



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika



Białostocka

Wydział Elektryczny
Katedra Elektrotechniki, Energoelektroniki
i Elektroenergetyki

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu

WPROWADZENIE DO ELEKTROTECHNIKI

Kod przedmiotu:

E1ED1S002

REZYSTANCJA ZASTĘPCZA

Numer ćwiczenia

WdE - 01

Autor

Adam Steckiewicz

Białystok 2025



Spis treści

1	Cel ćwiczenia.....	3
2	Wprowadzenie	3
2.1	Rezystor	3
2.2	Rezystancja zastępcza	4
3	Zadania	6
	Zadanie 1 – Opór elektryczny rezystora węglowego	6
	Zadanie 2 – Uzyskanie rezystancji zastępczej	7
	Zadanie 3 – Dobór rezystora diody elektroluminescencyjnej	8
4	Literatura	10

Materiały przygotowane w ramach projektu „PB 5.0 – dostosowanie oferty dydaktycznej Politechniki Białostockiej do potrzeb nowoczesnej gospodarki oraz zielonej i cyfrowej transformacji” (nr umowy FERS.01.05-IP.08-0327/23-00) w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus.

Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons - Uznanie autorstwa 4.0 (CC BY 4.0). Pełna treść licencji dostępna na stronie creativecommons.org.

Materiały dydaktyczne przeznaczone dla studentów Wydziału Elektrycznego PB.

© Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka, 2025

1 Cel ćwiczenia

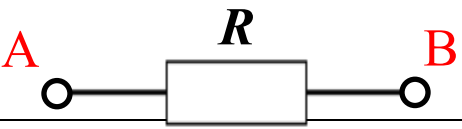
Celem jest zapoznanie się z pojęciem rezystancji elementów elektrycznych; poznanie sposobów łączenia rezystorów; nabycie umiejętności pomiaru rezystancji zastępczej za pomocą multimetru.

2 Wprowadzenie

2.1 Rezystor

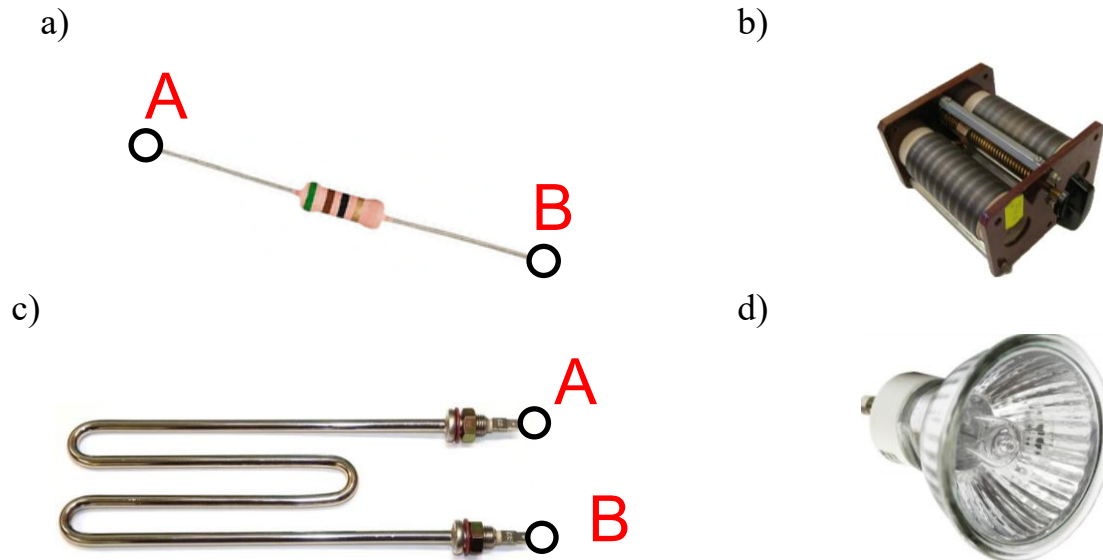
Rezystor (Tab. 1) to tzw. pasywny element obwodu elektrycznego. Charakteryzuje się on rezystancją, czyli zdolnością do zmniejszania przepływu prądu przy określonym napięciu elektrycznym.

Tabela 1. Podstawowe informacje o rezystorze

Symbol	
Nazwa	rezystor
Parametr	rezystancja (opór elektryczny)
Oznaczenie	R
Jednostka	Ohm, Ω

Co ciekawe, takim rezystorem może być... wszystko. Opór elektryczny wykazuje każde ciało (również ludzkie), a jedyna różnica dotyczy wartości tego oporu. Bardzo dobre przewodniki (np. kabel miedziany) charakteryzują się rezystancjami na poziomie tysięcznych części oma, a izolatory (np. szyba) mają opory rzędu miliardów omów.

Rezystor może więc być specjalnie projektowanym i wykonanym urządzeniem, np. są to rezystory węglowe stosowane w elektronice (Rys. 1a), rezystory uziemiające w sieciach elektroenergetycznych, rezystory laboratoryjne do badań i eksperymentów (Rys. 1b), itd. Lecz rezystor to przede wszystkim model matematyczny. Pomiędzy parą zacisków elektrycznych **A** i **B** może się znaleźć dowolny obiekt - dla wszystkiego zawsze da się wyznaczyć rezystancję. Rezystorem może zatem być, np. grzałka (Rys. 1c), źródło światła (Rys. 1d), parówka, człowiek, silnik elektryczny, itp.

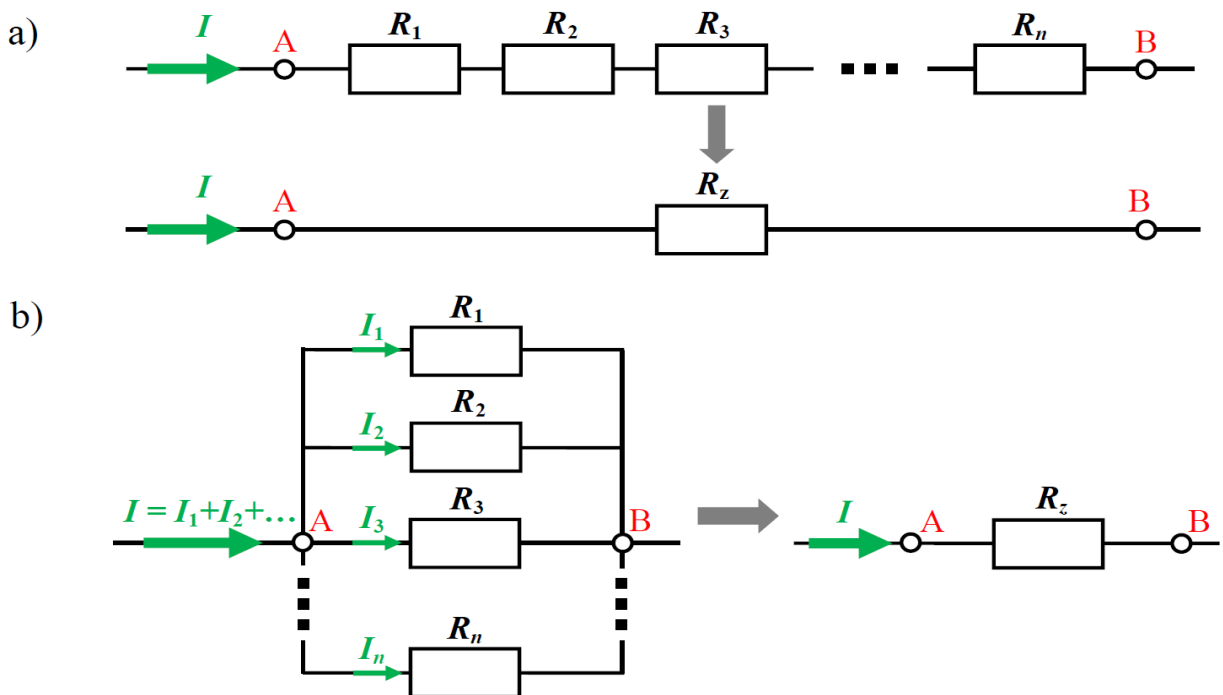


Rys. 1. Przykłady urządzeń posiadających rezystancję: a) rezystor węglowy małej mocy. b) rezystor suwakowy laboratoryjny. c) grzałka elektryczna. d) żarówka

Więcej o rezystorze dowiesz się z materiałów [2] i [3].

2.2 Rezystancja zastępcza

Rezystory można ze sobą łączyć. Przykładem jest połączenie szeregowe (Rys. 2a), które polega na dołączeniu końca jednego rezystora do początku drugiego. W ten sposób powstaje łańcuszek oporników, czyli szereg przez który płynie ten sam prąd I .



Rys. 2. Przykłady połączeń rezystorów: a) szeregowe. b) równoległe.



Zaznaczona rezystancja zastępcza R_z (Rys. 2) - wypadkowa wszystkich złączonych rezystorów - dla połączenia szeregowego dana jest wzorem

$$R_z = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (1)$$

zaś w przypadku połączenia równoległego wyrażona jest zależnością

$$\frac{1}{R_z} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2)$$

Więcej o łączeniu rezystorów dowiesz się z materiałów [4] i [5].



3 Zadania

Głównym zadaniem jest utworzenie obwodu zasilania diody typu LED w taki sposób, aby jednocześnie dioda świeciła, ale nie uległa termicznemu uszkodzeniu. Aby to zrobić należy dobrać do diody rezystor o odpowiednim oporze zastępczym. W tym celu należy połączyć oporniki tak, by otrzymać wymagany rezystor zastępczy.

By taki rezystor wykonać najpierw dobrze jest poznać rezystancje poszczególnych oporników, czego dotyczyć będzie Zadanie 1.

Znając rezystancje można połączyć je szeregowo-równolegle i otrzymać opór zastępczy, co wykonane zostanie w Zadaniu 2.

Finalnie można porównać otrzymane rezystancje z tą wymaganą do zasilania diody, wybrać najlepszą, a następnie sprawdzić efekty tego wyboru obserwując świecenie diody w Zadaniu 3.

Zadanie 1 – Opór elektryczny rezystora węglowego

W tym ćwiczeniu student ma możliwość zbadania rezystancji przykładowych rezystorów. Jednocześnie poznane zostanie urządzenie do tego służące – multimetr z wbudowanym omomierzem.

Aby zmierzyć rezystancję należy:

- wybrać na multimetrze opcję oznaczoną symbolem " Ω ";
- przyłożyć elektrody do końców rezystora;
- odczytać wartość pamiętając o zakresie pomiarowym, czyli rzędzie wielkości (innymi słowy trzeba określić, czy dana wartość jest w omach, kiloomach, megaomach).

Realizując ćwiczenie skup się na następujących czynnościach:

- 1) Wybierz 5 dowolnych rezystorów o różnym oporze.
- 2) Zapisz wartość podaną przez producenta (R_p).
- 3) Zmierz wartość każdej rezystancji 3-krotnie (R_1, R_2, R_3).
- 4) Oblicz średnią rezystancję (R_{sr}) na podstawie 3-ech pomiarów.
- 5) Oblicz różnicę względną (ΔR) między oporem podanym przez producenta, a zmierzonym multimetrem.



Tabela 2. Wartości rezystancji

Nr rezystora	I	II	III	IV	V
R_p, Ω					
R_1, Ω					
R_2, Ω					
R_3, Ω					
R_{sr}, Ω					
$\Delta R, \%$					

Różnicę względną policz ze wzoru

$$\Delta R = \frac{R_p - R_{sr}}{R_{sr}} 100\% \quad (3)$$

Na bazie wyników zastanów się nad odpowiedziami na pytania:

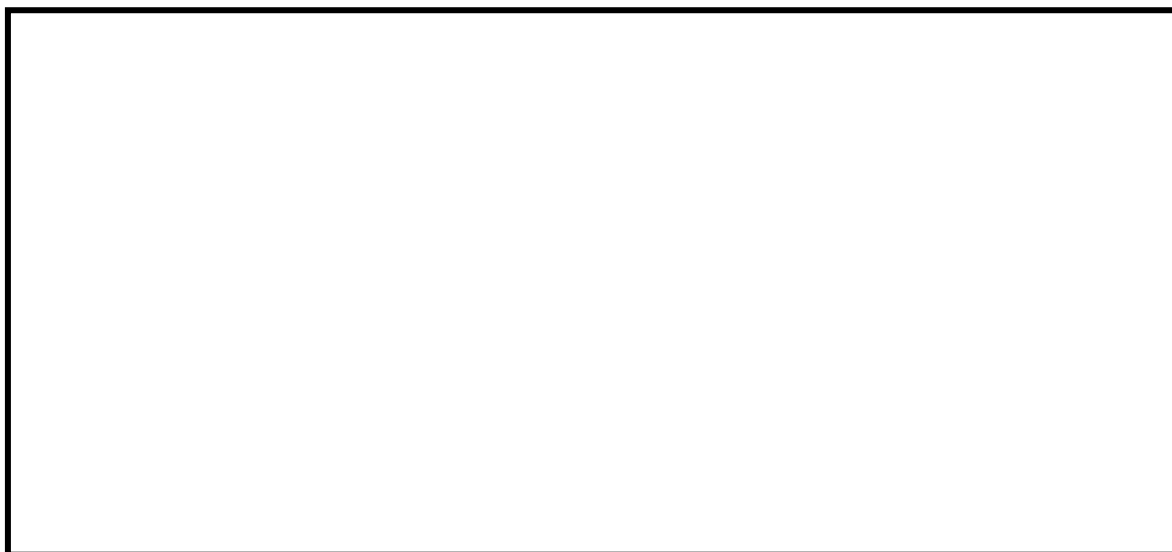
- Czy wartości podane przez producenta i zmierzone są takie same?
- Która wartość jest "tą poprawną": R_p czy R_{sr} ?

Zadanie 2 – Uzyskanie rezystancji zastępczej

Rezystory nie mają dowolnej wartości rezystancji. Stąd, aby uzyskać taką, której nie ma w typoszeregu, stosuje się połączenie szeregowo, równoległe lub mieszane (szeregowo-równoległe).

Sprawdź jakie rezystancje zastępcze pozwalają uzyskać te rodzaje połączeń, a wyniki zapisz do Tabeli 3. W tym celu:

- 1) Połącz 5 rezystorów z Zadania 1 szeregowo oraz zmierz ich rezystancję zastępczą.
- 2) Połącz je równoległe i również zmierz wypadkowy opór.
- 3) Połącz je w dowolny, szeregowo-równoległy sposób (narysuj schemat połączeń na Rys. 3) i zmierz zastępczą rezystancję.
- 4) Oblicz rezystancje zastępcze korzystając ze wzorów (1) i (2).



Rys. 3. Schemat połączenia szeregowo-równoległego (dowolny).

Tabela 3. Rezystancje zastępcze

Układ połączeń	Szeregowy	Równoległy	Szeregowo-równoległy
$R_{\text{zmierzone}} , \Omega$			
$R_{\text{obliczone}} , \Omega$			

Na bazie rezultatów zastanów się nad odpowiedziami na pytania:

- Czy rezystancje zastępcze obliczone teoretycznie pokrywają się z tymi zmierzonymi?
- Jaki jest opór zastępczy połączenia szeregowego i równoległego w porównaniu z rezystancjami pojedynczych rezystorów?

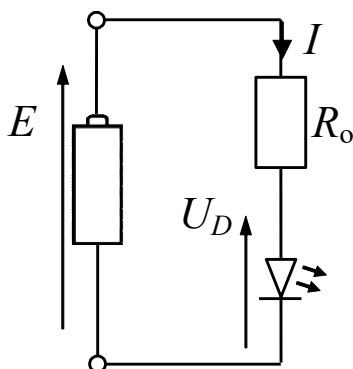
Zadanie 3 – Dobór rezystora diody elektroluminescencyjnej

Teraz można wykorzystać przygotowane rezystory do utworzenia obwodu zasilania LED-a (Rys. 4). Potrzebna będzie bateria o napięciu $E = 9 \text{ V}$, dioda typu LED (kolor dowolny) i wiedza o rezystorze R_o .

Rezystancja ograniczająca (R_o) stosowana jest po to, aby prąd (I) płynący przez diodę nie doprowadził do jej przepalenia. Dopuszczalny prąd małych diod to bardzo często $I = 20 \text{ mA}$. Natomiast wymagana rezystancja jest obliczana jako

$$R_o = \frac{E - U_D}{I} \quad (4)$$

gdzie U_D to tzw. napięcie przewodzenia diody.



Rys. 4. Obwód zasilania LED-a.

Realizując ćwiczenie weź pod uwagę następujące wskazówki:

- 1) Znajdź wartość napięcia U_D diody o wybranym kolorze.
- 2) Policz wymaganą rezystancję R_o .
- 3) Spośród rezystancji z Tab. 2 i Tab. 3 wybierz taką, która jest jak najbardziej zbliżona do R_o .
- 4) Jeśli żadna z nich nie jest dostatecznie podobna, postaraj się dobrać inny opornik/rezystancję zastępczą.
- 5) Połącz obwód z Rys. 4 i sprawdź, czy dioda świeci.

Na bazie zadania zastanów się nad odpowiedziami na pytania:

- W jaki sposób sprawdzić jaki prąd płynie przez diodę?
- Co się stanie, jeśli rezystancja ograniczająca będzie zbyt mała lub zbyt duża?



4 Literatura

Materiały elektroniczne

- [1] Steckiewicz A., *Elementy elektryczne*,
<https://box.biaman.pl/f/33b0139290ae47f6810d/>
- [2] RS Elektronika, *Rezystory, czyli oporniki - [RS Elektronika] # 4*,
<https://www.youtube.com/watch?v=6ZOm7t-de4E>
- [3] Forbot, *Czym jest rezystor? Jak odczytać jego opór? Kurs elektroniki dla początkujących od FORBOT [#4]*,
https://www.youtube.com/watch?v=86Z8r_OPW4c
- [4] Fizyka TV, *Opór zastępczy - połączenie szeregowe i równoległe. Przykłady obliczeń*, <https://www.youtube.com/watch?v=nWtEn2ZZwTs>

Podręczniki

- [5] Bolkowski S., *Teoria obwodów elektrycznych*, WNT, Warszawa, 2022.