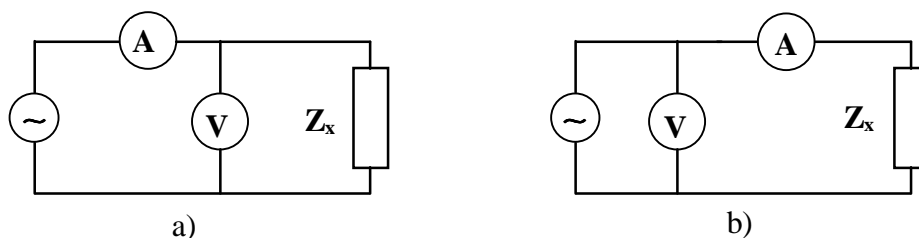


POMIAR INDUKCYJNOŚCI I POJEMNOŚCI ZA POMOCĄ AMPEROMIERZA I WOLTOMIERZA

- I. Cel ćwiczenia:** wyznaczenie indukcyjności i pojemności przy pomocy amperomierza i woltomierza, ćwiczenie umiejętności w montowaniu prostych obwodów elektrycznych i w posługiwaniu się podstawowymi przyrządami elektrycznymi.
- II. Przyrządy:** źródło napięcia stałego 10 ÷ 15V (zasilacz), transformator bezpieczeństwa 24V (jako źródło napięcia sinusoidalnego) lub generator mocy PO-21, dzielnik napięcia DNa-18, dwa mierniki uniwersalne UM-3 lub jeden miernik uniwersalny UM-3 i jeden uniwersalny miernik cyfrowy mogący mierzyć napięcie przemiennie, nieznaną indukcyjność w postaci uzwojenia nawiniętego na rdzeń transformatorowy, kondensator o nieznannej pojemności, wyłącznik.
- III. Literatura:** H. Szydłowski - *Pracownia fizyczna*.
H. Hofmokl, A. Zawadzki - *Laboratorium fizyczne*.
E. M. Purcel - *Elektryczność i magnetyzm*.

IV. WPROWADZENIE

Metoda pomiaru polega na jednoczesnym wyznaczeniu wartości skutecznej spadku potencjału na badanym elemencie i wartości skutecznej natężenia prądu zmiennego przepływającego przez ten element (rys.1).






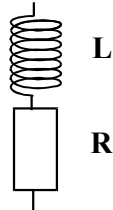
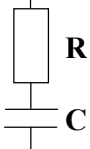
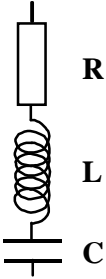
Rys.1. Alternatywne schematy układu pomiarowego.

Stosunek tych dwu wielkości

$$|Z| = \frac{U}{I} \quad (1)$$

nazywamy modulem impedancji (modulem oporności zespolonej, zawadą) danego elementu. W tabeli I podane są moduły impedancji dla najprostszych elementów i ich połączeń.

Tabela I

Element	Moduł impedancji
 R	$ Z = \frac{U}{I} = R$
 L	$ Z = \omega L$
 C	$ Z = \frac{1}{\omega C}$
 L R	$ Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$
 R C	$ Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
 R L C	$ Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$ $\omega = 2\pi f$, gdzie f jest częstotliwością zmian prądu.

Wzory te pozwalają nam ocenić wartość nieznaną indukcyjności i pojemności na podstawie wyników pomiarów modułu impedancji.

Przystępując do pomiarów wybieramy jeden z dwu przedstawionych na rysunku 1 układów pomiarowych. Wybór ten jest uzależniony od wielkości oporności wewnętrznej mierników i modułu impedancji badanego elementu.

Dokładność oceny indukcyjności i pojemności możemy zwiększyć wykonując szereg pomiarów modułu impedancji dla różnych wartości natężenia prądu płynącego w obwodzie. Jeśli wyniki pomiarów przedstawimy w postaci wykresu zależności wartości skutecznej spadku potencjału od wartości skutecznej natężenia prądu, to należy oczekiwać na podstawie wzoru (1), że wykresem tym będzie linia prosta, której tangens kąta nachylenia względem osi natężenia prądu powinien być równy liczbowo modułowi impedancji.

Prostą tę możemy wykreślić graficznie lub metodą najmniejszych kwadratów.

Obliczając wartość pojemności musimy uwzględnić wpływ oporności wewnętrznej

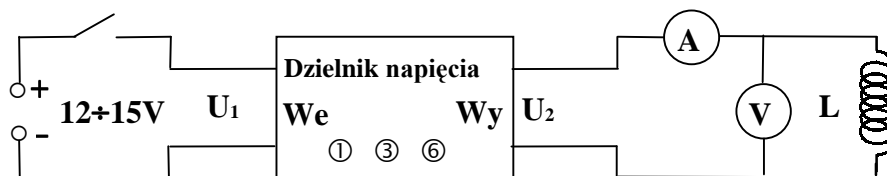
mierników na wyniki pomiarów (jeśli oporności te wpływają na pomiar), a w przypadku indukcyjności także wpływ oporności rzeczywistej (oporności dla prądu stałego, rezystancji) jej uzwojenia.

Należy pamiętać, że metoda amperomierza i woltomierza jest metodą mało dokładną w porównaniu z powszechnie stosowaną metodą mostkową, będącą tematem ćwiczenia E-31.

V. POMIARY

V.1. Pomiar oporności rzeczywistej (rezystancji) R badanego uzwojenia.

Połączyć przyrządy wg schematu przedstawionego na rys.2. W układzie tym multimetr cyfrowy



Rys.2 Schemat układu do pomiaru oporności rzeczywistej uzwojenia L .

pełni funkcję woltomierza (w porównaniu z woltomierzem analogowym (wskazówkowym) ma bardzo duży opór wewnętrzny, ok. 10 MΩ), natomiast miernik analogowy jest amperomierzem. Przy takim włączeniu mierników nie jest konieczne uwzględnienie wpływu oporności amperomierza na wyniki pomiarów rezystancji uzwojenia cewki.

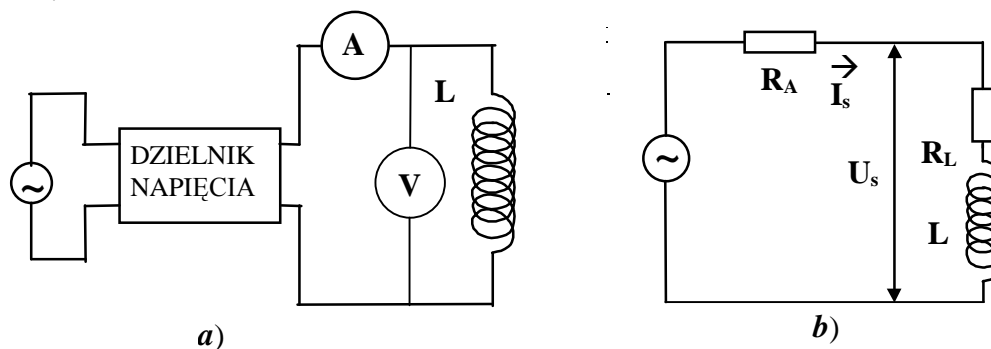
Dzielnik napięcia włączony między źródło napięcia (12÷15)V a właściwy układ pomiarowy służy do zmiany napięcia zasilania układu, co w konsekwencji prowadzi do zmiany natężenia prądu przepływającego przez uzwojenie. Jeśli do pary gniazd wejściowych dzielnika, oznaczonych symbolem U_1 przyłożymy napięcie o wartości U_1 , to napięcie między gniazdami wyjściowymi, oznaczonymi jako U_2 jest równe w przybliżeniu

$$U_2 = N \times 10^{-3} U_1,$$

gdzie N jest liczbą z przedziału $[0,1000]$, wybieraną za pomocą trzech pokręteł regulacyjnych. Dobieramy początkowo N tak, aby dla wybranego zakresu pomiarowego amperomierza osiągnąć maksymalne natężenie prądu bądź bliskie maksymalnemu. Następnie, nie zmieniając zakresu amperomierza zmniejszamy stopniowo napięcie U_2 notując wartości natężenia prądu i wskazania woltomierza oraz wartość oporności wewnętrznej amperomierza.

V.2. Pomiar modułu impedancji uzwojenia

Moduł impedancji uzwojenia mierzymy za pomocą układu przedstawionego na rys.3, w którym to układzie źródłem zmiennej w czasie siły elektromotorycznej jest transformator bezpieczeństwa 24V lub generator mocy PO-21, pracujący na zakresie 25V/60W z częstotliwością $f = 50$ Hz.



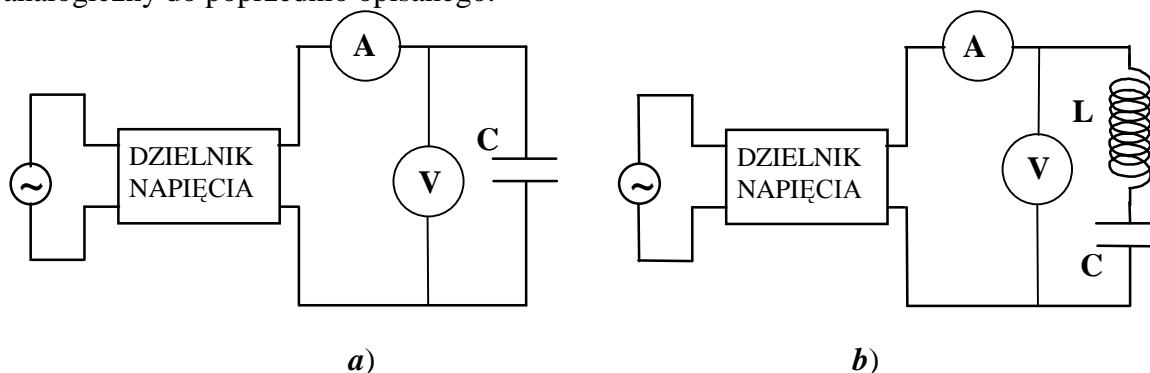
Rys.3 a) Schemat układu do pomiaru indukcyjności L, b) schemat zastępczy tego układu.

Oznaczenia: R_A - oporność wewnętrzna amperomierza, R_L - oporność rzeczywista uzwojenia, L - indukcyjność uzwojenia.

Pomiary wykonujemy w sposób opisany w punkcie V.1. W przypadku użycia generatora PO-21 zmieniamy natężenie prądu płynącego w obwodzie za pomocą pokrętła regulacyjnego napięcia wyjściowego generatora. Wówczas dzielnik napięcia nie jest konieczny.

V.3. Pomiary modułu impedancji badanego kondensatora oraz indukcyjności połączonej szeregowo z kondensatorem

Pomiary wykonujemy łącząc przyrządy według schematów z rysunków 4a i 4b w sposób analogiczny do poprzednio opisanego.



Rys.4 Schemat układu do pomiaru modułu impedancji kondensatora a) oraz modułu indukcyjności i pojemności połączonych szeregowo b).

VI. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

1. Wyniki pomiarów przedstawić w postaci wykresów zależności wartości skutecznej spadku potencjału od wartości skutecznej natężenia prądu

$$U = f(I)$$

prowadząc przez punkty doświadczalne z zaznaczonymi przedziałami błędów linie proste (metodą graficzną lub najmniejszych kwadratów).

2. Obliczyć wartość oporności rzeczywistej uzwojenia R_L (p-kt V.1).
3. Obliczyć wartość modułu impedancji dla każdego obwodu (rys.3a, rys.4a i 4b). Uwzględniając wartość oporności wewnętrznej amperomierza oraz oporność rzeczywistą uzwojenia wyznaczyć wartość indukcyjności L i pojemności C .
4. Wykorzystując obliczone wartości L i C obliczyć moduł impedancji szeregowego połączenia uzwojenia i kondensatora w celu porównania jej z wartością wyznaczoną z pomiarów wykonanych za pomocą układu z rys.4b.
5. Ocenić wartości błędów i przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników.

VII. Zagadnienia do samodzielnego opracowania

1. Uzasadnić zastosowanie w ćwiczeniu schematu z rysunku 1a. W jakim przypadku korzystniejszym układem byłby układ zbudowany na podstawie rys.1b ?
2. Dlaczego w czasie wykonywania pomiarów dogodniej jest nie zmieniać zakresu pomiarowego amperomierza ?
3. Jaką postać mają schematy zastępcze układów przedstawionych na rys.4 ?
4. Jakie byłyby wady i zalety metody pomiaru, sprowadzającej się do wyznaczenia funkcji $U = f(I)$ przy stałej amplitudzie siły elektromotorycznej, a zmieniającej się jej częstotliwości (metoda taka jest tematem ćwiczenia E-21).