



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Andrzej Zych

Badanie układów elektrycznych i elektronicznych 311[20].O3.01

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Regina Mroczek

mgr inż. Wiesław Wiejowski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Zbigniew Kramek

Korekta:

mgr Edyta Koziół

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[20].O3.01
Badanie układów elektrycznych i elektronicznych, zawartego w programie nauczania dla
zawodu technik mechanik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	4
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Prąd elektryczny	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	9
4.1.3. Ćwiczenia	10
4.1.4. Sprawdzian postępów	10
4.2. Przemiany energii elektrycznej – rodzaje odbiorników. Łączenie źródeł napięcia i rezystorów. Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa	11
4.2.1. Materiał nauczania	11
4.2.2. Pytania sprawdzające	14
4.2.3. Ćwiczenia	15
4.2.4. Sprawdzian postępów	17
4.3. Moc i energia prądu elektrycznego	17
4.3.1. Materiał nauczania	17
4.3.2. Pytania sprawdzające	18
4.3.3. Ćwiczenia	18
4.3.4. Sprawdzian postępów	19
4.4. Pomiary wielkości elektrycznych	20
4.4.1. Materiał nauczania	20
4.4.2. Pytania sprawdzające	21
4.4.3. Ćwiczenia	21
4.4.4. Sprawdzian postępów	22
4.5. Bezpieczeństwo i higiena pracy przy urządzeniach elektrycznych	22
4.5.1. Materiał nauczania	22
4.5.2. Pytania sprawdzające	27
4.5.3. Ćwiczenia	27
4.5.4. Sprawdzian postępów	28
4.6. Obwody prądu przemiennego	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. Maszyny elektryczne i transformatory. Zabezpieczenia silników elektrycznych	31
4.7.1. Materiał nauczania	31
4.7.2. Pytania sprawdzające	35
4.7.3. Ćwiczenia	36
4.7.4. Sprawdzian postępów	37
4.8. Urządzenia grzejne oraz źródła światła	37
4.8.1. Materiał nauczania	37
4.8.2. Pytania sprawdzające	38
4.8.3. Ćwiczenia	38
4.8.4. Sprawdzian postępów	39

4.9. Instalacje elektryczne	39
4.9.1. Materiał nauczania	39
4.9.2. Pytania sprawdzające	42
4.9.3. Ćwiczenia	42
4.9.4. Sprawdzian postępów	44
4.10. Podstawowe elementy i układy elektroniczne	45
4.10.1. Materiał nauczania	45
4.10.2. Pytania sprawdzające	51
4.10.3. Ćwiczenia	51
4.10.4. Sprawdzian postępów	52
5. Sprawdzian osiągnięć	54
6. Literatura	59

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy i umiejętności o działaniu podstawowych elementów i układów elektrycznych i elektronicznych.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia, wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania, „pigułkę” wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas lekcji i że zdobyłeś wiedzę i umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

Materiał nauczania został podzielony na części, których kolejność umożliwi Ci stopniowe zdobywanie nowych wiadomości i umiejętności związanych z zakresem tematycznym niniejszego poradnika. Kolejno zostały przedstawione: podstawowe informacje z zakresu podstaw elektrotechniki które pozwolą Ci: rozróżnić podstawowe wielkości elektryczne i ich jednostki, scharakteryzować rodzaje źródeł energii elektrycznej, rozróżnić elementy obwodu elektrycznego, rozpoznać symbole graficzne podstawowych elementów elektrycznych i elektronicznych, odczytać schematy prostych układów elektrycznych i elektronicznych, obliczyć podstawowe wielkości elektryczne wykorzystując prawa elektrotechniki. Następnie przybliżono zagadnienia dotyczące ochrony przed porażeniami oraz sposobów zapobiegania porażeniom prądem elektrycznym, zawarto też w materiale informacje o instalatorstwie elektrycznym, popularnych maszynach elektrycznych. Kończącą część materiału nauczania poświęcono wyjaśnieniu działania prostych układów elektronicznych oraz sposobów sprawdzenia poprawności działania podstawowych układów elektronicznych.

Przykładowe ćwiczenia pozwolą Ci zrozumieć i przyswoić wiedzę w praktyce. Na końcu każdego tematu znajdują się pytania sprawdzające. Pozwolą Ci one zweryfikować Twoją wiedzę. Jeżeli okaże się, że czegoś jeszcze nie pamiętasz lub nie rozumiesz, zawsze możesz wrócić do rozdziału „Materiał nauczania” i tam znajdziesz odpowiedź na pytania, które sprawiły Ci kłopot.

Przykładowy sprawdzian osiągnięć może okazać się świetnym treningiem przed zaplanowanym przez nauczyciela sprawdzianem, a część teoretyczna pozwoli Ci sprawdzić Twoje umiejętności z zakresu sporządzania kalkulacji. W razie jakichkolwiek wątpliwości zwróć się o pomoc do nauczyciela.

2. WYMAGANIA WSTEPNE

Przystępując do realizacji programu nauczania jednostki modułowej powinieneś umieć:

- zdefiniować pojęcie prądu elektrycznego,
- zdefiniować pojęcia przewodnik, izolator, element, układ,
- scharakteryzować podstawowe materiały stosowane w elektrotechnice,
- zastosować układ jednostek SI,
- skorzystać z różnych źródeł informacji.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozróżnić podstawowe wielkości elektryczne i ich jednostki,
- scharakteryzować rodzaje źródeł energii elektrycznej,
- rozróżnić elementy obwodu elektrycznego,
- rozpoznać symbole graficzne podstawowych elementów elektrycznych i elektronicznych,
- odczytać schematy prostych układów elektrycznych i elektronicznych,
- obliczyć podstawowe wielkości elektryczne wykorzystując prawa elektrotechniki,
- scharakteryzować wymagania dotyczące bezpieczeństwa pracy przy urządzeniach elektrycznych,
- połączyć układy elektryczne i elektroniczne zgodnie ze schematem,
- zmierzyć podstawowe wielkości elektryczne w obwodach prądu stałego i przemiennego,
- opisać budowę, działanie i przeznaczenie typowych odbiorników energii elektrycznej,
- scharakteryzować typowe maszyny elektryczne,
- opisać podstawowe instalacje elektryczne i ich zabezpieczenia,
- wykonać prostą instalację oświetleniową, sprawdzić jej działanie,
- zmontować i uruchomić prosty układ sterowania silnikiem elektrycznym wraz z jego zabezpieczeniem,
- wskazać przeznaczenie podstawowych elementów elektronicznych,
- wyjaśnić działanie prostych układów elektronicznych na podstawie ich schematów,
- sprawdzić poprawność działania podstawowych układów elektronicznych,
- zastosować zasady bhp obowiązujące na stanowisku pracy.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Prąd elektryczny

4.1.1. Materiał nauczania

Prądem elektrycznym nazywamy zjawisko uporządkowanego ruchu ładunków elektrycznych, przez badany przekrój poprzeczny środowiska, pod działaniem pola elektrycznego. Możemy też używać drugiej równoważnej definicji. Prądem elektrycznym (lub natężeniem prądu elektrycznego) nazywamy stosunek ładunku elektrycznego Δq , przeniesionego przez cząstki naładowane w ciągu pewnego czasu elementarnego Δt , poprzez dany przekrój poprzeczny przewodnika.

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

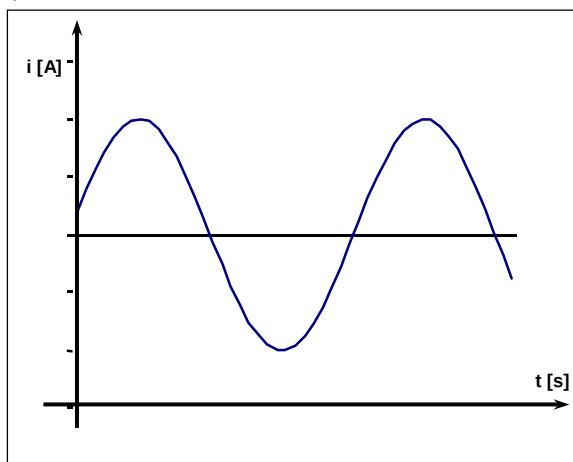
Prąd elektryczny jest wielkością skalarną. Jednostką prądu elektrycznego jest 1 A (amper). Zgodnie z definicją, prąd o natężeniu 1 A jest to taki prąd elektryczny, który – płynąc w dwóch równoległych prostoliniowych, nieskończenie długich przewodach, o przekroju okrągłym znikomo małym, umieszczonych w próżni, w odległości 1 m jeden od drugiego – wywołałby między tymi przewodami siłę 2×10^{-7} Niutona na każdy metr długości.

Rodzaje prądu

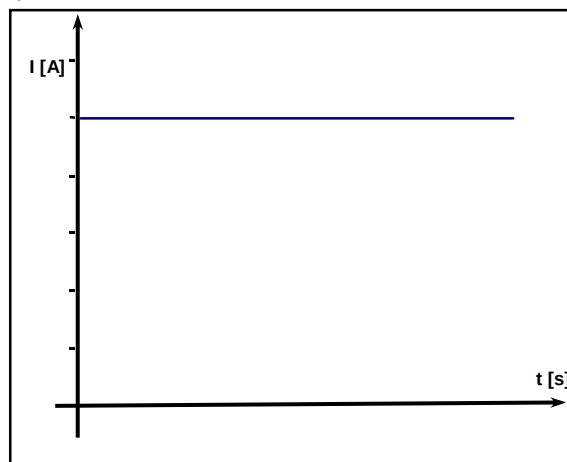
Jeżeli prąd elektryczny w czasie nie ulega zmianie, to prąd taki nazywamy prądem stałym. Do oznaczenia prądu stałego stosujemy wielką literę alfabetu „I”. Przebieg prądu stałego przedstawiono na rys. 1b.

Jeżeli prąd elektryczny zmienia swoją wartość w czasie, w sposób periodyczny – okresowy, to prąd taki nazywamy prądem zmiennym. Wartości prądu w określonej chwili nazywamy wartością chwilową prądu. Do oznaczania wartości chwilowej prądu zmiennego stosujemy małą literę alfabetu „i”. Przykładowy przebieg prądu zmiennego przedstawiono na rys. 1a.

a)



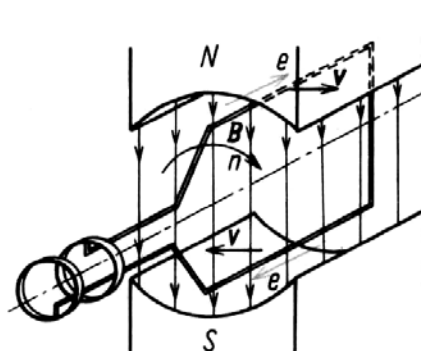
b)



Rys. 1. Przebiegi prądów w czasie: a) zmiennego, b) stałego

Źródła elektromechaniczne

Jednym z typowych źródeł elektromechanicznych jest prądnica elektryczna. Działanie prądnicy oparte jest na zjawisku indukowania się siły elektromotorycznej w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym. Załóżmy, że pomiędzy biegunami elektromagnesu N-S obraca się zwój w formie ramki z przewodu miedzianego (rys. 2).



Rys. 2. Schemat poglądowy prądnicy (generatora) elektrycznej¹

Wartość indukowanej w ramce siły elektromotorycznej e zależy od prędkości obrotowej ramki v , długości czynnej l przewodu znajdującego się w polu magnetycznym wytworzonym przez elektromagnes oraz od wartości indukcji magnetycznej B obejmowanej przez ramkę.

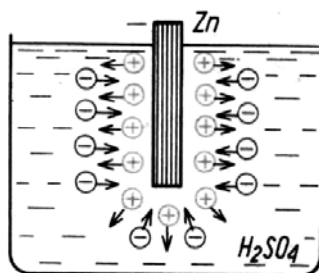
$$e = Blv.$$

W rzeczywistej prądnicy mamy nie jeden zwoj w postaci ramki, lecz cały zespół zwojów tworzących uzwojenie. Uzwojenie nawinięte jest na walcu wykonanym z blach ze stali magnetycznie miękkiej, zaopatrzonym na obwodzie w żłobki, w których znajdują się poszczególne zwoje. Walec ten wraz z uzwojeniem nazywamy twornikiem prądnicy.

Moce produkowanych prądnic wahają się w szerokich granicach od ułamka wata do milionów watów. Prądnice należą do najbardziej rozpowszechnionych źródeł energii elektrycznej.

Źródła chemiczne

Do grupy źródeł chemicznych zaliczyć można ogniwa galwaniczne oraz akumulatory. Układ utworzony przez dwie elektrody zanurzone w elektrolicie, zdolny do wytwarzania energii elektrycznej kosztem reakcji chemicznej zachodzącej w tym układzie nazywamy ogniwem galwanicznym.



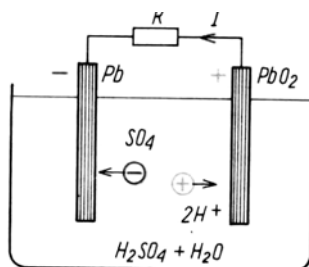
Rys. 3. Ogniwo galwaniczne

Innym rodzajem ogniw chemicznych są akumulatory ołowiowe. Akumulator, zwany też ogniwem wtórnym, jest to ogniwo odwracalne, przeznaczone do magazynowania energii elektrycznej.

Rozróżniamy akumulatory kwasowe (ołowiowe) i akumulatory zasadowe (żelazowo-niklowe i kadmowo-niklowe). W akumulatorze ołowiowym – rys. 4 (naładowanym) elektrodą ujemną jest ołów Pb, elektrodą dodatnią jest dwutlenek ołowiu PbO₂, a elektrolitem – wodny roztwór kwasu siarkowego (H₂SO₄ + H₂O). Podczas wyładowania elektroda ujemna (Pb)

¹ St. Bolkowski. Podstawy elektrotechniki. WSiP, Warszawa 1982.

zamienia się w siarczan ołowiu $PbSO_4$, a wolne jony wodoru wędrują do elektrody dodatniej (PbO_2), tworząc tu w połączeniu z kwasem siarkowym również siarczan ołowiu $PbSO_4$ i wodę.

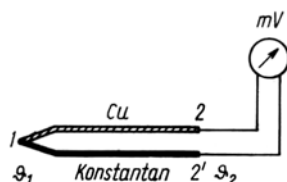


Rys. 4. Akumulator ołowiowy²

Innymi parametrami charakteryzują się akumulatory zasadowe. Nazwa akumulatorów zasadowych, do których należą akumulatory żelazo-niklowe i bardziej od nich rozpowszechnione kadmowo-niklowe.

Źródła ciepłne

Bezpośrednią przemianę energii cieplnej w energię elektryczną można uzyskać korzystając ze zjawiska występującego na styku dwóch różnych metali lub półprzewodników w przypadku, gdy temperatura miejsca styku różni się od temperatury pozostałych części zespolonych materiałów. Dwa druty z różnych metali spojone na jednym końcu (rys. 5) tworzą przy ich podgrzaniu ogniwo termoelektryczne, zwane też termoelementem.



Rys. 5. Schemat poglądowy termoelementu³

Źródła piezoelektryczne

Do wytwarzania energii elektrycznej wykorzystuje się również zjawisko piezoelektryczne polegające na pojawianiu się ładunków elektrycznych na zewnętrznych powierzchniach kryształów dielektrycznych przy działaniu na te kryształy sił ściskających lub rozciągających. Własności piezoelektryczne wykazuje np. kwarc, blenda cynkowa, tytanian baru. Zjawisko piezoelektryczne wykorzystywane jest między innymi w zapalniczkach do kuchenek gazowych.

4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co nazywamy prądem elektrycznym?
2. Jakie rodzaje prądu możemy wyróżnić ze względu na przebieg jego wartości w czasie?
3. Jakie mamy rodzaje źródeł prądu?
4. Jak wytwarzana jest energia elektryczna w poszczególnych rodzajach źródeł?
5. W jakich jednostkach podajemy wartość natężenia prądu?
6. W jakich jednostkach podajemy wartość napięcia?
7. W jaki sposób można magazynować energię elektryczną?

² St. Bolkowski. Podstawy elektrotechniki. WSiP, Warszawa 1982.

³ Tamże, s. 42.

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przyjmując na osi poziomej skalę $1\text{ cm} = 2\text{ s}$, oraz na osi pionowej $2\text{ cm} = 1\text{ A}$, wyrysuj przebieg prądu stałego w ciągu 10 sekund od chwili włączenia układu do napięcia, jeżeli amperomierz wskazuje w tym czasie wartość 3 A.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) ustalić niezbędną do wrysowania przebiegu długość osi czasu (pozioma),
- 2) nanieść kolejne sekundy na oś czasu,
- 3) nanieść dla kolejnych sekund, punkty określające wielkość prądu,
- 4) połączyć wyznaczone punkty linią.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- papier milimetrowy.

Ćwiczenie 2

Przyjmując na osi poziomej skalę $8\text{ cm} = 1\text{ s}$, oraz na osi pionowej $1\text{ cm} = 1\text{ A}$, korzystając z tablic matematycznych wyrysuj przebieg prądu sinusoidalnie zmiennego o częstotliwości 1 Hz i amplitudzie 1 A.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) ustalić niezbędną do wrysowania przebiegu długość osi czasu (pozioma),
- 2) nanieść kolejne sekundy na oś czasu,
- 3) nanieść dla kolejnych sekund punkty określające wielkość prądu,
- 4) połączyć wyznaczone punkty linią.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, tablice matematyczne, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- papier milimetrowy.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) scharakteryzować parametry energii elektrycznej?	☐	☐
2) narysować przebiegi prądu stałego, zmiennego?	☐	☐
3) wymienić źródła prądu elektrycznego?	☐	☐
4) podać zasadę wytwarzania energii w poszczególnych źródłach?	☐	☐
5) opisać metody magazynowania energii elektrycznej?	☐	☐
6) podać podstawowe jednostki opisujące parametry energii elektrycznej?	☐	☐

4.2. Przemiany energii elektrycznej – rodzaje odbiorników.

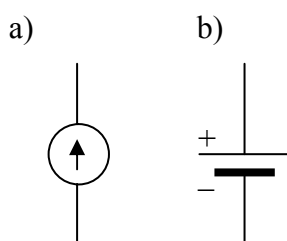
Łączenie źródeł napięcia i rezystorów. Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa

4.2.1. Materiał nauczania

Obwód elektryczny tworzą elementy połączone ze sobą w taki sposób, że istnieje co najmniej jedna droga zamknięta dla przepływu prądu. Odzworowaniem graficznym obwodu jest schemat, w którym podany jest sposób połączenia elementów, a same elementy są przedstawione za pomocą znormalizowanych symboli graficznych.

W skład obwodu elektrycznego wchodzi:

- elementy źródłowe zwane też elementami aktywnymi,
- elementy odbiorcze zwane też elementami pasywnymi.

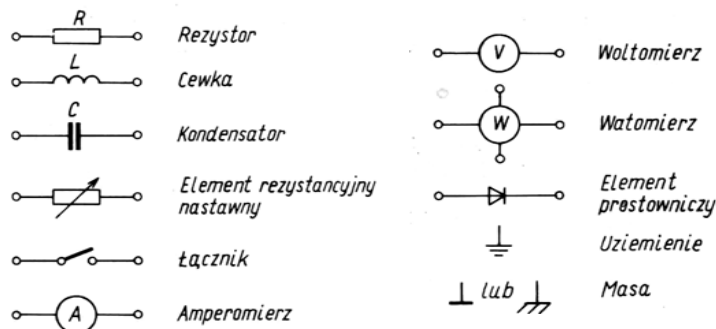


Rys. 6. Symbole graficzne źródeł: a) symbol ogólny napięcia; b) symbol ogniwa i akumulatora

Jeden z zacisków źródła napięcia stałego ma potencjał wyższy i jest to tak zwany biegun dodatni, oznaczony (+), a drugi ma potencjał niższy i jest to tzw. biegun ujemny, oznaczony (-). Różnicę potencjałów pomiędzy zaciskami źródła napięcia w warunkach, gdy źródło to nie dostarcza energii elektrycznej, nazywamy siłą elektromotoryczną lub napięciem źródłowym i oznaczamy przez E . Biegunowość źródła oznaczamy za pomocą strzałki, której grot wskazuje biegun (+).

Elementami odbiorczymi, czyli pasywnymi są:

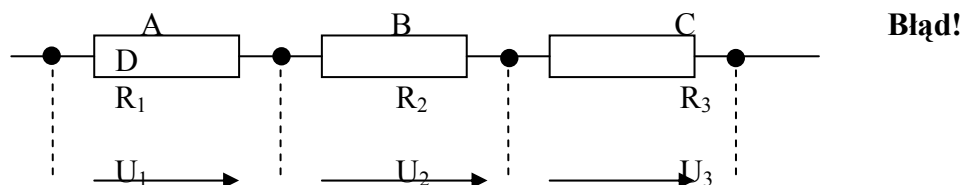
- rezystory (oporniki), w których przy przepływie prądu zachodzi nieodwracalny proces przekształcenia energii elektrycznej w energię cieplną,
- cewki i kondensatory, w których energia jest gromadzona odpowiednio w postaci energii pola magnetycznego cewki oraz energii pola elektrycznego kondensatora,
- różnego rodzaju przetworniki energii elektrycznej w energię mechaniczną (silniki elektryczne, elektromagnesy), chemiczną (na przykład proces elektrolizy), świetlną (żarówki, świetlówki, promieniowanie wyładowcze w gazie).



Rys. 7. Symbole pasywnych elementów obwodu elektrycznego

Na schemacie obwodu elektrycznego nanosimy niekiedy elementy pomocnicze, np. przewody łączące, wyłączniki, przełączniki, elementy prostownicze lub różnego rodzaju przyrządy pomiarowe służące do pomiaru prądu (amperomierz), napięcia (woltomierz), mocy (watomierz), energii elektrycznej (licznik). Symbole graficzne niektórych elementów odbiorczych oraz elementów pomocniczych przedstawiono na rys. 8.

Elementy obwodu elektrycznego są zaopatrzone w końcówki lub zaciski, za pomocą których mogą być dowolnie łączone w obwodzie elektrycznym. Połączenie szeregowe elementów obwodu przedstawiono na rysunku 8.

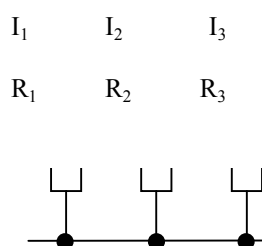


Rys. 8. Połączenie szeregowe trzech rezystorów

Jeżeli wolne końcówki pierwszego i ostatniego opornika połączymy ze źródłem napięcia, to przez cały układ szeregowy będzie płynął ten sam prąd I . Rezystancja zastępcza przedstawionego układu wynosi $R_{zas} = R_1 + R_2 + R_3$. Spadki napięcia na poszczególnych rezystorach są proporcjonalne do wielkości poszczególnych rezystancji.

Połączeniem równoległym kilku gałęzi w obwodzie elektrycznym nazywamy takie połączenie, przy którym na końcach tych gałęzi istnieje wspólne napięcie, to znaczy że wszystkie pierwsze końcówki elementów zwarte są ze sobą, podobnie jak drugie końcówki wszystkich elementów połączonych równolegle. Rezystancja zastępcza trzech rezystorów połączonych równolegle wynosi:

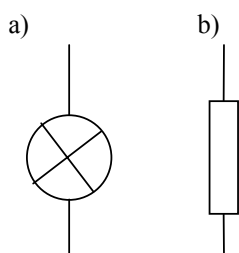
$$\frac{1}{R_{zas}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



Rys. 9. Układ trzech rezystorów połączonych równolegle

Jednym z głównych zadań obwodu elektrycznego jest przekazywanie energii elektrycznej ze źródeł energii do odbiorników.

Do najprostszych typów odbiorników zaliczamy: oporniki, grzejniki, żarówki, w których energia elektryczna przemienia się w ciepło, a część zostaje wypromieniowana w postaci światła. Symbol grzejnika i żarówki pokazano na rys. 10.



Rys. 10. Symbole graficzne odbiorników: a) żarówki b) grzejnika

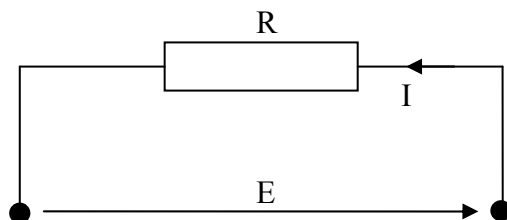
Prawo Ohma

Jednym z podstawowych praw elektrotechniki jest prawo Ohma. Prąd płynący w gałęzi obwodu jest wprost proporcjonalny do przyłożonej siły elektromotorycznej E , a odwrotnie proporcjonalne do rezystancji R umieszczonej w tej gałęzi.

$$I = \frac{E}{R},$$

gdzie powyższy wzór możemy przekształcić mnożąc obustronnie przez R .

$$E = I * R.$$



Rys. 11. Wyodrębniona gałąź obwodu elektrycznego

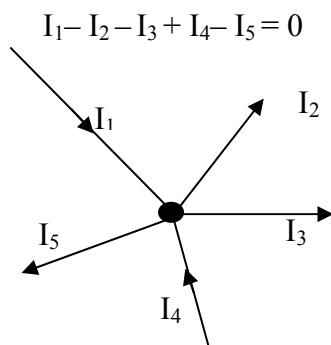
Przy stałej wartości rezystancji R , im wyższa będzie przyłożona siła elektromotoryczna E , tym większy będzie płynął prąd.

W obliczeniach obwodów elektrycznych, obok podanego prawa Ohma, podstawowe znaczenie mają dwa prawa Kirchhoffa (sformułowane w 1845 r. przez niemieckiego fizyka Gustawa Roberta Kirchhoffa).

Pierwsze prawo Kirchhoffa

Pierwsze prawo Kirchhoffa, dotyczy bilansu prądów w węźle obwodu elektrycznego, można je sformułować następująco: w każdym węźle obwodu elektrycznego suma prądów jest równa zero (dla prądu stałego – suma algebraiczna, natomiast dla prądu zmiennego – suma geometryczna):

Dla węzła z rys. 12:



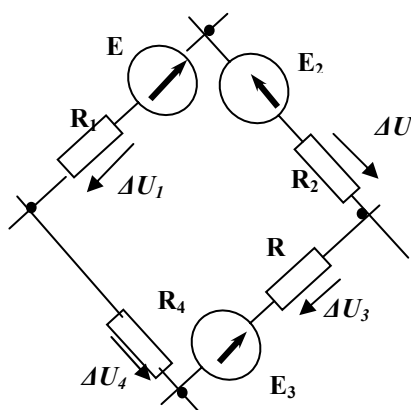
Rys. 12. Wycięty fragment obwodu elektrycznego – węzeł

Do równania pod znakiem sumy podstawiamy prądy z różnymi znakami w zależności od zwrotu prądu względem węzła. Przyjmiemy umowę, że prądy zwrócone do węzła opatrzymy znakiem plus (+), a prądy mające zwrot od węzła opatrzymy znakiem minus (-).

Drugie prawo Kirchhoffa

Drugie prawo Kirchhoffa dotyczy bilansu napięć w oczku obwodu elektrycznego i sformułowane jest następująco: w dowolnym oczku obwodu elektrycznego suma napięć źródłowych oraz suma spadków napięć na odbiornikach rozpatrywanego oczka jest równa zero (podobnie jak dla pierwszego prawa Kirchhoffa należy dodać, że dla prądu stałego wyznacza się sumę algebraiczną napięć i spadków napięć, natomiast dla prądu zmiennego sumę geometryczną). Dla oczka z rys. 13:

$$E_1 - E_2 - E_3 - I_1 * R_1 + I_2 * R_2 + I_3 * R_3 - I_4 * R_4 = 0.$$



Rys. 13. Wycięte oczko obwodu elektrycznego

Na rys. 13 przedstawiono oczko pewnego obwodu elektrycznego mające cztery gałęzie. Przyjmujemy pewien zwrot obiegu oczka, oznaczony strzałką umieszczoną wewnątrz oczka. Idąc kolejno od węzła, zgodnie z przyjętym zwrotem obiegu oczka, podstawiamy pod znak sumy w równaniu napięcia źródłowe z odpowiednim znakiem: jeżeli strzałka zwrotu napięcia źródłowego jest zgodna ze zwrotem obiegu oczka, to napięcie źródłowe bierzemy ze znakiem plus (+), jeżeli zaś przeciwna, to ze znakiem minus (-).

4.2.2. Pytania sprawdzające

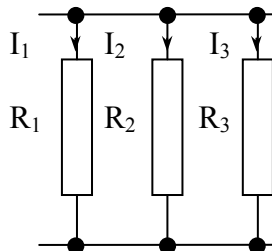
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zależności opisuje prawo Ohma?
2. Jakie zależności przedstawia pierwsze prawo Kirchhoffa?
3. Jakie zależności przedstawia drugie prawo Kirchhoffa?
4. Co nazywamy oczkiem obwodu elektrycznego?
5. Co nazywamy węzłem obwodu elektrycznego?
6. Co to jest obwód elektryczny?
7. Jakie dzielimy elementy wchodzące w skład obwodu elektrycznego?
8. Jakie są elementy pomocnicze wchodzące w skład obwodu elektrycznego?
9. Na czym polega połączenie szeregowe elementów w obwodzie elektrycznym?
10. Na czym polega połączenie równoległe elementów w obwodzie elektrycznym?
11. Jak wylicza się wartość rezystancji zastępczej w połączeniu szeregowym oporników?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Oblicz rezystancję zastępczą układu trzech rezystorów o rezystancjach $R_1 = 100 \, \Omega$, $R_2 = 50 \, \Omega$, $R_3 = 50 \, \Omega$.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

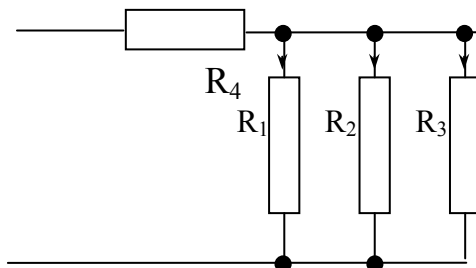
- 1) ustalić rezystancję wypadkową układu rezystorów,
- 2) ustalić jednostkę,
- 3) przeprowadzić analizę otrzymanego wyniku.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Oblicz rezystancję zastępczą układu trzech rezystorów o rezystancjach $R_1 = 100 \, \Omega$, $R_2 = 1 \, \text{k}\Omega$, $R_3 = 50 \, \Omega$, $R_4 = 1000 \, \Omega$.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

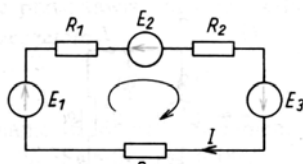
- 1) ustalić rezystancję wypadkową układu rezystorów,
- 2) ustalić jednostkę,
- 3) przeprowadzić analizę otrzymanego wyniku.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Oblicz prąd I płynący w obwodzie, jeżeli rezystancje poszczególnych rezystorów wynoszą $R_1 = 100 \, \Omega$, $R_2 = 1 \, \text{k}\Omega$, $R_3 = 50 \, \Omega$, $E_1 = 10 \, \text{V}$, $E_2 = 10 \, \text{V}$, $E_3 = 5 \, \text{V}$.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

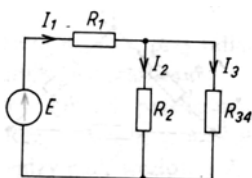
- 1) określić rezystancję zastępczą trzech rezystorów R_{123} ,
- 2) wyznaczyć sumę algebraiczną napięć E_{123} , pamiętając o polaryzacjach poszczególnych źródeł napięć,
- 3) skorzystać z prawa Ohma i obliczyć prąd I płynący w obwodzie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- kalkulator.

Ćwiczenie 4

Dobierz rezystor R_1 , by prąd I płynący w obwodzie był równy 5 A, jeżeli rezystancje poszczególnych rezystorów wynoszą $R_2 = 10 \Omega$, $R_{34} = 10 \Omega$, $E = 50 \text{ V}$.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

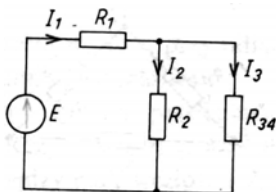
- 1) skorzystać z prawa Ohma, określić rezystancję zastępczą R_z całego układu, dla której prąd płynący w obwodzie będzie równy 5 A,
- 2) wyznaczyć rezystancję zastępczą $R_{2,34}$,
- 3) obliczyć rezystancję R_1 , odejmując od rezystancji zastępczej R_z $R_{2,23}$.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- kalkulator.

Ćwiczenie 5

Określ wielkości prądów I_1 , I_2 , I_3 , jeżeli rezystor $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 1000 \Omega$, $R_{34} = 100 \Omega$, $E = 50 \text{ V}$.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) określić rezystancję zastępczą R_z całego układu,

- 2) wyznaczyć z prawa Ohma wielkość I_1 ,
- 3) obliczyć spadek napięcia na rezystorze R_1 ,
- 4) wyznaczyć napięcie panujące na zaciskach rezystorów R_2 i R_{34} ,
- 5) obliczyć prądy I_2 i I_3 .

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- kalkulator.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) podać definicję obwodu elektrycznego?	☐	☐
2) wymienić elementy wchodzące w skład obwodu elektrycznego?	☐	☐
3) narysować symbole graficzne podstawowych elementów odbiorczych?	☐	☐
4) scharakteryzować zjawiska zachodzące w podstawowych elementach obwodu elektrycznego?	☐	☐
5) wymienić elementy obwodu odpowiadające za pomiary podstawowych parametrów prądu w obwodzie?	☐	☐
6) podać wzór na wartość prądu wynikający z prawa Ohma?	☐	☐
7) dokonać bilansu prądów w węźle obwodu na podstawie pierwszego prawa Kirchhoffa?	☐	☐
8) dokonać bilansu napięć w oczku obwodu na podstawie drugiego prawa Kirchhoffa?	☐	☐
9) podać definicję połączenia szeregowego?	☐	☐
10) narysować schematycznie połączenia szeregowo i równoległe rezystorów i źródeł napięcia?	☐	☐
11) obliczyć wartość rezystancji zastępczej rezystorów połączonych równoległe?	☐	☐
12) obliczyć wartość rezystancji zastępczej rezystorów połączonych szeregowo?	☐	☐

4.3. Moc i energia prądu elektrycznego

4.3.1. Materiał nauczania

Moc odbiorników prądu stałego

Prąd płynący przez odbiornik powoduje wydzielanie się określonej mocy. Jej wielkość jest proporcjonalna do wielkości przyłożonego napięcia i wielkości przepływającego prądu. Moc „P” jest równa:

$$P = U * I .$$

Jeżeli: $U = I * R$, to: $P = I^2 * R$ lub $P = \frac{U^2}{R}$ [W] – wat.

Każdy odbiornik powinien być użytkowany przy jego napięciu znamionowym, które oznaczamy przez U_n . W przypadku gdy do odbiornika podłączone jest napięcie inne niż nominalne, istnieje bardzo wysokie prawdopodobieństwo uszkodzenia odbiornika lub może to doprowadzić do powstania zagrożenia dla zdrowia i życia osób obsługujących dany odbiornik.

Napięcie znamionowe i moc znamionowa są podawane na tabliczkach znamionowych przytwierdzonych trwale do odbiornika. Niekiedy podaje się jeszcze prąd znamionowy. Dane znamionowe żarówek umieszcza się na ich bańkach szklanych.

Moc czynna, bierna i pozorna prądu zmiennego. Energia elektryczna

Przy przebiegach sinusoidalnych interesuje nas zazwyczaj energia pobrana przez odbiornik w czasie jednego okresu lub wielokrotności okresu. Ze względu na przesunięcia prądu względem napięcia w układach prądu zmiennego możemy rozróżniać trzy rodzaje mocy. Mocą czynną nazywamy wartość średnią mocy chwilowej i określamy ją wzorem

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ [W]} - \text{wat.}$$

Jednostką mocy czynnej jest 1 wat (1 W). Moc czynna jest zatem równa iloczynowi wartości skutecznej napięcia i prądu oraz cosinusa kąta przesunięcia fazowego między napięciem i prądem, zwanego współczynnikiem mocy ($\cos \varphi$). Jeżeli moc czynną pomnożymy przez czas T , to otrzymamy energię pobraną przez odbiornik o charakterze rezystancyjnym, ze źródła w czasie jednego okresu. Drugim rodzajem mocy jest moc pozorna, którą wyraża się wzorem:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \text{ [Var]}.$$

Trzecim rodzajem mocy jest moc bierna, która wyraża się wzorem:

$$S = U \cdot I \text{ lub } S = P^2 + Q^2 \text{ [VA]} - \text{voltamper.}$$

Moc czynna jest miarodajna dla silników, oporników. Moc pozorna jest miarodajna dla transformatorów i prądnic prądu przemiennego.

Energia zużywana przez odbiornik zależy od jego mocy i od czasu użytkowania:

$$W = P \cdot t$$

Jeżeli: $P = U \cdot I$, to $W = U \cdot I \cdot t$

Energię pobieraną przez odbiorniki w celach rozliczeniowych mierzymy na ogół w kilowatogodzinach (kWh) lub megawatogodzinach MWh.

4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jak oblicza się wielkość mocy wydzielanej na odbiorniku?
2. Jakie są rodzaje mocy prądu zmiennego?
3. Od czego zależy wielkość energii zużywanej przez odbiornik?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

W obwodzie prądu zmiennego odbiornik o mocy $P_n = 1000 \text{ W}$ i współczynniku mocy $\cos \varphi = 0,8$, zasilono napięciem sinusoidalnie zmiennym o napięciu nominalnym $U_n = 230 \text{ V}$. Odbiornik zainstalowano i włączano go codziennie, przez 14 dni w godzinach od 8.00 do 16.00. Oblicz koszt energii elektrycznej jeżeli cena 1 kWh wynosi 0,5 zł.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyliczyć ilość godzin pracy odbiornika, w omawianym okresie,

- 2) obliczyć ilość zużytej energii elektrycznej,
- 3) obliczyć koszt zużytej energii.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- kalkulator,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Przez odbiornik o mocy znamionowej $P_n = 1000 \text{ W}$ i napięciu znamionowym $U_n = 230 \text{ V}$ przepływa prąd $I = 5 \text{ A}$. Oblicz moc pozorną i bierną wydzielaną w tym odbiorniku.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) obliczyć moc pozorną odbiornika,
- 2) określić wielkość współczynnika mocy $\cos\phi$,
- 3) obliczyć wielkość mocy pozornej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- kalkulator,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Przez odbiornik o mocy znamionowej o napięciu znamionowym $U_n = 230 \text{ V}$, współczynnika mocy $\cos\phi = 0,8$ przepływa prąd $I = 50 \text{ A}$. Oblicz moc czynną, pozorną i bierną wydzielaną w tym odbiorniku. Wyniki zapisz w kW, kVar, kVA.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) obliczyć moc pozorną odbiornika,
- 2) określić wielkość mocy czynnej,
- 3) obliczyć wielkość mocy biernej,
- 4) przedstawić wynik w wymaganej formie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- kalkulator,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) obliczyć moc odbiornika energii elektrycznej?
- 2) obliczyć ilość zużywanej energii elektrycznej przez odbiornik?
- 3) obliczyć koszty użytkowania odbiornika energii elektrycznej?
- 4) podać jednostki mocy czynnej, biernej i pozornej?
- 5) wyznaczyć współczynnik mocy w odbiornikach prądu zmiennego?

Tak **Nie**

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

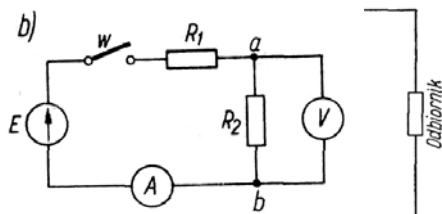
„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

4.4. Pomiary wielkości elektrycznych

4.4.1. Materiał nauczania

Pomiary prądu i napięcia

Na bazie przetworników buduje się przyrządy pomiarowe do pomiaru prądu, które nazywać będziemy amperomierzami, oraz woltomierze do pomiaru napięć. Istotnym w użytkowaniu mierników jest ich właściwe włączenie w badany obwód. By zmierzyć wielkość spadku napięcia na odbiorniku woltomierz włączamy równolegle, zgodnie ze schematem przedstawionym poniżej.



Rys. 14. Woltomierz prawidłowo włączony w obwód kontrolowany

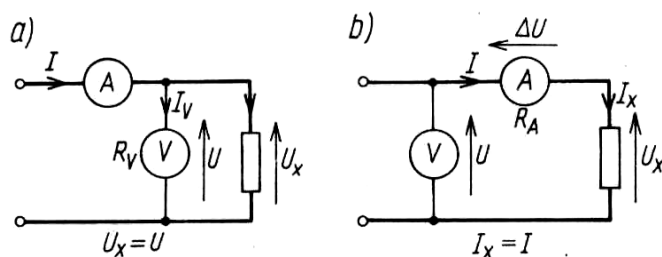
Rys. 15. Schemat układu do pomiaru prądu odbiornika R_2 oraz spadku napięcia na tym odbiorniku

Amperomierz prawidłowo włączony powinien być szeregowo włączony w gałąź, przez którą płynie prąd badany (rys. 14), natomiast woltomierz równolegle do elementu, na zaciskach którego mierzymy napięcie (rys. 15).

Pomiary rezystancji

Metoda odchyłowa bezpośrednia polega na zastosowaniu omomierza o odpowiednim zakresie pomiarowym. Najdokładniejszy pomiar omomierzem występuje wówczas, gdy wskazówka znajduje się pośrodku podziałki omomierza.

Metoda techniczna polega na pomiarze napięcia i prądu za pomocą mierników wskazówkowych i obliczeniu rezystancji z prawa Ohma (rys. 16).

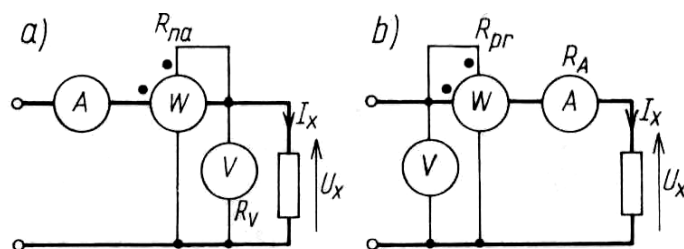


Rys. 16. Sposoby przyłączania mierników przy pomiarach rezystancji i mocy prądu stałego metodą pośrednią⁴:
a) amperomierz wskazuje za dużo, b) woltomierz wskazuje za dużo

Pomiary mocy czynnej

Moc prądu stałego mierzy się metodą pośrednią przez bezpośredni pomiar napięcia i prądu w odbiorniku. Pomiar mocy czynnej odbiornika jednofazowego wykonuje się metodą bezpośrednią – watomierzem. Schemat układu do pomiaru mocy czynnej przedstawiono poniżej (rys. 17).

⁴ W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 61.



Rys. 17. Pomiar mocy odbiornika jednofazowego watomierzem: a) schemat układu poprawnie mierzonego napięcia⁵, b) schemat układu poprawnie mierzonego prądu⁶

4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie znasz rodzaje ustrojów pomiarowych?
2. Jak należy prawidłowo włączyć do obwodu woltomierz?
3. Jak należy prawidłowo włączyć do obwodu amperomierz?
4. Jakie znasz metody pomiaru rezystancji w obwodach elektrycznych?
5. Jakie znasz metody pomiaru mocy czynnej w obwodach elektrycznych?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Dany jest woltomierz analogowy o zakresie pomiarowym 30 V, skala miernika podzielona jest na 30 działek. W trakcie wykonywania pomiaru napięcia stałego wskazówka wychyliła się i wskazuje 24 działkę. Określ, jaki jest wynik pomiaru.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyznaczyć stałą miernika $\nu = \frac{\text{zakres}}{\text{ilosc_dzialek}}$,
- 2) wyznaczyć wynik pomiaru mnożąc wskazanie przez stałą miernika.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik,
- kalkulator,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Zbuduj układ do pomiaru rezystancji metodą pośrednią. Określ rezystancję rezystora włączonego w układ.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) narysować schemat układu.
- 2) określić maksymalny prąd jaki można przepuścić przez ten rezystor.

⁵ W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 61.

⁶ Tamże, s. 61.

- 3) dobrać mierniki – ustalić zakresy pomiarowe.
- 4) połączyć układ.
- 5) odczytać wyniki wskazań mierników.
- 6) obliczyć rezystancję rezystora.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik, kalkulator, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- zasilacz prądu stałego z regulowanym napięciem, amperomierz prądu stałego o przełączanym zakresie, woltomierz prądu stałego o przełączanym zakresie, przewody łączeniowe, rezystor o znanych danych katalogowych.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) omówić budowę podstawowych ustrojów pomiarowych?
- 2) włączać w obwód woltomierze i amperomierze?
- 3) zmierzyć metodą pośrednią rezystancję?
- 4) zmierzyć moc w odbiornikach energii elektrycznej?
- 5) zmierzyć moc czynną w odbiornikach jednofazowych prądu zmiennego?
- 6) zmierzyć moc czynną w odbiornikach trójfazowych prądu zmiennego?

Tak Nie

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

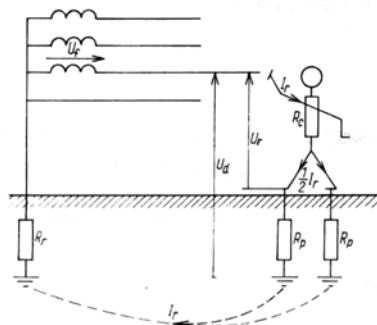
4.5. Bezpieczeństwo i higiena pracy przy urządzeniach elektrycznych

4.5.1. Materiał nauczania

Zagrożenia

Porażenie prądem elektrycznym może nastąpić na skutek:

- dotknięcia części znajdującej się stale pod napięciem,
- dotknięcia części urządzeń, które znalazły się pod napięciem na skutek uszkodzenia izolacji (np. obudowa silnika),
- znalezienia się na powierzchni ziemi mającej różne potencjały.



Rys. 18. Schemat obwodu porażeniowego przy dotknięciu przez człowieka przewodu jednej fazy w sieci z uziemionym punktem neutralnym⁷ (np. 230/400 V) R_c – rezystancje ciała ludzkiego, U_r , I_r – napięcie i prąd rażenia

Skutki działania urazu elektrycznego na organizm ludzki zależą od:

- rodzaju kontaktu z prądem elektrycznym,

⁷ W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 353

- rodzaju prądu, wartości napięcia,
- wartości prądu, częstotliwości,
- drogi przepływu prądu, czasu przepływu prądu,
- gęstości prądu,
- rezystancji ciała ludzkiego.

W trakcie rażenia organizmów, w zależności od wielkości prądu rażenia powstają następujące objawy: 50–70 mA – migotanie komór sercowych, porażenie mięśni oddechowych, przy dłuższym działaniu śmierć przez uduszenie, powyżej 70 mA przy dłuższym działaniu prądu zwykle śmierć.

Widać wyraźnie, że rażenie prądem większym niż 25 mA powoduje powstanie realnego zagrożenia dla życia. W celu minimalizacji zagrożeń stosuje się dodatkowe środki ochrony:

- ochrona przez zasilanie napięciem bezpiecznym,
- ochrona podstawowa (ochrona przed dotykiem bezpośrednim),
- ochrona dodatkowa.

Rodzaj prądu	Napięcie bezpieczne U_L [V]	
	Warunki środowiskowe W1	Warunki środowiskowe W2
przebiegienny	≤ 50	≤ 25
stały	≤ 120	≤ 60

Wartości napięć bezpiecznych U_L podano, przy czym oznaczono: W1 – warunki, w których rezystancja ciała ludzkiego mierzona w stosunku do ziemi wynosi co najmniej 1000 Ω ; W2 – warunki, w których rezystancja ciała ludzkiego mierzona w stosunku do ziemi wynosi mniej niż 1000 Ω .

Ochrona podstawowa

Ochronę podstawową urządzeń elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV uzyskujemy przez:

- izolowanie przewodów, aparatów, urządzeń,
- stosowanie osłon, barier, ogrodzeń przenośnych uniemożliwiających przypadkowe dotknięcie części pod napięciem, stosowanie właściwych odstępów izolacyjnych,
- umieszczenie części będących pod napięciem poza zasięgiem człowieka (na przykład przewody linii napowietrznych),
- zabezpieczenie przewodów przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Ochrona dodatkowa

Ochronę przed dotknięciem pośrednim urządzeń elektroenergetycznych o napięciu do 1 kV uzyskujemy przez stosowanie jednego z następujących środków:

- uziemienie ochronne,
- zerowanie,
- sieć ochronną,
- wyłącznik przeciwporażeniowy różnicowo-prądowy,
- separację odbiornika,
- izolację stanowiska,
- izolację ochronną.

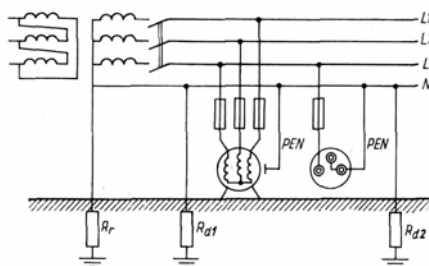
Uziemieniem nazywamy połączenia jakiejkolwiek części urządzenia elektrycznego z zakopany w ziemi uziomem. Uziemienie jak wiemy cechuje rezystancja, zależna od wymiarów i ukształtowania uziomu oraz rodzaju gruntu. Rozróżniamy uziemienia: ochronne, robocze, ogromowe.

Uziemienie robocze służy do połączenia punktów gwiazdowych transformatorów i przekładników napięciowych z ziemią.

Uziemienie odgromowe łączy instalacje odgromowe i odgromniki z ziemią. Zadaniem tego uziemienia jest odprowadzenie ładunku elektrycznego ze zwodów po zaistnieniu wyładowania atmosferycznego.

Uziemienie ochronne polega na połączeniu części przewodzących dostępnych (nie będących normalnie pod napięciem) z uziomem, powodujące w warunkach zakłóceń samoczynne odłączenie zasilania. W przypadku pojawienia się na elemencie chronionym napięcia przez przewód uziemiający popłynie prąd, który spowoduje zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego.

Zerowanie polega na bezpośrednim (metalicznym) połączeniu części przewodzących urządzeń elektrycznych z uziemionym przewodem ochronnym *PE* (układ sieciowy pięcioprzewodowy *TN-S*) lub ochronno-neutralnym *PEN* (układ sieciowy czteroprzewodowy *TN-C* lub mieszany *TN-C-S*) w sieci przystosowanej do zerowania.



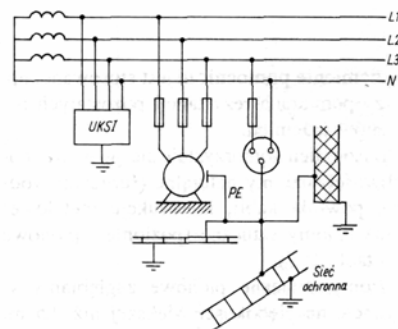
Rys. 19. Schemat zerowania odbiornika trójfazowego i gniazda wtyczkowego R_r – uziemienie robocze punktu neutralnego transformatora⁸, R_{d1} – dodatkowe uziemienie robocze przewodu neutralnego, N – przewód neutralny, PEN – przewód ochronno-neutralny

Sieć przystosowana do zerowania musi mieć:

- punkt neutralny bezpośrednio uziemiony (układ sieciowy *TN*),
- dodatkowe uziemienia przewodu neutralnego,
- zabezpieczenie nadprądowe działające samoczynnie i szybko przy zwarcu między fazą a przewodem neutralnym,
- odpowiedni przekrój przewodu neutralnego i przewodów ochronno-neutralnych.

Jako zabezpieczenie nadprądowe stosuje się bezpieczniki topikowe i wyłączniki samoczynne z wyzwalaczami elektromagnesowymi oraz nadmiarowe wyłączniki instalacyjne.

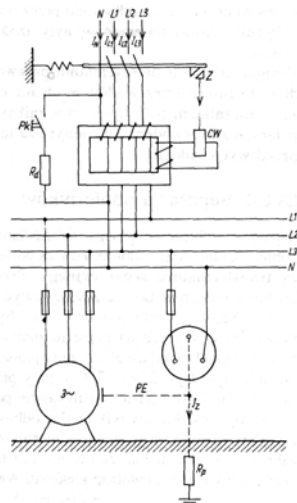
Sieć ochronna jest tworzona przez połączenie metaliczne wszystkich przedmiotów metalowych, uziomów sztucznych i naturalnych na całym obszarze objętym ochroną z uziemioną siecią, wykonaną z przewodów ochronnych *PE* i połączeń wyrównawczych. Stosowana jest w układach sieciowych *TT*. Sieć taka ma zastosowanie w zakładach przemysłowych, na placach budowy (urządzenia przenośne). Przykład ochrony odbiornika za pomocą sieci ochronnej przedstawiono na rys. 20.



Rys. 20. Schemat ochrony odbiornika za pomocą sieci ochronnej⁹ *PE* – przewód ochronny, *UKSI* – układ kontroli stanu izolacji

⁸ W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 361.

Wyłączniki różnicowo-prądowe reagują na wartość prądu upływu chronionego odbiornika lub grupy odbiorników. Mogą być stosowane we wszystkich układach sieciowych niezależnie od ich napięcia znamionowego. Zastosowanie wyłącznika przedstawiono na rys. 21. Podczas normalnej pracy instalacji prąd upływu I_z jest bardzo mały, suma geometryczna prądów $I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}, I_N$ jest praktycznie równa zero, a więc i strumień magnetyczny w rdzeniu wyłącznika praktycznie jest równy zero. W razie pojawienia się prądu upływu I_z przy uszkodzeniu izolacji w rdzeniu pojawi się strumień magnetyczny zależny od prądu I_z .



Rys. 21. Zastosowanie wyłącznika różnicowo-prądowego do ochrony grupy odbiorników¹⁰ P_k – przycisk kontrolny, R_d – rezystancja dodatkowa, z – zamek mechaniczny wyłącznika, CW – cewka wybijakowa, PE – przewód ochronny, I_z – prąd upływu spowoduje zwolnienie zamka z i wyłączenie wyłącznika

Izolacja ochronna polega na fabrycznym wyposażeniu urządzeń w dodatkową (oprócz izolacji roboczej) izolację osłaniającą przed dotknięciem ręką te wszystkie części metalowe urządzeń, które nie należą do obwodu elektrycznego, a są dostępne z zewnątrz bądź też w osłonę izolacyjną, uniemożliwiającą dotknięcie części wiodących prąd. Do części przewodzących dostępnych, objętych izolacją ochronną, nie należy przyłączać przewodów ochronnych i wyrównawczych. Urządzenia elektryczne mogą być wyposażone w izolację wzmocnioną, równoważną izolacji roboczej i ochronnej.

Sprzęt ochronny

Pod względem przystosowania do wartości napięcia sprzęt elektroizolacyjny dzielimy na:

- zasadniczy – za pośrednictwem którego można w sposób bezpieczny dotykać części urządzeń znajdujących się pod napięciem;
- dodatkowy – za pośrednictwem którego nie ma pełnego zabezpieczenia, ale łącznie ze sprzętem zasadniczym zwiększa bezpieczeństwo pracy.

Do pracy przy urządzeniach elektroenergetycznych razem ze sprzętem zasadniczym należy zawsze używać sprzętu dodatkowego. Przed każdym użyciem sprzętu ochronnego należy sprawdzić: napięcie, stan sprzętu (przez szczegółowe oględziny), termin ważności próby okresowej.

Sprzęt ochronny powinien być przechowywany w miejscach do tego wyznaczonych, a uznany za niezdalny do użytku i do naprawy, należy złomować.

Rodzaje sprzętu ochronnego używanego przy obsłudze i budowie urządzeń elektrycznych:

⁹ W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 360.

¹⁰ Tamże, s. 361.

- elektroizolacyjny, chroniący człowieka przed przepływem prądu – drążki izolacyjne (operacyjne, pomiarowe, do zakładania uziemień), kleszcze izolacyjne do bezpieczników, narzędzia izolowane, półbuty i kalosze, rękawice gumowe, pomosty, dywaniki i chodniki gumowe, izolacyjne hełmy ochronne,
- przenośne wskaźniki napięcia i prądu – neonówki, żarówkowe wskaźniki napięcia, wskaźniki wysokiego napięcia, uzgadniacze faz, kleszcze Dietza,
- zabezpieczający przed skutkami działania łuku, produktami spalania, urazami mechanicznymi – okulary ochronne, rękawice ochronne, rękawice brezentowe, maski przeciwgazowe, pasy bezpieczeństwa, słupolazy, drabiny, „folgi”,
- przenośne uziemienia i osłony oraz tablice ostrzegawcze – przenośne uziemienia ochronne, przenośne ogrodzenia i osłony odgradzające, tablice ostrzegawcze.

Ratowanie porażonych prądem elektrycznym

Istotą zagadnienia skutecznej pierwszej pomocy w wypadku porażenia jest szybkie uwolnienie osoby porażonej spod napięcia przez:

- wyłączenie napięcia właściwego obwodu elektrycznego,
- odciągnięcie porażonego od urządzeń będących pod napięciem,
- odizolowanie porażonego, uniemożliwiające przepływ prądu przez jego ciało.

Przy uwalnianiu spod napięcia ratownik jest obowiązany dbać nie tylko o bezpieczeństwo porażonego, ale także o swoje. Przy uwalnianiu porażonego spod napięcia należy stosować jedną z następujących metod:

- wyłączyć obwód wyłącznikiem lub innym elementem zabezpieczającym,
- wyjąć wtyczkę z gniazd,
- odciągnięcie od urządzeń będących pod napięciem (należy nałożyć rękawice i kalosze dielektryczne, a jeśli ich brak, korzystać należy z przypadkowych materiałów izolacyjnych),
- odepchnąć rażonego z miejsca rażenia, za pomocą elementów izolacyjnych.

W trakcie uwalniania porażonego nie wolno go bezpośrednio dotykać, gdyż istnieje realne niebezpieczeństwo porażenia ratownika.

Rozpoznanie stanu zagrożenia porażonego jest czynnikiem bardzo istotnym, ponieważ na danych tego rozpoznania będzie się opierać wybór sposobu ratowania. Porażony może być przytomny lub nieprzytomny.

Osobie porażonej należy rozluźnić ubranie w okolicy szyi, klatki piersiowej, brzucha oraz ułożyć wygodnie porażonego tak, aby głowa była mocno odchylona do tyłu. Należy ustalić stan osoby porażonej:

Jeżeli osoba jest przytomna należy natychmiast wezwać lekarza, i do czasu jego przyjazdu należy zapewnić komfort osobie poszkodowanej i regularnie monitorować stan zdrowia porażonego.

Jeśli osoba porażona jest nieprzytomna, oddycha, wyczuwa się pracę serca to należy ją ułożyć na boku, rozluźnić ubranie.

Jeśli serce pracuje, to sztuczne oddychanie polega na wdmuchiowaniu powietrza do ust porażonego, po zatkaniu nosa, z częstotliwością 12 razy na minutę.

Jeśli osoba porażona jest nieprzytomna, nie oddycha, krążenie krwi jest zatrzymane, to należy zastosować sztuczną wentylację płuc i pośredni masaż serca. Objawy zatrzymania pracy serca są następujące:

- brak przytomności,
- brak tętna na dwóch tętnicach (szyjnej i udowej).

Zmiany w mózgu występują już po 3 minutach od zatrzymania pracy serca, należy więc natychmiast podjąć zabieg sztucznego oddychania. Do metody, którą można stosować niemal w każdych warunkach, należy masaż serca i oddech zastępczy:

- sposobem usta–usta,
- sposobem usta–nos,
- sposobem usta–usta–nos.

Po przywróceniu krążenia (wystąpienie tętna, zwężenie źrenic, zmiana zabarwienia ciała) oraz regularnego oddechu, reanimację można przerwać. W przeciwnym razie akcję należy prowadzić aż do przybycia lekarza.

4.5.2. Pytania sprawdzające

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

1. W jaki może dojść do porażenia prądem elektrycznym?
2. Jakie są skutki działania prądu elektrycznego na organizm ludzki?
3. Jakie środki podejmuje się w celu minimalizacji zagrożeń przed porażeniem prądem?
4. Na czym polega ochrona podstawowa urządzeń elektrycznych?
5. Na czym polega ochrona dodatkowa urządzeń elektrycznych?
6. Co to jest uziemienie i jakie rodzaje uziemienia rozróżniamy?
7. Co to jest zerowanie i jakie parametry musi mieć sieć przystosowana do zerowania?
8. Jak działają wyłączniki różnicowo-prądowe i gdzie się je stosuje?
9. Co to jest sprzęt ochronny i jakie są jego rodzaje?
10. Jak prowadzi się działania ratownicze w stosunku do osób porażonych prądem?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Pracownik ma za zadanie zbudować nową instalację elektryczną podtynkową w pomieszczeniu mieszkalnym. Stara instalacja winna być w całości zdemontowana. Do obowiązków pracownika należy zdemontowanie zbędnych elementów, zamocowanie nowych przewodów wraz z osprzętem elektrycznym, ich podłączenie i uruchomienie. Określ narzędzia niezbędne do wykonania tego zadania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zadanie to podzielić na etapy,
- 2) dla każdego etapu określić niezbędne narzędzia,
- 3) wykonać zestawienie zbiorcze.

Wypożyczenia stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Określ w jakie środki ochrony osobistej oraz dodatkowe urządzenia zabezpieczające winien być wyposażony robotnik wykonujący ćwiczenie 1.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dla każdego etapu prac wypisać zagrożenia, jakie mogą wystąpić w trakcie jego realizacji,
- 2) określić znane Ci sposoby eliminacji zagrożeń z punktu 1,
- 3) wybierać te rozwiązanie, które najskuteczniej będą zabezpieczać osobę wykonującą pracę.

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

Wyposażenia stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 3

W obwodzie zasilania silnika prądu zmiennego zadziałało zabezpieczenie nadprądowe. Określ procedurę usuwania zakłócenia.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) określić metody sprawdzania stanu zabezpieczeń,
- 2) określić niezbędne prace jakie należy wykonać przed naprawą zabezpieczenia,
- 3) określić sposób postępowania w przypadku, gdy zabezpieczenie po naprawie ponownie zadziała.

Wyposażenia stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 4

W wózku akumulatorowym przeznaczonym do transportu wewnętrznego w zakładzie pracy należy wymienić akumulator na nowy. Określ zagrożenia, sposób wykonania pracy oraz środki ochrony jakie należy stosować.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) określić metody sprawdzania stanu zabezpieczeń,
- 2) określić niezbędne prace jakie należy wykonać przed naprawą zabezpieczenia,
- 3) wybierać te rozwiązania które najskuteczniej będą zabezpieczać osobę wykonującą pracę.

Wyposażenia stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) omówić procedurę ratowania zdrowia i życia osoby rażonej?	☐	☐
2) omówić podstawowy sprzęt ochronny do pracy przy urządzeniach elektrycznych?	☐	☐
3) omówić podstawowe środki ochrony przeciwporażeniowej?	☐	☐
4) dokonać klasyfikacji uziomów?	☐	☐
5) omówić objawy i zagrożenia dla zdrowia i życia spowodowane przepływem prądu przez organizm ludzki?	☐	☐

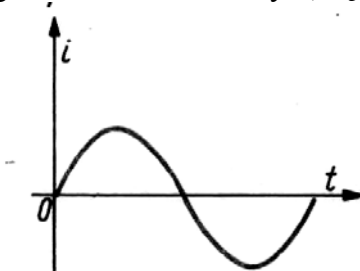
4.6. Obwody prądu przemiennego

4.6.1. Materiał nauczania

Obwody jednofazowe

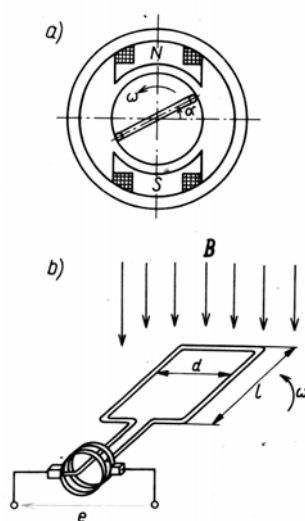
Prąd, napięcie nazywamy zmiennym, jeśli w czasie ulega zmianie jego wartość liczbowa przy niezmiennym zwrocie lub zmienia się zwrot przy niezmienniej wartości liczbowej, lub ulega zmianie zarówno zwrot jak i wartość liczbowa.

Spośród wszystkich stosowanych w elektrotechnice przebiegów zmiennych, najbardziej rozpowszechnione są przebiegi o zmienności sinusoidalnej w czasie. Źródłami napięcia sinusoidalnie zmiennego, zwanego krótko sinusoidalnym, są prądnice.



Rys. 22. Przebieg prądu sinusoidalnie zmiennego

Najprostszym modelem takiej prądnicy jest zwój w postaci ramki, wirujący ze stałą prędkością kątową ω w polu magnetycznym równomiernym (o stałej indukcji B w czasie).



Rys. 23. Zasada powstawania napięcia sinusoidalnie zmiennego¹¹: a) model uproszczony prądnicy; b) zwój pojedynczy obracający się w równomiernym polu magnetycznym o indukcji B

Wytwarzanie, przesyłanie i rozdzielanie energii elektrycznej dokonywane jest z użyciem urządzeń prądu zmiennego. Mamy tu na myśli takie urządzenia, jak prądnice (generatory), w których następuje przetwarzanie energii mechanicznej w energię elektryczną, transformatory przeznaczone do zmiany wartości napięcia i prądu, linie przesyłowe wysokiego, średniego i niskiego napięcia oraz urządzenia rozdzielcze wysokiego i niskiego napięcia. Energia elektryczna przy napięciu i prądzie zmiennym lepiej nadaje się do przekazywania na duże odległości niż energia elektryczna przy napięciu i prądzie stałym.

¹¹ St. Bolkowski. Podstawy elektrotechniki. WSiP, Warszawa 1982.

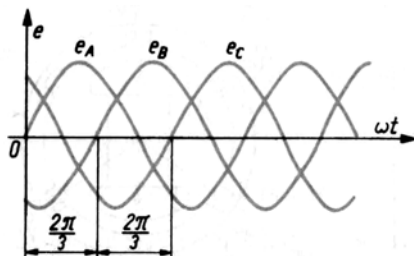
Wiele dodatkowych czynników natury technicznej i ekonomicznej zdecydowało o rozpowszechnieniu prądu zmiennego.

Obwody trójfazowe

Dopiero zastosowanie w silniku kilku obwodów elektrycznych, zasilanych napięciami sinusoidalnymi o jednakowej częstotliwości, ale przesuniętymi między sobą w fazie, umożliwiło skonstruowanie silnika, który odpowiadał wymogom przemysłu. Napięcia takie można łatwo uzyskać umieszczając w polu tej samej magnesy prądnicy kilka niezależnych uzwojeń.

Układ kilku napięć źródłowych o jednakowych częstotliwościach, czyli synchronicznych przesuniętych względem siebie w fazie, nazywamy układem wielofazowym.

Układ wielofazowy jest układem symetrycznym, jeżeli wszystkie napięcia tego układu mają jednakowe wartości skuteczne (lub amplitudy) i są względem siebie przesunięte w fazie kolejno o taki sam kąt. Układ trójfazowy symetryczny jest to układ trzech źródeł napięcia sinusoidalnego o jednakowej częstotliwości, o jednakowych wartościach skutecznych, przesuniętych kolejno w fazie co 120° .



Rys. 24. Przebieg napięci sinusoidalnie zmiennego trójfazowego

Do wytwarzania napięć w układzie trójfazowym służą prądnice trójfazowe, zwane też generatorami trójfazowymi.

4.6.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jaki prąd i napięcie nazywamy zmiennym?
2. Co to jest prądnica i w jaki sposób wytwarza energię elektryczną?
3. Co nazywamy układem wielofazowym?

4.6.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Za pomocą oscyloskopu sprawdź kształt przebiegu sinusoidalnego, piłokształtnego i prostokątnego, jakie podaje generator przebiegów. Odczytaj amplitudę kolejnych przebiegów.

Uwaga: Gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy, winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać właściwy sprzęt.
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat układu.
- 3) wykonać połączenie układu.

- 4) przygotować oscyloskop do pracy.
- 5) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela, bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu.
- 6) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia, włączyć układ i sprawdzić poprawność działania.
- 7) przerysować przebieg z ekranu oscyloskopu.
- 8) odczytać z ekranu oscyloskopu wartość amplitudy i częstotliwości.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- generator, oscyloskop, komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- | | Tak | Nie |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1) opisać cechy charakteryzujące prąd zmienny? | ☐ | ☐ |
| 2) porównać zalety prądu zmiennego w porównaniu z prądem stałym? | ☐ | ☐ |
| 3) zdefiniować pojęcie prądu trójfazowego? | ☐ | ☐ |
| 4) narysować przebieg prądu sinusoidalnego trójfazowego? | ☐ | ☐ |

4.7. Maszyny elektryczne i transformatory. Zabezpieczenia silników elektrycznych

4.7.1. Materiał nauczania

Transformator

Transformator przetwarza energię elektryczną jednego rodzaju (o danych parametrach) na energię elektryczną drugiego rodzaju (o innych parametrach) za pomocą pola elektromagnetycznego.

Transformator ma rdzeń z blach elektromagnetycznych, tworzący obwód zamknięty dla strumienia magnetycznego Φ . Transformator jest zbudowany z dwóch lub większej liczby uzwojeń sprzężonych magnetycznie. Uzwojenia transformatora nie są zwykle połączone galwanicznie.

Transformatory mają różne przeznaczenie. Transformator energetyczny służy do przetwarzania energii elektrycznej o jednym napięciu na energię elektryczną o innym napięciu. Oprócz zastosowań energetycznych buduje się różne transformatory specjalne, jak np. transformatory pomiarowe zwane przekładnikami, transformatory spawalnicze i prostownikowe, a także transformatory miniaturowe stosowane w układach elektroniki, automatyki i teletransmisji.

Różnorodność typów transformatorów mocy oraz zakresu ich przeznaczenia pociąga za sobą różnorodność konstrukcji. Zasada działania transformatora jest jednak zawsze taka sama. Uzwojenie transformatora, do którego doprowadzone jest źródło energii elektrycznej, nazywamy uzwojeniem pierwotnym, natomiast uzwojenie, do którego dołączony jest odbiornik, nazywamy uzwojeniem wtórnym. Napięcia i prądy związane z uzwojeniem pierwotnym nazywamy pierwotnymi, a związane z uzwojeniem wtórnym nazywamy wtórnymi. Wszystkie wielkości i parametry uzwojenia pierwotnego opatrujemy wskaźnikiem 1, a uzwojenia wtórnego – wskaźnikiem 2.

Przekładnią transformatora ν nazywamy stosunek liczby zwojów uzwojenia pierwotnego z_1 , do liczby zwojów uzwojenia wtórnego z_2 , czyli

$$v = \frac{z_1}{z_2}.$$

Wielkość przekładni ma istotny wpływ na napięcie i prąd uzwojenia wtórnego.

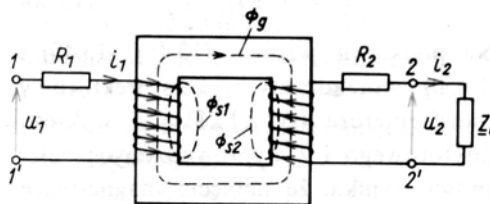
Ponieważ bez uwzględniania strat, jakie powstają w rdzeniu oraz w uzwojeniach transformatora moc strony pierwotnej jest równa mocy elektrycznej strony wtórnej, stąd:

$$u_1 \cdot i_1 = u_2 \cdot i_2,$$

czyli:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{i_2}{i_1}.$$

Zasadę działania transformatora wyjaśnimy na przykładzie transformatora dwuuzwojeniowego przedstawionego na rys. 25. Do uzwojenia pierwotnego o liczbie zwojów z_1 dołączone jest źródło napięcia sinusoidalnego u_1 . W uzwojeniu pierwotnym płynie prąd sinusoidalny o wartości chwilowej i_1 . W wyniku przepływu tego prądu w przestrzeni otaczającej uzwojenie pierwotne, a więc w rdzeniu powstaje zmienny strumień magnetyczny Φ_g . Strumień główny kojarzy się z uzwojeniem wtórnym o liczbie zwojów z_2 i indukuje w tym uzwojeniu napięcie indukcji wzajemnej.



Rys. 25. Schemat budowy transformatora jednofazowego

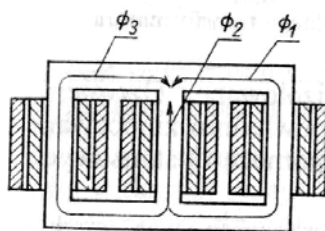
Jeżeli do uzwojenia wtórnego dołączony jest odbiornik Z_1 , to pod wpływem zaindukowanego w tym uzwojeniu napięcia popłynie prąd i_2 .

Transformator trójfazowy

Jednym ze sposobów uzyskania transformatora trójfazowego jest odpowiednie połączenie uzwojeń trzech transformatorów jednofazowych w układ trójfazowy. Wykonuje się to czasem w celu uzyskania transformatorów trójfazowych bardzo dużych mocy. Wtedy bowiem każda z jednostek jednofazowych jest niezbyt duża i dogodniejsza w transporcie. Tańszy jest jednak transformator trójfazowy zbudowany jako jedna jednostka. W trzech transformatorach jednofazowych, których rdzenie są złożone w symetryczną gwiazdę, a których uzwojenia są zasilane symetrycznym napięciem trójfazowym, suma chwilowych wartości strumieni fazowych jest równa zero, tzn.

$$\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0.$$

Można więc usunąć rdzeń środkowy. Jeżeli jeszcze pozostałe kolumny umieści się w jednej płaszczyźnie, to otrzyma się rdzeń transformatora trójfazowego jak na rysunku.



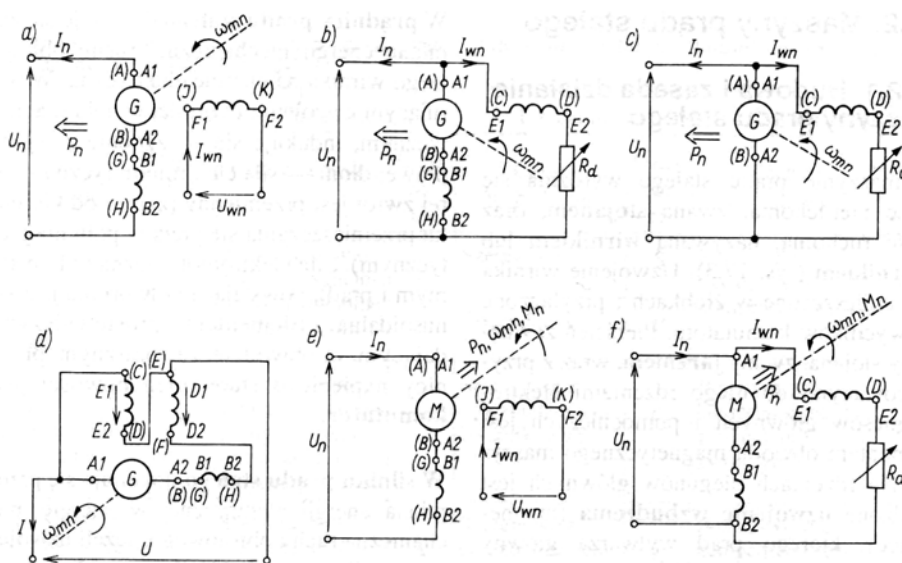
Rys. 26. Szkic rdzenia transformatora trójfazowego

Jest to więc transformator z pewną asymetrią magnetyczną, ale ta asymetria praktycznie nie ma wpływu na pracę transformatora.

Maszyny prądu stałego

W maszynie prądu stałego wyróżnia się część nieruchomą, zwaną stojanem oraz część ruchomą, nazywaną wirnikiem lub twornikiem. Uzwojenie wirnika jest umieszczone w żłobkach i przyłączone do wycinków komutatora. Pierścień zewnętrzny stojana, zwany jarzmem, wraz z przymocowanymi do niego rdzeniami elektromagnesów głównych i pomocniczych jest elementem obwodu magnetycznego maszyny. Na rdzeniach biegunów głównych jest osadzone uzwojenie wzbudzenia (magnesujące), którego prąd wytwarza główny strumień magnetyczny. Na rdzeniach biegunów pomocniczych są umieszczone uzwojenia komutacyjne, zwane również pomocniczymi lub zwrotnymi. Zadaniem ich jest poprawienie warunków komutacji. W prądnicy prądu stałego dokonuje się zamiana energii mechanicznej ruchu obrotowego wirnika na energię elektryczną. Siła elektromotoryczna (a tym samym i prąd), powstająca w tworniku jest sinusoidalna. Elementem prostowniczym, dającym w obwodzie zewnętrznym prądnicy napięcie o stałej biegunowości jest komutator.

W silniku prądu stałego dokonuje się przemiana energii elektrycznej w energię mechaniczną ruchu obrotowego. Jeżeli uzwojenie wirnika, przez które płynie prąd elektryczny, znajdzie się w polu magnetycznym biegunów głównych, to będzie na nie działać siła, powodująca ruch o zwrocie określonym regułą lewej dłoni. W silniku komutator odgrywa rolę falownika, przetwarzającego prąd stały sieci zasilającej na prąd przemienny, płynący w prętach twornika.



Rys. 26. Schematy i oznaczenia wyprowadzeń w maszynach prądu stałego¹²: a) prądnica obcowzbudna, b), c) prądnica bocznikowa z biegunami i bez biegunów zwrotnych, d) prądnica szeregowo-bocznikowa, e) silnik obcowzbudny, f) silnik bocznikowy. W nawiasach podano dawniej stosowane oznaczenia

Silniki prądu stałego

Ze względu na sposób przyłączenia uzwojenia wzbudzenia silnika do źródła rozróżniamy silniki:

- obcowzbudne,
- bocznikowe,
- szeregowo,

¹² W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 268.

- szeregowo-bocznikowe.

Charakterystyka zewnętrzna (mechaniczna) jest to zależność prędkości kątowej od momentu przy stałym napięciu zasilającym i stałych rezystancjach obwodu wzbudzenia i twornika.

Prędkość kątową silnika reguluje się przez:

- zmianę rezystancji obwodu twornika – włączenie rezystora dodatkowego (regulacja w dół, nieekonomiczna);
- zmianę napięcia zasilającego twornik (regulacja w dół dla silników o jednej wartości napięcia, ekonomiczna);
- zmianę strumienia głównego (regulacja w górę, ekonomiczna).

Rozruch silników prądu stałego jest możliwy przez:

- zmianę napięcia twornika od 0 do U_n przy zasilaniu obwodu wzbudzenia znamionowym napięciem;
- włączenie rezystora (rozrusznika) w szereg z uzwojeniem twornika.
- Silniki bocznikowe i obcowzbudne są stosowane do napędu urządzeń, wymagających płynnej regulacji prędkości kątowej w szerokim zakresie.
- Silniki szeregowo-bocznikowe są stosowane do napędu urządzeń pracujących przy znacznych i częstych przeciążeniach, wymagających dużych momentów rozruchowych (dźwigi, trakcja). Ze względu na możliwość rozbiegania się, silniki te muszą być na stałe sprzęgnięte z urządzeniem napędzanym.
- Silniki szeregowo-bocznikowe łączą zalety obu silników i dlatego mają zastosowanie do napędu maszyn, wymagających stałej prędkości kątowej lub zwiększonego momentu rozruchowego w porównaniu z silnikiem bocznikowym.

Silniki indukcyjne trójfazowe

Trójfazowe uzwojenie stojana o liczbie par biegunów równej p , zasilane z sieci trójfazowej symetrycznej o częstotliwości f , wytwarza wirujące pole magnetyczne kołowe. Pole to wiruje względem stojana z prędkością kątową synchroniczną i przecina zwarte uzwojenie wirnika, indukując w nim prąd. Wirujące pole „pociąga” za sobą uzwojenie wirnika, w którym płynie zaindukowany prąd. Wirnik nie może uzyskać prędkości pola magnetycznego, gdyż wtedy nie przecinałoby ono uzwojenia wirnika, a tym samym w wirniku nie indukowałby się prąd. Różnicę między prędkością wirowania pola stojana a prędkością wirnika, odniesioną do prędkości wirowania pola stojana nazywamy poślizgiem s . Ze względu na to, że omawiany silnik działa na zasadzie indukcji magnetycznej, a jego wirnik obraca się z prędkością mniejszą od synchronicznej, pełna nazwa tego silnika brzmi: trójfazowy asynchroniczny silnik indukcyjny.

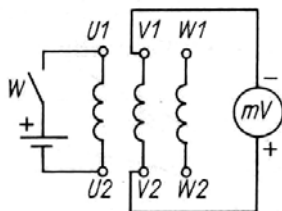
Rozruch silników indukcyjnych

Prąd rozruchowy podczas bezpośredniego włączenia silnika do sieci może dochodzić do $9I_n$ a moment rozruchowy może być mniejszy od momentu znamionowego. Właściwości rozruchowe silników można zmienić przez:

- zmianę wartości napięcia zasilania stojana – tylko przy rozruchu lekkim (za pomocą transformatora, autotransformatora bądź przełącznika gwiazda–trójkąt),
- włączenie rezystancji lub reaktancji w obwód stojana,
- włączenie rezystancji lub reaktancji w obwód wirnika,
- zmianę częstotliwości napięcia zasilającego uzwojenie stojana.

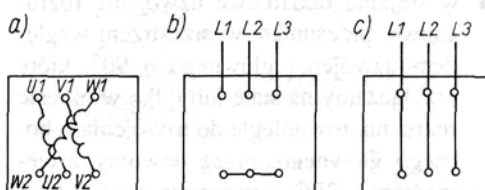
Sprawdzenie oznaczeń zacisków silnika indukcyjnego wyznaczenie początków i końców uzwojeń fazowych stojana oraz sprawdzenie poprawności oznaczeń zacisków tabliczki zaciskowej można wykonać, posługując się akumulatorem oraz miliwoltomierzem

magnetoelektrycznym – w miarę możliwości z zerem pośrodku. Akumulator włącza się w jedno, dowolnie wybrane, uzwojenie fazowe i oznacza się wstępnie początki i końce uzwojeń. Jeżeli w chwili zamykania wyłącznika miliwoltomierz włączony kolejno na zaciski pozostałych uzwojeń fazowych odchyli się w prawo, to końce uzwojeń są oznaczone dobrze.



Rys. 27. Schemat połączeń akumulatora oraz miliwoltomierza podczas sprawdzania oznaczeń uzwojenia stojana silnika indukcyjnego

Tabliczkę zaciskową stojana silnika trójfazowego oraz sposób wykonywania połączeń jej zacisków przy łączeniu uzwojeń stojana w gwiazdę i trójkąt przedstawia rys. 28.



Rys. 28. Sposób przyłączenia uzwojeń fazowych silnika trójfazowego do zacisków tabliczki (a) oraz sposób połączeń zacisków na tabliczce przy skojarzeniu uzwojenia stojana: w gwiazdę (b) i trójkąt (c)

Zabezpieczenia silników elektrycznych.

W celu zapewnienia długiej eksploatacji urządzeń elektrycznych niezbędne jest stosowanie właściwych zabezpieczeń, które zapewnią ich pracę w warunkach nominalnych. Do podstawowych zabezpieczeń zaliczyć należy:

- zabezpieczenie nadprądowe,
- zabezpieczenie przed zwarcie w uzwojeniach,
- zabezpieczenie przed zanikiem faz,
- zabezpieczenie temperaturowe.

4.7.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jak zbudowany jest transformator?
2. Jakie mają przeznaczenie transformatory?
3. Co nazywamy przekładnią transformatora ν ?
4. Jak zbudowane są maszyny prądu stałego?
5. Jakie są rodzaje wzbudzeń w prądnicach prądu stałego?
6. Jak rozróżniamy silniki prądu stałego ze względu na sposób przyłączenia uzwojenia wzbudzenia silnika do źródła?
7. W jaki sposób dokonuje się rozruchu silników prądu stałego?
8. Gdzie stosuje się poszczególne typy silników prądu stałego?
9. W jaki sposób zabezpiecza się silniki elektryczne?

4.7.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Na płycie wiórowej zbuduj obwód zasilania silnika prądu zmiennego trójfazowego sterowanego w układzie lewo–prawo.

Uwaga: Gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy, winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) dobierać właściwy osprzęt,
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat układu,
- 3) wykonać montaż elementów na płycie wiórowej,
- 4) podłączyć silnik do układu sterowania,
- 5) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 6) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia włączyć układ i sprawdzić poprawność działania.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- kabel przyłączeniowy z wtyczką, płyta wiórowa lub OSB, łącznik ręczny, blaszki aluminiowe lub stalowe do zabezpieczania miejsc instalowania osprzętu przed pożarem, rozdzielnia natynkowa, zabezpieczenie nadprądowe, Elementy mocujące osprzęt wkrętu do drewna, uchwyty do przewodów, przewody, silnik 220/380 V, przełącznik PRAWO – 0 – LEWO,
- komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

Ćwiczenie 2

Na płycie wiórowej zbuduj obwód zasilania silnika prądu zmiennego trójfazowego sterowanego w układzie gwiazda–trójkąt.

Uwaga: Gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy, winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) dobierać właściwy osprzęt,
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat układu,
- 3) wykonać montaż elementów na płycie wiórowej,
- 4) podłączyć silnik do układu sterowania,
- 5) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 6) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia włączyć układ i sprawdzić poprawność działania.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,

- kabel przyłączeniowy z wtyczką, płyta wiórowa lub OSB, łącznik ręczny, blaszki aluminiowe lub stalowe do zabezpieczania miejsc instalowania osprzętu przed pożarem, rozdzielnia natynkowa, zabezpieczenie nadprądowe, elementy mocujące osprzęt wkrętu do drewna, uchwyty do przewodów, przewody, silnik 220/380 V, przełącznik 0 – GWIAZDA–TRÓJKĄT,
- komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

- 1) omówić zasadę działania transformatora?
- 2) określić przeznaczenie transformatorów?
- 3) dokonać podziału maszyn prądu stałego w zależności od sposobu wzbudzania, przyłączania uzwojenia wzbudzenia?
- 4) scharakteryzować silniki indukcyjne trójfazowe?
- 5) przedstawić parametry opisujące silniki indukcyjne prądu zmiennego?
- 6) dobrać zabezpieczenia maszyn zapewniające ich bezpieczną pracę?

Tak **Nie**

☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.8. Urządzenia grzejne oraz źródła światła

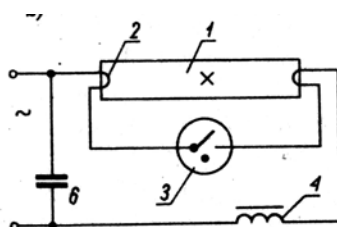
4.8.1. Materiał nauczania

Źródła światła

Do podstawowych i najczęściej spotykanych odbiorników energii elektrycznej zaliczyć można źródła światła. Zależnie od sposobu przemiany energii elektrycznej w energię promienistą dzielimy źródła światła na:

- temperaturowe (żarówka),
- wyładowcze (lampa sodowa),
- wyładowcze fluorescencyjne (światłówka).

Na rysunku 29 przedstawiono układy połączeń świetlówek. Lampę 1 w kształcie rury z wmontowanymi na końcach katodami łączy się w szereg z dławikiem 4 lub dławikiem i kondensatorem 5 na napięcie sieci 220 V. Do zapłonu lampy, po włączeniu napięcia, służy zapłonnik 3. Gdy jego styki są zamknięte, prąd płynie przez dławik i katody z ominięciem lampy, która jest wtedy zwarta. Katody nagrzewają się, po kilku sekundach następuje nagłe otwarcie styku zapłonnika i przerwanie obwodu. To wywołuje podskok napięcia na indukcyjności dławika i zapłon lampy.



Rys. 29. Układy połączeń świetlówek: ze statecznikiem indukcyjnym¹³, 1 – rura świetłowa, 2 – elektrody (katody)

¹³ W. Kotlarski. Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa, 1984, s. 225.

Oprawy oświetleniowe. Rodzaje oświetlenia

Źródła światła umieszcza się w oprawach oświetleniowych, które służą do jednego lub kilku z wymienionych niżej celów:

- umocowania źródła światła i połączenia go z siecią zasilającą,
- skierowania strumienia świetlnego w żądanym kierunku,
- ochrony oczu przed olśnieniem,
- ochrony źródła światła przed uszkodzeniem mechanicznym, pyłem, wilgocią, przedostaniem się gazów wybuchowych.

Grzejnictwo elektryczne znalazło szerokie zastosowanie zarówno w gospodarstwie domowym, jak też w wielu gałęziach przemysłu w procesach:

- wytopu wysokowartościowych stali stopowych,
- wytopu metali nieżelaznych,
- produkcji aluminium,
- obróbki cieplnej stali.

Przedmiot podlegający nagrzewaniu nazywamy wsadem i w zależności od sposobu nagrzewania wsadu rozróżniamy:

- a) nagrzewanie oporowe (rezystancyjne),
- b) nagrzewanie elektrodowe,
- c) nagrzewanie indukcyjne,
- d) nagrzewanie łukowe,
- e) nagrzewanie pojemnościowe,
- f) nagrzewanie promiennikowe.

4.8.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jak dzielimy źródła ze względu na sposób przemiany energii elektrycznej w energię promienistą?
2. Jakie cele spełniają oprawy oświetleniowe?
3. Gdzie znalazło zastosowanie grzejnictwo elektryczne?
4. Jakie znasz metody nagrzewania elektrycznego?
5. Jakie elementy grzejne stosowane są w gospodarstwie domowym?
6. Jakie piece stosuje się do wytopu metali?

4.8.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj połączenie wewnątrz oprawy świetlówkowej. Połącz świetlówki, zapłonnik, statecznik, sprawdź układ.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) dobierać właściwy osprzęt.
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat układu.
- 3) wykonać montaż elementów w oprawie.

- 4) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 5) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia włączyć układ i sprawdzić poprawność działania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, kalkulator, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- elementy instalacji, włącznik, oprawy świetlówkowe, rozdzielnie modułowe, karty katalogowe zgromadzonego osprzętu.

4.8.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

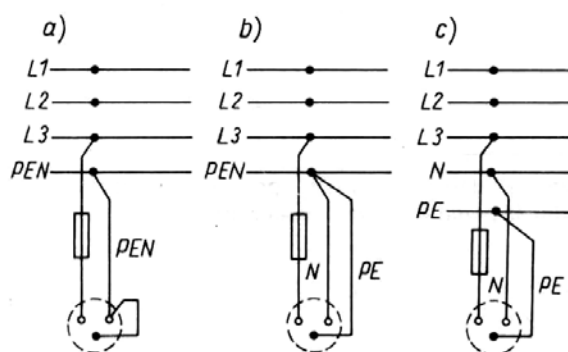
- 1) dokonać podziału źródeł światła?
- 2) określić zadania oprawy oświetleniowej?
- 3) określić zadania grzejnictwa w przemyśle?
- 4) dobrać metodę nagrzewania do zadanego typu materiału, oczekiwanych efektów?

Tak	Nie
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

4.9. Instalacje elektryczne

4.9.1. Materiał nauczania

Instalacja elektroenergetyczna służy do doprowadzenia energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej do odbiorników (silników, urządzeń grzejnych, źródeł światła).



Rys. 30. Schematy zasilania odbiorników jednofazowych (gniazda wtyczkowe ze stykiem ochronnym) w instalacji¹⁴: a) dwuprzewodowej z sieci czteroprzewodowej, b) trójprzewodowej z sieci czteroprzewodowej, c) trójprzewodowej z sieci pięcioprzewodowej

Instalacje elektroenergetyczne muszą być dostosowane do różnych warunków pracy. Rozróżniamy instalacje:

- w budynkach przemysłowych, takich jak: hale fabryczne, hodowlane obiekty rolnicze, obiekty górnicze,
- w budynkach nieprzemysłowych, takich jak: mieszkalne, szkolne, biurowe, szpitalne,

W zależności od warunków pracy urządzeń elektrycznych rozróżnia się instalacje w pomieszczeniach:

¹⁴ W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 129.

- suchych ogrzewanych lub nagrzewanych,
- przejściowo wilgotnych,
- wilgotnych,
- bardzo wilgotnych,
- z wyziewami żrącymi,
- gorących,
- niebezpiecznych pod względem pożarowym,
- niebezpiecznych pod względem wybuchowym.

Instalacje elektryczne powinny spełniać wymagania:

- niezawodności zasilania odbiorników energii elektrycznej.
- bezpieczeństwa obsługi, użytkowników oraz osób postronnych,
- bezpieczeństwa pożarowego i wybuchowego,
- dobrych warunków pracy osób obsługujących i użytkujących,
- optymalnych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

Szeroki zakres zastosowania energii elektrycznej, zarówno w okresie wznoszenia, jak i eksploatacji obiektów budowlanych, wymaga stosowania różnych rodzajów instalacji elektrycznych, np. instalacji:

- zasilania budynku,
- zasilania mieszkań,
- elektrycznej w mieszkaniach,
- dla urządzeń uruchamiających wentylację i hydrofornię oraz sterujących nimi,
- automatyki centralnego ogrzewania i ciepłej wody,
- sygnalizacji wejściowej (dzwonki, domofony),
- zbiorczych anten radiowo-telewizyjnych (AZART),
- telefonicznej,
- ochrony od porażeń prądem elektrycznym,

W zależności od sposobu wykonania (rodzaju przewodów, sposobu ułożenia, zastosowanego osprzętu) spotykamy następujące rodzaje instalacji elektroenergetycznych:

W budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej:

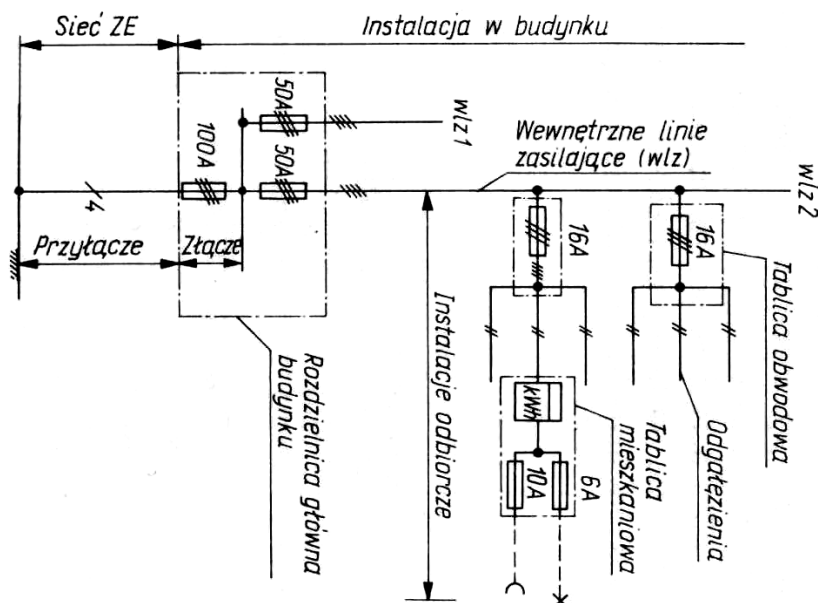
- w rurkach winidurkowych i węzłach giętkich,
- wykonywane przewodami wtynkowymi,
- wykonywane przewodami kabelkowymi (głównie na uchwytych),
- w listwach podłogowych.

W obiektach przemysłowych:

- w rurkach stalowych,
- w rurkach winidurkowych,
- w kanałach podłogowych,
- wykonane przewodami kabelkowymi (na uchwytych, w korytkach, w wiązkach),
- kablówce,
- z przewodami szynowymi,
- wykonane przewodami gołymi prowadzonymi na izolatorach.

W instalacji znajdującej się między siecią zasilającą a zaciskami odbiorników rozróżniamy następujące jej części:

- przyłącze,
- złącze,
- wewnętrzną linię zasilającą (*wiz*),
- instalacje odbiorcze.



Rys. 31. Podział instalacji na części¹⁵ (wg PBUE PN -87/E-05110/01)

Do osprzętu instalacyjnego zaliczamy rury do układania przewodów, złączki do łączenia rur, puszkę i gniazda odgałęźne do łączenia przewodów, sprzęt do mocowania przewodów i rur.

Rury służą do zabezpieczenia przewodów przed uszkodzeniami mechanicznymi, działaniem pyłu, gazów, wilgoci itp. Rozróżnia się następujące rodzaje rur instalacyjnych:

- stalowe,
- winidurowe (węże izolacyjne),
- stalowo-pancerne,
- gumowe.
- Przy łączeniu przewodów i wykonywaniu odgałęzień przewody instalacyjne wprowadza się do puszek lub gniazd odgałęźnych. W instalacjach wtynkowych wykonanych przewodami wtynkowymi (DYt, ADYt, FDYt) i kabelkowymi (YDYp, YADYp) mogą być stosowane puszkę z zaciskami i szczękami stykowymi nadające się zarówno do wykonywania odgałęzień, jak i umieszczania łączników oraz gniazd wtynkowych.

W instalacjach podtynkowych układa się puszkę rozgałęźną z tworzywa o średnicy 70 mm. W instalacjach wykonywanych przewodami kabelkowymi na uchwytych, korytkach są stosowane puszkę odgałęźną, bakelitowe 2-, 3- lub 4-wylotowe, kropłoszczelne. Przy układaniu przewodów w rurkach winidurowych stosuje się specjalne puszkę winidurowe PO i POh.

W instalacjach z rurami winidurowymi mogą być również stosowane puszkę żeliwne i ze stopów lekkich (rys. d...f), przeznaczone głównie do instalacji w rurach stalowych. Odgałęzienia od wewnętrznych linii zasilających łączymy z WLZ w gniazdach lub specjalnych puszkach piętrowych odgałęźnych, przystosowanych do plombowania lub zamykania na specjalny zamek.

¹⁵ W. Budzyński i inni. Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995, s. 131.

4.9.2. Pytania sprawdzające

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

1. Do czego służy instalacja elektryczna?
2. Jakie rodzaje instalacji rozróżniamy?
3. Jak rozróżniamy rodzaje pomieszczeń ze względu na warunki pracy urządzeń elektrycznych?
4. Jakie wymagania powinny spełniać instalacje elektryczne?
5. Jakie rodzaje instalacji rozróżniamy w zależności od sposobu wykonania?
6. Jak części instalacji znajdującej się między siecią zasilającą a zaciskami odbiorników rozróżniamy?
7. Jakie materiały stanowią osprzęt instalacyjny?
8. Jaką rolę w instalacji spełniają łączniki instalacyjne?
9. Jaką rolę w instalacji spełniają gniazda wtykowe?

4.9.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

W opakowaniu znajdują się włączniki, gniazda, puszki podtynkowe, natynkowe i przystosowane do montażu instalacji w rurach winidurowych. Posegreguj zgromadzony osprzęt pod względem rodzaju instalacji, do których dany osprzęt możemy zastosować.

Uwaga: Gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) na stole rozłożyć trzy kartki, na których znajdują się opisy instalacji: instalacja natynkowa, instalacja podtynkowa i instalacja w rurach.
- 2) oglądając wybrane elementy osprzętu odłożyć osprzęt do poszczególnych grup.
- 3) dopasować do danego elementu kartę katalogową i sprawdzić poprawność wcześniej dokonanej klasyfikacji,

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, kalkulator, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- elementy instalacji, włączniki, gniazda, uchwyty przewodów, puszki rozgałęźne, rozdzielnie modułowe, karty katalogowe zgromadzonego osprzętu.

Ćwiczenie 2

Na płycie wiórowej zbuduj obwód zasilania odbiornika, w którym istnieje możliwość wyłączania i załączania odbiornika z dwóch niezależnych miejsc – układ schodowy.

Uwaga: Gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobrać właściwy osprzęt,
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat jednokreskowy instalacji,

- 3) wykonać montaż elementów na płycie wiórowej,
- 4) wykonać połączenie obwodu uważając, by izolacja i powłoka przewodu nie były uszkodzone,
- 5) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 6) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia włączyć układ i sprawdzić poprawność działania.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- gniazdo, kabel przyłączeniowy z wtyczką; płyta wiórowa lub OSB, oprawa żarówkowa, żarówka małej mocy, dwa wyłączniki schodowe, blaszki aluminiowe lub stalowe do zabezpieczania miejsc instalowania osprzętu przed pożarem, rozdzielnia natynkowa, zabezpieczenie nadprądowe, elementy mocujące osprzęt wkrętu do drewna, uchwyty do przewodów, przewody,
- komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

Ćwiczenie 3

Na płycie wiórowej zamontuj model instalacji elektrycznej pokoju mieszkalnego, w którym są 2 gniazda 16A/0, dwa źródła światła załączane wyłącznikiem dwubiegunowym.

Uwaga: Gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobierać właściwy osprzęt,
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat jednokreskowy instalacji,
- 3) wykonać montaż elementów na płycie wiórowej;
- 4) wykonać połączenie obwodu uważając, by izolacja i powłoka przewodu nie były uszkodzone,
- 5) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 6) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia włączyć układ i sprawdzić poprawność działania.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- gniazdo, kabel przyłączeniowy z wtyczką; płyta wiórowa lub OSB, oprawa żarówkowa, żarówka małej mocy, dwa wyłączniki schodowe, blaszki aluminiowe lub stalowe do zabezpieczania miejsc instalowania osprzętu przed pożarem, rozdzielnia natynkowa, zabezpieczenie nadprądowe, elementy mocujące osprzęt wkrętu do drewna, uchwyty do przewodów, przewody,
- komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

Ćwiczenie 4

Na płycie wiórowej zamontuj model instalacji elektrycznej łazienki, w której są 2 gniazda 16A/0 zasilane z dwóch różnych obwodów, dwa źródła światła, jedno na suficie żarowe oraz na ścianie lampa jarzeniowa.

Uwaga: Gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dobierz właściwy osprzęt,
- 2) zaprojektuj układ, sporządź schemat jednokreskowy instalacji,
- 3) wykonaj montaż elementów na płycie wiórowej,
- 4) wykonaj połączenie obwodu, uważając by izolacja i powłoka przewodu nie były uszkodzone,
- 5) zgłoś fakt połączenia układu i poproś nauczyciela, bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 6) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia, włącz układ i sprawdź poprawność działania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- gniazdo, kabel przyłączeniowy z wtyczką, płyta wiórowa lub OSB, oprawa żarówkowa, żarówka małej mocy, wyłączniki, oprawy, blaszki aluminiowe lub stalowe do zabezpieczania miejsc instalowania osprzętu przed pożarem, rozdzielnia natynkowa, zabezpieczenie nadprądowe, elementy mocujące osprzęt wkrętu do drewna, uchwyty do przewodów, przewody,
- komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

4.9.4. Sprawdzian postępów

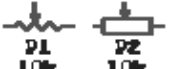
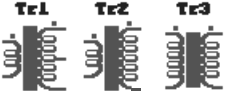
Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) określić zadania typowej instalacji elektrycznej?	☐	☐
2) dokonać zestawienia części wchodzących w skład typowej instalacji elektrycznej?	☐	☐
3) przedstawić podział instalacji elektrycznych ze względu na typowe zależności?	☐	☐
4) przestawić wymagania, jakie powinny spełniać instalacje elektryczne?	☐	☐
5) scharakteryzować podział pomieszczeń, w których znajduje się instalacja elektryczna?	☐	☐
6) dobrać sposób ułożenia instalacji i rodzaj przewodów do określonego rodzaju pomieszczenia?	☐	☐
7) rozróżniać części instalacji elektrycznej na podstawie schematu?	☐	☐
8) zdefiniować zadania wykonywane przez osprzęt instalacyjny?	☐	☐

4.10. Podstawowe elementy i układy elektroniczne

4.10.1. Materiał nauczania

Każdy element elektroniczny ma swój symbol graficzny, czasami mogą się one trochę między sobą różnić, mimo że dotyczą tego samego elementu (symbol rezystora). Obok symbolu graficznego są zwykle umieszczane opisy tego elementu, na przykład: R1, R22, C3 itp. Przyjęło się, że elementy na schemacie elektronicznym oznaczane są zwykle pierwszymi literami nazwy danego elementu i kolejnym numerem na schemacie, na przykład dla rezystorów będzie to R1, R2. Obok umieszcza się również niezbędne informacje dla zrozumienia i analizy układu. Są to zwykle wartości danych elementów, (rezystancja), tolerancja tych wartości, dopuszczalne napięcia, przy których mogą pracować (nie powinno się wówczas stosować elementów o innym napięciu pracy), czy wreszcie jak w przypadku układów scalonych, tranzystorów podaje się nazwę i typ danego elementu, na przykład tranzystor T22 BC307C. Oczywiście oprócz znajomości znaczenia symboli graficznych dla zrozumienia układu będzie potrzebna znajomość podstawowych praw rządzących elektroniką oraz znajomość działania poszczególnych elementów.

Tabela 1. Symbole graficzne elementów elektronicznych¹⁶

	Rezystor – inna jego nazwa to opornik. Można często spotkać takie właśnie dwa symbole graficzne tego elementu.
	Potencjometr – ma bardzo podobny symbol do rezystora. Posiada trzecią dodatkową końcówkę (ze strzałką), jest to suwak, którego położenie wyznacza podział całkowitej rezystancji potencjometru.
	Kondensator – przy symbolu kondensatora bardzo często jest umieszczana wartość dopuszczalnego napięcia pracy.
	Cewka indukcyjna – jej symbol przypomina spiralę wykonaną z drutu i tak właśnie wygląda w swej najprostszej postaci – jest spiralą nawiniętą z drutu.
	Transformator – jego symbole są różne w zależności od ilości uzwojeń i rodzaju rdzenia jakie posiada, ale zawsze będą podobne do tych, umieszczonych obok.
	Bezpiecznik – prawie każde urządzenie elektryczne posiada taki element zabezpieczający przed przepływem nadmiernego prądu (np. na wskutek uszkodzenia).
	Żarówka – to element, który nie wymaga komentarza.
	Bateria (lub akumulator) – jest źródłem energii dla każdego przenośnego urządzenia elektrycznego, obok symbolu podaje się wartość napięcia, dłuższa kreska oznacza zacisk dodatni.
	Masa – jest to punkt wspólny (zerowy) dla danego obwodu elektrycznego. Do tego punktu odnosi się wszystkie potencjały występujące w tym obwodzie.
	Połączenia – na schematach ideowych oprócz symboli elementów jest mnóstwo pionowych i poziomych linii łączących umieszczone tam elementy. To są właśnie połączenia. Linie, które się tylko przecinają nie mają ze sobą żadnego połączenia w miejscu przecięcia, natomiast linie z zaznaczonym punktem w miejscu przecięcia (lub styku) są połączone ze sobą.

¹⁶ Strona internetowa: www.edu.com.pl

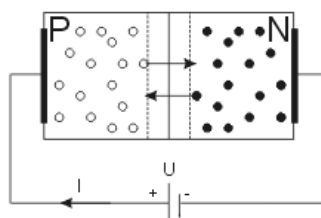
	Przełącznik NOPB – jest to przełącznik chwilowy normalnie otwarty (normally open push-button), czyli inaczej mówiąc zostanie zamknięty po naciśnięciu, a z chwilą puszczenia otworzy się.
	Przełącznik SPST – pojedynczy przełącznik jednopozycyjny, czyli wyłącznik (single-pole single-throw switch).
	Przełącznik SPDT – pojedynczy przełącznik dwupozycyjny (single-pole double-throw switch).
	Dioda – jej symbol przypomina swoim kształtem strzałkę, która wyznacza kierunek przepływu prądu, gdy dioda jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia.
	Mostek prostowniczy – jest to element czterokońcówkowy, który składa się z połączonych ze sobą czterech diod. Oczywiście taki element może być zastąpiony czterema pojedynczymi diodami. Mostek prostowniczy wykorzystuje się w układach zasilaczy, gdzie ma za zadanie wyprostować prąd przemienny.
	Tranzystor npn – jest elementem o trzech końcówkach i służy do wzmacniania lub przełączania sygnałów. Końcówka ze strzałką oznaczona literą E jest nazywana emiterym, środkowa B to baza, a górna C to kolektor. Strzałka przy emiteryze wskazuje kierunek prądu.

Rezystory

Rezystory są to elementy elektryczne, których podstawowym parametrem użytkowym jest rezystancja R wyrażana w omach [Ω]. Zadaniem rezystorów w obwodzie elektrycznym jest ustalenie określonej wartości prądu $I = U/R$ lub spadku napięcia $U=RI$. Moc wydzielana w rezystorze $P = UI$ jest przy tym zamieniana na ciepło. W podstawowej klasyfikacji rezystory dzieli się na stałe i zmienne.

Diody

Diody są to elementy dwukońcówkowe o nieliniowej i niesymetrycznej charakterystyce. U podstaw działania diod leżą zjawiska, jakie zachodzą w złączu PN. Złącze PN nazywamy bryłą półprzewodnika utworzoną przez dwa graniczące ze sobą obszary typu P oraz N. Rozpatrując działanie złącza PN, zakładamy, że obszary P i N mają rezystancję równą zero, czyli całe napięcie zewnętrzne występuje na warstwie zaporowej, powstającej na styku obszarów P i N. Przyjęcie tego założenia jest możliwe, ponieważ dominujący w wypadkowej rezystancji złącza ma rezystancja warstwy zaporowej. Polaryzacja w kierunku przewodzenia występuje, gdy napięcie zewnętrzne jest doprowadzone do złącza PN, w taki sposób, że biegun dodatni źródła napięcia U jest połączony z obszarem P, biegun zaś ujemny z obszarem N.

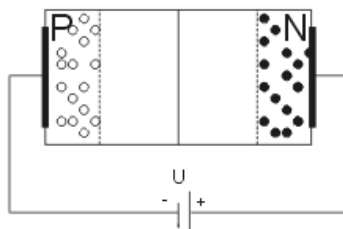


Rys. 32. Struktura złącza p-n spolaryzowana w kierunku przewodzenia¹⁷

Polaryzacja zewnętrzna jest wówczas przeciwna do biegunowości napięcia dyfuzyjnego, powstającego na styku obszarów, zatem bariera potencjału maleje o wartość napięcia

¹⁷ M. Rusek, J. Pasierbiński. Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach. WNT, Warszawa 2003, s. 107.

zewnętrznego; zmniejsza się również szerokość warstwy zaporowej. Wskutek mniejszej bariery potencjału wzrasta prawdopodobieństwo przejścia nośników większościowych poprzez warstwę zaporową, a więc znacznie zwiększa się prąd dyfuzji elektronów z obszaru N do obszaru P oraz dziur z P do N. W miarę zwiększania napięcia zewnętrznego prąd dyfuzyjny staje się coraz większy, osiągając bardzo duże wartości, gdy wartość napięcia zewnętrznego zbliża się do wartości około 0,7 V, dla złącza krzemowego. Polaryzacja w kierunku zaporowym występuje wówczas, gdy biegun dodatni źródła napięcia zewnętrznego połączony jest z obszarem N, biegun zaś ujemny z obszarem P.



Rys. 33. Struktura złącza p-n spolaryzowana w kierunku zaporowym¹⁸

Wskutek zgodności polaryzacji zewnętrznej z biegunowością napięcia dyfuzyjnego złącza bariera potencjałów zwiększa się o wartość napięcia zewnętrznego, a warstwa zaporowa rozszerza się. Dyfuzja nośników przez tak zwiększoną barierę jest, praktycznie rzecz biorąc, niemożliwa. Przez złącze PN płynie zatem tylko bardzo mały prąd nośników mniejszościowych nazywany prądem wstecznym złącza PN. Przy polaryzacji złącza PN w kierunku zaporowym napięciem większym niż pewna charakterystyczna dla danego złącza wartość napięcia nazywana napięciem przebicia, następuje raptowny wzrost prądu płynącego przez złącze. Zjawisko to nosi nazwę przebicia złącza. Wyróżnia się dwa mechanizmy przebicia złącza: przebicie Zenera i przebicie lawinowe. Przebicie Zenera wiąże się z jonizacją elektrostatyczną atomów w sieci krystalicznej, natomiast przebicie lawinowe, z jonizacją zderzeniową. Zjawiska przebicia złącza nie należy bezpośrednio wiązać z jego zniszczeniem. Jeżeli prąd wsteczny złącza jest odpowiednio ograniczony, to złącze dowolnie długo może pracować w zakresie przebicia. Dopiero zbyt duży prąd wsteczny, powodując nadmierne wydzielanie ciepła, może zniszczyć złącze. Zniszczenie cieplne złącza może spowodować również zbyt duży prąd przewodzenia. W obu przypadkach wiąże się to z przekroczeniem dopuszczalnej mocy strat złącza.

W diodach wyprowadzenie spolaryzowane dodatnio dla pracy w kierunku przewodzenia nazywa się zawsze anodą A, a drugą końcówkę, spolaryzowaną ujemnie, katodą K.

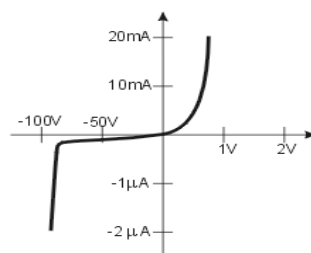


Rys. 34. Symbol diody półprzewodnikowej¹⁹

Strzałka w symbolu diody wskazuje kierunek przepływu prądu przewodzenia. Charakterystyka diody zgodnie ze zjawiskami występującymi w złączu PN kształtuje się następująco.

¹⁸ M. Rusek, J. Pasierbiński. Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach. WNT, Warszawa 2003.

¹⁹ K. Michel, T. Sapiński. Rysunek techniczny elektryczny. WNT, Warszawa 1987, s. 111.



Rys. 35. Charakterystyka określająca zależność między prądem przyłożonym napięciem a wielkość prądu przepływającego przez diodę

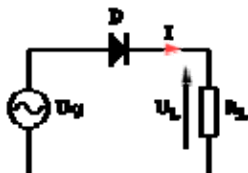
Dla przykładu, jeśli diodę włączono w obwód prądu stałego tak, że wartość prądu płynącego od anody do katody jest równa 10 mA, wówczas (jak widać z wykresu) spadek napięcia na przewodzącej diodzie będzie wynosił 0,5 V. Prąd płynący w kierunku zaporowym, wynoszący dla diod uniwersalnych kilka nanoamperów jest pomijalny, dopóki nie przekroczy się napięcia przebicia. Zakres takiej pracy jest wykorzystywany w diodach Zenera. W diodach często dla uproszczenia pomijany jest też spadek napięcia na przewodzącej diodzie i dioda może być traktowana jako dobre przybliżenie idealnego elementu przewodzącego prąd tylko w jednym kierunku.

Dioda jako prostownik

Jednym z najczęstszych i najprostszych zastosowań diody jest wykorzystanie jej jako prostownika. Prostownik zamienia prąd przemienny, czyli taki, który płynie na zmianę w dwóch kierunkach na prąd jednokierunkowy. Często o diodach mówi się „prostownik” mając na myśli takie właśnie zastosowanie.

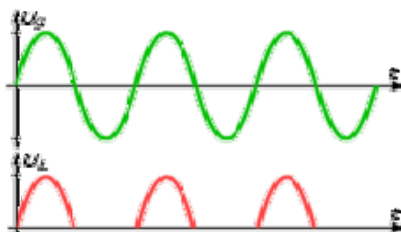
Prostownik jednopółkowy

Na rysunku przedstawiony jest najprostszy układ prostownika.



Rys. 36 Schemat prostownika jednopółkowego, jednodiodowego

U_g jest źródłem napięcia przemiennego, a R_L jest rezystancją reprezentującą obciążenie prostownika. W tym przypadku (rys. 36) źródłem napięcia wejściowego U_g jest napięcie zmienne takie jak na przykład w sieci 220 V 50 Hz, które jest obniżane na transformatorze sieciowym i podawane na diodę D. Tak więc dla wejściowego napięcia sinusoidalnego o amplitudzie zdecydowanie większej od napięcia przewodzenia diody (0,6 V) napięcie na obciążeniu U_L wygląda tak, jak na rysunku (przebieg niżej).



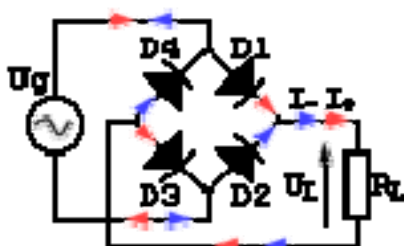
Rys. 37. Przebieg napięcia wejściowego i wyjściowego prostownika jednopółkowego²⁰

²⁰ M. Rusek, J. Pasierbiński. Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach. WNT, Warszawa 2003, s. 203.

Jak widać przez diodę przedostają się tylko dodatnie połówki sinusoidy, gdyż wówczas na anodzie diody jest wyższy potencjał niż na katodzie i dioda jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia (oczywiście wtedy, gdy $U_g > 0,6 \text{ V}$). Można więc powiedzieć, że jest to prostownik jednopołówkowy. Napięcie U_L występuje więc jedynie przez połowę okresu napięcia wejściowego U_g .

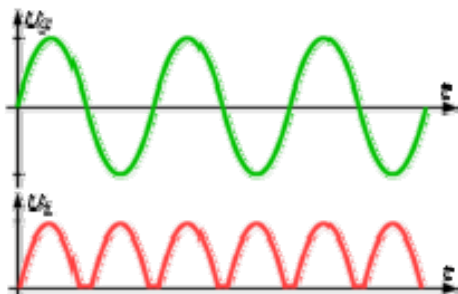
Prostownik dwupołówkowy

Na rysunku poniżej przedstawiony jest inny układ prostownika. Jest to dwupołówkowy układ mostkowy. Tak zwany mostek złożony jest z diod D1, D2, D3, D4.



Rys. 38 Struktura złącza p-n spolaryzowana w kierunku przewodzenia

Przebiegi napięcia wejściowego U_g i wyjściowego U_L przedstawione są na rysunku poniżej. Dla dodatniej połówki sinusoidy sygnału wejściowego prąd popłynie przez diodę D1 do obciążenia R_L , dalej poprzez diodę D3 do źródła U_g . Następnie dla połówki ujemnej prąd popłynie poprzez diodę D2 do obciążenia R_L jak widać zachowując ten sam kierunek przepływu prądu przez obciążenie jak dla połówki dodatniej, a następnie poprzez diodę D4 z powrotem do źródła U_g . W efekcie na wyjściu układu otrzymamy napięcie wyprostowane.



Rys. 39. Przebieg napięcia wejściowego i wyjściowego prostownika dwupołówkowego²¹

Kondensatory

Kondensatory są to elementy elektryczne, których podstawowym parametrem użytkowym jest pojemność C wyrażana w faradach [F]. Symbol kondensatora jest prezentacją podstawowej budowy tych elementów:



Rys. 40. Symbol graficzny kondensatora

²¹ Tamże, s. 203.

Kondensator stanowi układ co najmniej dwóch elektrod wykonanych z materiału przewodzącego odizolowanych od siebie dielektrykiem. Kondensator służy do gromadzenia ładunku elektrycznego. Obecnie produkowane kondensatory można podzielić na trzy grupy:

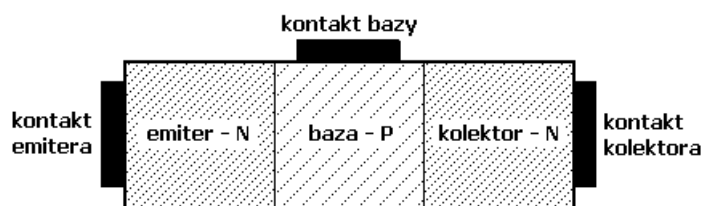
- – kondensatory elektrolityczne,
- – kondensatory ceramiczne,
- – kondensatory z tworzyw sztucznych (foliowe).

Kondensatory elektrolityczne

Kondensatory elektrolityczne aluminiowe mają elektrody wykonane ze zwiniętych taśm aluminiowych. Właściwie to tylko anoda jest wykonana z aluminiowej taśmy. Druga taśma jest tylko doprowadzeniem do właściwej elektrody jaką jest elektrolit. Elektrolitem tym jest nasączony papier.

Tranzystor bipolarny

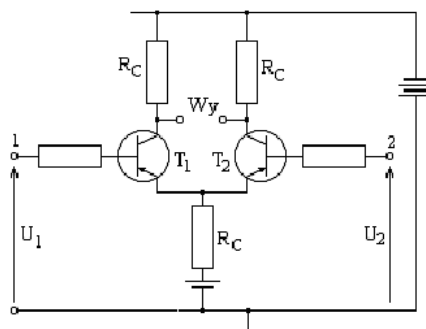
Oczywiście nie od razu w całej pełni, rozumienie wszystkich subtelnych zjawisk zachodzących w tranzystorach to przywilej nielicznych, ale większość zainteresowanych elektroniką może opanować tę sprawę na tyle, żeby opracowywać własne układy składające się z tranzystorów. Aby otrzymać tranzystor, wystarczy skleić ze sobą trzy warstwy półprzewodnika o odpowiednich przewodnościach. Przykład przedstawiono poniżej. Działanie transformatora poznamy na przykładach.



Rys. 41. Struktura p-n-p Tranzystora bipolarnego

Wzmacniacze napięcia

Wzmacniaczem napięcia stałego nazywamy wzmacniacz przystosowany do wzmacniania sygnałów dowolnie wolnozmiennych. Jednak występowanie wolnozmiennych zmian sygnałów nie wyklucza możliwości równoczesnego występowania zmian szybkich, a więc składowych sygnału o wielkich częstotliwościach. W długich okresach pracy takich wzmacniaczy mogą zachodzić różnorakie zmiany (powyżej zmiany napięć zasilających, zmiany temperatury, zmiany parametrów tranzystora lub innych elementów). Zmiany te, jeżeli wzmacniane są wraz z sygnałem wejściowym, powodują znaczne zniekształcenia sygnału wyjściowego. Zniekształcenia te możemy podzielić na szumy (o dużej częstotliwości) i tak zwany dryf wzmacniacza – wolne zmiany napięcia wejściowego przy stałym napięciu wejściowym. Najlepszym sposobem na wyeliminowanie dryfu jest zastosowanie tak zwanych wzmacniaczy różnicowych.



Rys. 42. Schemat wzmacniacza różnicowego

Wzmacniacz różnicowy może być sterowany na dwa rodzaje:

- jeżeli sygnał jest podawany między zaciski wejściowe lub jeżeli sygnały podawane na zaciski wejściowe są w przeciwfazie – jest to sterowanie różnicowe,
- jeżeli sygnał jest podawany na zwarte zaciski wejściowe lub sygnały podane na zaciski wejściowe są w fazie – jest to sterowanie sumacyjne.

Budowa wzmacniacza różnicowego polega na zapewnieniu dużego wzmocnienia sygnału różnicowego i małego wzmocnienia sygnałów sumacyjnych (większość sygnałów szkodliwych jest sygnałami sumacyjnymi), sterowanie wzmacniacza różnicowego ma zapewnić, aby sygnał użyteczny był sygnałem różnicowym.

4.10.2. Pytania sprawdzające

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

1. Podaj symbole podstawowych elementów elektronicznych.
2. Co to jest rezystor i jaką rolę spełnia w układach elektronicznych?
3. Czym charakteryzują się rezystory stałe i zmienne?
4. Jakie wyróżniamy rodzaje rezystorów ze względu na budowę?
5. Co to jest dioda i jaką rolę spełnia w układach elektronicznych?
6. Przedstaw zasadę pracy diody.
7. W jaki sposób pracuje prostownik jednopołówkowy?
8. W jaki sposób pracuje prostownik dwupołówkowy?
9. Co to jest kondensator i jaką rolę spełnia w układach elektronicznych?
10. Jakie wyróżniamy rodzaje kondensatorów ze względu na budowę?
11. Co to jest tranzystor i jaką rolę spełnia w układach elektronicznych?
12. Przedstaw zasadę działania tranzystora bipolarnego.
13. Co nazywamy wzmacniaczem?
14. Jak działa wzmacniacz prądu stałego?

4.10.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Zmontuj układ prostownika jednopołówkowego. Porównaj za pomocą oscyloskopu przebiegi napięć wyjściowych tego układu przed włączeniem kondensatora i po jego podłączeniu do wyjściu prostownika.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobierać właściwy osprzęt,
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat układu,
- 3) wykonać montaż elementów na płycie wiórowej,
- 4) wykonać połączenie układu,
- 5) przygotować oscyloskop do pracy,
- 6) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 7) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia włączyć układ i sprawdzić poprawność działania,
- 8) przerysuj przebieg z ekranu oscyloskopu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- gniazdo, generator, oscyloskop, komplet diod i kondensatorów,
- komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

Ćwiczenie 2

Zmontuj układ prostownika dwupołówkowego (mostek Greatza). Porównaj za pomocą oscyloskopu przebiegi napięć wyjściowych tego układu przed włączeniem kondensatora i po jego podłączeniu do wyjściu prostownika.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinien:

- 1) dobierać właściwy osprzęt,
- 2) zaprojektować układ, sporządzić schemat układu,
- 3) wykonać montaż elementów na płycie wiórowej,
- 4) wykonać połączenie układu,
- 5) przygotować oscyloskop do pracy,
- 6) zgłosić fakt połączenia układu i poprosić nauczyciela bądź inną osobę posiadającą uprawnienia elektryczne o sprawdzenie układu,
- 7) pod nadzorem osoby posiadającej uprawnienia włączyć układ i sprawdzić poprawność działania,
- 8) przerysuj przebieg z ekranu oscyloskopu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik, literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia,
- gniazdo, z którego zasilany będzie układ ćwiczeniowy, winno być zabezpieczeniem różnicowo-prądowym, generator, oscyloskop, komplet diod i kondensatorów,
- komplet narzędzi elektrotechnicznych wraz z miernikiem uniwersalnym.

4.10.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zidentyfikować elementy elektroniczne po symbolach graficznych?	☐	☐
2) przedstawić parametry użytkowe rezystora?	☐	☐
3) dokonać podziałów rezystorów ze względu na budowę i właściwości?	☐	☐
4) przedstawić zasadę działania diody?	☐	☐

- | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 5) przeanalizować charakterystykę przewodzenia diody | ☐ | ☐ |
| 6) przedstawić zasadę pracy prostownika jednopółówkowego? | ☐ | ☐ |
| 7) narysować i przeanalizować przebiegi prądu na wyjściu prostownika jednopółówkowego? | ☐ | ☐ |
| 8) przedstawić zasadę pracy prostownika dwupółówkowego? | ☐ | ☐ |
| 9) narysować i przeanalizować przebiegi prądu na wyjściu prostownika dwupółówkowego? | ☐ | ☐ |
| 10) przedstawić zasadę działania kondensatora? | ☐ | ☐ |
| 11) dokonać podziałów kondensatorów ze względu na budowę i właściwości scharakteryzować poszczególne grupy? | ☐ | ☐ |
| 12) przedstawić budowę i zasadę działania tranzystora bipolarnego? | ☐ | ☐ |
| 13) scharakteryzować właściwości tranzystora bipolarnego? | ☐ | ☐ |
| 14) opisać właściwości wzmacniacza napięcia? | ☐ | ☐ |
| 15) przedstawić sposób na wyeliminowanie dryfu we wzmacniaczu? | ☐ | ☐ |
| 16) opisać rodzaje sterowania wzmacniacza różnicowego? | ☐ | ☐ |
| 17) przeanalizować pracę przykładowego układu wzmacniacza? | ☐ | ☐ |

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

TEST WIELOKROTNEGO WYBORU

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test pisemny zawiera 20 pytań i sprawdza Twoje wiadomości z zakresu badania układów elektrycznych i elektronicznych.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi. Wskaż tylko jedną odpowiedź prawidłową. W przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź skreślić i zaznaczyć kółkiem odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu pisemnego masz 30 minut.

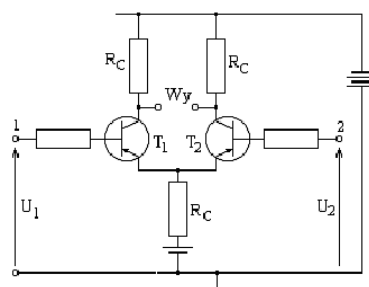
Powodzenia!

Zestaw zadań testowych

- Przez rezystor o oporze $20\ \Omega$ płynie od 60 minut prąd stały o natężeniu 10 A. Określ, jaki spadek napięcia będzie się odkładał na tym rezystorze:
 - 200 V,
 - 12000 V,
 - 2 V,
 - 0,5 V.
- Transformatory przeznaczone do zmiany:
 - wartości napięcia i prądu,
 - współczynnika sprawności elektrycznej,
 - $\cos \varphi$
 - napięcia stałego na napięcie zmienne.
- Poniżej przedstawiony symbol ukazuje:



- rezystor na którym odkłada się stały spadek napięcia 4,8 V,
 - źródło napięcia zmiennego o amplitudzie 4, 8 V,
 - symbol uziemienia,
 - źródło napięcia stałego o napięciu 4,8 V;
- Zerowanie:
 - jest jednym ze środków ochrony przeciwporażeniowej podstawowej,
 - jest jednym ze środków ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej,
 - jest zabezpieczeniem zabezpieczającym przed nadmiernym wzrostem prądu,
 - jest zabezpieczeniem przed zanikiem napięcia w jednej fazie;
 - W każdym węźle obwodu elektrycznego suma prądów wpływających i wypływających jest równa:
 - jeden,
 - największemu prądowi, który dopływa do węzła
 - zero,
 - spadkowi napięcia.
 - Wskaż rolę, jaką spełniają wzmacniacz zamieszczony poniżej:



- wzmacnia on prąd płynący przez rezystor R_C ,
 - ogranicznik napięcia,
 - separator napięć,
 - wzmacnia różnicę napięć $U_1 - U_2$.
- Nagrzewanie oporowe elementu polega na wydzielaniu się ciepła:
 - podczas przepływu prądu przez przewodzące ciało stałe,
 - podczas jego obróbki skrawaniem,

- c) podczas przepływu prądu przez dielektryk,
 - d) podczas przepływu prądu przez izolator.
8. Amperomierz prawidłowo włączony powinien być:
- a) szeregowo w gałąź, przez którą płynie prąd badany,
 - b) równolegle do elementu, na zaciskach którego mierzymy prąd,
 - c) równolegle do odbiornika, którego prąd ma być mierzony,
 - d) równolegle do źródła zasilania.
9. Dwa rezystory połączone szeregowo mają:
- a) stykają się ze sobą jedną końcówką,
 - b) stykają się ze sobą obiema nóżkami,
 - c) stykają się w jednym miejscu obudową, końcówki są niezależne,
 - d) rezystory nie stykają się ze sobą, natomiast zamontowane są jeden za drugim.
10. W przypadku gdy wymieniamy wyłącznik różnicowoprądowy w obwodach zasilających urządzenia w halach fabrycznych:
- a) montujemy wyłącznik o prądzie różnicowym równym 300 mA,
 - b) montujemy wyłącznik o prądzie różnicowym równym 230 mA,
 - c) montujemy wyłącznik o prądzie różnicowym równym 30 mA,
 - d) montujemy wyłącznik o prądzie różnicowym równym 25 mA.
11. Działanie prądnicy oparte jest na zjawisku:
- a) indukowania się siły elektrodynamicznej w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym
 - b) indukowania się siły elektromotorycznej w przewodzie poruszającym się w polu statycznym,
 - c) indukowania się siły elektromotorycznej w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym.
 - d) indukowania się prądu w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym.
12. W transformatorze dwuuzwojeniowym (posiada niezależne dwa uzwojenia) mostek prądu stałego między kolejnymi zaciskami wskazuje rezystancję $R_{1-2} = 0,8 \Omega$, $R_{3-4} =$ nieskończoność Ω , $R_{1-3} =$ nieskończoność Ω , $R_{1-4} =$ nieskończoność Ω :
- a) transformator jest sprawny;
 - b) transformator jest niesprawny;
 - c) nie można określić na podstawie przedstawionych wyników, należy wykonać pomiary rezystancji między zaciskami 2–3, i 2–4, by jednoznacznie określić stan transformatora;
 - d) wartość rezystancji nie wpływa na stan transformatora.
13. Polaryzacja w kierunku zaporowym diody występuje wówczas, gdy:
- a) biegun ujemny źródła napięcia zewnętrznego połączony jest z obszarem N, biegun zaś dodatni z obszarem P,
 - b) biegun dodatni źródła napięcia zewnętrznego połączony jest z obszarem P, biegun zaś ujemny z obszarem N,
 - c) biegun dodatni źródła napięcia zewnętrznego połączony jest z obszarem P, masa z obszarem N,
 - d) biegun dodatni źródła napięcia zewnętrznego połączony jest z obszarem N, biegun zaś ujemny z obszarem P.

14. Czy w przypadku zadziałania zabezpieczeń nadprądowych (bezpiecznik instalacyjny) użytkownik może:
- a) wymienić raz wkładkę topikową na identyczną z tą, która uległa zniszczeniu,
 - b) nie może wymieniać wkładki, powinien wezwać elektryka celem usunięcia uszkodzenia,
 - c) naprawić wkładkę topikową poprzez wstawienie drutu o zbliżonej średnicy, do tego przepalonego,
 - d) naprawić wkładkę topikową poprzez wstawienie drutu o identycznym przekroju, do tego przepalonego;

15. Wskaż przeznaczenie elementu, którego symbol zamieszczono poniżej:



- a) jest to transoptor, który służy do prostowania przebiegów zmiennych,
 - b) jest to tranzystor, który służy do prostowania przebiegów zmiennych,
 - c) jest to rezonator kwarcowy, który służy do stabilizacji częstotliwości pracy generatorów,
 - d) jest to warystor, który służy do stabilizacji częstotliwości pracy generatorów.
16. Wyłączniki różnicowo-prądowe reagują na:
- a) zbyt wysoką temperaturę odbiornika,
 - b) różnicę wartości prądów przewodów fazowych i przewodu zerowego zasilającego odbiornik lub grupę odbiorników,
 - c) zbyt duży prąd pobierany przez odbiorniki,
 - d) zbyt duży spadek napięcia.
17. Prostownik dwupołkowy, np. Mostek Greatza, można zbudować z:
- a) 4 rezystorów,
 - b) 4 diod,
 - c) 4 żarówek,
 - d) 4 stateczników.
18. Jednostką mocy czynnej jest:
- a) 1 wat (1 W),
 - b) 1 war (1 WAR),
 - c) 1 woltoamper (1 VA),
 - d) 1 amper (1A)
19. Pierwszą czynnością, jaką należy wykonać udzielając skutecznej pierwszej pomocy osobie rażonej jest:
- a) odłączenie osoby rażonej spod napięcia,
 - b) wezwanie lekarza,
 - c) masaż serca,
 - d) sztuczne oddychanie.
20. Do grupy źródeł chemicznych energii elektrycznej zaliczyć można ogniwa galwaniczne oraz:
- a) ogniwa słoneczne,
 - b) akumulatory,
 - c) prądnice elektromechaniczną,
 - d) termoelementy.

KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko.....

Badanie układów elektrycznych i elektronicznych

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. Bartodziej G., Kałuża E.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 2000
2. Bolkowski S.: Elektrotechnika. WSiP, Warszawa 2000
3. Chochowski A.: Elektrotechnika z automatyką. WSiP, Warszawa 1998
4. Chwaleba A., Moeschke B., Płoszajski G.: Elektronika. WSiP, Warszawa
5. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne. WSiP, Warszawa 2001
6. Jabłoński W., Płoszajski G.: Elektrotechnika z automatyką. WSiP, Warszawa 2003
7. Kostro J.: Elementy, urządzenia i układy automatyki. WSiP, Warszawa
8. Kurdziel R.: Elektrotechnika dla szkoły zasadniczej, część 1 i 2. WSiP. Warszawa 1999
9. Płoszajski G.: Automatyka. WSiP, Warszawa 1995
10. Siemieniako F., Gawrysiak M.: Automatyka i robotyka. WSiP, Warszawa
11. Schmid D., Baumann A., Kaufmann H., Paezold H., Zippel B.: Mechatronika. REA, Warszawa 2002
12. Budzyński W. i inni: Poradnik Elektryka. WSiP, Warszawa 1995
13. Rusek M., Pasierbiński J.: Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach. WNT, Warszawa 2003