

2



ELEKTRYK

**Obliczanie i pomiary parametrów
obwodu prądu stałego**



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Barbara Kapruziak

Obliczanie i pomiary parametrów obwodu prądu stałego 724[01]O1.02

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007

Recenzenci:

mgr inż. Henryk Kucharski
prof. PŁ dr hab. inż. Krzysztof Pacholski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01]O1.02 „Obliczanie i pomiary parametrów obwodu prądu stałego”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	4
2. Wymagania wstępne	6
3. Cele kształcenia	7
4. Materiał nauczania	8
4.1. Struktura obwodu elektrycznego	8
4.1.1. Materiał nauczania	8
4.1.2. Pytania sprawdzające	11
4.1.3. Ćwiczenia	11
4.1.4. Sprawdzian postępów	12
4.2. Podstawowe wielkości obwodu prądu stałego	13
4.2.1. Materiał nauczania	13
4.2.2. Pytania sprawdzające	14
4.2.3. Ćwiczenia	14
4.2.4. Sprawdzian postępów	15
4.3. Podstawowe prawa w obwodach prądu stałego. Połączenia rezystorów	16
4.3.1. Materiał nauczania	16
4.3.2. Pytania sprawdzające	19
4.3.3. Ćwiczenia	20
4.3.4. Sprawdzian postępów	21
4.4. Obliczanie obwodów rozgałęzionych metodą praw Kirchhoffa	22
4.4.1. Materiał nauczania	22
4.4.2. Pytania sprawdzające	23
4.4.3. Ćwiczenia	23
4.4.4. Sprawdzian postępów	23
4.5. Pomiary prądu, napięcia i rezystancji w obwodach prądu stałego	24
4.5.1. Materiał nauczania	24
4.5.2. Pytania sprawdzające	27
4.5.3. Ćwiczenia	27
4.5.4. Sprawdzian postępów	28
4.6. Moc i energia elektryczna prądu stałego	29
4.6.1. Materiał nauczania	29
4.6.2. Pytania sprawdzające	30
4.6.3. Ćwiczenia	30
4.6.4. Sprawdzian postępów	31
4.7. Oddziaływanie cieplne prądu stałego	32
4.7.1. Materiał nauczania	32
4.7.2. Pytania sprawdzające	33
4.7.3. Ćwiczenia	33
4.7.4. Sprawdzian postępów	33
4.8. Stany pracy źródła napięcia. Sprawność źródła	34
4.8.1. Materiał nauczania	34
4.8.2. Pytania sprawdzające	35
4.8.3. Ćwiczenia	36
4.8.4. Sprawdzian postępów	36

4.9. Baterie, akumulatory. Lokalizacja uszkodzeń w obwodach elektrycznych	37
4.9.1. Materiał nauczania	37
4.9.2. Pytania sprawdzające	40
4.9.3. Ćwiczenia	40
4.9.4. Sprawdzian postępów	41
5. Sprawdzian osiągnięć	42
6. Literatura	47

1. WPROWADZENIE

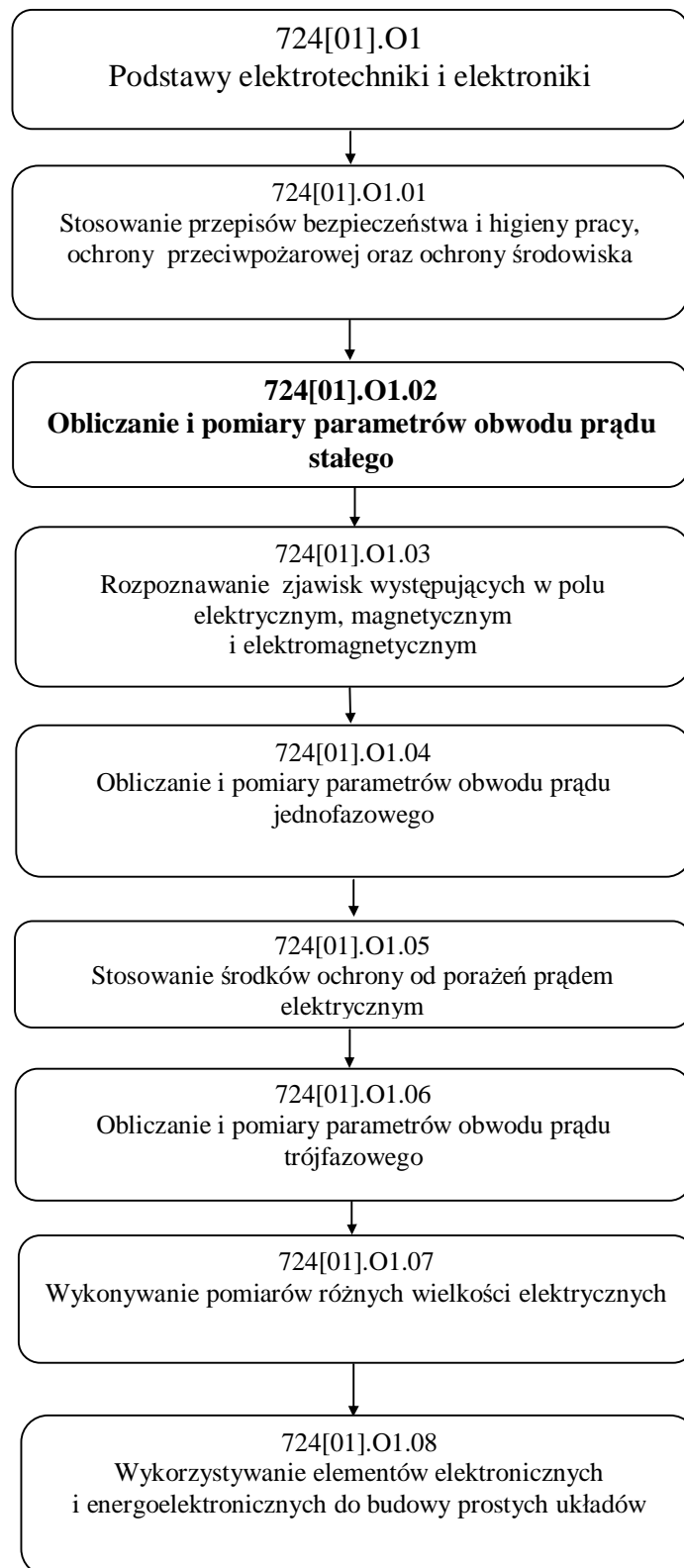
Poradnik, który Ci przekazujemy będzie pomocny w przyswajaniu wiedzy dotyczącej obwodów elektrycznych prądu stałego, a także w kształtowaniu umiejętności obliczania tych obwodów i wykonywania pomiarów wielkości elektrycznych.

W Poradniku będziesz mógł znaleźć następujące informacje ogólne:

- wymagania wstępne określające umiejętności, jakie powinieneś posiadać, abyś mógł bez problemów rozpocząć pracę z poradnikiem,
- cele kształcenia, czyli wykaz umiejętności, jakie opanujesz w wyniku kształcenia w ramach tej jednostki modułowej,
- materiał nauczania, czyli wiadomości teoretyczne konieczne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań sprawdzających czy opanowałeś już podane treści,
- ćwiczenia zawierające polecenia, sposób wykonania oraz wyposażenie stanowiska pracy, które pozwolą Ci ukształtować określone umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów pozwalający sprawdzić Twój poziom wiedzy po wykonaniu ćwiczeń,
- sprawdzian osiągnięć opracowany w postaci testu, który umożliwi Ci sprawdzenie Twoich wiadomości i umiejętności opanowanych podczas realizacji programu danej jednostki modułowej,
- literaturę związaną z programem jednostki modułowej umożliwiającą pogłębienie Twojej wiedzy z zakresu programu tej jednostki.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

W czasie pobytu w pracowni musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych, wynikających z rodzaju wykonywanych prac. Przepisy te poznasz podczas trwania nauki.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- komunikować się i pracować w zespole,
- dokonywać oceny swoich umiejętności,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- wyszukiwać, selekcjonować, porządkować, przetwarzać i przechowywać informacje niezbędne do wykonywania zadań zawodowych,
- interpretować założenia teoretyczne i stosować je w praktyce,
- przedstawiać graficznie zależności oraz interpretację wykresów, tabel i schematów,
- analizować treść działania, dobierać metody i plan rozwiązania,
- uzasadniać działanie na podstawie określonej teorii, planować czynności,
- prezentować wyniki opracowań,
- opisywać budowę atomu,
- rozróżniać podstawowe materiały stosowane w elektrotechnice,
- rozpoznawać symbole graficzne i oznaczenia stosowane w rysunku technicznym elektrycznym,
- odczytywać proste schematy elektryczne,
- rysować proste schematy elektryczne,
- stosować przepisy ochrony ppoż. i ochrony środowiska,
- wykonywać podstawowe operacje matematyczne, m.in. przekształcanie wzorów.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozpoznać podstawowe wielkości elektryczne obwodów prądu stałego i ich jednostki,
- rozpoznać podstawowe elementy obwodów prądu stałego na podstawie symboli graficznych, oznaczeń literowo-cyfrowych oraz wyglądu zewnętrznego,
- objaśnić funkcje podstawowych elementów obwodów prądu stałego,
- objaśnić podstawowe zjawiska występujące w obwodach prądu stałego,
- obliczyć rezystancję zastępczą prostego obwodu prądu stałego,
- obliczyć prąd, napięcie i moc w obwodach prądu stałego,
- obliczyć parametry źródła napięcia w różnych stanach jego pracy,
- rozpoznać akumulatory na podstawie wyglądu zewnętrznego, symboli i oznaczeń,
- dobrać przyrząd pomiarowy do pomiaru określonej wielkości elektrycznej,
- zorganizować stanowisko do pomiarów zgodnie z przepisami bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony od porażen prądem elektrycznym i przeciwpożarowej,
- połączyć układ prądu stałego na podstawie schematu elektrycznego,
- dobrać zakres pomiarowy miernika do pomiaru wielkości elektrycznej,
- zmierzyć podstawowe wielkości elektryczne w obwodach prądu stałego,
- obliczyć na podstawie wyników pomiaru podstawowe parametry obwodów prądu stałego,
- zlokalizować proste usterki w obwodach prądu stałego,
- wykonać proste naprawy w obwodach prądu stałego,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony od porażen prądem elektrycznym i ochrony przeciwpożarowej podczas wykonywania pomiarów.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Struktura obwodu elektrycznego

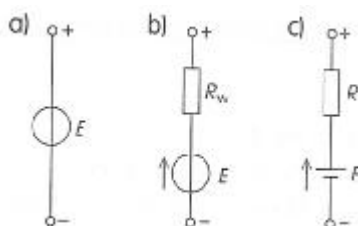
4.1.1. Materiał nauczania

Prąd elektryczny jest to zjawisko uporządkowanego ruchu ładunków elektrycznych przez dowolny przekrój poprzeczny środowiska, zaś pod pojęciem **obwodu elektrycznego** rozumiemy zbiór elementów połączonych ze sobą w taki sposób, że możliwy jest przepływ prądu elektrycznego co najmniej jedną drogą.

W skład obwodu elektrycznego wchodzi:

- **elementy źródłowe**, czyli elementy aktywne wymuszające przepływ prądu,
- **elementy odbiorcze**, czyli elementy pasywne (rezystory, cewki, kondensatory, silniki, źródła światła itp.), w których energia elektryczna przetwarzana jest w inny rodzaj energii np. w energię cieplną, mechaniczną czy świetlną.

Graficznie obwód przedstawia się w postaci schematu, na którym podany jest sposób połączenia poszczególnych elementów. Elementy te przedstawione są za pomocą symboli graficznych.



Rys. 1. Symbole graficzne źródła napięcia: a) idealnego, b) rzeczywistego c) symbol ogniwa [4, s.14]

Głównym elementem obwodu jest źródło. Źródło rzeczywiste charakteryzuje się siłą elektromotoryczną E (sem) oraz rezystancją wewnętrzną R_w - symbole graficzne źródła napięcia przedstawia rysunek 1.

Siła elektromotoryczna jest to różnica potencjałów między zaciskami źródła napięcia w warunkach, gdy to źródło nie dostarcza energii elektrycznej do odbiornika.

Jeden z zacisków źródła napięcia stałego ma potencjał wyższy – jest to biegun dodatni, oznaczony (+), zaś drugi zacisk ma potencjał niższy i jest to biegun ujemny, oznaczony (-). Biegunowość źródła oznaczamy za pomocą strzałki, której grot wskazuje biegun (+).

Na schemacie obwodu elektrycznego obok źródła umieszcza się jeszcze odbiorniki oraz elementy pomocnicze typu wyłączniki, przełączniki, przyrządy pomiarowe np. amperomierze, woltomierze, watomierze. Każdy z tych elementów przedstawiony jest za pomocą odpowiedniego symbolu graficznego. Wybrane symbole graficzne stosowane w elektrotechnice przedstawia tabela 1.

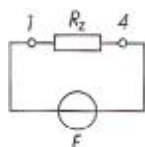
Tabela 1. Ważniejsze symbole graficzne stosowane w elektrotechnice [1, s.11]

Lp.	Nazwa	Symbol obowiązujący		Inne symbole dotychczas stosowane, uwagi
		podstawowy (forma 1)	dozwolony (forma 2)	
1	Źródło idealne napięcia			
2	Ogniwo galwaniczne lub akumulator			Kreska dłuższa przedstawia biegun dodatni, kreska krótsza ujemny
3	Bateria akumulatorów lub ogniw			Należy podać napięcie baterii lub liczbę i rodzaj ogniw
4	Źródło idealne prądu			
5	Połączenie z korpusem, obudową (masą)			
6	Uziemienie – symbol ogólny			Istnieją oddzielne symbole na uziemienie bezsumowe i na uziemienie ochronne
7	Ekwipotencjalność			Połączenie z punktem o jednakowym, stałym potencjale, np. z masą
8	Rezystor			
9	Potencjometr			
10	Cewka			W symbolu graficznym indukcyjności obowiązują 3 łuki, zaś w symbolu cewki 2 do 4 w zależności od potrzeb
11	Transformator			
12	Kondensator			
13	Dioda prostownicza			
14	Tranzystor bipolarny NPN			Symbol obudowy można pominąć, o ile nie występuje galwaniczne połączenie, np. kolektora z obudową
15	Tranzystor bipolarny PNP			
16	Tyrystor triodowy			Istnieje 14 odmian różnych tyrystorów posiadających oddzielne symbole

Obwód elektryczny można również określić jako zbiór oczek, przy czym pod pojęciem oczka rozumiemy zbiór połączonych ze sobą gałęzi tworzących zamkniętą drogę dla przepływu prądu, mający te właściwość, że po usunięciu dowolnej gałęzi, pozostałe gałęzie nie tworzą już drogi zamkniętej dla przepływu prądu.

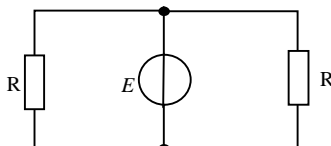
Gałąź obwodu elektrycznego z kolei jest utworzona przez jeden lub kilka połączonych ze sobą szeregowo elementów. Jeśli w jednym punkcie zbiegną się co najmniej trzy gałęzie, to w punkcie tym powstanie węzeł obwodu.

Jeśli obwód elektryczny zawiera tylko jedną gałąź (jedno oczko), to obwód taki nazywamy obwodem **nierozgałęzionym**. Występuje w nim tylko jeden prąd elektryczny taki sam w obu elementach: w elemencie źródłowym i elemencie odbiorczym. Schemat najprostszego obwodu nierozgałęzionego przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Schemat najprostszego obwodu elektrycznego nierozgałęzionego [2,s.35]

Jeśli obwód składa się z kilku gałęzi (posiada co najmniej dwa oczka), to obwód taki nazywamy obwodem **rozgałęzionym**. W obwodzie takim występuje więcej prądów – co najmniej trzy.



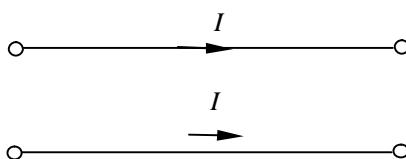
Rys. 3. Schemat obwodu elektrycznego rozgałęzionego (o dwóch węzłach i trzech gałęziach) [2, s.35]

Strzałkowanie w obwodach elektrycznych

Na schemacie obwodu elektrycznego za pomocą strzałek oznaczane są zwroty prądu w poszczególnych gałęziach oraz biegunowości napięć na elementach źródłowych i odbiorczych.

Strzałkę zwrotu prądu w odbiorniku zaznacza się od zacisku o potencjale wyższym (+) do zacisku o potencjale niższym (-).

W źródle napięcia zwrot prądu jest od zacisku o biegunowości (-) do zacisku o biegunowości (+).



Rys. 4. Sposoby znakowania prądu w gałęzi obwodu [2, s.37]

Przy przepływie prądu przez odbiornik na jego zaciskach występuje napięcie zwane spadkiem napięcia - strzałkę określającą biegunowość spadku napięcia na odbiorniku rysuje się w taki sposób, żeby grot strzałki wskazywał punkt o wyższym potencjale.

Z powyższego wynika, że na elementach źródłowych strzałki napięcia i prądu są zwrócone zgodnie, zaś na elementach odbiorczych strzałki napięcia i prądu są zwrócone przeciwnie.

Układ jednostek SI

W Polsce obowiązuje Międzynarodowy Układ Jednostek Miar SI, zwany krótko układem SI. W układzie tym występuje 7 jednostek podstawowych i 2 jednostki uzupełniające. Na podstawie jednostek podstawowych i uzupełniających tworzy się jednostki pochodne.

W praktyce stosuje się odpowiednie przedrostki i odpowiadające im mnożniki w celu utworzenia dziesiętnych wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar – pokazuje je tabela 2.

Tabela 2. Przedrostki wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar

Przedrostki wielokrotne			Przedrostki podwielokrotne		
Przedrostek	Oznaczenie	Mnożnik i znaczenie	Przedrostek	Oznaczenie	Mnożnik i znaczenie
tera	T	10^{12} 1 000 000 000 000	decy	d	10^{-1} 0,1
giga	G	10^9 1 000 000 000	centy	c	10^{-2} 0,01
mega	M	10^6 1 000 000	mili	m	10^{-3} 0,001
kilo	k	10^3 1 000	mikro	μ	10^{-6} 0,000 001
hekto	h	10^2 100	nano	n	10^{-9} 0, 000 000 001
deka	da	10^1 10	piko	p	10^{-12} 0,000 000 000 001

4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jak definiuje się pojęcie obwodu elektrycznego?
2. Jakie elementy obwodu elektrycznego można wyróżnić?
3. Jakie elementy nazywa się źródłowymi?
4. Co to są elementy odbiorcze?
5. Co to jest oczko obwodu elektrycznego?
6. Co to jest gałąź obwodu elektrycznego?
7. Co to jest węzeł obwodu elektrycznego?
8. Czym charakteryzuje się obwód nierozgałęziony?
9. Czym charakteryzuje się obwód rozgałęziony?
10. Jaka wielkość elektryczna charakteryzuje źródło napięcia stałego?
11. Jak oznacza się zwroty napięcia i prądu na elementach źródłowych?
12. Jak oznacza się zwroty napięcia i prądu na elementach odbiorczych?
13. Jak się tworzy wielokrotności jednostek miar?
14. Jak się tworzy podwielokrotności jednostek miar?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przedstaw poniższe wielkości elektryczne w jednostkach bez przedrostków stosując przeliczanie z wykorzystaniem wielokrotności i podwielokrotności:

$$U = 50 \text{ MV},$$

$$I = 150 \text{ }\mu\text{A},$$

$$R = 3,2 \text{ k}\Omega,$$

$$P = 200 \text{ mW}.$$

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) ustalić, czy jednostki wymienionych wielkości elektrycznych są zapisane w jednostkach podstawowych, uzupełniających czy pochodnych układu SI,
- 2) przypomnieć sobie, jakie są oznaczenia przedrostków wielokrotności i podwielokrotności jednostek oraz odpowiadające im mnożniki,
- 3) dokonać przeliczenia jednostek zgodnie z wymaganiami zawartymi w treści zadania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt ćwiczeń,
- długopis,
- kalkulator.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić elementy obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) narysować nierozgałęziony obwód elektryczny prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) narysować dowolny rozgałęziony obwód elektryczny prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) oznakować w dowolnym obwodzie prąd, sem. źródła i napięcie odbiornikowe?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wymienić spotykane w elektrotechnice jednostki podstawowe układu SI?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wymienić spotykane w elektrotechnice jednostki podstawowe układu SI?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) wykorzystać przedrostki wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar do obliczenia wartości wielkości charakteryzujących obwody elektryczne?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Podstawowe wielkości obwodu prądu stałego

4.2.1. Materiał nauczania

Rezystancja przewodnika – jest to cecha przewodnika, która przy niezmienniej temperaturze zależy od jego wymiarów geometrycznych i rodzaju materiału, z którego został on wykonany. Dla przewodników o długości l i stałym przekroju poprzecznym S rezystancję oblicza się z zależności:

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

Rezystancja przewodu jest więc wprost proporcjonalna do jego długości (wzrasta ze wzrostem długości), a odwrotnie proporcjonalna do jego przekroju (maleje ze wzrostem przekroju).

We wzorze współczynnik ρ nazywa się **rezystywnością** (oporem elektrycznym właściwym) i określa rezystancję przewodnika o jednostkowej długości i jednostkowym przekroju. Jednostką rezystywności jest $[\Omega \cdot m]$ (czytamy: omometr), dla długości przewodnika określonej w m i przekroju – w m^2 .

Rezystywność zależy od rodzaju materiału, z którego wykonano przewodnik; materiał jest tym lepszym przewodnikiem elektrycznym, im mniejsza jest jego rezystywność.

Wielkością, która charakteryzuje zdolność przewodnika do przewodzenia prądu jest **konduktancja** przewodnika (przewodność elektryczna), oznaczana literą G . Jednostką konduktancji jest siemens, oznaczany literą S .

Konduktancję oblicza się jako odwrotność rezystancji.

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

$$1[S] = \frac{1}{[\Omega]}$$

Z kolei odwrotność rezystywności nazywamy **konduktywnością** (przewodnością elektryczną właściwą), oznaczamy literą γ i wyrażamy jednostką: siemens na metr $[S/m]$

$$\gamma = \frac{1}{r}$$

Wzór do obliczania rezystancji, w którym rezystywność zostanie zastąpiona konduktywnością przyjmuje postać

$$R = \frac{1}{g \cdot S}$$

Wartości rezystywności i konduktywności wybranych materiałów pokazano w tabeli 3.

Tabela 3. Rezystywność i konduktywność materiałów przewodzących

Nazwa materiału	Rezystywność ρ	Konduktywność γ
	$\Omega \cdot m$	S/m
Srebro	$1,62 \cdot 10^{-8}$	$62,5 \cdot 10^6$
Miedź	$1,75 \cdot 10^{-8}$	$57,0 \cdot 10^6$
Aluminium	$2,83 \cdot 10^{-8}$	$35,3 \cdot 10^6$
Cynk	$6,30 \cdot 10^{-8}$	$15,9 \cdot 10^6$
Platyna	$11,10 \cdot 10^{-8}$	$9,0 \cdot 10^6$
Cyna	$12,00 \cdot 10^{-8}$	$8,3 \cdot 10^6$

Rezystywność, a tym samym rezystancja przewodnika, zależą od czynników zewnętrznych, a zwłaszcza od temperatury.

Zależność rezystancji od temperatury można wyrazić wzorem:

$$R = R_{20} [1 + \alpha (J - 20)]$$

gdzie: R_{20} - rezystancja przewodnika w temperaturze równej 20°C , J - rzeczywista temperatura przewodnika, α - współczynnik temperaturowy rezystancji dla temperatury 20°C .

Rezystancja metali wzrasta wraz ze wzrostem temperatury (współczynnik α jest dodatni), zaś rezystancja elektrolitów i węgla maleje (współczynnik α jest ujemny).

4.2.2. Pytania sprawdzające

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

1. Od czego zależy rezystancja przewodu?
2. Jakim wzorem wyraża się rezystancja przewodu o danym przekroju S i długości l ?
3. Jak zmieni się wartość rezystancji linii przesyłowej wykonanej z przewodu miedzianego, jeżeli jej długość zmniejszymy dwukrotnie a jej przekrój zwiększymy trzykrotnie?
4. Co to jest rezystywność i jaka jest jej jednostka?
5. Co to jest konduktancja i w jakich jednostkach jest wyrażana?
6. Co to jest konduktywność i w jakich jednostkach jest podawana?
7. Jaki wpływ na rezystancję materiałów ma temperatura?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Połączenia elektryczne w pomieszczeniu wykonane są przewodami miedzianymi o przekroju 1mm^2 i długości 12 m. Jaka jest wartość rezystancji tych przewodów?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapisać wzór na obliczanie rezystancji, opisujący jej zależność od wymiarów i rodzaju materiału przewodnika,
- 2) odczytać z tabeli 3 wartość rezystywności dla przewodów miedzianych,
- 3) sprawdzić, czy wszystkie wielkości – rezystywność dla przewodów miedzianych ρ , przekrój przewodów S i długość przewodów l są podane w jednostkach zgodnie z układem SI (jeśli nie - dokonać odpowiedniego przeliczenia),
- 4) podstawić dane do wzoru i obliczyć rezystancję przewodów, o których mowa w ćwiczeniu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt ćwiczeń,
- długopis,
- kalkulator.

Ćwiczenie 2

Połączenia elektryczne w pomieszczeniu wykonane są przewodami miedzianymi o przekroju S i długości l . Jak zmieni się rezystancja przewodów, gdy dwukrotnie zmniejszymy długość połączeń i dwukrotnie zmniejszymy przekrój?

Jak zmieni się wartość rezystancji, gdy przewody miedziane zastąpimy aluminiowymi (przy takich samych wymiarach)?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapisać wzór na obliczanie rezystancji, opisujący jej zależność od wymiarów i rodzaju materiału przewodnika,
- 2) przeliczyć, jak zmieni się rezystancja w wyniku podanej zmiany wymiarów przewodnika,
- 3) sprawdzić, jak wpłynie na wartość rezystancji zmiana materiału, porównując wartości rezystywności obu materiałów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt ćwiczeń,
- długopis,
- tabela z podanymi wartościami rezystywności materiałów przewodzących.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

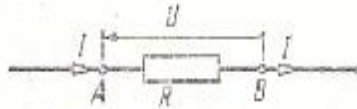
	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcie: rezystancja?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zdefiniować pojęcie: rezystywność?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) zdefiniować pojęcie: konduktancja?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zdefiniować pojęcie: konduktywność?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) obliczyć rezystancję przewodnika znając jego wymiary i materiał?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Podstawowe prawa w obwodach prądu stałego. Połączenia rezystorów

4.3.1. Materiał nauczania

Prawo Ohma

Rozpatrzmy odcinek AB obwodu elektrycznego prądu stałego, przedstawiony na rysunku 7.



Rys.7. Odcinek obwodu elektrycznego prądu stałego [5, s.21]

Prawo Ohma dla tego odcinka opisuje wzór:

$$I = \frac{U_{AB}}{R}$$

gdzie:

U_{AB} - napięcie doprowadzone do zacisków AB odcinka obwodu, wyrażone w woltach,

I - natężenie prądu przepływającego w odcinku obwodu, wyrażone w amperach,

R - rezystancja odcinka obwodu, wyrażona w omach.

Prawo Ohma można sformułować następująco:

wartość przepływającego w odcinku obwodu prądu I jest wprost proporcjonalna do napięcia U przyłożonego do zacisków tego odcinka obwodu i odwrotnie proporcjonalna do jego rezystancji R .

Prawo Ohma można

$$U_{AB} = I \cdot R$$

lub:

$$R = \frac{U_{AB}}{I}$$

I prawo Kirchhoffa

Pierwsze prawo Kirchhoffa dotyczy bilansu prądów w węźle obwodu elektrycznego.

Jest ono sformułowane następująco:

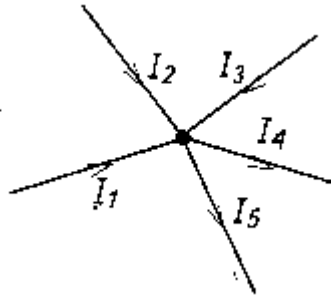
Dla każdego węzła obwodu suma algebraiczna prądów jest równa zeru:

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

gdzie: α - liczba gałęzi zbiegających się w węźle

Przyjmuje się umownie zasadę, że prądy zwrócone do węzła są dodatnie, zaś prądy zwrócone od węzła – ujemne.

I prawo Kirchhoffa można zobrazować analizując zwroty prądów zbiegających się w węźle przedstawionym na rysunku 8.



Rys. 8. Węzeł obwodu z zaznaczonymi zwrotami prądów [2, s.39]

Do węzła zwrócone są prądy: I_1, I_2, I_3 , a więc są to prądy dodatnie; od węzła zwrócone są prądy: I_4, I_5 , a więc są to prądy ujemne. Dla przedstawionego węzła I prawo Kirchhoffa przyjmuje więc postać:

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

Po przeniesieniu prądów ujemnych na drugą stronę równania (ze zmienionym znakiem) otrzymamy inną postać I prawa Kirchhoffa:

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

Inaczej można to prawo sformułować następująco: Suma prądów dopływających do węzła jest równa sumie prądów odpływających z węzła.

II prawo Kirchhoffa

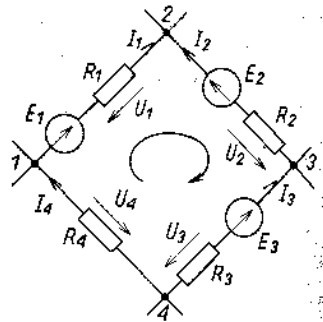
Drugie prawo Kirchhoffa dotyczy bilansu napięć w oczku obwodu elektrycznego. Jest ono sformułowane następująco:

W dowolnym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma algebraiczna napięć źródłowych oraz suma algebraiczna napięć odbiornikowych występujących na rezystancjach rozpatrywanego oczka jest równa zero.

$$\sum E_k + \sum R_\beta \cdot I_\beta = 0$$

gdzie: k - liczba źródeł w rozpatrywanym oczku,
 β - liczba rezystorów w rozpatrywanym oczku.

Na rysunku 9 przedstawione jest wyodrębnione oczko pewnego obwodu rozgałęzionego.



Rys. 9. Oczko obwodu elektrycznego [2, s. 40]

Po przyjęciu pewnego zwrotu obiegowego, który oznacza się strzałką wewnątrz oczka, podstawiamy do równania definicyjnego napięcia źródłowe i napięcia odbiornikowe z odpowiednimi znakami (dodatnimi, gdy strzałki zwrotów napięć są zgodne ze zwrotem obiegowym oczka i ujemnymi w przeciwnym wypadku).

Dla oczka przedstawionego na rys.9 II prawo Kirchhoffa przyjmuje postać:

$$E_1 - E_2 - E_3 - U_1 + U_2 + U_3 - U_4 = 0$$

Po przeniesieniu napięć odbiornikowych na drugą stronę równania otrzymujemy inną postać II prawa Kirchhoffa:

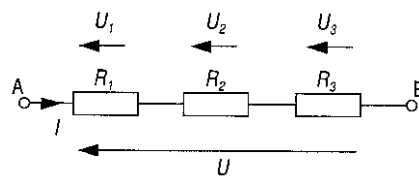
$$E_1 - E_2 - E_3 = U_1 - U_2 - U_3 + U_4$$

Inaczej można to prawo sformułować następująco:

W dowolnym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma algebraiczna napięć źródłowych jest równa sumie algebraicznej napięć odbiornikowych.

Połączenia szeregowe rezystorów

Łączenie szeregowe rezystorów polega na tym, że koniec jednego rezystora jest połączony z początkiem następnego – przedstawia to rysunek 10.



Rys. 10. Łączenie szeregowe rezystorów [5, s. 28]

Napięcie na zaciskach połączonych szeregowo rezystorów jest równe sumie napięć na poszczególnych rezystorach.

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3$$

Przy połączeniu szeregowym rezystorów przez wszystkie elementy przepływa ten sam prąd, a więc zgodnie z prawem Ohma spadki napięć na rezystorach R_1 , R_2 i R_3 będą równe:

$$U_1 = I \cdot R_1 \qquad U_2 = I \cdot R_2 \qquad U_3 = I \cdot R_3$$

Po podstawieniu do wzoru na napięcie U_{AB} otrzymujemy:

$$U_{AB} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$

$$U_{AB} = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

A więc:

$$U_{AB} = I \cdot R_{AB}$$

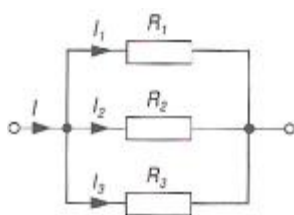
Gdzie: R_{AB} - rezystancja zastępcza równoważna rezystancjom połączonym szeregowo równa się sumie tych rezystancji:

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3$$

Rezystancja zastępcza dowolnej liczby rezystorów połączonych szeregowo jest równa sumie rezystancji poszczególnych rezystorów.

Połączenia równoległe rezystorów

Łączenie równoległe rezystorów polega na tym, że początki rezystorów łączymy ze sobą i końce tych rezystorów też łączymy ze sobą – przedstawia to rysunek 11.



Rys. 11. Łączenie równoległe rezystorów [5, s. 32].

Prąd I płynący od źródła do odbiorników, zgodnie z I prawem Kirchhoffa, jest równy sumie prądów płynących przez rezystancje R_1, R_2 i R_3 :

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Na wszystkich rezystorach występuje jednakowe napięcie doprowadzone do węzłów, a więc prądy można obliczyć ze wzorów (zgodnie z prawem Ohma):

$$I_1 = U/R_1 \qquad I_2 = U/R_2 \qquad I_3 = U/R_3$$

Podstawiając te wartości do wzoru na obliczenie prądu I otrzymamy:

$$\frac{U}{R_z} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

Po podzieleniu obu stron przez U otrzymamy:

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

Przy połączeniu równoległym dowolnej liczby rezystorów odwrotność rezystancji zastępczej R_z tego połączenia jest równa sumie odwrotności rezystancji poszczególnych rezystorów.

Połączenia mieszane rezystorów

Połączenie mieszane rezystorów występuje wtedy, gdy rozgałęziony obwód elektryczny prądu stałego zawiera elementy łączone zarówno szeregowo, jak i równoległe. W celu uproszczenia takiego obwodu i obliczenia jego parametrów stosujemy metodę przekształcania, polegającą na:

- wyodrębnieniu w schemacie rozpatrywanego obwodu jednorodnych grup połączeń rezystorów (szeregowo lub równoległe),
- obliczaniu kolejnych rezystancji zastępczych tych jednorodnych połączeń rezystorów, czyli w efekcie zastąpieniu wyjściowego obwodu obwodem równoważnym nierozgałęzionym, o określonej rezystancji zastępczej.

4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jak brzmi prawo Ohma dla odcinka obwodu przewodzącego prąd?
2. Jakim wzorem wyraża się prawo Ohma?
3. Jak brzmi I prawo Kirchhoffa?
4. Jak brzmi II prawo Kirchhoffa?
5. Jak oblicza się wartość rezystancji zastępczej szeregowego połączenia rezystorów?
6. Jak oblicza się wartość rezystancji zastępczej równoległego połączenia rezystorów?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

W pracowni elektrycznej wykonano serię pomiarów napięcia, natężenia prądu i rezystancji. Uzupełnij poniższą tabelkę obliczając brakujące wielkości:

U	15V	10V		6V	9mV	20mV
R		2k Ω	1 Ω		1 Ω	
I	5mA		5 μ A	3nA		5mA

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapisać prawo Ohma dla odcinka obwodu,
- 2) przekształcić tę zależność w taki sposób, by szukaną była brakująca w tabeli wielkość elektryczna,
- 3) sprawdzić, czy wszystkie wielkości – napięcie U , natężenie prądu I oraz rezystancja R są podane w jednostkach zgodnie z układem SI - jeśli nie, należy dokonać odpowiedniego przeliczenia,
- 4) podstawić dane do wzoru i obliczyć żadaną wielkość elektryczną.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

Ćwiczenie 2

Do węzła dopływają prądy I_1 i I_3 , zaś prądy I_2 , I_4 i I_5 wypływają z węzła. Uzupełnij poniższą tabelkę wykorzystując I prawo Kirchhoffa:

I_1	5 A	16 A	2,5 A		500 mA
I_2		2 A	3,5 A	750 mA	250 mA
I_3	1 A	3 A		2 A	3,5 A
I_4	3 A	10 A	500 mA	50 mA	
I_5	0,5 A		1 A	2,2 A	1 A

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapisać wzór obrazujący I prawo Kirchhoffa dla danego węzła,
- 2) przekształcić tę zależność w taki sposób, by szukaną wielkością był brakujący prąd,
- 3) sprawdzić, czy wszystkie wartości prądów są podane w jednostkach zgodnie z układem SI (jeśli nie, należy dokonać odpowiedniego przeliczenia),
- 4) obliczyć brakujący prąd zgodnie z odpowiednio przekształconym wzorem,
- 5) czynność powtórzyć 5-krotnie – dla każdego przypadku.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

Ćwiczenie 3

Oblicz rezystancję zastępczą trzech rezystorów połączonych szeregowo, mając następujące dane: $R_1 = 250 \Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ i $R_3 = 5500 \text{ m}\Omega$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapisać wzór dotyczący obliczania rezystancji zastępczej trzech rezystorów połączonych szeregowo,
- 2) sprawdzić, czy wartości wszystkich rezystancji: R_1 , R_2 i R_3 podane są w jednostkach zgodnie z układem SI - jeśli nie, należy dokonać odpowiedniego przeliczenia,
- 3) podstawić dane do wzoru i obliczyć rezystancję zastępczą połączenia szeregowego trzech rezystorów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

Ćwiczenie 4

Oblicz rezystancję zastępczą trzech rezystorów połączonych równolegle, mając następujące dane: $R_1 = 100 \text{ m}\Omega$, $R_2 = 20 \Omega$ i $R_3 = 0.04 \text{ M}\Omega$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapisać wzór dotyczący obliczania rezystancji zastępczej trzech rezystorów połączonych równolegle,
- 2) sprawdzić, czy wartości wszystkich rezystancji: R_1 , R_2 i R_3 podane są w jednostkach zgodnie z układem SI - jeśli nie, należy dokonać odpowiedniego przeliczenia,
- 3) podstawić dane do wzoru i obliczyć rezystancję zastępczą połączenia równoległego trzech rezystorów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) podać treść prawa Ohma?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) podać treść I prawa Kirchhoffa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) podać treść II prawa Kirchhoffa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zastosować prawo Ohma do wyznaczania parametrów obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) zastosować I prawo Kirchhoffa do wyznaczenia prądów w obwodzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) obliczyć rezystancję zastępczą szeregowego połączenia rezystorów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) obliczyć rezystancję zastępczą równoległego połączenia rezystorów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) obliczyć rezystancję zastępczą przy mieszanym połączeniu rezystorów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Obliczanie obwodów rozgałęzionych metodą praw Kirchhoffa

4.4.1. Materiał nauczania

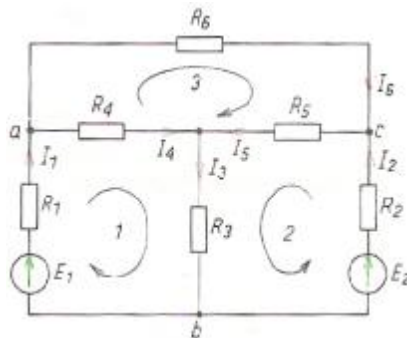
Rozwiązywanie obwodów rozgałęzionych metodą praw Kirchhoffa nazywane jest metodą klasyczną.

W metodzie tej należy ułożyć odpowiednią liczbę równań zgodnie z I i II prawem Kirchhoffa, zapisać je w postaci układu równań i rozwiązać ten układ np. metodą podstawiania.

Załóżmy, że mamy obwód zawierający v węzłów i b gałęzi. Aby rozwiązać ten układ, czyli wyznaczyć wartości wszystkich prądów, należy:

- napisać $(v - 1)$ równań niezależnych zgodnie z I prawem Kirchhoffa,
- napisać $(b - v + 1)$ równań niezależnych zgodnie z II prawem Kirchhoffa,
- ułożyć układ równań,
- rozwiązać układ równań.

Metodę praw Kirchhoffa można omówić na przykładzie obwodu przedstawionego na rysunku 12, przy założeniu, że znane są wartości obu napięć źródłowych E_1 i E_2 oraz wszystkie wartości rezystancji: $R_1 \div R_6$.



Rys. 12. Schemat obwodu do ilustracji obliczania obwodów metodą praw Kirchhoffa [2, s.56]

Algorytm postępowania:

1. Ustalamy liczbę węzłów: $v = 4$.
2. Ustalamy liczbę gałęzi: $b = 6$.
3. Ustalamy liczbę wymaganych równań zgodnie z I prawem Kirchhoffa:
 - $(v - 1) = 4 - 1 = 3$ równania dla 3 dowolnych węzłów.
4. Ustalamy liczbę wymaganych równań zgodnie z II prawem Kirchhoffa:
 - $(b - v + 1) = 6 - 4 + 1 = 3$ równania.
5. Oznaczamy prądy w gałęziach - zwroty prądów mogą być dowolne.
6. Układamy 3 równania zgodnie z I prawem Kirchhoffa:
 - dla węzła a: $I_1 = I_4 + I_6$
 - dla węzła b: $I_3 = I_1 + I_2$
 - dla węzła c: $I_5 = I_2 + I_6$
7. Wybieramy 3 oczka i przyjmujemy w nich dowolne zwroty obiegowe.
8. Układamy 3 równania zgodnie z II prawem Kirchhoffa:
 - dla oczka 1: $E_1 = R_1 I_1 + R_4 I_4 + R_3 I_3$
 - dla oczka 2: $E_2 = R_2 I_2 + R_5 I_5 + R_3 I_3$
 - dla oczka 3: $0 = R_6 I_6 + R_5 I_5 - R_4 I_4$
9. Układamy układ 6 równań.
10. Rozwiązujemy układ równań obliczając niewiadome prądy.
11. Obliczamy spadki napięć na poszczególnych elementach.

4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Od czego zależy liczba równań, które należy napisać dla danego obwodu zgodnie z I prawem Kirchhoffa?
2. Od czego zależy liczba równań, które należy napisać dla danego obwodu zgodnie z II prawem Kirchhoffa?
3. Ile równań niezależnych należy napisać dla obwodu elektrycznego o v węzłach?
4. Ile równań niezależnych należy napisać dla obwodu elektrycznego o b gałęziach i v węzłach?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dany jest układ składający się z 3 gałęzi; w 2 gałęziach włączone są równolegle źródła napięcia, zaś w trzeciej – odbiornik o rezystancji R . Oblicz wszystkie prądy w obwodzie mając następujące dane:

$$E_1 = 12 \text{ V}, R_{W1} = 0,5 \Omega, \quad E_2 = 9 \text{ V}, R_{W2} = 0,3 \Omega, \quad R = 10 \Omega.$$

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) narysować obwód odpowiadający treści ćwiczenia,
- 2) oznaczyć (w sposób dowolny) zwroty prądów w obwodzie oraz zwroty obiegowe oczek,
- 3) obliczyć liczbę równań, które należy ułożyć wg I i II prawa Kirchhoffa,
- 4) napisać wszystkie konieczne równania wg I i II prawa Kirchhoffa,
- 5) podstawić dane i rozwiązać układ równań z trzema niewiadomymi, znajdując w ten sposób wszystkie trzy prądy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

4.4.4. Sprawdzenie postępów

Czy potrafisz?

	Tak	Nie
1) określić liczbę równań wymaganą do rozwiązania układu według I prawa Kirchhoffa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić liczbę równań wymaganą do rozwiązania układu zgodnie z II prawa Kirchhoffa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) napisać równania według praw Kirchhoffa dla danego układu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) obliczyć parametry obwodów prądu stałego metodą praw Kirchhoffa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.5. Pomiary prądu, napięcia i rezystancji w obwodach prądu stałego

4.5.1. Materiał nauczania

Pomiar natężenia prądu

Natężenie prądu stałego mierzy się za pomocą amperomierza (elektronicznego lub magnetoelektrycznego) włączanego **szeregowo** z odbiornikiem.

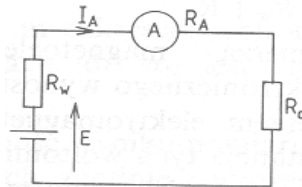
Przy pomiarze prądu amperomierzem analogowym (wskazówkowym), działającym na bazie ustroju magnetoelektrycznego, wartość natężenia prądu I_A (w amperach) wyznacza się ze wzoru:

$$I_A = \alpha \cdot c$$

gdzie: α – wychylenie wskazówki amperomierza w działkach,
 c – stała amperomierza, wyznaczona ze wzoru:

$$c = \frac{\text{zakres}}{a_{\max}} \left[\frac{A}{dz} \right]$$

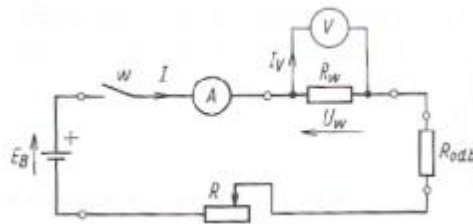
Sposób podłączenia amperomierza pokazany jest na rysunku 13.



Rys.13. Sposób podłączenia amperomierza [7,s.182]

Regulacja natężenia prądu

Regulacja natężenia prądu stałego może być zrealizowana w układzie przedstawionym na rysunku 14.



Rys. 14. Schemat jednostopniowego układu nastawiania prądu [5, s.59]

Zalecenia dotyczące przedstawionego układu:

- wartość rezystora nastawnego R dobrana zgodnie z zależnością: $R \approx 10 R_{\text{odb}}$,
- rezystor R_w dobrany do zakresu pomiarowego woltomierza,
- odbiornik, czyli rezystor R_{odb} , tak dobrany, aby nie obciążał zbyt mocno źródła napięcia,
- wszystkie rezystory o odpowiedniej obciążalności prądowej,
- możliwość pomiaru prądu amperomierzem w całym zakresie nastawiania tzn. od I_{\min} do I_{\max} ,
- przed załączeniem układu rezystor nastawny R nastawiony na maksimum rezystancji (minimalny prąd w chwili załączenia).

Pomiar napięcia

Napięcie stałe mierzy się za pomocą woltomierza włączanego **równolegle** z odbiornikiem.

Najczęściej stosuje się elektroniczny woltomierz analogowy lub cyfrowy, woltomierz magnetoelektryczny lub woltomierz elektrostatyczny (duże wartości napięcia stałego, rzędu wielu tysięcy woltów).

Przy pomiarze napięcia woltomierzem analogowym wartość napięcia U_V (w woltach) wyznacza się ze wzoru:

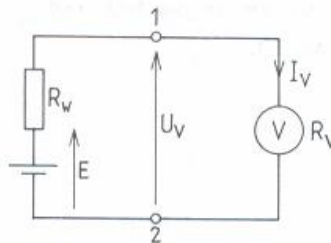
$$U_V = a \cdot c$$

gdzie: a – wychylenie wskazówki woltomierza w działkach,

c - stała woltomierza, wyznaczona ze wzoru:

$$c = \frac{\text{zakres}}{a_{\max}} \left[\frac{V}{dz} \right]$$

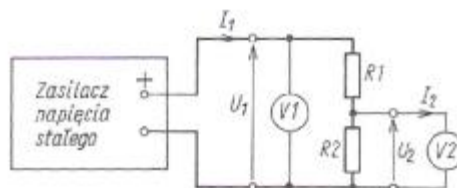
Sposób podłączenia woltomierza pokazany jest na rysunku 15.



Rys. 15. Podłączenie woltomierza prądu stałego [7,s.180]

Zakres woltomierza powinien być większy od wartości mierzonego napięcia, a wychylenie wskazówki a powinno zawierać się pomiędzy 2/3 pełnego wychylenia a pełnym jej wychyleniem (najdokładniejszy pomiar).

W przypadku, gdy zachodzi konieczność pomiaru napięcia o wartości większej niż napięcie odpowiadające największemu zakresowi woltomierza, stosuje się dzielnik napięcia. Układ służący do pomiaru napięcia stałego z zastosowaniem dzielnika napięcia przedstawia rysunek 16.



Rys. 16. Pomiar napięcia za pomocą dzielnika [5, s.46]

Dzielnik napięcia składa się z dwóch rezystorów połączonych szeregowo. Zostaje on dołączony do zacisków źródła napięcia U_1 . Napięcie U_1 wymusza przepływ prądu:

$$I_1 = U_1 / (R_1 + R_2).$$

Prąd ten wywołuje na rezystorze R_2 spadek napięcia:

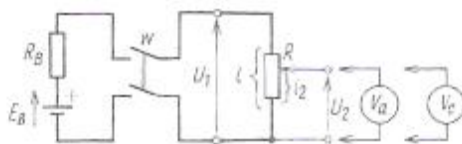
$$U_2 = I_1 R_2 = U_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

przy założeniu, że pomiar napięcia U_2 odbywa się bez poboru prądu ($I_2 = 0$) (bądź też prąd ten jest minimalnie mały).

Znając wartości rezystancji R_1 i R_2 oraz napięcia U_2 można określić wartość napięcia $U_1 > U_2$.

Regulacja napięcia

W przypadku konieczności nastawiania żądanej wartości napięcia w zadanych granicach stosuje się często układ potencjometryczny w postaci źródła napięcia i rezystora nastawnego w układzie dzielnika napięcia - rysunek 17.



Rys. 17. Schemat jednostopniowego układu nastawiania napięcia [5, s.48]

Na zaciskach woltomierza magnetoelektrycznego V_a lub cyfrowego V_c występuje napięcie U_2 , którego wartość zależy od położenia suwaka rezystora R . Potencjometr R umożliwia nastawianie napięcia w zakresie od 0 do U_{max} . Napięcie U_{max} jest zbliżone do napięcia U_1 ($U_1 \leq U_{max}$).

Pomiar rezystancji

Rezystancję można zmierzyć:

- 1) bezpośrednio za pomocą omomierza
- 2) pośrednio:
 - a) za pomocą mostków:
 - czteroramiennego mostka Wheatstone'a – do pomiaru rezystancji dużych,
 - sześcioramiennego mostka Thomsona – do pomiaru rezystancji małych,
 - b) metodą techniczną - za pomocą woltomierza i amperomierza w oparciu o prawo Ohma.

Podziałka omomierza szeregowego wyskalowana jest w omach – przedstawia ją rysunek 18.

Skala przyrządu jest nieliniowa, a podziałka posiada trzy charakterystyczne punkty:

- dla $R_x = 0$ wychylenie wskazówki $\alpha = \alpha_{max}$
- dla $R_x = \infty$ wychylenie wskazówki $\alpha = 0$
- dla $R_x = R$ wychylenie wskazówki $\alpha = 0,5\alpha_{max}$



Rys.18. Podziałka omomierza szeregowego [9, s.41]

Pomiar rezystancji metodą techniczną polega na pomiarze spadku napięcia U na badanej rezystancji oraz natężenia prądu I , a następnie wyliczeniu rezystancji na podstawie prawa Ohma. Istnieją dwa rodzaje układu pomiarowego:

- układ do pomiaru rezystancji małych,
- układ do pomiaru rezystancji dużych.

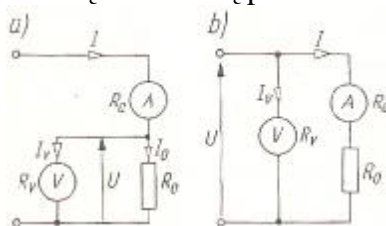
Aby dokonać wyboru układu pomiarowego należy wyznaczyć średnią geometryczną rezystancji wewnętrznych amperomierza i woltomierza ze wzoru:

$$R_g = \sqrt{R_a \cdot R_v}$$

Jeżeli mierzona rezystancja $R_x > R_g$, to należy wybrać układ do pomiaru rezystancji dużych, w przeciwnym przypadku – układ do pomiaru rezystancji małych.

Wybór właściwego układu pozwala na zmniejszenie błędu pomiarowego.

Układy do pomiaru rezystancji metodą techniczną pokazano na rysunku 19.



Rys. 19. Pomiar rezystancji metodą techniczną [5, s.54]]

a) układ do pomiaru rezystancji małych,

b) układ do pomiaru rezystancji dużych.

4.5.2. Pytania sprawdzające

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

1. W jaki sposób włącza się woltomierz w obwód elektryczny?
2. Kiedy i w jakim celu stosuje się dzielnik napięcia?
3. W jaki sposób włącza się amperomierz w obwód elektryczny?
4. Jaki miernik służy do bezpośredniego pomiaru rezystancji?
5. Na czym polega pomiar rezystancji metodą techniczną?
6. Kiedy należy wybrać układ do pomiaru rezystancji dużych?
7. Kiedy należy wybrać układ do pomiaru rezystancji małych?
8. W jakim celu stosuje się układ potencjometryczny?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Woltomierz o zakresie znamionowym 150 V i maksymalnej liczbie działek 75, wychylił się o 50 działek. Oblicz, jaką wartość napięcia wskazał woltomierz?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyznaczyć stałą woltomierza,
- 2) obliczyć napięcie wskazywane przez miernik,
- 3) zaprezentować wynik swoich obliczeń i uzasadnić tok postępowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt ćwiczeń,
- długopis,
- kalkulator.

Ćwiczenie 2

Amperomierz o zakresie znamionowym 1,5 A i maksymalnej liczbie działek 30, wskazał w obwodzie natężenie prądu o wartości 0,8 A. O ile działek wychyliła się wskazówka amperomierza?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) wyznaczyć stałą amperomierza,
- 2) obliczyć liczbę działek odpowiadającą natężeniu prądu 0,8 A,
- 3) zaprezentować wynik swoich obliczeń i uzasadnić tok postępowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt ćwiczeń,
- długopis,
- kalkulator.

Ćwiczenie 3

Wybierz układ do pomiaru rezystancji metodą techniczną mając do dyspozycji:

- rezystor o rezystancji 100 Ω ,
- woltomierz o rezystancji wewnętrznej $R_v = 900 \text{ k}\Omega$,
- amperomierz o rezystancji wewnętrznej $R_A = 4 \text{ m}\Omega$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) obliczyć średnią geometryczną rezystancji wewnętrznych mierników,
- 2) porównać wartość obliczonej średniej geometrycznej z wartością rezystancji i dokonać wyboru właściwego układu pomiarowego,
- 3) dobrać mierniki do warunków zadania,
- 4) zmontować układ,
- 5) odczytać wskazania mierników,
- 6) obliczyć rezystancję wykorzystując prawo Ohma,
- 7) zaprezentować efekt swojej pracy i uzasadnić tok postępowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko laboratoryjne z dostępnym zasilaniem,
- badany rezystor,
- amperomierze i woltomierze,
- przewody łączeniowe,
- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) włączyć amperomierz do obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) włączyć woltomierz do obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) obliczyć wskazania mierników w oparciu o wychylenie wskazówki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) zmierzyć wartość rezystancji omomierzem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) zmierzyć wartość rezystancji metodą techniczną?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wykorzystać do pomiaru dzielnik napięcia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) omówić układ regulacji natężenia prądu stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) omówić układ regulacji napięcia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.6. Moc i energia elektryczna prądu stałego

4.6.1. Materiał nauczania

Energię elektryczną W wydzieloną w odbiorniku (lub przewodach) w czasie przepływu prądu przez odbiornik (lub przez przewody) można wyrazić wzorem:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

gdzie:

U - napięcie (w woltach) między zaciskami odbiornika lub źródła,

I - natężenie przepływającego prądu (w amperach),

t - czas przepływu prądu (w sekundach).

Jednostką energii jest 1 J (dżul).

$$1\text{J} = [\text{W}] = [U] \cdot [I] \cdot [t] = \text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$$

Moc P , czyli energię W w jednostce czasu oblicza się na podstawie wyrażenia:

$$P = W/t = U \cdot I \cdot t/t = U \cdot I$$

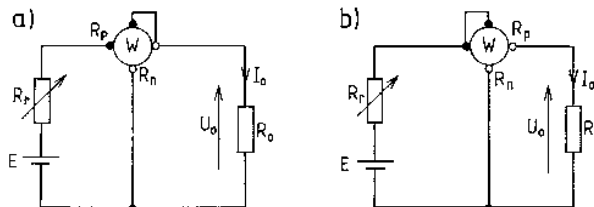
Jednostką mocy jest 1 W (wat).

Moc prądu stałego wydzieloną w odbiorniku przy zasilaniu prądem stałym można zmierzyć:

- bezpośrednio (watomierzem)
- pośrednio (woltomierzem i amperomierzem).

Istnieją dwa układy do pomiaru mocy za pomocą watomierza:

- układ poprawnie mierzonego napięcia – rysunek 20a),
- układ poprawnie mierzonego prądu – rysunek 20b).



Rys. 20. Pomiar mocy prądu stałego za pomocą watomierza [7,s.193]

a) układ poprawnie mierzonego napięcia

b) układ poprawnie mierzonego prądu

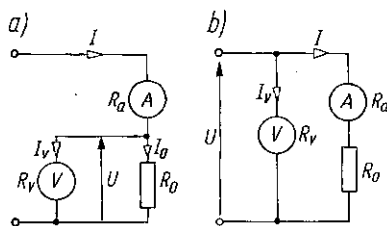
Wybór układu zależy od wartości rezystancji odbiornika R_o .

Jeżeli R_o jest mniejsza od wartości granicznej, będącej średnią geometryczną rezystancji obwodu napięciowego i rezystancji cewki prądowej watomierza stosuje się układ poprawnie mierzonego napięcia (o zadanym napięciu).

Jeżeli R_o jest większa od wartości granicznej, stosuje się układ poprawnie mierzonego prądu (o zadanym prądzie)

Przy pośrednim pomiarze mocy za pomocą woltomierza i amperomierza również występują dwa układy do jej pomiaru:

- układ obciążony błędem spowodowanym poborem mocy przez woltomierz – rysunek 21a),
- układ obciążony błędem spowodowanym poborem mocy przez amperomierz – rysunek 21b).



Rys. 21. Pomiar mocy prądu stałego za pomocą woltomierza i amperomierza [7, s.195]

- a) błąd bezwzględny spowodowany jest poborem mocy przez woltomierz.
 b) błąd bezwzględny jest spowodowany poborem mocy przez amperomierz.

Na wybór układu ma wpływ wartość rezystancji odbiornika R_0 .

4.6.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest energia prądu elektrycznego?
2. Jaka jest jednostka energii prądu elektrycznego?
3. Jakim wzorem wyraża się moc prądu stałego?
4. Jaka jest jednostka mocy?
5. Jakie są metody pomiaru mocy prądu stałego?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj pomiaru mocy pobieranej przez odbiornik o rezystancji $R = 900 \Omega$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać wyboru metody pomiaru,
- 2) dobrać mierniki w zależności od wybranej metody pomiaru,
- 3) odczytać wartości rezystancji wewnętrznych mierników,
- 4) obliczyć wartość graniczną rezystancji,
- 5) porównać wartości odpowiednich rezystancji i dokonać wyboru właściwego układu do pomiaru mocy watomierzem,
- 6) zmontować układ i dokonać odczytu wskazań watomierza,
- 7) dokonać wyboru właściwego układu do pomiaru mocy metodą pośrednią,
- 8) zmontować układ i dokonać odczytu wskazań amperomierza i woltomierza,
- 9) obliczyć moc,
- 10) zapisać pomiary i obliczenia w tabeli pomiarowej,
- 11) sformułować wnioski,
- 12) efekty swojej pracy zaprezentować na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zasilacz napięcia stałego,
- watomierz, woltomierz, amperomierz,
- rezystor o $R = 900 \Omega$,
- przewody łączeniowe,
- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdefiniować pojęcie energii elektrycznej i podać jej jednostkę?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) zdefiniować pojęcie mocy i podać jej jednostkę?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) omówić metodę bezpośrednią pomiaru mocy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) omówić metodę pośrednią pomiaru mocy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dokonać pomiaru mocy w obwodzie dowolną metodą?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.7. Oddziaływanie cieplne prądu stałego

4.7.1. Materiał nauczania

Energia elektryczna W (wyrażona w J – dżulach) dostarczona przewodnikowi podczas przepływu prądu elektrycznego przemienia się całkowicie w ciepło Q , co można wyrazić wzorem:

$$Q_c = W = U \cdot I \cdot t$$

Po podstawieniu do wzoru zależności wynikającej z prawa Ohma: $U = RI$, otrzymamy zależność, będącą matematycznym zapisem prawa Joule'a – Lenza :

$$Q_c = RI^2t.$$

Prawo Joule'a - Lenza brzmi:

Ilość ciepła wydzielonego w przewodniku pod wpływem prądu elektrycznego jest wprost proporcjonalna do rezystancji R przewodnika, kwadratu natężenia prądu I oraz czasu t przepływu prądu.

We wzorze obrazującym prawo Joule'a – Lenza ciepło Q_c wyrażone jest w J (dżulach), rezystancja R w Ω , natężenie prądu I w A, zaś czas t w sekundach.

1 J jest równoważny ilości ciepła $\approx 0,24$ cal. Stąd prawo Joule'a-Lenza było również zapisywane w postaci:

$$Q_c = 0,24 RI^2t$$

W tym wzorze należy podstawić: Q_c – w kaloriach, R – w omach, I – w amperach, t – w sekundach.

Zjawisko wydzielania się energii cieplnej podczas przepływu prądu w niektórych urządzeniach jest zjawiskiem niekorzystnym (np. przy przemianie energii elektrycznej w energię mechaniczną w silnikach czy w energię świetlną w źródłach światła ciepło zaliczane jest do strat), zaś w innych urządzeniach (grzejnych) znalazło szerokie zastosowanie, wykazując wiele zalet.

Proces przemiany energii elektrycznej w ciepło charakteryzuje się m.in.:

- możliwością szybkiego nagrzania,
- możliwością osiągnięcia wysokich temperatur,
- dużą czystością procesu nagrzewania,
- dużą możliwością regulacji,
- możliwością automatyzacji procesu nagrzewania.

Grzejnictwo elektryczne jest bardzo rozpowszechnione w niektórych gałęziach przemysłu (przy wytopie stali szlachetnych, metali kolorowych, w obróbce cieplnej stali itp.) oraz w gospodarstwie domowym.

Do najczęściej stosowanych metod grzejnych należą:

- nagrzewanie oporowe (rezystancyjne) polegające na wydzielaniu ciepła przy przepływie prądu elektrycznego przez przewodzące ciała stałe,
- nagrzewanie promiennikowe polegające na wykorzystaniu energii wypromieniowanej przez tak zwane promienniki podczerwieni,
- nagrzewanie łukowe, w którym jako źródła ciepła wykorzystywany jest łuk elektryczny utrzymujący się między elektrodami a nagrzewanym materiałem.

4.7.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jak brzmi prawo Joule'a- Lenza ?
2. W jakich jednostkach można wyrazić ilość ciepła wydzielonego w przewodniku?
3. Jakie są skutki wydzielania się ciepła podczas przepływu prądu?
4. Jak można podać przykłady przemiany energii elektrycznej w ciepło?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oblicz ilość ciepła wydzielonego w czasie $t = 2$ h przez grzejnik o poborze mocy $P = 2,5$ kW.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapisać wzór obrazujący prawo Joule'a-Lenza,
- 2) obliczyć dostarczoną energię elektryczną podstawiając właściwe wielkości do wzoru,
- 3) wyznaczyć ciepło w J,
- 4) obliczyć ilość wydzielonego ciepła w cal., uwzględniając równoważnik cieplny energii elektrycznej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) podać zapis matematyczny prawa Joule'a-Lenza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) sformułować prawo Joule'a -Lenza?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) wymienić przykłady niekorzystnych skutków zjawiska przemiany energii elektrycznej w ciepło?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wymienić przykłady zastosowania zjawiska przemiany energii elektrycznej w ciepło?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) obliczyć ilość wydzielonego ciepła przez dowolny grzejnik?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.8. Stany pracy źródła napięcia. Sprawność źródła

4.8.1. Materiał nauczania

Każde rzeczywiste źródło energii elektrycznej charakteryzuje się:

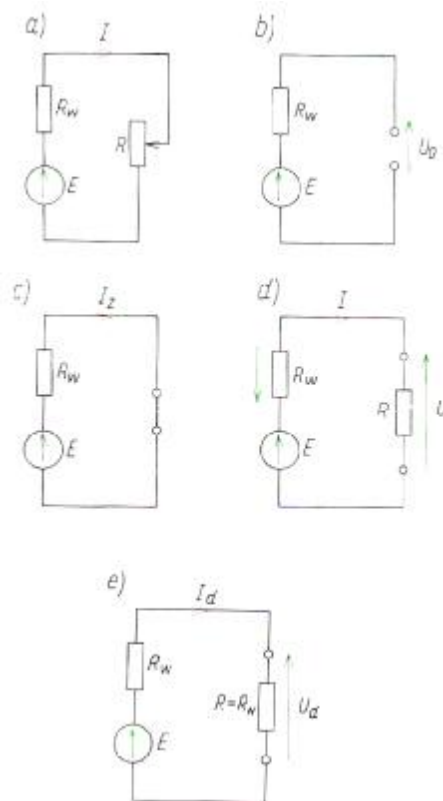
- napięciem źródłowym E ,
- rezystancją wewnętrzną R_w .

W zależności od rodzaju źródła wartość rezystancji wewnętrznej może zależeć od:

- rezystancji przewodów miedzianych uzwojenia twornika (prądnic),
- wymiarów ogniwa (ogniwo elektrochemiczne),
- wymiarów elektrod (akumulator).

Do zacisków rzeczywistego źródła napięcia dołącza się odbiornik i w zależności od wartości rezystancji tego odbiornika możemy mówić o różnych stanach pracy źródła.

Bardzo dobrze obrazuje to rysunek 22, na którym przedstawiono źródło napięcia, do zacisków którego dołączono rezystor o nastawczej, bardzo dużej rezystancji R , którą można zmieniać w granicach od zera do R (rys.22a).



Rys. 22. Obwód elektryczny, którego odbiornikiem jest rezystor o rezystancji nastawnej [2,s.41]
a) obwód wyjściowy; b) obwód po dokonaniu przerwy w odbiorniku; c) obwód po dokonaniu zwarcia odbiornika; d) obwód obciążony rezystancją R ; e) obwód w stanie dopasowania

Stany pracy źródła napięcia:

- **stan jałowy źródła** (rys.22b) – stan pracy źródła przy rezystancji R równej nieskończoności (przerwa w obwodzie) - w obwodzie nie płynie prąd, $U_0 = E$,
- **stan zwarcia źródła** (rys.22c) - stan pracy źródła przy rezystancji R równej zeru (zwarcie odbiornika) - w obwodzie płynie prąd zwarcia, wyrażony wzorem:

$$I_z = \frac{E}{R_w}$$

- **stan obciążenia źródła** (rys. 22d) - stan pracy źródła przy dowolnej wartości rezystancji R - w obwodzie płynie prąd I , a napięcie na zaciskach źródła wynosi U , mniejsze od siły elektromotorycznej źródła E o spadek napięcia $R_w I$ występujący na rezystancji wewnętrznej źródła.:

$$U = E - R_w I$$

Ponieważ: $U = RI$ otrzymujemy:

$$E - R_w I = RI$$

$$E = I(R + R_w)$$

$$I = E / (R + R_w)$$

- **stan dopasowania odbiornika do źródła** (rys. 22e) - stan pracy źródła, w którym z rzeczywistego źródła napięcia pobierana jest przez odbiornik największa moc; stan dopasowania występuje przy $R = R_w$ - wtedy prąd płynący w obwodzie wyraża się wzorem:

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

Moc pobieraną przez odbiornik w stanie dopasowania obrazuje wyrażenie:

$$P = R_w I_d^2 = \frac{E^2}{4R_w}$$

W skali przemysłowej energia elektryczna wytwarzana jest za pomocą prądnic elektrycznych. W urządzeniach przENOśNYCH i przewoźNYCH stosowane są źródła elektrochemiczne, tzn. ogniwa elektryczne i akumulatory.

Wielkością charakteryzującą źródło energii jest sprawność.

Sprawność elektryczna jest to stosunek mocy oddawanej P_2 do mocy wytwarzanej w źródle napięcia P_1 :

$$h = \frac{P_2}{P_1} = \frac{UI}{EI} = \frac{U}{E} = \frac{E - R_w I}{E}$$

Moc, którą prądnicą elektryczną może trwale oddawać, nazywamy jej **mocą znamionową** P_n - jest ona określona iloczynem napięcia znamionowego i prądu znamionowego.

Sprawność często wyrażana jest w procentach.

$$h_{\%} = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

4.8.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co oznacza pojęcie: rzeczywiste źródło napięcia?
2. Jakie są stany pracy rzeczywistego źródła napięcia?
3. Czym charakteryzuje się stan jałowy źródła?
4. Czym charakteryzuje się stan zwarcia źródła?
5. Co to jest stan obciążenia źródła?
6. Co to jest stan dopasowania odbiornika do źródła napięcia?
7. Jaką moc pobiera dopasowany odbiornik do rzeczywistego źródła napięcia?
8. Co to jest sprawność źródła napięcia?

4.8.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Siła elektromotoryczna rzeczywistego źródła napięcia ma wartość $E = 9V$, a rezystancja wewnętrzna $R_w = 0,05 \Omega$. Oblicz prąd zwarcia oraz napięcie na zaciskach źródła przy obciążeniu prądem $I = 2,5 A$.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przedstawić schemat obwodu elektrycznego prądu stałego obrazującego stan zwarcia źródła,
- 2) obliczyć prąd zwarcia korzystając z prawa Ohma,
- 3) przedstawić schemat obwodu elektrycznego prądu stałego obrazującego stan obciążenia źródła,
- 4) obliczyć napięcie na zaciskach źródła korzystając z II prawa Kirchhoffa.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

Ćwiczenie 2

Siła elektromotoryczna rzeczywistego źródła napięcia ma wartość $E = 6V$, a rezystancja wewnętrzna $R_w = 0,02 \Omega$. Oblicz prąd płynący w stanie dopasowania odbiornika do źródła oraz moc pobieraną przez odbiornik w tym stanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przedstawić schemat obwodu elektrycznego prądu stałego obrazującego stan dopasowania odbiornika do źródła,
- 2) przypomnieć sobie, czym charakteryzuje się ten stan,
- 3) napisać właściwy wzór i obliczyć prąd płynący w obwodzie,
- 4) napisać właściwy wzór i obliczyć moc pobieraną przez odbiornik,
- 5) zaprezentować efekty swojej pracy na forum klasy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

4.8.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić stany pracy rzeczywistego źródła napięcia stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) obliczyć parametry źródła napięcia stałego w różnych stanach pracy?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) zdefiniować sprawność źródła napięcia stałego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) omówić stan dopasowania odbiornika do źródła?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.9. Baterie, akumulatory. Lokalizacja uszkodzeń w obwodach elektrycznych

4.9.1. Materiał nauczania

Baterie (pierwotne źródła energii elektrycznej) i akumulatory (wtórne źródła energii elektrycznej) służą do zasilania odbiorników niezależnie od przemysłowej sieci zasilającej. Są one źródłami energii elektrycznej, która powstaje w wyniku bezpośrednich przemian chemicznych. Baterii po rozładowaniu nie można naładować, w akumulatorach procesy elektrochemiczne są odwracalne i można ponownie je naładować.

Bateria (ogniwo suche) składa się z dwóch różnych metali użytych na elektrody i zagęszczonej, przewodzącej cieczy stanowiącej elektrolit. Im dalej od siebie w elektrochemicznym szeregu potencjałów są oba zastosowane metale, tym większe jest napięcie na elektrodach. Do zamiany energii chemicznej w energię elektryczną stosuje się metale nieszlachetne, na przykład kubki cynkowe (katody cynkowe) lub ogniwa cynkowo-węglowe. Aby zapobiec „rozlaniu” się baterii, kubki cynkowe często pokrywa się na zewnątrz warstwą stali, tworząc w ten sposób zewnętrzną płaszcz ochronny.



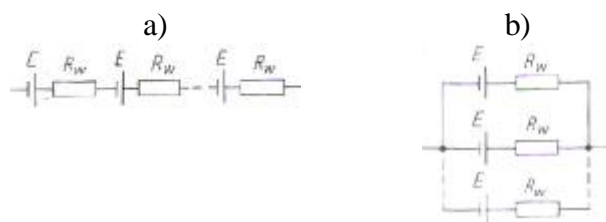
Rys. 26. Przykładowe (baterie) ogniwa – wygląd zewnętrzny

Podstawowe parametry ogniw to:

- napięcie wytwarzane przez ogniwo, czyli tzw. siła elektromotoryczna podawana w V,
- rezystancja wewnętrzna (w Ω) - jest wielkością limitującą możliwość czerpania z ogniwa dużych mocy; reprezentuje rezystancję elektrolitu, rezystancję elektrod i połączeń oraz oporu spowodowanego polaryzacją elektrod,
- pojemność elektryczna Q (w mAh)- im jest ona większa, tym więcej energii elektrycznej może wytworzyć ogniwo.

Łączenie ogniw w baterie

W obwodach prądu stałego, w których zastosowanie jako źródła napięcia tylko jednego ogniwa nie zapewnia wymaganej siły elektromotorycznej lub wymaganej pojemności, można stosować łączenie szeregowe lub równoległe kilku ogniw tworząc z nich baterie.



Rys. 27. Połączenia galwanicznych źródeł napięcia (ogniw): a) szeregowe; b) równoległe [2,s.29]

Połączenie równoległe stosuje się w celu zwiększenia pojemności, natomiast połączenia szeregowo - w celu zwiększenia siły elektromotorycznej.

Przy połączeniu szeregowym ogniów wypadkowa siła elektromotoryczna jest sumą algebraiczną sił elektromotorycznych poszczególnych ogniów.

Przy połączeniu równoległym wypadkowa siła elektromotoryczna jest równa sile elektromotorycznej pojedynczego ogniwa.

Ogniwa galwaniczne mają ograniczony zakres zastosowań – dostarczają niewielką ilość energii elektrycznej w jednostce czasu, charakteryzują się krótkim czasem pracy i po rozładowaniu nie można ich ponownie naładować.

Ogniwo odwracalne, przeznaczony do magazynowania energii elektrycznej jest akumulator.

Akumulator to element gromadzący całą energię elektryczną – w przypadku akumulatorów samochodowych - wytwarzaną przez alternator. Akumulator magazynuje energię elektryczną dzięki zachodzącym w nim procesom elektrochemicznym. Cechą charakterystyczną akumulatorów (w przeciwieństwie do baterii) jest to, że po rozładowaniu można je ponownie (wielokrotnie) naładować.

Rodzaje akumulatorów

- kwasowe ołowiowe (elektrody: ołów i dwutlenek ołowiu, elektrolit – roztwór kwasu siarkowego) – rysunek 28,
- zasadowe (elektrolit – wodny roztwór ługu potasowego)
 - żelazo – niklowe (elektrody: żelazo i wodorotlenek niklu),
 - kadmowo – niklowe (elektrody: kadm i wodorotlenek niklu),
 - srebrowo – cynkowe.



Rys. 28. Model akumulatora ołowiowego [www.elektroda.net/nauka/]

Parametry znamionowe akumulatorów

- napięcie znamionowe (stała wartość napięcia podawana dla jednej celki lub całego akumulatora),
- pojemność znamionowa (ilość energii jaka może być oddana przez akumulator do momentu osiągnięcia na jego zaciskach końcowego napięcia rozładowania),
- końcowe napięcie rozładowania (stała wartość napięcia, która podczas rozładowania akumulatora nie może być przekroczona),
- napięcie gazowania (napięcie ładowania, powyżej którego w celce zachodzi proces gazowania).

Zasady eksploatacji akumulatora:

- akumulator powinien być utrzymany w stanie suchym i czystym,
- części metalowe powinny być natłuszczone,
- przy każdym przeglądzie powinno się zlecić serwisowi kontrolę poziomu i pomiar gęstości elektrolitu (poziom elektrolitu dobrze też czasem samemu sprawdzić w okresach między przeglądami),
- akumulator powinien być dobrze zamocowany w pojeździe, a zaciski biegunowe dobrze zaciśnięte i zabezpieczone warstwą wazeliny bezkwasowej,
- powinno unikać się całkowitego wyładowania akumulatora (nie należy zostawiać włączonych odbiorników prądu po wygaszeniu silnika),
- jeżeli akumulator nie jest używany, dobrze jest doładowywać go co trzy tygodnie.

Niedoładowanie akumulatora może być spowodowane:

- złym działaniem prądnicy,
- złym działaniem alternatora,
- niewłaściwym działaniem regulatora napięcia,
- luźnym paskiem klinowym,
- ubytkami prądu z instalacji elektrycznej,
- zbyt dużej ilości odbiorników prądu,
- luźno dokręconymi złączami (klemy),
- niesprawnymi, zanieczyszczonymi elektrodami świec zapłonowych,
- zbyt małą zawartością elektrolitu,
- zasiarczeniem elektrod samej baterii.

Lokalizacja uszkodzeń w obwodach elektrycznych

Wymagania stawiane osobom odpowiedzialnym za lokalizację uszkodzeń w obwodach:

- znajomość podstawowych praw fizycznych oraz znajomość wzorów łączących wielkości fizyczne występujące w obwodzie,
- umiejętność rozwiązywania zadań dotyczących obwodów elektrycznych oraz umiejętność przeprowadzenia obliczeń szacunkowych,
- umiejętność posługiwania się podstawowymi przyrządami pomiarowymi, doboru przyrządów pomiarowych i umiejętność wybrania właściwej metody pomiarowej,
- zdolność kojarzenia przyczyn i skutków.

Typowe usterki w obwodach i towarzyszące im objawy:

- przerwa w obwodzie; objawami są: zanik prądu w obwodzie, możliwość podwyższenia napięcia na zaciskach zasilających,
- zwarcie obwodu; objawami są: zanik napięcia na zwartym odcinku, wzrost poboru prądu ze źródła zasilającego, nagrzewanie się przewodów, topienie izolacji,
- niepewne połączenie, zimny lut; objawami są: niewłaściwa praca, brak zasilania.

Przy lokalizowaniu usterek na podstawie wyników pomiarów należy:

- wykonać odpowiednie pomiary,
- porównać wyniki pomiarów z wartościami oczekiwanymi uzyskanymi w wyniku obliczeń,
- spróbować odpowiedzieć na pytanie: dlaczego występuje różnica i jaka jest jej przyczyna?

4.9.2. Pytania sprawdzające

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

1. W jaki sposób można łączyć ogniwa i jakie są tego konsekwencje?
2. Jakie są parametry ogniw?
3. Czym się różni ogniwo od akumulatora?
4. Jakie są rodzaje akumulatorów?
5. Jakie mogą być przyczyny niedoładowania akumulatora?
6. Jakie są typowe objawy zwarcia obwodu ?
7. Jakie są typowe objawy przerwy w obwodzie ?

4.9.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dokonaj przeglądu najczęściej stosowanych ogniw.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać kilka powszechnie stosowanych ogniw korzystając z różnych źródeł informacji,
- 2) zapisać oznaczenia i symbole tych ogniw,
- 3) podać podstawowe informacje dotyczące wybranych ogniw: dane dotyczące budowy, parametrów, zastosowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- normy dotyczące ogniw,
- katalogi ogniw,
- zeszyt ćwiczeń.

Ćwiczenie 2

Porównaj własności najczęściej stosowanych akumulatorów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać kilka powszechnie stosowanych akumulatorów korzystając z różnych źródeł informacji,
- 2) zapisać ich oznaczenia i symbole,
- 3) podać podstawowe informacje dotyczące wybranych akumulatorów: dane dotyczące budowy, parametrów, zastosowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- normy dotyczące akumulatorów,
- katalogi akumulatorów,
- zeszyt ćwiczeń.

Ćwiczenie 3

Zlokalizuj uszkodzenie w niesprawnej przenośnej lampie biurowej przy użyciu właściwego miernika elektrycznego i dokonaj wymiany uszkodzonego elementu. (żarówki lub przewodu).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) podłączyć lampę do źródła napięcia,
- 2) dokonać wyboru właściwego miernika (amperomierza, woltomierza lub omomierza),
- 3) sprawdzić za pomocą wybranego miernika ciągłość zasilania,
- 4) zlokalizować uszkodzony element (oprawka, wtyczka, wyłącznik, przewód),
- 5) dokonać wymiany uszkodzonego elementu,
- 6) sprawdzić poprawność działania lampy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- źródło napięcia,
- lampa biurowa z celowo uszkodzonym elementem,
- mierniki elektryczne: woltomierz, amperomierz, omomierz,
- oprawka do żarówki,
- wtyczka,
- zestaw narzędzi (wkrętak z wymiennymi końcówkami, szczypce uniwersalne, stacja lutownicza),
- zestaw zapasowych przewodów.

4.9.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić parametry ogniw?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dobrać baterię do typowych zastosowań?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) porównać baterie i akumulatory?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) wymienić i porównać rodzaje akumulatorów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) rozpoznać objawy zwarcia w obwodzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) rozpoznać objawy przerwy w obwodzie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję – masz na tę czynność 5 minut; jeżeli są wątpliwości zapytaj nauczyciela.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań. Do każdego pytania dołączone są 4 możliwości odpowiedzi. Tylko jedna jest prawidłowa.
5. Za każdą poprawną odpowiedź otrzymasz 1 punkt, za złą odpowiedź lub jej brak otrzymasz 0 punktów.
6. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi; zaznacz poprawną odpowiedź stawiając w odpowiedniej rubryce znak X.
7. W przypadku pomyłki weź błędną odpowiedź w kółko, a następnie zaznacz odpowiedź prawidłową.
8. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
9. Kiedy udzielenie odpowiedzi na kolejne pytanie będzie Ci sprawiało trudność, odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
10. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
11. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Powodzenia!

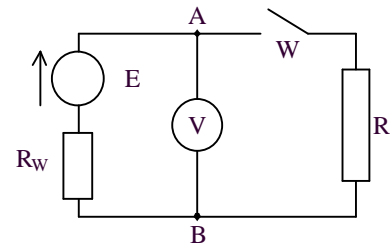
ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Spadek napięcia na rezystorze $R=400\ \Omega$ przy przepływie prądu 100 mA wynosi
 - a) 0,25 V.
 - b) 40 V.
 - c) 0,4 V.
 - d) 4 V.
2. Jeżeli przy stałej rezystancji odcinka obwodu zostanie 2-krotnie obniżone napięcie zasilające, to wartość natężenia prądu
 - a) nie zmieni się.
 - b) zmaleje 2-krotnie.
 - c) wzrośnie 2-krotnie.
 - d) wzrośnie 4-krotnie.
3. Prawo Ohma wyraża wzór
 - a) $U = I/R$
 - b) $R = I/U$.
 - c) $R = U^2/I$.
 - d) $I = U/R$.
4. Układ trzech połączonych szeregowo rezystorów (każdy o rezystancji $10\ \Omega$), zasilono napięciem 120 V. Włączony do układu amperomierz wskaże
 - a) 40 A.
 - b) 0,4 A.
 - c) 4 A.
 - d) 12 A.

5. Trzy rezystory: $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 0,2 \text{ k}\Omega$ połączono szeregowo. Rezystancja zastępcza układu wynosi
- 2,22 Ω .
 - 220,2 Ω .
 - 22,2 Ω .
 - 222 Ω .
6. Jeżeli długość przewodnika zmniejszono 2- krotnie, to jego rezystancja
- wzrosła 4 – krotnie.
 - nie zmieniła się.
 - zmałała 2-krotnie.
 - wzrosła 2-krotnie.
7. Przy zastosowaniu przewodu o 3-krotnie mniejszym przekroju, jego rezystancja
- zmaleje 3-krotnie.
 - zmaleje 6-krotnie.
 - nie zmieni się.
 - wzrośnie 3-krotnie.
8. Jeśli rezystancja odcinka obwodu elektrycznego wynosi 0,8 k Ω , zaś przyłożone napięcie wynosi 32 V, to w obwodzie popłynie prąd o natężeniu
- 4 A.
 - 0,4 A.
 - 40 mA.
 - 4 mA.
9. Źródło o sile elektromotorycznej $E = 200 \text{ V}$ i rezystancji wewnętrznej $R_W = 5 \Omega$ zasila odbiornik. Napięcie na zaciskach źródła wynosi 160 V. Prąd płynący przez odbiornik ma wartość
- 8 A.
 - 4 A.
 - 3 A.
 - 10 A.
10. Najmniejsza wartość prądu to
- 0,5 kA.
 - 50 mA.
 - 5 pA.
 - 5 μA .
11. Jednostką konduktancji jest
- wat.
 - om.
 - farad.
 - siemens.
12. Największą wartość konduktywności wykazuje
- srebro.
 - platyna.
 - aluminium.
 - miedź.

13. Przy otwartym wyłączniku W źródło znajduje się w

- a) stanie zwarcia $U_{AB} = 0$; $I = E / R_W$.
- b) stanie zwarcia $U_{AB} = E$; $I = 0$.
- c) stanie jałowym $U_{AB} = 0$; $I = E / R_W$.
- d) stanie jałowym $U_{AB} = E$; $I = 0$.



14. Masz do dyspozycji ogniwa o sile elektromotorycznej $E = 1,5 \text{ V}$ każde. Aby uzyskać baterię o $E = 9 \text{ V}$ należy

- a) połączyć równolegle 6 ogniw.
- b) połączyć szeregowo 6 ogniw.
- c) połączyć szeregowo 9 ogniw.
- d) połączyć równolegle 9 ogniw.

15. Odbiornik jest zasilany z dwóch źródeł połączonych równolegle. Stosunek prądów źródeł jest odwrotnie proporcjonalny do ich rezystancji. Między siłami elektromotorycznymi źródeł zachodzi zależność

- a) $E_1 = E_2$
- b) $E_1 = 2 E_2$
- c) $E_1 = 0,5 E_2$
- d) $E_1 = 1/ E_2$

16. Siła elektromotoryczna źródła wynosi $E = 6 \text{ V}$. Przy rezystancji zewnętrznej $R = 1 \Omega$ w obwodzie popłynie prąd o wartości $I = 3 \text{ A}$. Prąd zwarcia źródła wynosi

- a) 2 A .
- b) 3 A .
- c) 6 A
- d) 18 A .

17. W prostym obwodzie nierozgałęzionym, zasilanym napięciem 24 V , watomierz wskazał moc $7,2 \text{ W}$. Natężenie prądu płynącego w obwodzie wynosi

- a) 2 A .
- b) $0,3 \text{ A}$.
- c) 10 A .
- d) $0,6 \text{ A}$.

18. Podczas pomiarów woltomierz o zakresie 150 V i maksymalnej liczbie działek wynoszącej 75 dz. wychylił się o 19 działek. Woltomierz wskazał napięcie

- a) 75 V .
- b) 38 V .
- c) 50 V .
- d) 19 V .

19. Rezystory R_1 i R_2 połączone są równolegle. Jeżeli $R_1 = 4R_2$, to na rezystancji R_1 wydziela się moc

- a) $P_1 = 2P_2$.
- b) $P_1 = P_2 / 2$.
- c) $P_1 = P_2 / 4$.
- d) $P_1 = 4P_2$.

20. W ogniwie galwanicznym energia elektryczna wytwarzana jest kosztem energii
- a) świetlnej.
 - b) mechanicznej.
 - c) chemicznej.
 - d) cieplnej.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Obliczanie i pomiary parametrów obwodu prądu stałego

Zakreśl poprawną odpowiedź

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Bastian P., Schuberth G., Spielvogel O., Steil H., Tkocz K., Ziegler K.: Praktyczna elektrotechnika ogólna. REA, Warszawa 2003
2. Bolkowski S.: Elektrotechnika. WSiP, Warszawa 2005
3. Idzi K.: Pomiary elektryczne. Obwody prądu stałego. Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa, Łódź 1999
4. Jabłoński W., Płoszajski G.: Elektrotechnika z automatyką. WSiP, Warszawa 1998
5. Kurdziel R.: Podstawy elektrotechniki dla szkoły zasadniczej, część 1 i 2. WSiP, Warszawa 1999
6. Markiewicz A.: Zbiór zadań z elektrotechniki. WSiP, Warszawa 2005
7. Parchański J.: Miernictwo elektryczne i elektroniczne. WSiP, Warszawa 1997
8. Pilawski M.: Pracownia elektryczna. WSiP, Warszawa 2005
9. Zachara Z.: Zadania z elektrotechniki nie tylko dla elektroników. Wydawnictwo Szkolne PWN, Warszawa, Łódź 2000