

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Podstawowe wielkości elektryczne. Podział materiałów ze względu na właściwości elektryczne. Prąd elektryczny

4.1.1. Materiał nauczania

Wielkości fizyczne

W elektrotechnice posługujemy się pojęciami: prądu elektrycznego, napięcia, rezystancji, pojemności itd. Określają one cechę zjawiska fizycznego lub własność ciała, którą można zmierzyć. Są to wielkości fizyczne.

Zbiór wielkości fizycznych stanowi układ wielkości. W układzie wielkości rozróżniamy wielkości niezależne od pozostałych – zwane podstawowymi i określane na ich podstawie wielkości pochodne. Podstawową wielkością jest np. prąd elektryczny.

Wielkości fizyczne można zmierzyć, czyli przyporządkować im pewną wartość. Wartość danej wielkości fizycznej, której przyporządkujemy wartość liczbową równą jedności nazywamy jednostką miary tej wielkości.

Zbiór jednostek nazywamy układem jednostek. W Polsce posługujemy się Międzynarodowym Układem Jednostek Miar SI (w skrócie – układem SI).

Gdy zachodzi potrzeba wyrażenia wielkości elektrycznych o małych lub dużych wartościach posługujemy się dziesiętnymi wielokrotnościami i podwielokrotnościami jednostek miar, które podawane są konkretnym oznaczeniem.

Tabela 1 Wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar najczęściej używanych w elektrotechnice

przedrostek	oznaczenie	mnożnik
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
centy	c	10^{-2}
mili	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}

Podstawowe wielkości elektryczne

Podstawowe wielkości elektryczne to: prąd elektryczny, napięcie i związany z nim potencjał elektryczny, rezystancja, pojemność kondensatora, indukcyjność cewki.

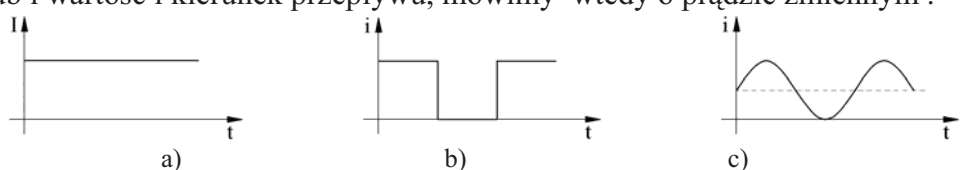
Pojęciem prądu elektrycznego określamy zjawisko uporządkowanego ruchu ładunków elektrycznych przez przekrój poprzeczny środowiska pod działaniem pola elektrycznego. Jest to również wielkość określona jako stosunek elementarnego ładunku elektrycznego δq przeniesionego przez cząsteczki naładowane w ciągu pewnego czasu elementarnego δt przez

dany przekrój poprzeczny środowiska, do tego czasu: $i = \frac{\delta q}{\delta t}$.

Wartość tego stosunku nazywamy natężeniem prądu elektrycznego. Jednostką natężenia prądu elektrycznego jest amper [A].

$$[i] = \frac{[\delta q]}{[\delta t]} = \frac{C}{s} = A .$$

Prąd elektryczny może nie zmieniać się w czasie, wtedy mówimy, że jest to prąd stały. Jeśli natomiast prąd w czasie zmienia swoją wartość, kierunek przepływu (zwany też zwrotem) lub i wartość i kierunek przepływu, mówimy wtedy o prądzie zmiennym.



Rys.1. Wykresy czasowe a) prądu stałego; b), c) prądu zmiennego.

Napięcie elektryczne to różnica potencjałów między dwoma punktami obwodu elektrycznego, umożliwiającą przesunięcie ładunku elektrycznego, czyli przepływ prądu.

Wielkości charakteryzujące podstawowe elementy elektryczne to: rezystancja dla rezystorów, indukcyjność dla cewek i pojemność dla kondensatorów.

Tabela 2. Podstawowe wielkości elektryczne

wielkość elektryczna	symbol	nazwa jednostki	oznaczenie jednostki
prąd elektryczny	I	amper	A
napięcie elektryczne	U	wolt	V
potencjał elektryczny	V	wolt	V
rezystancja	R	om	Ω
pojemność	C	farad	F
indukcyjność	L	henr	H
ładunek elektryczny	Q, q	kulomb	C
moc elektryczna	P	wat	W
energia elektryczna	W	dżul	J

Podział materiałów ze względu na właściwości elektryczne

Materiały używane w elektrotechnice mają różne własności elektryczne tzn. w różny sposób przewodzą lub też nie przewodzą prądu elektrycznego. Ze względu na to dzielimy je na: przewodniki, półprzewodniki, dielektryki.

Przewodniki bardzo dobrze przewodzą prąd elektryczny. Ze względu na budowę i rodzaj nośników ładunku elektrycznego dzielimy je na przewodniki pierwszego i drugiego rodzaju.

Przewodniki pierwszego rodzaju to metale, ich stopy oraz węgiel. Parametrem stosowanym do określenia zdolności przewodzących przewodnika, jest konduktywność

oznaczana γ . Jednostką konduktywności jest simens na metr : $[\gamma] = \frac{S}{m} = \frac{1}{\Omega \cdot m}$.

Przewodniki drugiego rodzaju to roztwory zasad, kwasów i soli zwane elektrolitami; stosowane są np. w akumulatorach.

Dielektryki zwane inaczej izolatorami nie wykazują zdolności przewodzenia prądu elektrycznego. Parametrem charakterystycznym dla dielektryków jest przenikalność elektryczna względna ϵ_r , która określa ile razy przenikalność elektryczna danego materiału jest większa od przenikalności elektrycznej próżni. Jest to wielkość bezwymiarowa. Dielektryki stosuje się w elektrotechnice do wykonywania części izolowanych elementów, maszyn i urządzeń np. w kondensatorach jako warstwę oddzielającą metalowe okładziny.

Półprzewodniki pod względem przewodnictwa prądu elektrycznego zajmują pośrednie miejsce pomiędzy przewodnikami i dielektrykami. Rozróżniamy półprzewodniki samoistne oraz domieszkowane. Powszechnie stosowane w elektronice są półprzewodniki domieszkowane.

Ze względu na rodzaj domieszki rozróżniamy półprzewodniki typu N i typu P. Jeżeli do pierwiastka IV grupy zostanie wprowadzony pierwiastek grupy V (tzw. domieszka

donorowa) powstanie półprzewodnik typu N, gdzie nośnikami większościowymi ładunku elektrycznego są elektrony. Natomiast wprowadzając do pierwiastka IV grupy pierwiastek grupy III (tzw. domieszkę akceptorową), otrzymamy półprzewodnik typu P, gdzie nośnikami większościowymi ładunku elektrycznego są jak gdyby puste miejsca (powstałe na skutek domieszkowania), zwane dziurami, które mają ładunek elektryczny dodatni. Półprzewodniki znalazły zastosowanie w elementach i scalonych układach elektronicznych, takich jak diody, tranzystory, wzmacniacze operacyjne i w wielu innych.

Prąd elektryczny w różnych środowiskach

Prąd elektryczny w przewodnikach pierwszego rodzaju, to uporządkowany ich ruch, wywołany oddziaływaniem zewnętrznego pola elektrycznego.

Przewodniki drugiego rodzaju są cieciami. Posiadają jony dodatnie (kationy) oraz jony ujemne (aniony), będące nośnikami ładunku elektrycznego. Ich uporządkowany ruch wywołany oddziaływaniem zewnętrznego pola elektrycznego to prąd elektryczny.

Prąd elektryczny w półprzewodnikach jest uporządkowanym ruchem elektronów lub dziur pod wpływem oddziaływania zewnętrznego pola elektrycznego.

Prąd elektryczny może przepływać przez gaz, jeżeli znajdują się w nim nośniki ładunku elektrycznego – elektrony lub jony dodatnie, na które będzie działać zewnętrzne pole elektryczne. W normalnych warunkach gazy są dielektrykami. Nośniki ładunku elektrycznego pojawiają się w gazie na skutek jonizacji. Jest to proces oderwania od elektrycznie obojętnego atomu lub cząsteczki gazu jednego lub wielu elektronów. Do zaistnienia jonizacji potrzebna jest energia dostarczona z zewnątrz; może to być energia cieplna (wtedy mówimy o jonizacji termicznej). Pole elektryczne może dostarczyć atomom gazu dużej energii kinetycznej i wówczas zachodzi zjawisko jonizacji zderzeniowej. Fotojonizacja zachodzi w gazie, jeśli dostarczona zostanie do niego energia świetlna. Zjonizowany gaz przewodzi prąd elektryczny, co obserwujemy jako wyładowanie elektryczne. Wyładowanie elektryczne może być niesamoistne lub samoistne. To pierwsze, po usunięciu zewnętrznego czynnika jonizującego zanika, drugie zaś nadal się utrzymuje. Wyładowania samoistne mogą być:

- jarzeniowe – gdy zjonizowany gaz świeci (wykorzystuje się je w reklamach świetlnych),
- iskrowe – wywołane polem elektrycznym; towarzyszy mu przeskoczenie iskry między elektrodami (wykorzystywane w wysokonapięciowych miernikach),
- ulotne – gdy gaz świeci jedynie w otoczeniu elektrody,
- łukowe – wykorzystywane w celach oświetleniowych, występują tu efekty świetlne i cieplne.

Próżnia jest również dielektrykiem, ale w określonych warunkach przewodzi prąd elektryczny. Przykładem wykorzystania tego zjawiska jest lampa elektronowa – dioda, która posiada dwie elektrody: katodę, emitującą swobodne elektrony, oraz anodę przyciągającą je. Warunkiem koniecznym do przepływu prądu jest pole elektryczne wywołane różnicą potencjałów pomiędzy anodą i katodą. Elektrony swobodne wyzwalamy z katody kosztem energii cieplnej w wyniku termoemisji lub poprzez oddziaływanie na nią promieniowania świetlnego, dzięki fotoemisji.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Czym jest wielkość fizyczna?
2. Co to jest jednostka miary wielkości fizycznej?
3. Jaki układ jednostek miar obowiązuje w Polsce?
4. Jakie znasz podstawowe wielkości elektryczne, jakie mają jednostki?

5. Jakie znasz rodzaje prądu elektrycznego?
6. Jak dzielimy materiały ze względu na właściwości elektryczne?
7. Czym charakteryzują się przewodniki pierwszego, a czym drugiego rodzaju?
8. Jakie znasz typy półprzewodników?
9. Na czym polega wyładowanie elektryczne?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zapisz podane niżej wartości wielkości elektrycznych posługując się mnożnikiem i jednostką podstawową: 100 mH; 4,7 pF; 10 kW; 22 μ A.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) wykonać obliczenia,
- 3) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Zapisz podane niżej wartości wielkości elektrycznych używając przedrostka przed jednostką podstawową: 3000000 W; 1800 Ω ; 0,000000220 F; 0,140 H.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) wykonać obliczenia,
- 3) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

4.1.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1) podać przykłady wielkości fizycznych? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zastosować wielokrotności i podwielokrotności jednostek? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) podać przykłady przewodników? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) podać przykłady izolatorów? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) narysować przebiegi czasowe prądu stałego i zmiennego? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) opisać zjawisko prądu elektrycznego w półprzewodnikach? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) opisać zjawisko prądu elektrycznego w gazach? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.2. Obwód elektryczny

4.2.1. Materiał nauczania

Budowa obwodu elektrycznego prądu stałego. Elementy obwodu elektrycznego

Obwód elektryczny tworzą elementy elektryczne połączone ze sobą tak, by tworzyły przynajmniej jedną drogę zamkniętą, umożliwiającą przepływ prądu elektrycznego.

Elementy obwodu elektrycznego można sklasyfikować w czterech grupach, jako:

- elementy źródłowe, zwane inaczej aktywnymi lub czynnymi,
- elementy odbiorcze zwane inaczej pasywnymi lub biernymi,
- elementy pomocnicze, takie jak przewody łączące, wyłączniki itp.,
- przyrządy pomiarowe, takie jak woltomierze, amperomierze itp..

Elementy bierne można podzielić na trzy grupy: rezystory, kondensatory i cewki oraz przetworniki energii elektrycznej.

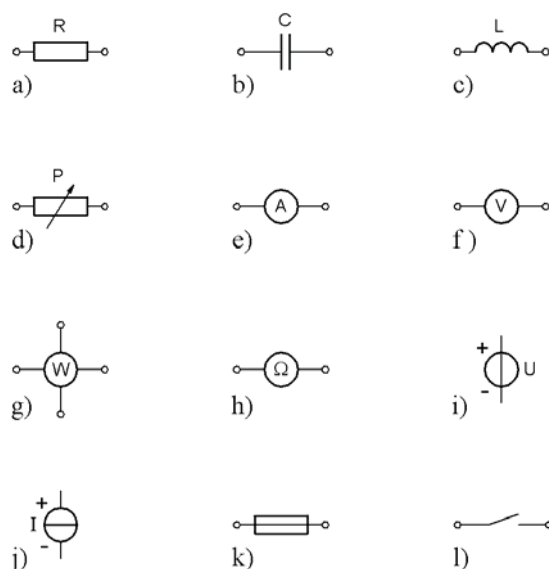
W rezystorach przepływowi prądu towarzyszy zamiana energii elektrycznej w ciepło. Zjawisko to może być wykorzystywane np. w urządzeniach grzewczych lub być niepożądanym.

Kondensatory gromadzą energię elektryczną jako energię pola elektrycznego. Cewki natomiast gromadzą energię elektryczną w postaci energii pola magnetycznego.

Przetwornikami energii elektrycznej są między innymi silniki elektryczne, gdzie energia elektryczna zamieniana jest na mechaniczną.

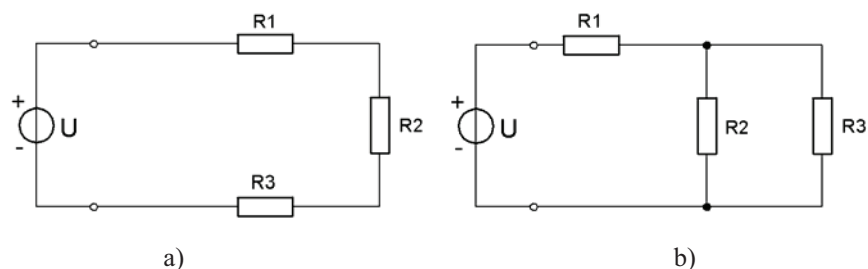
Każdy element obwodu elektrycznego stanowi jego składową część, niepodzielną ze względu na swoje własności. W literaturze technicznej i dokumentacji wszystkich urządzeń elektrycznych umieszczane są schematy obwodów elektrycznych, które są ich graficznym odwzorowaniem. Schemat informuje z jakich elementów składa się obwód elektryczny i w jaki sposób są one połączone.

Wszystkie elementy elektryczne posiadają swoje symbole graficzne, za pomocą których przedstawiane są na schemacie.



Rys. 2. Symbole podstawowych elementów elektrycznych: a) rezystora, b) kondensatora, c) cewki, d) potencjometru, e) amperomierza, f) woltomierza, g) watomierza, h) omomierza, i) źródła napięcia stałego, j) źródła prądu stałego, k) bezpiecznika, l) łącznika. [3, s.39]

Obwody elektryczne dzielą się na obwody nierozgałęzione, czyli takie, w których płynie tylko jeden prąd i rozgałęzione, w których płynie kilka prądów.



Rys. 3. Schemat obwodu elektrycznego a) nierozgałęzionego (połączenie szeregowe), b) rozgałęzionego

W strukturze obwodu elektrycznego można wyróżnić: gałęzie, węzły i oczka. Gałąź obwodu elektrycznego może zawierać dowolną ilość elementów, połączonych ze sobą szeregowo (może mieć też tylko jeden element). Charakterystyczne dla gałęzi jest to, że przez wszystkie jej elementy przepływa ten sam prąd. Końcówkę gałęzi, zwaną zaciskiem, do której przyłączone są inne gałęzie nazywamy węzłem. Oczko obwodu elektrycznego stanowi zbiór połączonych ze sobą gałęzi, które tworzą drogę zamkniętą dla przepływu prądu. Charakterystyczne dla oczka jest to, że usunięcie dowolnej gałęzi uniemożliwi przepływ prądu (nie będzie istniała ani jedna droga zamknięta dla przepływu prądu).

Możemy zatem zauważyć, że:

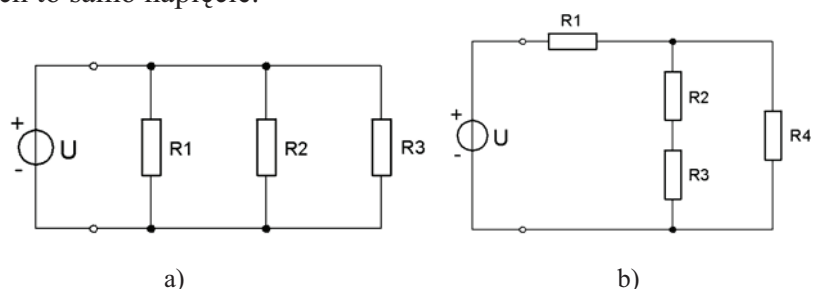
- obwód elektryczny rozgałęziony to taki, w którym jest kilka połączonych ze sobą gałęzi,
- obwód nierozgałęziony posiada jedną gałąź,
- obwód nierozgałęziony stanowi jedno oczko.

Typy połączeń elementów w obwodzie elektrycznym prądu stałego

Elementy obwodu elektrycznego prądu stałego mogą być połączone na trzy sposoby: szeregowo, równolegle lub mieszanie.

W połączeniu szeregowym przez wszystkie elementy płynie ten sam prąd. Obwód nierozgałęziony jest przykładem połączenia szeregowego.

Elementy połączone równolegle włączone są pomiędzy tę samą parę węzłów, zatem występuje na nich to samo napięcie.



Rys. 4. Schemat obwodu prądu stałego z elementami połączonymi a) równolegle, b) w sposób mieszany

Połączenie mieszane elementów elektrycznych występuje wówczas, gdy w tym samym obwodzie część elementów połączona jest szeregowo, część natomiast równolegle.

Bezpieczniki i łączniki

Bezpieczniki służą do zabezpieczenia obwodów i urządzeń elektrycznych przed przeciążeniami i zwarciami (czyli przed przepływem prądu o zbyt dużej wartości) lub przekroczeniem temperatury progowej. Wartość ich rezystancji w obwodzie elektrycznym jest pomijalnie mała. Podstawowe parametry bezpieczników to:

- napięcie znamionowe, określające największe trwałe napięcie oraz jego charakter (zmienne lub stałe), przy którym można stosować dany bezpiecznik,

- prąd znamionowy, określający największą wartość prądu roboczego, do której przystosowany jest dany bezpiecznik,
- charakterystyka czasowo-prądowa, przedstawiająca zależność czasu zadziałania od przepływającego prądu.

W zależności od przeznaczenia bezpieczniki można podzielić:

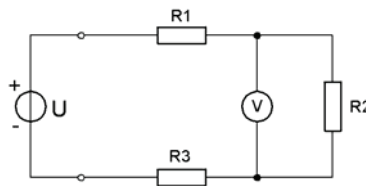
- topikowe (z drutem topikowym, umieszczonym w rurce szklanej lub w osłonie porcelanowej),
- automatyczne (prawidłowa nazwa „wyłączniki samoczynne”; można je ponownie załączyć po zadziałaniu i dlatego nie muszą być wymieniane) ,
- polimerowe (zwane też powtarzalnymi lub wielokrotnymi, działają przy przeciążeniu prądowym lub przy przekroczeniu temperatury progowej).

Łączniki stosowane są do załączania i wyłączania obwodów elektrycznych, mogą również stanowić elementy ochronne jak np. wyłączniki różnicowoprądowe.

Podstawowe przyrządy pomiarowe stosowane w obwodach prądu stałego

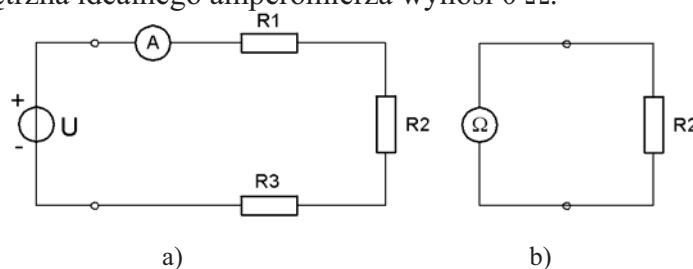
Podstawowe wielkości elektryczne mierzone w układach elektrycznych prądu stałego to napięcie elektryczne, prąd i rezystancja.

Pomiaru napięcia dokonuje się za pomocą woltomierza, który włączany jest równoległe do tego fragmentu lub elementu obwodu, na którym chcemy zmierzyć napięcie. Woltomierz posiada bardzo dużą rezystancję wewnętrzną (jej wartość zależy od zakresu pomiarowego). Rezystancja wewnętrzna idealnego woltomierza dąży do nieskończoności.



Rys. 5. Schemat układu do pomiaru napięcia na rezystorze R_2

Pomiaru prądu dokonuje się za pomocą amperomierza, który włączany jest szeregowo do obwodu (lub jego jednej gałęzi), w którym chcemy zmierzyć prąd. Amperomierz posiada bardzo małą rezystancję wewnętrzną (jej wartość zależy od zakresu pomiarowego). Rezystancja wewnętrzna idealnego amperomierza wynosi 0Ω .



Rys. 6. Schemat układu do pomiaru a) prądu w obwodzie nierozgałęzionym, b) rezystancji omomierzem

Pomiaru rezystancji elementów elektrycznych wykonuje się omomierzem w sposób przedstawiony na rys.6b). Należy pamiętać, że element, którego rezystancję mierzymy tą metodą nie może być włączony w obwód elektryczny, ani zasilony.

Obecnie powszechnie używane są mierniki uniwersalne - mogą one pracować jako amperomierze, woltomierze czy omomierze. Posiadają one kilka gniazd odpowiednio opisanych oraz pokrętkę lub panel przycisków, które umożliwiają wybór trybu pracy przyrządu czyli rodzaj mierzonej wielkości elektrycznej i zakres pomiarowy (maksymalną wartość wielkości mierzonej). Niektóre nowoczesne mierniki uniwersalne mają również dodatkowe funkcje umożliwiające pomiar pojemności i parametrów tranzystora bipolarnego.



Rys. 7. Miernik uniwersalny [12]

Podstawowe metody pomiarowe w obwodach prądu stałego

Metoda pomiarowa określa sposób wykonania pomiaru. Pomiary wielkości elektrycznych można wykonywać metodami bezpośrednimi lub pośrednimi.

W metodach bezpośrednich wartość wielkości mierzonej odczytuje się bezpośrednio z przyrządu pomiarowego. Przykładem pomiaru bezpośredniego jest pomiar napięcia za pomocą woltomierza lub pomiar prądu za pomocą amperomierza.

W metodach pośrednich wykonuje się pomiary innych wielkości elektrycznych niż poszukiwana. Następnie wyniki pomiarów podstawia się do zależności matematycznych wynikających z praw obwodów elektrycznych i na podstawie obliczeń uzyskuje się wartość wielkości poszukiwanej. Pośrednie metody pomiarowe to między innymi metody techniczne pomiaru rezystancji i mocy prądu stałego oraz metody porównawcze napięć i prądów, stosowane również do pomiaru rezystancji.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń:

1. Jak dzielimy obwody elektryczne?
2. Jak nazywa się graficzny obraz obwodu elektrycznego?
3. Jak można sklasyfikować elementy elektryczne?
4. Jakie znasz rodzaje połączeń elementów w obwodach elektrycznych?
5. Do czego w obwodzie elektrycznym służy bezpiecznik?
6. Jakie są podstawowe parametry bezpieczników?
7. Do czego w obwodzie elektrycznym służy łącznik?
8. Jaki miernik służy do pomiaru napięcia?
9. Jaki miernik służy do pomiaru prądu?
10. Jakie znasz metody pomiarowe stosowane w obwodach prądu stałego?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Narysuj schemat rozgałęzionego obwodu prądu stałego złożonego z czterech rezystorów oraz jednego źródła napięcia stałego. Następnie zaznacz i opisz wszystkie jego węzły, gałęzie oraz oczka.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) narysować schemat rozgałęzionego obwodu prądu stałego,
- 3) zaznaczyć na nim węzły, gałęzie i oczka.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier formatu A4,
- przybory do pisania w różnych kolorach,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Narysuj schemat rozgałęzionego obwodu prądu stałego złożonego z sześciu rezystorów oraz jednego źródła napięcia stałego połączonych w sposób mieszany. Następnie zaznacz elementy połączone szeregowo i elementy połączone równolegle. Uzasadnij swoje rozwiązanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) narysować schemat rozgałęzionego obwodu prądu stałego z elementami połączonymi w sposób mieszany,
- 3) zaznaczyć na wykonanym schemacie elementy połączone szeregowo i elementy połączone równolegle,
- 4) zaprezentować wyniki swojej pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier formatu A4,
- przybory do pisania,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 3

Wykonaj pomiary rezystancji za pomocą miernika uniwersalnego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) narysować schemat pomiarowy,
- 3) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne,
- 4) zapisać oznaczenia wybranych przyrządów,

- 5) wybrać tryb pracy miernika,
- 6) wykonać pomiary rezystancji wybranych elementów,
- 7) zapisać wyniki pomiarów,
- 8) porównać zmierzone wartości z wartościami podanymi przez producenta rezystorów,
- 9) oszacować dokładność pomiarów i sformułować wnioski,
- 10) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- rezystory: $R=1k\Omega/1W$; $R=1,8k\Omega/1W$; $R=2,2k\Omega/1W$; $R=820\Omega/2W$; $R=1,5k\Omega/1W$,
- miernik uniwersalny cyfrowy.

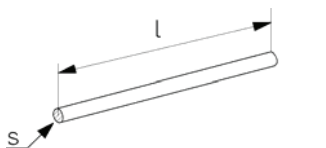
4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) narysować symbole wybranych elementów elektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) narysować schemat przykładowego nierozgałęzionego obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) narysować schemat przykładowego rozgałęzionego obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wskazać węzły, gałęzie i oczka na schemacie rozgałęzionego obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) rozpoznać elementy połączone szeregowo na schemacie obwodu prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) rozpoznać elementy połączone równolegle na schemacie obwodu prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) rozpoznać na schemacie elektrycznym symbol bezpiecznika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) rozpoznać na schemacie elektrycznym symbol łącznika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wykonać pomiar prądu w obwodzie prądu stałego, za pomocą amperomierza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wykonać pomiar napięcia w obwodzie prądu stałego za pomocą woltomierza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) wykonać pomiar rezystancji za pomocą omomierza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) wybrać odpowiedni tryb pracy miernika uniwersalnego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13) podać przykład pomiaru elektrycznego wykonanego metodą bezpośrednią?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14) scharakteryzować pośrednią metodę pomiarową?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Rezystancja. Rezystory

4.3.1. Materiał nauczania

Rezystancja



Rys. 8. Element o długości l oraz polu przekroju poprzecznego S wykonany z przewodnika pierwszego rodzaju [3, s. 20]

Parametrem charakterystycznym elementów wykonanych z przewodników jest rezystancja, oznaczana symbolem R . Zależy ona od wymiarów geometrycznych elementu (długości l , pola przekroju poprzecznego S) oraz właściwości elektrycznych przewodnika, określonych konduktywnością γ . Rezystancję danego elementu wyznacza się na podstawie zależności:

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S}$$
$$[R] = \Omega$$

Jednostką rezystancji jest om $[\Omega]$.

Wielkością pochodną konduktywności γ , rezystywność ρ równa jej odwrotności.

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$
$$[\rho] = \Omega \cdot m$$

Jednostką rezystywności jest $[\Omega \cdot m]$.

Po uwzględnieniu rezystywności ρ zależność na rezystancję przyjmuje postać:

$$R = \frac{l \cdot \rho}{S}$$

Zależność rezystancji od temperatury

Rezystancja elementu przewodzącego zależy od temperatury, w jakiej się on znajduje. Jako normalną temperaturę przyjmujemy temperaturę $T_0 = 293, K$ czyli $t_0 = 20^\circ C$. Rezystancję przewodników w tej temperaturze oznaczamy R_0 . Wraz ze wzrostem temperatury rezystancja zmienia się. Względną zmianę rezystancji przewodnika przy wzroście temperatury o $1K$ określa temperaturowy współczynnik rezystancji α , jego jednostką jest $[1/K]$.

Dla temperatury T różnej od $293K$ rezystancje R_T obliczamy według przybliżonego wzoru:

$$R_T = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

Rezystory

Ze względu na budowę rezystory dzielimy na: drutowe, warstwowe i objętościowe.

Rezystory drutowe wykonuje się poprzez nawinięcie na walcowym, izolacyjnym (np. ceramicznym) korpusie przewodu w postaci drutu lub taśmy. Rezystory warstwowe uzyskuje się poprzez nałożenie cienkiej warstwy przewodzącej (węglowej lub metalowej) na rurkę lub pałeczkę wykonaną z izolatora. Rezystory objętościowe (masowe), wykonane są jako elementy przewodzące prąd całą swoją objętością.

Podstawowe parametry rezystorów to: rezystancja nominalna, tolerancja i moc znamionowa.

Rezystory mogą mieć stałą wartość rezystancji lub nastawianą w sposób płynny albo skokowy. Rezystory z nastawną rezystancją nazywamy potencjometrami, a wykonane są jako drutowe lub warstwowe.

Tolerancja określa w procentach klasę dokładności rezystora. Jej wartość informuje jaka może być maksymalna różnica pomiędzy rzeczywistą a nominalną rezystancją.

Tabela 3. Oznaczenia tolerancji rezystorów [7]

oznaczenie	tolerancja
N	30 %
M	20 %
K	10 %
J	5 %
G	2 %
H	1 %

Moc znamionowa określa maksymalne wartości napięcia i prądu (co wynika ze wzoru na moc $P=UI$), jakie mogą pojawić się na rezystorze. Przekroczenie wartości mocy znamionowej, spowoduje wydzielanie się takiej ilości ciepła na rezystorze, która uszkodzi strukturę wewnętrzną materiału z jakiego został wykonany.

Rezystory dzielimy na: liniowe i nieliniowe. Charakterystyka prądowo-napięciowa rezystorów liniowych (zwanymi zwyczajowo rezystorami) jest linią prostą. Ich rezystancja jest wtedy stała – nie zależy od wartości przyłożonego napięcia i nie zależy od wartości płynącego prądu. Natomiast dla rezystorów nieliniowych charakterystyka ta nie jest linią prostą – ich rezystancja się zmienia, np. w przypadku warystorów, zależy od przyłożonego napięcia.

Oznaczenia rezystorów liniowych

Powszechne są dwa standardy kodów cyfrowo-literowych:

- oznaczenie IEC, gdzie w miejscu przecinka dziesiętnego znajduje się litera oznaczająca mnożnik: R = 1, K = 1000, M = 1000000 np. dla rezystancji 1,8 k Ω oznaczenie IEC: 1K8
- oznaczenie MIL, gdzie trzecia cyfra oznacza wykładnik potęgowy n liczby 10^n , przez którą trzeba pomnożyć dwie pierwsze cyfry. W przypadku, gdy rezystancja jest mniejsza od 10 Ω podobnie jak w standardzie IEC stosuje się w miejscu przecinka dziesiętnego symbol R; np. dla rezystancji 1,8k Ω oznaczenie MIL: 182, dla rezystancji 6,8 Ω oznaczenie MIL: 6R8

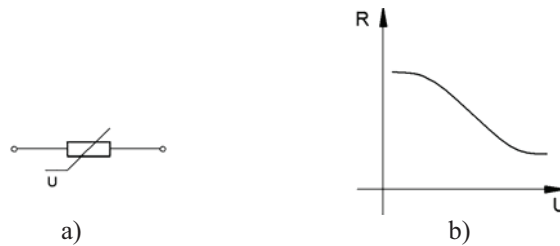
Stosuje się dwa systemy kodu barwnego:

- czteropaskowy, gdzie dwa pierwsze oznaczają wartość rezystancji, a trzeci mnożnik, przez który należy pomnożyć dwie pierwsze liczby, pasek czwarty określa dopuszczalną tolerancję (brak tego paska oznacza tolerancję 20 %),
- pięciopaskowy, gdzie trzy pierwsze paski oznaczają wartość rezystancji, czwarty – mnożnik, a piąty tolerancję (kod ten stosowany jest dla rezystorów o niskiej tolerancji).

Tabela 4. Znaczenie pasków w kodzie barwnym oznaczania rezystorów [7]

kolor	cyfry znaczące	mnożnik	tolerancja
Srebrny	-	10^{-2}	10 %
Złoty	-	10^{-1}	5 %
Czarny	0	1	-
Brazowy	1	10	1 %
Czerwony	2	10^2	2 %
Pomarańczowy	3	10^3	15 %
Żółty	4	10^4	-
Zielony	5	10^5	0,5 %
Niebieski	6	10^6	1,25 %
Fioletowy	7	10^7	0,1 %
Szary	8	10^8	-
Biały	9	10^9	-

Warystor



Rys. 9. a) symbol graficzny warystora, b) charakterystyka rezystancyjno-napięciowa warystora [5, s.37]

Warystor jest rezystorem nieliniowym, wykonanym z półprzewodnika. Jego rezystancja zależy od przyłożonego napięcia.

Podstawowym parametrem warystora jest charakterystyka prądowo-napięciowa opisana zależnościami :

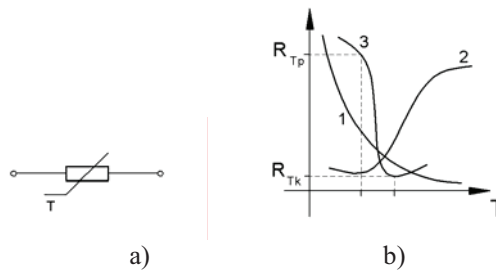
$$U = CI^\beta \quad I = AU^n,$$

gdzie współczynnik n przyjmuje wartości od 2 do 7 zależnie od materiału oraz technologii wykonania warystora, β to współczynnik nieliniowości, współczynniki A, C zależą od wymiarów, kształtu, materiałów oraz technologii wykonania warystora.

Produkowane są dwa typy warystorów: walcowe (WN), dyskowe (WD).

Warystori wykorzystywane są do zabezpieczania obwodów elektrycznych przed przepięciami, ochrony styków, stabilizacji napięcia.

Termistor



Rys. 10. a) symbol graficzny termistora, b) charakterystyka rezystancyjno-temperaturowa termistorów 1- NTC, 2-PTC, 3 - CTR [5, s.37]

Termistor jest rezystorem półprzewodnikowym o rezystancji silnie zależnej od temperatury. Charakteryzuje się dużym współczynnikiem temperaturowym rezystancji α .

Produkowane są trzy typy termistorów:

- termistory typu NTC, o ujemnym współczynnikiem temperaturowym rezystancji α , których rezystancja maleje ze wzrostem temperatury,
- termistory typu PTC, o dodatnim współczynnikiem temperaturowym rezystancji α , których rezystancja rośnie wraz ze wzrostem temperatury,
- termistory typu CTR, charakteryzujące się tym, że w otoczeniu pewnej temperatury ich rezystancja gwałtownie maleje.

Termistor stosuje się do pomiaru temperatury, kompensacji jej wpływu w układach elektronicznych, stabilizacji napięcia itp.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Od jakich parametrów zależy rezystancja elementu przewodzącego?
2. Jak dzielimy rezystory ze względu na budowę?
3. Co określa temperaturowy współczynnik rezystancji α ?
4. Jakie są podstawowe parametry rezystorów?
5. Jakie znasz rodzaje oznaczeń rezystorów?
6. Czym charakteryzuje się warystor?
7. Czym charakteryzuje się termistor?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oblicz wartość:

1. rezystancji przewodu wykonanego z miedzi. Przewód ma długość $l = 10\text{km}$, a pole przekroju poprzecznego $S = 100\text{mm}^2$, należy przyjąć rezystywność miedzi przewodowej $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$. Przewód znajduje się w normalnej temperaturze.
2. rezystancji tego przewodu, gdy temperatura wzrośnie do 30°C . Należy przyjąć współczynnik α równy $0,004 \text{ 1/K}$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) obliczyć rezystancję przewodu w temperaturze pokojowej,
- 3) obliczyć rezystancję przewodu w temperaturze 30°C ,
- 4) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Oblicz wartość rezystancji na podstawie oznaczeń podanych w standardzie IEC: 33R, 6K8, 1M, K82 oraz w standardzie MIL: R47, 330, 471, 223, 474 .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) obliczyć wartość rezystancji rezystora w standardzie IEC,
- 3) obliczyć wartość rezystancji rezystora w standardzie MIL,
- 4) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

4.3.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) obliczyć wartość rezystancji elementu na podstawie jego parametrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) obliczyć wartość rezystancji w temperaturze różnej niż pokojowa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) opisać budowę różnych typów rezystorów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) odczytać wartość rezystancji z oznaczeń rezystora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) opisać działanie warystora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) opisać działanie termistora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

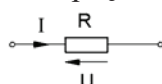
4.4. Prawa w obwodach prądu stałego

4.4.1. Materiał nauczania

Prawo Ohma

Prawo Ohma wyraża zależność pomiędzy prądem I , napięciem U oraz rezystancją R . W obwodach prądu stałego, kierunek prądu oznaczamy od bieguna dodatniego źródła napięcia do bieguna ujemnego (od „+” do „-”) i opisujemy wielką literą I . Elementy źródłowe posiadają dwa zaciski, którym odpowiadają potencjały: wyższy (+) i niższy (-). Kierunek napięcia na elementach źródłowych jest zgodny z kierunkiem prądu.

Napięcie odbiornikowe (spadek napięcia na odbiorniku) oznaczamy strzałką, której grot skierowany jest w stronę potencjału wyższego, zatem kierunek napięcia na odbiorniku jest przeciwnie skierowany do płynącego przez niego prądu.



Rys. 11. Sposób strzałkowania prądu i napięcia na rezystorze [3, s. 43]

Prawo Ohma mówi, że spadek napięcia U na elemencie odbiorczym jest proporcjonalny do iloczynu rezystancji R tego elementu i prądu I płynącego przez niego.

$$U = R I$$

Odwrotnością rezystancji R jest konduktancja G wyrażana w simensach (symbol S)

$$G = \frac{1}{R}$$

$$[G] = S$$

Po uwzględnieniu tej zależności, prawo Ohma dla przypadku przedstawionego na rysunku ma postać:

$$U = \frac{I}{G} \quad / \quad G$$

$$G \cdot U = \frac{I \cdot G}{G}$$

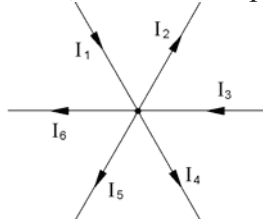
$$I = UG$$

I prawo Kirchhoffa

Pierwsze prawo Kirchhoffa mówi, że dla każdego węzła obwodu elektrycznego suma algebraiczna prądów jest równa zero.

$$\sum_{\alpha} I_{\alpha} = 0$$

Symbol α odpowiada indeksom prądów w danym węźle. Suma algebraiczna oznacza, że do równania podstawia się wartości prądów ze znakami, zależnymi od ich kierunku. Prądy dopływające do węzła posiadają znak „+”, natomiast odpływające znak „-”.



Rys. 12. Przykładowy węzeł obwodu elektrycznego

Na rys. 12, pokazano przykładowy węzeł obwodu elektrycznego z zaznaczonymi kierunkami prądów: prądy I_1 oraz I_3 skierowane są do węzła, zatem mają znak „+”, natomiast prądy I_2 , I_4

oraz I_5 i I_6 odpływają z węzła, opatrzymy je zatem znakiem „-”. Dla przedstawionego węzła można napisać równanie w myśl I prawa Kirchhoffa:

$$I_1 + I_3 - I_2 - I_4 - I_5 - I_6 = 0$$

Równanie to możemy przekształcić do postaci:

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5 + I_6 = 0$$

Po jednej stronie równania znajduje się suma prądów dopływających do węzła, natomiast po drugiej suma prądów odpływających z węzła.

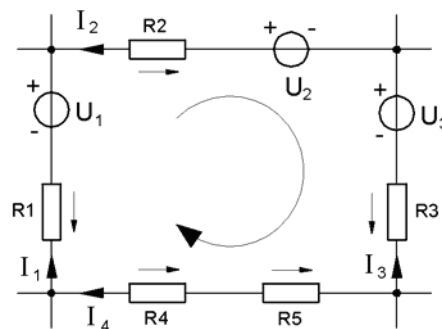
Zatem I prawo Kirchhoffa wynikające z powyższej postaci można przedstawić w następujący sposób: dla każdego węzła obwodu elektrycznego suma prądów dopływających do węzła jest równa sumie prądów odpływających od węzła.

II prawo Kirchhoffa

II prawo Kirchhoffa mówi, że w każdym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma algebraiczna napięć źródłowych i odbiornikowych jest równa zero.

$$\sum_{\alpha} U_{\alpha} + \sum_{\beta} R_{\beta} I_{\beta} = 0$$

U_{α} oznacza napięcia źródłowe, natomiast wyrażenie $R_{\beta} I_{\beta}$ oznacza napięcia odbiornikowe występujące na rezystancjach danego oczka. Symbole α , β odpowiadają indeksom źródeł napięcia, rezystorów i prądów. Suma algebraiczna oznacza, że zarówno napięcia źródłowe jak i odbiornikowe sumowane są ze znakiem.



Rys.13. Przykładowe oczko obwodu rozgałęzionego prądu stałego

Rysunek 13 przedstawia przykładowe oczko obwodu rozgałęzionego prądu stałego, składające się z czterech gałęzi (w każdej płynie inny prąd).

Poniżej podany jest algorytm analizy takiego fragmentu obwodu elektrycznego.

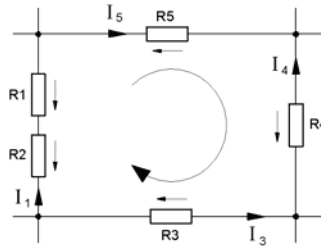
1. Zaznaczamy prądy w poszczególnych gałęziach.
2. Zaznaczamy zwroty napięć odbiornikowych.
3. Przyjmujemy teraz tzw. obiegowy zwrot oczka, który zaznaczamy strzałką wewnątrz oczka (na rysunku oznaczony zaokrągloną strzałką umieszczoną wewnątrz oczka).
4. Zapisujemy równanie wynikające z II prawa Kirchhoffa, rozpoczynając rozpatrywanie od dowolnego punktu oczka, zgodnie z przyjętym zwrotem obiegowym. Jeśli strzałka napięcia źródłowego lub odbiornikowego jest zgodna ze zwrotem obiegowym oczka, to napięcie to, zapisujemy w równaniu ze znakiem „+”, a jeżeli jest przeciwna to ze znakiem „-”.

W rozpatrywanym oczku napięcie źródłowe U_1 , oraz napięcia na rezystorach R_2 i R_3 są zgodne z przyjętym zwrotem obiegowym oczka, zatem przyjmują znak „+”. Natomiast napięcia źródłowe U_2 oraz U_3 , oraz napięcia na rezystorach R_1 , R_4 i R_5 są przeciwnie

do tego zwrotu, czyli przyjmują znak „-”. Dla rozpatrywanego przez nas oczka równanie przyjmuje postać:

$$U_1 + I_2 R_2 - U_2 - U_3 + I_3 R_3 - I_4 R_4 - I_4 R_5 - I_1 R_1 = 0$$

W oczku bez źródeł napięcia suma algebraiczna napięć odbiornikowych jest równa zero.



Rys. 14. Przykładowe oczko obwodu rozgałęzionego prądu stałego bez źródeł napięcia

W oczku z rys.14 napięcia na rezystorze R₃ i R₄ są zgodne z przyjętym zwrotem obiegowym oczka, zatem przyjmują znak „+”. Natomiast napięcia na rezystorach R₁, R₂ i R₅ są przeciwne do tego zwrotu, czyli przyjmują znak „-”. Dla tego oczka równanie II prawa Kirchhoffa przyjmuje postać:

$$- I_1 R_2 - I_1 R_1 - I_5 R_5 + I_4 R_4 + I_3 R_3 = 0$$

II prawo Kirchhoffa stosuje się również do analizy obwodów elektrycznych nierozgałęzionych, ponieważ taki obwód to jedno oczko.

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jak zaznaczamy kierunek prądu w obwodach prądu stałego?
2. Jak zaznaczamy kierunek prądu i napięcia na elementach źródłowych?
3. Jak zaznaczamy kierunek prądu i napięcia na elementach odbiorczych?
4. Jak brzmi prawo Ohma?
5. Jak brzmi I prawo Kirchhoffa?
6. Jakie znaki przyjmują prądy odpływające od węzła, a jakie dopływające do niego?
7. Jak brzmi II prawo Kirchhoffa?
8. W jaki sposób analizujemy oczko obwodu prądu stałego?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zastosowanie prawa Ohma do obliczania parametrów obwodu prądu stałego.

1. Przez rezystor o konduktancji G równej $5 \cdot 10^{-5} \text{ S}$ płynie prąd I_1 równy 2 mA. Oblicz spadek napięcia U_1 na tym rezystorze.
2. Na rezystorze o rezystancji R_2 równej 1 k Ω spadek napięcia $U_2 = 3,5 \text{ V}$. Oblicz prąd I_2 płynący przez ten rezystor.
3. Oblicz wartość rezystancji R_3 rezystora, na którym wystąpił spadek napięcia $U_3 = 15 \text{ V}$ przy przepływie prądu I_3 o wartości 1,5 mA.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) obliczyć wartość spadku napięcia na rezystorze,
- 2) obliczyć wartość prądu płynącego przez rezystor,
- 3) obliczyć wartość rezystancji,

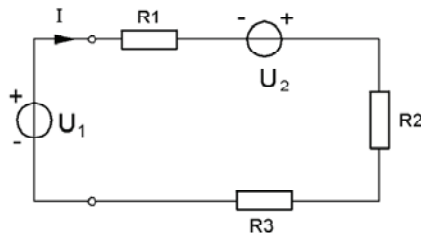
4) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt ,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Oblicz wartość spadku napięcia na rezystorze R_2 w obwodzie przedstawionym na rysunku. Dane: $U_1 = 15 \text{ V}$, $U_2 = 13 \text{ V}$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1,8 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 2,2 \text{ k}\Omega$.



Schemat obwodu nierozgałęzionego prądu stałego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) zaznaczyć kierunek prądu w obwodzie,
- 2) zaznaczyć kierunki spadków napięć na rezystorach ,
- 3) zaznaczyć kierunek rozpatrywania oczka,
- 4) napisać równanie II prawa Kirchhoffa,
- 5) przekształcić równanie II prawa Kirchhoffa,
- 6) obliczyć wartość prądu,
- 7) obliczyć wartość spadku napięcia korzystając z prawa Ohma,
- 8) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 3

Wykonaj pomiary prądu i spadków napięcia na rezystorach w nierozgałęzionym obwodzie prądu stałego, złożonym z jednego źródła napięcia i trzech rezystorów. Oblicz spadki napięć na poszczególnych rezystorach zgodnie z prawem Ohma:

$$U_1 = I \cdot R_1 \quad U_2 = I \cdot R_2 \quad U_3 = I \cdot R_3 .$$

Dla badanego obwodu sprawdź prawdziwość II prawa Kirchhoffa.

Tabela obliczeń i wyników pomiarów.

Rezystor [Ω]	Spadek napięcia [V]	Prąd [mA]	Obliczona wartość spadku napięcia [V]
$R_1 =$			U_1
$R_2 =$			U_2
$R_3 =$			U_3

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

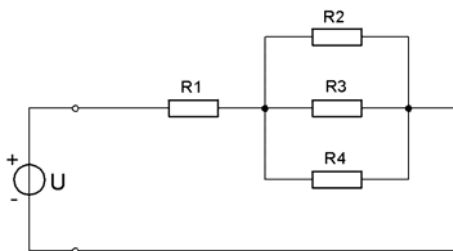
- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zaprojektować nierozgałęziony obwód prądu stałego,
- 3) narysować schemat pomiarowy,
- 4) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne,
- 5) zapisać oznaczenia wybranych przyrządów,
- 6) wybrać tryby pracy mierników,
- 7) połączyć układ pomiarowy,
- 8) wykonać pomiary napięć i prądu w układzie,
- 9) zapisać wyniki w tabeli wyników pomiarów i obliczeń,
- 10) obliczyć spadki napięć na poszczególnych rezystorach zgodnie z prawem Ohma:
$$U_1 = I \cdot R_1 \quad U_2 = I \cdot R_2 \quad U_3 = I \cdot R_3,$$
- 11) zapisać dla badanego obwodu równanie II prawa Kirchhoffa,
- 12) sprawdzić prawdziwość II prawa Kirchhoffa dla badanego obwodu,
- 13) porównać obliczone wartości z wartościami uzyskanymi z pomiarów,
- 14) oszacować dokładność pomiarów i sformułować wnioski,
- 15) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz stabilizowany napięcia stałego +15 V,
- rezystory: $R = 1\text{k}\Omega/1\text{W}$; $R = 1,8\text{k}\Omega/1\text{W}$; $R = 2,2\text{k}\Omega/1\text{W}$; $R = 820\Omega/2\text{W}$; $R = 1,5\text{k}\Omega/1\text{W}$,
- 2 mierniki uniwersalne analogowe,
- 2 mierniki uniwersalne cyfrowe.

Ćwiczenie 4

Sprawdź prawdziwość I prawa Kirchhoffa w obwodzie rozgałęzionym prądu stałego przedstawionym na rysunku.



Schemat obwodu rozgałęzionego prądu stałego

Tabela obliczeń i wyników pomiarów.

Rezystor [Ω]	Prąd [mA]
$R_1 =$	
$R_2 =$	
$R_3 =$	
$R_4 =$	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne,
- 3) zapisać oznaczenia wybranych przyrządów,
- 4) wybrać tryby pracy mierników,
- 5) narysować schemat pomiarowy pozwalający na sprawdzenie I prawa Kirchhoffa,
- 6) połączyć układ pomiarowy,
- 7) wykonać pomiary prądów w układzie,

- 8) zapisać wyniki w tabeli wyników pomiarów i obliczeń,
- 9) zapisać dla badanego obwodu równanie I prawa Kirchhoffa
- 10) sprawdzić prawdziwość I prawa Kirchhoffa dla badanego obwodu,
- 11) oszacować dokładność pomiarów,
- 16) sformułować wnioski,
- 17) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz stabilizowany napięcia stałego +15 V,
- rezystory: $R=1k\Omega/1W$; $R=1,5k\Omega/1W$; $R=2,2k\Omega/1W$; $R=4,7\Omega/2W$,
- 2 mierniki uniwersalne analogowe,
- 2 mierniki uniwersalne cyfrowe.

4.4.4. Sprawdzian postępów

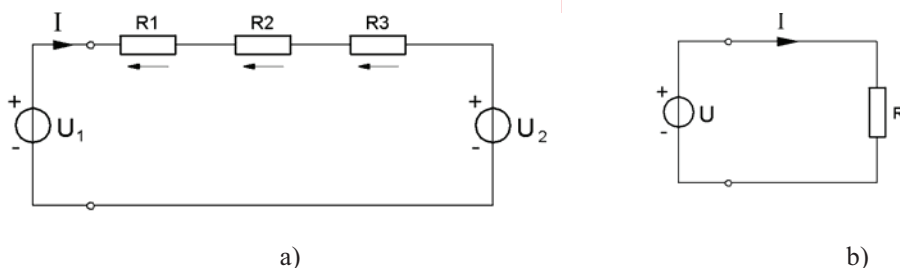
Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) obliczyć wartość rezystancji na podstawie prawa Ohma?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) przekształcić prawo Ohma w celu obliczenia spadku napięcia na rezystorze?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) przekształcić prawo Ohma w celu obliczenia prądu płynącego przez rezystor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zaznaczyć kierunek prądu w obwodzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) zaznaczyć kierunki spadków napięcia na elementach w obwodzie elektrycznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zapisać równanie I prawa Kirchhoffa dla węzła obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) zapisać równanie II prawa Kirchhoffa dla oczka obwodu rozgałęzionego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) dokonać analizy obwodu nierozgałęzionego prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) obliczyć prąd w obwodzie nierozgałęzionym prądu stałego w oparciu o II prawo Kirchhoffa i prawo Ohma?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Połączenia elementów w obwodzie prądu stałego

4.5.1. Materiał nauczania

Połączenie szeregowe rezystorów i źródeł napięcia

W połączeniu szeregowym przez wszystkie elementy obwodu przepływa przez ten sam prąd. Obwód taki stanowi jedno oczko. Obwód szeregowo połączonych źródeł napięcia i rezystancji zastąpić obwodem równoważnym, tzn. że płynie w nim taki sam prąd I , zawierającym zastępcze źródło napięcia U i zastępczą rezystancję R .



Rys. 15. a) Schemat układu szeregowo połączonych elementów. b) Schemat układu równoważnego
Dla obwodu z rysunku 15 równanie II prawa Kirchhoffa ma postać:

$$U_1 - U_2 - IR_1 - IR_2 - IR_3 = 0$$

Chcąc obliczyć wartość prądu I płynącego w obwodzie dokonujemy przekształceń:

$$U_1 - U_2 = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$U_1 - U_2 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad /: (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$

$$I = \frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Licznik powyższego wyrażenia zawiera sumę algebraiczną źródeł napięcia w rozpatrywanym układzie, którą można zastąpić symbolem U oznaczającym zastępcze źródło napięcia:

$$U = U_1 - U_2$$

Mianownik natomiast zawiera sumę rezystancji połączonych szeregowo w rozpatrywanym układzie, którą można zastąpić symbolem R oznaczającym zastępczą rezystancję:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Wzór na prąd I ma postać:

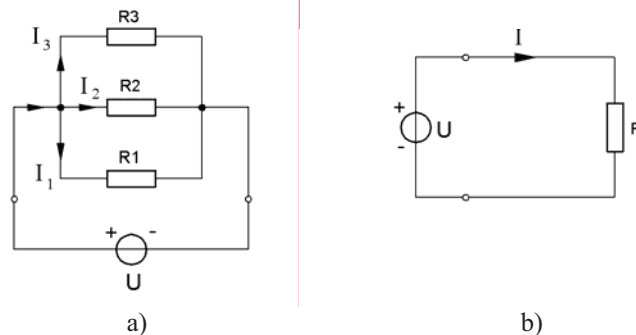
$$I = \frac{U_1 - U_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{U}{R}$$

Dowolną liczbę rezystorów połączonych szeregowo można zastąpić rezystancją zastępczą równą sumie rezystancji poszczególnych rezystorów.

Dowolną liczbę źródeł napięcia połączonych szeregowo można zastąpić zastępczym źródłem napięcia, którego napięcie źródłowe równe będzie sumie algebraicznej (czyli z uwzględnieniem zwrotu) poszczególnych napięć źródłowych.

Połączenie równoległe rezystorów i źródeł napięcia

Rezystory połączone równoległe występują w obwodach rozgałęzionych. Obwód zawierający rezystory połączone równoległe można zastąpić równoważnym, obwodem zawierającym jeden rezystor o rezystancji zastępczej R .



Rys. 16. a) schemat obwodu z rezystorami połączonymi równoległe, b) schemat obwodu równoważnego. W obwodzie rozgałęzionym z rys.16 rezystory R_1, R_2, R_3 włączone są między te same węzły. Na każdej z tych gałęzi zatem występuje to samo napięcie. Właściwością połączenia równoległego jest to, że wszystkie elementy są włączone między tę samą parę węzłów, zatem na zaciskach elementów występuje to samo napięcie. Dla rozpatrywanego obwodu równanie I prawa Kirchhoffa ma postać:

$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0 \quad I = I_1 + I_2 + I_3$$

Na każdym rezystorze jest ten sam spadek napięcia:

$$U = I_1 R_1, \quad U = I_2 R_2, \quad U = I_3 R_3$$

Wartości prądów w poszczególnych gałęziach, można obliczyć na podstawie prawa Ohma:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Obwód zawierający rezystory połączone równoległe i obwód z ich rezystancją zastępczą R są sobie równoważne, zatem w gałęziach z napięciem zasilającym U płynie ten sam prąd I , możemy więc napisać:

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{oraz} \quad I = I_1 + I_2 + I_3, \quad \text{zatem} \quad \frac{U}{R} = I_1 + I_2 + I_3$$

Uwzględniając zależności na prądy w poszczególnych gałęziach:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \quad /: U$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

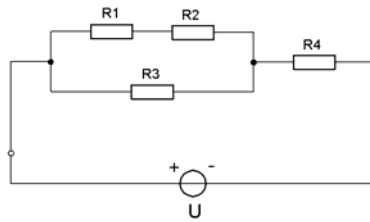
W ogólnym przypadku odwrotność rezystancji zastępczej dowolnej ilości rezystorów połączonych równoległe równa się sumie odwrotności rezystancji poszczególnych rezystorów. Po wprowadzeniu pojęcia konduktancji G , będącej odwrotnością rezystancji, równanie opisujące rezystancję zastępczą przyjmie postać:

$$G_1 = \frac{1}{R_1}, \quad G_2 = \frac{1}{R_2}, \quad G_3 = \frac{1}{R_3} \quad \text{zatem} \quad G = G_1 + G_2 + G_3$$

W ogólnym przypadku konduktancja zastępcza dowolnej ilości rezystorów połączonych równoległe równa się sumie konduktancji poszczególnych rezystorów.

Połączenie równoległe źródeł napięcia można zastąpić również jednym zastępczym źródłem napięcia. W celu jego wyznaczenia należy przekształcić źródła napięcia w źródła prądu, co szczegółowo opisano w literaturze uzupełniającej [3, s. 53, 54]

Połączenie mieszane rezystorów



Rys. 17. Schemat obwodu z rezystorami połączonymi w sposób mieszany

W rozgałęzionych obwodach elektrycznych występują połączenia mieszane rezystorów. Takie połączenia można również zastąpić rezystancją zastępczą. Jej wartość należy obliczyć dokonując analizy połączenia polegającej na wyodrębnieniu elementów połączonych równoległe lub szeregowo i obliczeniu ich rezystancji zastępczej.

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Czym charakteryzuje się połączenie szeregowo rezystancji i źródeł napięcia?
2. Jak oblicza się wartość rezystancji zastępczej dowolnej liczby rezystorów połączonych szeregowo?
3. Jak oblicza się wartość zastępczego napięcia źródłowego dowolnej liczby źródeł napięcia połączonych szeregowo?
4. Czym charakteryzuje się połączenie równoległe rezystancji?
5. Jak oblicza się wartość konduktancji zastępczej dowolnej liczby rezystorów połączonych równoległe?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zaprojektuj dowolny obwód szeregowy zawierający co najmniej pięć rezystorów i trzy napięcia źródłowe. Oblicz rezystancję zastępczą rezystorów tego obwodu oraz zastępcze napięcie źródłowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

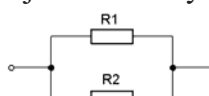
- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) narysować proponowany schemat,
- 3) dobrać wartości elementów,
- 4) wykonać obliczenia rezystancji zastępczej i napięcia zastępczego,
- 5) zaprezentować wyniki swojej pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier formatu A4,
- przybory do pisania,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Oblicz wartość rezystancji zastępczej obwodu z rysunku. Dane: $R_1 = 10\text{k}\Omega$, $R_2 = 2\text{k}\Omega$.



Schemat połączenia równoległego dwóch rezystorów

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) napisać wyrażenie na konduktancję zastępczą dwóch rezystorów połączonych równolegle,
- 3) przekształcić matematycznie zapisane wyrażenie,
- 4) obliczyć wartość rezystancji zastępczej dwóch rezystorów połączonych równolegle,
- 5) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

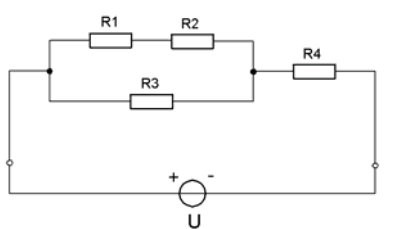
- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 3

Oblicz wartość rezystancji zastępczej obwodu z rysunku.

Dane:

- $R_1=2,2\text{k}\Omega$,
- $R_2=1,8\text{k}\Omega$,
- $R_3=1\text{k}\Omega$,
- $R_4= 10\text{k}\Omega$.



Schemat obwodu z połączeniem mieszanym rezystorów

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zanalizować obwód wyodrębniając rezystory połączone szeregowo i równolegle,
- 3) zapisać wyrażenie na rezystancję zastępczą,
- 4) obliczyć wartość rezystancji zastępczej,
- 5) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) wyróżnić elementy połączone szeregowo w obwodzie prądu stałego?
- 2) obliczyć rezystancję zastępczą rezystorów połączonych szeregowo?
- 3) obliczyć napięcie zastępcze źródeł napięcia połączonych szeregowo?
- 4) wyróżnić elementy połączone równolegle w obwodzie prądu stałego?
- 5) obliczyć rezystancję zastępczą rezystorów połączonych równolegle?
- 6) wyróżnić rezystory połączone szeregowo w połączeniu mieszanym?
- 7) wyróżnić rezystory połączone równolegle w połączeniu mieszanym?
- 8) obliczyć rezystancję zastępczą połączenia mieszanego rezystorów?

Tak **Nie**

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

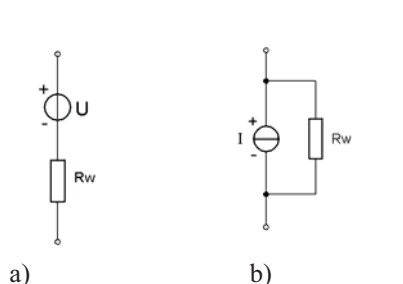
4.6. Źródła energii elektrycznej

4.6.1. Materiał nauczania

Schematy zastępcze źródła energii elektrycznej

Źródło energii elektrycznej zależnie od warunków pracy jest źródłem napięcia lub prądu. Rzeczywiste źródło napięciowe w analizie obwodu reprezentuje zastępczy schemat szeregowy. Uwzględnia on idealne źródło napięciowe U (czyli takie, którego rezystancja wewnętrzna jest równa 0) i połączoną z nim szeregowo rezystancję wewnętrzną rzeczywistego źródła napięcia R_w (reprezentującą rezystancję elementów, z jakich jest ono wykonane).

W pewnych warunkach pracy rzeczywiste źródło energii elektrycznej można traktować jako źródło prądowe - wówczas przedstawiane jest za pomocą zastępczego schematu równoległego.



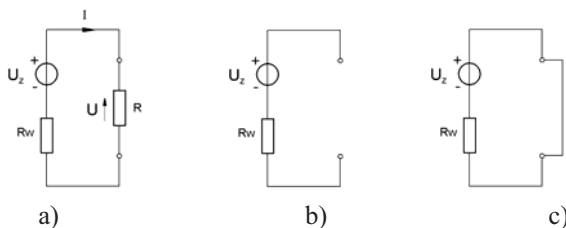
Rys. 18. Zastępczy schemat a) szeregowy źródła napięcia [3,s.45] b) równoległy źródła prądu [3, s.47]

Przedstawia on idealne źródło prądowe I_z , (czyli takie którego, rezystancja wewnętrzna zdąży do ∞) oraz połączoną z nim równoległe rezystancję wewnętrzną rzeczywistego źródła prądowego R_w (wynikająca z rezystancji jego elementów konstrukcyjnych).

Każde rzeczywiste źródło napięcia można zastąpić rzeczywistym źródłem prądu.

Stany pracy źródła energii elektrycznej

Stany pracy źródła energii elektrycznej są określone przez warunki pracy: prąd, jaki płynie w obwodzie i dołączoną rezystancję obciążenia. Rozróżniamy trzy stany pracy źródła: obciążenia, jałowy, zwarcia. Dotyczą one zarówno źródła prądowego, jak i napięciowego.



Rys. 19. Schemat układu ze źródłem napięcia w stanie a) obciążenia, b) jałowym, c) zwarcia [3, s.46]

Stan obciążenia źródła występuje wtedy, gdy do jego zacisków dołączony jest rezystor o dowolnej wartości rezystancji R (przy czym $R \neq 0$ i $R \neq \infty$). W obwodzie popłynie prąd I , na rezystorze obciążenia R pojawi się spadek napięcia, który można obliczyć na podstawie prawa Ohma i II prawa Kirchhoffa

$$U_z - IR_w - IR = 0$$

$$U = IR$$

$$U_z - IR_w - U = 0$$

$$U = U_z - IR_w$$

W niektórych układach elektronicznych ważne jest, by moc pobierana ze źródła przez obciążenie była jak największa; dzieje się tak w stanie dopasowania odbiornika do źródła. Wartość rezystancji obciążenia R jest wówczas równa wartości rezystancji wewnętrznej źródła R_w

$$R = R_w$$

W obwodzie płynie prąd I_d , który można obliczyć z zależności:

$$U_z - I_d R_w - I_d R_w = 0$$

$$U_z - I_d (R_w + R_w) = 0$$

$$U_z - 2 I_d R_w = 0$$

$$I_d = \frac{U_z}{2 R_w}$$

Moc wydzielona na rezystancji obciążenia w stanie dopasowania wynosi:

$$P = U_d I_d \quad \text{z prawa Ohma: } U_d = I_d R_w \quad \text{zatem } P = I_d R_w I_d$$

$$P = R_w I_d^2 = R_w \left(\frac{U_z}{2 R_w} \right)^2 \quad \text{lub} \quad P = \frac{U_z^2}{4 R_w}$$

Jednostką mocy jest wat [W].

$$[P] = W$$

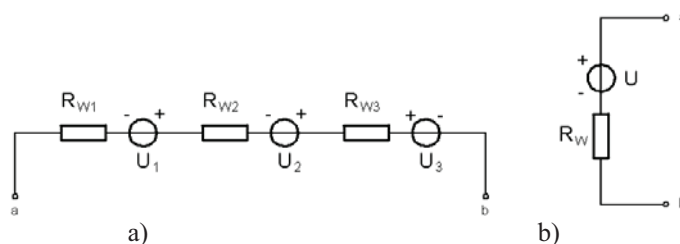
Stan jałowy źródła to taki stan, gdy między zaciskami źródła jest przerwa, tzn. wartość rezystancji obciążenia jest równa nieskończoności ($R = \infty$). W obwodzie nie płynie prąd, na zaciskach wyjściowych źródła napięcia pojawia się napięcie źródła idealnego $U_0 = U_z$. W stanie zwarcia źródła między jego zaciski włączona jest rezystancja obciążenia R równa zero ($R=0$). Sytuacja taka odpowiada połączeniu zacisków źródła przewodem. Stan zwarcia jest stanem niepożądanym, gdyż płynie wtedy w obwodzie maksymalny prąd I_z (zwany prądem zwarcia), mogący uszkodzić źródło napięcia. Wartość prądu zwarcia możemy wyliczyć na podstawie II prawa Kirchhoffa

$$U_z - I_z R_w - I R = 0 \quad \text{dla } R=0 \quad \text{zależność przyjmuje postać } U_z - I_z R_w - I_z 0 = 0$$

$$\text{czyli } U_z - I_z R_w = 0 \quad \text{zatem prąd zwarcia wynosi } I_z = \frac{U_z}{R_w}$$

Połączenie szeregowe źródeł napięcia

Jeżeli w obwodzie elektrycznym jest kilka połączonych szeregowo źródeł napięcia, można je zastąpić jednym zastępczym źródłem napięcia, którego napięcie źródłowe jest równe sumie algebraicznej napięć źródłowych poszczególnych źródeł. Znak „+” oznacza, że źródło oddaje energię do układu (kierunek jego napięcia jest zgodny z kierunkiem prądu w gałęzi gdzie się znajduje), znak „-” oznacza, że źródło pobiera energię z układu (kierunek jego napięcia jest przeciwny do kierunku prądu w gałęzi gdzie się znajduje). Rezystancję wewnętrzną zastępczego źródła napięcia obliczamy tak jak rezystancję zastępczą szeregowo połączonych rezystorów, czyli jest ona równa sumie rezystancji zastępczych poszczególnych źródeł.



Rys. 20. Schemat układu a) połączonych szeregowo źródeł napięcia, b) zastępczego źródła.

W układzie z powyższego rysunku zastępcze napięcie źródłowe wynosi $U = U_1 + U_2 - U_3$, natomiast rezystancja wewnętrzna tego źródła opisana jest zależnością $R_w = R_{W1} + R_{W2} + R_{W3}$

Rodzaje źródeł energii elektrycznej

Każde źródło energii elektrycznej jest w istocie przetwornikiem innej postaci energii w energię elektryczną. Ze względu na sposób tej przemiany źródła możemy podzielić na: elektromechaniczne, chemiczne, cieplne i świetlne.

Źródła elektromechaniczne to przetworniki energii mechanicznej w elektryczną - przykładem jest prądnica zwana też generatorem. Wykorzystuje ona zjawisko indukowania się siły elektromotorycznej w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym. Prądnica składa się z dwóch zasadniczych części: walca z nawiniętym uzwojeniem zwanego twornikiem (w nim indukuje się napięcie elektryczne) i magnesu na biegunach której, nawinięte są uzwojenia magnesujące (wzbudzające). Zadaniem magnesu jest wytworzenie pola magnetycznego. Jedną z części prądnicy jest nieruchoma - zwana jest stojanem (lub statorem), natomiast druga zwana wirnikiem (lub rotorem) wiruje. Wartość indukowanego napięcia zależy od konstrukcji prądnicy, prędkości z jaką porusza się wirnik oraz od parametrów pola magnetycznego. Prądnice posiadają moc od setek megawatów (w elektrowniach) do dziesiątek watów (do zasilania spawarek, ładowania akumulatorów).

Źródła chemiczne wytwarzają energię elektryczną dzięki reakcjom chemicznym. Rozróżniamy kilka typów tych źródeł: ogniwa galwaniczne, akumulatory i ogniwa paliwowe.

Ogniwo galwaniczne składa się z dwóch elektrod zanurzonych w elektrolicie. Wartość napięcia wytwarzanego przez ogniwo zależy od rodzaju elektrod i elektrolitu. Parametrem charakteryzującym ogniwo jest pojemność elektryczna równa iloczynowi prądu znamionowego oraz gwarantowanego czasu użytkowania ogniwa (przy tym prądzie). Jednostką pojemności elektrycznej jest amperogodzina [Ah].

Najpopularniejsze ogniwa chemiczne to: ogniwo Volty (o napięciu 0,9V) i ogniwo Leclanchego (o napięciu 1,5V wykonane w postaci suchej znane jest jako popularna bateria). Wadą ognia galwanicznego jest krótki czas pracy i niewielka ilość dostarczanej energii. Po rozładowaniu nie można go powtórnie naładować.

Akumulator jest nazywany ogniwem wtórnym lub odwracalnym, ponieważ może być wielokrotnie wyładowywany i ponownie naładowywany. Służy on do magazynowania energii elektrycznej. Parametrami akumulatorów są sprawność pojemnościowa i sprawność energetyczna. Sprawność pojemnościowa η_p to stosunek ładunku Q_{wy} wydane go przez akumulator do ładunku pobranego podczas ładowania Q_{lad} .

$$\eta_p = \frac{Q_{wy}}{Q_{lad}}$$

Sprawność energetyczna η_e to stosunek energii wydanej przez akumulator w czasie wyładowania W_{wy} do energii pobranej podczas ładowania W_{lad} .

$$\eta_e = \frac{W_{wy}}{W_{lad}}$$

Sprawność pojemnościowa i sprawność energetyczna są wielkościami bezwymiarowymi.

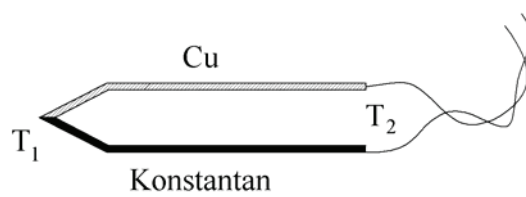
Ze względu na budowę rozróżnia się dwa typy akumulatorów: kwasowe i zasadowe:

- akumulatory kwasowe (ołowiowe) wytwarzają napięcie około 2V, ich sprawność pojemnościowa wynosi 0,85÷0,92, sprawność energetyczna wynosi 0,7÷0,75, wytrzymują około 1500 wyładowań,
- akumulatory zasadowe (żelazowo-niklowe i kadmowo-niklowe) wytwarzają napięcie około 1,2V, są trwalsze niż ołowiowe, bardziej odporne na wstrząsy mechaniczne

i przeciążenia elektryczne, ich sprawność pojemnościowa wynosi $0,7 \div 0,75$, natomiast sprawność energetyczna wynosi $0,5 \div 0,52$. Wytrzymują około 3000 wyładowań.

Ogniwo paliwowe zamienia energię spalania paliwa (stałego, ciekłego lub gazowego) w energię elektryczną. Składa się z dwóch elektrod, umieszczonych w elektrolicie. Wady tego ogniwa to: mała moc, niskie napięcia, wysoki koszt paliw. Jego zaletami są: długi czas pracy, duża odporność na przeciążenia i prosta obsługa. Stosowane jest w pojazdach kosmicznych.

Źródła ciepłe zamieniają energię cieplną na energię elektryczną, poprzez wykorzystanie zjawiska termoelektrycznego. Występuje ono na styku dwóch różnych metali lub półprzewodników, gdy temperatura styku różni się od temperatury pozostałych części zespolonych materiałów.



Rys. 21. Ogniwo termoelektryczne zwane termoelementem [3, s.84]

Termoelementy znalazły zastosowanie do pomiaru różnicy temperatur (spoinę umieszcza się w punkcie pomiarowym, natomiast miliwoltomierz można wyskalować w kelwinach, proporcjonalnie do mierzonego napięcia).

Przykładem źródła ciepłego jest generator termoelektryczny TEL. Składa się on z dwóch kolumn: jedna jest wykonana z półprzewodnika typu N, druga z półprzewodnika typu P, z jednej strony podgrzewanych, z drugiej zaś chłodzonych. Napięcie wytwarzane przez generator jest proporcjonalne do różnicy temperatur strony gorącej i strony zimnej. Moc tego urządzenia kształtuje się od pojedynczych watów do kilowatów. Ze względu na koszty eksploatacji generator termoelektryczny znalazł zastosowanie w technologii kosmicznej.

Innym rodzajem źródła ciepłego jest generator magnetogazodynamiczny MGD (lub magnetohydrodynamiczny MHD), gdzie przewodzący gaz o temperaturze od 1700 do 2700°C (nieściśliwa ciecz przewodząca w generatorze MHD) przepływa z prędkością około 1000m/s w polu magnetycznym. Poruszający się gaz (ciecz) indukuje napięcie elektryczne.

Istnieje jeszcze kilka typów źródeł ciepłych, które nadal znajdują się na etapie badań:

- generator termoemisyjny wykorzystuje zjawisko emisji elektronów z gorących powierzchni.
- generator termomagnetyczny pracuje w oparciu o związek zjawisk ciepłych i magnetycznych
- generator termodielektryczny wykorzystuje zjawisko piroelektryczne, polegające na pojawianiu się ładunków elektrycznych na powierzchni niektórych materiałów, na skutek podgrzewania.

Ze względu na trudności związane z techniką wysokich temperatur źródła ciepłe nie znalazły jeszcze powszechnego zastosowania.

Źródła świetlne, czyli generatory fotoelektryczne (zwane też ogniwami fotoelektrycznymi) wykorzystują zjawisko fotoelektryczne, w wyniku którego, energia promieniowania świetlnego, zostaje zamieniona na energię elektryczną. Pierwszymi ogniwami fotoelektrycznymi były ogniwa selenowe stosowane w fotograficznych światłomierzach. Ogniwa krzemowe dostarczają napięcia rzędu $0,6\text{V}$. Cechuje je prosta konstrukcja i bardzo długi czas użytkowania. Urządzenia te znalazły szerokie zastosowanie w technologii kosmicznej.

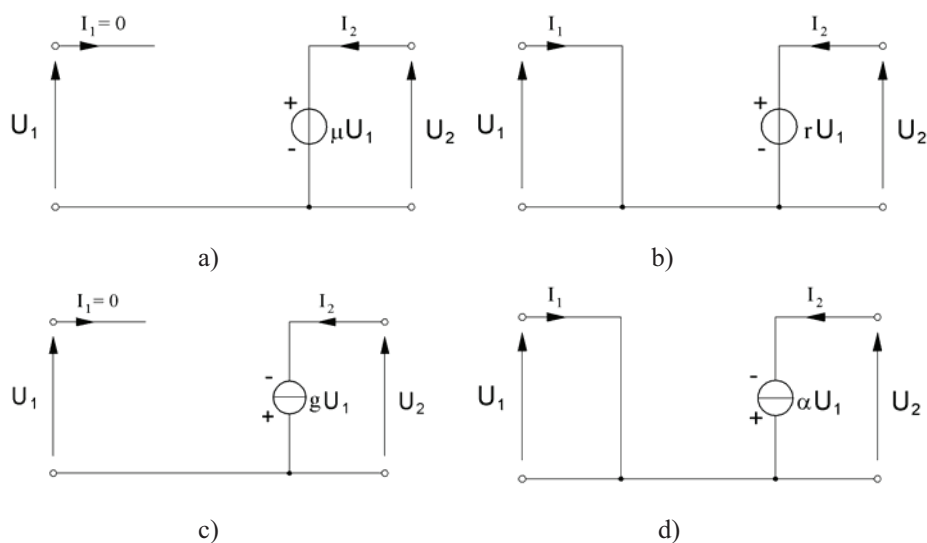
Źródła sterowane

Źródła sterowane są czwórnikami, czyli układami posiadającymi dwie pary zacisków: wejściowe i wyjściowe. Jako, że dostarczają do układów energię elektryczną, zwane są czwórnikami aktywnymi. W źródłach takich wielkość wyjściowa, będąca wielkością sterowaną, jest proporcjonalna do wielkości wejściowej, będącej wielkością sterującą. Przekazywanie sygnału odbywa się tylko w jedną stronę, ponieważ wielkość sterująca nie zależy od wielkości sterowanej.

Źródła sterowane to rzeczywiste wzmacniacze w analizie których, pomija się parametry pasożytnicze, takie jak pojemności i rezystancje.

Rozróżnia się następujące źródła sterowane:

- źródło napięcia sterowane napięciowo,
- źródło napięcia sterowane prądowo,
- źródło prądu sterowane napięciowo,
- źródło prądu sterowane prądowo.



Rys. 22. Schematy idealnych źródeł sterowanych a) źródło napięcia sterowane napięciowo, b) źródło napięcia sterowane prądowo, c) źródło prądu sterowane napięciowo, d) źródło prądu sterowane prądowo. [3, s. 299]

4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest różnica pomiędzy idealnym a rzeczywistym źródłem energii elektrycznej?
2. Jakie znasz stany pracy źródła?
3. Co oznacza stan dopasowania odbiornika do źródła?
4. Jakie znasz źródła elektromechaniczne?
5. Jak znasz chemiczne źródła energii elektrycznej?
6. Czym różni się akumulator od ogniwa galwanicznego?
7. Jak jest zbudowany i jak działa termoelement?
8. Na jakiej zasadzie pracują generatory fotoelektryczne?
9. Czym charakteryzują się źródła sterowane?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Znajdź zależności między parametrami rzeczywistego źródła napięcia i parametrami rzeczywistego źródła prądu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienes:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) narysować schematy zastępcze źródła: szeregowy i równoległy,
- 3) zanalizować narysowane schematy, wykorzystując prawo Ohma i prawa Kirchhoffa,
- 4) zapisać wyrażenie wynikające z II prawa Kirchhoffa dla schematu szeregowego,
- 5) zapisać wyrażenie wynikające z I prawa Kirchhoffa dla schematu równoległego,
- 6) przekształcić matematycznie i porównać zapisane wyrażenia ,
- 7) zapisać zależności między napięciem a prądem źródłowym oraz rezystancjami zastępczymi,
- 8) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

4.6.4. Sprawdzian postępów

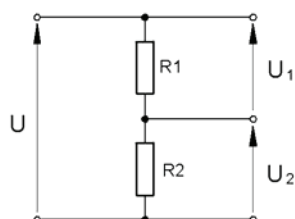
Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) narysować szeregowy schemat zastępczy źródła napięcia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) narysować równoległy schemat zastępczy źródła prądu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wyjaśnić działanie źródła napięcia w stanie jałowym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wyjaśnić działanie źródła napięcia w stanie obciążenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wyjaśnić, dlaczego stan dopasowania jest najkorzystniejszym stanem pracy źródła?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wyjaśnić, dlaczego stan zwarcia jest niebezpieczny?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) opisać budowę i działanie elektromechanicznego źródła napięcia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) wyjaśnić działanie chemicznych źródeł napięcia ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wyjaśnić działanie termoelementów ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) wyjaśnić działanie świetlnych źródeł napięcia ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) przekształcić zastępczy schemat szeregowy źródła napięcia w zastępczy schemat równoległy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) scharakteryzować źródła sterowane?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.7. Układy regulacji napięcia i prądu

4.7.1. Materiał nauczania

Dzielnik napięcia

W układach elektrycznych często zachodzi potrzeba obniżenia napięcia. Realizuje się to za pomocą dzielnika napięcia. Układ taki składa się z dwóch rezystorów R_1 i R_2 połączonych szeregowo



Rys. 23. Schemat układu dzielnika napięcia

Przez oba rezystory R_1 i R_2 płynie ten sam prąd I , natomiast suma napięć na tych rezystorach równa się napięciu U , które zamierzamy podzielić.

$$U = U_1 + U_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

$$I = \frac{U_1}{R_1}$$

$$I = \frac{U_2}{R_2}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_1 + U_2}{R_1 + R_2}$$

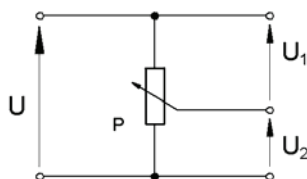
$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_1 + U_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Stosunek napięć na rezystorach jest równy stosunkowi wartości rezystancji rezystorów tworzących dzielnik napięcia. Wartości rezystancji powinny być tak dobrane, by dzieliły napięcie w pożądanym stosunku.

Dzielnik napięcia zbudowany z dwóch rezystorów stosuje się w praktyce np. do „potencjometrycznego” zasilania bazy w układzie wspólnego emitera.

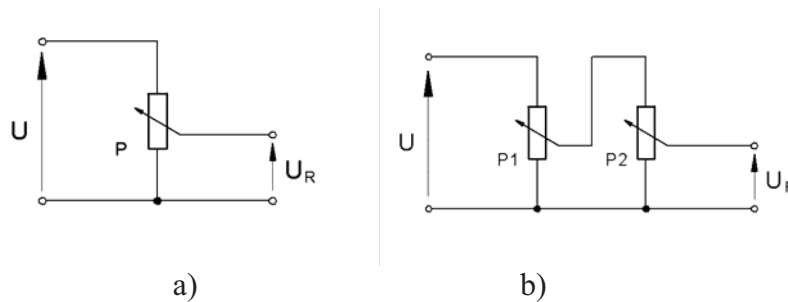
Często zamiast dzielnika napięcia w postaci układu dwóch szeregowo połączonych rezystorów stosuje się potencjometr.



Rys. 24. Schemat układu dzielnika napięcia zrealizowanego na potencjometrze

Układ regulacji napięcia

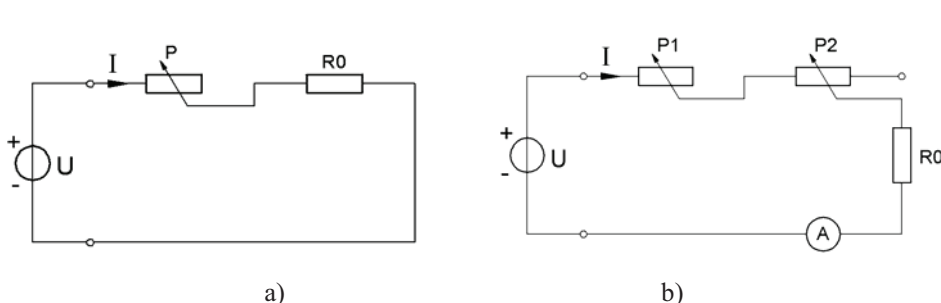
W układach regulacji napięcia potencjometr włączony jest równoległe do napięcia, które należy regulować. Regulacja może odbywać się w układzie jednostopniowym z wykorzystaniem jednego potencjometru, lub dwustopniowym. W tym ostatnim, przedstawionym na rys. 25b, wstępnej regulacji napięcia dokonuje się potencjometrem P_1 . Powinien on mieć znacznie większą rezystancję niż potencjometr P_2 np. dziesięciokrotnie. Natomiast napięcie uzyskane po tej regulacji może być precyzyjnie obniżone przez potencjometr P_2 włączony w obwód suwaka potencjometru P_1 .



Rys. 25. Układy regulacji napięcia a) jednostopniowy, b) dwustopniowy.

Układ regulacji prądu

W układach regulacji prądu potencjometr włączony jest szeregowo w obwód, w którym chcemy regulować prąd. Regulacja może odbywać się w układzie jednostopniowym z wykorzystaniem jednego potencjometru lub dwustopniowym. W przypadku regulacji dwustopniowej stosuje się dwa potencjometry połączone szeregowo. Potencjometr P_1 powinien mieć znacznie większą rezystancję niż potencjometr P_2 np. dziesięciokrotnie i służy do wstępnej regulacji prądu. Natomiast potencjometr P_2 służy do precyzyjnej regulacji prądu.



Rys. 26. Układy regulacji prądu a) jednostopniowy, b) dwustopniowy.

4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Do czego służy dzielnik napięcia?
2. Jak zbudowany jest dzielnik napięcia?
3. Jaki element elektryczny wykorzystywany jest jako dzielnik napięcia?
4. Jak zbudowane są układy regulacji napięcia?
5. Czym różni się dwustopniowy układ regulacji napięcia od jednostopniowego?
6. Jak zbudowane są układy regulacji prądu?
7. Czym różni się dwustopniowy układ regulacji prądu od jednostopniowego?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dobierz wartości rezystorów dzielnika napięcia, aby napięcie 12V obniżyć do wartości 2V.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienes:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) narysować schemat dzielnika napięcia,
- 3) założyć wartość jednego z rezystorów,
- 4) obliczyć wartości drugiego rezystora.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Zbadaj układ dwustopniowy regulacji napięcia. Przy jakich położeniach suwaków potencjometrów napięcie na wyjściu układu jest największe, a przy jakich najmniejsze.

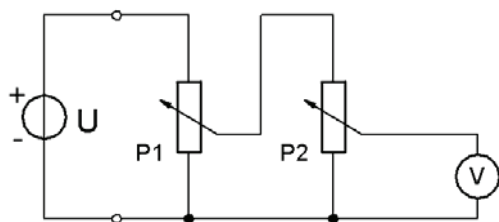


Tabela wyników pomiarów.

P_1 [k Ω]	P_2 [k Ω]	U [V]
10	1	
0	1	
10	0	
0	0	

Schemat układu dwustopniowego regulacji napięcia

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienes:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne,
- 3) zapisać oznaczenia wybranych przyrządów,
- 4) wybrać tryb pracy miernika,
- 5) połączyć układ pomiarowy,
- 6) wykonać pomiary napięcia zgodnie z zapisami w tabeli,
- 7) zapisać wyniki w tabeli wyników pomiarów,
- 8) określić przy jakich położeniach suwaków potencjometrów napięcie na wyjściu układu jest największe, a przy jakich najmniejsze,
- 9) oszacować dokładność pomiarów, sformułować wnioski i sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz stabilizowany napięcia stałego +5 V,
- potencjometry: 10k Ω , 1k Ω ,

- miernik uniwersalny analogowy lub cyfrowy.

Ćwiczenie 3

Zbadaj układ dwustopniowy regulacji prądu. Który potencjometr służy do regulacji zgrubej wartości prądu, a który do regulacji precyzyjnej?

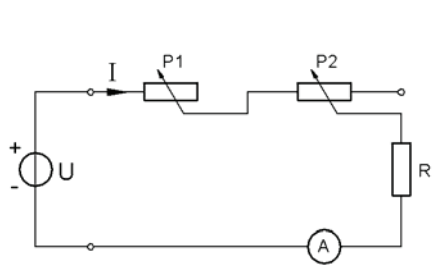


Tabela wyników pomiarów

P_1 [k Ω]	P_2 [k Ω]	I [mA]
10	1	
0	1	
10	0	
0	0	

Schemat układu dwustopniowego regulacji prądu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne zapisując ich oznaczenia
- 3) wybrać tryb pracy miernika,
- 4) połączyć układ pomiarowy oraz wykonać pomiary prądu zgodnie z zapisami w tabeli,
- 5) zapisać wyniki w tabeli wyników pomiarów,
- 6) określić, który potencjometr służył do regulacji zgrubej wartości prądu, a który do regulacji precyzyjnej,
- 7) oszacować dokładność pomiarów i sformułować wnioski,
- 8) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz stabilizowany napięcia stałego +15 V,
- potencjometry: 10k Ω , 1k Ω ,
- rezystor 1k Ω ,
- miernik uniwersalny analogowy lub cyfrowy.

4.7.4. Sprawdzian postępów

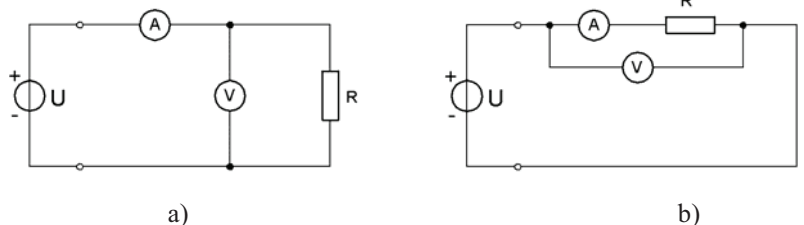
Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) zaprojektować dzielnik napięcia dla określonych parametrów regulacji napięcia? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) zaprojektować układ jednostopniowy regulacji napięcia? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) zaprojektować układ dwustopniowy regulacji napięcia? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) zaprojektować układ jednostopniowy regulacji prądu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) zaprojektować układ dwustopniowy regulacji prądu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) wyjaśnić rolę poszczególnych potencjometrów w dwustopniowym układzie regulacji prądu? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

4.8. Pomiary rezystancji metodami pośrednimi

4.8.1. Materiał nauczania

Metoda techniczna



Rys. 27. Schematy do pomiaru rezystancji metodą techniczną; a) układ poprawnie mierzonego napięcia, b) układ poprawnie mierzonego prądu

Do pomiaru małych rezystancji stosuje się układ poprawnie mierzonego napięcia. Dokonywany jest wówczas bezpośredni pomiar spadku napięcia U na badanej rezystancji oraz pomiar sumy prądów: I płynącego przez badaną rezystancję oraz I_V płynącego przez woltomierz. Wartość rezystancji oblicza się z zależności uwzględniającej rezystancję wewnętrzną woltomierza R_V .

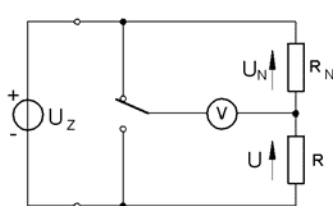
$$R = \frac{U}{I - I_V} \quad \text{gdzie} \quad I_V = \frac{U}{R_V} \quad \text{określa prąd płynący przez woltomierz zatem} \quad R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

Do pomiaru dużych rezystancji stosuje się układ poprawnie mierzonego prądu. Wykonywany jest wówczas bezpośredni pomiar prądu płynącego I przez badaną rezystancję oraz pomiar spadku napięcia U na szeregowym połączeniu badanej rezystancji i rezystancji wewnętrznej amperomierza. Wartość rezystancji oblicza się z zależności uwzględniającej rezystancję wewnętrzną amperomierza R_A

$$R = \frac{U}{I} - R_A.$$

Metoda techniczna jest również stosowana do pomiaru mocy prądu stałego.

Metoda porównawcza napięć



Rys. 28. Schemat układu do pomiaru rezystancji metodą porównania napięć

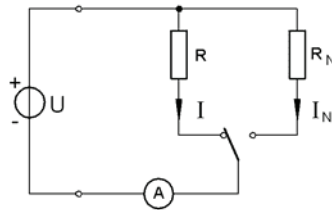
W układzie pomiarowym połączone są szeregowo rezystancja badana i rezystancja wzorcowo o znanej wartości R_N . Mierzone są spadki napięcia: U na rezystancji badanej i U_N na rezystancji wzorcowej. Przez oba rezystory płynie ten sam prąd I .

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{oraz} \quad I = \frac{U_N}{R_N}$$

Następnie obliczana jest wartość rezystancji badanej na podstawie zależności:

$$\frac{U}{R} = \frac{U_N}{R_N} \quad \text{zatem} \quad R = \frac{U}{U_N} \cdot R_N$$

Metoda porównawcza prądów



Rys. 29. Schemat układu do pomiaru rezystancji metodą porównania prądów

W układzie pomiarowym połączone są równolegle rezystancja badana i rezystancja wzorcowa o znanej wartości R_N . Mierzone są prądy: I płynący przez rezystancję badaną i I_N płynący przez rezystancję wzorcową. Na obu rezystorach jest to samo napięcie U

$$U = I R \quad \text{oraz} \quad U = I_N R_N$$

Następnie obliczana jest wartość rezystancji badanej na podstawie zależności:

$$I R = I_N R_N \quad \text{zatem} \quad R = \frac{I_N}{I} \cdot R_N$$

Metody porównawcze pomiaru rezystancji wykorzystuje się stosunkowo rzadko; do pomiaru małych rezystancji lepiej nadaje się metoda porównania napięć, do pomiaru dużych rezystancji metoda porównania prądów.

4.8.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz metody pośrednie pomiaru rezystancji?
2. Na czym polega pomiar rezystancji metodą techniczną?
3. Jakie układy wykorzystuje się w metodzie technicznej pomiaru rezystancji?
4. Na czym polega pomiar rezystancji metodą porównania napięć?
5. Na czym polega pomiar rezystancji metodą porównania prądów?

4.8.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj pomiary rezystancji metodą porównania napięć.

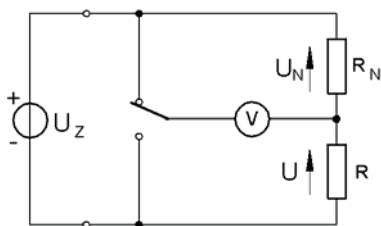


Tabela obliczeń i wyników pomiarów.

R [kΩ]	U_N [V]	U [V]	obliczona wartość rezystancji [kΩ]
0,1			
10			
2,2			

Schemat układu do pomiaru rezystancji metodą porównania napięć

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne zapisując ich oznaczenia,
- 3) wybrać tryb pracy miernika,

- 4) połączyć układ pomiarowy używając jako wzorcowego rezystora $R_N=1k\Omega$,
- 5) wykonać pomiary napięć w układzie kolejno dla poszczególnych badanych rezystorów,
- 6) zapisać wyniki w tabeli wyników pomiarów,
- 7) obliczyć wartości badanych rezystancji na podstawie zależności:

$$R = \frac{U}{U_N} \cdot R_N,$$

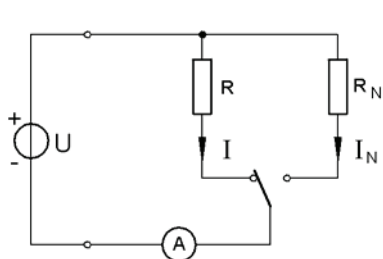
- 8) porównać obliczone wartości z parametrami rezystorów odczytanymi z oznaczeń,
- 9) oszacować dokładność pomiarów, sformułować wnioski,
- 10) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz stabilizowany napięcia stałego +15 V,
- rezystory: $R=10k\Omega$, $R=1k\Omega$, $R=2,2k\Omega$, $R=100\Omega$,
- miernik uniwersalny analogowy lub cyfrowy,
- przełącznik dwupozycyjny.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiary rezystancji metodą porównania prądów.



Schemat układu do pomiaru rezystancji metodą porównania prądów

Tabela obliczeń i wyników pomiarów

R [kΩ]	I_N [mA]	I [mA]	obliczona wartość rezystancji [kΩ]
0,1			
10			
2,2			

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne zapisując ich oznaczenia,
- 3) wybrać tryb pracy miernika,
- 4) połączyć układ pomiarowy używając jako wzorcowego rezystora $R_N=1k\Omega$,
- 5) wykonać pomiary prądów w układzie kolejno dla poszczególnych badanych rezystorów,
- 6) zapisać wyniki w tabeli wyników pomiarów,
- 7) obliczyć wartości badanych rezystancji na podstawie zależności:

$$R = \frac{I_N}{I} \cdot R_N,$$

- 8) porównać obliczone wartości z parametrami rezystorów odczytanymi z oznaczeń,
- 9) oszacować dokładność pomiarów, sformułować wnioski,
- 10) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz stabilizowany napięcia stałego +15 V,
- rezystory: $R=10k\Omega$, $R=1k\Omega$, $R=2,2k\Omega$, $R=100\Omega$,

- miernik uniwersalny analogowy lub cyfrowy,
- przełącznik dwupozycyjny.

5.8.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wyjaśnić, na czym polegają metody pośrednie pomiaru rezystancji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zastosować układ poprawnie mierzonego prądu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) zastosować układ poprawnie mierzonego napięcia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wykonać pomiary rezystancji metodą porównania napięć?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wykonać pomiary rezystancji metodą porównania prądów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.9. Moc prądu stałego

4.9.1. Materiał nauczania

Na skutek przepływu prądu w obwodzie elektrycznym elementy źródłowe oddają lub pobierają energię elektryczną, natomiast elementy odbiorcze, zawsze pobierają energię elektryczną.

Moc P pobierana przez elementy odbiorcze jest równa iloczynowi prądu I przepływającego przez element i spadku napięcia U na nim:

$$P = U \cdot I$$
$$[P] = W$$

jednostką mocy jest wat [W].

Jeżeli prąd I lub napięcie U obliczamy z prawa Ohma, zależność opisująca moc przyjmie jedną z dwóch postaci

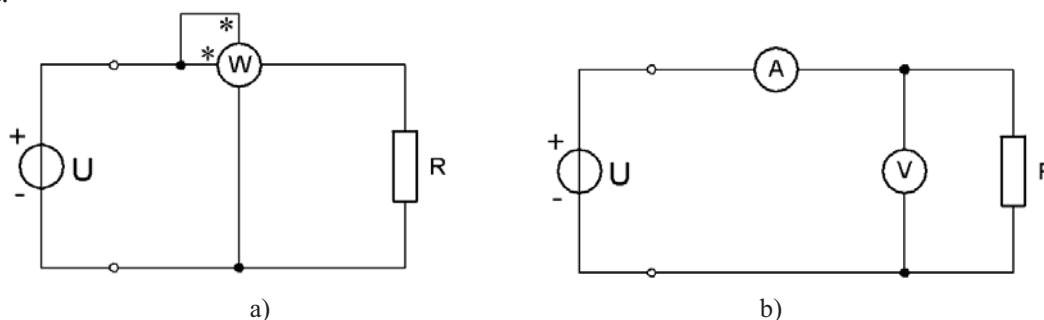
$$P = \frac{U^2}{R} \quad \text{lub} \quad P = I^2 \cdot R .$$

Moc oddawana przez elementy źródłowe określana jest z zależności

$$P = U_z \cdot I$$

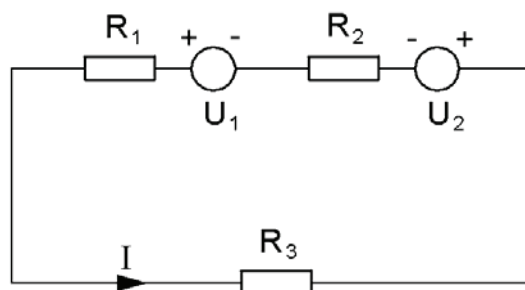
gdzie U_z , jest napięciem źródłowym, natomiast I oznacza prąd płynący w gałęzi z rozpatrywanym źródłem.

Pomiaru mocy w układach prądu stałego można dokonać metodą bezpośrednią za pomocą watomierza lub w sposób pośredni metodą techniczną poprzez pomiar spadku napięcia i prądu.



Rys. 30. Układy do pomiaru mocy metodą: a) bezpośrednią, b) metodą techniczną

W obwodzie elektrycznym występuje bilans mocy, w myśl którego, suma algebraiczna mocy oddanych (lub pobranych) przez źródła energii elektrycznej jest równa sumie mocy pobranych przez rezystory stanowiące odbiorniki.



Rys. 31. Schemat szeregowego obwodu prądu stałego

W układzie na rys. 31 równanie bilansu mocy ma postać:

$$U_1 \cdot I - U_2 \cdot I = R_1 \cdot I^2 + R_2 \cdot I^2 + R_3 \cdot I^2$$

4.9.2 Spytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Od czego zależy wartość mocy wydzielonej na oporniku?
2. Z jakiej zależności można obliczyć moc oddaną przez źródło napięcia do obwodu?
3. O czym mówi bilans mocy w układzie prądu stałego?
4. Jakie znasz metody pomiaru mocy prądu stałego?
5. Jakich mierników należy użyć do pomiaru mocy prądu stałego metodą bezpośrednią?
6. Jakich mierników należy użyć do pomiaru mocy prądu stałego metodą pośrednią?

4.9.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oblicz wartości mocy wydzielonej na poszczególnych rezystorach i napisz równanie bilansu mocy dla obwodu szeregowego składającego się z rezystorów $R_1=1k\Omega$, $R_2=2,2k\Omega$, $R_3=1,8k\Omega$ oraz źródła napięcia stałego $U = 15V$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) narysować schemat obwodu,
- 3) obliczyć prąd płynący w obwodzie,
- 4) obliczyć wartości mocy wydzielonej na poszczególnych rezystorach,
- 5) sformułować i sprawdzić równanie bilansu mocy dla układu,
- 6) zaprezentować wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- kalkulator,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiary mocy prądu stałego.

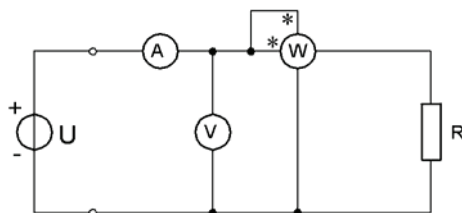


Tabela obliczeń i wyników pomiarów

U[V]	I [mA]	P[W]	Wskazanie watomierza [W]

Schemat układu do pomiaru mocy prądu stałego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zgromadzić potrzebną aparaturę i elementy elektryczne zapisując ich oznaczenia,

- 3) połączyć układ pomiarowy,
- 4) wykonać pomiary prądów, napięć i mocy zmieniając wartość napięcia od 0 do 10V co 1V,
- 5) zapisać wyniki w tabeli wyników pomiarów,
- 6) obliczyć wartość mocy na podstawie wskazań woltomierza i amperomierza, korzystając ze wzoru: $P = U \cdot I$,
- 7) porównać obliczone wartości mocy ze wskazaniami watomierza,
- 8) oszacować dokładność pomiarów, sformułować wnioski,
- 9) sporządzić sprawozdanie z ćwiczenia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz stabilizowany regulowany w zakresie 0V÷15V,
- multimetr cyfrowy i analogowy,
- watomierz,
- rezystor $R = 100\Omega$.

4.9.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) obliczyć moc wydzieloną na rezystorze w obwodzie prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) obliczyć moc oddaną do układu przez źródło napięcia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać mierniki do pomiaru mocy prądu stałego metodą bezpośrednią?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać mierniki do pomiaru mocy prądu stałego metodą pośrednią?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wykonać pomiar mocy metodą bezpośrednią?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wykonać pomiar mocy metodą techniczną?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.10. Oddziaływanie prądu stałego na organizm ludzki

4.10.1. Materiał nauczania

Progowe wartości odczucia przepływu prądu przez elektrodę trzymaną w ręku wynoszą dla prądu stałego: dla mężczyzn 5,0 mA dla kobiet 3,5 mA.

Skutki oddziaływania prądu na organizm ludzki zależą od rodzaju, natężenia, drogi i czasu przepływu prądu oraz stanu zdrowia porażonego. Można je podzielić na fizyczne (np. skutki cieplne), chemiczne (zmiany elektrolityczne) i biologiczne (wszelkiego rodzaju zaburzenia czynności).

W wyniku działania prądu stałego (inaczej niż w wyniku działania prądu zmiennego) zmienia się stężenie jonów w komórkach i w przestrzeniach międzykomórkowych organizmu, powodując zaburzenia ich czynności.

Przepływ prądu przez ciało człowieka oddziałuje na :

- układ krążenia, powodując zaburzenia pracy serca, aż do zatrzymania jego czynności i ustania krążenia krwi,
- układ oddechowy, powodując zaburzenia oddychania co w efekcie prowadzi do duszenia,
- układ nerwowy, porażając go i powodując utratę przytomności, a nawet uszkodzenie lub zniszczenie mózgu,
- skórę, mięśnie i kości, powodując oparzenia, zerwania mięśni i uszkodzenia kości.

Prąd elektryczny może oddziaływać również pośrednio na organizm ludzki, gdy w wyniku zwarcia w urządzeniu elektrycznym występuje łuk elektryczny. Skutkiem tego oddziaływania mogą być uszkodzenia skóry, oparzenia, uszkodzenia cieplne i świetlne oka.

Przyczyny porażen prądem to najczęściej: lekkomyślność, nieostrożność, lekceważenie przepisów, omyłki, zła organizacja pracy, brak odpowiedniej konserwacji lub kontroli urządzeń zabezpieczających, brak nadzoru, nieznanostwo instrukcji obsługi urządzeń. Następstwem tych przyczyn jest najczęściej dotknięcie części znajdujących się pod napięciem względem ziemi. Jeśli dotykający stoi na ziemi lub przewodzącej konstrukcji, nastąpi przepływ prądu przez jego ciało.

Napięcie dotykowe to napięcie między dwoma punktami, nie należącymi do obwodu elektrycznego, z którymi mogą się zetknąć jednocześnie ręce lub ręka i stopa człowieka.

Ochronę przeciwporażeniową dzieli się na :

- ochronę przed dotykiem bezpośrednim (ochronę podstawową),
- ochronę przed dotykiem pośrednim (ochronę dodatkową),
- równoczesną ochronę przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim.

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim ma zapobiegać:

- dotknięciu tych części urządzeń elektrycznych, które mogą znaleźć się pod napięciem w czasie normalnej pracy urządzeń (tzw. części czynne),
- udzielaniu się napięcia przedmiotom lub częściom urządzeń normalnie nie znajdującym się pod napięciem,
- szkodliwemu działaniu łuku elektrycznego.

Do środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim zalicza się m.in. izolowanie części czynnych oraz zastosowanie obudów i osłon.

Ochrona przed dotykiem pośrednim ma zapobiegać porażeniu w przypadku dotknięcia do części przewodzących dostępnych (np. obudowy urządzenia), które znalazły się nagle pod napięciem, np. w wyniku uszkodzenia izolacji. Działanie tej ochrony polega na uniemożliwieniu przepływu prądu przez ciało człowieka, albo na ograniczeniu wartości lub czasu przepływu prądu. Ochronę taką w sieciach i instalacjach niskiego napięcia najczęściej zapewnia się przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania.

Ochrona równoczesna przed dotykiem bezpośrednim i dotykiem pośrednim polega na zasilaniu urządzeń bardzo niskim napięciem oraz odizolowaniu odbiorczych od innych obwodów.

W przypadku porażenia prądem ratownik powinien:

- uwolnić człowieka porażonego spod napięcia,
- rozpoznać stan zagrożenia porażonego,
- zastosować najlepszą metodę ratownictwa.

Pierwsza pomoc składa się z : zabiegów ożywiających i opatrzenia obrażeń.

Na zabiegi ożywiające składają się:

- przywracanie i podtrzymanie drożności oddechowej,
- sztuczne oddychanie,
- sztuczne krążenie z równoczesnym sztucznym oddychaniem.

Opatrzenie obrażeń polega na zabezpieczeniu oparzeń skóry, złamań, zranień, krwotoków itp.

4.10.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są progowe wartości odczucia przepływu prądu?
2. Na jakie układy w organizmie człowieka oddziałuje przepływ prądu?
3. Z jakim działaniami wiąże się pojęcie napięcia dotykowego?
4. Czemu zapobiega podstawowa ochrona przeciwporażeniowa?
5. Na czym polega dodatkowa ochrona przeciwporażeniowa?
6. Jakie czynności powinien wykonać ratownik w przypadku porażenia prądem?
7. Jakie zabiegi zalicza się do ożywiających?

4.10.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Sporządź plan działań, jakie powinny być podjęte w przypadku porażenia prądem ucznia w czasie zajęć laboratoryjnych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) przeanalizować treść zadania,
- 2) zanalizować sytuację porażenia prądem ucznia,
- 3) sporządzić plan działań w przypadku porażenia prądem ucznia,
- 4) zaprezentować wyniki swojej pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt,
- literatura uzupełniająca zgodna z punktem 6.

4.10.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) określić skutki oddziaływania prądu stałego na organizm ludzki? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) wskazać przyczyny porażenia prądem elektrycznym? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) określić sfery działania ochrony podstawowej? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) wskazać działania związane z ochroną dodatkową? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) określić rodzaj i kolejność działań jakie powinien wykonać ratownik w przypadku porażenia prądem? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6. LITERATURA

1. Bartodziej G., Kałuża E. : Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 2000
2. Bastion P., Schuberth G., Spielvogel O., Steil H., Koty K., Ziegler K.: Praktyczna elektrotechnika. REA, Warszawa 2003
3. Bolkowski S.: Elektrotechnika. WSiP, Warszawa 2000
4. Bolkowski S., Brociek W., Rawa H.: Teoria obwodów elektrycznych w zadaniach. WNT, Warszawa 1995
5. Chwaleba A., Moeschke B., Płoszajski G.: Elektronika WSiP, Warszawa 1999
6. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne. WSiP, Warszawa 2001
7. <http://serwis-tv>
8. Koblarski W., Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 1999
9. Michel K., Sapiński T.: Czytam rysunek elektryczny. WSiP, Warszawa 1999
10. Pilawski M.: Pracownia elektryczna. WSiP, Warszawa 2001
11. Poradnik Elektryka. Praca zbiorowa WSiP, Warszawa 1995
12. www.elfa.se