

# Zespół Szkół Technicznych im. J. i J. Śniadeckich w Grudziądzu



Pracownia elektryczna – Montaż Maszyn

Instrukcja laboratoryjna

**Wyznaczanie indukcyjności cewki  $L_x$   
(część I – metoda techniczna)**

Opracował:  
mgr inż. Marcin Jabłoński

## 1. wprowadzenie teoretyczne

Indukcyjność jest podstawowym parametrem opisującym cewkę. Jej jednostką jest jeden Henr

[H]. Równanie definiujące cewkę ma postać:

$$U = L \frac{dI}{dt}$$

,gdzie:

L – indukcyjność cewki,

dI – przyrost prądu, przepływającego przez cewkę w czasie dt,

U – napięcie na cewce.



Interpretacja powyższej zależności: prąd płynący przez cewkę o indukcyjności 1 H, na której spadek napięcia jest równy 1 V, narasta z prędkością 1 A/s. Cewkę określa się symbolem:

a oznacza symbolem L.

W obwodach prądu stałego cewki traktuje się jako zwarcie. Jednak w rzeczywistości stanowi ona pewien opór, ze względu na rezystancję drutu, z którego jest ona wykonana. W obwodach prądu zmiennego cewka stanowi pewien opór. Parametrem opisującym ten opór jest reaktancja indukcyjna, zdefiniowana wzorem:

,gdzie:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

$X_L$  – reaktancja indukcyjna,

$\omega$  - pulsacja (prędkość kątowna),

f – częstotliwość napięcia zasilania,

L – indukcyjność (własna) cewki.

Reaktancja indukcyjna wzrośnie tyle razy ile razy wzrośnie indukcyjność lub częstotliwość napięcia zasilania. Ponadto, przeciwnie niż dla rezystora moc związana z przepływem prądu przez cewkę nie zamienia się w ciepło, lecz jest magazynowana jako energia pola magnetycznego wytwarzanego przez cewkę. Całą tą energię otrzymuje się z powrotem, gdy przerwie się przepływ prądu przez cewkę. Kąt pomiędzy wektorem prądu i napięcia cewki wynosi  $+90^\circ$  (napięcie wyprzedza prąd o  $90^\circ$ ). W celu zwielokrotnienia indukcyjności cewki bezrdzeniowej stosuje się rdzenie. Wartość zwielokrotnienia zależy od przenikalności zastosowanego rdzenia.

Istnieją trzy rodzaje metod pomiaru indukcyjności i pojemności:

- metody wychyleniowe,
- metody zerowe (mostkowe),
- metody rezonansowe.

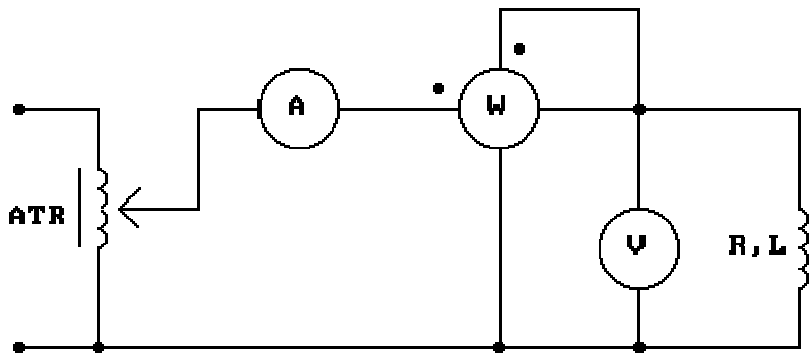
Metoda techniczna zalicza się do metod wychyleniowych. W metodach wychyleniowych wykorzystuje się prawo Ohma, tzn. wyznaczenie reaktancji elementu odbywa się poprzez pomiar napięcia (woltomierzem) na tym elemencie i pomiar prądu (amperomierzem) przepływającego przez ten element.

Odpowiednio zestawiając uzyskane wyniki możemy łatwo obliczyć wartość impedancji badanego elementu. W przypadku cewek, przy zasilaniu napięciem sinusoidalnie zmiennym, należy pamiętać, że impedancja tych elementów będzie posiadała część rzeczywistą (rezystancja drutu cewki) i część urojoną (reaktancja indukcyjna).

## 2. Pomiar indukcyjności - metoda techniczna

Zastosowanie w tym przypadku poprzedniego układu z założeniem  $R = 0$  byłoby znaczącym uproszczeniem modelu obiektu badanego (cewki). Powodowałoby to błąd metody większy od 1%.

Aby wyznaczyć parametr  $R$  należy dokonać pomiaru mocy czynnej wydzielanej właśnie na rezystancji cewki.



Rysunek 1. Układ do pomiaru parametrów cewki - poprawnie mierzone napięcie

Parametry  $R$ ,  $L$  obliczymy ze wzorów:

$$R = \frac{P}{I^2}$$

$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega} = \frac{\sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R^2}}{2 \cdot \pi \cdot f}$$

Należy wyraźnie zaznaczyć, że wszystkie wzory słuszne są tylko dla zasilania układów napięciami sinusoidalnymi.

Przy analizie błędów metody uwzględniamy rezystancje, reaktancje mierników włączonych w obwód napięciowy:

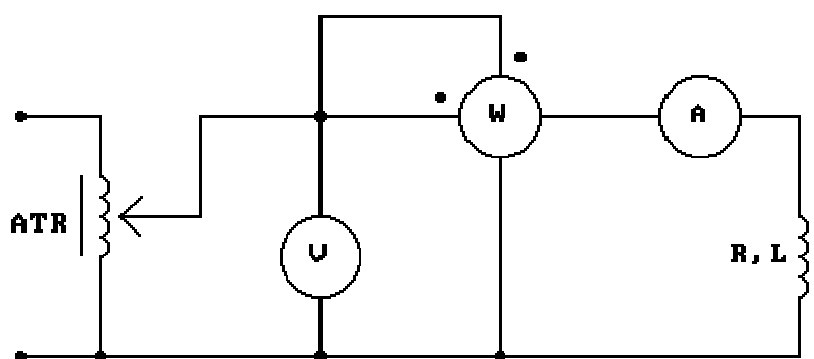
Amperomierz wskazuje prąd płynący zarówno przez dwójnik RL jak i przez woltomierz i cewkę napięciową watomierza.

$$I_A = \sqrt{I_{RL}^2 + I_V^2 + I_W^2}$$

Wynika stąd błąd metody:

$$\delta_i = \frac{\Delta I_{RL}}{I_{RL}} = \frac{I_A - I_{RL}}{I_{RL}}$$

Analogicznie można zastosować układ poprawnie mierzonego prądu.



Rysunek 2. Układ pomiaru parametrów R,L cewki - poprawnie mierzony prąd

Błąd metody obliczymy uwzględniając rezystancję obwodu prądowego:

Woltomierz zmierzy napięcie:

$$U_V = \sqrt{U_{RL}^2 + U_W^2 + U_A^2}$$

Błąd wyniesie:

$$\delta_v = \frac{\Delta U_{RL}}{U_{RL}} = \frac{U_V - U_{RL}}{U_{RL}} = \sqrt{1 + \left(\frac{U_W}{U_{RL}}\right)^2 + \left(\frac{U_A}{U_{RL}}\right)^2} - 1$$

### 3. Opracowanie wyników

Wyniki opracować w postaci tabeli i porównać wyniki w przypadku poprawnie mierzonego prądu i napięcia.