



Podstawy Fizyki Elektryczność

Praca zbiorowa

Ćwiczenie 71

***WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA INDUKCJI  
WŁASNEJ CEWKI***

opr. tech. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny  
Siedlce 2020

## 1. Wstęp

Celem ćwiczenia jest praktyczne wykonanie pomiaru oporu omowego metodą techniczną za pomocą woltomierza i amperomierza przy zasilaniu układu prądem stałym, oraz pomiar impedancji (zawady) zasilając układ prądem przemiennym. Znając wartości obu wielkości wyliczamy indukcyjność cewki dla dwóch przypadków cewki bez rdzenia i z rdzeniem.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

1. zasilacz prądu stałego
2. zasilacz prądu przemiennego
3. miernik uniwersalny - woltomierz
4. miernik uniwersalny - amperomierz
5. opornica drutowa
6. cewka
7. pręty metalowe i magnes sztabkowy jako wymienne rdzenie
8. przewody połączeniowe

Przed rozpoczęciem ćwiczenia sprawdź, czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne (definicje i odpowiednie wzory):

- prąd przemienny,
- wartość skuteczna napięcia i natężenia,
- reaktancja indukcyjna
- prawo Ohma dla prądu przemiennego
- zawada
- zjawisko samoindukcji

**UWAGA: Ze względów bezpieczeństwa układ pomiarowy jest już podłączony.**

## 2. Wiadomości wstępne

Uporządkowany ruch ładunku w metalicznych (i nie tylko) przewodnikach nazywamy prądem elektrycznym. Nośnikami są poruszające się elektrony swobodne (czasami nazywane elektronami przewodnictwa). Bez pola elektrycznego ich ruch jest chaotyczny – przez przewodnik nie płynie prąd. Dopiero przyłożenie różnicy potencjałów (napięcia) powoduje ukierunkowanie chaotycznych ruchów elektronów swobodnych w określonym kierunku – przez przewodnik płynie prąd.

Przepływ prądu jest opisywany jako - natężenie prądu.

Natężenie prądu – to ilość ładunku - jaki przepływa przez przekrój poprzeczny przewodnika w jednostce czasu.

$$I = \frac{Q}{t}$$

W układzie SI jednostką ładunku  $Q$  jest kulomb (C) a natężenia prądu  $I$  amper (A).

Mówimy, że prąd o natężeniu 1A to przepływ ładunku 1C w ciągu 1 sek.

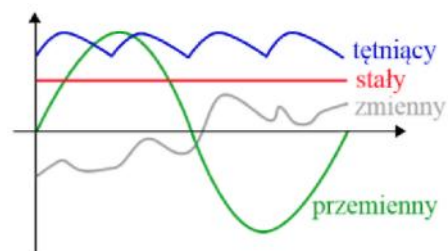
**Prąd zmienny** – prąd, w którym wartość natężenia zmienia się w czasie.

Rysunek przedstawia różne przebiegi natężenia prądu. Patrząc na kształty zmian możemy prądy podzielić na:

prądy okresowo zmienne, a w nich:  
prąd tętniący  
prąd przemienny

oraz

prądy nieokresowe.



**Prąd przemienny** (ang.: *alternating current, AC*), nazywamy potocznie *prądem zmiennym* - prąd, którego wartość natężenia zmienia się w czasie jak funkcja sinus.

**Podstawowe parametry** charakteryzujące prąd przemienny:

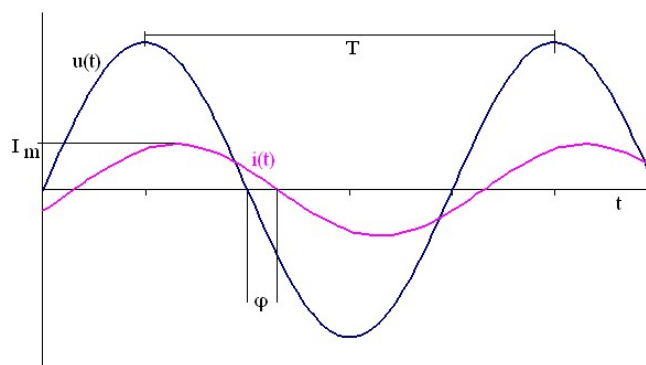
**okres  $T$**  - czas jednego pełnego cyklu;  
**częstotliwość  $f$**  - liczba cykli w jednostce czasu;

$$f = \frac{1}{T}$$

**amplituda  $I_m$**  - wartość *szczytowa*, maksymalna wartość;

**natężenie chwilowe**

$$I = I_m \sin \omega t$$



**napięcie chwilowe**

$$U = U_m \sin \omega t$$

**częstość kołowa**

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

**wartość skuteczna**  $I_{sk}$  – zastępczy prąd stały, który przepływając przez odbiornik  $R$ , wydzieli moc równą mocy która wydzieliłaby się przy przepływie prądu przemiennego.

Między wartością skuteczną a wartością maksymalną (szczytową) istnieje zależność:

$$I_{sk} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

**UWAGA:** *Mierniki (woltomierze i amperomierze) pokazują wartości skuteczne, a nie wartości (szczytowe) maksymalne*

**zawada** – oporność w obwodach prądu przemiennego.

$$Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

**gdzie**

**opór omowy**  $R$  – opór stawiany przez zwykłe oporniki - nazywany oporem czynnym

$$R = U / I \text{ (prawo Ohma)}$$

**opór pojemnościowy**  $R_C$  – opór stawiany przez kondensator – zależy od pojemności kondensatora i częstotliwości płynącego prądu.

$$R_C = \frac{1}{\omega C}$$

**opór indukcyjny**  $R_L$  – opór stawiany przez zwojnicę (cewkę) – zależy od indukcyjności cewki ( $L$ ) i częstotliwości prądu – nazywany oporem biernym (reaktancja indukcyjna).

$$R_L = \omega L$$

$\omega$  to częstość kołowa  $\omega = 2\pi f$ ,

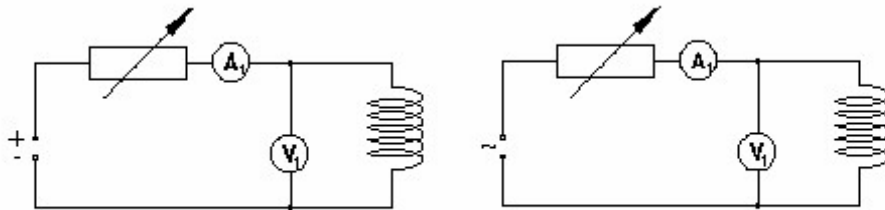
Korzystając z prawa Ohma zawadę policzymy ze wzoru:

$$Z = U_{sk} / I_{sk}$$

W literaturze technicznej opór pojemnościowy i indukcyjny noszą nazwę reaktancji pojemnościowej i indukcyjnej.

### 3. Wykonanie pomiarów

1. Obwód ze względów bezpieczeństwa połączony jest według schematu przedstawionego na rysunku.



2. Rozpoznań wszystkie elementy układu.
3. Podłącz układ do zasilacza stałoprądowego i wykonaj 10 pomiarów napięcia i natężenia prądu. Uzyskane wyniki zanotuj.
4. Sprawdź, jaki wpływ na wyniki pomiarów ma włożenie rdzenia.
5. Zmień zasilacz na zmiennoprądowy i powtórz pomiary z pkt. 3. dla cewki bez rdzenia. Uzyskane wyniki zanotuj.
6. Powtórz pomiary z pkt. 4. dla cewki z rdzeniem. Wyniki zanotuj.

Wyniki zapisz w tabeli

Lp	prąd stały			prąd przemienny					
				cewka bez rdzenia			cewka z rdzeniem		
	U	I	R	U <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	Z <sub>br</sub>	U <sub>sk</sub>	I <sub>sk</sub>	Z <sub>zr</sub>
	[V]	[A]	[Ω]	[V]	[A]	[Ω]	[V]	[A]	[Ω]
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
Średnia									

#### 4. Opracowanie wyników

1. Oblicz oporność oraz zawadę dla każdego pomiaru. Skorzystaj z prawa Ohma. Wyznacz wartości średnie oporności ( $R$ ) i zawady  $Z_{br}$  i  $Z_{zr}$ .
2. Oblicz średni błąd kwadratowy dla oporu i obu zawad.
3. Opisz wpływ rdzenia przy zasilaniu układu prądem stałym.
3. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów oblicz indukcyjność cewki bez rdzenia i z rdzeniem.

**UWAGA:** Po przekształceniu ogólnego wzoru na zawadę ostateczny wzór na wyliczenie indukcyjności ma postać:

$$L = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{Z^2 - R^2}$$

4. Mając obliczone indukcyjności i opór omowy oblicz ze wzoru przesunięcie fazowe dla obu przypadków

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{2\pi f L}{R}$$

5. Oblicz błędy (metodę wyznacza prowadzący) wyliczeń indukcyjności i przesunięcia fazowego jak dla wielkości złożonych
6. Błąd pomiaru napięcia i natężenia -wynika z klasy i zakresu użytych przyrządów pomiarowych.
7. Przeprowadź dyskusję otrzymanych wyników i sformułuj wnioski.

#### 5. Literatura

1. A. Daniluk Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.
2. D. Halliday, R. Resnick, Fizyka, tom II, PWN
3. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, Podstawy fizyki, tom III, PWN
4. T. Dryński, red. Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki.
5. Z. Zawisławski Metody opracowywania danych doświadczalnych.
6. E.M. Purcell, Elektryczność i magnetyzm, Kurs berkeleyjski tom II, PWN.
7. K. Zboński, Laboratorium z fizyki, Liber.
8. Opisy i instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych z fizyki, UPH.
9. B. Jaworski i inni Kurs fizyki, t.2. .