

Termin zajęć Poniedziałek – TN – 13:15		Miernictwo II 
Osoby wykonujące ćwiczenie: Andrzej Szyper		Grupa nr: 4
Tytuł ćwiczenia: POMIARY REZYSTANCJI I IMPEDANCJI		Ćwiczenie nr: 4
Data wykonania ćwiczenia	10-03-2025	Ocena:
Data oddania sprawozdania	23-03-2025	

Oświadczam, że zapoznałem/łam się z niniejszym sprawozdaniem i uważam je za poprawnie wykonane:

Szyper
.....

Oświadczam/y iż poniższe sprawozdanie zostało wykonane przeze mnie/nas samodzielnie:

Szyper
.....

CELE ĆWICZENIA

- Poznanie zasad pomiarów pośrednich i bezpośrednich rezystancji i impedancji.
- Pomiar impedancji elementów RLC – z zastosowaniem napięcia i prądu zmiennego AC.
- Pomiary specjalizowanym miernikiem RLC.

WYPOSAŻENIE POMIAROWE:

- Regulowane zasilacze DC (napięcia stałego)
- Generator funkcyjny (napięcia przemiennego - AC sinus, trójkąt, prostokąt)
- Mierniki prądu i napięcia VC8045 i VC8145
- Miernik RLC Hantek 1830C (*wyciąg z instrukcji i parametry do obliczania niepewności na końcu niniejszej instrukcji*)
- Elementy do pomiarów R, L i C – Rezystory, Cewki i Kondensatory

ZADANIE 1 - POMIAR IMPEDANCJI – METODA BEZPOŚREDNIA – MIERNIK RLC

Przebieg:

Do miernika RLC – Hantek1800C podpięto kolejno rezystory 3 i 4, cewkę 4 oraz kondensator 3. Wykonano pomiary na 5 częstotliwościach. Dla rezystorów zmierzono wartości rezystancji, reaktancji oraz impedancji, dla cewki indukcyjności i impedancji, a dla kondensatora pojemności i impedancji.

Dane pomiarowe (oraz policzone niepewności):

ZAD 1		REZYSTOR 3				REZYSTOR 4			
freq [Hz]		R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]	R [Ω]	X [Ω]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]
100		46.11	-0.2356	46.11	0.08	6.738	-0.3258	6.739	0.021
400		46.50	-0.0845	46.50	0.08	6.737	-0.8530	6.737	0.021
1000		46.67	-0.0999	46.67	0.08	6.735	-3.8011	6.735	0.021
4000		46.82	0.1191	46.82	0.08	6.736	-12.734	6.736	0.021
10000		46.84	0.2942	46.84	0.08	6.737	-33.233	6.737	0.021

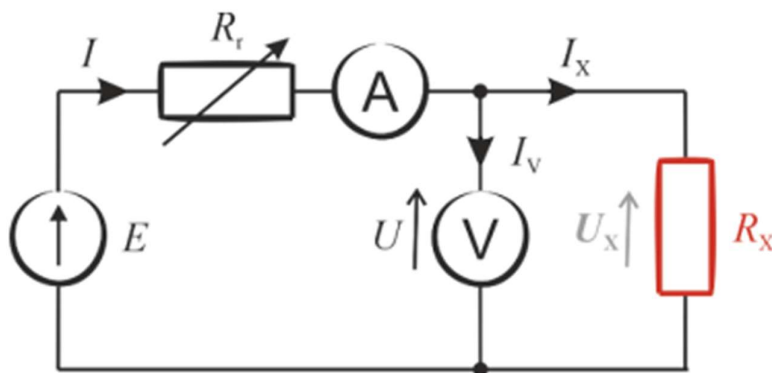
Tab 1: Wyniki pomiarów dla rezystorów 3 i 4

ZAD 1		CEWKA 4				KONDENSATOR 3			
freq [Hz]		L [mH]	u(L) [mH]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]	C [μ F]	u(C) [μ F]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]
100		52.75	0.13	528.3	0.8	1.0318	0.0025	1542.300	2.238
400		52.66	0.13	543.6	0.8	1.0297	0.0025	386.380	0.569
1000		52.67	0.13	622.4	0.9	1.0293	0.0025	154.610	0.235
4000		52.72	0.13	1427	2.1	1.0241	0.0025	38.852	0.068
10000		53.19	0.13	3385	4.9	1.0261	0.0025	15.511	0.034

Tab 2: Wyniki pomiarów dla cewki 4 i kondensatora 3

ZADANIE 2 - POMIAR IMPEDANCJI – METODA POŚREDNIA, TECHNICZNA

Celem tego ćwiczenia jest wyznaczenie impedancji metodą pośrednią (nazywaną również metodą techniczną) z wykorzystaniem pomiaru napięcia i prądu. W tym przypadku został dobrany układ pomiarowy PPN (Poprawny Pomiar Napięcia).



Rys 2: Układ poprawnego pomiaru napięcia (w przypadku dla rezystora R_x)

ZADANIE 2A: POMIAR REZYSTANCJI PRZY NAPIĘCIU STAŁYM DC

Przebieg:

Przełącznik AC/DC został ustawiony na pozycję „DC” (prąd stały), a przełącznik pomiaru- na „Pomiar pośredni”. Przeprowadzono pomiary napięcia i prądu R_1 , R_2 i cewki dla trzech różnych napięć zasilacza z zakresu między 1V a 15V (2.5V, 5V i 7.5V). W przypadku cewki wyznaczona została także jej rezystancja szeregową.

Zakres woltomierza: 20V, zakres amperomierza: 200mA

Dane pomiarowe:

ZAD 2a - DC	REZYSTOR 3							
WEJSCIE [V]	I [mA]	u(I) [mA]	U [V]	u(U) [V]	R_x' [Ω]	u(R_x') [Ω]	R_x [Ω]	p [Ω]
2.5	51.883	0.111	2.4288	0.0009	46.813	2.429	46.813	0.000
5	103.860	0.216	4.8573	0.0016	46.768	4.858	46.768	0.000
7.5	155.950	0.321	7.2849	0.0023	46.713	7.287	46.713	0.000

Tab 3: Pomiary napięcia i prądu, wraz z obliczonymi niepewnościami pomiarowymi dla REZYSTORA 3

ZAD 2a - DC	REZYSTOR 4							
WEJSCIE [V]	I [A]	u(I) [A]	U [V]	u(U) [V]	R_x' [Ω]	u(R_x') [Ω]	R_x [Ω]	p [Ω]
2.5	0.370	0.007	2.5014	0.0009	6.761	2.529	6.761	0.000
5	0.742	0.007	5.0027	0.0016	6.742	5.057	6.742	0.000
7.5	1.113	0.008	7.5040	0.0023	6.742	7.586	6.742	0.000

Tab 4: Pomiary napięcia i prądu, wraz z obliczonymi niepewnościami pomiarowymi dla REZYSTORA 4

ZAD 2a - DC	CEWKA 4							
WEJSCIE [V]	I [mA]	u(I) [mA]	U [V]	u(U) [V]	Rx' [Ω]	u(Rx') [Ω]	Rx [Ω]	p [Ω]
2.5	4.716	0.015	2.4955	0.0009	529.156	2.496	529.184	0.028
5	9.428	0.025	4.9907	0.0016	529.349	4.991	529.377	0.028
7.5	14.179	0.034	7.4855	0.0023	527.929	7.486	527.956	0.028

Tab 5: Pomiar napięcia i prądu, wraz z obliczonymi niepewnościami pomiarowymi dla CEWKI 4

Legenda, wzory i specyfikacja mierników:

U – pomiar napięcia

u(U) – niepewność standardowa napięcia

I – pomiar prądu

u(I) – niepewność standardowa prądu

Rx – rezystancja pośrednia uwzględniająca układ PPN

Rx' – rezystancja bezpośrednia (z prawa Ohma)

u(Rx') – niepewność rezystancji bezpośredniej

p – poprawka (różnica między rezystancją Rx, a rezystancją Rx' wyznaczoną bezpośrednio ze wskazań przyrządu pomiarowego)

Specyfikacja techniczna mierników:

3-2-2-1. DC voltage (DCV)

Range	Accuracy	Resolution
200mV	$\pm(0.05\%\text{reading}+3)$	10uV
2V		100uV
20V		1mV
200V		10mV
1000V	$\pm(0.1\%\text{reading}+5)$	100mV

Input impedance: 10MΩ for all ranges;

Rys 3: Fragment dokumentacji technicznej miernika VC8045 dotycząca pomiarów napięcia prądu stałego

3-2-2-3. DC current (DCA)

Range	Accuracy	Resolution
20mA	$\pm(0.35\%\text{reading}+10)$	1uA
200mA		10uA
2A	$\pm(0.8\%\text{reading}+10)$	100uA
20A		1mA

Rys 4: Fragment dokumentacji technicznej miernika VC8045 dotycząca pomiarów natężenia prądu stałego

Niepewność graniczna bezwzględna:

$$\Delta U[V] = (a\% \cdot \text{rdg} + \text{dig}) = (0,05\% \cdot \text{rdg} + 3) \Delta U[V] = (a\% \cdot \text{rdg} + \text{dig}) = (0,05\% \cdot \text{rdg} + 3)$$

Niepewność standardowa napięcia:

$$u(U)[V] = (\Delta U \cdot 0,0005 + 3 \cdot 0,001) / \sqrt{3} \approx 0,0009V$$

(Pomiar dla R3, UIN = 2,5V)

Niepewność standardowa prądu:

$$u(I)[\text{mA}] = \Delta I = I \cdot 0,0035 + 10 \cdot 0,001 \approx 0,111 \text{ mA}$$

(Pomiar dla R3, UIN = 2,5V)

Rezystancja pośrednia (PPN):

$$R_x = U / (I - U/R_v) = 2,4288 \text{ V} / (51,883 \text{ mA} - 2,4288 \text{ V} / 10 \text{ M}\Omega) = 46,813 \Omega$$

(Pomiar dla R3, UIN = 2,5V)

Rezystancja:

$$R_x' = U / I = 2,4288 \text{ V} / 51,883 \text{ mA} = 46,813 \Omega$$

(Pomiar dla R3, UIN = 2,5V)

Niepewność rezystancji:

$$u(R_x') = \sqrt{(U^2 + I^2)} = 2,429$$

(Pomiar dla R3, UIN = 2,5V)

Poprawka:

$$p = R_x - R_x' = 46,813 \Omega - 46,813 \Omega = 0 \Omega$$

(Pomiar dla R1, UIN = 6V)

ZADANIE 2B – POMIAR IMPEDANCJI PRZY NAPIĘCIU PRZMIENNYM AC**Przebieg:**

Na makiecie AC/DC ustawiono przełączniki na pozycje: AC, POMIAR POŚREDNI. Następnie ustawiono amperomierz i woltomierz na tryb AC. Przeprowadzono pomiary napięcia oraz prądu przy zadanych częstotliwościach dla 4 elementów układu. Policzono niepewności oraz impedancję. Dla cewki i kondensatora dodatkowo wyliczono odpowiednio: indukcyjność i pojemność. Dla poniższych pomiarów została użyta funkcja sinus na generatorze funkcyjnym.

WEJSCIE	REZYSTOR 3					
FREQ [Hz]	I [mA]	u(I) [mA]	U [V]	u(U) [V]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]
100	36.248	0.214	1.7032	0.0046	46.987	1.704
400	36.276	0.214	1.7051	0.0046	47.004	1.705
1000	36.284	0.214	1.7051	0.0046	46.993	1.705
4000	36.329	0.214	1.7075	0.0046	47.001	1.708
10000	36.502	0.215	1.7071	0.0046	46.767	1.707

Tab 6: Pomiary napięcia i prądu z obliczonymi niepewnościami i impedancją dla R3

WEJSCIE	REZYSTOR 4					
FREQ [Hz]	I [A]	u(I) [A]	U [V]	u(U) [V]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]
100	0.536	0.049	3.5277	0.0209	6.582	3.568
400	0.525	0.049	3.5311	0.0209	6.726	3.570
1000	0.533	0.049	3.5328	0.0209	6.628	3.573
4000	0.493	0.048	3.5430	0.0210	7.187	3.577
10000	0.363	0.048	3.5448	0.0210	9.765	3.563

Tab 7: Pomiary napięcia i prądu z obliczonymi niepewnościami i impedancją dla R4

WEJSCIE	CEWKA 4						
FREQ [Hz]	I [mA]	u(I) [mA]	U [V]	u(U) [V]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]	L [mH]
100	6.179	0.075	3.2417	0.0196	524.632	3.242	105.604
400	6.042	0.074	3.2597	0.0197	539.507	3.260	42.532
1000	5.374	0.071	3.3256	0.0200	618.831	3.326	51.156
4000	2.461	0.058	3.5214	0.0209	1430.882	3.521	52.902
10000	0.905	0.050	3.5628	0.0211	3936.796	3.563	62.088

Tab 8: Pomiary napięcia i prądu z obliczonymi niepewnościami, impedancją i indukcyjnościami dla cewki 4

WEJSCIE	KONDENSATOR 3						
FREQ [Hz]	I [mA]	u(I) [mA]	U [V]	u(U) [V]	Z [Ω]	u(Z) [Ω]	C [μ F]
100	2.322	0.057	3.5524	0.0210	1529.888	3.552	1.040
400	9.159	0.088	3.5255	0.0209	384.922	3.526	1.034
1000	21.819	0.147	3.3759	0.0202	154.723	3.376	1.029
4000	55.088	0.301	2.1513	0.0146	39.052	2.152	1.019
10000	66.483	0.353	1.0309	0.0094	15.506	1.033	1.026

Tab 9: Pomiary napięcia i prądu z obliczonymi niepewnościami, impedancją i pojemnościami dla kondensatora 3

Legenda i przykładowe obliczenia:

Z [Ω] - impedancja

u(Z) [Ω] - niepewność impedancji

L [mH] - indukcyjność (Cewki)

u(L) [mH] - niepewność indukcyjności (cewki)

C [nF] - pojemność (kondensatora)

u(C) [nF] – niepewność pojemności (kondensatora)

Rs - rezystancja szeregową, średnia arytmetyczna rezystancji bezpośredniej (z zadania 2A)

Dokumentacja techniczna mierników:

Pomiary niepewności w tym przypadku były bazowane na tej samej dokumentacji co w zad 2A, ale odnoszących się do prądu przemiennego.

3-2-2-2. AC voltage (ACV)

Range	Input frequency	Accuracy	Resolution
200mV	50Hz–50kHz	±(0.8%reading+80)	10uV
2V	50Hz–20kHz		100uV
20V			1mV
200V	50Hz–5kHz		10mV
750V	50Hz–400Hz	±(1.0%reading+50)	100mV

Rys 5: Fragment dokumentacji technicznej miernika VC8045 dotyczące pomiarów napięcia prądu zmiennego.

3-2-2-4. AC current (ACA)

Range	Input frequency	Accuracy	Resolution
200mA	50Hz–5kHz	$\pm(0.8\%\text{reading}+80)$	10uA
2A	50Hz–400Hz	$\pm(1.0\%\text{reading}+50)$	100uA
20A			1mA

Rys 6: Fragment dokumentacji technicznej miernika VC8045 dotyczące pomiarów natężenia prądu zmiennego

Wzory:

Impedancja:

$$Z = U/I = 1,7032\text{V} / 36,248\text{mA} = 46,87 \, \Omega \quad (R3, 100\text{Hz})$$

Niepewność standardowa impedancji:

$$u(Z) = (u(U)^2 + u(I)^2)^{1/2} = ((1,7032\text{V})^2 + (36,248\text{mA})^2)^{1/2} = 1,704 \, \Omega \quad (R3, 100\text{Hz})$$

Pulsacja:

$$\omega = 2\pi f \quad \omega = 2\pi f$$

Pojemność kondensatora:

$$C = 1/(\omega Z) = 1/(2\pi f Z) = 1/(2\pi \cdot 100 \cdot 1529.888\Omega) = 1.040\mu\text{F}$$

Rezystancja szeregową cewki:

$$R_s = (R_{X'1} + R_{X'2} + R_{X'3})/3$$

$$R_{X'1}: 529.156 \, \Omega$$

$$R_{X'2}: 529.349 \, \Omega$$

$$R_{X'3}: 527.929 \, \Omega$$

$$R_s: 528.811 \, \Omega$$

Indukcyjność cewki, przy częstotliwości 1kHz:

$$L = X/\omega = |Z_L^2 - R_s^2|^{1/2} / 2\pi f = 51.156 \, \text{mH}$$

Moduł impedancji cewki (f=1kHz):

$$Z_{CX} = U/I = 618.831 \, \Omega$$

Moduł impedancji kondensatora (f=1kHz):

$$Z_{LX} = U/I = 154,723 \, \Omega$$

WNIOSKI:

Wyniki oporu rezystorów dla wszystkich metod są dosyć zbliżone do siebie: $R3 \approx 46,8\Omega$, $R4 \approx 6,7\Omega$ (tu najmniej dokładne wyniki były w metodzie 2B).

Co ważne, częstotliwość nie wpływa tutaj na wyniki.

W przypadku cewki L wzrost częstotliwości powoduje zwiększenie wartości modułu jej impedancji, natomiast w przypadku kondensatora wzrost częstotliwości powoduje zmniejszenie wartości jego impedancji.

Pomiary indukcyjności cewki w zad 2B, były dużo mniej dokładne niż w zad 1, co może wynikać

z błędów lub przybliżeń podczas pośrednich obliczeń. Przy pomiarach pojemności kondensatora nie zaobserwowałem jednak takiego problemu.

Protokół z zajęć:

Wyniki z zajęć zostały przedstawione w tabelach 1-9 w treści sprawozdania.