

**Zespół Szkół Technicznych
im. J. i J. niadeckich
w Grudzi dzu**



Laboratorium Elektryczne . Pracownia Automatyki i
Robotyki (s.48)

Instrukcja Laboratoryjna:

16.Pr d stać.

Opracował mgr in . Marcin Jabło ski

Prawa, twierdzenia, metody obliczeniowe

Celem wiczenia jest do wiadczalne sprawdzenie praw obowi zuj cych w obwodach pr du staego, oraz do wiadczalne sprawdzenie zasadno ci stosowania niektorych twierdze i metod obliczeniowych.

42.1. Wiadomo ci ogólne

42.2. Przebieg wiczenia

- 42.2.1. Prawo Ohma
- 42.2.2. Charakterystyki róde napi ciowego i pr dowego
- 42.2.3. Prawa Kirchhoffa
- 42.2.4. Metoda przeksztaania obwodu
- 42.2.5. Metoda superpozycji
- 42.2.6. Twierdzenie Thevenina i Nortona

42.3. Uwagi i wnioski

42.1. Wiadomości ogólne

Podstawowym zagadnieniem w elektrotechnice jest analizowanie obwodów elektrycznych polegające na obliczaniu prądów i napięć, aby na ich podstawie zbadać działanie i zachowanie się różnych urządzeń elektrycznych.

Obwody elektryczne powstają w wyniku połączenia różnych elementów (np. źródeł energii, oporników), które stanowi niepodzielny całość pod względem funkcjonalnym. Każdy element ma zaciski, do których dołączane są przewody.

Element nazywamy liniowym, gdy opisany jest równaniem liniowym. Obwody, których elementy są liniowe nazywamy obwodami liniowymi.

W elementach tworzących obwody elektryczne zachodzą procesy energetyczne, takie jak:

wytwarzanie energii elektrycznej kosztem innej postaci energii (chemicznej np. ogniwa, akumulatory; mechanicznej - generatory; świetlnej - ogniwa fotoelektryczne) - są to elementy aktywne zwane źródłami energii,

rozpraszanie energii - są to elementy pasywne takie jak oporniki, w których energia elektryczna jest przekształcana na energię ciepłą i rozpraszana,

akumulacja energii - są to elementy pasywne, w których energia jest magazynowana w polu elektrycznym (np. kondensatory) lub magnetycznym i może być w całości zwrócona.

Obwody prądu stałego są zasilane przez źródła napięcia i prądu o stałych w czasie napięciach i prądach. Podstawowymi elementami pasywnymi obwodów prądu stałego są oporniki. Prądy i napięcia stałe oznaczamy wielkimi literami.

Opornik

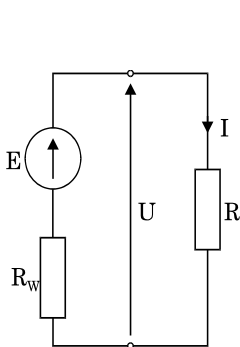
Opornik idealny, zwany również rezystorem, jest elementem, w którym zachodzi jedynie proces rozpraszania energii (nie zachodzą procesy wytwarzania ani akumulacji energii). Parametrem charakteryzującym opornik idealny jest rezystancja R . Rezystancja opornika liniowego jest stała. Rezystancja jednorodnego przewodnika o stałym przekroju jest wprost proporcjonalna do długości przewodnika l , odwrotnie proporcjonalna do pola przekroju S i zależy od przewodności właściwej materiału γ , która charakteryzuje materiał pod względem przewodnictwa elektrycznego.

$$R = \frac{l}{S\gamma} \quad (42.1)$$

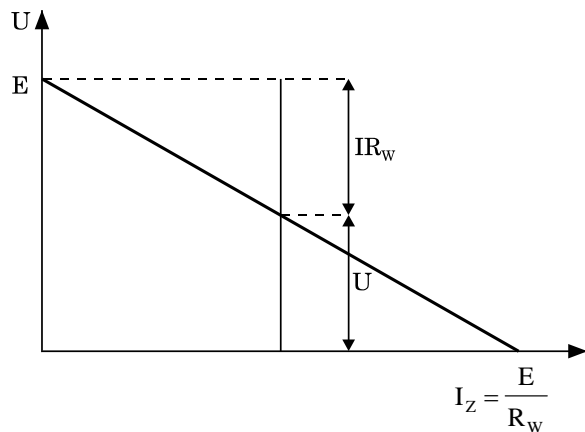
Źródło energii

Źródło napięcia

Źródło energii o postaci szeregowego połączenia idealnego źródła napięcia i rezystancji zwanej rezystancją wewnętrzną nazywane rzeczywistym źródłem napięciowym. Idealnym źródłem napięcia nazywamy źródło energii mające rezystancję wewnętrzną równą zero. Różnica potencjałów biegunów idealnego źródła nazywana jest napięciem źródłowym E .

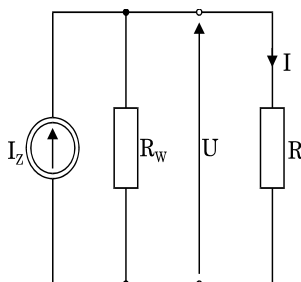


Źródło prądu



Rys. 42.1. Źródło napięcia - schemat i charakterystyka

$$U = E - IR_w \quad (42.2)$$



Źródło energii o postaci równoległego połączenia idealnego źródła prądu i rezystancji nazywane rzeczywistym źródłem prądowym. Idealnym źródłem prądu nazywamy element obwodu elektrycznego dostarczający prąd o stałym natężeniu i bardzo dużej rezystancji wewnętrznej. Rezystancja wewnętrzna idealnego źródła prądu jest nieskończona.

Rys. 42.2. Źródło prądu - schemat

$$I = I_z \frac{R_w}{R + R_w} \quad (42.3)$$

Podstawowe prawa

Prawo Ohma

Wartości napięcia i natężenia prądu płynącego przez opornik idealny są do siebie proporcjonalne.

$$U = RI \quad (42.4)$$

Wielkość R jest rezystancją elektryczną.

I prawo Kirchhoffa

Algebraiczna suma prądów w węzle równa jest zero.

$$\sum_k I_k = 0 \quad (42.5)$$

II prawo Kirchhoffa

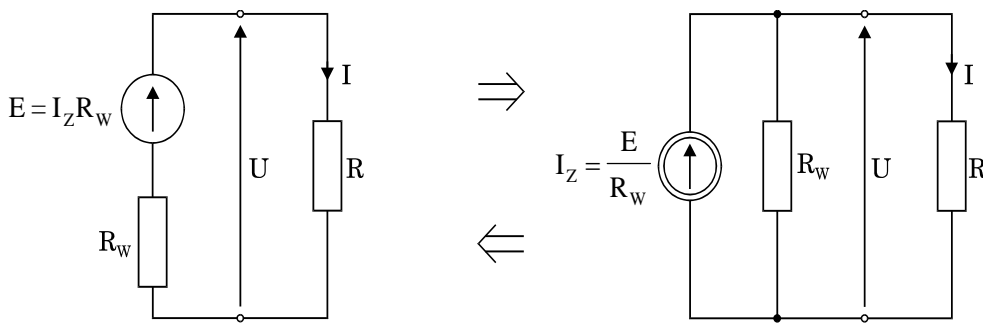
Algebraiczna suma wszystkich napięć wzdłuż dowolnej drogi zamkniętej w obwodzie elektrycznym równa jest zero.

$$\sum_k U_k = 0 \quad (42.6)$$

Układy równoważne

Dwa układy o jednakowej liczbie zacisków nazywamy równoważnymi, gdy przy jednakowych napięciach między odpowiadającymi sobie zaciskami, płyną takie same prądy w przewodach dołączonych do tych zacisków. Obliczanie obwodów elektrycznych można na uproszczenie zastąpić pewnymi połączeniami przez układy równoważne (zamianę źródła energii, łączenie rezystorów).

Zamiana źródła energii



Rys. 42.3. Zamiana źródła energii

Każde rzeczywiste źródło napięcia o napięciu źródłowym E i rezystancji wewnętrznej R_w można zastąpić rzeczywistym źródłem prądu o prądzie źródłowym $I_z = \frac{E}{R_w}$ i rezystancji wewnętrznej R_w .

Każde rzeczywiste źródło prądu o prądzie źródłowym I_z i rezystancji wewnętrznej R_w można zastąpić rzeczywistym źródłem napięcia o napięciu źródłowym $E = I_z R_w$ i rezystancji wewnętrznej R_w .

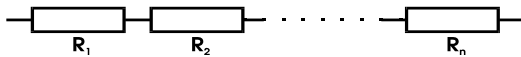
/ *łączenie rezystorów*

a) Szeregowe

Przy połączeniu szeregowym rezystorów, przez każdy rezystor płynie ten sam prąd, natomiast napięcie na połączeniu szeregowym równa się sumie napięć na poszczególnych rezystorach, które są różne i zgodnie z prawem Ohma zależą od wartości rezystancji poszczególnych rezystorów.

Rezystancja zastępcza połączenia szeregowego rezystorów wyraża się wzorem:

$$R_Z = \sum_{k=1}^n R_k \quad (42.7)$$



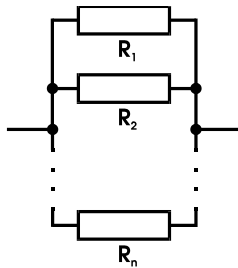
Rys. 42.4. Zastępcza rezystancja połączonych szeregowo rezystancji zastępcz

b) Równoległe

Przy połączeniu równoległym rezystorów, na każdym z rezystorów jest takie samo napięcie, natomiast prąd dopływający do połączenia jest sumą prądów płynących przez poszczególne rezystory, które są różne i zgodnie z prawem Ohma zależą od wartości rezystancji poszczególnych rezystorów.

Rezystancja zastępcza połączenia równoległego rezystorów wyraża się wzorem:

$$\frac{1}{R_Z} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k} \quad (42.8)$$



Rys. 42.4. Zastępcza rezystancja połączonych równolegle rezystancji zastępcz

Zamiana gwiazdy na trójkąt i trójkąta na gwiazdę



Rys. 42.5. Zamiana gwiazdy na trójkąt i trójkąta na gwiazdę

Wzory na wartości rezystancji połączeń równoważnych przy zamianie gwiazdy na trójkąt:

$$\curvearrowright \rightarrow \Delta \quad R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3} \text{ itd...} \quad (42.9)$$

i trójk ta na gwiazd :

$$\Delta \rightarrow \curvearrowright \quad R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}} \text{ itd...} \quad (42.10)$$

Metody obliczeniowe

Metoda praw Kirchhoffa

Obliczenie prądów i napięć w obwodzie można wykonać za pomocą praw Kirchhoffa. Liczba niewiadomych (prądów lub napięć) n musi być równa liczbie równań n . Jeżeli obwód posiada n gałęzi i α węzłów to można ułożyć:

$$\alpha - 1 \quad \text{równa} \quad \text{z I prawa Kirchhoffa} \quad \sum_k I_k = 0 \quad (42.11)$$

$$\text{i pozostałe } n - \alpha + 1 \quad \text{równa} \quad \text{z II prawa Kirchhoffa} \quad \sum_k U_k = 0 \quad (42.12).$$

Metoda prądów oczkowych

Metoda prądów oczkowych pozwala dla obwodu o n gałęziach ułożyć $n - \alpha + 1$ równań.

Równanie macierzowe wynikające z metody prądów oczkowych:

$$\mathbf{R} \cdot \mathbf{I} = \mathbf{E} \quad (42.13)$$

- gdzie:
- \mathbf{R} - macierz rezystancji oczkowych,
 - R_{ii} - rezystancja własna oczka - suma rezystancji w oczku,
 - R_{ij} - rezystancja wzajemna oczek, rezystancja ma znak + jeżeli prądy oczkowe we wspólnej gałęzi mają zgodne zwroty, a – gdy przeciwne,
 - \mathbf{E} - wektor napięć oczkowych,
 - E_i - suma napięć źródłowych w oczku (składowiki sumy mają znak dodatni, gdy zwrot napięcia źródłowego jest zgodny ze zwrotem prądu oczkowego).

Metoda potencjałów w węzłach

Metoda potencjałów w węzłach pozwala dla obwodu o n gałęziach ułożyć $\alpha - 1$ równań.

Równanie macierzowe wynikające z metody potencjałów w węzłach:

$$\mathbf{G} \cdot \mathbf{V} = \mathbf{I}_w \quad (42.14)$$

- gdzie:
- \mathbf{G} - macierz konduktancji w węzłach,
 - G_{ii} - konduktancja własna w węzle - suma konduktancji gałęzi zbiegających się w węzle,
 - G_{ij} - konduktancja wzajemna - suma ze znakiem – , konduktancji gałęzi łączących węzły i i j ,

I_w - wektor prądów w zębach,

I_i - algebraiczna suma iloczynów $\sum_i G E_i$ gałęzi zbiegających się w węzłach (składniki sumy mają znak dodatni, gdy zwrot napięcia źródłowego jest skierowany do węzła).

Metoda superpozycji

Prąd w dowolnej gałęzi obwodu liniowego, przy działaniu wszystkich źródeł energii, jest sumą algebraiczną wszystkich prądów, które płyną na skutek działania każdego źródła energii z osobna. Usunięcie źródła z obwodu polega na zwarciu źródeł napięciowych i rozwarciu źródeł prądowych.

Twierdzenia

Twierdzenie Thevenina

Każdy liniowy dwójnik aktywny można przedstawić w postaci rzeczywistego źródła napięcia.

Napięcie źródłowe zastępczego źródła równe jest napięciu na zaciskach dwójnika w stanie jałowym, a rezystancja wewnętrzna źródła zastępczego jest rezystancją widzianą z zacisków dwójnika po usunięciu źródła napięcia (zwarciu) i źródła prądu (rozwarciu gałęzi).

Twierdzenie Nortona

Każdy liniowy dwójnik aktywny można przedstawić w postaci rzeczywistego źródła prądu.

Prąd źródłowy zastępczego źródła prądowego jest równy prądowi płynącemu przez zwarte zaciski dwójnika, a rezystancja wewnętrzna źródła zastępczego jest rezystancją widzianą z zacisków dwójnika po usunięciu źródła napięcia (zwarciu) i źródła prądu (rozwarciu gałęzi).

42.2. Przebieg wiczenia

42.42. Prawo Ohma

Połącz układ 1. na płycie wiczenia (rys. 42.6). W tym celu należy włożyć amperomierz i woltomierz do układu oraz dowolnie wybrany rezystor z zestawu rezystorów znajdujących się na płycie wiczenia. Załącz napięcie do układu 1, a następnie reguluj potencjometrem źródła napięciowego wykona pomiary i wykreśli charakterystykę $U=f(I)$ dla wybranego rezystora. Wyniki pomiarów zanotować w tabeli 42.1.

Tabela 42.1.

Lp.	U	I	R
	V	mA	Ω
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

7.			
8.			
9.			
10.			

42.2.2. Charakterystyki róde napi ciowego i pr dowe- go

Po czy uk ad 2 na p cie wiczenia (rys. 42.6) (wg rysunku 42.2), pozostawiaj c rozwarne zaciski AB. Za czy napi cie do uk adu 2. Reguluj c potencjometrem róde napi ciowego ustaw napi cie róde we $E=5V$ lub $E=2V$. Zapisz pierwszy punkt w tabeli 2 przy pr dzie I równym zero. Ustaw regulowany rezystor R na warto maksymaln (prawe skrajne po cenie), za czy rezystor na zaciski AB róde napi ciowego. Wykona seri pomiarów zmniejszaj c warto rezystancji od warto ci maksymalnej do zera. Wyniki pomiarów zanotowa w tabeli 42.2.

Tabela 42.2.

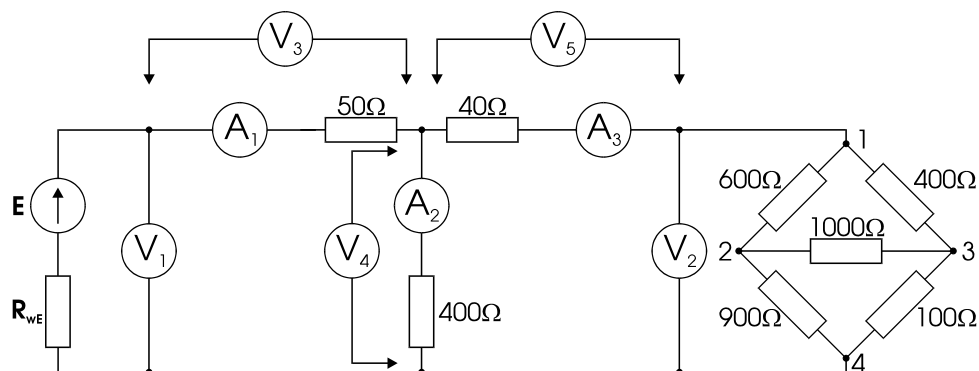
Lp.	U	I
	V	mA
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

Podłącz układ 3 na podstawie ćwiczenia (rys. 42.6) (wg rysunku 42.2) zwiernaj c zaciski AB. Zaczep do układu 3. Reguluj c potencjometrem ród c pr dowego ustaw pr d ród cwy $I_Z=10\text{mA}$ lub $I_Z=4\text{mA}$. Ustaw regulowany rezystor R na warto zerow (lewe skrajne po cenie). Zaczep rezystor na zaciski AB ród c pr dowego. Wykona seri pomiarów zwiernaj c warto rezystancji R, tak aby napi cie na ródle nie przekroczy 5V. Wyniki pomiarów zanotowa w tabeli 2.2.3.

Tabela 42.3.

Lp.	U	I
	V	mA
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

42.2.3. Prawa Kirchhoffa



Rys. 42.7. Podstawowy układ pomiarowy

Poćczy układ 4 na płycie ćwiczenia (rys. 42.6) (wg rysunku 42.7), wćczy mierniki, w miejsca przerwanej obwodu zaćczy zwory, pozostawiaćc rozwarne zaciski ródć. Zaćczy napięcie do układu 4 i regulujćc potencjometrem ródćc napięciowego ustawićc napięcie $E=5V$. Zaćczy zwory ćczyćce ródćć z reszt obwodu. Sprawdźć czy suma prądów w węle równa się zero. Wyniki zanotować w tabeli 42.4.

Tabela 42.4.

I_1	I_2	I_3	ΣI
mA	mA	mA	mA

Sprawdzić czy suma napięć w zamkniętych obwodach równa się zero, wćczyćć dodatkowy woltmierz (jak pokazano na rysunku 42.6) na gaćdzie z rezystancjami 50Ω , 40Ω i 400Ω . Wyniki zanotować w tabeli 2.2.5.

Tabela 42.5.

					oczko 1	oczko 2
U_1	U_3	U_4	U_5	U_2	ΣU	ΣU
V	V	V	V	V	V	V

42.42. Metoda przekształcania obwodu

Ta cz wiczenia polega na kolejnym zast powaniu uk 6du rezystorów prostszym uk 6dem równowa nym i wykonywaniu pomiarów po ka dej zmianie w uk 6dzie. Wyniki pomiarów nale y zanotowa w tabeli 42.6.

- Wykona pomiary w uk 6dzie podstawowym (Rys. 42.6.).
- Przekształci cz obwodu **1-4** na obwód równowa ny (rys. 42.6)
 - zamiana $\Delta \rightarrow \text{Y}$

Wykona obliczenia i zgodnie z obliczeniami zmontowa nowy obwód (wykorzystuj c specjalne zaciski na p 6cie i zestaw rezystorów). Od 6czy podstawowy uk 6d **1-4** i na to miejsce pod 6czy zmontowany przez siebie obwód równowa ny. Wykona pomiary.
 - po 6czenie szeregowo-równoleg 6

Obliczy rezystancj zast pcz po 6czenia szeregowo-równoleg 6go i zgodnie z obliczeniem zmontowa i pod 6czy nowy obwód. Wykona pomiary.
 - po 6czenie szeregowe

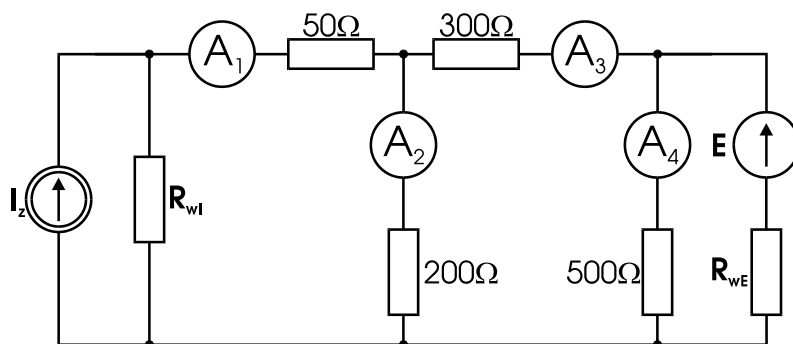
Zast pi obwód **1-4** obliczon rezystancj zast pcz . Wykona pomiary.
- Obliczy rezystancj zast pcz ca 6go obwodu

Zast pi ca y obwód za czony na zaciski r d e poprzez obliczony przez siebie rezystor (po czenia równoleg e i szeregow e). Warto pr du I_1 i napi cia na r dle U_1 zapisa w tabeli 42.6.

Tabela 42.6.

	U_1	I_1	I_2	I_3	U_2
	V	mA	mA	mA	V
Obwód podstawowy					
1 obwód równowa ny					
2 obwód równowa ny					
3 obwód równowa ny					

42.2.5. Metoda superpozycji



Rys. 42.8. Uk ad pomiarowy z dwoma r d e energii do sprawdzenia poprawno ci stosowania metody superpozycji

- Nale y ustawi warto ci napi cia ród 6wego $E=5V$ i pr du ród 6wego $I_Z=10mA$. Je eli po 6 enia potencjometrów ród 6 napi ciowego i pr dowego by 6 zmieniane nale y:
 - w 6czy woltomierz do uk 6du **2** (rys. 42.6) (wg rysunku 42.1) na p 6cie wiczenia, przy rozwartych zaciskach AB i reguluj c potencjometrem ród 6 napi ciowego ustawi napi cie ród 6we $E=5V$,
 - w 6czy amperomierz do uk 6du **3** (rys. 42.6) na p 6cie wiczenia (wg rysunku 42.2), przy zwartych zaciskach AB i reguluj c potencjometrem ród 6 pr dowego ustawi pr d ród 6wy $I_Z=10mA$,

nast pnie

- w 6czy mierniki do uk 6du **5** na p 6cie wiczenia (rys. 42.6),
- ustawi prze 6czniki p w pozycji **1**,
- za 6czy ród 6 do uk 6du **5**.

Wykona pomiary, a wyniki zanotowa w tabeli 42.7.

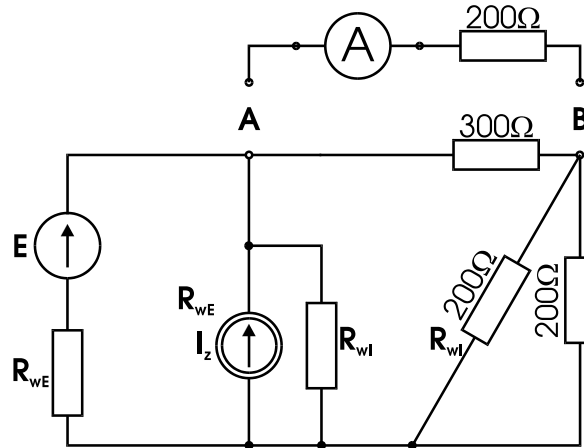
Tabela 42.7.

Dzia 6j ród 6:	I_1	I_2	I_3	I_4
	mA	mA	mA	mA
obydwa jedno- cze nie				
tylko napi - ciowe				
tylko pr dowe				
ΣI				

- Rozewrze ród 6 pr dowe pozostawiaj c jego rezystancj wewn trzn (rys. 42.6 - prze 6cznik p przy ródle pr dowym ustawi w pozycji **2**). Wykona pomiary, wyniki zanotowa w tabeli 42.7.

- Zależy do układu źródła prądowe (rys. 42.6) przełącznik przy źródle prądowym ustawić w pozycji 1)
- Zewrzeć źródła napięciowe pozostawiając jego rezystancję wewnętrzną (rys. 42.6) przełącznik przy źródle napięciowym w pozycji 2). Wykonać pomiary, wyniki zanotować w tabeli 42.7.

42.2.6. Twierdzenie Thevenina i Nortona



Rys. 42.9. Układ pomiarowy z dwoma źródłami energii do sprawdzenia poprawności stosowania twierdzenia Thevenina i Nortona

- Należy ustawić wartości napięcia źródła $E=2V$ i prądu źródła $I_z=4mA$. W tym celu należy postąpić tak jak opisano w pkt. 2.5.
- Przełączniki ustawić w pozycji 1 rys. 42.6.
- Do zacisków AB włożyć gałąź z rezystancją 200Ω i amperomierzem.
- Zależy źródła do układu i pomierzyć prąd I . Wynik pomiaru zamieścić w tabeli 42.9.
- Odłączyć gałąź AB.
- Pomierzyć woltomierzem napięcie na zaciskach AB w stanie jałowym U_{AB} .
- Zewrzeć zaciski AB za pomocą amperomierza i pomierzyć prąd zwarcia I_{zAB} .
- Wyliczyć źródła z układu 6 na podstawie ćwiczenia (rys. 42.6) (wg rysunku 42.9).

- Pomierzy rezystancj układu R_{AB} widzian z zacisków AB.
- Wyniki pomiarów zanotowa w tabeli 42.8.

Tabela 42.8.

	U_{AB}	I_{ZAB}	R_{AB}
	V	mA	Ω
POMIAR			
OBLICZENIA			

- Do układu 2 na płycie wiczenia (rys. 42.6) szeregowo z R_{WE} w ∞ czy taki rezystor, aby utworzone r $\acute{o$ d ∞ napi ciowe mia ∞ rezystancj r $\acute{o$ wn rezy- stancji R_{AB} pomierzonej w uk \acute{a} dzie 6 na płycie wiczenia (rys. 42.6) (wg rysunku 42.9). W ∞ czy woltomierz, zaciski AB pozostawi rozwarte. Za ∞ - czy r $\acute{o$ d ∞ do uk \acute{a} du 2 (rys. 42.6). Za pomoc potencjometru ustawi napi cie r $\acute{o$ d ∞ we r $\acute{o$ wnne napi ciu U_{AB} .
- Ga ∞ AB z amperomierzem i rezystorem 200Ω (z uk \acute{a} du 6 - rys. 42.6) w ∞ czy na zaciski AB rzeczywistego r $\acute{o$ d ∞ napi ciowego o rezystancji wewn trznej R_{AB} i napi ciu r $\acute{o$ d ∞ wym U_{AB} .
- Pomierzy pr d p \acute{r} ny cy przez do ∞ czon ga ∞ . Wynik zanotowa w tabeli 2.19.
- Do uk \acute{a} du 3 na płycie wiczenia do ∞ czy r $\acute{o$ wnolegle tak rezystancj , aby utworzone r $\acute{o$ d ∞ pr dowe mia ∞ rezystancj r $\acute{o$ wn rezystancji R_{AB} pomie- rzonej w uk \acute{a} dzie 6. W ∞ czy amperomierz i zewrze zaciski AB. Za ∞ czy r $\acute{o$ d ∞ do uk \acute{a} du 3. Za pomoc potencjometru ustawi pr d r $\acute{o$ d ∞ r $\acute{o$ wny pr dowi I_{ZAB} .
- Do ∞ czy ga ∞ AB z uk \acute{a} du 6 na płycie wiczenia do zacisków AB rze- czywistego r $\acute{o$ d ∞ pr dowego o rezystancji wewn trznej R_{AB} i pr dzie r $\acute{o$ -

dłowym równym I_{ZAB} . Pomierzy prąd płynący przez dołączoną gałąź. Wynik pomiaru zamieści w tabeli 42.9.

Tabela 42.9.

Pomiar prądu w układzie 6	Twierdzenie Thevenina		Twierdzenie Nortona	
	Obliczenia	Pomiar	Obliczenia	Pomiar
mA	mA	mA	mA	mA

W sprawozdaniu należy:

- wykreślić na papierze milimetrym charakterystykę zbadanego rezystora $U=f(I)$,
- obliczyć dla kilku dowolnych punktów wartość rezystancji i porównać z wartością podaną na płycie,
- wykreślić charakterystykę różnicowego napięcia $U=f(I)$,
- wyznaczyć graficznie wartość prądu zwarcowego różnicowego,
- obliczyć na podstawie charakterystyki różnicowego napięcia jego rezystancję wewnętrzną R_{WE} ,
- wykreślić charakterystykę różnicowego prądu $U=f(I)$,
- przed pomiarem otrzymanym prostokąt do osi U wyznaczyć graficznie wartość napięcia na rozwartym różnicowym $I_Z R_{WI}$
- obliczyć na podstawie charakterystyki różnicowego prądu jego rezystancję wewnętrzną R_{WI}
- przedstawić sprawdzenie praw Kirchhoffa,
- porównać wyniki otrzymane podczas kolejnych faz przekształcania obwodu,
- porównać, wynikając z metody superpozycji, sum algebraicznych prądów w gałęziach przy działaniu każdego źródła osobno, z prądami jakie płyną w gałęziach, gdy działają oba źródła jednocześnie,

- korzystaj c z pomierzonych warto ci U_{AB} , I_{ZAB} i R_{AB} - przedstawi dwójnik aktywny AB w postaci rzeczywistego ród napi ciowego (tw. Thevenina) i rzeczywistego ród pr dowego (tw. Nortona) i obliczy pr d w gaćzi z rezystorem 200Ω (uwaga: nale y uwzgl dni rezystancj amperomierza),
- porówna pr d obliczony na podstawie obydwu twierdze z wynikami pomiarów,
- obliczy warto ci U_{AB} , I_{ZAB} i R_{AB} na podstawie danych schematu ukadu 6 i porówna z warto ciami pomierzonymi.

42.3. Uwagi i wnioski

Oceni poprawno stosowania praw, twierdze i metod obliczeniowych w obwodach pr d staćgo.

Literatura

- [1]. Krakowski M.: Elektrotechnika teoretyczna. tom I Obwody liniowe i nieliniowe, WNT, Warszawa-Pozna 1995
- [2]. Kurdziel R.: Podstawy Elektrotechniki, WNT, Warszawa 1972