



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
LABORATORIUM Z ELEKTROTECHNIKI

Kod przedmiotu:

EMS1A1005

OBLICZENIA I BADANIA OBWODÓW
ZE ŹRÓDŁAMI NAPIĘCIOWYMI

Numer ćwiczenia

LzE - 05

Autor

Anna Maria Białostocka
Adam Steckiewicz

Białystok 2025



Spis treści

1	Cel ćwiczenia.....	3
2	Liniowe obwody elektryczne	3
2.1	Metoda superpozycji	3
2.2	Źródła idealne i odbiorniki energii	3
3	Pomiary.....	6
4	Projekt zaliczeniowy	8
5	Literatura	9

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 ćwiczenia jest nabycie umiejętności praktycznych łączenia szeregowego i równoległego elementów elektrycznych, a w tym źródeł energii; poznanie oraz zastosowanie metody superpozycji; zbadanie relacji prądowo-napięciowych w obwodzie zasilanym prądem stałym i przemiennym.

2 Liniowe obwody elektryczne

2.1 Metoda superpozycji

Jeśli obwód elektryczny jest liniowy (czyli złożony z elementów, na których napięcie jest proporcjonalne do prądu) to spełniona jest w nim zasada superpozycji. Stąd metoda superpozycji, oparta na ww. zasadzie, jest jednym z podstawowych sposobów rozwiązywania obwodów elektrycznych. Polega ona na przeanalizowaniu odpowiedzi obwodu, tj. prądów i/lub napięć, na pojedyncze wymuszenia pochodzące od źródła prądu lub źródła napięcia. Podczas analizy obwodu tą metodą niejako rozkładamy pierwotny układ na kilka odrębnych "podukładów" z jednym źródłem każdy (dwa wymuszenia = dwa podukłady, trzy wymuszenia = trzy podukłady, itd.). Z kolei wypadkowe prądy i napięcia w obwodzie pierwotnym są sumą prądów i napięć otrzymanych w każdym z podukładów. Sposób postępowania podczas tworzenia kolejnych pod-obwodów jest następujący:

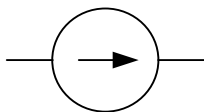
- zostawiamy tylko jedno źródło (prądowe lub napięciowe),
- pozostałe źródła napięciowe zastępujemy zwarciami,
- pozostałe źródła prądowe zastępujemy rozwarciem.

W trakcie dalszego rozwiązywania zadania posiłkujemy się tworzeniem zastępczej impedancji oraz prawami Kirchhoffa.

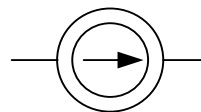
2.2 Źródła idealne i odbiorniki energii

Podstawowe elementy (niepodzielna część składowa) budujące obwód elektryczny możemy podzielić na aktywne i pasywne. Do tych pierwszych zaliczyć możemy źródła energii elektrycznej – źródła prądowe (Rys. 1a) lub napięciowe (Rys. 1b) – będące zasilaniem dla drugiego typu elementów, czyli odbiorników energii.

a)

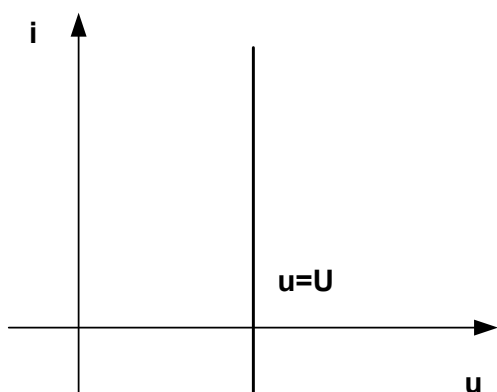


b)

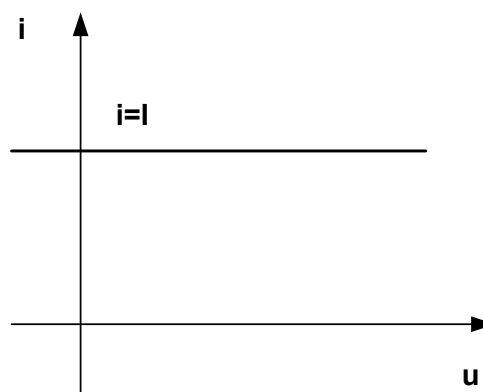
Rys. 1. Symbole elementów aktywnych: a) źródło napięciowe (U), b) źródło prądowe (I)

Napięcie na zaciskach idealnego źródła napięciowego (U) oraz prąd na zaciskach idealnego źródła prądowego (I) nie zależą od wartości obciążenia. Rezystancja wewnętrzna idealnego źródła napięciowego (R_W) ma wartość 0 – w związku z tym, z rezystancyjnego punktu widzenia, stanowi zwarcie. Z kolei rezystancja idealnego źródła prądowego jest równa nieskończoności, więc idealne źródło prądowe stanowi „rezystancyjną” przerwę. Ich charakterystyki (przy zmianach obciążenia $0 < R_{obc} < \infty$) przedstawia Rys. 2.

a)



b)

Rys. 2. Charakterystyki prądowo-napięciowe idealnych źródeł:
a) napięciowego, b) prądowego

Za idealne źródło sinusoidalne (prąd i napięcie przemiennie) przyjmuje się takie, które utrzymuje stałe parametry – amplitudę, fazę początkową oraz częstotliwość. Przykładami źródeł napięciowych są akumulatory (napięcie stałe) i generatory (napięcie przemiennie). Jeśli chodzi o źródło prądowe to jest nim, np. elektroniczny zasilacz prądowy (prąd stały i przemienny), a nawet ogniwo fotowoltaiczne (prąd stały).

Elementy odbierające energię w obwodach elektrycznych często modelowane są jako oporniki o zastępczej rezystancji R – są to bowiem elementy pasywne, zamieniające energię elektryczną na inną jej postać: ciepłą,



światłą, mechaniczną, itp. Mogą one być połączone szeregowo, równolegle lub w sposób mieszany oraz oczywiście występować samodzielnie.

Łączna moc wydzielana na elementach pasywnych może być obliczona jako suma mocy na każdym elemencie

$$P = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + \dots + R_n I_n^2 = \frac{U_1^2}{R_1} + \frac{U_2^2}{R_2} + \dots + \frac{U_n^2}{R_n} \quad (1)$$

i jest równa mocy elektrycznej wydzielanej ze źródeł, którą dla każdego z nich można policzyć jako iloczyn napięcia i prądu tegoż źródła, tj.

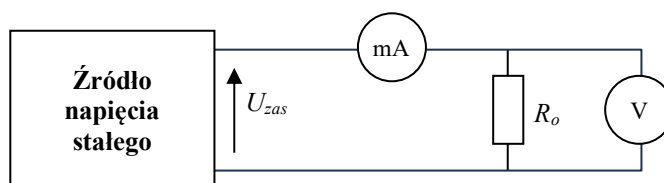
$$P = UI \quad (2)$$

gdzie: n – numer (liczba) rezystorów; I – prąd konkretnego odbiornika/źródła; U – napięcie konkretnego odbiornika/źródła; P – całkowita moc odbiornika/źródła.

3 Pomiary

Zadanie 1

Na płytce stykowej połącz obwód elektryczny złożony z dwóch oczek, dwóch źródeł napięcia (po jednym źródle w każdym z oczek) i co najmniej 4 rezystorów. Wykorzystaj w tym celu materiały teoretyczne [1]. Szeregowo z odbiornikami (R_o) dołącz amperomierze (mA), a równolegle woltomierze (V) – wykorzystaj w tym celu dwa multimetry (Rys. 3). Posłużą one do sprawdzenia samej metody oraz do wyznaczenia wydzielającej się mocy. Do zasilenia układu wykorzystaj baterie 1,5 V oraz 9 V jako E_1 oraz E_2 .



Rys. 3. Przykład pomiaru prądu i napięcia w oczku obwodu

Tabela 1. Wyniki pomiarów i obliczeń

($R_1 = \dots\dots\dots$, $R_2 = \dots\dots\dots$, $R_3 = \dots\dots\dots$, $R_4 = \dots\dots\dots$)

Pomiary							Wykorzystanie metody superpozycji (obliczenia)		
Źródła	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_1 (V)	U_2 (V)	U_3 (V)	$I_1 = I_{1A} + I_{1B}$	$I_2 = I_{2A} + I_{2B}$	$I_3 = I_{3A} + I_{3B}$
E_1 i E_2							L =	L =	L =
							P =	P =	P =

L – lewa strona równania, P – prawa strona równania.

Realizując ćwiczenie weź pod uwagę następujące wskazówki:

- 1) Rozrysuj zaprojektowany układ pomiarowy wraz z wartościami wybranych rezystorów.
- 2) Wykonaj niezbędne obliczenia, czyli wyznacz prądy płynące przez rezystory i źródła. Jest to konieczne, aby nie uszkodzić elementów obwodu



(rezystory mogą się nagrzewać, dlatego zwróć szczególną uwagę na wydzielającą się na nich moc!).

- 3) Połącz zaprojektowany układ pomiarowy.
- 4) Tabelę, wyniki i obliczenia przedstaw w sprawozdaniu.

Tabela 2. Wyniki pomiarów dla obwodu tylko ze źródłem E_1

Pomiary						
Źródła	I_{1A} (mA) ^{a)}	I_{2A} (mA) ^{a)}	I_{3A} (mA) ^{a)}	U_{1A} (V) ^{a)}	U_{2A} (V) ^{a)}	U_{3A} (V) ^{a)}
tylko E_1						

Tabela 3. Wyniki pomiarów dla obwodu tylko ze źródłem E_2

Pomiary						
Źródła	I_{1B} (mA) ^{b)}	I_{2B} (mA) ^{b)}	I_{3B} (mA) ^{b)}	U_{1B} (V) ^{b)}	U_{2B} (V) ^{b)}	U_{3B} (V) ^{b)}
tylko E_2						

a) I_{1A} , U_{1A} , ... - prądy i napięcia, gdy podłączone jest tylko źródło E_1 .

b) I_{1B} , U_{2B} , ... - prądy i napięcia, gdy podłączone jest tylko źródło E_2 .

Wnioski:

(podstawowy dotyczący metody superpozycji, obliczeń wydzielających się mocy – zasilania i odbiornikowej):

.....

Zadanie 2

Wykonaj powyższe obliczenia dla obwodu prądu i napięcia przemiennego, wykorzystując jako odbiorniki rezystory, cewki i kondensatory, a jako źródło energii – generator napięcia przemiennego. Dokonaj sprawdzenia poprawności metody oraz mocy odbiornikowej i zasilania. Wykorzystaj wiadomości z poprzednich ćwiczeń.

Wnioski:

.....



4 Projekt zaliczeniowy

Na bazie zdobytej w całym semestrze wiedzy, wykonaj samodzielnie projekt obwodu elektronicznego. Dotyczyć on będzie doboru elementów układu zasilania trzech diod typu LED (**czerwonej**, **zielonej**, **niebieskiej**). W tym celu:

- 1) Zaczynij od zdobycia wiedzy na temat metody doboru tzw. rezystora ograniczającego. Skorzystaj z poradnika na stronie:
forbot.pl/blog/jak-dobrac-rezystor-do-diody-rozne-metody-zasilania-led-id14482
- 2) Wypisz napięcia przewodzenia diod o wskazanych kolorach.
- 3) Przyjmij, że prąd diody jest równy połowie sumy cyfr numeru albumu, np.: gdy nr albumu studenta to 101745, wtedy zadany prąd każdej diody wynosi $I = (1+0+1+7+4+5)/2 = 9 \text{ mA}$
- 4) Dobierz właściwe źródło zasilające:
 - określ typ źródła (np. bateria, akumulator, zasilacz);
 - przyjmij/załóż oczekiwaną wartość napięcia tego źródła;
 - znajdź takowe źródło w sklepie internetowym;
 - podaj inne parametry (np. maksymalny prąd, moc, cena).
- 5) Wylicz wartość rezystancji ograniczającej dla każdego LED-a (pamiętaj, że rezultatem działań ma być otrzymanie takiej rezystancji, by każda dioda świeciła z zadany prądem!).
- 6) Określ jak fizycznie uzyskać otrzymane rezystancje ograniczające, np.: Czy rezystory o takich oporach da się kupić? Albo trzeba je uzyskać przez szeregowo-równoległe połączenie innych oporników? Lub też zamiast tego czy da się (a jeśli tak, to w jaki sposób) zastosować potencjometr?
- 7) Narysuj schemat obwodu zakładając, że każdy LED ma własny rezystor ograniczający i wszystkie diody są jednocześnie zasilane z tego samego źródła.
- 8) Wykonaj symulację działania obwodu w programie obliczeniowym, np. w: www.falstad.com/circuit/
- 9) Wszystkie obliczenia, dobrane elementy, narysowany schemat i wyniki przeprowadzonej symulacji oraz wnioski, opracuj w postaci dokumentacji projektowej. Wykorzystaj programy biurowe (np. *MS Word*) i umiejętności tworzenia dokumentów nabyte na zajęciach z *Technologii informacyjnych*.



5 Literatura

Materiały elektroniczne

- [1] <https://box.biaman.pl/f/4c8cc0ae747948aaad03/> - materiały pomocnicze
- [2] Kędziora S., *Metoda superpozycji w obwodach elektrycznych*, 2022, [youtube.com/watch?v=T2s1P6Ydy-k](https://www.youtube.com/watch?v=T2s1P6Ydy-k)
- [3] Kurzela M., Szymański D., *Jak dobrać rezystor do diody? Różne metody zasilania LED!*, 2019, forbot.pl/blog/jak-dobrac-rezystor-do-diody-rozne-metody-zasilania-led-id14482

Podręczniki

- [4] Osowski S., *Teoria obwodów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2013
- [5] Pasko M., *Elektrotechnika ogólna. Cz. 1*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2004