

# XXIX OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP WSTĘPNY

## Zadanie doświadczalne

### ZADANIE D2

Nazwa zadania: „Pomiar RLC”

Mając do dyspozycji następujące przedmioty: oscyloskop, transformator sieciowy obniżający napięcie do około 5V (np. transformator dźwiękowy), dwa oporniki wzorcowe o znanym oporze  $R$ , przewody i papiery milimetrowy, wyznacz opór elektryczny  $R_x$  trzeciego opornika, pojemność elektryczną  $C$  kondensatora oraz indukcyjność  $L$  solenoidu (np. dławika).

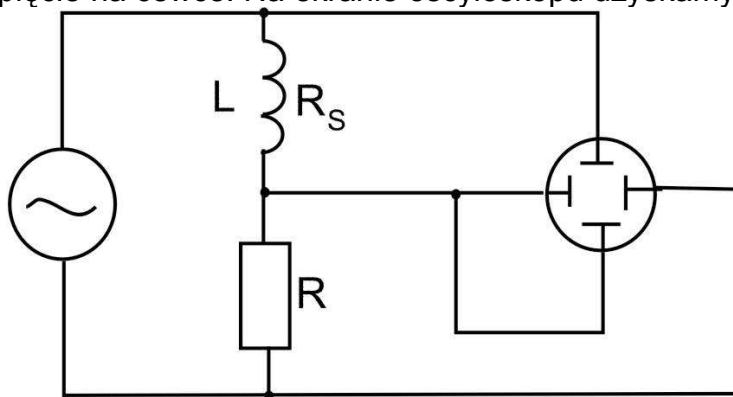
Uwaga: O solenoid, opornik, kondensator do pomiarów należy poprosić nauczyciela.

### ROZWIĄZANIE ZADANIA D2

Zaproponowany w treści zadania zestaw przyrządów sugeruje sposób rozwiązywania. Jeżeli do dwóch par płytek odchylających lampy oscyloskopowej przyłożymy dwa różne napięcia zmienne, na ekranie otrzymamy obraz figur Lissajous. Gdy częstotliwości obydwu drgań są równe, figury przyjmują szczególnie prostą postać – koła, elipsy bądź prostej. Kształt uzyskanej krzywej zależy od przesunięcia faz pomiędzy obydwoma napięciami, a także od stosunku ich amplitud.

Istota zadanie polega więc na otrzymaniu odpowiedniego obrazu na oscyloskopie i na pomiarze jego parametrów. Na przykład dla cewki indukcyjnej obraz oscyloskopowy otrzymujemy w układzie jak na rysunku 18.

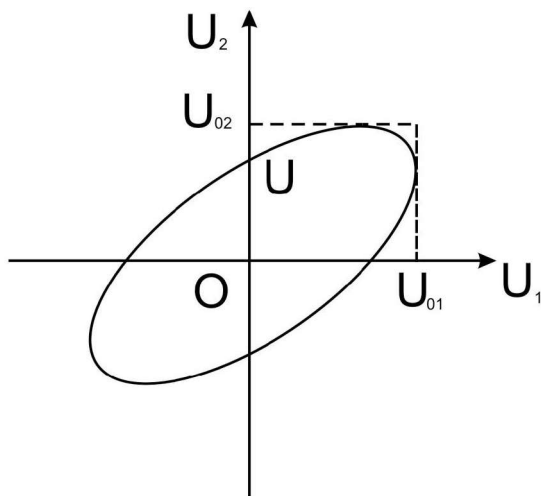
Badany układ składa się z oporu  $R$  oraz cewki o indukcyjności  $L$  i oporze  $R_s$  oraz źródła prądu zmiennego. Na okładki  $X$  oscyloskopu podajemy napięcie na oporze  $R$ , a na  $Y$  – napięcie na cewce. Na ekranie oscyloskopu uzyskamy zależność



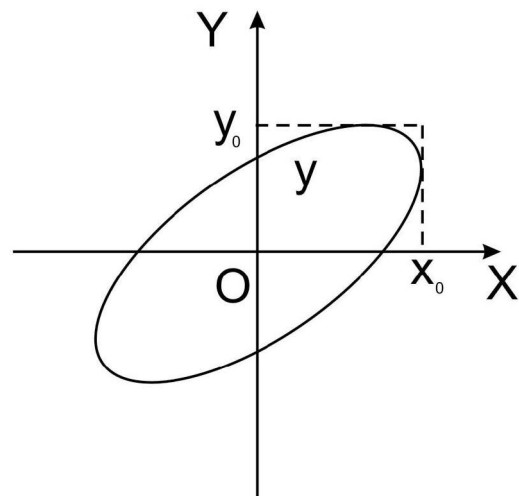
Rys. 18

napięcia na cewce od natężenia płynącego przez nią prądu. Ponieważ, jak wiadomo, obecność indukcyjności powoduje wystąpienie przesunięcia fazowego napięcia względem natężenia prądu, na ekranie otrzymujemy elipsę. Obraz wygląda tak jak na rysunku 19a.

a



b



Rys. 19

Równanie tej elipsy ma postać:

$$U_1 = U_{01} \sin \omega t \quad (1)$$

$$U_2 = U_{02} \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

Przy założeniu, że skale napięcia na obu osiach oscyloskopu są identyczne, stosunek amplitud napięć wyraża się wzorem:

$$\frac{U_{02}}{U_{01}} = \frac{\sqrt{R_s^2 + (L\omega)^2}}{R} \quad (3)$$

Jak wiadomo

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega}{R_s}$$

gdzie:  $\varphi$  - przesunięcie fazowe napięcia na cewce względem napięcia na oporze  $R$ .  
Dla  $U_1 = 0$  otrzymujemy  $U = U_{02} \sin \varphi$ , stąd

$$\sin \varphi = \frac{U}{U_{02}} \quad (5)$$

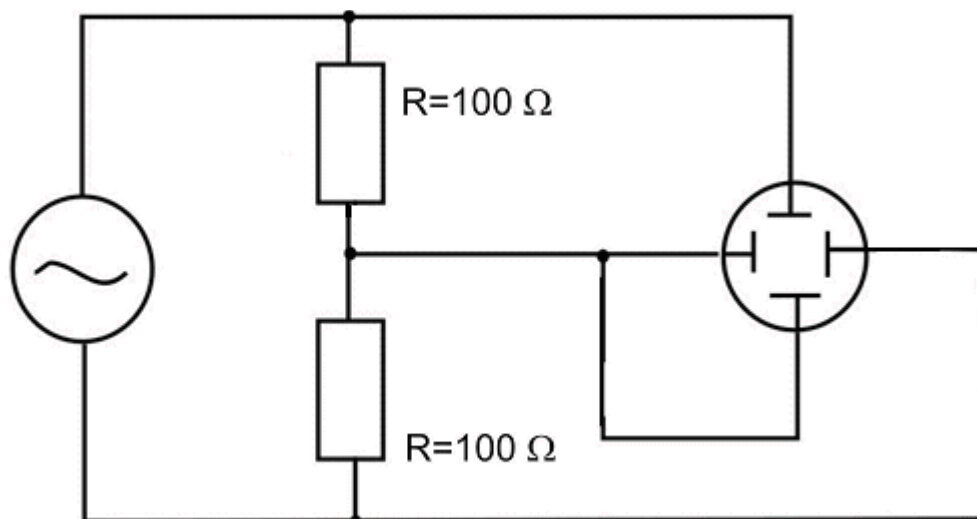
Z zależności (3), (4), (5) mamy

$$\frac{U_{02}}{U_{01}} = \frac{1}{R} \sqrt{\left(\frac{L\omega}{\operatorname{tg} \varphi}\right)^2 + (L\omega)^2} = \frac{L\omega}{R \sin \varphi} \quad (6)$$

Wobec tego

$$L = \frac{U}{U_{01}} \frac{R}{\omega} \quad (7)$$

W celu uzyskania równych skal na obu osiach oscyloskopu dokonano w układzie (rys. 20) takiej regulacji wzmocnienia wzmacniacza toru  $x$  i  $y$  w oscyloskopie, aby uzyskać na ekranie prostą przechodzącą przez środek skal pionowej i poziomej nachyloną do poziomu pod kątem  $45^\circ$ . W naszym pomiarze nie musimy odczytywać (korzystając ze skalowania oscyloskopu) rzeczywistych wartości spadków napięć, wystarczy zmierzyć odpowiednie odcinki na ekranie oscyloskopu (rys. 19b).



Rys. 20

Przykładowo podajemy wynik pomiarów wykonanych dla cewki transformatora i opornika o oporze  $R = 100\Omega$  :

Bez rdzenia	$y_0 = 30 \text{ mm}$ ,	$y = 11 \text{ mm}$ ,	$x_0 = 8 \text{ mm}$ ,	stąd	$L_1 = 440 \text{ mH}$ ;
z rdzeniem	$y_0 = 30 \text{ mm}$ ,	$y = 15 \text{ mm}$ ,	$x_0 = 8 \text{ mm}$ ,	stąd	$L_1 = 600 \text{ mH}$

Obliczono także  $R_s = \frac{L\omega}{\text{tg arcsin} \frac{y}{y_0}}$  otrzymując  $R_s = 350\Omega$ . Ze względu na małą

dokładność pomiaru na oscyloskopie, błędy pomiarów są bardzo duże – dochodzą do 30%. Tę samą indukcyjność zmierzono za pomocą mostka  $RLC$  i otrzymano wyniki:

$$L_1 = (370 \pm 10) \text{ mH}, \quad L_2 = (440 + 10) \text{ mH}, \quad \text{oraz} \quad R_s = 425\Omega$$

co w granicach błędu jest zgodne z poprzednimi wynikami. Podobne pomiary należy wykonać dla kondensatora i opornika o nieznanymi wartościami pojemności i oporu.

Warto zauważyć, że w tym ostatnim przypadku można nie korzystać z dwu osi oscyloskopu, tylko porównać spadki napięć w odpowiednim układzie na znanym i nieznanym elemencie obwodu. Natomiast metodę oscyloskopową warto stosować dla cewek, pozwala ona bowiem określić ich indukcyjność niezależnie od oporu omowego uzwojenia.

Źródło:  
Zadanie pochodzi z „Olimpiada fizyczna XXIX - XXXI”  
autor: A. Nadolny, K. Pniewski

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie  
[www.of.szc.pl](http://www.of.szc.pl)