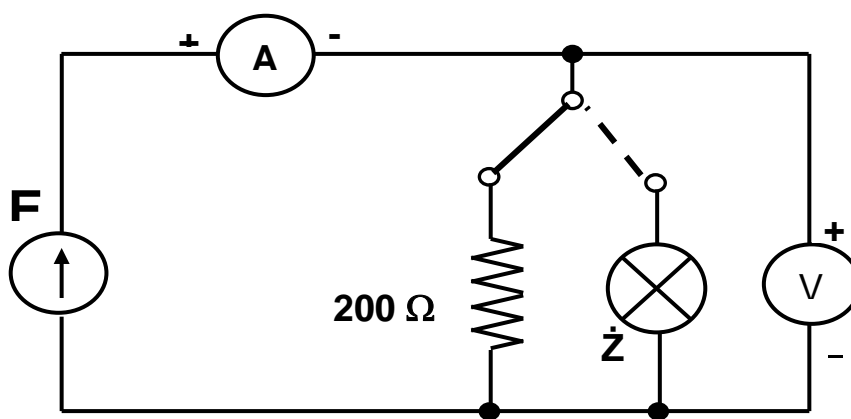


LABORATORIUM PODSTAW ELEKTRONIKI		Rok akademicki 2010/2011
Sobota 11 ¹⁵ -14 ⁰⁰	Adam Abacki Barbara Babacka	Ćwiczenie wykonano w dniu: 2.X.2010
Ćwiczenie 0	Badanie oporności	Ocena:

1) Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie właściwości różnych oporników i sposobów ich charakteryzowania, a także metod pomiaru najważniejszych parametrów.

2) Schematy układów pomiarowych i wykaz użytych przyrządów pomiarowych



Wykaz przyrządów:

A – Miernik uniwersalny firmy Meratronik typ: UM-112B,

V – Multimetr cyfrowy firmy Metex typ: M-3610

Dokładności: **A** – klasa amperomierza prądu stałego 1,0;

V – 0,3% wartości mierzonej + wartość dla 1 cyfry dla woltomierza na zakresie 20 V (0,01 V)

3) Podstawowe definicje i zależności

Opornością elementu nazywamy stosunek napięcia do natężenia prądu płynącego przez ten element. Rozróżniamy oporność statyczną i dynamiczną elementu.

Oporność statyczna to oporność elementu dla prądu stałego, zdefiniowana jako stosunek napięcia do natężenia prądu płynącego przez ten element:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{z definicji}$$

Oporność dynamiczna to oporność elementu dla małych zmian prądu zmiennego, zdefiniowana jako stosunek zmian napięcia do zmian natężenia prądu płynącego przez ten element:

$$r = \frac{dU}{dI} \approx \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{u}{i} \quad \text{z definicji}$$

Interpretacja geometryczna oporności: oporność statyczna jest proporcjonalna do tangensa kąta nachylenia **siecznej** poprowadzonej z początku układu do punktu pracy o współrzędnych (u, i), natomiast oporność dynamiczna jest proporcjonalna do tangensa kąta nachylenia **stycznej** do krzywej zależności u(i) w tym samym punkcie.

Dla wielu oporników obowiązuje (w pewnym zakresie napięć i prądów) prawo Ohma. Oto jego różne sformułowania:

- Napięcie na oporniku jest wprost proporcjonalne do natężenia płynącego przez niego prądu
- Stosunek napięcia na oporniku do natężenia płynącego przez niego prądu jest stały czyli nie zależy od tego prądu
- Oporność opornika jest wielkością stałą czyli nie zależy od płynącego przez niego prądu

Dla oporników spełniających prawo Ohma oporności statyczna i dynamiczna są sobie równe i dlatego w kursie fizyki elementarnej nie rozróżnia się ich od siebie: styczna pokrywa się z sieczną do liniowego wykresu zależności napięcia od natężenia prądu.

4) Wyniki pomiarów

Żarówka 12 V / 50 mA

U [V]	I [mA]	Zakres
0,00	0,0	10 mA
0,03	1,0	
0,20	5,0	
0,97	10,0	
2,15	15,0	30 mA
3,63	20,0	
5,39	25,0	
7,40	30,0	
9,58	35	0,1 A
12,06	40	

Opornik 200 Ω / 0,25 W

U [V]	I [mA]	Zakres
0,00	0,0	10 mA
0,20	1,0	
1,00	5,0	
2,02	10,0	
2,99	15,0	30 mA
4,01	20,0	
5,04	25,0	
6,04	30,0	
7,03	35	0,1 A
8,04	40	
9,03	45	
10,06	50	
11,03	55	
12,06	60	

5) Opracowanie wyników pomiarów i wykresy

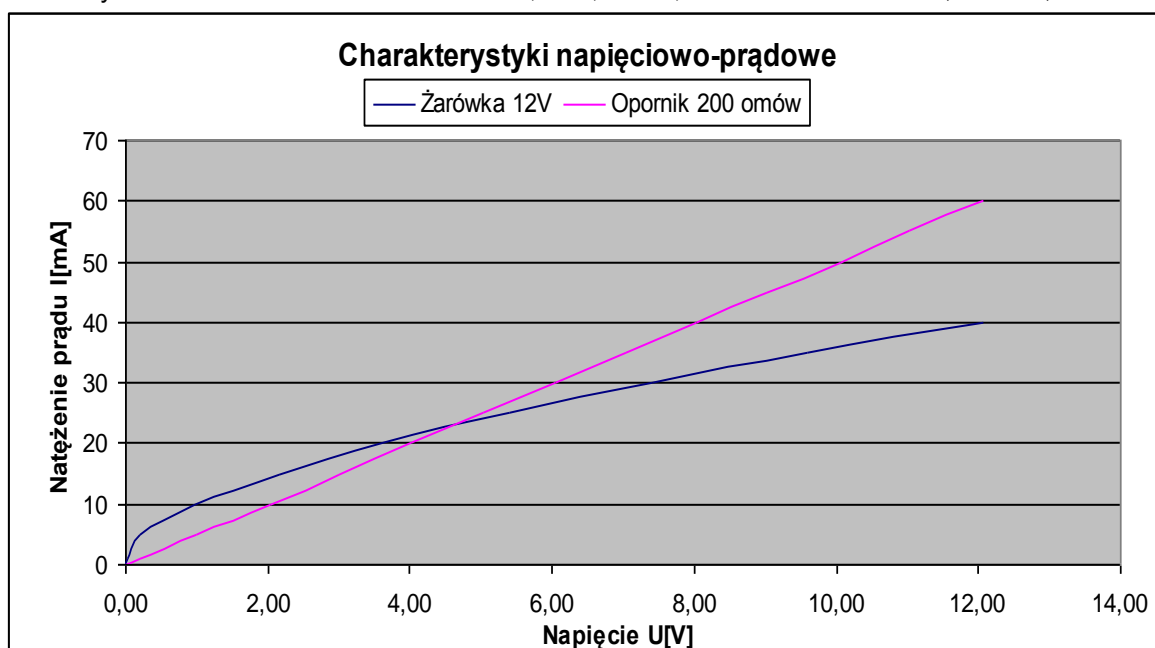
Żarówka 12 V / 50 mA

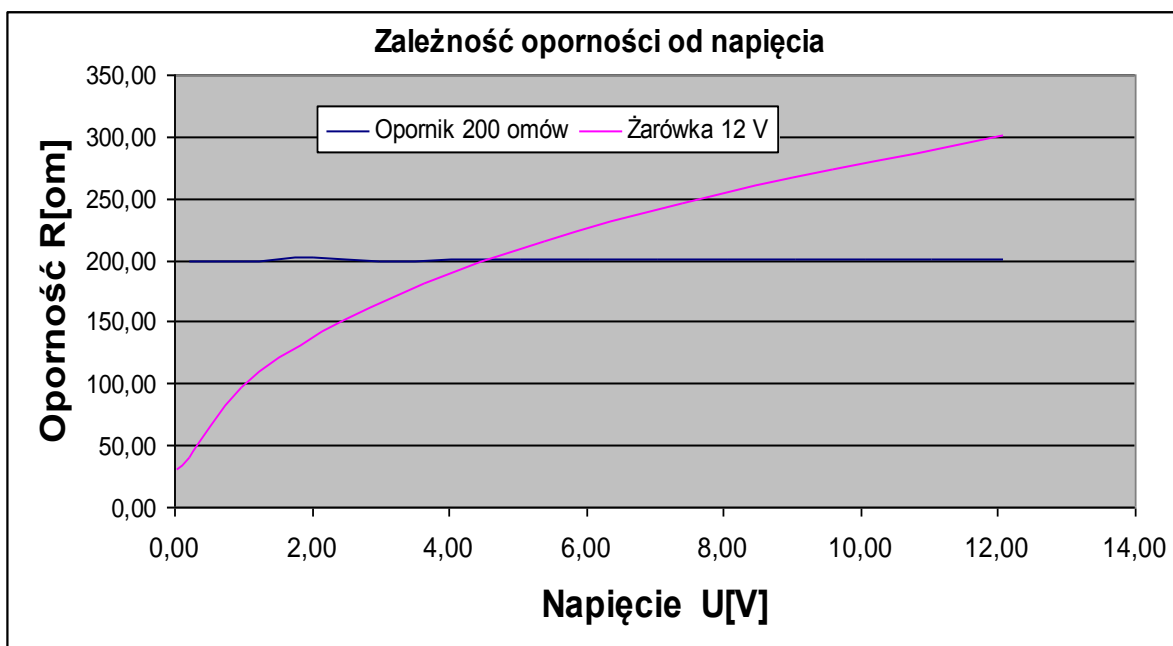
U [V]	I [mA]	R [Ω]
0,00	0,0	-
0,03	1,0	30
0,20	5,0	40
0,97	10,0	97
2,15	15,0	143
3,63	20,0	182
5,39	25,0	216
7,40	30,0	247
9,58	35	274
12,06	40	302

Opornik 200 Ω / 0,25 W

U [V]	U ² [V ²]	I [mA]	UI [V*mA]	R [Ω]
0,00	0	0,0	0	-
0,20	0,04	1,0	0,20	200,00
1,00	1,000	5,0	5,00	200,00
2,02	4,0804	10,0	20,20	202,00
2,99	8,9401	15,0	44,85	199,33
4,01	16,0801	20,0	80,20	200,50
5,04	25,4016	25,0	126,00	201,60
6,04	36,4816	30,0	181,20	201,33
7,03	49,4209	35	246,05	200,86
8,04	64,6416	40	321,60	201,00
9,03	81,5409	45	406,35	200,67
10,06	101,2036	50	503,00	201,20
11,03	121,6609	55	606,65	200,55
12,06	145,4436	60	723,60	201,00

Przykład obliczeń dla żarówki dla U = 5,39 V, I = 25,0 mA: $R = U/I = 5,39 \text{ V}/25,0 \text{ mA} = 216 \Omega$





Dla opornika oporność R i jej błąd ΔR można wyznaczyć metodą najmniejszych kwadratów; oporność R jest miarą nachylenia prostej $y = ax + b$, uwzględniając przy tym jednostki mierzonych wielkości.

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad b = \frac{1}{n} (\sum y_i - a \sum x_i)$$

Błędy wyznaczonych wartości a i b określone są wzorami:

$$S_a = \sqrt{\frac{n [\sum y_i^2 - a \sum x_i y_i - b \sum y_i]}{(n-2) [n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2]}} \quad S_b = \sqrt{\frac{1}{n} S_a^2 \sum x_i^2}$$

Z obliczenia a : $R = 200,93 \Omega$ z obliczenia S_a : $\Delta R = 0,20 \Omega$

6) Dyskusja błędów

Żarówka 12 V / 50 mA

Opornik 200 Ω / 0,5 W

U [V]	ΔU [V]	I [mA]	ΔI [mA]	R [Ω]	ΔR [Ω]	$\Delta R/R$ [%]
0,00		0,0		-		
0,03	0,0101	1,0	0,1	30,0	13,1	43,63
0,20	0,0106	5,0	0,1	40,0	2,9	7,30
0,97	0,0129	10,0	0,1	97,0	2,3	2,33
2,15	0,0165	15,0	0,3	143,0	4,0	2,77
3,63	0,0209	20,0	0,3	182,0	3,8	2,08
5,39	0,0262	25,0	0,3	216,0	3,6	1,69
7,40	0,0322	30,0	0,3	247,0	3,5	1,44
9,58	0,0387	35	1,0	274,0	8,9	3,26
12,06	0,0462	40	1,0	302,0	8,7	2,88

U [V]	ΔU [V]	I [mA]	ΔI [mA]	R [Ω]	ΔR [Ω]	$\Delta R/R$ [%]
0,0		0,0		-		
0,20	0,011	1,0	0,1	200,00	30,60	15,30
1,00	0,013	5,0	0,1	200,00	6,60	3,30
2,02	0,016	10,0	0,1	202,00	3,63	1,80
2,99	0,019	15,0	0,3	199,33	5,25	2,63
4,01	0,022	20,0	0,3	200,50	4,11	2,05
5,04	0,025	25,0	0,3	201,60	3,42	1,70
6,04	0,028	30,0	0,3	201,33	2,95	1,47
7,03	0,031	35	1,0	200,86	6,63	3,30
8,04	0,034	40	1,0	201,00	5,88	2,92
9,03	0,037	45	1,0	200,67	5,28	2,63
10,06	0,040	50	1,0	201,20	4,83	2,40
11,03	0,043	55	1,0	200,55	4,43	2,21
12,06	0,046	60	1,0	201,00	4,12	2,05

Przykład obliczeń błędów dla żarówki dla $U = 5,39 \text{ V}$, $I = 25 \text{ mA}$

Błąd $\Delta I = (30 \text{ mA}) \cdot 1/100 = 0,30 \text{ mA}$ [$I_{\text{zakr}} \cdot 1\%$]

Błąd $\Delta U = (5,39 \cdot 0,3/100 + 0,01) \text{ V} = 0,026 \text{ V}$ [$0,3\% \cdot U + 1\text{LSD}$; tu LSD odpowiada $0,01 \text{ V}$]

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} = \frac{0,026}{5,39} + \frac{0,30}{25} = 0,012 + 0,0049 = 0,016855 \approx 0,017$$

$$\Delta R = (\Delta R/R) \cdot R = 0,017 \cdot 216 \Omega = 3,64 \Omega$$

Dla żarówki przy $U = 5,39 \text{ V}$, $I = 25 \text{ mA}$ jest $R = (216,0 \pm 3,6) \Omega$

7) Wnioski

Otrzymane wyniki potwierdzają znane od dawna fakty: do opornika stosuje się prawo Ohma, tzn. jego oporność nie zależy od płynącego przez niego prądu, natomiast żarówka wykazuje nieliniową zależność natężenia prądu od napięcia na jej końcówkach, co oznacza, że oporność żarówki zmienia się (ściślej: rośnie) wraz ze wzrostem natężenia prądu. Zjawisko to objaśnia zarówno klasyczna, jak i kwantowa teoria przewodnictwa metali. Zastosowania praktyczne wykazują, że właśnie wskutek tego, że zimna żarówka ma małą oporność włókna, bezpośrednio po włączeniu jej do sieci płynie przez nią znacznie większy prąd niż po nagraniu, co jest częstą przyczyną przepalania się żarówek przy włączaniu.

W punkcie początkowym charakterystyki napięciowo-prądowej ($U=0$, $I=0$) oporność statyczna jest nieokreślona. Ponieważ w pobliżu tego punktu charakterystyka niewiele różni się od prostoliniowej, to w przybliżeniu można przyjąć, że oporność statyczna jest równa dynamicznej.

Zauważalna dla opornika niewielka zależność oporności od napięcia mieści się w granicach błędów. Błędy względne pomiaru są w zastosowanym układzie pomiarowym największe przy pomiarach małych napięć i prądów.

Uwagi dydaktyczne autora

- 1) W p.3 Podstawowe definicje i zależności należy zwrócić uwagę na rozróżnienie między **definicją i prawem** – tutaj między definicją oporności i prawem Ohma. Częsty błąd polega na stwierdzeniu, że prawo Ohma mówi o tym, że oporność jest równa ilorazowi napięcia przez natężenie prądu; w takim stwierdzeniu pomyłono definicję z prawem fizycznym.
- 2) W tym samym punkcie 3 napisano: „Interpretacja geometryczna oporności: **oporność ... jest proporcjonalna do tangensa kąta nachylenia...**” **Częsty błąd** polega na stwierdzeniu, że oporność statyczna **jest równa** tangensowi owego kąta. W istocie **$R \neq \text{tg } \alpha$** , równość nie zachodzi z dwóch powodów: 1) z lewej strony $\text{tg } \alpha$ jest wielkością bezwymiarową (liczbą), natomiast z prawej strony oporność R ma wymiar wyrażony w omach [W], 2) wartości liczbowe wyrażeń z lewej i prawej strony mogą się różnić, gdyż kąt α ma wartość zależną od przyjętych skal na osiach napięć (odcięte) i prądów (rzędne), zaś oporność R ma wartość charakterystyczną w danych warunkach dla opornika. Zwrot o proporcjonalności $R = k \cdot \text{tg } \alpha$ implikuje, że współczynnik proporcjonalności k uwzględnia zarówno jednostki, jak i skale na osiach układu współrzędnych (tutaj U, I).
- 3) Wprowadzenie w p.3 dwóch definicji oporności: statycznej R i dynamicznej r może wydawać się sztuczne. Jednak celowość takiego rozróżnienia jest istotne dla dalszego rozumienia działania różnych elementów elektronicznych (diod, tranzystorów), które są w większości nieliniowe i którą to nieliniowość wykorzystuje się w praktycznych zastosowaniach. Elementy elektroniczne działają bowiem w obwodach, w których jednocześnie występują zarówno znaczne napięcia i prądy stałe, jak i małe w porównaniu z nimi sygnały, czyli zmieniające się w czasie napięcia i prądy. Dla pierwszych istotne będą oporności statyczne, dla drugich – oporności dynamiczne.