zajęcia należy zwrócić szczególną uwagę na zagadnienia związane z doбором nastaw SCO oraz zakresem jego stosowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się ze schematem ideowym sieci elektroenergetycznej,
- 2) określić parametry sieci,
- 3) dobrać układ SCO z katalogu,
- 4) dobrać parametry układu SCO,
- 5) dokonać analizy z przeprowadzonego ćwiczenia.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- dokumentacja sieci z układem SCO,
- katalogi i poradniki układów SCO,
- ołówek, liniał, inne przybory kreślarskie.

6. EWALUACJA OSIĄGNIĘĆ UCZNIA

Przykłady narzędzi pomiaru dydaktycznego

Test 1

Test pisemny jednostopniowy do badań sumujących z zakresu automatyki zabezpieczeniowej

Test składa się z dziesięciu zadań wielokrotnego wyboru. Zadania w teście są z poziomu wymagań podstawowych. Czas przeznaczony na przeprowadzenie testu wynosi łącznie 30 minut – 5 minut na zapoznanie się z instrukcją i 20 minut na rozwiązanie zadań

Punktacja zadań:

Za każdą poprawną odpowiedź uczeń otrzymuje 1 punkt, za złą, niepełną lub brak odpowiedzi uczeń otrzymuje 0 punktów.

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

- dopuszczający – za rozwiązanie przynajmniej 5.÷6 zadań,
- dostateczny – za rozwiązanie 7.÷8 zadań,
- dobry – za rozwiązanie 9 zadań,
- bardzo dobry – za rozwiązanie 10 zadań.

Klucz odpowiedzi: 1. b, 2. c, 3. d, 4. b, 5. a, 6. a, 7. c, 8. a, 9. a, 10. b.

Plan testu

Nr zadania w teście	Cel operacyjny (mierzone osiągnięcia uczniów)	Kategoria celu	Poziom wymagań	Poprawna odpowiedź
1	Określić charakterystyczną cechę przekładników stosowanych w automatyce zabezpieczeniowej	B	P	b
2	Określić skutki zwarć w systemach elektroenergetycznych na trwałość elementów ich elementów	B	P	c
3	Określić zadanie przekładników prądowych w automatyce zabezpieczeniowej	B	P	d
4	Identyfikować przekładników stosowanych w automatyce zabezpieczeniowej na podstawie symboli	B	P	a
5	Określić funkcję przekładników pomiarowych	B	P	b

Nr zadania w teście	Cel operacyjny (mierzone osiągnięcia uczniów)	Kategoria celu	Poziom wymagań	Poprawna odpowiedź
6	Określać rodzaj zabezpieczenia stosowanego do zabezpieczenia transformatora od zwarć wewnętrznych	C	P	a
7	Scharakteryzować główne zadanie układu SZR	B	P	c
8	Scharakteryzować główne zadanie układu SPZ	B	P	a
9	Określać rodzaj zakłócenia częstotliwościowego wpływającego na reakcję układu SCO	C	P	a
10	Określać rodzaj zabezpieczenia stosowanego do zabezpieczenia silników	C	P	c

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela

1. Uczeń rozwiązuje 10 zadań testowych wielokrotnego wyboru.
2. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
3. Uczeń zaznacza poprawną odpowiedź zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
4. W przypadku pomyłki bierze złą odpowiedź w kółko i zaznacza właściwą.
5. W trakcie rozwiązywania testu uczeń nie może korzystać z żadnego wyposażenia poza przyborami do pisania.
6. Na rozwiązanie testu uczeń ma 20 minut oraz 10 minut na zapoznanie się z instrukcją.
7. Po zakończeniu testu uczeń podnosi rękę i czeka aż nauczyciel odbierze od niego pracę.

Instrukcja dla ucznia

1. Przeczytaj uważnie instrukcję – masz na to 5 minut. Jeżeli są wątpliwości, zapytaj nauczyciela.
2. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
3. Na rozwiązanie zadań masz 20 minut.
4. Pracuj samodzielnie, w trakcie rozwiązywania zadań nie możesz korzystać z żadnych pomocy.
5. Zaznacz poprawną odpowiedź, zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
6. W przypadku pomyłki weź złą odpowiedź w kółko i zaznacz właściwą.
7. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
8. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Materiały dla ucznia:

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

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Cechą charakterystyczną przekaźników stosowanych w automatyce zabezpieczeniowej jest:
 - a) możliwość łączenia dużych prądów,
 - b) niezawodność działania,
 - c) załączanie prądem stałym,
 - d) zależność działania od poziomu napięcia zasilającego.
2. Skutkiem wystąpienia zwarcia w systemie elektroenergetycznym jest:
 - a) asymetria obciążenia,
 - b) przeciążenie prądowe,
 - c) przegrzanie elementów,
 - d) obniżenie trwałości elementów.
3. Podstawowym zadaniem przekaźników prądowych stosowanych w automatyce zabezpieczeniowej jest:
 - a) separacja galwaniczna urządzeń pomiarowych,
 - b) uzyskanie zwłoki czasowej w załączaniu układu,
 - c) zmiana kierunku przepływu prądu w układzie,
 - d) zabezpieczanie układu przed nadmiernym prądem.
4. Na poniższym rysunku przedstawiono symbol przekaźnika:



 - a) nadmiarowo-prądowego,
 - b) nadmiarowo-prądowego zwłocznego,
 - c) nadmiarowo-prądowego na duże wartości prądu,
 - d) nadmiarowo-prądowego z zabezpieczeniem czasowym.
5. Zadaniem przekładnika prądowego jest:
 - a) obniżenie natężenia prądu po stronie wtórnej przekładnika,
 - b) zabezpieczenie sieci przed zakłóceniami,
 - c) podniesienie napięcia po stronie wtórnej przekładnika,
 - d) pomiar prądu w sieciach elektroenergetycznych.
6. Zabezpieczeniem transformatorów dużych mocy od zwarc wewnątrznych jest zabezpieczeniem:
 - a) nadprądowe bezzwłoczne,
 - b) nadprądowe zwłoczne zerowe,
 - c) nadprądowe trójfazowe zwłoczne,
 - d) nadprądowe z blokadą kierunkową.
7. Samoczynne załączenie rezerwy szczególne zastosowanie znajduje w układach, które:
 - a) są szczególnie narażone na przepięcia,
 - b) są szczególnie wrażliwe na wahania napięcia,
 - c) wymagają zabezpieczenia przed zwarcie,
 - d) wymagają ciągłej dostawy energii elektrycznej.

8. Głównym zadaniem układu SPZ jest:
 - a) powtórne załączenie napięcia w przypadku wyłączenia awaryjnego,
 - b) rozłączenie układu wywołane zanikiem napięcia zasilającego układ,
 - c) zabezpieczanie silnika przed zwarciem,
 - d) zabezpieczenie linii energetycznej przed przeciążeniem.
9. Samoczynne częstotliwościowe odciążenie reaguje wyłącznie na:
 - a) szybkość zmian częstotliwości,
 - b) nadmierny spadek częstotliwości,
 - c) nadmierny wzrost częstotliwości,
 - d) wahania częstotliwości.
10. Jednym z zabezpieczeń stosowanych do silników jest zabezpieczenie:
 - a) fazowe,
 - b) nadprądowe z blokadą kierunkową,
 - c) nadprądowe bezzwłoczne,
 - d) różnicowe.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Badanie układów automatyki zabezpieczeniowej

Zaznacz poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punktacja
	A	B	C	D	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
Razem:					

Test 2

Test praktyczny, sprawdzający do jednostki modułowej „Badanie układów automatyki zabezpieczeniowej”

Test zawiera jedno zadanie praktyczne nisko symulowane.

Test przeznaczony jest do wykonania w warunkach pracowni szkolnej lub centrum kształcenia praktycznego.

Plan testu

Lp.	Cel operacyjny badany testem	Kategoria taksonomiczna*	Poziom wymagań
1.	Analizować opis sieci elektroenergetycznej i jej elementów	D	P
2.	Dobierać elementy i podzespoły układu	C	P
3.	Rysować schematy ideowe	C	P
4.	Wybierać elementy układu na podstawie schematu	C	P
5.	Łączyć układy na podstawie schematów	C	P
6.	Uruchamiać układ	C	P
7.	Oceniać poprawność działania układu	D	PP

* Taksonomia celów w dziedzinie praktycznej

Przebieg testowania

INSTRUKCJA DLA NAUCZYCIELA

1. Uczniowie rozwiązują test samodzielnie.
2. W trakcie rozwiązywania testu nie mogą korzystać z żadnych pomocy (książki, poradniki), dopuszcza się jedynie korzystanie z przyborów do rysowania i pisanie.
3. Test rozpoczyna się od rozdania uczniom instrukcji testowania.
4. Po zapoznaniu z instrukcją uczniowie otrzymują arkusz zadań, na którym wpisują imię, nazwisko, klasę i szkołę.
5. Po narysowaniu schematów połączeń uczniowie zgłaszają ten fakt nauczycielowi, który sprawdza poprawność narysowania schematów. W przypadku stwierdzenia błędów uniemożliwiających poprawne działanie układu nauczyciel dostarcza uczniowi poprawny schemat i odpowiednio ten fakt odnotowuje w arkuszu oceny. Schematy mogą być narysowane ręcznie lub z wykorzystaniem programu komputerowego.
6. Po zaakceptowaniu schematów uczniowie przystępują do dalszego rozwiązywania testu wybierając elementy z przygotowanego przez prowadzącego test zbioru, łącząc je i uruchamiając cały układ.
7. Po rozwiązaniu dalszej części testu następuje ocena poszczególnych elementów rozwiązania na podstawie analizy wytworów uczniów zgodnie z arkuszem oceny.

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Przystępujesz do rozwiązania testu praktycznego z automatyki zabezpieczeniowej.
2. Rozwiązanie zadania polega na dobraniu zabezpieczeń przewidzianych w zadaniu, narysowaniu schematu połączeń układu z uwzględnieniem zabezpieczeń, a następnie połączeniu i uruchomieniu układu.
3. Schematy możesz narysować korzystając z przyborów kreślarskich lub komputera.
4. Po narysowaniu schematów połączeń zgłoś ten fakt nauczycielowi.
5. Kolejność rozwiązania zadania jest ustalona w poleceniach.
6. W trakcie rozwiązywania zadań nie możesz korzystać z żadnych pomocy.
7. Na rozwiązanie zadania praktycznego masz łącznie 90 minut.
8. Przeliczenie punktów na ocenę szkolną przedstawi nauczyciel po zakończeniu testu.

Opis działania układu:

Dany jest układ zasilający trójfazowy silnik indukcyjny o danych znamionowych:

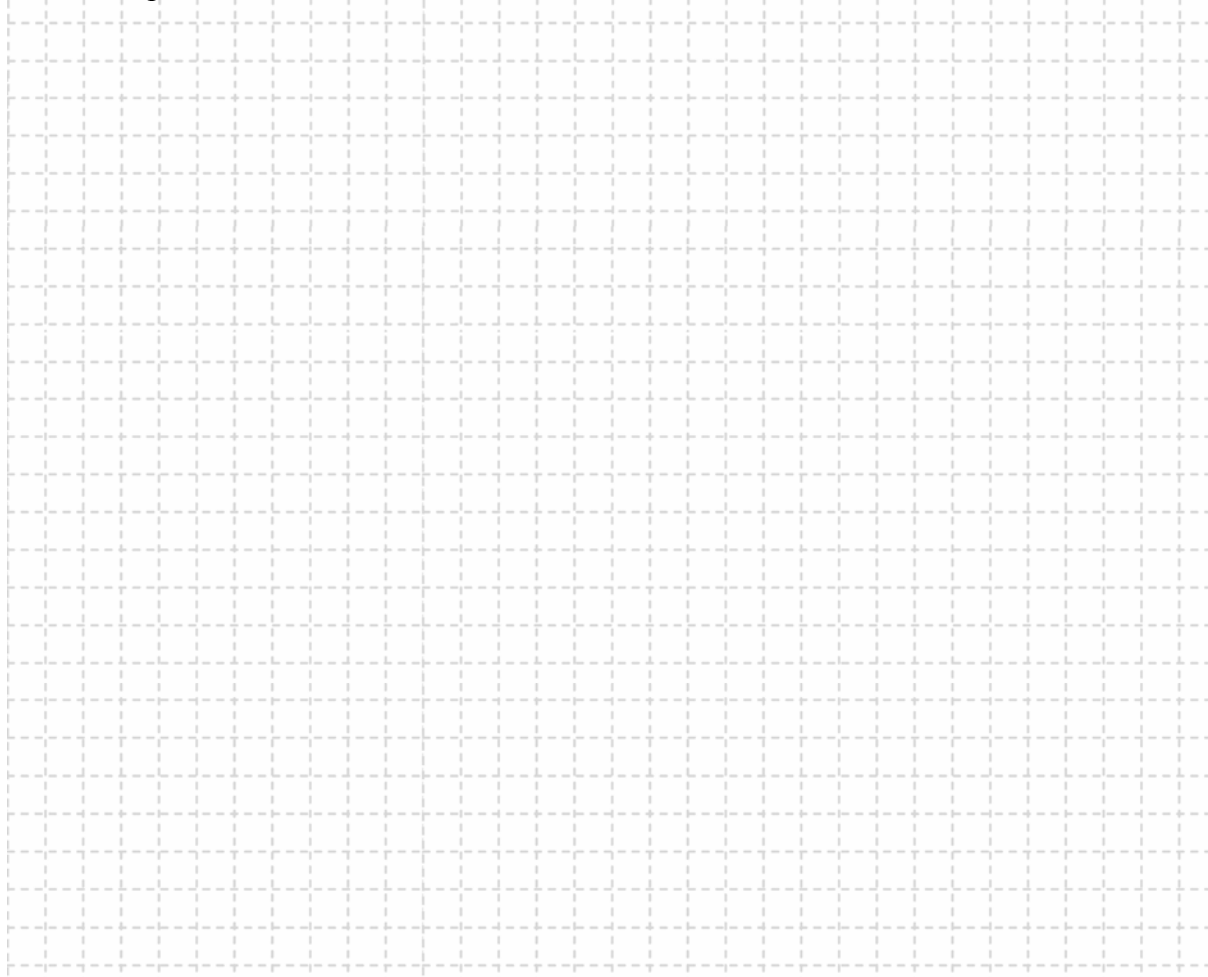
$P = 4 \text{ kW}$, $U = 380 \text{ V}$, $n = 1430 \text{ obr/min}$, $\cos \varphi = 0,845$, $I_r/I_N = 6,5$, $\eta = 0,8$. Rozruch silnika lekki, prąd zwarciaowy 3 kA. Zabezpiecz silnik przed zwarciem międzyfazowym i przeciążeniem. Narysuj schematy połączeń, a następnie połącz układ i uruchom go.

Arkusz odpowiedzi:

Dobór zabezpieczeń:



Schemat połączeń:



7. LITERATURA

1. Gryżewski Z., Prace kontrolno-pomiarowe przy urządzeniach elektroenergetycznych o napięciu do 1kV, COSiW SEP, Warszawa 2003
2. Kotlarski W., Aparaty i urządzenia elektryczne, WSiP, Warszawa 2002
3. Kotlarski W., Grad J. Aparaty i urządzenia elektryczne, WSiP, Warszawa 2002
4. Kupras K. red., Wytyczne: Pomiary w elektroenergetyce, COSiW SEP, Warszawa 2005
5. Laskowski J., Poradnik elektroenergetyka przemysłowego, COSiW, Warszawa 2005
6. Orlik W., Egzamin klasyfikacyjny Elektryka w pytaniach i odpowiedziach, KaBe, Krosno 1999
7. Polska Norma PN-92/E-01200/02 Symbole stosowane w schematach. Elementy symboli, symbole rozróżniające i inne sposoby ogólnego zastosowania
8. Polska Norma PN-92/E-01200/07 Symbole stosowane w schematach. Aparatura łączeniowa, sterownicza i zabezpieczeniowa
9. Polska Norma PN-92/E-01242 Oznaczenia identyfikacyjne zacisków urządzeń i zakończeń przewodów oraz ogólne zasady systemu alfanumerycznego
10. Praca zbiorowa, Poradnik inżyniera elektryka, WNT, Warszawa 1975
11. Winkler W., Wiszniewski A., Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych, WNT, Warszawa 2004