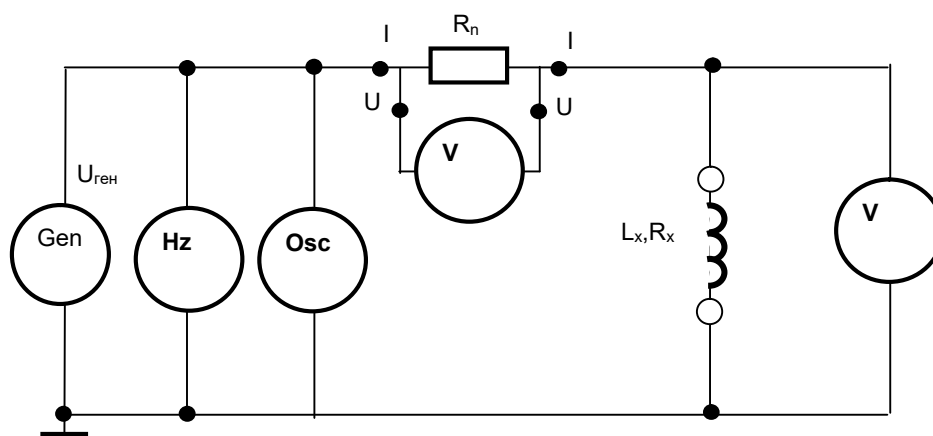




	Zakresy podstawy czasu [s, ms , $\mu$ s/dz]:	Unormowana do zakresu wartość graniczna niedokładności podstawy czasu: $\pm\%$ .	
V, Woltomierz cyfrowy TrueRMS : Typ:		Numer:	
Zakres pomiarowy: $U_{n,V} =$ Parametry dokładności: Od odczytu: $a_v = \pm \%$ Od zakresu: $b_v = \pm \%$ lub $c_v =$ cyfr najmniej znaczących		Impedancja wejściowa (nominalna) $R_{V,nom} = \Omega$ ; $C_{V,nom} = \text{pF}$	
Karta pomiarowa			
Typ NI PCI 6024E NI USB 8009	Zakresy napięć wejściowych: $\pm 0,05 \text{ V}$ ; $\pm 0,5 \text{ V}$ ; $\pm 5 \text{ V}$ ; $\pm 10 \text{ V}$ .	Liczba i rodzaj wejść analogowych: 16 SE/8 DI	Częstotliwość próbkowania: do 200 kS/s
Rozdzielczość: 14 lub 16 bit	Podstawowe parametry dokładności: $\pm 0,106 \text{ mV}$ (0,05 V); $\pm 0,846 \text{ mV}$ (0,5 V); $\pm 5,26 \text{ mV}$ (5 V); $\pm 16,5 \text{ mV}$ (10 V) (w czasie do 1 roku po kalibracji i zmianie temperatury $\pm 1 \text{ Co}$ ).		
Komputer PC			
typ	Procesor	Częstotliwość	RAM

#### 4.1. Schemat układu do pomiaru parametrów obiektu indukcyjnego

- 1) Schemat układu pomiarowego do pomiaru parametrów obiektu indukcyjnego przedstawiono na rys. 1.
- 2) Częstościomierz (Hz) na wyjściu generatora (Gen) wykorzystywany jest w przypadku braku wbudowanego w generatorze częstościomierza lub niewystarczającej dokładności wbudowanego częstościomierza.
- 3) Do wyjścia generatora podłączyć wejście oscyloskopu (Osc).
- 4) Cewkę badaną ( $L_x, R_x$ ) do wyjścia generatora połączyć szeregowo z rezystorem wzorcowym  $R_n$  (wykorzystywany jest do pośredniego pomiaru prądu).
- 5) Woltomierz V (wykorzystywany do pośredniego pomiaru prądu przez pomiar spadku napięcia na rezystorze wzorcowym  $R_n$ ) może być ten samy, co i podstawowy woltomierz V przy odpowiednim przełączeniu kabla wejściowego.



Rys.1. Schemat układu do pomiaru parametrów obiektu indukcyjnego

#### 4.2. POMIARY PARAMETRÓW OBIEKTU INDUKCYJNEGO METODĄ DWÓCH CZĘSTOTLIWOŚCI

1) Na wyjściu generatora nastawić sinusoidalne napięcie amplitudą około 7 V i częstotliwością 1 kHz.

2) Częstościomierzem Hz zmierzyć rzeczywistą wartość częstotliwości napięcia generatora

$$f_{gen} = f_{Hz} =$$

Następnie częstotliwość napięcia na wyjściu generatora  $f_{gen} = 1$  kHz ma być stabilną (przy braku stabilności należy ją podtrzymywać).

3) Woltomierzem V zmierzyć rzeczywistą wartość napięcie na cewce badanej:

$$U_{Lx1} = U_{V,1} =$$

4) Woltomierzem V (przy odpowiednim przełączeniu kabla i doborze zakresu pomiarowego) zmierzyć rzeczywistą wartość spadku napięcia na rezystorze wzorcowym  $R_n$ :

$$U_{Rn,1} =$$

5) Na wyjściu generatora nastawić sinusoidalne napięcie amplitudą około 7 V i częstotliwością 2 kHz.

6) Częstościomierzem Hz zmierzyć rzeczywistą wartość częstotliwości napięcia generatora

$$f_{gen,2} =$$

7) Woltomierzem V zmierzyć rzeczywistą wartość napięcie na cewce badanej:

$$U_{Lx2} = U_{V,2} =$$

8) Woltomierzem V1 (przy odpowiednim przełączeniu kabla i doborze zakresu pomiarowego) zmierzyć rzeczywistą wartość spadku napięcia na rezystorze wzorcowym  $R_n$ :

$$U_{Rn,2} =$$

Wszystkie wyniki pomiarów oraz dane rezystora wzorcowego wpisać do tabeli 2.

#### 4.3. Obliczania parametrów obiektu indukcyjnego

1) Obliczyć wartości impedancji cewki badanej na częstotliwości  $f_{gen,1}$ :

$$Z_{Lx,1} = \frac{U_{V,1}}{U_{Rn,1}} R_n =$$

2) Obliczyć wartości impedancji cewki badanej na częstotliwości  $f_{gen,2}$ :

$$Z_{Lx,2} = \frac{U_{V,2}}{U_{Rn,2}} R_n =$$

3) Obliczyć wartości parametrów:

$$a = \left( \frac{U_{V,1}}{U_{Rn,1}} \right)^2 =$$

$$b = \left( \frac{U_{V,2}}{U_{Rn,2}} \right)^2 =$$

$$g = \left( \frac{f_{gen,2}}{f_{gen,1}} \right)^2 =$$

4) Obliczyć wartość indukcyjności cewki badanej na podstawie wstępnych obliczeń parametrów:

$$L_x = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Z_{Lx,2}^2 - Z_{Lx,1}^2}{f_{gen,2}^2 - f_{gen,1}^2}} =$$

5) Obliczyć wartość rezystancji cewki badanej:

$$R_{Lx} = \sqrt{\frac{Z_{Lx,1}^2 \cdot f_{gen,2}^2 - Z_{Lx,2}^2 \cdot f_{gen,1}^2}{f_{gen,2}^2 - f_{gen,1}^2}} =$$

6) Obliczyć dobroć cewki badanej:

$$Q_x = \frac{2\pi \cdot f \cdot L_x}{R_{Lx}} =$$

Wyniki obliczeń wartości rezystancji, indukcyjności i dobroci cewki badanej wpisać do tabeli 1.

#### 4.4. Obliczania niepewności wyników pomiarów

1) Obliczyć względną standardową niepewność częstotliwości sygnału generatora:

$$u_{B,rel}(f_{gen,1}) = \frac{\delta_{gen,gr} + 100/N_{f_1}}{\sqrt{3}} =$$

$$u_{B,rel}(f_{gen,2}) = \frac{\delta_{gen,gr} + 100/N_{f_2}}{\sqrt{3}} =$$

gdzie  $N_{f_1}$  oraz  $N_{f_2}$  – są liczbami zliczonych impulsów w częstotliwościomierze podczas pomiaru częstotliwości  $f_{gen,1}$  oraz  $f_{gen,2}$ .

2) Obliczyć względne standardowe niepewności wskazań woltomierza przy pomiarach napięcia na cewce badanej przy:

częstotliwości  $f_{gen,1}$ :

$$u_{B,rel}(U_{V,1}) = \frac{a_v + b_v \cdot U_n / U_{V,1}}{\sqrt{3}} =$$

$$\text{lub } u_{B,rel}(U_{V,1}) = \frac{a_v + c_v \cdot CNZ / U_{V,1}}{\sqrt{3}}$$

przy częstotliwości  $f_{gen,2}$

$$u_{B,rel}(U_{V,2}) = \frac{a_v + b_v \cdot U_n / U_{V,2}}{\sqrt{3}} =$$

$$\text{lub } u_{B,rel}(U_{V,2}) = \frac{a_v + c_v \cdot CNZ / U_{V,2}}{\sqrt{3}}$$

$U_n$  - zakres woltomierza V przy pomiarach odpowiednich napięć,  $c_v$  – odpowiednia liczba cyfr najmniej znaczących (CNZ).

3) Obliczyć względne standardowe niepewności wskazań woltomierza przy pomiarach spadków napięcia na rezystorze wzorcowym ( $U_{n1,Rn}$  - zakres woltomierza przy pomiarach odpowiednich spadków napięcia na rezystorze wzorcowym):

$$u_{B,rel}(U_{Rn,1}) = \frac{a_v + b_v \cdot U_{n,Rn} / U_{Rn,1}}{\sqrt{3}} =$$

$$u_{B,rel}(U_{Rn,2}) = \frac{a_v + b_v \cdot U_{n,Rn} / U_{Rn,2}}{\sqrt{3}} =$$

$$u_{B,rel}^2 \left[ \left( U_{Lx,1} / U_{Rn,1} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[ u_{B,rel}^2(U_{Lx,1}) + u_{B,rel}^2(U_{Rn,1}) \right] =$$

$$u_{B,rel}^2 \left[ \left( U_{Lx,2} / U_{Rn,2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[ u_{B,rel}^2(U_{Lx,2}) + u_{B,rel}^2(U_{Rn,2}) \right] =$$

4) Obliczyć względną standardową niepewność rezystancji rezystora wzorcowego:

$$u_{B,rel}(R_n) = \frac{\delta_{Rn,gr}}{\sqrt{3}} =$$

5) Obliczyć współczynniki wpływu do obliczania złożonej standardowej niepewności rezystancji cewki badanej:

$$C_{f2} = \frac{\partial L_x}{\partial f_2} = -\frac{L_x}{f_2(1-g)} =$$

$$C_{f1} = \frac{\partial L_x}{\partial f_1} = -\frac{L_x}{f_2(1-g)} =$$

$$k_{R,U,1} = \frac{1}{1 - \frac{b}{g \cdot a}} =$$

$$k_{R,U_{Rn,1}} = -k_{R,U,1} =$$

$$k_{R,U,2} = \frac{1}{1 - \frac{g \cdot a}{b}} =$$

$$k_{R,U_{Rn,2}} = -k_{R,U,2} =$$

$$k_{R,R_n} = 1$$

$$k_{R,f1} = -\left( \frac{R_n}{R_{Lx,2}} \right)^2 \cdot \frac{g \cdot (b-a)}{(g-1)^2} =$$

$$k_{R,f2} = -k_{R,f1} =$$

6) Obliczyć złożoną standardową niepewność rezystancji cewki badanej:

$$u_c(R_{Lx}) = \frac{R_{Lx}}{100\%} \sqrt{[k_{R,U,1} \cdot u_{B,rel}(U_{V,1})]^2 + [k_{R,U,2} \cdot u_{B,rel}(U_{V,2})]^2 + [k_{R,U_{Rn},1} \cdot u_{B,rel}(U_{Rn,1})]^2 + [k_{R,U_{Rn},2} \cdot u_{B,rel}(U_{Rn,2})]^2 + [k_{R,Rn} \cdot u_{B,rel}(R_{Rn})]^2 + [k_{R,f1} \cdot u_{B,rel}(f_{gen,1})]^2 + [k_{R,f2} \cdot u_{B,rel}(f_{gen,2})]^2} =$$

$$=$$

6) Obliczyć współczynniki wpływu do obliczania złożonej standardowej niepewności indukcyjności cewki badanej:

$$k_{L,U,1} = \frac{1}{1 - \frac{b}{a}} =$$

$$k_{L,U_{Rn},1} = -k_{L,U,1} =$$

$$k_{L,U,2} = \frac{1}{1 - \frac{a}{b}} =$$

$$k_{L,U_{Rn},2} = -k_{L,U,2} =$$

$$k_{L,Rn} = 1$$

$$k_{L,f1} = \frac{1}{g - 1} =$$

$$k_{L,f2} = \frac{g}{g - 1} =$$

7) Obliczyć złożoną standardową niepewność indukcyjności cewki badanej:

$$u_c(L_x) = \frac{L_x}{100\%} \sqrt{[k_{L,U,1} \cdot u_{B,rel}(U_{V,1})]^2 + [k_{L,U,2} \cdot u_{B,rel}(U_{V,2})]^2 + [k_{L,U_{Rn},1} \cdot u_{B,rel}(U_{Rn,1})]^2 + [k_{L,U_{Rn},2} \cdot u_{B,rel}(U_{Rn,2})]^2 + [k_{L,Rn} \cdot u_{B,rel}(R_{Rn})]^2 + [k_{L,f1} \cdot u_{B,rel}(f_{gen,1})]^2 + [k_{L,f2} \cdot u_{B,rel}(f_{gen,2})]^2} =$$

$$=$$

Wyniki obliczeń złożonej standardowej niepewności indukcyjności i rezystancji cewki badanej wpisać do tabeli 2.

**4.5. Przedstawić wyniki pomiaru parametrów obiektu indukcyjnego metodą pomiaru impedancji na dwóch częstotliwościach:**

$$L_x = (L_x \pm u_c(L_x)) = ( \quad \pm \quad ), H ;$$

$$R_{Lx} = (R_{Lx} \pm u_c(R_{Lx})) = ( \quad \pm \quad ), \Omega .$$

#### 4.6. Zmierzyć parametry obiektu badanego miernikiem elektronicznym:

$$L_{x,M} =$$

$$R_{Lx,M} =$$

$$Q_{Lx,M} =$$

Wyniki pomiaru indukcyjności, rezystancji i dobroci cewki badanej miernikiem elektronicznym wpisać do tabeli 2.

Tabela 2

Zestawienie wyników pomiaru parametrów indukcyjności

Zadane przybliżone parametry obiektu badanego						
				$L_x =$	$R_x =$	$Q_x =$
Pomiary obiektu indukcyjnego metodą dwóch częstotliwości,						
$f_{gen.1} =$	$U_{V,1} =$	$U_{Rn,1} =$	$R_n =$	$L_x =$	$R_x =$	$Q_x =$
$f_{gen.2} =$	$U_{V,2} =$	$U_{Rn,2} =$		$u_c(L_x) =$	$u_c(R_x) =$	
Pomiary obiektu indukcyjnego miernikiem elektronicznym						
				$L_{x,M} =$	$R_{x,M} =$	$Q_{x,M} =$

#### V. Wnioski

We wnioskach porównać wartości wyników pomiaru parametrów cewki badanej z wynikami bezpośredniego miernikiem elektronicznym.

#### VI. Pytania kontrolne

1. Podstawowe parametry obiektów indukcyjnych i pojemnościowych
2. Jak wyznaczana jest dobroć cewki indukcyjnej?
3. Jaka minimalną liczbę pomiarów należy wykonać żeby zmierzyć indukcyjność oraz rezystancję cewki?
4. Na czym polega pomiar indukcyjności i rezystancji cewki metodą dwóch częstotliwości?
5. Co wpływa na niepewność wyniku pomiaru indukcyjności cewki metodą dwóch częstotliwości?

#### Literatura

1. Sydenham P.H. : Podręcznik metrologii. Tom 2. WKiŁ Warszawa, 1988 - (str. 213-219)
2. Dziuban E, Dorozhovets M., Kowalczyk A., Ryski A., Szlachta A., Tabisz R., Wilk B., Wojturski J.: *Metrologia Elektryczna i Elektroniczna. Laboratorium część I. Materiały pomocnicze.* Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2005.
3. Stabrowski M. Miernictwo elektryczne. Cyfrowa technika pomiarowa. Warszawa. WPW. 1994
4. Lesiak P. Świsulski D. Komputerowa technika pomiarowa. W przykładach. AW PAK. Warszawa. 2002.
5. Dorozhovets M. Materiały wykładu.