



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Eleonora Muszyńska

Dobieranie i sprawdzanie transformatorów 311[08].Z2.02

Poradnik dla nauczyciela

Wydawca

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

Recenzenci:

mgr Jerzy Chiciński

mgr inż. Maria Pierzchała

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr Bożena Zając

Korekta:

mgr inż. Jarosław Sitek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[08].Z2.02 „Dobieranie i sprawdzanie transformatorów” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Scenariusze zajęć	6
5. Ćwiczenia	11
5.1. Analiza pracy transformatora: stan jałowy, obciążenia i zwarcia.	
Zwarcie pomiarowe i zwarcie awaryjne transformatora	11
5.1.1. Ćwiczenia	11
5.2. Budowa transformatorów energetycznych. Układy i grupy połączeń transformatorów trójfazowych	15
5.2.1. Ćwiczenia	15
5.3. Transformowanie napięć i prądów w układzie trójfazowym. Obciążenie niesymetryczne	17
5.3.1. Ćwiczenia	17
5.4. Praca równoległa transformatorów trójfazowych	18
5.4.1. Ćwiczenia	18
5.5. Regulacja napięcia w transformatorze	20
5.5.1. Ćwiczenia	20
5.6. Straty mocy i sprawność transformatora	22
5.6.1. Ćwiczenia	22
5.7. Transformatory specjalne: transformator trójzwojeniowy, autotransformator, przekładnik prądowy i napięciowy, transformator spawalniczy, transformatory bezpieczeństwa, sterowania i sygnalizacji	24
5.7.1. Ćwiczenia	24
5.8. Eksploatacja transformatorów. Najczęstsze uszkodzenia występujące w transformatorach	26
5.8.1. Ćwiczenia	26
6. Ewaluacja osiągnięć ucznia	28
7. Literatura	42

1. WPROWADZENIE

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

Poniższy poradnik ma być skutecznym narzędziem do realizacji programu nauczania w zakresie dobierania i sprawdzania transformatorów. Wiadomości i umiejętności z tej dziedziny zostały określone w jednostce modułowej 311[08].Z2.02 „Dobieranie i sprawdzanie transformatorów”. Jest to jednostka modułowa zawarta w module „Montaż i eksploatacja maszyn i urządzeń elektrycznych”.

Tak jak każda jednostka modułowa, również i ta ma ściśle określone cele kształcenia, materiał nauczania, ćwiczenia, wskazania metodyczne do realizacji programu.

Zgodnie z tymi zaleceniami w poniższym poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne,
- szczegółowe cele kształcenia,
- przykładowe scenariusze dwóch zajęć z wykorzystaniem aktywizujących metod nauczania,
- propozycje ćwiczeń,
- przykładowe zestawy zadań testowych dla sprawdzenia efektywności kształcenia.

Jednostka modułowa „Dobieranie i sprawdzanie transformatorów” została podzielona na 8 tematów. Każdy z nich zawiera propozycje ćwiczeń, a także sprawdziany postępów.

Treść programu jednostki modułowej obejmuje wiadomości i umiejętności z zakresu dobierania i sprawdzania transformatorów. Podczas procesu nauczania należy wykorzystać wiadomości i umiejętności uzyskane w jednostce modułowej 311[08].O3.01 oraz 311[08].O3.03.

Szczególną uwagę należy zwrócić na:

- kształtowanie umiejętności dobierania transformatora do określonego zadania,
- wykonywanie pomiarów podstawowych parametrów transformatora jednofazowego i trójfazowego z zachowaniem zasad bhp,
- korzystanie z informacji znajdujących się na tabliczkach znamionowych transformatorów i w katalogach.

Aby umożliwić uczniom opanowanie i kształtowanie tych umiejętności, zaleca się stosować aktywizujące i praktyczne metody nauczania, jak gry dydaktyczne, metodę tekstu przewodniego ćwiczenia obliczeniowe i pomiarowe oraz metodę projektów.

Po zakończeniu realizacji programu tej jednostki modułowej nauczyciel powinien sprawdzić wiadomości i umiejętności ucznia za pomocą testu pisemnego. W tym celu w poradniku zamieszczono dwa przykładowe testy, razem z obudową metodyczną.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej 311[08].Z2.02 „Dobieranie i sprawdzanie transformatorów” uczeń powinien umieć:

- rozróżniać podstawowe wielkości elektryczne i ich jednostki,
- stosować ważniejsze wzory z zakresu elektrotechniki,
- charakteryzować zjawisko indukcji elektromagnetycznej,
- charakteryzować zjawiska elektromagnetyczne,
- charakteryzować procesy przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej,
- charakteryzować procesy przetwarzania energii elektrycznej,
- rozróżniać materiały stosowane do budowy maszyn elektrycznych,
- czytać proste schematy i na ich podstawie dokonywać analizy,
- korzystać z literatury technicznej, podręczników, norm, katalogów, przepisów budowy i eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych,
- korzystać z technologii komputerowej i informacyjnej,
- pracować w grupie i indywidualnie,
- analizować i wyciągać wnioski,
- oceniać swoje umiejętności,
- uczestniczyć w dyskusji,
- przygotowywać prezentację,
- prezentować siebie i grupę, w której pracujesz,
- stosować różne sposoby przekazywania przygotowanych informacji,
- przestrzegać przepisów bhp, ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- sklasyfikować transformatory ze względu na budowę i zastosowanie,
- odczytać i zinterpretować parametry różnych rodzajów transformatorów jednofazowych i trójfazowych umieszczone na tabliczkach znamionowych oraz w katalogach,
- obliczyć podstawowe parametry różnych rodzajów transformatorów wykorzystując zależności między nimi,
- dobrać transformator do określonego zadania,
- zmierzyć podstawowe parametry dowolnego transformatora jednofazowego i trójfazowego,
- wyznaczyć grupę połączeń transformatora trójfazowego,
- wyznaczyć podstawowe charakterystyki transformatorów na podstawie pomiarów,
- wyjaśnić przyczyny powstawania strat mocy w transformatorach i określić ich sprawność,
- dokonać pomiarów prądu, napięcia i mocy z wykorzystaniem przekładników,
- zlokalizować proste usterki transformatorów jednofazowych i trójfazowych,
- zanalizować pracę równoległą transformatorów trójfazowych na podstawie wyników pomiarów,
- opracować wyniki pomiarów parametrów transformatorów jednofazowych i trójfazowych z wykorzystaniem programów komputerowych,
- skorzystać z literatury, katalogów i dokumentacji technicznej transformatorów,
- zastosować zasady bhp podczas pomiarów parametrów transformatorów.

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: „Dobieranie i sprawdzanie transformatorów” 311[08].Z2.02

Temat: **Zwarcie pomiarowe transformatora**

Cel ogólny: Kształtowanie umiejętności odczytywania informacji znajdujących się na tabliczkach znamionowych oraz wykonywania pomiarów parametrów transformatora.

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- odczytać i zinterpretować parametry transformatora jednofazowego umieszczone na tabliczkach znamionowych oraz w katalogach,
- obliczyć podstawowe parametry transformatora wykorzystując zależności między nimi,
- zmierzyć podstawowe parametry transformatora jednofazowego,
- opracować wyniki pomiarów z wykorzystaniem programu komputerowego,
- zastosować zasady bhp podczas pomiarów parametrów transformatorów.

Metody nauczania:

- pogadanka heurystyczna,
- pokaz, wykład,
- metoda tekstu przewodniego.

Formy organizacyjne pracy uczniów:

- zbiorowa,
- w grupach dwuosobowych.

Czas: 90 minut.

Środki dydaktyczne:

- rzeczywiste transformatory.
- tabliczki znamionowe.
- katalogi transformatorów.

Przebieg zajęć:

1. Powitanie uczniów, sprawdzenie listy obecności, przedstawienie celów zajęć.
2. Zapisanie tematu do zeszytów.
3. Z udziałem uczniów następuje przypomnienie, z jakich podstawowych elementów składa się transformator, jaka jest jego zasada działania oraz czym charakteryzuje się stan jałowy i stan obciążenia transformatora.
4. Przy pomocy pytań i odpowiedzi, z ewentualnym komentarzem nauczyciela, ustalenie, co to jest zwarcie pomiarowe i dlaczego należy je wykonywać.
5. Nauczyciel wyjaśnia uczniom, jakie wielkości można określić na podstawie próby zwarcia pomiarowego.
6. Przypomnienie uczniom zasad bhp podczas wykonywania pomiarów parametrów transformatorów.
7. Podział uczniów na grupy dwuosobowe i rozdanie tekstów przewodnich (załącznik).
8. Wykonywanie ćwiczenia metodą tekstu przewodniego.

Zakończenie zajęć

W jaki sposób na podstawie wykonanej próby zwarcia pomiarowego wyznaczyć można charakterystykę zwarcia $I_Z = f(U_Z)$? Narysuj ją.

- ankieta ewaluacyjna.

Przedstaw sposób sprawdzenia wartości napięcia zwarcia w transformatorze jednofazowym.

Rozwiązuj postawione zadanie etapami.

Wiadomo, że wartość napięcia zwarcia jest jednym z podstawowych parametrów znamionowych transformatorów i jako taka musi być podawana na tabliczkach znamionowych. Zanim sprawdzisz, jaka jest rzeczywista wartość napięcia zwarcia, odpowiedz na pytania korzystając z wiadomości i umiejętności zdobytych w czasie lekcji oraz z dostępnej literatury.

1. Co to jest zwarcie w transformatorze?
2. Co nazywamy zwarcie awaryjnym, a co pomiarowym?
3. Dlaczego zwarcie przy zasilaniu napięciem znamionowym jest niebezpieczne?
4. Jak sprawić, aby zwarcie zacisków wtórnych pracującego transformatora nie spowodowało jego uszkodzenia?

Zanim przystąpisz do sprawdzenia wartości napięcia zwarcia w transformatorze odpowiedz na pytania, które ułatwią Ci wykonanie zadania:

1. Jakie wielkości musisz zmierzyć, aby poznać wartość napięcia zwarcia?
2. Jakie mierniki będą Ci potrzebne podczas pomiarów?
3. Czym będziesz się kierował przy wyborze i doborze mierników?
4. W jaki sposób możesz regulować wartość napięcia zasilającego transformator?
5. Zaproponuj układ pomiarowy, w którym można zmierzyć potrzebne wielkości oraz tabelę, w której zapiszesz wyniki.

Poniżej masz miejsce na swoje propozycje.

[illegible]

Faza III – ustalenia:

Przedstaw swoją propozycję i postaraj się przekonać mnie, że masz wystarczającą ilość informacji do rozwiązania postawionego problemu. Odpowiedz jeszcze na następujące pytania:

1. W jakim zakresie będziesz regulował napięcie zasilające?
2. Jaki jest prąd znamionowy strony pierwotnej i wtórnej badanego transformatora?
3. W jaki sposób odczytaną wartość napięcia zwarcia przeliczyć na wartość w procentach?

Faza IV – realizacja:

Możesz już wykonać pomiary. Zanim jednak przystąpisz do realizacji zadania przypomnij sobie: Jak zastosować zasady bhp podczas wykonywania pomiarów?

Faza V – sprawdzenie:

Wykonałeś już pomiary i zanotowałeś wyniki, teraz przedstaw wyniki swoich pomiarów i oceń poprawność wyników porównując pomierzoną, a następnie przeliczoną na % wartość napięcia zwarcia z wartością podaną w katalogu (na tabliczce znamionowej) badanego transformatora.

Faza VI – analiza:

Dokonując analizy odpowiedz na pytania:

1. Czy wyniki pomiarów, jakie uzyskałeś pokrywają się z obliczeniami teoretycznymi?
2. Jakie umiejętności nabyłeś wykonując ćwiczenie?
3. Jakie popełniłeś błędy wykonując zadanie?

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: „Dobieranie i sprawdzanie transformatorów” 311[08].Z2.02

Temat: **Układy i grupy połączeń transformatorów trójfazowych**

Cel ogólny: Kształtowanie umiejętności określania grupy połączeń transformatora trójfazowego.

Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń potrafi:

- wyznaczyć grupę połączeń transformatora trójfazowego,
- odczytać i zinterpretować parametry transformatorów umieszczone na tabliczkach znamionowych,
- obliczyć podstawowe parametry transformatorów wykorzystując zależności między nimi.

Metody nauczania:

- pokaz, wykład,
- pogadanka,
- ćwiczenia utrwalające.

Formy organizacyjne pracy uczniów:

- zbiorowa,
- indywidualna.

Czas trwania zajęć: 90 minut.

Środki dydaktyczne:

- rzeczywisty transformator trójfazowy bez kadzi, z pokazanymi uzwojeniami pierwotnymi i wtórnymi oraz z widocznym sposobem podłączeniem końcówek uzwojeń do pokrywy transformatora,
- tabliczki znamionowe transformatorów trójfazowych,
- tablica poglądowa transformatora,
- katalogi transformatorów.

Przebieg zajęć:

1. Powitanie uczniów, sprawdzenie listy obecności, przedstawienie celów zajęć.
2. Zapis tematu do zeszytów.
3. Zaznajomienie uczniów ze sposobem oznaczania początków i końców uzwojeń w transformatorze zgodnie z normą PN-E81003 „Transformatory – oznaczenia zacisków i zaczepów uzwojeń”.
4. Ukazanie różnic między uzwojeniem nawiniętym prawoskrętnie i lewoskrętnie.
5. Z pomocą uczniów ustalenie zasad łączenia uzwojeń po stronie pierwotnej transformatora i zaznajomienie ich z zasadami rysowania wykresów wektorowych.
6. Z pomocą uczniów ustalenie zasad łączenia uzwojeń po stronie wtórnej transformatora i ćwiczenia w rysowaniu wykresów wektorowych.
7. Wprowadzenie określenia „grupy połączeń”.
8. Ćwiczenia w określeniu grupy połączeń w układach Yy, Dy i Yz – w różnych kombinacjach tych układów.
9. Rozdanie uczniom arkuszy samooceny (załącznik).
10. Wypełnianie przez uczniów arkuszy samooceny (20 minut).
11. Zamiana arkuszy z kolegą z ławki w celu dokonania sprawdzenia i wystawienia oceny.
12. Zebranie arkuszy samooceny i weryfikacja prac przez nauczyciela.
13. Podsumowanie zajęć i wystawienie ocen końcowych.

Zakończenie zajęć**Praca domowa**

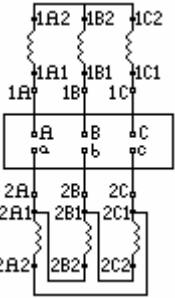
Narysuj cztery różne kombinacje układu połączeń Yd transformatora trójfazowego i dla każdego z nich określ grupę połączeń.

Sposób uzyskania informacji zwrotnej od uczniów:

- arkusze samooceny.

ARKUSZ SAMOOCENY UCZNIA

Nazwisko..... Imię.....

Lp.	Treść pytania	Odpowiedź ucznia	Odpowiedź prawidłowa	Punkty
1	W jakie układy można łączyć uzwojenia w transformatorze trójfazowym? Wymień je.			
2	Co rozumiesz przez określenie grupa połączeń transformatora trójfazowego?			
3	Co oznacza pojęcie „przesunięcie godzinowe”?			
4	Narysuj układ połączeń w zygzak transformatora trójfazowego			
5	Narysuj wykresy wektorowe napięć i określ przesunięcie godzinowe w następującym układzie połączeń: 	a) wykres dla uzwojenia pierwotnego: b) wykres dla uzwojenia wtórnego: c) przesunięcie godzinowe:		a) b) c) punktacja 3 pkt. – dop 4 pkt. – dst 5 pkt. – db 7 pkt. – bdb Ocena:
Uwaga: Ocena końcowa zależy od łącznej liczby punktów. Za każdą prawidłową odpowiedź możesz otrzymać maksymalnie 1 punkt.				

5. ĆWICZENIA

5.1. Analiza pracy transformatora: stan jałowy, obciążenia i zwarcia. Zwarcie pomiarowe i awaryjne transformatora

5.1.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dany jest transformator sieciowy 230/24V o mocy znamionowej $S_N = 200\text{VA}$ i procentowym napięciu zwarcia $u_{z\%} = 4\%$. Oblicz:

- przekładnię znamionową,
- znamionowy prąd pierwotny i wtórny,
- napięcie bezpieczne dla tego transformatora (napięcie zwarcia w woltach),
- liczbę zwojów strony pierwotnej, jeżeli liczba zwojów strony wtórnej wynosi 110 zw.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) podać wzór na przekładnię transformatora jednofazowego, moc znamionową, napięcie zwarcia,
- 2) wykorzystując zależności między danymi parametrami wykonać niezbędne obliczenia,
- 3) zaprezentować wyniki obliczeń.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

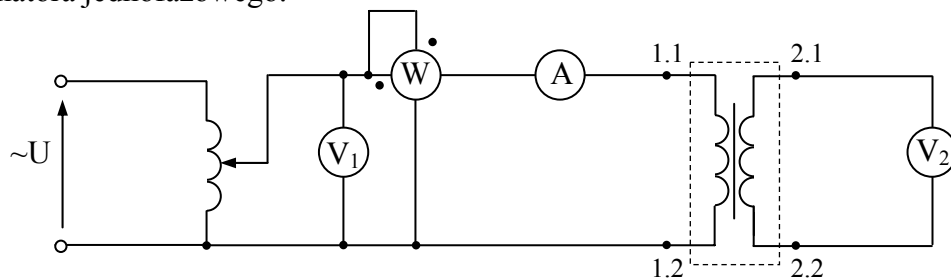
- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- zeszyt do ćwiczeń, długopis.

Ćwiczenie 2

Na podstawie schematu przedstawionego na rys. 1 wykonaj próbę stanu jałowego transformatora jednofazowego.



Rys. 1. Schemat połączeń do próby stanu jałowego

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi znamionowymi transformatora wskazanego przez nauczyciela,
- 2) skompletować aparaturę niezbędną do wykonania ćwiczenia zwracając uwagę na zakresy pomiarowe mierników,
- 3) połączyć układ według załączonego schematu,
- 4) wykonać pomiary dla kilku wartości napięć w granicach napięcia znamionowego,
- 5) wykonać obliczenia następujących parametrów:

– przekładnię $n = \frac{U_{1N}}{U_{2N}}$

– straty w rdzeniu $\Delta P_{Fe} = P_{10} - R_1 I_0^2 \approx P_{10}$

– współczynnik mocy w stanie jałowym $\cos \varphi_0 = \frac{P_{10}}{U_1 I_0}$

– składową czynną I_{Fe} prądu jałowego I_0 $I_{Fe} = \frac{\Delta P_{Fe}}{E_1} \approx \frac{P_{10}}{U_1}$

– składową bierną prądu jałowego I_0 $I_\mu = \sqrt{I_0^2 - I_{Fe}^2}$

- 6) wyniki pomiarów i obliczeń zapisać w tabeli:

Lp.	U_1	U_{20}	n	$\cos \varphi$	I_{Fe}	I_μ	ΔP_{Fe}
1							
2							

- 7) zastosować zasady bhp podczas pomiarów,
- 8) zaprezentować wyniki swojej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe, obliczeniowe.

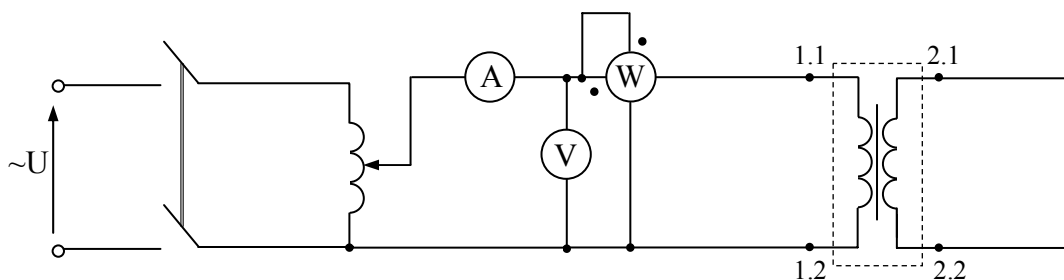
Środki dydaktyczne:

- transformator jednofazowy wskazany przez nauczyciela,
- autotransformator,
- woltomierze i amperomierz,
- watomierz,
- przewody łączeniowe.

Uwaga: Ćwiczenie należy wykonać pracując w zespołach dwuosobowych mając 45 minut na wykonanie zadania.

Ćwiczenie 3

Wykonaj próbę zwarcia pomiarowego transformatora jednofazowego, w oparciu o schemat przedstawiony na rys. 2.



Rys. 2. Schemat połączeń do próby stanu zwarcia

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi znamionowymi transformatora wskazanego przez nauczyciela,
- 2) skompletować aparaturę niezbędną do wykonania ćwiczenia zwracając na zakresy pomiarowe mierników,
- 3) połączyć układ według załączonego schematu,
- 4) ustalić napięcie zwarcia za pomocą autotransformatora tak, aby prąd strony pierwotnej był równy prądowi znamionowemu,
- 5) obliczyć procentowe napięcie zwarcia i porównać wynik z danymi katalogowymi,
- 6) odczytać wskazanie watomierza przy znamionowym prądzie pierwotnym,
- 7) zastosować zasady bhp podczas pomiarów.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe, obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- transformator jednofazowy wskazany przez nauczyciela,
- autotransformator,
- woltomierz i amperomierz,
- watomierz,
- przewody łączeniowe.

Uwaga: Ćwiczenie należy wykonać pracując w zespołach dwuosobowych mając czas 30 min.

Ćwiczenie 4

Wykonaj pomiary rezystancji uzwojeń oraz rezystancji izolacji w danym transformatorze jednofazowym.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) przypomnieć sobie zasady pomiaru małych rezystancji metodą techniczną i metodą mostkową,

- 2) zaproponować układy pomiarowe,
- 3) zgromadzić niezbędne przyrządy pomiarowe,
- 4) pomiary rezystancji uzwojenia GN i DN wykonać po konsultacji z nauczycielem metodą techniczną lub mostkową,
- 5) wynik pomiaru porównać ze wskazaniem miernika elektronicznego do pomiaru bardzo małych rezystancji,
- 6) pomiar rezystancji izolacji wykonać za pomocą miernika do pomiaru rezystancji izolacji:
 - między zaciskiem strony GN a zwartym i uziemionym uzwojeniem DN,
 - między zaciskiem strony DN a zwartym i uziemionym uzwojeniem GN,
- 7) opracować wyniki pomiarów, wyciągnąć wnioski i zaprezentować efekty swoich badań.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

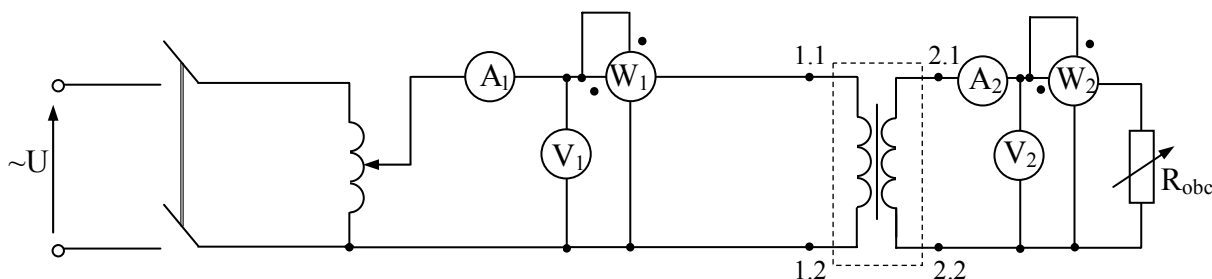
Środki dydaktyczne:

- woltomierz i amperomierz do metody technicznej,
- mostek Thomsona,
- miernik elektroniczny,
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji.

Uwaga: Aby ułatwić uczniowi wykonanie zadania, nauczyciel może przygotować odpowiedni do ćwiczenia tekst przewodni. O czasie wykonania ćwiczenia decyduje nauczyciel w zależności od stopnia samodzielności uczniów.

Ćwiczenie 5

Zbadaj transformator jednofazowy w stanie obciążenia, zgodnie ze schematem z rys.3.



Rys. 3. Schemat układu do badania transformatora w stanie obciążenia

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi znamionowymi transformatora,
- 2) skompletować aparaturę pomiarową, zwracając szczególną uwagę na zakresy pomiarowe mierników,
- 3) połączyć układ pomiarowy według załączonego schematu,
- 4) rezystorem R_{obc} nastawiać wartość prądu I_2 w zakresie $(0,2....1)I_{2N}$, przy czym I_{2N} oznacza prąd znamionowy strony wtórnej,
- 5) wskazania przyrządów przy kolejnych wartościach prądu I_2 zanotować w tabeli,

- 6) w czasie pomiarów utrzymywać stałą wartość napięcia pierwotnego, równą wartości znamionowej napięcia strony pierwotnej,
- 7) na podstawie uzyskanych wyników wykreśli charakterystyki $U_2 = f(I_2)$ i $\eta = f(I_2)$,
- 8) zachować bezpieczeństwo i porządek na stanowisku pracy.

$U_{1N} = \dots\dots\dots V, U_{2N} = \dots\dots\dots V, I_{2N} = \dots\dots\dots A$				
I_2	U_2	P_1	P_2	η
A	V	W	W	–

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- amperomierze do 1 A,
- woltomierze,
- watomierze,
- opornik 280Ω – 1 sztuka,
- transformator jednofazowy obniżający,
- przewody łączeniowe.

Uwaga: Ćwiczenie należy wykonać pracując w zespołach dwuosobowych mając 40 minut na wykonanie zadania.

5.2. Budowa transformatorów energetycznych. Układy i grupy połączeń transformatorów trójfazowych

5.2.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Narysuj cztery różne kombinacje układów Dy i w każdym z nich określ przesunięcie godzinowe.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować układy Dy, wykorzystując fakt, że zarówno gwiazda, jak i trójkąt mogą być łączone na różne sposoby,
- 2) w każdym przypadku narysować wykresy wektorowe pamiętając o właściwym oznaczaniu wektorów,
- 3) określić przesunięcia godzinowe,
- 4) wyciągnąć wnioski i przedstawić wyniki swojej pracy.

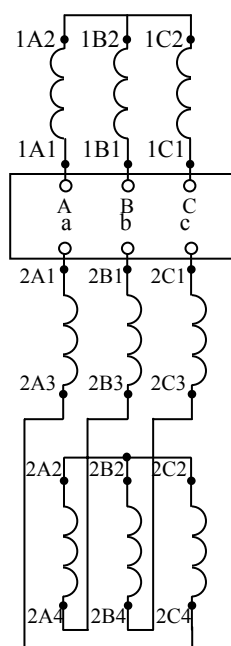
- Zalecane metody nauczania–uczenia się:
- ćwiczenia rysunkowe.

Środki dydaktyczne:

- przybory kreślarskie, zeszyt do ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Wyznacz grupę połączeń w układzie przedstawionym na rys. 4.



Rys. 4. Układ Yz

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) narysować wykres wektorowy właściwy dla strony pierwotnej,
- 2) narysować wykres wektorowy właściwy dla strony wtórnej,
- 3) wybrać dwa dowolne (odpowiednie) napięcia (na przykład U_{AB} i U_{ab}),
- 4) określić przesunięcie godzinowe,
- 5) wyciągnąć wnioski i zaprezentować wyniki konstrukcji.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe, rysunkowe.

Środki dydaktyczne:

- przybory kreślarskie, zeszyt do ćwiczeń.

Ćwiczenie 3

Liczba zwojów fazowych uzwojenia GN transformatora trójfazowego $N_1 = 900$ zwojów, a uzwojenia DN $N_2 = 515$ zwojów. Oblicz przekładnię tego transformatora dla układów połączeń Yd, Yz i Dy.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wyprowadzić wzory na przekładnie znamionowe dla podanych układów w zależności od liczby zwojów,
- 2) obliczyć i porównać uzyskane przekładnie,
- 3) wyciągnąć wnioski i zaprezentować wyniki.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- zeszyt do ćwiczeń, długopis.

Uwaga: Uczniowie powinni pracować samodzielnie mając 10 minut na wykonanie ćwiczenia.

5.3. Transformowanie napięć i prądów w układzie trójfazowym. Obciążenie niesymetryczne

5.3.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz transformator trójfazowy do zasilania budynku pieczarkarni o mocy przyłączeniowej 90 kW, współczynnika mocy $\cos\varphi = 0,9$ oraz napięciu znamionowym odbiorników 230 i 400 V. Do zasilania stacji transformatorowej należy wykorzystać istniejącą linię napowietrzną 15 kV.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć moc pozorną znamionową obciążenia,
- 2) obliczyć obciążenie szczytowe S_{szcz} ,
- 3) wyznaczyć moc transformatora przyjmując $S_T \geq S_{szcz}$,
- 4) dobrać transformator z katalogów uwzględniając wartości napięć znamionowych.
- 5) zaprezentować wyniki swojej pracy

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- katalogi transformatorów trójfazowych,

- kalkulator, zeszyt ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Wyszukując informacje w podręczniku i różnych innych źródłach, przygotuj prezentację na temat: „Jakie czynniki decydują o zastosowaniu określonej grupy połączeń?”.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wyszukać informacje na temat wad i zalet różnych układów połączeń transformatorów,
- 2) porównać koszt budowy różnych uzwojeń transformatora,
- 3) porównać wpływ trzeciej harmonicznej prądu magnesującego na odkształcenie napięcia wtórnego transformatorów,
- 4) przeanalizować wpływ asymetrycznego obciążenia na pracę transformatorów przy różnych układach połączeń.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- zeszyt do ćwiczeń,
- stanowisko z dostępem do Internetu, literatura techniczna, podręczniki.

5.4. Praca równoległa transformatorów trójfazowych

5.4.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zbadać możliwość współpracy równoległej dwóch transformatorów o następujących danych:

- 1) $S_{N1} = 160 \text{ kVA}$, $15750 \pm 5\% / 400 \text{ V}$, $Yz5$, $u_{z1\%} = 4,55\%$,
- 2) $S_{N2} = 250 \text{ kVA}$, $15750 \pm 5\% / 400 \text{ V}$, $Yz5$, $u_{z2\%} = 4,95\%$.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) sprawdzić każdy warunek współpracy równoległej transformatorów i w tym celu powinien:
 - a) określić grupę połączeń każdego z transformatorów,
 - b) obliczyć średnie napięcie zwarcia tych transformatorów,
 - c) obliczyć odchyłkę napięcia zwarcia każdego z transformatorów,

- d) zbadać możliwość współpracy z punktu widzenia mocy znamionowych,
- 2) zaprezentować wyniki swojej pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

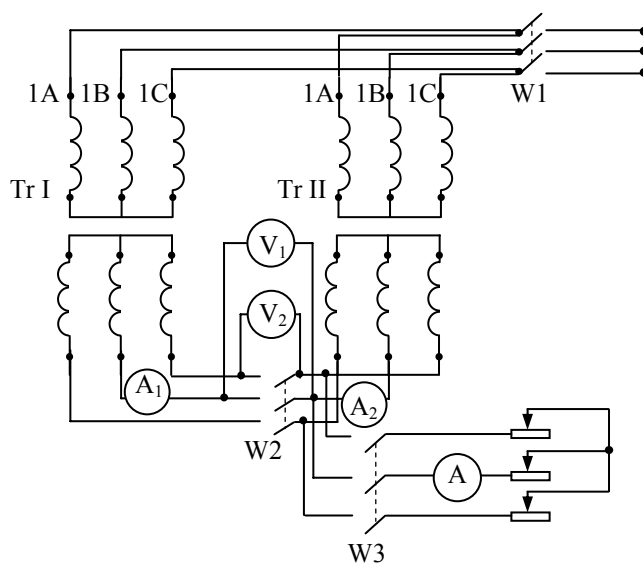
- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator, zeszyt, długopis.

Ćwiczenie 2

Dokonaj analizy pracy równoległej dwóch transformatorów trójfazowych na podstawie wyników pomiarów przeprowadzonych w układzie z rys. 5.



Rys. 5. Schemat połączeń przy badaniu pracy równoległej transformatorów

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) sprawdzić dane znamionowe obu transformatorów pod kątem ewentualnej współpracy równoległej,
- 2) wyznaczyć przekładnię i napięcia zwarcia obu transformatorów,
- 3) połączyć układ do pracy równoległej według załączonej instrukcji:
 - a) wyłączniki W1, W2 i W3 są otwarte,
 - b) załączyć uzwojenia pierwotne transformatorów do sieci,
 - c) sprawdzić wskazania woltomierzy (jeżeli woltomierze V1 i V2 wskazują zero, to można zamknąć W2),
 - d) sprawdzić, czy w obwodach wtórnych obu transformatorów, w stanie jałowym, nie płyną żadne prądy wyrównawcze (sprawdzić wskazania amperomierzy w stanie jałowym transformatorów i wyciągnąć wnioski),
 - e) w celu obciążenia transformatorów zamknąć W3,
 - f) zwiększając stopniowo obciążenie wykonać 6 pomiarów odczytując wskazania poszczególnych amperomierzy,

- g) transformatory obciążać do osiągnięcia natężenia prądu znamionowego jednego z transformatorów,
h) wyniki pomiarów zapisać w tabel:

Lp.	I [A]	I_I [A]	I_{II} [A]

- 4) na podstawie pomiarów wykreślić krzywe $I_I = f(I)$ oraz $I_{II} = f(I)$,
5) zachować szczególne zasady bhp podczas wykonywania pomiarów.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia praktyczne.

Środki dydaktyczne:

- dwa transformatory trójfazowe (najlepiej o zbliżonych wartościach napięć zwarcia),
- instrukcja do ćwiczenia,
- mierniki (woltomierze, amperomierze),
- przewody łączeniowe,
- zeszyt do ćwiczeń.

5.5. Regulacja napięcia w transformatorze

5.5.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Transformator trójfazowy ma dane: $S_N = 1000$ kVA, $U_{GN} = 10500 \pm 5\%$ V, $U_{DN} = 400$ V grupa połączeń Dy5. Oblicz znamionowe napięcia w stanie jałowym, jeżeli napięcie sieci po stronie górnego napięcia wynosi 10300 V, a przełącznik zaczeów ustawiony jest w pozycji – 5%.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć napięcie $U_{GN-5\%} = U_{GN} - 0,05 U_{GN}$,
- 2) obliczyć przekładnię $U_{GN-5\%} / U_{DN}$,
- 3) obliczyć napięcie w stanie jałowym po stronie wtórnej, jeśli napięcie sieci wynosi 10300 V,
- 4) zaprezentować wyniki swoich obliczeń.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator, zeszyt do ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Oblicz liczby zwojów fazowych oraz prądy znamionowe przewodowe i fazowe na każdym zaczeple w transformatorze o parametrach: $S_N = 630 \text{ kVA}$, $U_{GN}/U_{DN} = 15750 \pm 5\% / 5200 \text{ V}$, Yd11, $e' = 10 \text{ V/zw.}$

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) podać wzór na moc S_N transformatora i przekształcając go wyznaczyć wzór na prąd znamionowy,
- 2) obliczyć znamionowy prąd przewodowy na każdym zaczeple zwracając uwagę na sposób skojarzenia uzwojeń,
- 3) obliczyć znamionowe napięcie fazowe transformatora, a następnie liczbę zwojów wykorzystując związek liczby zwojów z napięciem zwojowym.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator,
- zeszyt do ćwiczeń, długopis.

Ćwiczenie 3

Transformator jednofazowy 230 V/12 V ma liczbę zwojów pierwotnych $N_1 = 3500 \text{ zw.}$ Oblicz liczbę zwojów dwóch części uzwojenia wtórnego, tak aby na wyjściu transformatora uzyskać napięcia 3 V, 5 V i 8 V.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) pracować samodzielnie mając 10 minut na wykonanie zadania,
- 2) narysować schemat budowy transformatora z odczepami po stronie wtórnej,
- 3) rozwiązanie zadania uzasadnić odpowiednimi wzorami i obliczeniami.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator, zeszyt do ćwiczeń.

5.6. Straty mocy i sprawność transformatorów

5.6.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Transformator trójfazowy ma dane znamionowe:
 $S_N = 200 \text{ kVA}$, $U_{UN} = 10,5/0,4 \text{ kV}$, $f_N = 50 \text{ Hz}$, $\Delta P_{oN} = 380 \text{ W}$, $\Delta P_{zN} = 830 \text{ W}$. Oblicz sprawność tego transformatora, jeżeli jest on obciążony prądem znamionowym przy współczynniku mocy $\cos\varphi = 0,8_{\text{ind}}$.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć znamionowy prąd strony wtórnej,
- 2) obliczyć moc czynną oddaną przez transformator,
- 3) obliczyć moc czynną pobraną przez transformator,
- 4) określić sprawność transformatora.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator, zeszyt do ćwiczeń, długopis.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiary strat mocy w żelazie i w miedzi oraz wyznacz sprawność transformatora w warunkach pracy znamionowej.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi znamionowymi badanego transformatora,
- 2) dobrać przyrządy pomiarowe zwracając szczególną uwagę na zakresy pomiarowe,
- 3) zaproponować układy pomiarowe i sposób przeprowadzenia badań (wykorzystać schematy do przeprowadzenia próby biegu jałowego, próby zwarcia i obciążenia),
- 4) po akceptacji prowadzącego połączyć układy pomiarowe,
- 5) wykonać niezbędne pomiary i obliczenia,
- 6) sporządzić zestawienie wyników,
- 7) zaprezentować wyniki swojej pracy,
- 8) zastosować zasady bhp podczas montażu układu i pomiarów.

- Zalecane metody nauczania–uczenia się:
- ćwiczenia pomiarowe, obliczeniowe.

- Środki dydaktyczne:
- transformator jednofazowy,
 - autotransformator,
 - amperomierze,
 - woltomierze,
 - watomierze,
 - kalkulator zeszyt do ćwiczeń.

Uwaga: Minimalny czas na zaprojektowanie i wykonanie oraz zaprezentowanie wyników wynosi 60 minut.

Ćwiczenie 3

Uzasadnij, dlaczego sprawność transformatora nie jest wielkością stałą. Wyjaśnij, jak zmienia się sprawność przy zmianach prądu obciążenia.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) na podstawie dostępnej literatury oraz wyników pomiarów uzyskanych podczas ćwiczeń wykonywanych w tej jednostce modułowej wyjaśnić, od czego zależy sprawność transformatora,
- 2) narysować wykres sprawności i omówić jego przebieg.

- Zalecane metody nauczania–uczenia się:
- ćwiczenia projektowe.

- Środki dydaktyczne:
- podręcznik z maszyn elektrycznych,
 - sprawozdania z przeprowadzonych dotychczas ćwiczeń.

5.7. Transformatory specjalne: transformator trójzwojeniowy, autotransformator, przekładnik prądowy i napięciowy, transformator spawalniczy, transformatory bezpieczeństwa, sterowania i sygnalizacji

5.7.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz transformator do zasilania trzech lamp halogenowych o mocy $P = 35\text{W}$ każda lampa i $U_N = 12\text{V}$.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć łączną moc pobieraną przez halogeny,
- 2) dobrać z katalogu odpowiedni transformator,
- 3) zaprezentować wyniki pracy mając 15 minut na wykonanie zadania.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

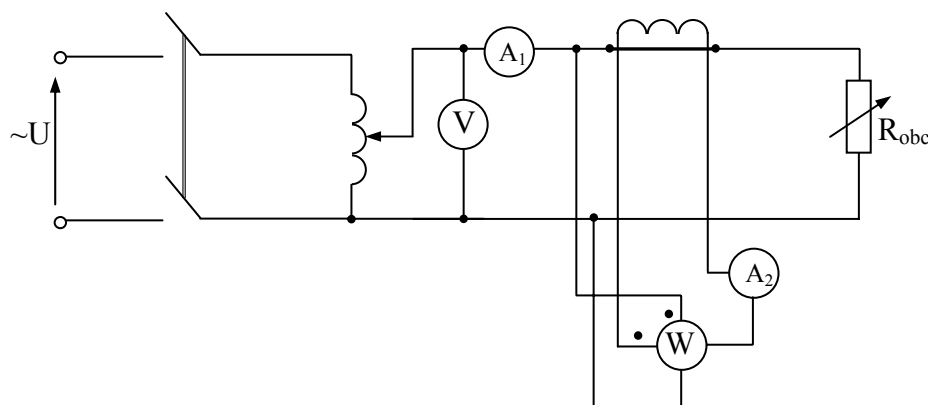
- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- katalogi transformatorów halogenowych,
- kalkulator, zeszyt ćwiczeń, długopis.

Ćwiczenie 2

Dokonaj pomiaru prądu, napięcia i mocy z wykorzystaniem przekładnika prądowego, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 6.



Rys. 6. Schemat układu do pomiarów z użyciem przekładnika

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wykonać pomiary mocy czynnej pobieranej przez różne odbiorniki energii elektrycznej przy napięciu znamionowym,
- 2) porównać moc zmierzoną z mocą znamionową odbiorników,
- 3) na podstawie wskazań amperomierzy wyznaczyć przekładnię znamionową przekładnika,
- 4) wyniki porównać z danymi znamionowymi przekładnika,
- 5) zastosować zasady bhp podczas pomiarów.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- 3 odbiorniki wskazane przez nauczyciela,
- przekładnik prądowy laboratoryjny,
- amperomierze, woltomierz,
- watomierz.

Ćwiczenie 3

Dany jest transformator o II klasie ochronności. Dobierz do niego odpowiednią lampę, podłącz ją do obwodu wtórnego tego transformatora, podłącz transformator do sieci, a następnie dokonaj pomiarów prądu i napięcia w obwodzie lampy.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) zapoznać się z danymi znamionowymi transformatora,
- 2) spośród dostępnych na stanowisku lamp wybrać właściwą, zwracając szczególną uwagę na moc i napięcie znamionowe,
- 3) zaproponować układ pomiarowy i po akceptacji prowadzącego podłączyć lampę do transformatora,
- 4) wykonać niezbędne pomiary,
- 5) zaprezentować wyniki pracy,
- 6) zachować szczególne bezpieczeństwo podczas montażu układu i pomiarów.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- pudełko z różnymi rodzajami lamp,
- transformator bezpieczeństwa,
- katalog transformatorów bezpieczeństwa,
- katalogi źródeł światła,
- amperomierz, woltomierz.

5.8. Eksploatacja transformatorów. Najczęstsze uszkodzenia występujące w transformatorach

5.8.1. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj pomiary rezystancji uzwojeń oraz rezystancji izolacji w danym transformatorze trójfazowym.

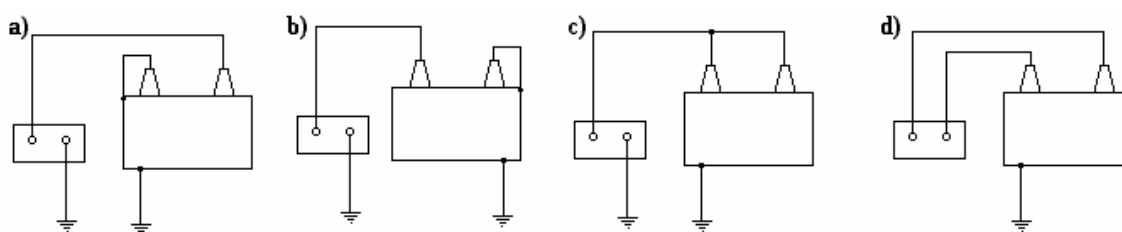
Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) wykonać pomiary po wyłączeniu transformatora spod napięcia,
- 2) pomiar rezystancji wykonywać pomiędzy liniowymi zaciskami transformatora:
 - a) uzwojeń GN – między fazami A-B, A – C, B – C (zalecany mostek Wheatstone'a),
 - b) uzwojeń DN – między fazami a – 0, b – 0, c – 0 (zalecany mostek Thomsona),
- 3) ze zmierzonych rezystancji uzwojeń transformatora pomiędzy zaciskami liniowymi po stronie GN, obliczyć rezystancje faz zależnie od sposobu połączenia uzwojeń,
- 4) dokonać oceny wyników pomiaru,
- 5) pomiar rezystancji izolacji wykonać miernikiem izolacji 2500 V,
- 6) przed przystąpieniem do pomiaru, uziemić badane uzwojenie na czas około 2 minut,
- 7) odczyty wykonywać po upływie 15 s od chwili włączenia napięcia pomiarowego (R_{15}) i po upływie 60 s (R_{60}),
- 8) w transformatorach dwuuzwojeniowych zmierzyć rezystancję izolacji:
 - uzwojenia GN względem uzwojenia DN i kadzi (rys. 7a),
 - uzwojenia DN względem uzwojenia GN i kadzi (rys. 7b),
 - uzwojenia GN i DN względem kadzi względem kadzi (rys. 7c),
 - uzwojenia GN względem uzwojenia DN (rys. 7d),



Rys. 7. Schematy do pomiaru rezystancji izolacji w transformatorze trójfazowym [3]

- 9) dokonać oceny wyników pomiarów.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- transformator trójfazowy,
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji,
- miernik do pomiaru rezystancji uzwojeń.

Ćwiczenie 2.

W danym transformatorze jednofazowym, po zasileniu strony pierwotnej napięciem znamionowym 230 V, napięcie strony wtórnej, w stanie jałowym wynosi 0. Zlokalizuj uszkodzenie w tym transformatorze. Zaprezentuj sposób wykrycia usterki.

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) dokonać szczegółowych oględzin transformatora pod kątem uszkodzeń mechanicznych,
- 2) w zależności od wyników oględzin oraz objawów uszkodzenia dokonać niezbędnych pomiarów,
- 3) przeprowadzić analizę wyników pomiarów,
- 4) zaprezentować wyniki pracy, podając lokalizację uszkodzenia,
- 5) zastosować zasady bhp podczas lokalizacji uszkodzenia.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- niesprawny transformator jednofazowy,
- miernik do pomiaru rezystancji uzwojeń,
- woltomierz.

Ćwiczenie 3

Korzystając z informacji zawartych w podręczniku, poradnikach i różnych innych źródłach, wyjaśnij, jakie przyczyny mogą wywoływać trzaski wewnątrz transformatora lub przebicie izolacji. W jaki sposób można wykryć i usunąć tę usterkę?

Wskazówki do realizacji

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

Sposób wykonania ćwiczenia

Uczeń powinien:

- 1) dokonać analizy możliwych przyczyn wymienionych usterek,
- 2) znaleźć sposób wykrycia i usunięcia usterki,
- 3) zaprezentować wyniki pracy.

Zalecane metody nauczania–uczenia się:

- ćwiczenia projektowe.

Środki dydaktyczne:

- podręcznik – Goźlińska E. „Maszyny elektryczne”, poradniki elektryka.

6. EWALUACJA OSIĄGNIĘĆ UCZNIA

Przykłady narzędzi pomiaru dydaktycznego

Dwa testy dwustopniowe do jednostki modułowej „Dobieranie i sprawdzanie transformatorów”

Test 1

Test składa się z 20 zadań wielokrotnego wyboru, z których:

- zadania 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20 są z poziomu podstawowego,
- zadania 9, 15, 17 są z poziomu ponadpodstawowego.

Punktacja zadań: 0 lub 1 punkt

Za każdą poprawną odpowiedź uczeń otrzymuje 1 punkt, za błędną odpowiedź lub jej brak uczeń otrzymuje 0 punktów.

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

- dopuszczający – za rozwiązanie co najmniej 8 zadań z poziomu podstawowego,
- dostateczny – za rozwiązanie co najmniej 12 zadań z poziomu podstawowego,
- dobry – za rozwiązanie od 15 do 17 zadań, w tym co najmniej 1 z poziomu ponadpodstawowego,
- bardzo dobry – za rozwiązanie co najmniej 18 zadań, w tym co najmniej 2 z poziomu ponadpodstawowego.

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

Plan testu 1

Nr zadania	Cel operacyjny (mierzone osiągnięcia uczniów)	Kategoria celu	Poziom wymagań	Poprawna odpowiedź
1	Sklasyfikować transformatory ze względu na budowę	C	P	b
2	Odczytać i zinterpretować parametry transformatorów podanych na tabliczkach znamionowych	C	p	c
3	Zinterpretować parametry transformatorów podane na tabliczkach znamionowych	B	P	b
4	Podać wzór pozwalający obliczyć podstawowe parametry transformatorów wykorzystując zależności między nimi	A	P	b

5	Podać wzór na podstawowe parametry transformatorów	A	P	d
6	Wyjaśnić wpływ zmian napięcia zasilającego na przekładnię	B	P	d
7	Interpretować wyniki pomiarów wykonanych w stanie jałowym	B	P	d
8	Analizować pracę transformatora w stanie obciążenia	C	P	a
9	Podać wzór na straty mocy w transformatorze	A	PP	c
10	Wyjaśnić wpływ strat mocy na sprawność transformatora	B	P	a
11	Obliczyć podstawowe parametry transformatorów	C	P	b
12	Wyjaśnić, jak dobrać transformator do określonego zadania	B	P	b
13	Podać wzór na przekładnię transformatora w różnych układach połączeń	A	P	b
14	Podać wzór na napięcie zwarcia w transformatorze	A	P	b
15	Obliczyć prądy w transformatorze trójfazowym	C	PP	c
16	Obliczyć parametry przekładników	C	P	c
17	Obliczyć napięcie wtórne po przełączeniu zaczipów	C	PP	a
18	Rozpoznać i nazwać układ połączeń transformatora trójfazowego	B	P	d
19	Zanalizować pracę równoległą transformatorów	D	P	a
20	Określić rodzaj uszkodzenia w transformatorze	C	P	b

P – poziom podstawowy, **PP** – poziom ponadpodstawowy

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela

1. Ustal z uczniami termin przeprowadzenia sprawdzianu z wyprzedzeniem co najmniej jedynogodniowym.
2. Uczeń rozwiązuje 20 zadań testowych wielokrotnego wyboru.
3. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
4. Uczeń podaje poprawną odpowiedź zaznaczając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
5. W przypadku pomyłki bierze błędną odpowiedź w kółko i zaznacza właściwą.
6. W trakcie rozwiązywania testu uczeń może korzystać z kalkulatora.
7. Na rozwiązanie testu uczeń ma (20 zadań x 1,5 minuty) oraz 5 minut na zapoznanie się z instrukcją.
8. Po zakończeniu testu uczeń podnosi rękę i czeka, aż nauczyciel odbierze od niego pracę.

Instrukcja dla ucznia

1. Przeczytaj uważnie instrukcję, masz na to około 5 minut.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test składa się z 20 zadań dotyczących dobierania i sprawdzania transformatorów.
5. Na rozwiązanie wszystkich zadań masz 35 minut.
6. Odpowiedzi udzielaj wyłącznie na załączonej karcie odpowiedzi.
7. Wszystkie zadania to zadania wielokrotnego wyboru. Zawierają cztery możliwe odpowiedzi, z których tylko jedna jest poprawna. Zaznacz poprawną odpowiedź, zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi. Jeśli się pomyliłeś, to otocz błędną odpowiedź kółkiem i zaznacz nową odpowiedź.
8. Zadania: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20 są z poziomu podstawowego, pozostałe z poziomu ponad podstawowego. Rozwiązuj najpierw zadania z poziomu podstawowego.
9. W niektórych zadaniach, udzielenie prawidłowej odpowiedzi wymaga wykonania pomocniczych obliczeń (możesz wykorzystać kalkulator).
10. Możesz uzyskać maksymalnie 20 punktów.
11. Pamiętaj, że pracujesz samodzielnie.
12. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Powodzenia!

Materiały dla ucznia:

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

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

Dobieranie i sprawdzanie transformatorów

1. Ze względu na kształt obwodu magnetycznego transformatory dzielimy na:
 - a) suche i olejowe,
 - b) rdzeniowe i płaszczone,
 - c) dwuuzwojeniowe i trójuzwojeniowe,
 - d) jednofazowe i trójfazowe.
2. Podany na tabliczce znamionowej transformatora symbol IP 44 oznacza:
 - a) stopień ochrony przed przeciążeniem,
 - b) stopień ochrony przed przepięciami,
 - c) stopień ochrony przed dostępem wody i ciał obcych,
 - d) stopień ochrony przed dostępem oleju do konserwatora.
3. Napięcie znamionowe transformatora wyznacza się przy:
 - a) prądzie wtórnym równym prądowi znamionowemu,
 - b) prądzie wtórnym równym zero,
 - c) prądzie wtórnym równym prądowi pierwotnemu,
 - d) prądzie wtórnym równym prądowi jałowemu transformatora.

4. W transformatorze jednofazowym słuszna jest zależność:
- $\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{N_2}{N_1}$,
 - $\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{N_1}{N_2}$,
 - $\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_1}{I_2}$,
 - $\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_1}{N_2}$.
5. Wartość siły elektromotorycznej zaindukowanej w uzwojeniu pierwotnym transformatora określa zależność:
- $E_1 = 4,44 f N_2 \Phi_m$,
 - $E_1 = 4,44 I_1 N_1 \Phi_m$,
 - $E_1 = 4,44 I_1 N_2 \Phi_m$,
 - $E_1 = 4,44 f N_1 \Phi_m$.
6. Transformator jednofazowy ma dane znamionowe: $U_{GN}=230V$, $U_{DN}=24V$. Przekładnia tego transformatora przy wzroście napięcia U_{GN} o 10%
- wzrośnie o 10%,
 - zmaleje o 10%,
 - wzrośnie o 5%,
 - nie zmieni się.
7. Na podstawie pomiarów wykonanych w stanie jałowym transformatora wyznaczyć można:
- straty mocy w uzwojeniach,
 - znamionowy prąd strony pierwotnej,
 - znamionowy prąd strony wtórnej,
 - straty mocy w rdzeniu.
8. W stanie obciążenia transformatora, gdy rośnie prąd wtórny I_2 , to:
- rośnie prąd pierwotny I_1 ,
 - maleje prąd jałowy I_0 ,
 - rośnie napięcie zasilające U_1 ,
 - maleje napięcie zasilające U_1 .
9. Straty mocy w rdzeniu transformatora określone są wzorem:
- $\Delta P_{Fe} = c_h B^2 f^2 + c_w B^2 f^2$,
 - $\Delta P_{Fe} = c_h B^2 f^2 + c_w B^2 f$,
 - $\Delta P_{Fe} = c_h B^2 f + c_w B^2 f^2$,
 - $\Delta P_{Fe} = c_h B^2 f + c_w B^2 f$.
10. Sprawność transformatora definiowana jako stosunek mocy czynnej oddanej do pobranej:
- rośnie wraz ze wzrostem strat mocy w uzwojeniach i rdzeniu,
 - maleje przy wzroście strat mocy w uzwojeniach i rdzeniu,
 - nie zmienia się przy wzroście strat mocy w uzwojeniach,
 - nie zmienia się przy wzroście strat mocy w rdzeniu.

11. W danym transformatorze jednofazowym o danych 230/24 V znamionowy prąd wtórny wynosi 0,4 A. Znamionowy prąd pierwotny tego transformatora wynosi:
- 3,80 A,
 - 0,042 A,
 - 1,22 A,
 - 0,38 A.
12. Przy takim samym napięciu międzyfazowym napięcie fazowe przy połączeniu w trójkąt jest:
- 3 razy większe od napięcia fazowego przy połączeniu uzwojeń w gwiazdę,
 - $\sqrt{3}$ razy większe od napięcia fazowego przy połączeniu uzwojeń w gwiazdę,
 - $\sqrt{3}$ razy mniejsze od napięcia fazowego przy połączeniu uzwojeń w gwiazdę,
 - równe napięciu fazowemu przy połączeniu uzwojeń w gwiazdę.
13. Przekładnia znamionowa w układzie połączeń Yd transformatora trójfazowego określona jest wzorem:
- $\frac{N_1}{\sqrt{3}N_2}$,
 - $\frac{\sqrt{3}N_1}{N_2}$,
 - $\frac{2N_1}{3N_2}$,
 - $\frac{2\sqrt{3}N_1}{N_2}$.
14. Napięcie zwarcia wyrażone w % określone jest wzorem:
- $u_{Z\%} = \frac{U_Z}{U_{2N}} 100\%$,
 - $u_{Z\%} = \frac{U_Z}{U_{1N}} 100\%$,
 - $u_{Z\%} = \frac{U_{1N}}{U_Z} 100\%$,
 - $u_{Z\%} = \frac{U_{2N}}{U_Z} 100\%$.
15. W transformatorze trójfazowym o mocy 1000 kVA, układzie Dy i przekładni 10500/400V znamionowy fazowy prąd wtórny I_{2FN} wynosi:
- 833 A,
 - 2500 A,
 - 1444 A,
 - 144,4 A.

16. Znamionowy prąd wtórny przekładnika prądowego wynosi 5 A, liczba zwojów pierwotnych $N_1 = 2$. Aby przekładnik mierzył prąd $I_1 = 150$ A, liczba zwojów wtórnych powinna wynosić:

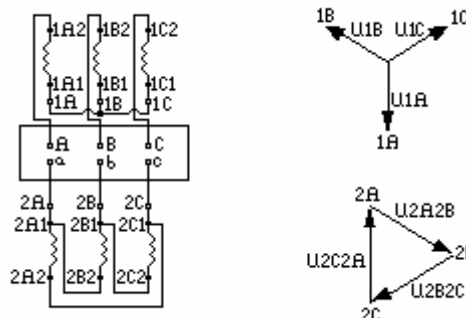
- a) 15,
- b) 30,
- c) 60,
- d) 90.

17. W transformatorze o przekładni $15000 \pm 5\%$ / 400 V przełącznik zaczeów ustawiono w pozycji -5% . Napięcie wtórne w tym transformatorze przy zasilaniu napięciem 15000 V wynosi:

- a) 421 V,
- b) 380 V,
- c) 230 V,
- d) 521 V.

18. Rysunek przedstawia schemat połączeń uzwojeń transformatora:

- a) Dy,
- b) Yz,
- c) Dz,
- d) Yd.



19. Dwa transformatory o danych:

T1: $S_N = 300$ kVA, 1500/400 V, $u_{z\%} = 4,55\%$, Dy5, $\Delta P_o = 1800$ W, $\Delta P_{zN} = 2400$ W

T2: $S_N = 1000$ kVA, 1500/400 V, $u_{z\%} = 4,9\%$, Dy5, $\Delta P_o = 3500$ W, $\Delta P_{zN} = 9200$ W

nie mogą współpracować równolegle, ponieważ zbyt różnią się od siebie:

- a) moce znamionowe,
- b) straty mocy w rdzeniu,
- c) napięcia zwarcia,
- d) straty mocy w uzwojeniach.

20. W wyniku pomiarów wykonanych w stanie jałowym transformatora jednofazowego 230/24V, otrzymano wyniki: $U_1 = 230$ V, $I_1 = 0$ A, $U_2 = 0$ V. Na tej podstawie można stwierdzić, że w transformatorze jest

- a) zwarcie w uzwojeniu wtórnym,
- b) przerwa w uzwojeniu pierwotnym,
- c) przerwa w uzwojeniu wtórnym,
- d) zwarcie w uzwojeniu pierwotnym.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Dobieranie i sprawdzanie transformatorów

Zaznacz poprawną odpowiedź

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

Test 2

Test składa się z 20 zadań wielokrotnego wyboru, z których:

- zadania 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 20 są z poziomu podstawowego,
- zadania 10, 13, 15, 17 są z poziomu ponadpodstawowego.

Punktacja zadań: 0 lub 1 punkt

Za każdą poprawną odpowiedź uczeń otrzymuje 1 punkt, za błędną odpowiedź lub jej brak uczeń otrzymuje 0 punktów.

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

- dopuszczający – za rozwiązanie co najmniej 8 z poziomu podstawowego,
- dostateczny – za rozwiązanie co najmniej 12 zadań z poziomu podstawowego,
- dobry – za rozwiązanie od 15 do 17 zadań, w tym co najmniej 1 z poziomu ponadpodstawowego
- bardzo dobry – za rozwiązanie co najmniej 18 zadań, w tym co najmniej 2 z poziomu ponadpodstawowego.

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

Plan testu 2

Nr zadania	Cel operacyjny (mierzone osiągnięcia uczniów)	Kategoria celu	Poziom wymagań	Poprawna odpowiedź
1	Rozpoznać transformator na podstawie rysunku	A	P	b
2	Podać wzór na moc znamionową transformatora	A	P	c
3	Wyjaśnić wpływ zmiany obciążenia na wzrost strat w transformatorze	B	P	d
4	Wyjaśnić przyczyny odkształcenia prądu magnesującego	B	P	a
5	Wyjaśnić przyczyny strat w rdzeniu transformatora	B	P	d
6	Podać warunek pracy równoległej	A	P	a
7	Interpretować wyniki pomiarów przy badaniu transformatora	C	P	d
8	Obliczyć liczbę zwojów w transformatorze	C	P	a
9	Obliczyć podstawowe parametry transformatora	C	P	c
10	Obliczyć podstawowe parametry transformatora	C	PP	b
11	Podać wzór na przekładnię w transformatorze	A	P	d

12	Obliczyć napięcie zwarcia w transformatorze	C	P	c
13	Obliczyć strumień w rdzeniu transformatora	C	PP	a
14	Obliczyć parametry transformatora	C	P	b
15	Obliczyć parametry transformatora	C	PP	b
16	Wyjaśnić zastosowanie grupy połączeń transformatora	B	P	b
17	Wyznaczyć grupę połączeń transformatora trójfazowego	C	PP	a
18	Obliczyć parametry autotransformatora	C	P	a
19	Zdefiniować charakterystykę zewnętrzną transformatora	A	P	a
20	Podać przyczyny uszkodzenia w transformatorach	A	P	c

P – poziom podstawowy, **PP** – poziom ponadpodstawowy

Przebieg testowania

Instrukcja dla nauczyciela

1. Ustal z uczniami termin przeprowadzenia sprawdzianu z wyprzedzeniem co najmniej tygodniowym.
2. Uczeń rozwiązuje 20 zadań testowych wielokrotnego wyboru.
3. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.
4. Uczeń podaje poprawną odpowiedź zaznaczając właściwe pole w karcie odpowiedzi.
5. W przypadku pomyłki bierze błędną odpowiedź w kółko i zaznacza właściwą.
6. W trakcie rozwiązywania testu uczeń może korzystać z kalkulatora.
7. Na rozwiązanie testu uczeń ma (20 zadań x 1,5 minuty) oraz 5 minut na zapoznanie się z instrukcją.
8. Po zakończeniu testu uczeń podnosi rękę i czeka, aż nauczyciel odbierze od niego pracę.

Instrukcja dla ucznia

1. Przeczytaj uważnie instrukcję, masz na to około 5 minut.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test składa się z 20 zadań dotyczących dobierania i sprawdzania transformatorów.
5. Na rozwiązanie wszystkich zadań masz 35 minut.
6. Odpowiedzi udzielaj wyłącznie na załączonej karcie odpowiedzi.
7. Wszystkie zadania to zadania wielokrotnego wyboru. Zawierają cztery możliwe odpowiedzi, z których tylko jedna jest poprawna. Zaznacz poprawną odpowiedź, zaczerniając właściwe pole w karcie odpowiedzi. Jeśli się pomyliłeś, to otocz błędną odpowiedź kółkiem i zaznacz nową odpowiedź.
8. Zadania: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 20 są z poziomu podstawowego, pozostałe z poziomu ponad podstawowego. Rozwiązuj najpierw zadania z poziomu podstawowego.
9. W niektórych zadaniach, udzielenie prawidłowej odpowiedzi wymaga wykonania pomocniczych obliczeń (możesz wykorzystać kalkulator).
10. Możesz uzyskać maksymalnie 20 punktów.
11. Pamiętaj, że pracujesz samodzielnie.
12. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

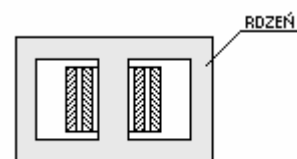
Powodzenia!

Materiały dla ucznia:

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

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Transformator przedstawiony na rysunku to transformator:
 - a) jednofazowy rdzeniowy,
 - b) jednofazowy płaszczyznowy,
 - c) trójfazowy rdzeniowy,
 - d) trójfazowy płaszczyznowy.
2. Moc znamionowa transformatora jednofazowego określona jest zależnością:
 - a) $P = UI \cos \varphi$,
 - b) $P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$,
 - c) $S = UI$,
 - d) $S = \sqrt{3}UI$.
3. Zwiększenie obciążenia transformatora spowoduje wzrost strat mocy czynnej:
 - a) w uzwojeniu wtórnym,
 - b) w uzwojeniu pierwotnym,
 - c) w rdzeniu transformatora,
 - d) w obu uzwojeniach.

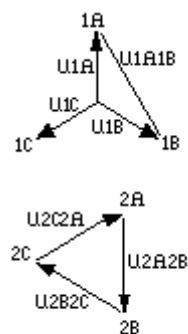
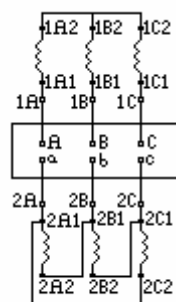


4. Przyczyną odkształcenia prądu magnesującego i_μ od przebiegu sinusoidalnego jest:
 - a) pętla histerezy i zjawisko nasycania się obwodu magnetycznego,
 - b) zbyt duże obciążenie obwodu wtórnego,
 - c) zbyt małe obciążenie obwodu wtórnego,
 - d) zjawisko prądów wirowych.
5. Straty w rdzeniu transformatora spowodowane są:
 - a) prądami wirowymi oraz zakłóceniami radioelektrycznymi,
 - b) prądami wirowymi oraz źle dobranym obciążeniem,
 - c) pętlą histerezy oraz źle dobranym obciążeniem,
 - d) pętlą histerezy oraz prądami wirowymi.
6. Jeden z postulatów poprawnej pracy równoległej transformatorów ma postać:
 - a) transformatory obciążają się proporcjonalnie do swoich mocy znamionowych,
 - b) w obwodach wtórnych w stanie jałowym płyną prądy wyrównawcze,
 - c) w stanie obciążenia prądy wtórne muszą być przesunięte w fazie,
 - d) stosunek mocy transformatorów powinien być większy niż 3:1.
7. Na podstawie próby zwarcia pomiarowego transformatora można ustalić:
 - a) straty mocy w rdzeniu,
 - b) sprawność transformatora,
 - c) przekładnię znamionową,
 - d) straty mocy w uzwojeniach.
8. W transformatorze jednofazowym o danych $N_1 = 3000$ zw, $U_1 = 230$ V, $U_2 = 12$ V liczba zwojów wtórnych wynosi:
 - a) 157,
 - b) 58,
 - c) 300,
 - d) 158.
9. W przekładniku prądowym prąd $I_1 = 500$ A, prąd $I_2 = 5$ A, $N_1 = 2$, liczba zwojów wtórnych wynosi:
 - a) 2,
 - b) 20,
 - c) 200,
 - d) 2000.
10. Jeżeli w transformatorze trójfazowym $S_N = 630$ kVA, $U_{DN} = 5200$ V, Yd5 to znamionowy prąd fazowy strony wtórnej wynosi:
 - a) 121,2 A,
 - b) 40,3 A,
 - c) 69,9 A,
 - d) 20,2 A.

11. W układzie połączeń Yz transformatora trójfazowego przekładnia określona jest wzorem:
- $\frac{N_1}{\sqrt{3}N_2}$,
 - $\frac{\sqrt{3}N_1}{N_2}$,
 - $\frac{2N_1}{3N_2}$,
 - $\frac{2\sqrt{3}N_1}{N_2}$.
12. Wyznaczone podczas próby zwarcia pomiarowe napięcie zwarcia wynosi $U_Z = 1800 \text{ V}$. Jeżeli znamionowe napięcie pierwotne tego transformatora wynosi 30 kV, to procentowe napięcie zwarcia wynosi:
- 4%,
 - 5%,
 - 6%,
 - 7%.
13. Jeżeli w pewnym transformatorze napięcie zwojowe (zaindukowane w jednym zwoju transformatora) $e = 10 \text{ V/zw}$, to strumień magnetyczny w rdzeniu tego transformatora wynosi:
- 0,0455 Wb,
 - 0,4550 Wb,
 - 0,0455 T,
 - 0,4550 T.
14. Jeżeli napięcie znamionowe strony pierwotnej transformatora trójfazowego wynosi 15750 V, uzwojenia są skojarzone w gwiazdę, to znamionowe napięcie fazowe tego transformatora wynosi:
- 15750 V,
 - 9093 V,
 - 10500 V,
 - 5250 V.
15. W transformatorze trójfazowym o $U_{GN}/U_{DN} = 10500 \pm 5\%/400 \text{ V}$, przełącznik zacze­pów ustawiono w pozycję +5%. Napięcie w stanie jałowym w tym transformatorze przy zasilaniu napięciem 10500 V wynosi:
- 400 V,
 - 381 V,
 - 419 V,
 - 230 V.
16. O zastosowaniu określonej grupy połączeń transformatora decyduje między innymi:
- moc zapotrzebowana przez odbiorcę,
 - niesymetria obciążenia i koszt budowy,
 - wartość napięcia strony pierwotnej i wtórnej,
 - wartość współczynnika mocy.

17. W przedstawionym układzie grupa połączeń transformatora wynosi:

- a) Yd1,
- b) Dy1,
- c) Yd5,
- d) Dy7.



18. Moc własna autotransformatora o przekładni 230 / 110 V i prądzie obciążenia 6 A wynosi:

- a) 660 VA,
- b) 1380 VA,
- c) 344 VA,
- d) 200 VA.

19. Charakterystyką zewnętrzną transformatora nazywamy:

- a) zależność napięcia U_2 na zaciskach uzwojenia wtórnego do prądu obciążenia I_2 ,
- b) zależność prądu zwarcia I_{1Z} od napięcia zwarcia U_{1Z} ,
- c) zależność sprawności od prądu obciążenia I_2 ,
- d) zależność współczynnika mocy $\cos\varphi$ od napięcia zwarcia U_{1Z} .

20. Przyczyną trzasków wewnątrz transformatora energetycznego mogą być:

- a) nieszczelne spoiny kadzi,
- b) zbyt niski poziom oleju,
- c) przebiecia i wyładowania do kadzi,
- d) zwarcie między zwojami.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Dobieranie i sprawdzanie transformatorów

Zaznacz poprawną odpowiedź

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

7. LITERATURA

1. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne. WSiP, Warszawa 2001
2. Kotlarski W.: Sieci elektroenergetyczne. WSiP, Warszawa 2002
3. Laskowski J.: Poradnik elektroenergetyka przemysłowego. COSiW SEP, Warszawa 2000
4. Pilawski M.: Pracownia elektryczna. WSiP, Warszawa 1995
5. Stein Z.: Maszyny i napęd elektryczny. WSiP, Warszawa 1999
6. Zakrzewski K., Byczkowska L.: Transformatory i przetworniki elektromechaniczne prądu stałego. Politechnika Łódzka, Łódź 1993