



MINISTERSTWO EDUKACJI  
i NAUKI



**Teresa Birecka**

**Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów  
nieustalonych w obwodach elektrycznych  
311[08].O1.06**

**Poradnik dla nauczyciela**

**Wydawca**

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

Recenzenci:

dr inż. Wacław Załucki

mgr inż. Edward Wilczopolski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr Bożena Zając

Korekta:

mgr inż. Jarosław Sitek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[08].O1.06 „Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych” zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

# SPIS TREŚCI

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Wprowadzenie</b>                                                                        | 3  |
| <b>2. Wymagania wstępne</b>                                                                   | 4  |
| <b>3. Cele kształcenia</b>                                                                    | 5  |
| <b>4. Przykładowe scenariusze zajęć</b>                                                       | 6  |
| <b>5. Ćwiczenia</b>                                                                           | 10 |
| <b>5.1. Przebiegi odkształcone i przyczyny ich powstawania</b>                                | 10 |
| 5.1.1. Ćwiczenia                                                                              | 10 |
| <b>5.2. Przedstawianie przebiegu odkształconego w postaci sumy harmoniczných</b>              | 11 |
| <b>Analiza przebiegów</b>                                                                     |    |
| 5.2.1. Ćwiczenia                                                                              | 11 |
| <b>5.3. Obwody zasilane napięciem odkształconym. Wpływ odkształcenia na pracę odbiorników</b> | 13 |
| 5.3.1. Ćwiczenia                                                                              | 13 |
| <b>5.4. Przyczyny powstawania stanów nieustalonych</b>                                        | 16 |
| 5.4.1. Ćwiczenia                                                                              | 16 |
| <b>5.5. Stany nieustalone w obwodach RL, RC i RLC oraz ich wpływ na pracę obwodu</b>          | 17 |
| 5.5.1. Ćwiczenia                                                                              | 17 |
| <b>6. Ewaluacja osiągnięć ucznia</b>                                                          | 21 |
| <b>7. Literatura</b>                                                                          | 35 |

# 1. WPROWADZENIE

Przekazujemy Państwu poradnik dla nauczyciela „Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych”, który będzie pomocny w prowadzeniu zajęć dydaktycznych w szkole kształcącej w zawodzie technik elektryk 311[08].

Program jednostki modułowej obejmuje podstawowe wiadomości i umiejętności dotyczące analizy przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych. Szczególną uwagę należy zwrócić na zrozumienie przez uczniów przyczyn powstawania przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych oraz ich wpływu na pracę urządzeń, bowiem występują one zarówno w źródłach energii, liniach przesyłowych, jak i odbiornikach.

Treści te są trudne w realizacji, ale ważne, ponieważ dotyczą zjawisk mających wpływ na pracę urządzeń przyłączanych do sieci elektroenergetycznej. Analizę zjawisk przeprowadzono bez stosowania matematyki wyższej, co wymusza pewne uproszczenia. Dlatego dla lepszego zrozumienia i utrwalenia treści programowych wskazane jest przeprowadzanie pokazów, obserwacji oraz wykorzystanie komputerowych programów symulacyjnych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne: wykaz umiejętności, jakie uczeń powinien mieć już opanowane, aby bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia: wykaz umiejętności, jakie zostaną ukształtowane podczas pracy z podręcznikiem; osiągnięcie celów kształcenia określonych dla tej jednostki modułowej jest warunkiem koniecznym do zrozumienia i przyswojenia treści zawartych w programach następnych modułów,
- przykładowe scenariusze zajęć,
- ćwiczenia: zaproponowane w poradniku ćwiczenia pomogą zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne; ukierunkowana obserwacja pracy ucznia podczas wykonywania ćwiczeń winna być elementem oceny osiągnięć ucznia,
- sprawdzian postępów: pozwoli na dokonanie oceny wiedzy ucznia po wykonaniu ćwiczeń,
- ewaluację osiągnięć ucznia,
- wykaz literatury: na podanej w wykazie literaturze oparty został materiał nauczania w poradniku dla ucznia.

Ważne jest ukształtowanie umiejętności diagnozowania pracy obwodów na podstawie uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń.

Należy zwrócić uwagę uczniów na konieczność wykonania z należytą starannością ćwiczeń dotyczących obliczeń i wykonywania pomiarów. W ten sposób potwierdzą słuszność poznanych zależności i utrwalą poznane wcześniej treści.

Przed przystąpieniem do ćwiczeń praktycznych konieczne jest zapoznanie uczniów z zasadami bhp obowiązującymi na danym stanowisku.

W trakcie realizacji jednostki modułowej uczniowie powinni wykorzystywać programy komputerowe do wykonywania obliczeń i wykresów przy wykonywaniu ćwiczeń.

Proponowane metody sprawdzania i oceny osiągnięć edukacyjnych: ustne sprawdziany poziomu wiadomości i umiejętności, pisemne sprawdziany, ukierunkowana obserwacja pracy ucznia podczas wykonywania ćwiczeń, testy osiągnięć szkolnych.

Wskazane jest, aby zajęcia dydaktyczne prowadzone były różnymi metodami aktywizującymi z uwzględnieniem: pokazu z objaśnieniem, ćwiczeń obliczeniowych, metody projektów, ćwiczeń pomiarowych.

W trakcie realizacji jednostki modułowej będzie dominować praca jednolita indywidualna, praca w grupach jednolita i różnicowana.

## 2.WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- charakteryzować zjawiska zachodzące w polu elektrycznym i magnetycznym,
- rozróżniać podstawowe parametry przebiegu sinusoidalnego,
- obliczać prądy, napięcia i moce w obwodach prądu stałego i sinusoidalnego,
- obliczać reaktancję i impedancję obwodu,
- określać warunki rezonansu,
- rozróżniać filtry elektryczne i wskazać ich zastosowania,
- łączyć obwody elektryczne prądu stałego i przemiennego na podstawie ich schematów,
- dobierać przyrządy pomiarowe do wykonywania pomiarów w obwodach prądu przemiennego i stałego,
- mierzyć podstawowe wielkości elektryczne w obwodach prądu stałego i przemiennego,
- lokalizować i usunąć proste usterki w obwodach prądu przemiennego i stałego,
- stosować zasady bhp i ochrony ppoż. podczas pomiarów oraz pokazów zjawisk fizycznych.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji jednostki modułowej uczeń powinien umieć:

- rozpoznać przebiegi odkształcone na wykresie czasowym,
- rozróżnić rodzaje przebiegów odkształconych,
- określić przyczyny powstawania przebiegów odkształconych w wybranych obwodach,
- wskazać przykłady obwodów z przebiegami odkształconymi,
- obliczyć podstawowe wielkości prostego obwodu zasilanego napięciem odkształconym,
- dokonać analizy wpływu harmonicznych na prąd, napięcie i moc odbiorników,
- ocenić wpływ odkształcenia prądu lub napięcia na pracę odbiorników,
- wyjaśnić przyczyny powstawania stanów nieustalonych w obwodach,
- wskazać przykłady występowania stanów nieustalonych w obwodach,
- wyjaśnić zjawiska zachodzące w prostych obwodach podczas stanów nieustalonych,
- obliczyć parametry prostych obwodów w stanie nieustalonym,
- wyznaczyć parametry obwodu w stanie nieustalonym na podstawie przeprowadzonych pomiarów,
- określić skutki stanów nieustalonych w obwodach,
- zastosować zasady bhp podczas badania obwodów elektrycznych.

## 4. PRZYKŁADOWE SCENARIUSZE ZAJĘĆ

### Scenariusz nr 1

Osoba prowadząca:.....

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Podstawy elektrotechniki i elektroniki 311[08].O1

Jednostka modułowa: Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych 311[08].O1.06

Temat: **Przebiegi odkształcone i przyczyny ich powstawania**

**Cel ogólny:** kształtowanie umiejętności uwzględniania wpływu odkształcenia prądu lub napięcia na pracę urządzeń.

**Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń powinien umieć:**

- rozpoznać przebiegi odkształcone na wykresie czasowym,
- rozróżnić rodzaje przebiegów odkształconych,
- określić przyczyny powstawania przebiegów odkształconych w wybranych obwodach,
- wskazać przykłady obwodów z przebiegami odkształconymi.

**Metody nauczania – uczenia się:**

- wykład,
- pokaz z objaśnieniem,
- ćwiczenie,
- ćwiczenie pomiarowe.

**Formy organizacyjne pracy uczniów:**

- jednolita zbiorowa,
- w grupach jednolita i zróżnicowana.

**Czas realizacji:** 135 minut.

**Środki dydaktyczne:**

- foliogramy z przebiegami odkształconymi,
- komputerowy program symulacyjny,
- instrukcje do ćwiczeń,
- transformator jednofazowy,
- oscyloskop,
- autotransformator,
- rezystor wzorcowy,
- woltomierz,
- amperomierz,
- przybory do rysowania,
- podręczniki (literatura poz.1).

**Przebieg zajęć:**

1. Czynności organizacyjne.
2. Wprowadzenie:
  - uświadomienie celów zajęć,
  - przedstawienie propozycji przebiegu zajęć,

3. Przypomnienie wiadomości dotyczących sposobu wytwarzania napięć trójfazowych, ustalenie warunków, jakie muszą być spełnione, aby napięcie było sinusoidalne, zdefiniowanie pojęcia przebiegu odkształconego.
4. Pokaz z objaśnieniem:
  - foliogramów z przebiegami odkształconymi,
  - zdefiniowanie pojęcia przebiegu odkształconego,
  - określenie przyczyn powstawania przebiegów odkształconych,
  - określenie rodzajów symetrii przebiegów odkształconych,
  - wskazanie urządzeń z przebiegami odkształconymi,
  - wspólne sformułowanie wniosków z pokazu i dyskusji i zapisanie do zeszytów,
5. Wykonanie ćwiczenia nr 1.
6. Wykonanie ćwiczenia nr 2.
7. Podsumowanie:
  - analiza wykonania ćwiczenia,
  - sformułowanie wniosków po wykonaniu ćwiczenia.

### **Zakończenie zajęć**

#### **Praca domowa:**

- wykonaj graficzne sumowanie dwóch przebiegów sinusoidalnych o parametrach:  $U_{1m}=10V$ ,  $f_1=50Hz$  oraz  $U_{2m}=5V$ ,  $f_2=150Hz$ . Sformułuj wnioski.

#### **Sposób uzyskania informacji zwrotnej od ucznia po zakończonych zajęciach:**

- anonimowe ankiety ewaluacyjne dotyczące sposobu prowadzenia zajęć i zdobytych umiejętności.

## Scenariusz nr 2

Osoba prowadząca:.....

Modułowy program nauczania: Technik elektryk 311[08]

Moduł: Podstawy elektrotechniki i elektroniki 311[08].O1

Jednostka modułowa: Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych 311[08].O1.06

**Temat: Przyczyny i skutki stanów nieustalonych w pracy urządzeń**

**Cel ogólny:** kształtowanie umiejętności oceny skutków stanów nieustalonych na pracę urządzeń elektrycznych.

**Po zakończeniu zajęć edukacyjnych uczeń powinien umieć:**

- wyjaśnić pojęcie stanu nieustalonego,
- wyjaśnić zjawiska towarzyszące komutacji,
- wymienić urządzenia, w których występują częste stany nieustalone,
- wyjaśnić przyczyny powstawania stanów nieustalonych w obwodach,
- określić skutki stanów nieustalonych w odbiornikach,
- wskazać sposoby eliminowania negatywnych skutków stanów nieustalonych na pracę urządzeń.

**Zalecane metody nauczania – uczenia się:**

- dyskusja problemowa,
- wywiad,
- ćwiczenie z elementami metody projektów.

**Czas realizacji:** 135 minut.

**Formy organizacyjne pracy uczniów:**

- indywidualna,
- w grupach trzy osobowych.

**Środki dydaktyczne:**

- opis zadania zaproponowany przez nauczyciela,
- książki, katalogi producentów sprzętu AGD i RTV, schematy urządzeń,
- komputer z dostępem do Internetu.

**Przebieg zajęć:**

Faza I (30 minut)

1. Wprowadzenie do tematu:
  - uświadomienie celów zajęć,
  - przedstawienie propozycji przebiegu zajęć.
2. Zdefiniowanie pojęcia stanu nieustalonego, wskazanie na zjawiska zachodzące przy załączaniu i wyłączaniu odbiorników i oddziaływanie komutacji na pracę innych urządzeń,

Faza II (15 minut)

Sformułowanie tematu i ustalenie zakresu realizacji dla grup trzy osobowych.

Opis tematu:

W naszym otoczeniu systematycznie zwiększa się ilość urządzeń, które są odbiornikami energii elektrycznej. Ich przyłączanie do źródła zasilania oraz odłączanie związane jest z powstawaniem stanów nieustalonych, które oddziałują zarówno na te urządzenia, jak i na inne odbiorniki zasilane z tego samego systemu elektroenergetycznego. Zabieganie o klienta powoduje, że wytwórcy starają się wprowadzać rozwiązania eliminujące niekorzystne zjawiska związane z komutacją. Nowe technologie pozwalają na eliminację niektórych skutków komutacji. Związane jest to jednak z podrożeniem kosztów produkcji. Ponadto nie wszystkie skutki komutacji da się wyeliminować z pracy urządzeń.

**Ćwiczenie** (z elementami metody projektów):

Przedstaw skutki zjawisk związanych z komutacją dla pracy urządzenia wskazanego przez nauczyciela (pralka automatyczna, odkurzacz, telewizor, komputer, świetlówki, odtwarzacz CD, DVD, zasilacz do ładowania telefonu komórkowego, i inne) oraz jego wrażliwość na stany nieustalone powodowane przez inne urządzenia.

Faza III. Realizacja (2 tygodnie w ramach pracy domowej i konsultacji z nauczycielem).

W tej fazie uczniowie powinni:

1. Zaproponować harmonogram działań.
2. Zebrać informacje dotyczące działania wskazanych urządzeń, korzystając z dostępnych źródeł informacji: książek, katalogów producentów, publikacji naukowych, zasobów Internetu.
3. Określić skutki załączania tych urządzeń dla nich samych i dla źródeł zasilania na podstawie obserwacji ich pracy, zebranych informacji.
4. Przedstawić stosowane przez producentów sposoby minimalizowania skutków komutacji – na podstawie literatury, wywiadów z producentami.
5. Opracować zebrane informacje.

Faza IV. Prezentacja i podsumowanie (90 minut):

- prezentacja opracowań przez liderów grupy,
- sformułowanie wniosków,
- dokonanie oceny ćwiczenia przez uczniów i nauczyciela.

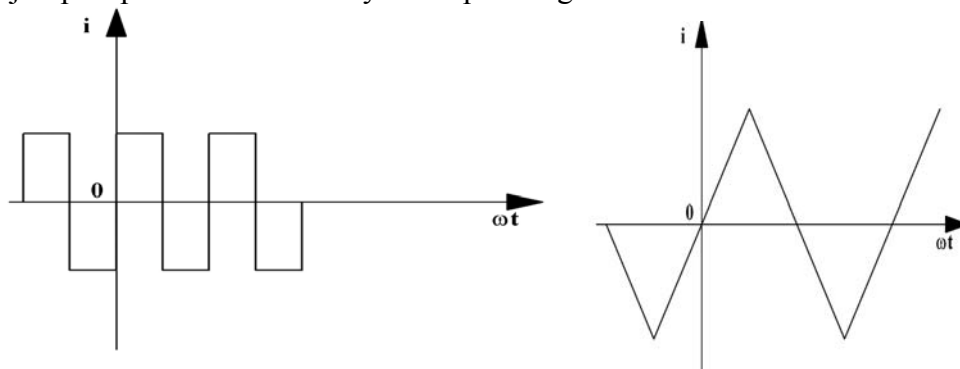
## 5. ĆWICZENIA

### 5.1. Przebiegi odkształcone i przyczyny ich powstawania

#### 5.1.1. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Nazwij i opisz przedstawione na rysunku przebiegi odkształcone.



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

Wskazówki do realizacji

W trakcie zajęć należy uczniom zaprezentować foliogramy z różnymi przebiegami odkształconymi i wskazać te, które powinni opisać.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) przypisać nazwę do określonego przebiegu,
- 2) określić, czy przebieg jest okresowy,
- 3) przerysować przebiegi do zeszytu i opisać je.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- pokaz z objaśnieniem,
- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- foliogramy z przebiegami odkształconymi.

##### Ćwiczenie 2

Oceń wpływ nasycenia obwodu magnetycznego na kształt prądu magnesującego transformatora.

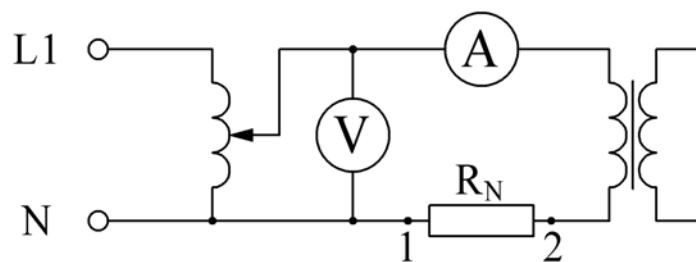
Wskazówki do realizacji:

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 urządzeniami i połączyć układ jak na rysunku,



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

- 2) włączyć oscyloskop do punktów 1 i 2 układu (spadek napięcia na rezystancji jest proporcjonalny do prądu); napięcie zasilania sprawdzić na woltomierzu,
- 3) przerysować z oscyloskopu prąd magnesujący przy małym i dużym nasyceniu obwodu magnetycznego (regulować napięcie zasilania autotransformatorem),
- 4) ocenić wpływ nasycenia obwodu magnetycznego na kształt prądu,
- 5) sformułować wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe

Środki dydaktyczne:

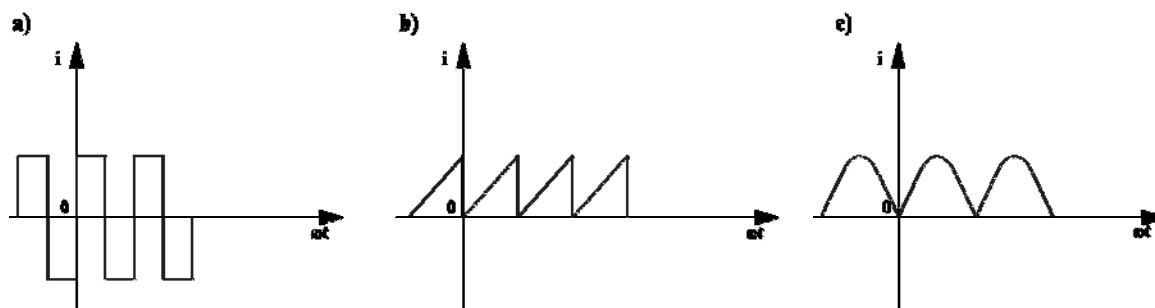
- transformator jednofazowy,
- oscyloskop,
- autotransformator,
- rezystor wzorcowy,
- woltomierz,
- amperomierz.

## 5.2. Przedstawianie przebiegu odkształconego w postaci sumy harmonicznych. Analiza przebiegów

### 5.2.1. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Nazwij i określ rodzaj symetrii przebiegów odkształconych przedstawionych na fazogramach.



Rysunek do ćwiczenia

Wskazówki do realizacji:

W ćwiczeniu należy zaprezentować uczniom większą ilość przebiegów odkształconych i wskazać te, które powinni opisać.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) przerysować przebiegi przedstawione na fazogramach,
- 2) określić rodzaj symetrii dla każdego z nich,
- 3) zapisać w postaci ogólnej szereg Fouriera dla tych przebiegów.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- pokaz z objaśnieniem
- ćwiczenia.

Środki dydaktyczne:

- fazogramy z typowymi przebiegami odkształconymi.

## Ćwiczenie 2

Przedstaw w postaci szeregu Fouriera przebiegi okresowe niesinusoidalne uzyskiwane z generatora napięć prostokątnych i piłokształtnych.

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) włączyć generator do sieci, na jego wyjście podłączyć woltomierz oraz oscyloskop,
- 2) ustawić określone napięcie i częstotliwość generatora. zmierzyć wartości napięć.,
- 3) przebiegi uzyskane dla tych samych wartości  $u$  i  $f$  przerysować,
- 4) określić rodzaj symetrii dla każdego z nich. zapisać w postaci szeregu Fouriera te przebiegi,
- 5) określić współczynnik odkształcenia dla uzyskanych przebiegów,
- 6) sformułować wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe i obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- generator,
- oscyloskop,
- woltomierz.

## 5.3. Obwody zasilane napięciem odkształconym. Wpływ odkształcenia na pracę odbiorników

### 5.3.1. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Oblicz reaktancję cewki o indukcyjności  $L=50\text{mH}$  dla 1, 3 i 15 harmonicznej prądu, jeżeli częstotliwość harmonicznej podstawowej wynosi 100Hz.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć reaktancję dla poszczególnych harmonicznych,
- 2) sformułować wnioski dotyczące zmiany parametrów cewki w obwodzie prądu odkształconego.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator.

#### Ćwiczenie 2

Oblicz reaktancję kondensatora o pojemności  $C=20\mu\text{F}$  dla 1, 3 i 15 harmonicznej prądu, jeżeli częstotliwość harmonicznej podstawowej wynosi  $f_1=100\text{Hz}$ .

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć reaktancje dla poszczególnych harmonicznych,
- 2) sformułować wnioski dotyczące zmiany parametrów kondensatora w obwodzie prądu odkształconego.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator.

### Ćwiczenie 3

Cewkę z ćwiczenia 1 i kondensator z ćwiczenia 2 połączono szeregowo z rezystorem o  $R=10\Omega$ . Układ zasilony jest napięciem odkształconym o częstotliwości pierwszej harmonicznej  $f_1=50\text{Hz}$ . Dokonaj analizy zmiany impedancji układu, jeżeli w napięciu zasilającym występują harmoniczne 1, 3, 5, 7.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć reaktancje pojemnościowe i indukcyjne dla poszczególnych harmonicznych,
- 2) obliczyć impedancje dla poszczególnych harmonicznych,
- 3) zanalizować wpływ harmonicznych na wartość impedancji w odwodzie prądu odkształconego.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator.

### Ćwiczenie 4

Oblicz współczynnik zawartości harmonicznych i współczynnik odkształcenia dla prądu odkształconego, którego przebieg zapisany w postaci szeregu Fouriera jest następujący:

$$i = [20 + 56,4 \sin \omega t + 28,2 \sin 3\omega t + 14,2 \sin(5\omega t + \frac{\pi}{6})]A.$$

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć wartości skuteczne poszczególnych harmonicznych oraz wartość skuteczną prądu odkształconego,
- 2) obliczyć współczynniki,
- 3) na podstawie obliczeń zanalizować wpływ poszczególnych harmonicznych na wartość skuteczną prądu odkształconego,
- 4) zapisać wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator.

### Ćwiczenie 5

Układ szeregowy RLC, w którym  $R=10\Omega$ ,  $L=50\text{mH}$ ,  $C=20\mu\text{F}$  zasilony jest napięciem o kształcie  $u = [180\sin\omega t + 60\sin 3\omega t + 40\sin(5\omega t + \frac{\pi}{10})]\text{V}$ . Częstotliwość pierwszej harmonicznej napięcia wynosi 50 Hz. Oblicz wartość chwilową i skuteczną prądu, moc czynną i pozorną oraz współczynnik mocy dla tego układu.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć dla poszczególnych harmonicznych: impedancję, kąt przesunięcia fazowego, wartość maksymalną, chwilową i skuteczną prądu oraz wartość skuteczną napięcia,
- 2) obliczyć wartość chwilową i skuteczną prądu w układzie,
- 3) obliczyć dla poszczególnych harmonicznych moce czynne,
- 4) obliczyć moc czynną i pozorną oraz współczynnik mocy układu,
- 5) dokonać analizy otrzymanych wyników.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator.

### Ćwiczenie 6

Oblicz wskazania amperomierzy włączonych jak na rysunku, w układzie zasilania odbiornika symetrycznego z generatora połączonych w trójkąt. Prądy fazowe generatora zawierają 1, 3 i 5 harmoniczną:  $I_1 = 30\text{A}$ ,  $I_3 = 20\text{A}$ ,  $I_5 = 15\text{A}$ . Określ stosunek prądu przewodowego do fazowego.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć wartość skuteczną prądu fazowego (wskazanie amperomierza  $A_1$ ),
- 2) obliczyć wartość skuteczną prądu przewodowego (wskazanie amperomierza  $A_2$ ),
- 3) obliczyć stosunek prądu przewodowego do fazowego,
- 4) porównać uzyskany wynik z wartością tego stosunku przy napięciach sinusoidalnych,
- 5) sformułować wnioski wynikające z tych obliczeń.

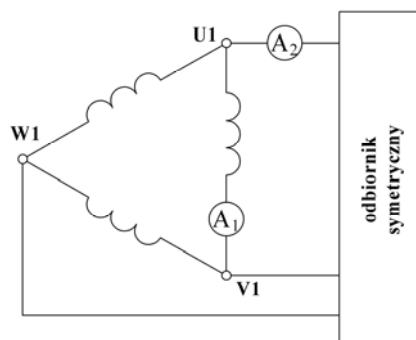
Uwagi do wykonania ćwiczenia: prąd liniowy nie zawiera harmonicznych, których rząd podzielny jest przez 3.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- rysunek układu,
- kalkulator.



Rysunek do ćwiczenia obliczeniowego [w oparciu o 4]

## 5.4. Przyczyny powstawania stanów nieustalonych

### 5.4.1. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Przedstaw skutki zjawisk związanych z komutacją dla pracy urządzenia wskazanego przez nauczyciela (pralka automatyczna, odkurzacze, telewizor, komputer, świetlówki, odtwarzacz CD, DVD, zasilacz do ładowania telefonu komórkowego i inne) oraz jego wrażliwość na stany nieustalone powodowane przez inne urządzenia.

Wskazówki do realizacji:

Szczegółowy przebieg ćwiczenia zawarty jest w scenariuszu nr 2. Zaleca się podział na grupy składające się z trzech uczniów.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) Wykonać działania przedstawione w scenariuszu przedłożonym przez nauczyciela, zgodnie z harmonogramem opracowanym przez grupę.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- dyskusja problemowa,
- ćwiczenie z elementami metody projektów.

Środki dydaktyczne:

- opis zadania zaproponowany przez nauczyciela,
- książki, katalogi producentów sprzętu AGD i RTV, schematy urządzeń,
- komputer z dostępem do Internetu.

## 5.5. Stany nieustalone w obwodach RL, RC i RLC oraz ich wpływ na pracę obwodu

### 5.5.1. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Oblicz wartość prądu, jaki popłynie w obwodzie rzeczywistej cewki o indukcyjności  $L=100\text{mH}$  i rezystancji jej uzwojenia  $R=10\Omega$  po załączeniu do niej napięcia stałego oraz po czasie  $t = \tau$ . Jaka wartość miałby prąd przy zwarcu tej cewki po czasie  $t = 2\tau$ ?

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć stałą czasową i wartość prądu dla  $t = 0$ ,  $t = \tau$  i  $t = 2\tau$  od chwili przyłożenia napięcia,
- 2) obliczyć wartość prądu przy zwarcu,
- 3) sformułować wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

Środki dydaktyczne:

- kalkulator.

#### Ćwiczenie 2

Kondensator o pojemności  $4\mu\text{F}$  został połączony szeregowo z rezystorem  $R=0,5\text{M}\Omega$  i załączony do źródła napięcia stałego  $U=100\text{V}$ . Oblicz wartość prądu ładowania kondensatora tuż po komutacji ( $t = 0$ ) i po 2 sekundach trwania stanu nieustalonego. Sprawdź jak wpłynie na wartość prądu dwukrotne zwiększenie rezystancji w obwodzie, a jak dwukrotne zwiększenie pojemności kondensatora.

Wskazówki do realizacji:

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczenia, nauczyciel powinien omówić sposób wykonania ćwiczenia z uwzględnieniem wymaganej dokładności wykonania obliczeń.

Sposób wykonania ćwiczenia:

Uczeń powinien:

- 1) obliczyć stałą czasową i wartość prądu dla danych wyjściowych,
- 2) obliczyć stałą czasową i wartość prądu dla danych dwóch następnych przypadków,
- 3) porównać wyniki,
- 4) sformułować wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia obliczeniowe.

- Środki dydaktyczne:
- kalkulator.

### Ćwiczenie 3

Na podstawie pomiarów przeprowadzonych w przedstawionym układzie wykreśl zależność  $u_C = f(t)$  oraz  $i = f(t)$  w obwodzie RC dla:

- procesu ładowania kondensatora w obwodzie prądu stałego,
- procesu rozładowania kondensatora.

Pomiary przeprowadź dla dwóch stałych czasowych: przy  $R = R_1$  i  $R = R_2$ .

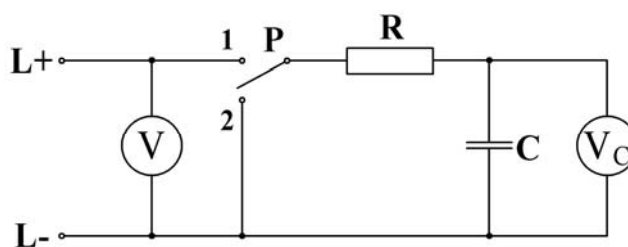
Wskazówki do realizacji:

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 elementami układu,
- 2) zmontować układ jak na rysunku,



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

- 3) uzasadnić wybór woltomierza  $V_C$ ,
- 4) obliczyć stałe czasowe dla danych elementów obwodu i ustalić czas badania do 7 stałych czasowych,
- 5) narysować tabele do zapisywania wyników,
- 6) wykonać pomiary dla obu stałych czasowych,
- 7) wykonać obliczenia i wykresy (we wspólnym układzie współrzędnych wykreślić napięcia dla obu stałych czasowych, analogicznie prądy),
- 8) sformułować i zapisać wnioski.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- schemat układu pomiarowego,
- układ z kondensatorem i rezystorem (wymiennym),
- źródło napięcia stałego,
- stoper,
- 2 woltomierze magnetoelektryczne, w tym jeden o bardzo dużej rezystancji wewnętrznej,
- kalkulator.

#### Ćwiczenie 4

Narysuj przebiegi  $u_L = f(t)$ ,  $i = f(t)$  (kształt prądu  $i$  jest taki sam jak  $u_R$ ) oraz  $u = f(t)$  uzyskane na ekranie oscyloskopu przy połączeniu układu RL jak na rysunku i uzasadnij ich przebieg.

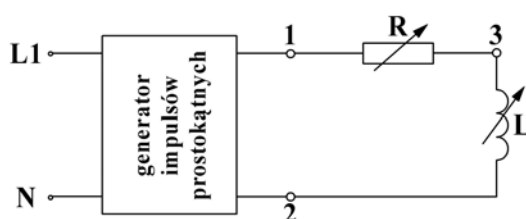
Wskazówki do realizacji:

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 elementami układu,
- 2) zmontować układ jak na rysunku,



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

- 3) do zacisków układu 1-2 doprowadzić napięcie z generatora impulsów prostokątnych
- 4) przeprowadzić badanie układu poprzez:
  - obserwację napięcia wejściowego – oscyloskop przyłączony do zacisków 1-2 i obserwację napięcia na cewce – oscyloskop przyłączony do zacisków 3-2,
  - obserwację napięcia wejściowego – oscyloskop przyłączony do zacisków 1-2 i obserwację napięcia na rezystorze – oscyloskop przyłączony do zacisków 1- 3.
- 5) przerysować przebiegi na papier milimetrowy i nanieść wartości na osie,
- 6) pomiary powtórzyć dla innej stałej czasowej,
- 7) sformułować i zapisać wnioski.

Uwagi do ćwiczenia: należy tak dobrać okres  $T$  impulsu prostokątnego, aby  $T > (8-10) \tau$  układu.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- schemat układu pomiarowego,
- układ z cewką i rezystorem o zmiennych parametrach,
- generator impulsów prostokątnych,
- oscyloskop dwukanałowy,
- papier milimetrowy.

#### Ćwiczenie 5

Narysuj przebiegi  $u_C = f(t)$ ,  $i = f(t)$  (kształt  $i$  taki sam jak  $u_R$ ) oraz  $u = f(t)$  uzyskane na ekranie oscyloskopu przy połączeniu układu RLC jak na rysunku i uzasadnij ich przebieg

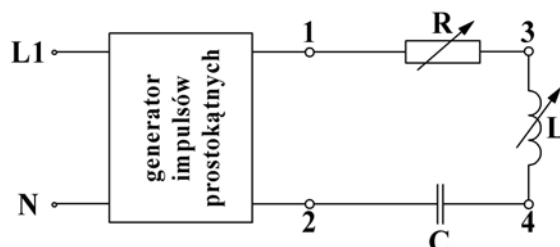
Wskazówki do realizacji:

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 elementami układu,
- 2) zmontować układ jak na rysunku,



Rysunek do ćwiczenia [źródło własne]

- 3) do zacisków układu 1-2 doprowadzić napięcie z generatora impulsów prostokątnych
- 4) przeprowadzić badanie układu poprzez:
  - obserwację napięcia wejściowego – oscyloskop przyłączony do zacisków 1-2 i obserwację napięcia na kondensatorze – oscyloskop przyłączony do zacisków 2 -4,
  - obserwację napięcia wejściowego – oscyloskop przyłączony do zacisków 1-2 i obserwację napięcia na rezystorze – oscyloskop przyłączony do zacisków 1- 3,
- 5) przerysować przebiegi na papier milimetrowy i nanieść wartości na osie współrzędnych,
- 6) pomiary przeprowadzić dla:

a)  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$

b)  $R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$

- 7) sformułować i zapisać wnioski.

Uwagi do ćwiczenia: należy tak dobrać okres  $T$  impulsu prostokątnego, aby był 8-10 razy większy od okresu drgań własnych układu połączonych elementów RLC.

Zalecane metody nauczania – uczenia się:

- ćwiczenia pomiarowe.

Środki dydaktyczne:

- schemat układu pomiarowego,
- układ z kondensatorem, cewką i rezystorem o zmiennych parametrach,
- generator impulsów prostokątnych,
- oscyloskop dwukanałowy,
- papier milimetrowy.

## **6. EWALUACJA OSIĄGNIĘĆ UCZNIA**

### **Przykłady narzędzi pomiaru dydaktycznego**

#### **TEST 1**

##### **Test pisemny dwustopniowy do jednostki modułowej „Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych”**

Test składa się z 16 zadań wielokrotnego wyboru, w tym: 10 zadań z poziomu podstawowego (p) i 6 zadań z poziomu ponadpodstawowego (pp).

##### **Punktacja zadań:**

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

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

- dopuszczający – za rozwiązanie minimum 8 zadań,
- dostateczny – za rozwiązanie minimum 11 zadań,
- dobry – za rozwiązanie minimum 13 zadań,
- bardzo dobry – za rozwiązanie minimum 15 zadań,
- celujący – test nie zawiera zadań na ocenę celującą.

##### **Klucz odpowiedzi:**

1.b, 2.c, 3.c, 4.d, 5.b, 6.c, 7.a, 8.b, 9.c, 10.c, 11.a, 12.b, 13.a, 14.d, 15.a, 16.d.

## Plan testu

| Nr zadania | Cel operacyjny<br>(mierzone osiągnięcia uczniów)                                                                           | Kategoria celu | Poziom wymagań | Poprawna odpowiedź |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|--------------------|
| 1          | Zdefiniować parametry przebiegu odkształconego.                                                                            | A              | p              | b                  |
| 2          | Określić przyczynę powstawania napięć odkształconych.                                                                      | B              | pp             | c                  |
| 3          | Wskazać sposób eliminacji harmonicznych.                                                                                   | C              | pp             | c                  |
| 4          | Obliczyć wartość skuteczną harmonicznych.                                                                                  | C              | p              | d                  |
| 5          | Obliczyć parametry elementów obwodu przy przebiegach odkształconych.                                                       | C              | p              | b                  |
| 6          | Obliczyć parametry elementów obwodu przy przebiegach odkształconych.                                                       | C              | p              | c                  |
| 7          | Zanalizować wpływ odkształcenia napięcia na pracę obwodu.                                                                  | D              | pp             | a                  |
| 8          | Wyznaczyć parametry obwodu w stanie nieustalonym.                                                                          | C              | p              | b                  |
| 9          | Obliczyć wartość prądu w obwodzie w stanie nieustalonym.                                                                   | C              | p              | c                  |
| 10         | Rozróżnić przebiegi prądu i napięcia w obwodzie RC w stanie nieustalonym dla warunków początkowych zerowych.               | B              | p              | c                  |
| 11         | Zanalizować przebiegi prądu i napięcia w obwodzie RL w stanie nieustalonym dla warunków początkowych niezerowych.          | D              | pp             | a                  |
| 12         | Określić skutki stanu nieustalonego dla obwodu z idealną cewką.                                                            | C              | p              | b                  |
| 13         | Wyjaśnić zjawiska zachodzące w obwodzie w stanie nieustalonym.                                                             | B              | pp             | a                  |
| 14         | Ocenić wpływ parametrów na zmiany przebiegów czasowych prądów i napięć w obwodzie w stanie nieustalonym.                   | C              | p              | d                  |
| 15         | Określić skutki stanu nieustalonego dla obwodu z idealnym kondensatorem.                                                   | C              | p              | a                  |
| 16         | Zanalizować wpływ zmiany parametrów dwójnika RC na zmianę prądu w stanie nieustalonym, dla warunków początkowych zerowych. | C              | pp             | d                  |

## Przebieg testowania

### Instrukcja dla nauczyciela:

1. Należy ustalić z uczniami termin przeprowadzenia sprawdzianu przynajmniej z tygodniowym wyprzedzeniem.
2. Należy zapewnić samodzielność pracy uczniów w trakcie sprawdzianu.
3. Uczeń rozwiązuje 16 zadań testowych wielokrotnego wyboru.
4. W każdym zadaniu jest tylko jedna poprawna odpowiedź.

5. Uczeń zaznacza poprawną odpowiedź wstawiając znak X we właściwe pole w karcie odpowiedzi.
6. W przypadku pomyłki bierze złą odpowiedź w kółko i zaznacza właściwą.
7. W trakcie rozwiązywania testu uczeń może korzystać z kalkulatora.
8. Na rozwiązanie testu uczeń ma 24 minuty oraz 5 minut na zapoznanie się z instrukcją.
9. Po zakończeniu testu uczeń podnosi rękę i czeka, aż nauczyciel odbierze od niego pracę.

### **Instrukcja dla ucznia:**

1. Przeczytaj uważnie instrukcję – masz na tę czynność 5 minut; jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 16 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Za każdą poprawną odpowiedź otrzymasz 1 punkt, za błędną lub brak odpowiedzi 0 punktów.
6. W czasie rozwiązywania zadań możesz korzystać z kalkulatora.
7. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi; zaznacz poprawną odpowiedź wstawiając znak X w odpowiednie pole w karcie odpowiedzi.
8. W przypadku pomyłki otocz błędną odpowiedź kółkiem, a następnie zaznacz odpowiedź prawidłową.
9. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
10. Kiedy udzielenie odpowiedzi na kolejne pytanie będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
11. Na rozwiązanie testu masz 24 minuty.
12. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

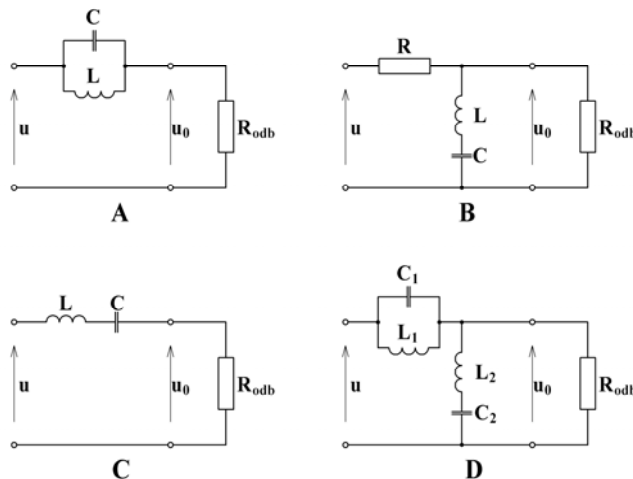
Powodzenia!

### **Materiały dla ucznia:**

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

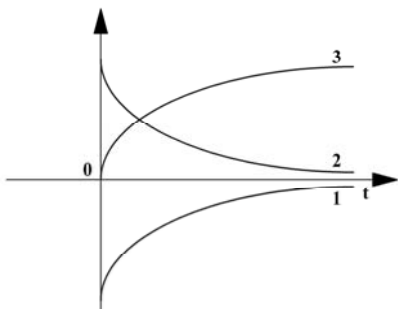
## ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

- Pojęcie: wyższa harmoniczna oznacza:
  - przebieg sinusoidalny nie odkształcony o częstotliwości większej od sieciowej,
  - składową przebiegu odkształconego, która jest sinusoidą, o częstotliwości większej od podstawowej,
  - przebieg sinusoidalny odkształcony o częstotliwości większej od sieciowej,
  - składową przebiegu odkształconego, która nie jest sinusoidą, o częstotliwości większej od podstawowej.
- Napięcia wytwarzane przez symetryczną prądnicę trójfazową są odkształcone z powodu:
  - prędkości wirnika innej niż znamionowa,
  - braku symetrii uzwojeń,
  - nierównomiernego rozkładu indukcji w szczelinie na obwodzie wirnika,
  - różnej częstotliwości podstawowej harmonicznej dla każdego z uzwojeń.
- W którym z filtrów **nie zostanie** wytłumiona harmoniczna, dla której zachodzi rezonans w obwodzie?



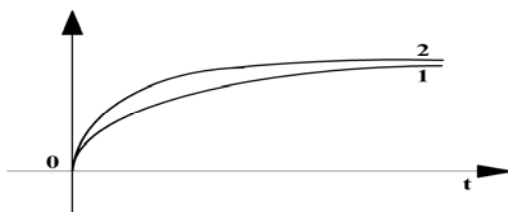
- Przez odbiornik płynie prąd odkształcony o wartości chwilowej:  $i = (10 + 28,2 \sin \omega t + 14,1 \sin 3\omega t + 7,1 \sin 5\omega t) \text{ A}$ . Wartość skuteczna trzeciej harmonicznej tego prądu wynosi:
  - 28,2 A,
  - 20 A,
  - 14,1 A,
  - 10 A.
- Cewkę o rezystancji  $3 \Omega$  włączono w obwód napięcia odkształconego. Jej reaktancja dla harmonicznej podstawowej wynosi  $6 \Omega$ . Jaka jest reaktancja tej cewki dla trzeciej harmonicznej prądu?
  - $21 \Omega$ ,
  - $18 \Omega$ ,
  - $6 \Omega$ ,
  - $2 \Omega$ .
- Reaktancja kondensatora włączonego w obwód napięcia odkształconego dla harmonicznej podstawowej wynosi  $36 \Omega$ . Jaka jest reaktancja tego kondensatora dla trzeciej harmonicznej prądu?
  - $6 \Omega$ ,
  - $9 \Omega$ ,
  - $12 \Omega$ ,
  - $36 \Omega$ .

7. Układ szeregowy RLC zasilany jest napięciem odkształconym. Dla podstawowej harmonicznej wystąpił w obwodzie rezonans napięć. Skutkiem tego w obwodzie będzie:
- zmniejszenie się impedancji obwodu i wzrost prądu,
  - zwiększenie się impedancji obwodu i zmniejszenie prądu,
  - zmniejszenie się impedancji obwodu i zmniejszenie prądu,
  - zwiększenie się impedancji obwodu i wzrost prądu.
8. Rezystor o rezystancji  $R = 2 \text{ M}\Omega$  i kondensator o pojemności  $C = 0,5 \mu\text{F}$  połączone szeregowo dołączono do źródła napięcia stałego  $U = 100\text{V}$ . Stała czasowa tego obwodu wynosi:
- 0,5 s,
  - 1 s,
  - 2 s,
  - 2,5 s.
9. Jaką wartość będzie miał prąd w obwodzie z zadania 8 w chwili komutacji?
- 200  $\mu\text{A}$ ,
  - 100  $\mu\text{A}$ ,
  - 50  $\mu\text{A}$ ,
  - 25  $\mu\text{A}$ .
10. Które z charakterystyk przedstawiają przebiegi czasowe napięcia na kondensatorze i prądu w dwójniku RC po przyłożeniu do układu napięcia stałego?

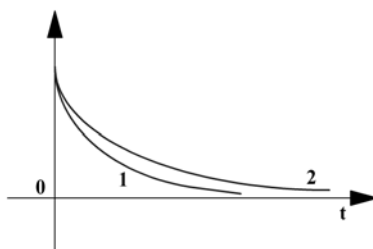


- 1 napięcie, 2 prąd,
  - 2 napięcie, 1 prąd,
  - 3 napięcie, 2 prąd,
  - 3 napięcie, 1 prąd.
11. Które z charakterystyk na rysunku do zadania 10 przedstawiają przebiegi czasowe napięcia na cewce i prądu w obwodzie szeregowego dwójnika RL po zwarcu obwodu, przy warunku początkowym niezerowym?
- 1 napięcie, 2 prąd,
  - 3 napięcie, 2 prąd,
  - 2 napięcie, 1 prąd,
  - 2 napięcie, 3 prąd.
12. Jak zachowuje się idealna cewka do której przyłożono napięcie stałe?
- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| w chwili komutacji: | w stanie ustalonym: |
| a) zwarcie          | zwarcie,            |
| b) przerwa          | zwarcie,            |
| c) zwarcie          | przerwa,            |
| d) przerwa          | przerwa.            |

13. Przy zwarcu w dwójniku RL szeregowym w stanie nieustalonym przy warunku początkowym niezerowym energia zgromadzona w polu magnetycznym cewki:
- zamienia się w energię cieplną na rezystorze,
  - zostaje oddana do źródła,
  - pozostaje w polu magnetycznym cewki,
  - zostaje zamienione na energię cieplną w cewce.
14. Jakie zmiany parametrów szeregowego dwójnika RC spowodowały zmianę charakterystyki napięcia z 1 na 2 w dwójniku RC w stanie nieustalonym?



- zmniejszenie R i zwiększenie C w takiej samej proporcji,
  - zwiększenie R lub C,
  - zwiększenie R i zmniejszenie C w takiej samej proporcji,
  - zmniejszenie R lub C.
15. Jak zachowuje się idealny kondensator w obwodzie prądu stałego:
- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| w chwili komutacji | w stanie ustalonym |
| a) zwarcie         | przerwa,           |
| b) przerwa         | przerwa,           |
| c) zwarcie         | zwarcie,           |
| d) przerwa         | zwarcie.           |
16. Jakie zmiany parametrów szeregowego dwójnika RC spowodowały zmianę charakterystyki prądu 1 na 2 w dwójniku RC w stanie nieustalonym?



- zmniejszenie R i zwiększenie C w takiej samej proporcji,
- zmniejszenie R,
- zwiększenie R i zmniejszenie C w takiej samej proporcji,
- zwiększenie C.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

## Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

| Numer zadania | Odpowiedź |   |   |   | Punkty |
|---------------|-----------|---|---|---|--------|
| 1             | a         | b | c | d |        |
| 2             | a         | b | c | d |        |
| 3             |           | 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 |        |
| Razem:        |           |   |   |   |        |

## TEST 2

### Test praktyczny do jednostki modułowej „Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych”

Test zawiera jedno zadanie praktyczne niskosymulowane do badań z zakresu określania skutków stanów nieustalonych w obwodach. Za poprawne wykonanie całego zadania uczeń może otrzymać 31 punktów

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

- 0 – 14 pkt – ocena niedostateczna
- 15 – 19 pkt – ocena dopuszczająca;
- 20 – 25 pkt – ocena dostateczna;
- 26 – 28 pkt – ocena dobra;
- 29 – 31 pkt – ocena bardzo dobra.

Nie przewiduje się oceny celującej.

#### Plan testu

| L.p. | Cel operacyjny badany testem                                                            | Kategoria taksonomiczna | Poziom wymagań |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------|
| 1.   | Zmierzyć parametry układu w stanie nieustalonym                                         | C                       | p              |
| 2.   | Określać zależności występujące w obwodzie w stanie nieustalonym                        | C                       | p              |
| 3.   | Narysować schematy połączeń układów do przeprowadzenia pomiarów w stanach nieustalonych | C                       | p              |
| 4.   | Ustalić niezbędne wielkości mierzone do analizy stanu nieustalonego                     | C                       | p              |
| 5.   | Dobrać mierniki do pomiaru przebiegów w stanie nieustalonym                             | C                       | p              |
| 6.   | Przeprowadzić pomiary                                                                   | C                       | p              |
| 7.   | Wykonać obliczenia dla stanów nieustalonych                                             |                         |                |
| 8.   | Wykonać wykresy dla stanów nieustalonych                                                | C                       | p              |
| 9.   | Ocenić wpływ parametrów obwodu na przebiegi w stanie nieustalonym                       | D                       | pp             |

p – wymagania podstawowe, pp – wymagania ponadpodstawowe

### Przebieg testowania

#### Instrukcja dla nauczyciela:

1. Przed rozpoczęciem testu należy przygotować salę wyposażoną zgodnie ze specyfikacją.
2. Przed rozdaniem arkuszy zadania praktycznego nauczyciel zapoznaje uczniów z zasadami bezpiecznej pracy na stanowiskach do ćwiczeń.
3. Po zajęciu miejsc przez uczniów należy rozdać instrukcje testowania, a następnie arkusze zadań testowych oraz arkusze odpowiedzi. Przed rozpoczęciem testu należy zapoznać uczniów z kryteriami punktowania i normą wymagań na poszczególne oceny szkolne
4. Na arkuszach uczniowie powinni wpisać imię, nazwisko.

5. Nauczyciel obserwuje jednocześnie pracę trzech uczniów. Wyniki obserwacji notuje na bieżąco w arkuszu obserwacji.
6. Uczniowie pracują indywidualnie nie korzystając z żadnych pomocy za wyjątkiem przyborów do pisania i rysowania oraz kalkulatorów.
7. Po narysowaniu schematu połączeń (na kartce z wykorzystaniem przyborów kreślarskich lub komputera) oraz zaplanowaniu niezbędnych mierników następuje ich ocena przez prowadzącego, według kryteriów podanych w arkuszu oceny.
8. W przypadku złego rozwiązania dotyczącego schematu prowadzący przekazuje poprawny schemat uczniom.
9. Uczniowie po narysowaniu schematu samodzielnie pobierają elementy potrzebne do połączenia układu ze zbioru elementów.
10. Po dobraniu elementów uczniowie łączą układ. Po sprawdzeniu poprawności połączeń przez prowadzącego wykonują pomiary. Ocena tej części odbywa się na podstawie obserwacji efektów prac uczniów.
11. Na rozwiązanie zadania uczniowie mają maksymalnie 135 minut (czas jest mierzony tylko w czasie pracy uczniów).
12. Uczniowie mogą zgłosić fakt zakończenia zadania tylko wtedy, gdy dokonali pomiarów i ocenili uzyskane wyniki.

### **Instrukcja dla ucznia:**

1. Przeanalizuj dokładnie treść zadania.
2. Zapoznaj się z danymi znamionowymi elementów i źródła napięcia.
3. Rozwiązanie zadania polega na:
  - ustaleniu wielkości, które musisz zmierzyć,
  - narysowaniu schematu układu pomiarowego,
  - ustaleniu wielkości, które musisz obliczyć,
  - zaplanowaniu i narysowaniu tabeli do notowania wyników pomiarów,
  - dobraniu niezbędnych mierników do wykonania zadania: ich liczby, rodzajów i zakresów,
  - dobraniu elementów łączeniowych potrzebnych do rozwiązania zadania,
  - połączeniu układu (układów) i przeprowadzeniu pomiarów,
  - sformułowaniu wniosków, ich zapisaniu,
  - uzasadnieniu doboru mierników i sposobu wykonania zadania.
4. Schemat możesz narysować korzystając z przyborów kreślarskich lub komputera.
5. Obliczenia możesz wykonywać korzystając z kalkulatora lub komputera.
6. Po narysowaniu schematu połączeń i zaplanowaniu niezbędnej aparatury zgłoś ten fakt nauczycielowi.
7. Kolejność rozwiązywania zadania jest ustalona w poleceniach.
8. W trakcie rozwiązywania zadania nie możesz korzystać z żadnych pomocy.
9. Na rozwiązanie całego zadania masz łącznie 135 minut.
10. Za wykonanie zadania możesz uzyskać 31 punktów. Ocena za wykonanie zadania zostanie wystawiona po przeliczeniu uzyskanych przez Ciebie punktów na ocenę szkolną, według kryteriów przedstawionych na wstępie przez nauczyciela.

### Arkusz do obserwacji wybranych umiejętności:

| nr | Nazwa czynności                                                                                    | Liczba punktów | Kryterium oceny<br>Uczeń:                                                                                     | Uczeń 1 | Uczeń 2 | Uczeń 3 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| 1  | Ustalenie zakresu pomiarów                                                                         | 1              | Wymienił: napięcie zasilania, napięcie na kondensatorze                                                       |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Wymienił pomiar czasu                                                                                         |         |         |         |
| 2  | Narysowanie schematu układu (układów) połączeń do przeprowadzenia pomiarów w stanach nieustalonych | 1              | Narysował schemat układu w którym kondensator będzie ładowany                                                 |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Narysował schemat układu, w którym kondensator będzie rozładowany                                             |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Zastosował w układzie odpowiednio wyłącznik umożliwiający odczytywanie napięcia w określonej chwili czasowej  |         |         |         |
| 3  | Dobór mierników                                                                                    | 1              | Wybrał woltomierze do pomiaru napięcia stałego                                                                |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Dobrał właściwe zakresy mierników                                                                             |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Do pomiaru napięcia na kondensatorze wybrał woltomierz o bardzo dużej rezystancji                             |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Uzasadnił konieczność zastosowania woltomierza o bardzo dużej rezystancji                                     |         |         |         |
| 5  | Połączenie układów                                                                                 | 1              | Połączył układ według schematu                                                                                |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Wykonał połączenia starannie, zastosował przewody o odpowiedniej długości                                     |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Zastosował przełącznik umożliwiający zmianę układu ładowania na układ w którym kondensator jest rozładowywany |         |         |         |
| 6  | Uruchomienie układów, przeprowadzenie pomiarów                                                     | 1              | Poprawnie wykonał pomiary dla ładowania kondensatora przez rezystancję R                                      |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Poprawnie wykonał pomiary dla zwarcia kondensatora przez rezystancję R                                        |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Poprawnie wykonał pomiary dla ładowania kondensatora przez rezystancję 3R                                     |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Poprawnie wykonał pomiary dla stanu zwarcia kondensatora przez rezystancję 3R                                 |         |         |         |
|    |                                                                                                    | 1              | Zastosował zasady bhp przy wykonywaniu pomiarów                                                               |         |         |         |

|   |                                                                                |   |                                                                                                                         |  |  |  |
|---|--------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| 7 | Wykonanie niezbędnych obliczeń na podstawie pomiarów                           | 1 | Zapisał wzór na prąd w obwodzie ładowania kondensatora                                                                  |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Zapisał wzór na prąd w obwodzie rozładowania (zwarcia) kondensatora                                                     |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Zapisał wzór na stałą czasową obwodu                                                                                    |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Obliczył prąd ładowania kondensatora                                                                                    |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Obliczył prąd w obwodzie rozładowania (zwarcia) kondensatora                                                            |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Obliczył stałą czasową obwodu dla obu przypadków                                                                        |  |  |  |
| 8 | Wykonanie wykresów dla dwójnika RC w stanie nieustalonym na podstawie pomiarów | 1 | Wykonał wykresy napięcia na kondensatorze przy ładowaniu (dla obu stałych czasowych we wspólnym układzie współrzędnych) |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Wykonał wykresy prądu w obwodzie ładowania kondensatora (dla obu stałych czasowych we wspólnym układzie współrzędnych)  |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Wykonał wykresy napięcia na kondensatorze przy zwarcu (dla obu stałych czasowych we wspólnym układzie współrzędnych)    |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Wykonał wykresy prądu w obwodzie zwarcia kondensatora (dla obu stałych czasowych we wspólnym układzie współrzędnych)    |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Zastosował właściwą podziałkę                                                                                           |  |  |  |
| 9 | Analiza parametrów układu dla różnej stałej czasowej obwodu                    | 1 | Porównał obliczone stałe czasowe dla obu przypadków                                                                     |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Porównał przebieg wykresów napięcia i prądu dla obu stałych czasowych                                                   |  |  |  |
|   |                                                                                | 1 | Sformułował wnioski dotyczące wpływu stałej czasowej na wartość prądu w obwodzie w stanie nieustalonym                  |  |  |  |

### **Materiały dla ucznia:**

- instrukcja,
- arkusz zadania praktycznego,
- karta odpowiedzi,
- zasilacz prądu stałego,
- kondensator,

- rezystory,
- 2 woltomierze prądu stałego,
- wyłączniki,
- stoper,
- przewody łączeniowe,
- kalkulator, przybory do pisania i rysowania (komputer).

## Arkusze zadania praktycznego

### Opis zadania:

Na podstawie pomiarów przeprowadzonych w obwodzie szeregowo połączonych R i C zasilanych napięciem stałym określ wpływ dwukrotnego zmniejszenia rezystancji na wartość prądu w obwodzie i napięcia na kondensatorze w chwili zwarcia, przy warunku początkowym niezerowym. Wykreśl zależność  $u_C = f(t)$  i  $i = f(t)$  w obwodzie RC dla:

- procesu ładowania kondensatora w obwodzie prądu stałego,
- procesu rozładowania kondensatora.

### Polecenia:

1. Zapoznaj się z danymi znamionowymi elementów układu i źródła napięcia stałego. Zapisz te dane.
2. Ustal wielkości, które musisz zmierzyć.
3. Narysuj schemat układu pomiarowego.
4. Określ liczbę, rodzaj i zakresy mierników.
5. Uzasadnij wybór mierników.
6. Ustal wielkości, które musisz obliczyć.
7. Podaj niezbędne zależności z których skorzystasz przy obliczeniach.
8. Opracuj tabelę do zapisania wyników pomiarów i obliczeń.
9. Pobierz właściwe elementy łączeniowe i mierniki z magazynu przygotowanego przez nauczyciela.
10. Połącz układ i przeprowadź pomiary dla ładowania i zwarcia po uprzednim naładowaniu kondensatora dla dwóch przypadków:
  - ładowanie i zwarcie odbywa się przez rezystancję R,
  - ładowanie i zwarcie odbywa się przez rezystancję 3R.
11. Czas obserwacji w obu przypadkach ustal na  $6\tau$ . Dla każdego przypadku wykonaj 8 pomiarów.
12. Wykonaj obliczenia.
13. Wykonaj wykresy (we wspólnym układzie współrzędnych wykreśl napięcia dla obu stałych czasowych, analogicznie prądy).
14. Sformułuj i zapisz wnioski (dokonaj analizy wpływu zmiany rezystancji obwodu na wartość przebiegów w stanie nieustalonym).
15. Uzasadnij sposób wykonania zadania.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

## **Określanie skutków przebiegów odkształconych i stanów nieustalonych w obwodach elektrycznych**

1. Wykaz wielkości mierzonych.

2. Schemat połączeń.

3. Wykaz i opis aparatury pomiarowej.

4. Wykaz elementów łączeniowych.

5. Wykaz wielkości obliczanych.

6. Tabela pomiarowa.

7. Wzory i obliczenia.

8. Wykresy.

9. Wnioski z pomiarów.

10. Uzasadnienie sposobu wykonania zadania.

## 7. LITERATURA

1. Bolkowski S.: Elektrotechnika, WSiP, Warszawa 2004
2. Markiewicz A.: Zbiór zadań z elektrotechniki, WSiP, Warszawa 2000
3. Materiały z drugiej konferencji naukowo-technicznej. Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Wydział Elektrotechniki i Elektroniki Politechniki Łódzkiej UNAPEN'99, Łódź 1999
4. Rawa H.: Zbiór zadań z elektrotechniki, WSiP, Warszawa 1991