



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Gabriela Cyngler**

## **Analizowanie układów elektrycznych i automatyki przemysłowej 813[01].O1.05**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**  
**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy**  
**Radom 2007**

**Recenzenci:**

mgr inż. Jolanta Skoczylas  
mgr inż. Małgorzata Kapusta

**Opracowanie redakcyjne:**

mgr inż. Gabriela Cyngler

**Konsultacja:**

mgr inż. Gabriela Poloczek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 813[01].O1.05 „Analizowanie układów elektrycznych i automatyki przemysłowej”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu operator urządzeń przemysłu ceramicznego.

**Wydawca**

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

# SPIS TREŚCI

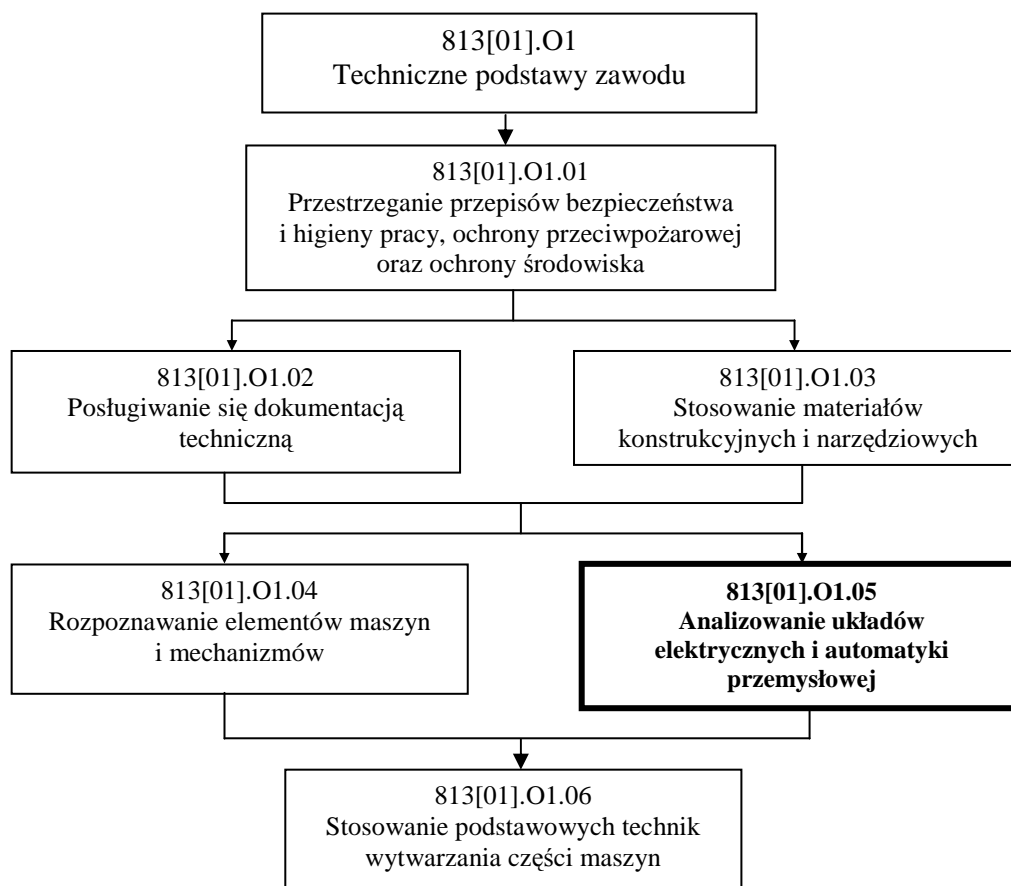
<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	5
<b>3. Cele kształcenia</b>	6
<b>4. Materiał nauczania</b>	7
<b>4.1. Obwody elektryczne</b>	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	18
4.1.3. Ćwiczenia	19
4.1.4. Sprawdzian postępów	21
<b>4.2. Pomiar wielkości elektrycznych</b>	22
4.2.1. Materiał nauczania	22
4.2.2. Pytania sprawdzające	26
4.2.3. Ćwiczenia	26
4.2.4. Sprawdzian postępów	28
<b>4.3. Maszyny oraz napędy elektryczne</b>	29
4.3.1. Materiał nauczania	29
4.3.2. Pytania sprawdzające	32
4.3.3. Ćwiczenia	33
4.3.4. Sprawdzian postępów	35
<b>4.4. Układy elektroniczne</b>	36
4.4.1. Materiał nauczania	36
4.4.2. Pytania sprawdzające	42
4.4.3. Ćwiczenia	42
4.4.4. Sprawdzian postępów	44
<b>4.5. Układy automatyki przemysłowej</b>	45
4.5.1. Materiał nauczania	45
4.5.2. Pytania sprawdzające	50
4.5.3. Ćwiczenia	51
4.5.4. Sprawdzian postępów	53
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	54
<b>6. Literatura</b>	59

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik ten będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy z zakresu analizowania układów elektrycznych i automatyki przemysłowej.

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 – podstawowe wiadomości teoretyczne niezbędne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów,
- sprawdzian osiągnięć, przykładowy zestaw zadań i pytań, pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas lekcji i że nabyłeś wiedzę i umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- posłużyć się znajomością podstawowych terminów z zakresu fizyki dotyczących pojęć i praw elektrotechniki,
- obsługiwać komputer na poziomie podstawowym,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- selekcjonować, porządkować i przechowywać informacje,
- odczytywać schematy kinematyczne maszyn lub urządzeń stosowanych w przemyśle ceramicznym, układów hydraulicznych i pneumatycznych,
- odczytywać dokumentację techniczną, technologiczną i konstrukcyjną,
- oceniać własne możliwości sprostania wymaganiom stanowiska pracy i wybranego zawodu.

### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- zinterpretować podstawowe prawa z zakresu elektrotechniki i elektroniki,
- scharakteryzować obwody prądu elektrycznego,
- obliczyć podstawowe wielkości elektryczne,
- dobrać przyrządy pomiarowe,
- wykonać podstawowe pomiary elektryczne – napięcia, natężenia prądu i rezystancji,
- połączyć proste obwody elektryczne,
- wyjaśnić budowę i zasady działania maszyn elektrycznych,
- określić parametry maszyn i urządzeń elektrycznych na podstawie tabliczki znamionowej,
- scharakteryzować proste układy elektroniczne oraz ich podzespoły i elementy,
- posłużyć się podstawowymi pojęciami z zakresu automatyki,
- odczytać schematy prostych układów automatyki przemysłowej,
- rozpoznać urządzenia stosowane w automatyce przemysłowej,
- scharakteryzować układy automatycznej regulacji i sterowania,
- odczytać proste schematy automatycznej regulacji i sterowania,
- rozróżniać elementy układów hydraulicznych i pneumatycznych,
- odczytać schematy urządzeń hydraulicznych i pneumatycznych,
- wyjaśnić zastosowanie programów komputerowych do sterowania procesami technologicznymi,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej i ochrony od porażień prądem elektrycznym.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Obwody elektryczne

#### 4.1.1. Materiał nauczania

##### Wprowadzenie do elektrotechniki

Elektrotechnika jest nauką opisującą fizyczne i techniczne problemy związane z przemieszczaniem się ładunków elektrycznych, a więc z przepływem prądu elektrycznego.

Dokładna znajomość zjawisk fizycznych i ich skutków jest niezbędna dla wielu dziedzin, między innymi elektroniki, miernictwa elektrycznego itp.

W celu omówienia podstaw analizy obwodów elektrycznych oraz budowy i zasad działania maszyn i urządzeń elektrycznych najwygodniejsze jest ujęcie zjawisk elektrycznych w sposób makroskopowy. Oznacza ono rozpatrywanie skutków przemieszczania się ładunków elektrycznych, będących wielokrotnością ładunku elementarnego, jakim cechuje się pojedynczy elektron. Wartość tego ładunku wynosi  $1,602189 \cdot 10^{-19}$  C.

Przestrzeń, w której zachodzi oddziaływanie sił na umieszczone w niej ładunki elektryczne, nazywa się polem elektromagnetycznym. Siła oddziaływania pola elektromagnetycznego na ładunki elektryczne ma dwie składowe: siłę związaną z polem elektrycznym oraz siłę związaną z polem magnetycznym.

Składowa związana z polem elektrycznym działa na ładunki elektryczne niezależnie od tego, czy są one w ruchu, czy pozostają w spoczynku.

Składowa związana z polem magnetycznym oddziałuje na ładunki będące w ruchu.

##### Podstawowe wielkości elektryczne i ich jednostki

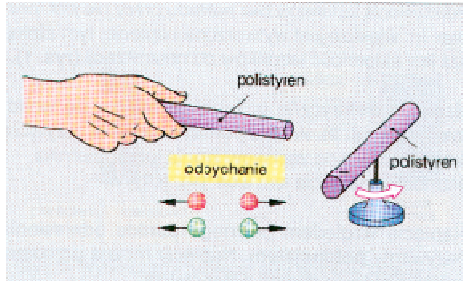
Tabela 1. Zestawienie ważniejszych wielkości opisujących pole elektryczne i magnetyczne [3, s. 62]

Wielkość	Oznaczenie	Jednostka
Natężenie pola elektrycznego	E	V/m – wolt na metr
Przenikalność elektryczna	$\epsilon$	F/m – farad na metr
Indukcja elektryczna	D	C/m <sup>2</sup> – kulomb na metr kwadratowy
Ładunek elektryczny	Q, q	C – kulomb
Natężenie prądu	I, i	A – amper
Gęstość prądu	J	A/m <sup>2</sup> – amper na metr kwadratowy
Napięcie elektryczne	U, u	V – wolt
Potencjał elektryczny	V	V – wolt
Siła elektromotoryczna	E, e	V – wolt
Energia	W	J – dżul
Moc elektryczna	P	W – wat
Natężenia pola magnetycznego	H	A/m – amper na metr
Przenikalność magnetyczna	$\mu$	H/m – henr na metr
Indukcja magnetyczna	B	T, Wb/m <sup>2</sup> – tesla, weber na metr kwadratowy
Strumień magnetyczny	$\Phi$	Wb – weber
Rezystancja	R	$\Omega$ – om

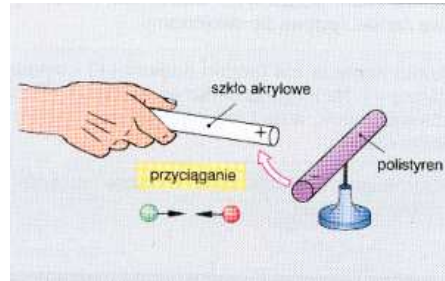


## Ładunek elektryczny

W normalnym stanie każde ciało jest elektrycznie obojętne. Stan ten można zmienić przez pocieranie ciała. Między prętami z materiałów izolacyjnych na przykład ebonitu, szkła akrylowego, polistyrenu, potartymi wełnianą szmatką występują siły odpychania (rys. 1) lub przyciągania (rys. 2). Siły te powodowane są obecnością ładunków elektrycznych.



Rys. 1. Odpychanie się ładunków jednoimiennych [3, s. 63]

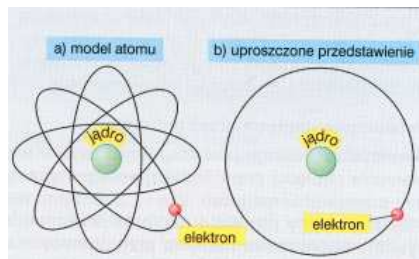


Rys. 2. Przyciąganie się ładunków różnoimiennych [3, s. 63]

Ładunki oddziałują na siebie wzajemnie siłami. Ładunki jednoimienne odpychają się, a ładunki różnoimienne przyciągają się.

Stan naładowania można wytłumaczyć budową materii.

Jeśli jądro atomowe zawiera tyle samo protonów ile elektronów krąży dookoła niego, to atom jest elektrycznie obojętny.



Rys. 3. Budowa atomu wodoru [3, s. 63]

Jeśli jednak dookoła jądra krąży większa lub mniejsza liczba elektronów niż liczba protonów w jądrze, atom jest w pierwszym przypadku naładowany ujemnie, a w drugim dodatnio – nazywamy go wtedy jonem.

Ruch ładunków jest związany z upływem czasu. Intensywność zmian ładunku elektrycznego określona jest jako natężenie prądu elektrycznego.

Natężenie prądu oznacza się symbolem  $I$ . Jednostką natężenia prądu jest A (amper). Natężenie prądu mierzy się amperomierzem.

### Napięcie elektryczne

Pomiędzy ładunkami różnoimiennymi występują siły przyciągania. Jeśli ładunki różnoimienne mają być od siebie odsunięte, trzeba wykonać pracę przeciwko siłom przyciągania. Praca ta zostanie w ładunkach jako energia.

Napięcie elektryczne jest to, więc praca włożona w rozdzielenie ładunków, odniesiona do ich wielkości. Między ładunkami powstaje napięcie.

Napięcie oznacza się symbolem  $U$ . Jednostką napięcia jest V (wolt). Napięcie mierzy się woltomierzem. Napięcie oblicza się ze wzoru:

$$U = \frac{W}{Q}$$

gdzie:

$U$  – napięcie,

$W$  – praca,

$Q$  – ładunek.

Napięcie względem pewnego punktu odniesienia nazywamy potencjałem i oznaczamy symbolem  $V$ .

Napięcie można przedstawić jako różnicę dwóch potencjałów:

$$U = V_1 - V_2$$

gdzie:

$U$  – napięcie,

$V_1$  – potencjał punktu 1,

$V_2$  – potencjał punktu 2.

W źródle napięcia napięcie występuje między dwoma zaciskami (biegunami).

Źródło napięcia ma biegun dodatni (+) i biegun ujemny (-).

Na biegunie (+) występuje niedobór elektronów, a na biegunie (-) nadmiar elektronów.

Odróżniamy napięcie stałe, zmienne lub przemienne w czasie.

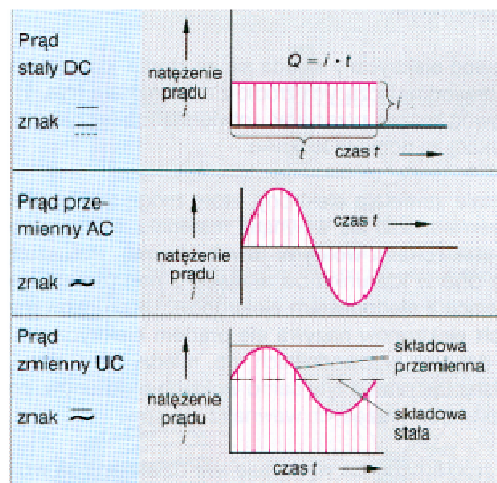
Powstawanie napięcia może być powodowane użyciem różnych postaci energii, na przykład energii magnetycznej, ciepłej, chemicznej lub promienistej.

### Rodzaje napięcia elektrycznego

Pojęcie rodzajów napięcia elektrycznego bardzo silnie jest związane z rodzajami prądów elektrycznych.

Siła elektromotoryczna stanowi w obwodzie elektrycznym wymuszenie napięciowe. Przebieg prądu jest uzależniony od przebiegu napięcia. Napięcie jest więc przyczyną, a prąd skutkiem.

W elektrotechnice przyjęto nazwy rodzajów napięcia elektrycznego od słowa „PRĄD”, to znaczy zarówno w stosunku do napięcia, jak i do prądów używa się określeń DC, AC, UC.



Rys. 4. Rodzaje napięć i prądów [3, s. 65]

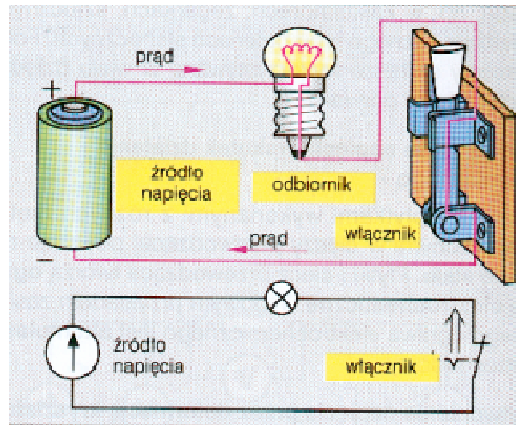
W elektrotechnice rozróżniamy poniżej przedstawione rodzaje napięć i prądów:

- napięcie i prąd stały – stały kierunek prądu zależny od kierunku wymuszenia; oznaczeniem tego rodzaju prądu i napięcia są litery DC,
- napięcie i prąd przemienny – kierunek przepływu prądu zmienia się w czasie, a wartość średnia całookresowa równa się zero; oznaczeniem tego rodzaju prądu i napięcia są litery AC,
- napięcie i prąd zmienny – stały kierunek prądu, zmienna w czasie wartość liczbowa lub zmienny kierunek prądu przy tej samej lub zmiennej wartości liczbowej; oznaczeniem tego rodzaju prądu i napięcia są litery UC.

## Prąd elektryczny

Obecność napięcia wywołuje przepływ prądu elektrycznego. Prąd elektryczny może płynąć tylko w obwodzie zamkniętym. Obwód elektryczny składa się ze źródła, odbiornika i przewodów łączących źródło z odbiornikiem (rys. 5).

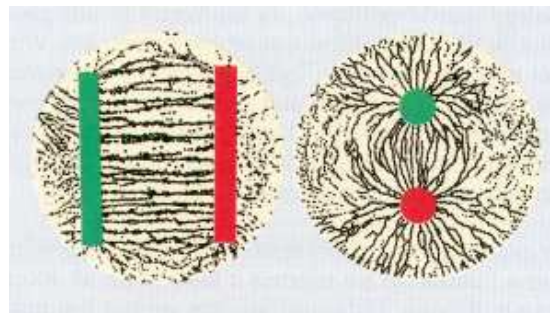
Obwód można otwierać lub zamykać za pomocą łącznika. Za techniczny kierunek przepływu prądu przyjmuje się kierunek przemieszczania jonów dodatnich w elektrolitach (przeciwny do kierunku elektronów).



Rys. 5. Obwód elektryczny [3, s. 66]

## Pole elektryczne

W pobliżu ładunków elektrycznych występuje pole elektryczne. Każde napięcie elektryczne wytwarza pole elektryczne. Obraz pola elektrycznego między dwiema równoległymi elektrodami oraz ciałami punktowymi naładowanymi różnoimiennie przedstawia rys. 6.



Rys. 6. Pole elektryczne [3, s. 67]

Pole elektryczne między dwiema równoległymi elektrodami jest polem jednorodnym, czyli polem, które we wszystkich punktach ma jednakowe natężenie.

Natężenie pola elektrycznego oblicza się ze wzorów:

Ogólnie:

$$E = \frac{F}{Q}$$

W polu jednorodnym:

$$E = \frac{U}{l}$$

gdzie:

E – natężenie pola elektrycznego,

F – siła działająca na ładunek,

Q – ładunek,

U – napięcie między ładunkami,

l – odległość między ładunkami,

Jednostką natężenia pola elektrycznego jest V/m.

Na każdy z dwóch ładunków punktowych  $Q_1$  i  $Q_2$ , działa ich wspólne pole elektryczne siłą, która jest wprost proporcjonalna do iloczynu tych ładunków oraz odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi. Jednostką siły jest N (niuton).

Siła ta zależy od właściwości środowiska, w jakim umieszczono ładunki. Wartość siły oblicza się stosując wzór:

$$F = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon \cdot r^2}$$

gdzie:

$Q_1, Q_2$  – ładunki punktowe,

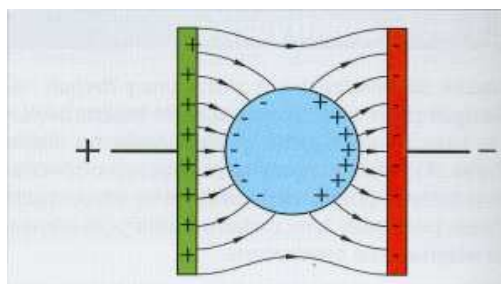
$r$  – odległość między ładunkami,

$\epsilon$  – przenikalność elektryczna bezwzględna środowiska.

Przenikalność elektryczna bezwzględna środowiska jest wielkością charakteryzującą środowisko z punktu widzenia właściwości dielektrycznych.

Jeżeli w pole elektryczne wprowadzimy przewodnik, to pod wpływem pola wolne elektrony w tym przewodniku będą się przemieszczały przeciwnie do kierunku pola.

Na brzegach przewodnika powstają ładunki ujemny i dodatni, między którymi powstaje pole. Obydwa pola są jednakowo silne, lecz mają przeciwny zwrot. Wewnątrz przewodnika ich działania znoszą się (rys. 7).



Rys. 7. Indukcja elektrostatyczna [3, s. 68]

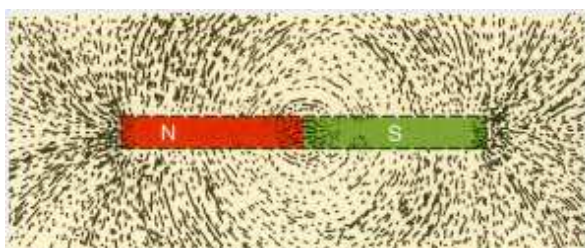
Przemieszczanie się ładunku w przewodniku pod wpływem pola elektrycznego nazywamy indukcją elektrostatyczną, oznaczana symbolem  $D$  i określona wzorem:

$$D = \epsilon \cdot E \left[ \frac{C}{m} \right]$$

### Pole magnetyczne

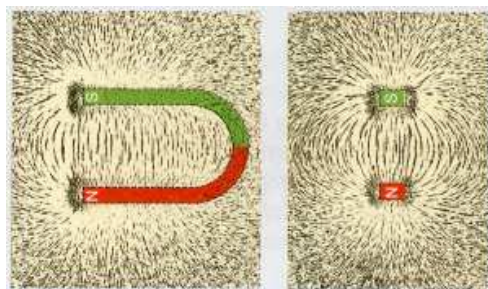
Przestrzeń, w której daje się zauważyć oddziaływanie siłowe magnesu trwałego lub elektromagnesu na różne materiały, nazywamy polem magnetycznym.

Obraz pola magnetycznego sztabki magnesu przedstawiono na rys 8.



Rys. 8. Pole magnetyczne sztabki magnesu [3, s. 68]

Na rys. 9 zobrazowane jest pole magnetyczne magnesu w kształcie podkowy.

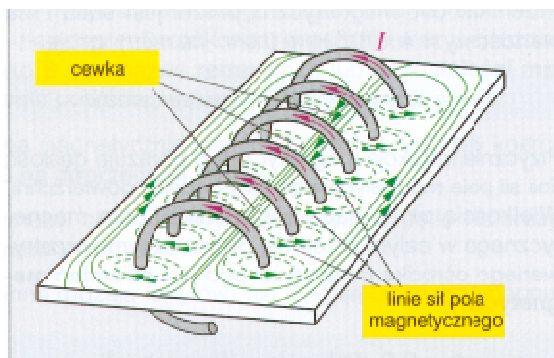


Rys. 9. Pole magnetyczne magnesu o kształcie podkowy [3, s. 68]

Gęstość linii pola jest miarą działających w nim sił magnetycznych. Jeżeli linie pola leżą blisko siebie, to w polu tym działają duże siły magnetyczne. Pomiędzy biegunami nie jednoimiennymi, leżącymi dostatecznie blisko siebie, linie pola przebiegają równolegle i w jednakowych odstępach od siebie. Takie pole nazywa się jednorodnym.

Pole magnetyczne powstaje wokół każdego przewodu wiodącego prąd elektryczny.

Podstawową przyczyną powstania i istnienia pola magnetycznego jest ruch ładunków elektrycznych (przepływ prądu elektrycznego). Na rys 10 pokazano położenie linii sił pola magnetycznego wytworzonego przez prąd przepływający przez cewkę.



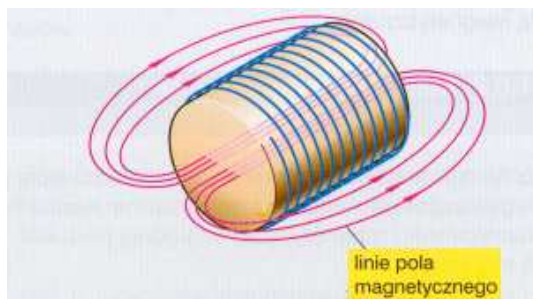
Rys. 10. Linie sił pola magnetycznego wytworzonego przez prąd przepływający w cewce [3, s. 68]

### Wielkości charakteryzujące pole magnetyczne

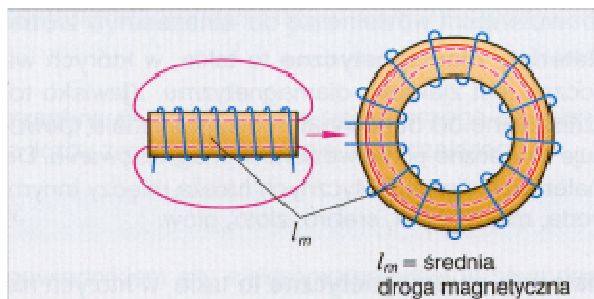
Przyczyną powstania i istnienia pola magnetycznego jest przepływ prądu elektrycznego. W konstrukcji cewki pokazanej na rys.11 uzwojenie składające się z N zwojów drutu nawinięto równoległe na karkasie w kształcie walca. Wielkością wzbudzającą powstanie pola magnetycznego jest siła magnetomotoryczna  $\Theta$  (theta), będąca iloczynem liczby zwojów N i prądu I płynącego przez to uzwojenie:

$$\Theta = I \cdot N$$

Jednostką siły magnetomotorycznej jest A amper.



Rys. 11. Pole magnetyczne cewki [3, s. 69]



Rys. 12. Średnia droga magnetyczna [3, s. 69]

W każdym punkcie przestrzeni pole magnetyczne można określić, podając wartość indukcji magnetycznej  $B$  i wartość natężenia pola magnetycznego  $H$ .

Natężenie pola magnetycznego powiązane jest z siłą magnetomotoryczną zależnością:

$$H = \Theta / l_m,$$

gdzie:  $l_m$  jest średnią drogą magnetyczną (rys.11).

Jednostką natężenia magnetycznego jest A/m amper na metr.

Indukcję magnetyczną oblicza się ze wzoru:

$$B = \mu \cdot H,$$

gdzie  $\mu$  określa właściwości magnetyczne ośrodka, w którym występuje opisywane pole magnetyczne i nosi nazwę przenikalności magnetycznej. Jednostką indukcji magnetycznej jest T tesla. Wszystkie materiały poddawane działaniu pola magnetycznego można ze względu na wartość przenikalności magnetycznej podzielić na trzy grupy:

- diamagnetyki,
- paramagnetyki,
- ferromagnetyki.

Ostatnie z wymienionych materiałów cechuje największa wartość przenikalności magnetycznej i są one stosowane do budowy rdzeni maszyn i urządzeń elektrycznych, które stanowią tzw. obwód magnetyczny. Jednostką przenikalności magnetycznej jest H/m henr na metr.

Obwodem magnetycznym nazywamy przestrzeń lub ośrodek, w którym występuje pole magnetyczne. Wielkością określającą liczbę linii sił pola magnetycznego w całym przekroju poprzecznym rozpatrywanego ośrodka magnetycznego jest strumień magnetyczny  $\Phi$ :

$$\Phi = B \cdot S,$$

gdzie:  $S$  – pole powierzchni przekroju poprzecznego obejmującego wszystkie linie sił wzbudzonego w magnetowodzie pola magnetycznego. Jednostką strumienia magnetycznego jest Wb (weber).

### Obwody elektryczne prądu stałego

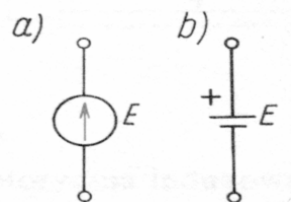
Obwód elektryczny tworzą elementy połączone ze sobą w taki sposób, że istnieje, co najmniej jedna droga zamknięta dla przepływu prądu.

Odwzorowaniem 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.

Symbole graficzne źródeł przedstawia rys. 13. Końcówki elementu źródłowego, czyli zaciski służą do połączenia z innymi elementami bezpośrednio lub za pomocą przewodów.



Rys. 13. Symbole graficzne źródeł: a) symbol ogólny źródła; b) symbol ogniwa i akumulatora [1, s. 34]

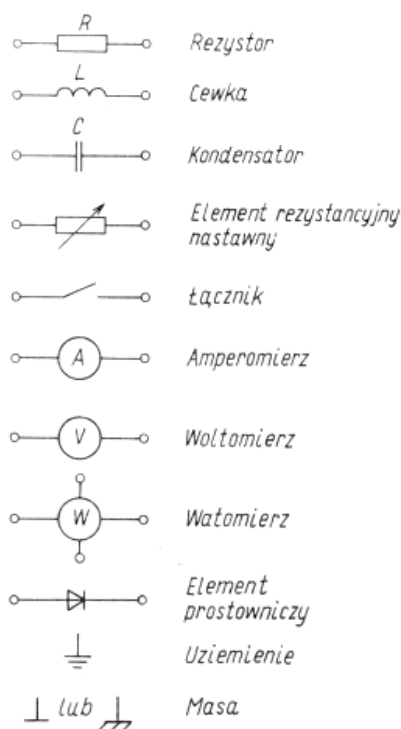
Różnicę potencjałów między zaciskami źródła w sytuacji, gdy źródło nie dostarcza energii elektrycznej, nazywamy siłą elektromotoryczną lub napięciem źródłowym i oznaczamy przez  $E$ . Biegunowość źródła oznaczamy za pomocą strzałki, której grot wskazuje biegun (+) –. W przypadku źródeł elektrochemicznych dłuższa kreska oznacza biegun (+), a krótsza biegun (–).

Elementami odbiorczymi, czyli pasywnymi są:

- rezystory, w których przy przepływie prądu zachodzi nieodwracalny proces przekształcenia energii elektrycznej w energię ciepłą,
- 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), chemiczną (np. proces elektrolizy), świetlną (promieniowanie wyładowcze w gazie).

Ponadto na schemacie obwodu elektrycznego nanosimy niekiedy elementy pomocnicze, na przykład przewody łączące, łączniki, elementy prostownicze lub różnego rodzaju przyrządy pomiarowe.

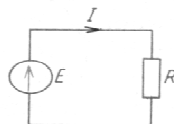
Symbole graficzne niektórych elementów odbiorczych oraz elementów pomocniczych przedstawiono na rys. 14.



**Rys. 14.** Symbole graficzne wybranych elementów i urządzeń stosowanych w obwodach elektrycznych [1, s. 35]

### Rodzaje obwodów elektrycznych

Najprostszy obwód elektryczny składa się z jednego elementu źródłowego, na przykład ogniwa i elementu odbiorczego, na przykład rezystora.



**Rys. 15.** Obwód nierozgałęziony

Obwód ten jest obwodem nierozgałęzionym, gdyż w obwodzie tym występuje tylko jeden prąd elektryczny taki sam w obu elementach.

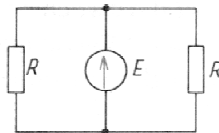
W praktyce spotyka się znacznie bardziej skomplikowane schematy obwodów elektrycznych. Obwody składają się z wielu elementów źródłowych i wielu elementów odbiorczych. Schemat takiego obwodu zawiera wiele gałęzi i węzłów.

Gałąź obwodu elektrycznego jest utworzona przez jeden lub kilka połączonych ze sobą szeregowo elementów. Oznacza to, że przez wszystkie elementy danej gałęzi przepływa ten sam prąd elektryczny.

Węzłem obwodu elektrycznego nazywamy końcówkę (zacisk) gałęzi, do której jest lub może być przyłączona inna gałąź lub kilka gałęzi.

Gałąź obwodu jest, więc ograniczona dwoma węzłami.

Obwód złożony z kilku gałęzi, (co najmniej trzech) jest obwodem rozgałęzionym.



Rys. 16. Obwód rozgałęziony

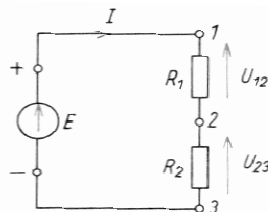
Oczkiem obwodu elektrycznego nazywamy zbiór połączonych ze sobą gałęzi tworzących drogę zamkniętą dla przepływu prądu, mającą tę własność, że po usunięciu dowolnej gałęzi pozostałe gałęzie nie tworzą drogi zamkniętej.

Obwód elektryczny jest, więc zbiorem oczek. Obwód nierozgałęziony jest obwodem jednooczkowym. Obwody rozgałęzione są obwodami wieloooczkowymi.

### Znakowanie zwrotu prądu i napięć

Na schematach elektrycznych oznacza się zwroty prądów płynących w gałęziach oraz spadki napięć na odbiorach zawartych w gałęziach.

Na schemacie rysujemy, więc strzałki zwrotu prądu w odbiorniku od zacisku o potencjale wyższym do zacisku o potencjale niższym. W źródle napięcia zwrot prądu jest od zacisku o biegunowości (–) do zacisku o biegunowości (+). Strzałka na schematach, oznaczająca zwrot prądu, jest pierzasta i rysujemy ją na przewodzie.



Rys. 17. Przykład obwodu elektrycznego oznakowany strzałkami zwrotu prądu i napięć [1, s. 38]

Przy przepływie prądu przez odbiornik o rezystancji  $R$  na zaciskach tego odbiornika występuje napięcie zwane spadkiem napięcia lub napięciem odbiornikowym.

Strzałkę określającą biegunowość napięcia odbiornikowego rysujemy w taki sposób, żeby grot strzałki wskazywał punkt, bo wyższym potencjale.

Przy przyjętych zasadach znakowania zwrot prądu oraz napięć źródłowych i odbiornikowych na elementach źródłowych strzałki napięcia i prądu są zwrócone zgodnie, a na elementach odbiorczych – przeciwnie.

### Prawa obwodu elektrycznego

W procesie analizy oraz obliczeń obwodu elektrycznego stosuje się następujące prawa:

- prawo Ohma,
- I prawo Kirchhoffa,
- II prawo Kirchhoffa.



Związek między napięciem, prądem i rezystancją został ustalony doświadczalnie przez G.S. Ohma w 1826 r i nosi nazwę prawa Ohma.

Napięcie  $U$  mierzone na końcach przewodnika o rezystancji  $R$  podczas przepływu prądu  $I$  jest równe iloczynowi rezystancji i prądu.

Prawo Ohma zapisujemy w trzech równoważnych postaciach:

$$U = I \cdot R \quad I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I}$$

W 1845r sformułowano dwa prawa Kirchhoffa

Pierwsze prawo Kirchhoffa, dotyczące bilansu prądów w węźle obwodu elektrycznego prądu stałego, można sformułować następująco:

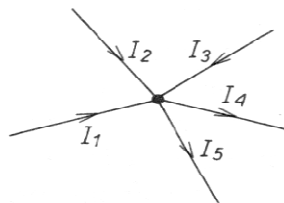
Dla każdego węzła obwodu elektrycznego suma algebraiczna prądów jest równa zero.

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

Wskaźnik  $\alpha$  przyjmuje wartości 1,2,3... w zależności od liczby gałęzi zbiegających się w węźle obwodu.

Zgodnie z tą umową dla pewnego węzła obwodu, przedstawionego na rys. 18, napiszemy:

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



**Rys. 18.** Węzeł obwodu elektrycznego z zaznaczonymi zwrotami prądów względem węzła [1, s. 39]

Jeżeli prądy ze znakiem minus przeniesiemy na drugą stronę równania, to otrzymamy:

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

Pierwsze prawo Kirchhoffa w postaci wynikającej z powyższego równania można sformułować.

Dla każdego węzła obwodu elektrycznego suma prądów dopływających do węzła jest równa sumie prądów odpływających od węzła.

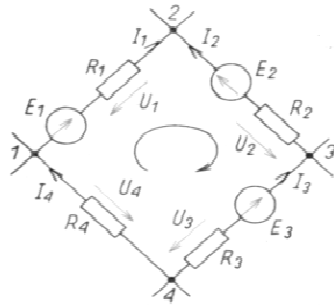
Drugie prawo Kirchhoffa dotyczące bilansu napięć w oczku obwodu elektrycznego prądu stałego można sformułować następująco:

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

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

Wskaźnik  $\alpha$  przyjmuje wartości 1,2,3... w zależności od liczby źródeł należących do rozpatrywanego oczka, a wskaźnik  $\beta$  przyjmuje wartości 1,2,3... w zależności od liczby elementów rezystancyjnych występujących w wybranym oczku obwodu elektrycznego.

Na rys. 19 przedstawiono wyodrębnione oczko pewnego rozgałęzionego obwodu elektrycznego.



Rys. 19. Wyodrębnione oczko obwodu elektrycznego [1, s. 40]

Przyjęto pewien zwrot obiegowy oczka, oznaczony strzałką umieszczoną wewnątrz oczka. Idąc kolejno od węzła 1, zgodnie z przyjętym zwrotem obiegowym oczka sumujemy napięcia przestrzegając zasady: jeżeli strzałka zwrotu napięcia jest zgodna ze zwrotem obiegowym oczka, to bierzemy je ze znakiem (+), a jeżeli przeciwnie, to ze znakiem (-). W rezultacie otrzymujemy:

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

Jeżeli napięcia odbiornikowe przeniesiemy na drugą stronę równania, to otrzymamy:

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

Drugie prawo Kirchhoffa w postaci odpowiadającej przekształconemu równaniu można sformułować następująco:

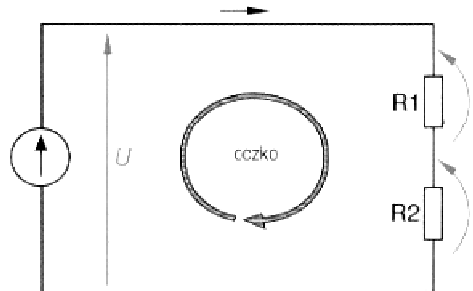
W dowolnym oczku obwodu elektrycznego prądu stałego suma algebraiczna napięć źródłowych jest równa sumie algebraicznej napięć odbiornikowych.

#### Łączenie obwodów elektrycznych

Rozróżnia się dwa podstawowe sposoby połączeń elementów obwodów elektrycznych:

- połączenie szeregowe,
- połączenie równoległe.

Przy połączeniu szeregowym dwójniki czynne lub bierne połączone są jeden za drugim (rys. 20).



Rys. 20. Łączenie szeregowe rezystorów [3, s. 81]

Przez wszystkie rezystory połączone szeregowo płynie taki sam prąd, na każdym z rezystorów występuje tylko część napięcia przyłożonego. Suma napięć cząstkowych jest równa napięciu przyłożonemu. Rezystancję całego układu nazywamy rezystancją zastępczą. Płynie przez nią prąd o takim samym natężeniu, jak przez rezystory połączone szeregowo.

Wartość rezystancji zastępczej oblicza się stosując wzór:

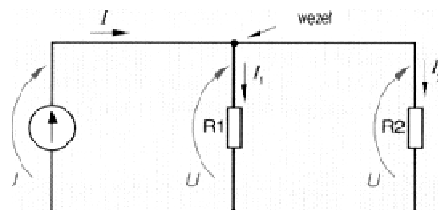
$$R_z = R_1 + R_2$$

Przy większej liczbie połączonych szeregowo oporników, rezystancję zastępczą oblicza się stosując wzór:

$$R_z = \sum_{\alpha} R_{\alpha}$$

Wskaźnik  $\alpha$  przyjmuje wartości 1,2,3... w zależności od liczby oporników połączonych szeregowo. Jednostką rezystancji zastępczej jest  $1\Omega$  (om).

Przy połączeniu równoległym jednakowe zaciski źródeł i odbiorników są ze sobą połączone (rys. 21). Wobec tego wszystkie dwójniki połączone równolegle są przyłączone do tego samego napięcia. Każdy dwójnik może zostać przyłączony albo odłączony niezależnie od pozostałych.



Rys. 21. Łączenie równoległe rezystorów [3, s. 82]

Przy połączeniu równoległym: na wszystkich rezystorach jest takie samo napięcie; natężenie prądu całkowitego jest równe sumie prądów cząstkowych.

Rezystancję zastępczą układu dwóch połączony równoległe oporników oblicza się ze wzoru:

$$R_z = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Przy większej liczbie połączonych równoległe oporników rezystancje zastępczą oblicza się stosując wzór:

$$\frac{1}{R_z} = \sum_{\beta} \frac{1}{R_{\beta}}$$

Wskaźnik  $\beta$  przyjmuje wartości 1,2,3... w zależności od liczby oporników połączonych równoległe. Jednostką rezystancji zastępczej jest  $1\Omega$  (om).

### Moc i energia prądu elektrycznego

Energia prądu płynącego przez opornik zużytkowana na przemieszczenie ładunków elektrycznych, wydziela się na rezystorze w postaci ciepła. Jednostką energii jest 1J dżul. Wartość energii oblicza się stosując wzory:

$$W = U \cdot I \cdot t \qquad W = I^2 \cdot R \cdot t \qquad W = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

Stosunek energii prądu elektrycznego do czasu nazywamy mocą elektryczną i oznaczamy przez P. Jednostką mocy jest 1 W wat.

Wartość mocy oblicza się stosując wzory:

$$P = \frac{W}{t} \qquad P = U \cdot I \qquad P = I^2 \cdot R \qquad P = \frac{U^2}{R}$$

### 4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakie rozróżniamy podstawowe wielkości pola elektrycznego?
2. Jakie rozróżniamy podstawowe wielkości pola magnetycznego?
3. Jakie rozróżniamy podstawowe wielkości prądu elektrycznego?
4. Jak brzmi prawo Ohma?
5. Jak brzmi I i II prawo Kirchhoffa?
6. Jak rozpoznajemy elementy aktywne i elementy pasywne w obwodzie elektrycznym?

7. Jakie rozróżniamy rodzaje obwodów elektrycznych?
8. Jakie są układy połączeń rezystorów w obwodach elektrycznych?
9. Jakie są jednostki natężenia prądu, napięcia, mocy energii, oporności?
10. Na czym polega różnica pomiędzy obwodem nierozgałęzionym i rozgałęzionym?

### 4.1.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Rozdziel wielkości:  $\Phi$ , I,  $\epsilon$ , B, U, D, P, H, W,  $\mu$ , E, M, Q, t, S. do odpowiednich pól.  
Zwróć uwagę na opis zawartości pól.

POLE ELEKTRYCZNE	POLE MAGNETYCZNE	INNE
---------------------	---------------------	------

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeanalizować znaczenie symboli literowych wielkości,
- 2) przyporządkować do odpowiednich pól,
- 3) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- arkusz z zadaniem,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

#### Ćwiczenie 2

Połącz wielkości z lewej strony z jednostkami z prawej strony. Wpisz oznaczenia literowe nazw zawartych w prostokątach.

Natężenie prądu		wat
Moc		amper
Napięcie		om
Energia		wolt
Rezystancja zastępcza		dżul

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć nazwy i oznaczenia literowe wielkości oraz ich jednostek,
- 2) dopasować elementy z prawej i lewej strony,
- 3) wpisać oznaczenia literowe nazw,
- 4) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- notatnik,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

### Ćwiczenie 3

Narysuj odpowiednie symbole graficzne w wierszach kolumny z prawej strony tabeli. Dokonaj podziału elementów na aktywne i pasywne zaznaczając krzyżyk w odpowiednim miejscu.

<b>Element obwodu lub urządzenie pomocnicze</b>	<b>Symbol graficzny</b>	<b>Element aktywny</b>	<b>Element pasywny</b>
Zródło napięcia			
Kondensator			
Woltomierz			
Element prostowniczy			
Amperomierz			
Rezystor			
Uziemienie			

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć jak graficznie oznacza się elementy obwodu oraz urządzenia pomocnicze,
- 2) dopasować symbol graficzny do nazwy wskazanej w wierszu kolumny z lewej strony,
- 3) narysować symbole graficzne,
- 4) przypomnieć sobie pojęcia elementów aktywnych i pasywnych,
- 5) zaznaczyć, które elementy są aktywne, a które pasywne,
- 6) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

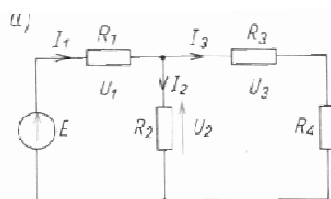
Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier, mazaki,
- notatnik,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

#### Ćwiczenie 4

Dokonaj analizy obwodu elektrycznego przedstawionego na rysunku.

1. Udziel odpowiedzi na następujące pytania:
  - a) ile jest oczek?
  - b) ile jest węzłów?
  - c) ile jest gałęzi?
  - d) jaki to obwód elektryczny?
2. Zaznacz wszystkie spadki napięć na opornikach.
3. Zapisz zgodnie z I prawem Kirchhoffa równanie prądów dla górnego węzła.
4. Oblicz napięcie na oporze  $R_1$  przyjmując, że jego rezystancja ma wartość  $R_1=15\Omega$  oraz, że prąd płynący przez ten opornik ma wartość  $I_1=2A$ .
5. Jak są ze sobą połączone oporniki  $R_3$  i  $R_4$ ?



Rysunek do ćwiczenia 4

#### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie wiadomości o rodzajach obwodów elektrycznych oraz ich konstrukcji,
- 2) przypomnieć sobie zasady strzałkowania prądu i napięcia,
- 3) przypomnieć sobie podstawowe prawa obwodów elektrycznych,
- 4) zastosować wiedzę w praktyce, zapisać odpowiedzi,
- 5) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier, mazaki,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

##### Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić wielkości pola elektrycznego i podać ich jednostki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) wymienić wielkości pola magnetycznego i podać ich jednostki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić elementy obwodu elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) rozróżnić rodzaje obwodów elektrycznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wymienić i narysować układy połączeń oporników ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) podać brzmienie prawa Ohma i zastosować je w praktyce?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) rozróżnić I i II prawo Kirchhoffa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) rozróżnić elementy budowy obwodu elektrycznego na podstawie ich graficznych symboli?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.2. Pomiar wielkości elektrycznych

### 4.2.1. Materiał nauczania

#### Pomiary w urządzeniach elektrycznych

Umiejętność fachowego posługiwania się przyrządami pomiarowymi i próbnikami jest warunkiem prawidłowego instalowania, napraw i konserwacji urządzeń elektrycznych.

Pomiar, to doświadczalne porównanie wartości wielkości fizycznej z wartością przyjętą za jednostkę miary; to ustalenie wartości liczbowej wielkości fizycznej.

Przykład: napięcie  $U=230V$

Próba, to ustalenie, czy spełniony jest postawiony warunek; to ustalenie, czy jakaś wielkość fizyczna występuje, czy też nie.

Przykład: napięcie  $U$  występuje.

Przyrządy służące do pomiaru podstawowych wielkości elektrycznych to:

- Amperomierz – do pomiaru natężenia prądu,
- Voltomierz – do pomiaru napięcia,
- Watomierz – do pomiaru mocy,
- Licznik energii elektrycznej – do pomiaru energii elektrycznej,
- Omomierz – do pomiaru rezystancji.



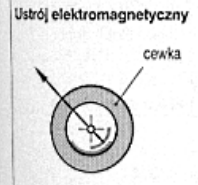

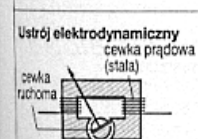

Przyrządy pomiaru wielkości elektrycznych produkowane są w dwóch wersjach:

- przyrządy analogowe – to wszystkie przyrządy wskazówkowe,
- przyrządy cyfrowe – wartość zmierzona pokazywana jest w postaci cyfrowej.

Analogowe przyrządy pomiarowe pracują w oparciu o różne zasady pomiaru.

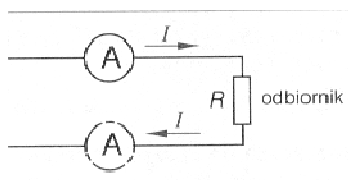
Tabela 2 przedstawia najważniejsze ustroje pomiarowe i ich zastosowanie.

Tabela 2. Ustroje pomiarowe [2, s. 161]

Ustrój pomiarowy	Symbol	Zasada pomiaru	Własności	Pobór energii	Zastosowanie
 <p>Ustrój magnetoelektryczny magnes trwały cewka</p>		Działanie siły na przewodnik przewodzący prąd umieszczony w polu magnesu trwałego.	Duża czułość (zakres $\mu A$ ), duża dokładność. Tylko do prądu stałego. Skala ma podziałkę liniową (równomierną).	nieznaczny ( $< 3 mW$ )	Do pomiarów natężenia i napięcia prądu stałego i przemiennego (z prostownikiem) oraz do pomiarów wielkości nieelektrycznych (z przetwornikami) np. natężenia oświetlenia lub temperatury.
 <p>Ustrój elektromagnetyczny cewka</p>		Działanie siły pomiędzy elementami żelaznymi umieszczonymi w polu magnetycznym cewki przewodzącej prąd.	Mała czułość (od ok. 20 mA). Do prądu stałego i przemiennego. Przy prądzie przemiennym wskazuje wartość skuteczną niezależnie od kształtu krzywej prądu. Skala ma podziałkę nieliniową (nie równomierną).	znaczny (ok. 0,5 do 1 W)	Do pomiarów natężenia i napięcia prądu stałego i przemiennego, głównie jako przyrządy tablicowe.
 <p>Ustrój elektrodynamiczny cewka prądowa (stała) cewka ruchoma</p>		Działanie siły na przewodnik przewodzący prąd umieszczony w polu elektromagnetycznym.	Przy ekranowaniu blachą żelazną nieczuły na obce pola magnetyczne.	znaczny (ok. 3 W)	Mierniki mocy prądu stałego i przemiennego. Mierniki mocy biernej, współczynnika mocy oraz mierniki częstotliwości.

Żaden pomiar nie da się wykonać całkowicie bezbłędnie. Pomiarom towarzyszą błędy odczytu wartości, nieprawidłowe posługiwanie się miernikami, błędne przyłączenie miernika, błędy wynikające z klasy dokładności miernika oraz błędy zewnętrzne.

Należy wystrzegać się błędów i poznać podstawowe zasady korzystania z mierników. Amperomierz włącza się szeregowo z odbiornikiem.



Rys. 22. Bezpośredni pomiar prądu [2, s. 163]

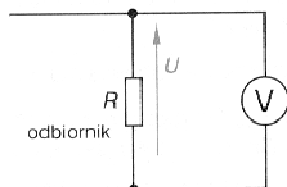
Przed wykonaniem pomiaru prądu trzeba sprawdzić, czy można bezpiecznie przerwać obwód, ponieważ przy takim działaniu może nastąpić na przykład wyłączenie silnika albo całej instalacji.

**Sposób wykonywania pomiaru prądu:**

- wybrać odpowiedni amperomierz,
- wybrać właściwy rodzaj prądu (AC lub DC),
- ustawić największy zakres pomiarowy,
- wyłączyć napięcie zasilające urządzenia, na którym ma być wykonany pomiar,
- przerwać obwód w miejscu pomiaru,
- włączyć przyrząd pomiarowy, przy prądzie stałym zwracać uwagę na prawidłową biegunowość,
- włączyć zasilanie badanego urządzenia, jeżeli wskazówka wychyla się w złą stronę, zamienić biegunowość miernika,
- odczytać zmierzoną wartość, przy pomiarach miernikami analogowymi zmienić zakres pomiarowy w miarę możliwości tak, by wskazówka znajdowała się powyżej połowy skali.

**Po zakończeniu pomiaru:**

- wyłączyć napięcie zasilające, odłączyć mierniki i ponownie połączyć przerwany obwód. Woltomierz włącza się w miejscu pomiaru równolegle do odbiornika (rys. 23).



Rys. 23. Pomiar napięcia na odbiorniku [2, s. 163]

**Sposób wykonania pomiaru napięcia:**

- wybrać odpowiedni woltomierz,
- nastawić odpowiedni rodzaj prądu (AC albo DC) i ustawić największy zakres pomiarowy,
- przyłączyć przewody pomiarowe do miernika,
- wyłączyć zasilanie badanego urządzenia,
- dołączyć przewody pomiarowe do punktów pomiarowych (równolegle),
- włączyć zasilanie urządzenia,
- odczytać zmierzona wartość, przy pomiarach miernikami analogowymi zmienić zakres pomiarowy tak, by wskazówka pomiarowa znajdowała się powyżej połowy skali.

**Po zakończeniu pomiaru:**

Wyłączyć napięcie zasilające urządzenie i odłączyć od niego przewody pomiarowe. Pomiar rezystancji można przeprowadzić bezpośrednio albo pośrednio.



Rezystor, który należy zmierzyć, nie może być pod napięciem, nie może być też połączony z innymi rezystorami np. równolegle.

Do bezpośredniego pomiaru rezystancji stosuje się omomierz lub mostek rezystancyjny.

Do pośredniego pomiaru rezystancji stosuje się amperomierz i woltomierz, wartość rezystancji oblicza się wg prawa Ohma zgodnie ze wzorem  $R = \frac{U}{I}$ .

W praktyce często stosuje się przyrządy uniwersalne, wielozakresowe tzw. multimetry.

#### Pomiar multimetrem:

- Nastawić rodzaj prądu i wielkość mierzoną. Przy przyrządach wskazówkowych wybierać zawsze największy zakres pomiarowy.
- przewody pomiarowe przyłączać najpierw do przyrządu, a potem do punktu pomiarowego.
- Przy pomiarach prądu i rezystancji najpierw wyłączyć zasilanie.
- Przy pomiarze prądu ponownie włączyć zasilanie. Pomiary rezystancji zawsze przeprowadzać w stanie bezprądowym,
- Wykonać pomiar i odczytać wartość zmierzoną. Przy przyrządach wskazówkowych wybierać taki zakres pomiarowy, żeby wskazanie pomiarowe znajdowało się powyżej połowy skali.

#### Po zakończeniu pomiaru:

Wyłączyć zasilanie (przy pomiarze prądu) rozłączyć układ pomiarowy. Przy przyrządach wskazówkowych przestawić przełącznik zakresów ponownie na najwyższy zakres.

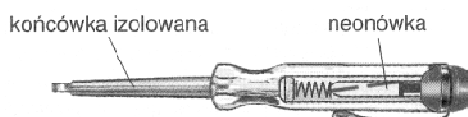


Rys. 24. Wskazówkowy miernik wielozakresowy [2, s. 168]



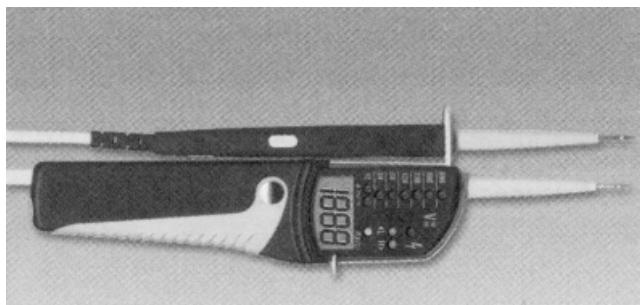
Rys. 25. Cyfrowy miernik wielozakresowy [2, s. 168]

Jednobiegunowe próbники napięcia (rys. 26) są stosowane tylko do napięć stałych i przemiennych do 250V w stosunku do ziemi. Przy tej próbie obwód prądu zamyka się przez ciało człowieka. Dlatego w celu ograniczenia prądu, w szereg z neonówką włączony jest rezystor ochronny o wartości około 500 kΩ. Próbnik z neonówką można wykorzystać także jako próbnik biegunowości, ponieważ przy prądzie przemiennym świecą się obydwie elektrody neonówki, a przy prądzie stałym tylko elektroda ujemna. Próbników z neonówką w kształcie śrubokręta wolno używać tylko do sprawdzania obecności napięcia, ale nigdy do innych prac pod napięciem. Przed każdym użyciem trzeba skontrolować sprawność próbnika napięcia, na przykład wkładając go do gniazdka znajdującego się pod napięciem.



Rys. 26. Jednobiegunowy próbnik napięcia [2, s. 159]

Próbniki dwubiegunowe (rys. 27) są bardziej pewne w działaniu i umożliwiają pracę bez zagrożenia, mogą być stosowane do napięć stałych i przemiennych. Przy prądzie stałym wskazują również biegunowość. Próbniki te mają najczęściej wskaźnik z diodami LED (diody świecące), które wskazują zakres występującego napięcia np. 12V, 50V, albo 500V.



Rys. 27. Dwubiegunowy próbnik napięcia i ciągłości obwodu [2, s. 159]

### **Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym:**

W zakresie ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym rozróżnia się ochronę przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim.

Ochronę przed dotykiem bezpośrednim zapewnia tzw. ochrona podstawowa.

Ochronę przed dotykiem pośrednim zapewnia ochrona dodatkowa.

#### **Do środków ochrony podstawowej zalicza się:**

- izolowanie części czynnych (tak zwana izolacja podstawowa),
- umieszczenie czynnych części urządzeń i elementów instalacji poza zasięgiem ręki,
- stosowanie barier, przegród, i inne.

#### **Do środków ochrony dodatkowej zalicza się:**

- samoczynne szybkie wyłączenie napięcia,
- zastosowanie urządzeń II klasy ochronności (izolacja podwójna, wzmocniona),
- izolowanie stanowiska,
- zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych,
- separację elektryczną.

Jako ochronę przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim rozróżnia się zastosowanie bardzo niskiego napięcia SELV (bardzo niskie napięcie bezpieczne), PELV (bardzo niskie napięcie ochronne), FELV (bardzo niskie napięcie funkcjonalne).

Przy urządzeniach przenośnych, na placach budów i w sytuacjach szczególnie dużego zagrożenia porażenia prądem elektrycznym, stosuje się tak zwaną ochronę przeciwporażeniową uzupełniającą. Polega ona na zastosowaniu wysokoczułych (o prądzie różnicowym nieprzekraczającym 30 mA) wyłączników różnicowoprądowych.

## 4.2.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest pomiar?
2. Co to jest próba?
3. Jakie są podstawowe mierniki wielkości elektrycznych?
4. Czym różnią się miernik analogowy i cyfrowego?
5. Jak w obwodzie podłącza się amperomierz?
6. Jak w obwodzie podłącza się woltomierz?
7. Jakimi symbolami graficznymi oznacza się w obwodach amperomierz i woltomierz?
8. Do czego służy omomierz?
9. Do czego służy próbnik napięcia?

## 4.2.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Wpisz do tabeli wymienione poniżej fazy wykonywania pomiaru prądu stałego w odpowiedniej kolejności (wybierz właściwe).

Wybrać amperomierz; wybrać odpowiedni amperomierz; nastawić rodzaj prądu DC; nastawić rodzaj prądu AC; przerwać obwód w miejscu pomiaru; ustawić największy zakres pomiarowy; wyłączyć napięcie zasilające urządzenia, na którym ma być wykonany pomiar; włączyć przyrząd pomiarowy i zwracać uwagę na prawidłową biegunowość; włączyć zasilanie badanego urządzenia; odczytać zmierzoną wartość natężenia prądu.

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeczytać dokładnie nazwy wszystkich faz,
- 2) przeanalizować ich treść decydując, w jakiej kolejności powinny być wykonywane,
- 3) wpisać fazy w odpowiedniej kolejności,
- 4) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura wskazana przez nauczyciela.

## Ćwiczenie 2

Wpisz do tabeli wymienione poniżej fazy wykonywania pomiaru napięcia przemiennego w odpowiedniej kolejności (wybierz właściwe).

Wybrać woltomierz; wybrać odpowiedni woltomierz; nastawić rodzaj prądu DC; nastawić rodzaj prądu AC; przyłączyć przewody pomiarowe do miernika; ustawić największy zakres pomiarowy; wyłączyć napięcie zasilanie badanego urządzenia; dołączyć przewody pomiarowe do punktów pomiarowych (szeregowo); dołączyć przewody pomiarowe do punktów pomiarowych (równolegle); włączyć zasilanie badanego urządzenia; odczytać zmierzoną wartość napięcia.

1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeczytać dokładnie nazwy wszystkich faz,
- 2) przeanalizować ich treść decydując, w jakiej kolejności powinny być wykonywane,
- 3) wpisać fazy w odpowiedniej kolejności,
- 4) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

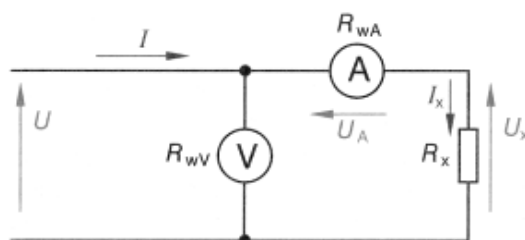
Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura wskazana przez nauczyciela.

## Ćwiczenie 3

Połącz obwód elektryczny zgodnie ze schematem oraz dokonaj pomiaru prądu i napięcia na rezystorze dla dwóch zadanych wartości napięcia zasilającego.

Pamiętaj o zachowaniu szczególnej ostrożności. Wyniki pomiarów zapisz w tabeli.



Rysunek do ćwiczenia 3

Tabela wyników pomiarowych

U	U <sub>x</sub>	I
V	V	A

#### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeanalizować schemat obwodu elektrycznego,
- 2) dobrać i zgromadzić na stanowisku pracy wszystkie elementy i urządzenia pomocnicze obwodu elektrycznego,
- 3) połączyć obwód i układ pomiarowy,
- 4) włączyć zasilanie układu
- 5) dokonać pomiaru prądu i napięcia, zapisując odczytane wartości do tabeli
- 6) wyłączyć zasilanie układu
- 7) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura wskazana przez nauczyciela,
- stanowisko laboratoryjne zasilania napięciem stałym i przemiennym jednofazowym z regulacją od 0 do 250V,
- mierniki napięcia i prądu,
- przewody elektryczne,
- schemat układu pomiarowego (z połączonymi elementami i wyprowadzonymi zaciskami laboratoryjnymi do podłączenia mierników).

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

- |                                       | <b>Tak</b>               | <b>Nie</b>               |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1) omówić pojęcia „pomiar” i „próba”? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2) rozróżnić mierniki pomiarowe?      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3) połączyć prosty układ pomiarowy?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4) włączyć amperomierz?               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5) włączyć woltomierz?                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6) dokonać pomiaru prądu ?            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7) dokonać pomiaru napięcia?          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

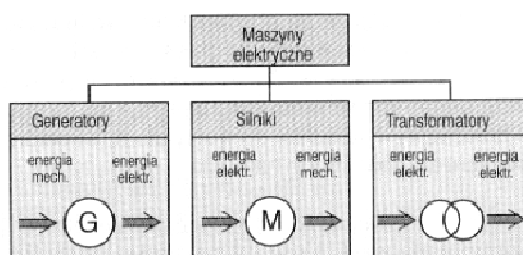
## 4.3. Maszyny oraz napędy elektryczne

### 4.3.1. Materiał nauczania

Maszyna elektryczna jest to urządzenie, które na zasadzie indukcji elektromagnetycznej przetwarza energię albo bez udziału ruchu, albo z udziałem ruchu elektrycznego.

Maszyny elektryczne przetwarzające energię bez udziału ruchu nazywają się transformatorem.

Maszyny elektryczne przetwarzające energię z udziałem ruchu nazywają się maszynami elektrycznymi wirującymi (rys. 28).



Rys. 28. Maszyny elektryczne [2, s. 255]

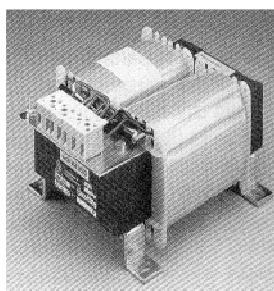
Transformatory przekształcają pobieraną energię elektryczną również w energię elektryczną o tej samej częstotliwości, ale najczęściej o innym napięciu.

Zgodnie z normą wyróżnia się:

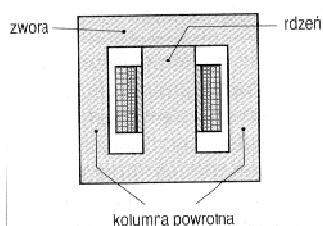
- transformatory małe (moc do 16 kVA),
- transformatory duże (moc ponad 16 kVA do ok. 20 MVA).

Budowa i sposób działania transformatorów:

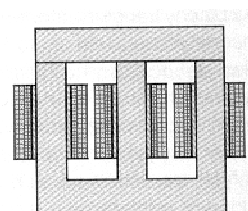
Transformatory mogą być wykonywane jako jednofazowe lub trójfazowe.



Rys. 29. Jednofazowy transformator rdzeniowy [2, s. 275]



Rys. 30. Jednofazowy transformator płaszczykowy [2, s. 275]



Rys. 31. Trójfazowy transformator rdzeniowy [2, s. 275]

Transformatory składają się z dwóch lub więcej cewek oddzielonych od siebie elektrycznie. Wyjątkiem jest autotransformator. Cewki transformatora są ze sobą sprzężone magnetycznie, przez wspólny rdzeń żelazny. Jeżeli uzwojenie pierwotne (wejściowe) zostanie połączone do źródła napięcia przemiennego, płynący przez nie prąd wytwarza w rdzeniu zmienne pole magnetyczne. Pole to indukuje napięcie w uzwojeniu wtórnym (wyjściowym). Częstotliwość napięcia w uzwojeniu wtórnym jest taka sama jak w uzwojeniu pierwotnym.

Przekładnia napięciowa transformatora  $n_u$ , to stosunek wartości napięcia wejściowego  $U_1$  do wartości napięcia wyjściowego  $U_2$ :

$$n_u = \frac{U_1}{U_2}$$

Przekładnia zwojowa transformatora  $n_z$ , to stosunek ilości zwojów uzwojenia wejściowego  $N_1$  do ilości zwojów uzwojenia wyjściowego  $N_2$ :

$$n_z = \frac{N_1}{N_2}$$

Przekładnia prądowa transformatora  $n_i$ , to stosunek wartości natężenia prądu wyjściowego  $I_2$  do wartości natężenia prądu wejściowego  $I_1$ :

$$n_i = \frac{I_2}{I_1}$$

W transformatorze idealnym wartości wszystkich przekładni są jednakowe.

Maszyny elektryczne wirujące przetwarzają energię z udziałem ruchu, ponieważ ich część ruchoma wykonuje ruch obrotowy. W pojęciu maszyny elektrycznej wirującej mieści się także pojęcie maszyny elektrycznej liniowej, tj. maszyny, której część ruchoma wykonuje ruch postępowy, ponieważ ruch po prostej może być rozpatrywany jako graniczny przypadek ruchu po koła o nieskończenie wielkim promieniu okręgu. Pojęcie maszyny elektrycznej wirującej zawiera w sobie także pojęcie przyrządów działających na podobnej zasadzie, których głównym zadaniem nie jest jednak przetwarzanie energii, lecz np. elektromechaniczne przetwarzanie sygnałów – przetworniki, albo elektromechaniczne wytwarzanie momentu obrotowego w stanie spoczynku.

Generatory zmieniają energię mechaniczną w energię elektryczną.

Silniki pobierają energię elektryczną i oddają na swoim wale energię mechaniczną przeznaczoną do napędzania maszyn roboczych.

Podstawowymi częściami maszyn elektrycznych wirujących są:

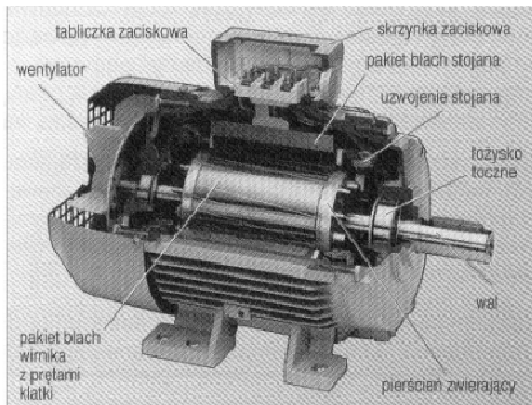
- stojan (stator), tj. nieruchoma część maszyny,
- wirnik (rotor), tj. ruchoma część maszyny.

Głównymi obwodami maszyny elektrycznej są:

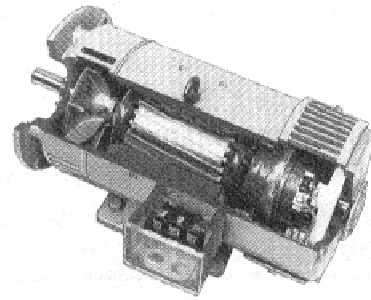
- obwód przewodzący prąd, czyli uzwojenie,
- obwód przewodzący strumień magnetyczny, czyli rdzeń.

Stojan i wirnik zbudowane są z blach elektrotechnicznych izolowanych jednostronnie i złożonych w pakiety. Uzwojenie w stojanie jest ułożone w żłobkach stojana. Uzwojenie wirnika umieszczone jest w żłobkach na obwodzie wirnika.

Rozróżnia się maszyny wirujące prądu przemiennego i prądu stałego.



**Rys. 32.** Przekrój silnika asynchronicznego z wirnikiem zwartym [2, s. 258]



**Rys. 33.** Silnik prądu stałego [2, s. 269]

Zasada działania silnika trójfazowego jest następująca:

Po przyłączeniu uzwojenia stojana do sieci trójfazowej powstaje pole magnetyczne wirujące. Prędkość wirowania pola zależy od częstotliwości w sieci i od liczby biegunów silnika.

Żeby powstał moment obrotowy, pole wirujące musi spowodować, drogą indukcji, przepływ prądu. Dlatego prędkość obrotowa wirnika musi być zawsze mniejsza od prędkości synchronicznie wirującego pola. Różnica tych prędkości jest nazywana poślizgiem.

#### **Własności silników:**

Silniki elektryczne są znormalizowane. Zaletą silników znormalizowanych jest to, że przy takiej samej mocy i rodzaju budowy ich wymiary SA takie same, niezależnie od tego, kto je wyprodukował.

Każda maszyna elektryczna musi mieć tabliczkę znamionową (rys. 34).

Producent	
3~Motor	Nr
$\Delta$ 400 V	8,3 A
4 kW	$\cos \psi = 0,83$
1440 /min	50 Hz
Isol.- Kl. F	IP 55

**Rys. 34.** Tabliczka znamionowa silnika trójfazowego [2, s. 255]

Podane są w niej informacje: producent, typ i rodzaj maszyny oraz wartości znamionowe napięcia, prądu, mocy i prędkości obrotowej. Wymienia się również rodzaj pracy, klasę materiału izolacyjnego i stopień ochrony.

Moc znamionowa silnika jest to moc oddawana na wale przy podanym rodzaju pracy. Jeżeli na tabliczce znamionowej nie jest podany rodzaj pracy, to silnik jest przeznaczony do pracy ciągłej. Przy mocy znamionowej silnik ma znamionową prędkość obrotową.

Przy pracy silnika występują straty energii: na tarcie w łożyskach, straty wentylacyjne, w rdzeniu, powodowane przez przemagnesowanie i prądy wirowe, straty ciepłe w uzwojeniach stojana i wirnika.

Moc  $P_2$  oddawana przez silnik jest mniejsza od mocy  $P_1$  pobieranej z sieci. Różnica stanowi wartość całkowitą strat  $P_s$ . Stosunek mocy oddanej do mocy pobranej, to sprawność silnika  $\eta$ :



$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Silniki trójfazowe o mocy znamionowej powyżej 2 kW mają sprawność ok. 80%, przy mocach powyżej 11 kW sprawność wzrasta do ok. 88%.

Rodzaj ochrony maszyny elektrycznej informuje o tym, jaki jest stopień ochrony przed dostaniem się do wnętrza ciał obcych i wody. Oznaczenie składa się z dwóch liter IP oraz dwucyfrowej liczby.

**Tabela 3.** Rodzaje ochrony IP maszyn elektrycznych wg PN-86/E-08106 [2, s. 256]

1. cyfra	Ochrona przed dotknięciem:	Ochrona przed dostaniem się ciał stałych:	2. cyfra	Ochrona przed dostępem wody:
0	brak ochrony	brak ochrony	0	brak ochrony
1	otwartą dłońią	ciał stałych $\geq 50$ mm	1	kapiącej pionowo
2	palcem	ciał stałych $\geq 12,5$ mm	2	kapiącej skośnie (pod kątem 15°)
3	narzędziem	ciał stałych $\geq 2,5$ mm	3	pryskającej (do 60°)
4	drutem	ciał stałych $\geq 1$ mm	4	bryzgami wody
5	drutem	gromadzeniem się pyłu	5	strumieniem
6	drutem	przed wnikięciem pyłu	6	silnym strumieniem
Jeśli podana jest tylko jedna cyfra, drugą zastępuje się przez X, np. IP X4			7	krótkotrwałym zanurzeniem
			8	długotrwałym zanurzeniem

### Tryb pracy maszyn elektrycznych

Rodzaj pracy silnika jest informacją o dopuszczalnym obciążeniu i czasie pracy. Rozróżnia się 10 rodzajów (trybów) pracy silników: S1 – praca ciągła; S2 – praca dorywcza; S3, S4, S5 – praca przerywana; S6, S7 – praca cykliczna nieprzerywana; S8 – praca cykliczna nieprzerywana, ze zmiennym obciążeniem i prędkością; S9 – praca z nieokresowymi zmianami obciążenia i prędkości; S10 – praca z obciążeniem nieregularnym okresowym.

Tryb pracy jest podany na tabliczce znamionowej.

Na tabliczce znamionowej silnika zawarta jest również informacja o wartości:

- współczynnika mocy  $\cos\phi$ ,
- częstotliwości – mierzona w Hz (herc),
- układzie połączeń uzwojeń – trójkąt  $\Delta$ ; gwiazda – Y,
- prędkości obrotowej wirnika – mierzona w obr/min.

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Dlaczego transformator jest maszyną elektryczną bezwirową?
2. Jakie znasz maszyny elektryczne wirowe?
3. Jak zbudowany jest transformator?
4. Jakie są elementy budowy silnika trójfazowego?
5. Jak zdefiniować przekładnię transformatora?
6. Jakie informacje są zawarte na tabliczce znamionowej silnika?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Uzupełnij tabelę na podstawie tabliczki znamionowej zawartej w tym ćwiczeniu.

Producent: CANTONI	
3-Motor	Nr 22536/32a
$\Delta$ 400V	38,8 A
22 kW	$\cos\varphi=0,85$
1500 obr/min	50Hz
Isol.-Kl. F	IP54
Tryb pracy: S8	

Tabela: Parametry maszyny elektrycznej:

Producent	
Rodzaj maszyny elektrycznej	
Moc znamionowa	
Napięcie znamionowe	
Współczynnik mocy	
Prąd znamionowy	
Obroty znamionowe	
Stopień ochrony	
Tryb pracy	
Układ połączeń uzwojeń	
Numer fabryczny	

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przeczytać informacje zawarte na tabliczce znamionowej,
- 2) wyszukać w poradniku wyjaśnienia znaczenia parametrów zapisanych na tabliczce znamionowej,
- 3) uzupełnić tabelę,
- 4) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier i mazak,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

## Ćwiczenie 2

Oblicz przekładnię transformatora mając pomiary prądów i napięć po stronie wejścia i wyjścia. Porównaj wartości przekładni.

- prąd na wejściu  $I_1 = 2,5 \text{ A}$ ,
- napięcie na wejściu  $U_1 = 250 \text{ V}$ ,
- prąd na wyjściu  $I_2 = 25 \text{ A}$ ,
- napięcie na wyjściu  $U_2 = 25 \text{ V}$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć definicje przekładni transformatora i przeanalizować dane w ćwiczeniu,
- 2) zapisać odpowiednie wzory,
- 3) podstawić do wzorów odpowiednie wartości parametrów i obliczyć przekładnię,
- 4) porównać wartości przekładni,
- 5) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier, długopis i kalkulator,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

## Ćwiczenie 3

Porównaj tabliczki znamionowe dwóch silników i wskaż różnice między nimi.

Producent: CANTONI		
3-Motor		Nr 12556/22a
$\Delta$ 400V		27,8 A
15 kW		$\cos\phi=0,85$
850 obr/min		50Hz
Isol.-Kl. F		IP54
Tryb pracy: S8		

Producent: CANTONI		
3-Motor		Nr 54178/14b
Y 400V		14,6 A
22 kW		$\cos\phi=0,9$
850 obr/min		50Hz
Isol.-Kl. F		IP32
Tryb pracy: S2		

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć o tabliczce znamionowej silnika,
- 2) porównać tabliczki z ćwiczenia,
- 3) wypisać różnice,
- 4) zaprezentować wykonane ćwiczenie.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- papier i długopis,
  - notatnik.

#### 4.3.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) rozróżnić maszyny wirowe od bezwirowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) opisać budowę transformatora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) opisać budowę wirowej maszyny elektrycznej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) obliczyć przekładnię transformatora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) odczytać informacje zawarte na tabliczce znamionowej maszyny elektrycznej	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) odczytać informacje zawarte w instrukcji pracy urządzenia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.4. Układy elektroniczne

### 4.4.1. Materiał nauczania

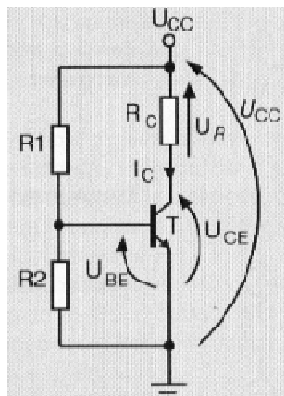
#### Element i układ elektroniczny

Układ elektroniczny jest określoną strukturą fizyczną służącą przetwarzaniu sygnałów i strumieni energii, zgodnie z pewnym założonym algorytmem (planem funkcjonalnym). Podstawowym budulcem układów elektronicznych są elementy elektroniczne.

Elementy elektroniczne mogą być pasywne (to znaczy elementy rozpraszające i magazynujące energię) i aktywne (to znaczy wytwarzające, wzmacniające lub dostarczające energię).

W układach elektronicznych typowymi elementami pasywnymi są: rezystory, kondensatory i cewki indukcyjne, natomiast typowymi elementami czynnymi są: źródła napięcia i prądu, fotodiody, tranzystory, filtry aktywne itp.

Przykład prostego układu elektronicznego złożonego z elementów pasywnych i aktywnych przedstawiono na rys. 35.



**Rys. 35.** Przykład układu elektronicznego. Elementami pasywnymi są rezystory  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_C$ . Elementami aktywnymi są: tranzystor T i źródło napięcia  $U_{CC}$  [3, s. 129]

Symbole graficzne służą do budowy schematów ideowych układów elektronicznych.

Obok symbolu graficznego umieszczane są zwykle katalogowe oznaczenie elementu. Powszechnie przyjęto, że elementy na schemacie elektronicznym oznaczane są pierwszymi literami nazwy elementu i kolejnym numerem na schemacie ideowym, np. dla rezystorów to symbole  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,..., dla kondensatorów  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,..., dla tranzystorów  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ..itd. Układy elektroniczne są zbudowane z dyskretnych, scalonych i hybrydowych elementów elektronicznych.

Elementem dyskretnym jest na przykład rezystor, kondensator, dioda, tranzystor, czyli każdy elementarny, dający się wyodrębnić element.

Elementem scalonym jest na przykład cyfrowy układ logiczny, wzmacniacz operacyjny, czyli układ elektroniczny zbudowany z niedających się wyodrębnić elementów elektronicznych, wytworzonych w materiale o strukturze jednorodnej.

Elementem hybrydowym jest na przykład przetwornik analogowo – cyfrowy, przetwornik cyfrowo – analogowy, modem radiowy, czyli element elektroniczny złożony z wewnątrz zespolonych elementów dyskretnych i scalonych.

Układy elektroniczne klasyfikowane są na wiele różnych sposobów. Kryterium podziału może być nie tylko rodzaj zastosowanych elementów, ale także postać i sposób przetwarzania informacji w tych układach, np. układy analogowe i cyfrowe, układy kombinacyjne i sekwencyjne, układy stało– i zmiennoprądowe.

Symbole graficzne wybranych elementów elektronicznych przedstawiono w tabeli 4:

**Tabela 4.** Symbole graficzne wybranych elementów elektronicznych

<b>Elementy bierne</b>		
rezystor, rezystancja (symbol ogólny)		
rezystor zmienny		
rezystor nastawny		
potencjometr		
indukcyjność, dławik		lub
kondensator, bateria kondensatorów		lub
kondensator elektrolityczny		
cewka z rdzeniem magnetycznym, elektromagnes		
<b>Przyrządy półprzewodnikowe</b>		
złącze prostownicze, dioda półprzewodnikowa (symbol ogólny)		
dioda Zenera		
dioda LED		
dioda dwukierunkowa, diak		
tyrystor (symbol ogólny)		
tranzystor PNP		
tranzystor NPN z kolektorem na obudowie		

### **Półprzewodnikowe elementy i układy elektroniczne**

Podstawowymi materiałami stosowanymi do budowy elementów półprzewodnikowych są krystaliczne postacie germanu i krzemu. Przez wprowadzenie do ich struktury krystalicznej domieszki pierwiastków trój- i pięciowartościowych, otrzymano półprzewodniki domieszkowane (sztuczne) typu „p” i typu „n”. Rezystywność właściwa domieszkowanego germanu i krzemu, określa ich zdolności przewodzenia prądu elektrycznego, jest znacznie wyższa niż dla izolatorów (materiałów nieprzewodzących) i znacznie niższa niż dla metali (przewodników). Z tego powodu materiały te nazywamy półprzewodnikami.

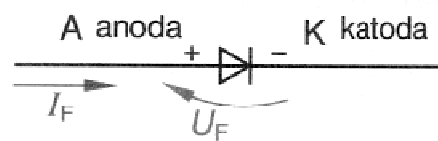
#### **Diody**

Diody półprzewodnikowe są elementami jednozłączowymi. Mają właściwości zaporowe. Przewodzą prąd tylko w jednym kierunku. Wyprowadzenia diod nazywają się odpowiednio anoda i katoda. W zależności od zastosowania wyróżnia się różne rodzaje diod:

- diody małosygnałowe są wytwarzane dla małych, rzędu miliamperów, wartości prądów. Stosuje się je w układach przełączających oraz prostownikach w zakresie wielkich częstotliwości,

- diody prostownicze muszą najczęściej przewodzić prąd o wartościach rzędu amperów; nazywa się je często także diodami mocy,
- diody Zenera (diody ograniczające) pracują zawsze w kierunku zaworowym i są połączone szeregowo z rezystorem; diody te zaczynają przewodzić dopiero wtedy, gdy napięcie na ich zaciskach jest większe od tzw. napięcia przebicia; stosuje się je do stabilizacji napięć stałych,
- fotodiody zmieniają energię świetlną w energię elektryczną, pracują przy polaryzacji zaworowej,
- diody elektroluminescencyjne (diody LED) zamieniają energię elektryczną w energię świetlną, stosowane są w układach sygnalizacji.

**Oznaczenia diod.** Kierunek przepływu prądu przez diodę wskazuje symbol trójkąta równobocznego.



**Rys. 36.** Symbol, wyprowadzenia diody półprzewodnikowej [2, s. 206]

Wierzchołek trójkąta pokazuje kierunek prądu przewodzenia  $I_F$ , kiedy anoda jest spolaryzowana dodatnio względem katody.

Na wszystkich diodach drukuje się oznaczenie typu. Podane jest ono w formie tekstu lub w postaci kolorowych pasków (tabela 5).

**Tabela 5.** Oznaczenia diod [2, s. 206]

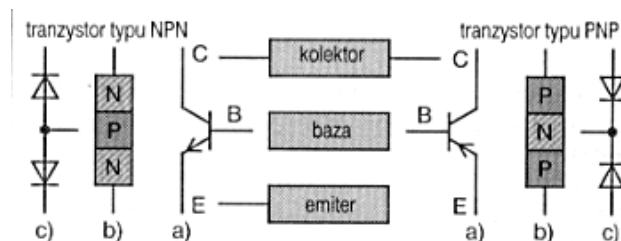
Przykład:	Oznaczenie
	<p><b>Nadruk:</b> Oznaczenie składa się z dwóch lub trzech liter i cyfr.</p> <p>1. litera: Materiał półprzewodnika, np. A - german, B - krzem, C - arsenek galu.</p> <p>2. litera: Funkcja, np. A - dioda sygnałowa, Y - dioda prostownicza, Q - dioda świecąca.</p> <p>3. litera: Zastosowanie przemysłowe: (profesjonalne np. X, Y, Z jak BAY 89).</p> <p><b>Liczba:</b> (Numer typu)</p>
	<p><b>Oznaczenie kolorami wg JEDEC:</b> Oznaczenie składa się z kombinacji „1N” i czterocyfrowej liczby podanej w postaci kolorowych pasków za pomocą kodu barw.</p> <p>Poszczególne kolory oznaczają: Czarny – 0, brązowy – 1, czerwony – 2, pomarańczowy – 3, żółty – 4, zielony – 5, niebieski – 6, fioletowy – 7, szary – 8, biały – 9.</p>

## Tranzystory

Tranzystory są elementami aktywnymi. Mogą wzmacniać napięcia, prądy i moce. Można je podzielić na bipolarne i unipolarne.

W elektrotechnice najczęściej stosuje się tranzystory bipolarne typu NPN oraz PNP. Stosuje się je m. in. jako elektroniczne łączniki lub w technice pomiarowej i regulacji jako wzmacniacze.

Tranzystory bipolarne mają trzy wyprowadzenia: B – baza, C – kolektor, E – emiter. Można je przedstawić w schemacie zastępczym jako dwie diody połączone szeregowo, co przedstawiono wraz z symbolami graficznymi na rys. 37.



**Rys. 37.** Tranzystory bipolarne: a) symbole, b) przekrój struktury, c) diodowy schemat zastępczy [2, s. 210]

**Oznaczenia typu tranzystora** składają się z dwóch albo trzech dużych liter i liczby – tabela 6.

**Tabela 6.** Oznaczenia tranzystorów [2, s. 210]

Przykład: <b>BCY 58</b>
<b>1. litera: materiał półprzewodnika</b> <b>A:</b> German, <b>B:</b> krzem, <b>C:</b> materiały III-V wartościowe, np. arsenek galu, <b>R:</b> materiały polikrystaliczne, np. do produkcji magnetorezystorów
<b>2. litera: funkcja, rodzaj elementu</b> <b>C:</b> tranzystor m.cz., <b>D:</b> tranzystor mocy, m.cz., <b>F:</b> tranzystor w.cz., <b>S:</b> tranzystor impulsowy <b>U:</b> tranzystor mocy, impulsowy
<b>3. litera, np. X, Y lub Z, oznaczenie zastosowania przemysłowego (profesjonalne)</b>
<b>Przykład:</b> BC 107: tranzystor krzemowy m.cz. ASY 27: tranzystor germanowy impulsowy do zastosowań przemysłowych (profesjonalnych)

Istotne parametry charakterystyczne i graniczne tranzystorów określające właściwości tranzystora to:

- statyczny współczynnik wzmocnienia prądu B,
- prąd kolektora  $I_C$ ,
- prąd bazy  $I_B$ ,
- moc strat  $P_{tot}$ .

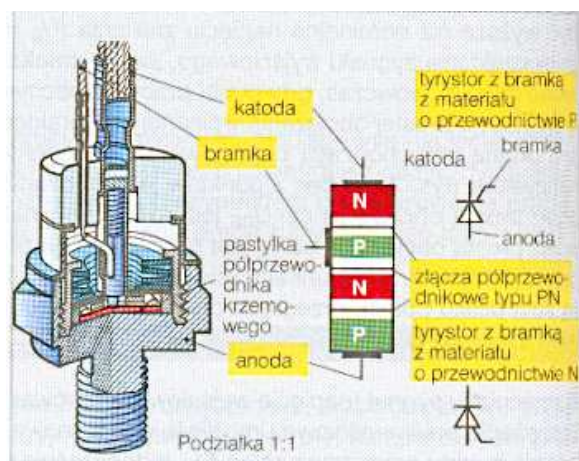
Współczynnik wzmocnienia prądu jest podawany przez producentów tranzystorów, jest to stosunek prądu kolektora do prądu bazy:

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

Producent określa parametry graniczne tranzystora, czyli wartości  $I_C$ ,  $I_B$ ,  $P_{tot}$ , które nie mogą być przekroczone.

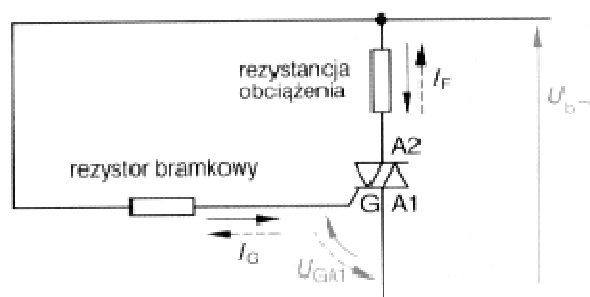
Tyrystory stosuje się przy napięciach stałych i przemiennych. Służą m. in. do łączenia odbiorników, do sterowania mocą, do sterowania prędkością obrotową silnika. Mają trzy wyprowadzenia: G (bramka), A (anoda), K (katoda).





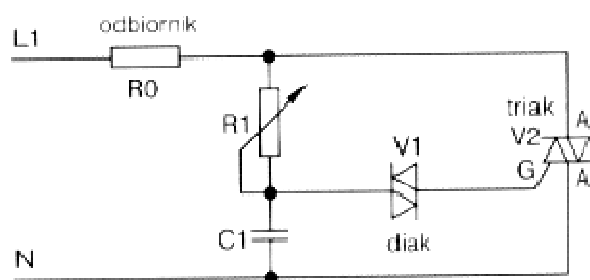
Rys. 38. Schemat konstrukcyjny i symbol graficzny tyrystora [3, s. 170]

Triaki pełnią rolę sterownika prądu przemiennego. Służą m. in. do sterowania obrotami silników. Wyprowadzenia triaka nazywają się: G (bramka), A<sub>1</sub> (anoda 1), A<sub>2</sub> (anoda 2).



Rys. 39. Podstawowy układ pracy triaka [3, s. 173]

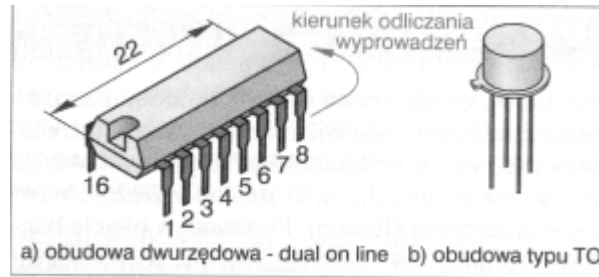
Diaki stosuje się w obwodach sterujących tyrystorów i triaków np. w regulatorach mocy (rys. 40). Diaki to diodowe łączniki prądu przemiennego.



Rys. 40. Schemat prostego regulatora mocy [3, s. 174]

### Układy scalone

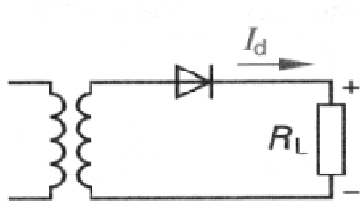
W jednym układzie scalonym IC w jednym kryształie półprzewodnika, wytwarza się elementy obwodu elektronicznego, np. rezystory, diody, tranzystory, oraz połączenia między nimi. Kryształ półprzewodnika z zintegrowanymi elementami nazywa się chip. Chip zamknięty jest w obudowie z tworzywa sztucznego lub ceramiki. W użyciu są tzw. obudowy Dual-In-Line. Mają one 8, 14, 16, 20, 24 lub więcej wyprowadzeń (rys. 41).



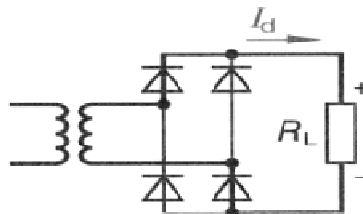
Rys. 41. Obudowy układów scalonych [2, s. 221]

### Układy prostownikowe

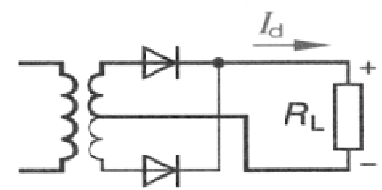
Do zasilania wielu urządzeń potrzebne jest napięcie stałe. W tym celu wykorzystuje się zasilacze, w których napięcie przemienne jest przekształcane na napięcie stałe. Każdy zasilacz zawiera transformator, prostownik i filtr. Najczęściej stosuje się układy prostownikowe przedstawione poniżej.



Rys. 42. Prostownik jednofazowy jednopulsowy jednokierunkowy [3, s. 184]



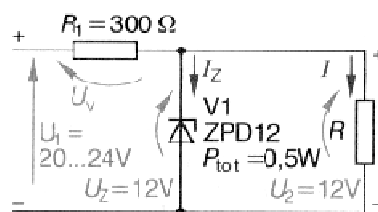
Rys. 43. Prostownik jednofazowy dwupulsowy z mostkiem Graetza [3, s. 184]



Rys. 44. Prostownik jednofazowy dwupulsowy [3, s. 184]

### Układ stabilizacji napięcia

Układy stabilizujące mają stabilizować na zadanym poziomie napięcie wyjściowe  $U_2$ . W stabilizatorach napięcia stosuje się diodę Zenera przedstawia rys. 45.

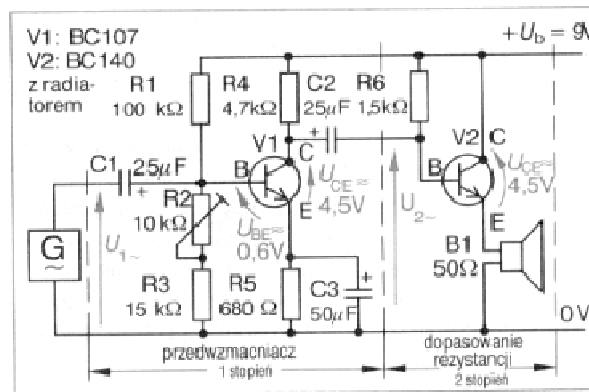


Rys. 45. Stabilizator napięcia z diodą Zenera [2, s. 209]

Odbiornik zasilany jest w tym przypadku w przybliżeniu stałym napięciem  $U_z = U_2$ . Układy takie znalazły zastosowanie m. in. w układach zasilania wzmacniaczy mikrofonowych w domofonach.

### Układy wzmacniające

Układy wzmacniające mają za zadanie wzmocnić prądy, napięcia lub moce. Podstawowymi elementami wyposażenia wzmacniaczy są tranzystory. Przykładowy prosty wzmacniacz małej częstotliwości przedstawiono na rys. 46.



Rys. 46. Prosty tranzystorowy wzmacniacz małej częstotliwości [2, s. 213]

Wzmacniacze m.cz. mają za zadanie wzmocnić małe napięcie przemienne. Wzmacniacze te stosuje się np. w domofonach, radioodbiornikach i odbiornikach telewizyjnych.

Proste wzmacniacze m.cz. zawierają przedwzmacniacz napięciowy i stopień końcowy (wzmacniacz mocy), dopasowujący rezystancję wyjściową wzmacniacza do rezystancji odbiornika.

#### 4.4.2. Pytania sprawdzające

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

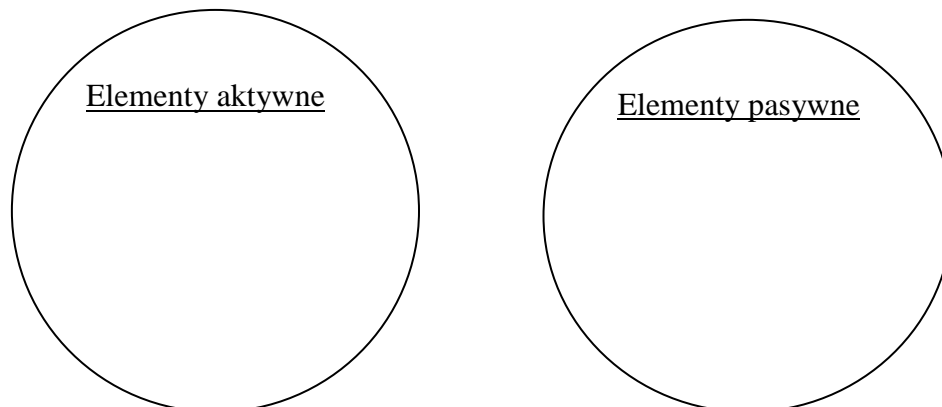
1. Na czym polega podział elementów elektronicznych na aktywne i pasywne?
2. Jakie są symbole graficzne elementów elektronicznych?
3. Jak oznacza producent diody i tranzystory?
4. Do czego służą elektroniczne układy prostownicze?
5. W jakim układzie elektronicznym stosowana jest dioda Zenera?
6. W jakim układzie elektronicznym stosowany jest tranzystor i jaką pełni rolę?

#### 4.4.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Rozdziel elementy elektroniczne na dwie grupy: rezystor; dioda Zenera; tranzystor bipolarny; kondensator; fotodiody; cewka indukcyjna; tranzystor unipolarny.

Uzasadnij decyzję zakwalifikowania elementów do określonej grupy:



### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

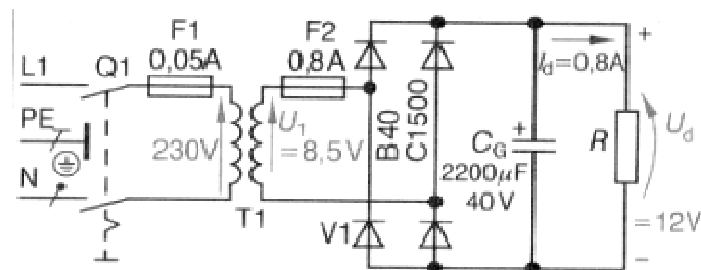
- 1) przypomnieć pojęcia „aktywne i pasywne elementy elektroniczne”,
- 2) rozdzielić elementy do określonej grupy,
- 3) zaprezentować ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- notatnik
- papier, mazaki,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

### Ćwiczenie 2

Przeanalizuj ideowy układ elektroniczny i rozpoznaj na podstawie symbolu graficznego znajdujące się w nim dyskretne elementy elektroniczne. Wypisz je i podaj ich nazwy.



Rysunek do ćwiczenia 2

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeanalizować ideowy układ elektroniczny przedstawiony w ćwiczeniu,
- 2) przypomnieć pojęcie dyskretnego elementu graficznego,
- 3) wypisać i nazwać dyskretne elementy elektroniczne,
- 4) zaprezentować ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier i ołówek.

### Ćwiczenie 3

Tranzystor ma statyczny współczynnik wzmocnienia prądowego równy  $B=80$ . Prąd bazy  $I_B=1\text{mA}$ . Oblicz prąd kolektora  $I_C$ .

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć charakterystyczne parametry tranzystora,
- 2) zapisać odpowiedni wzór, podstawić dane z zadania i obliczyć wynik,
- 3) zaprezentować ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier i ołówek.

#### 4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) rozróżnić elementy elektroniczne na podstawie ich symboli graficznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) odnaleźć informację na temat oznaczeń diod półprzewodnikowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) odnaleźć informację na temat oznaczeń tranzystorów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) przeanalizować ideowy układ elektroniczny?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić rodzaje układów elektronicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) rozpoznać rodzaj poznanego układu elektronicznego na podstawie zawartości podstawowych elementów elektronicznych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 4.5. Układy automatyki przemysłowej

### 4.5.1. Materiał nauczania

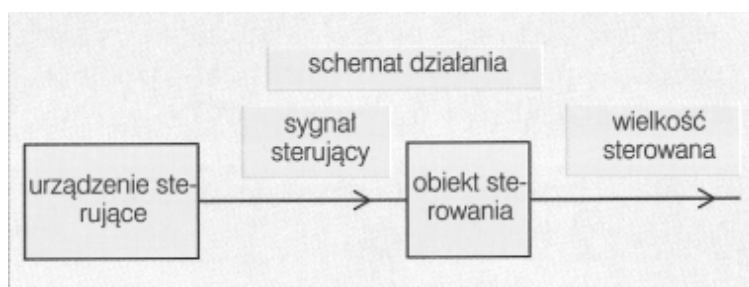
#### Sterowanie, regulacja, zarządzanie

Aby maszyny i urządzenia mogły samoczynnie – czyli automatycznie – pracować, wyposaża się je w urządzenia sterujące, regulujące i zarządzające. Tworzą je mechaniczne, elektryczne, pneumatyczne i hydrauliczne elementy napędowe i sterujące.

Złożonymi stanowiskami wytwórczymi i liniami produkcyjnymi steruje się przy pomocy komputerów.

Sterowaniem nazywa się proces celowego oddziaływania sygnałów sterujących na przyrządy, urządzenia techniczne lub maszyny robocze.

Na schemacie działania układu sterowania za pomocą symboli blokowych i linii działania przedstawia się wzajemne oddziaływania jego poszczególnych elementów składowych. Kierunki oddziaływania oznacza się strzałkami.



Rys. 47. Schemat blokowy budowy układu sterowania [4, s. 7]

Sygnały z urządzenia sterującego działają na obiekt sterowania bez bieżących pomiarów i korekcji procesu sterowania.

Sygnałem sterującym może być napięcie (sterowanie elektryczne), moment obrotowy (sterowanie mechaniczne), ciśnienie powietrza (sterowanie pneumatyczne), ciśnienie cieczy hydraulicznej (sterowanie hydrauliczne).

Do ważniejszych elementów składowych układów sterowania należą: krzywki, przekładnie, zawory, silniki, sensory, wzmacniacze operacyjne, przekaźniki, diody, elektroniczne układy przełączające, przetworniki sygnałów analogowo – cyfrowych, lub cyfrowo – analogowych, mikroprocesory, mikrokomputery.

Regulacja jest działaniem, polegającym na takim oddziaływaniu na wielkość regulowaną mierzoną na bieżąco, aby była podobna do wielkości zadanej.

Rozróżniamy regulację stałwartościową i nadążną.

Zadaniem regulacji stałwartościowej jest utrzymanie danej wielkości, na przykład temperatury, na stałym poziomie wartości.

Zadaniem regulacji nadążnej jest stopniowa zmiana danej wielkości (w określony sposób) do momentu osiągnięcia wartości zadanej, na przykład wolny wzrost temperatury aż do osiągnięcia wartości wymaganej.

**Zarządzanie** inaczej kierowanie i nadzór, to wszelkie przedsięwzięcia powodujące, że sterowany proces przebiega w pożądanym sposób. Na ogół przewiduje się tu też udział człowieka. Urządzeniem zarządzania jest na przykład komputer pracujący w sieci połączonej z „głównym punktem dowodzenia” (dyspozytorem, dyżurnym ruchu).

## Sterowanie elektryczne

Układy elektryczne składają się z elektrycznych urządzeń sterujących ( styczniki), elektrycznych elementów wykonawczych (styki, elementy elektroniczne), przyrządów zabezpieczających i wskazujących (czujniki, lampki sygnalizacyjne).



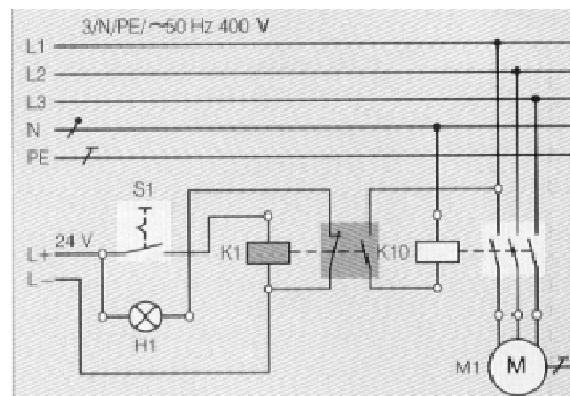
Rys. 48. Przyciski i przełączniki [4, s. 20]

Układy sterowania elektrycznego przedstawia się na schematach połączeń elektrycznych. Funkcje składowych elementów przedstawia się poprzez znormalizowane symbole graficzne. Niektóre symbole przedstawione są poniżej:

Tabela 7. Wybrane symbole graficzne elementów stosowane na schematach

cewka przekaźnika, wyzwalacza (symbol ogólny)	
cewka przekaźnika z opóźnionym odpadaniem	
cewka przekaźnika z opóźnionym działaniem	
wyzwalanie cieplne	
wyzwalanie elektroniczne	
łącznik (symbol ogólny)	
stycznik	
przerywnik	
wyłącznik	
odłącznik	
rozłącznik	
rozłącznik bezpiecznikowy	

Przykładowy układ sterowania elektrycznego:

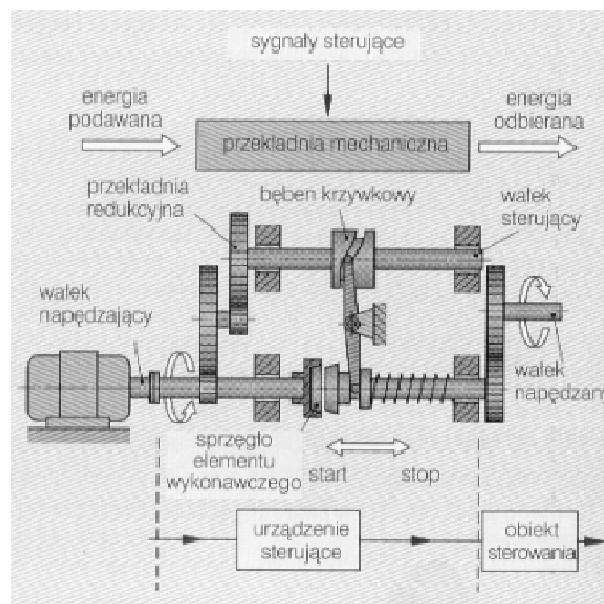


Rys. 49. Schemat układu sterowania silnikiem w postaci pełnej [4, s. 28]

### Sterowanie mechaniczne

Układy sterowania mechanicznego zbudowane są z przekładni zębatych, krzywek, dźwigni, sprzęgieł i innych zespołów mechanicznych.

Przykład układu sterowania mechanicznego przedstawia rys. 50.



Rys. 50. Przykładowy układ sterowania mechanicznego [4, s. 12]

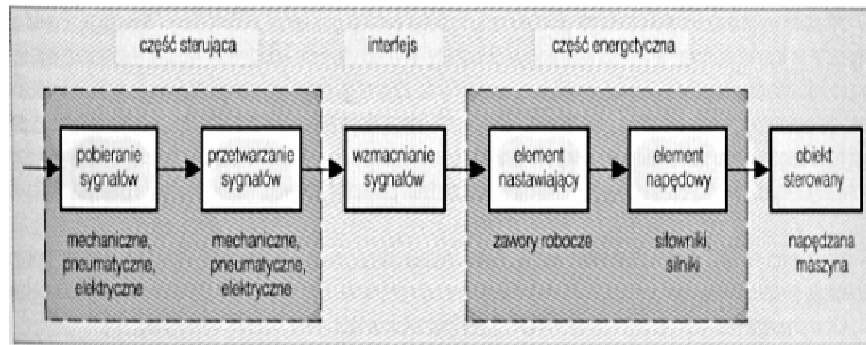
Całe urządzenie sterujące składa się z wałka sterującego, sprzęgła, bębna krzywkowego, dźwigni i sprężyny. Ruch wałka napędowego jest obiektem sterowania.

### Sterowanie pneumatyczne

Pneumatyka to techniczne zastosowanie powietrza pod ciśnieniem, przy czym przeważnie wykorzystuje się nadciśnienie, niekiedy także podciśnienie.

Pneumatyczne układy sterowania składają się z części sterującej i części energetycznej (rys. 51).



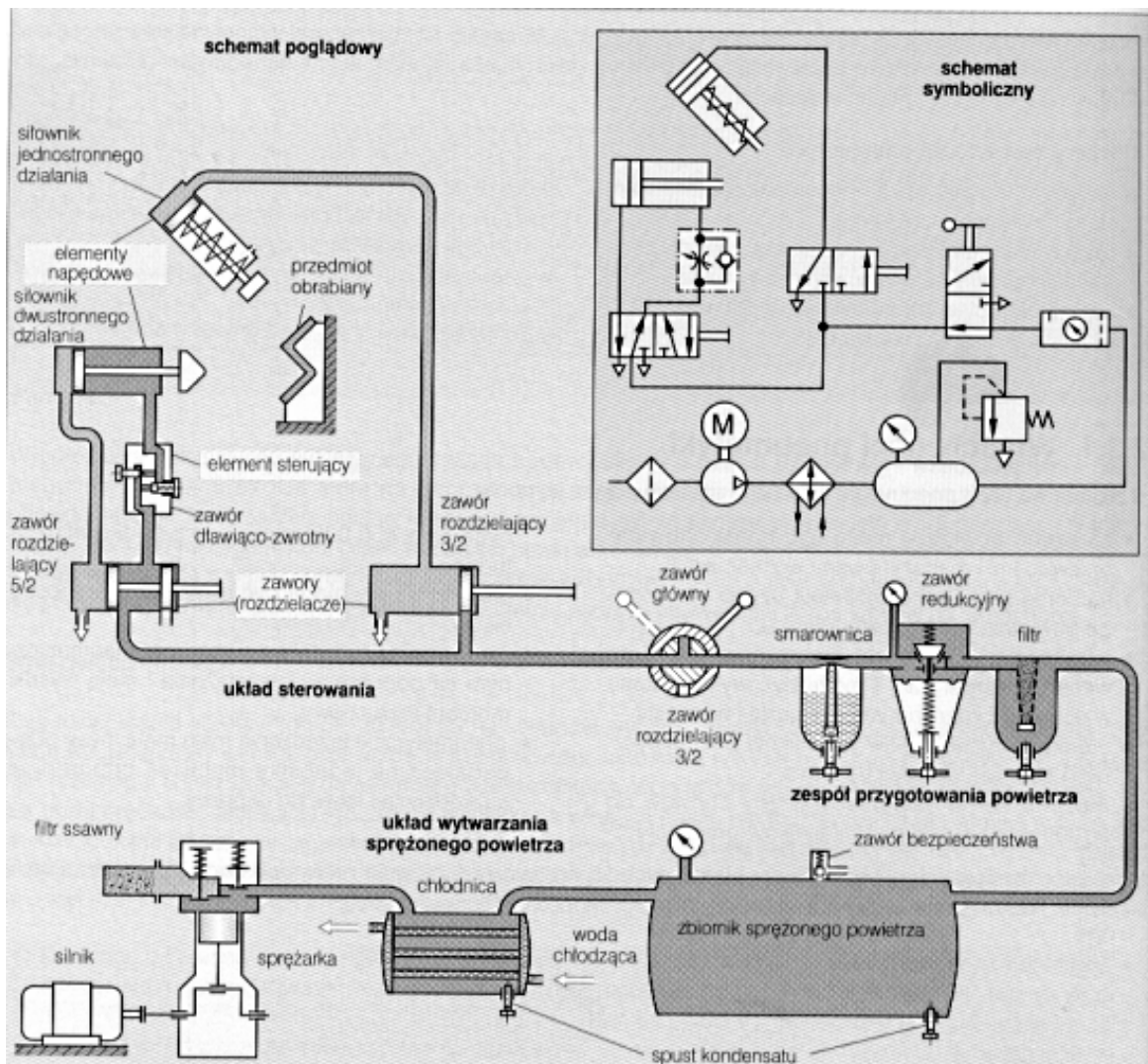


Rys. 51. Schemat blokowy pneumatycznego układu sterowania [4, s. 57]

W części sterującej sygnały są wytwarzane i przetwarzane.

W części energetycznej sygnały te po wzmocnieniu, za pośrednictwem elementów nastawiających (głównie zawory), sterują elementami napędowymi (siłowniki, silniki) wytwarzającymi siły i przemieszczenia.

Przykładowy pneumatyczny układ sterowania i jego schemat:



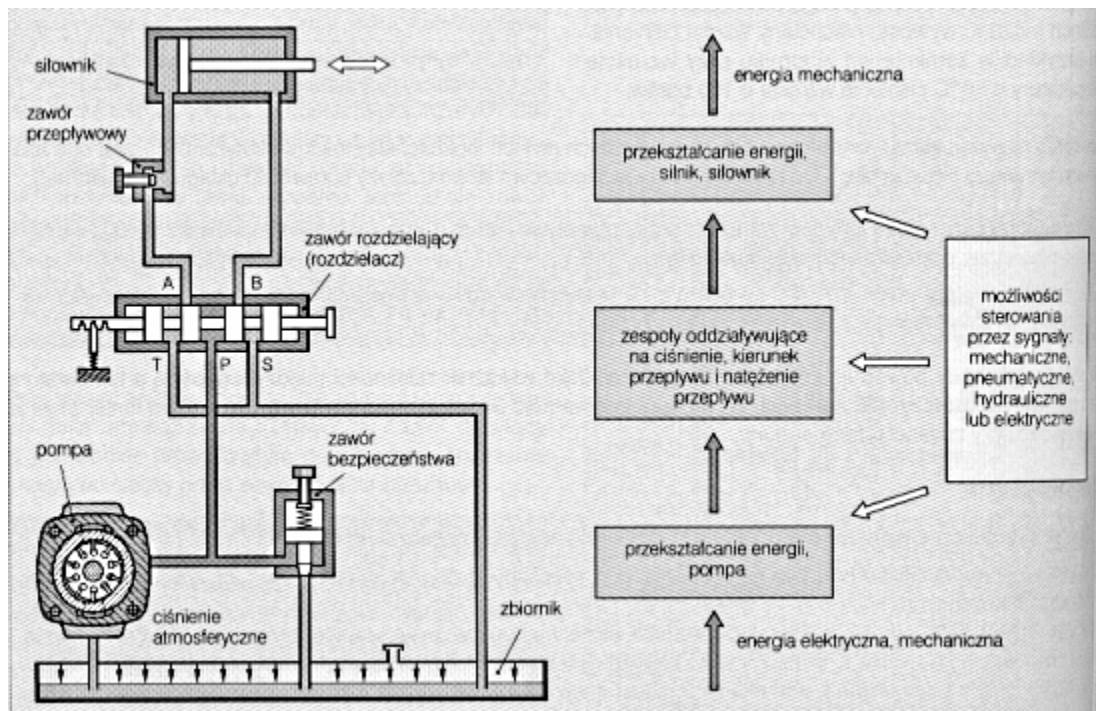
Rys. 52. Pneumatyczny układ sterowania z układem wytwarzania sprężonego powietrza i zespołem przygotowania powietrza [4, s. 58]

## Sterowanie hydrauliczne

Pod pojęciem „hydraulika” rozumie się dziedzinę techniki zajmująca się elementami napędowymi, sterującymi i regulującymi maszyn, w których za pośrednictwem cieczy pod ciśnieniem wytwarza się lub przenosi siły i momenty. Hydraulikę stosuje się przede wszystkim w budowie maszyn ciężkich, w prasach, dźwignicach i mobilnych maszynach roboczych oraz w budowie obrabiarek (do mocowania narzędzi lub obrabianych detali, do realizacji ruchów transportowych).

Ciecze hydrauliczne przenoszą siły, poprawiają poślizg elementów, chronią części metalowe przed korozją, odprowadzają ciepło i cząsteczki zanieczyszczające. Najczęściej stosuje się oleje mineralne.

Budowa układu sterowania hydraulicznego pokazana jest na rys. 53.



Rys. 53. Budowa układu sterowania hydraulicznego [4, s. 108]

W układzie hydraulicznym przekazywanie energii zaczyna się od pompy, która przekształca energię elektryczną lub mechaniczną w hydrauliczną. Zawory ciśnieniowe, rozdzielacze i zawory przepływowe oddziałują na przepływ objętościowy. Ostatecznie energia hydrauliczna zostaje przekształcona w siłowniku lub w silniku w energię mechaniczną.

Hydrauliczne przetwarzanie energii może być sterowane za pośrednictwem sygnałów mechanicznych, elektrycznych, pneumatycznych i hydraulicznych. Zaworami rozdzielającymi można zmieniać kierunek przepływu, zaworami ciśnieniowymi ograniczać siłę rozwijaną przez siłownik.

## Układy regulacji

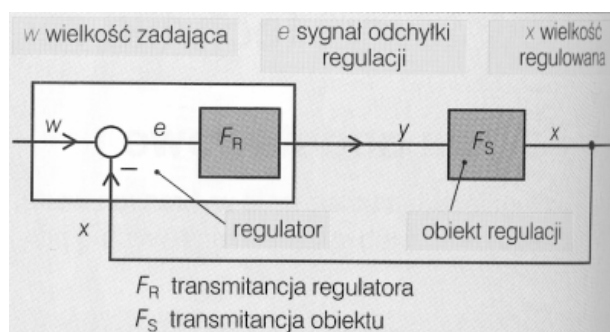
Zadaniem regulacji jest utrzymanie wybranych wartości wielkości regulowanej lub ich zmienianie według przyjętego programu.

W procesie regulacji oddziałujemy na wielkość regulowaną. W tym celu przetwarzamy wielkość regulowaną (zmieniamy jej parametry) dostosowując ją do wielkości zadanej (takiej, jaką chcemy mieć; jaka powinna być ze względu na proces technologiczny).

W układzie regulacji mamy zawsze do czynienia ze strukturą zamkniętą, ze sprzężeniem zwrotnym od wielkości regulowanej.

Rozróżnia się regulację ręczną oraz automatyczną.

Uproszczony schemat działania układu regulacji przedstawia rys. 54. Układ regulacji składa się w uproszczeniu – z regulatora i obiektu regulacji.



Rys. 54. Uproszczony schemat działania układu regulacji

Na układzie zastosowano oznaczenia:

- $x$  – wielkość regulowana (mierzona za pomocą odpowiedniego przetwornika pomiarowego),
- $w$  – wielkość zadana,
- $e$  – odchyłka regulacji;  $e = w - x$  przekształcana jest przez regulator w wielkość  $y$ ,
- $y$  – wielkość regulująca (sterująca).

#### 4.5.2. Pytania sprawdzające

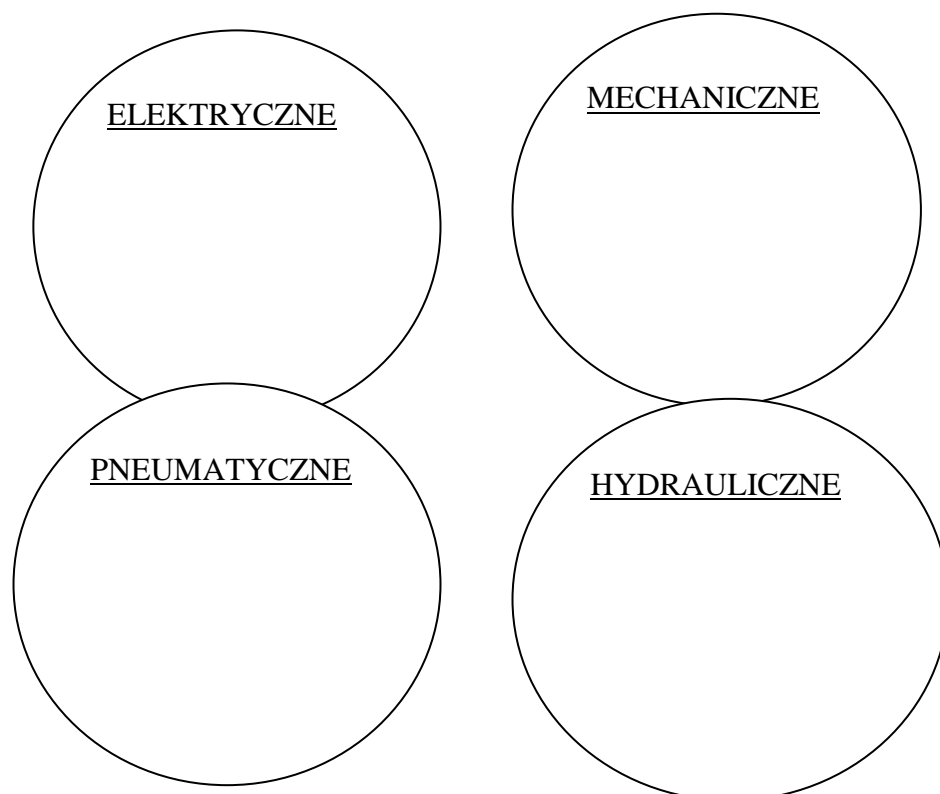
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakimi różniemy rodzaje sterowania stosowane w automatyce przemysłowej?
2. Jakimi elementami wyróżniamy w układzie sterowania?
3. Jakimi elementami realizują układy sterowania elektrycznego?
4. Jakimi są symbole graficzne elementów układów sterowania elektrycznego?
5. Jakimi elementami realizują układy sterowania mechanicznego?
6. Jakimi elementami realizują układy sterowania pneumatycznego?
7. Jakimi wyróżniają się symbole graficzne elementów układów sterowania pneumatycznego?
8. Jakimi elementami realizują układy sterowania hydraulicznego?
9. Jakimi wyróżniają się symbole graficzne elementów układów sterowania hydraulicznego?
10. Na czym polega proces regulacji i jak można go przeprowadzić?

### 4.5.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Rozdziel elementy realizujące określone układy sterowania do odpowiedniego zbioru: zawór odcinający; przekładnia zębata; stycznik; sprężarka tłokowa; silnik elektryczny; siłownik pneumatyczny; zawory rozdzielające; lampki sygnalizacyjne; siłowniki hydrauliczne; sprzęgło; siłowniki pneumatyczne.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

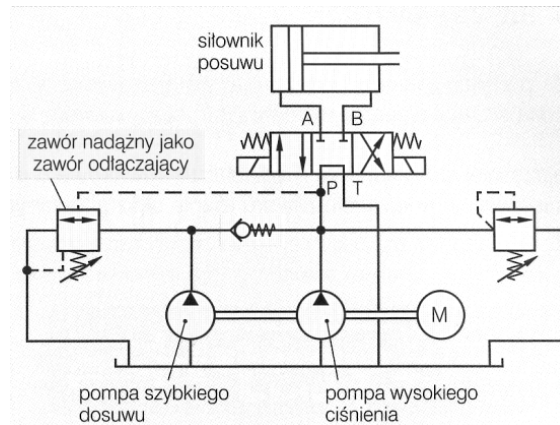
- 1) przypomnieć elementy realizujące funkcje w różnych układach sterowania,
- 2) rozdzielić elementy do określonej grupy,
- 3) zaprezentować ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier, mazaki,
- literatura wskazana przez nauczyciela.

#### Ćwiczenie 2

Przeanalizuj układ przedstawiony w ćwiczeniu i rozpoznaj, jaki to jest rodzaj układu sterowania. Odpowiedź uzasadnij.



**Rysunek do ćwiczenia 2**

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

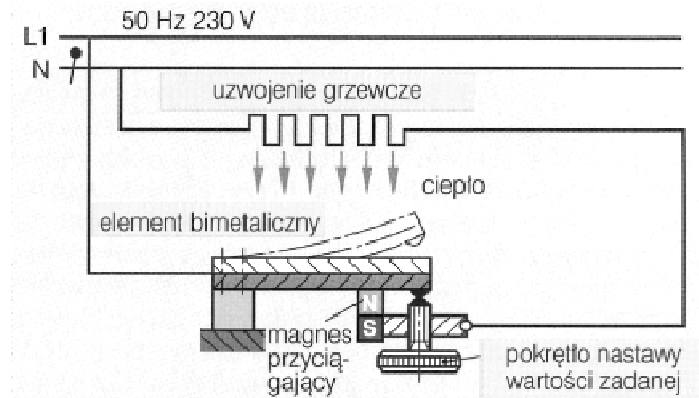
- 1) przeanalizować układ sterowania przedstawiony w ćwiczeniu,
- 2) rozpoznać elementy układu i wskazać rodzaj układu sterowania,
- 3) zaprezentować ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- papier i mazaki.

### Ćwiczenie 3

Przeanalizuj pracę układu regulacji przedstawionego w ćwiczeniu i określ wielkości:  
 $x$  – wielkość regulowaną;  $w$  – wielkość zadaną.



**Rysunek do ćwiczenia 3**

Wskazówka:

Jest to układ regulacji temperatury. Płytkę metalową czujnika bimetalowego reaguje na zmiany temperatury – zamyka lub otwiera obwód grzejny.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przeanalizować układ regulacji,
- 2) przypomnieć wielkości występujące w układach regulacji,

- 3) wskazać wielkości  $x$  oraz  $w$ ,
- 4) zaprezentować ćwiczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura wskazana przez nauczyciela.

#### 4.5.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) posłużyć się podstawowymi pojęciami z zakresu automatyki?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) rozróżnić elementy stosowane w różnych układach sterowania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) odczytać strukturę prostych układów sterowania elektrycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) odczytać strukturę prostych układów sterowania pneumatycznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) odczytać strukturę prostych układów sterowania hydraulicznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) odczytać strukturę prostych układów regulacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań dotyczących Analizowania układów elektrycznych i automatyki przemysłowej. Wszystkie zadania są zadaniami wielokrotnego wyboru i tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi: zaznacz prawidłową odpowiedź X (w przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić 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 czas wolny.
8. Na rozwiązanie testu masz 45 min.

Powodzenia!

### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Związek między napięciem, natężeniem prądu i rezystancją określa prawo Ohma. Natężenie prądu elektrycznego obliczamy ze wzoru

a)  $R = \frac{U}{I}$ .

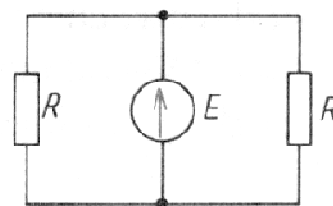
b)  $I = \frac{U}{R}$ .

c)  $I = \frac{R}{U}$ .

d)  $U = I \cdot R$ .

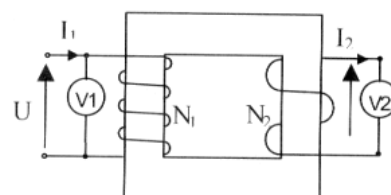
2. Obwód elektryczny przedstawiony na rysunku jest złożony z

- a) dwóch oczek, dwóch węzłów i trzech gałęzi.
- b) trzech oczek, dwóch węzłów i trzech gałęzi.
- c) dwóch oczek, dwóch węzłów i dwóch gałęzi.
- d) trzech oczek, trzech węzłów i trzech gałęzi.



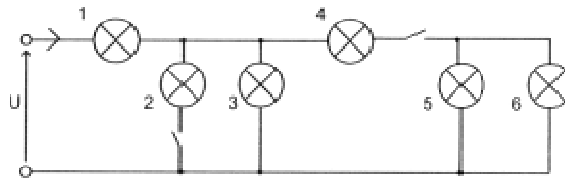
3. Przekładnię transformatora wyznacysz ze wzoru

- a)  $n = I_1 / I_2$ .
- b)  $n = N_2 / N_1$ .
- c)  $n = N_1 / N_2$ .
- d)  $n = U_2 / U_1$ .



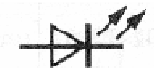
4. Prąd płynie przez żarówki

- a) 1 i 3.
- b) 1,4 i 5.
- c) 1,4 i 6.
- d) 1,3,5 i 6.



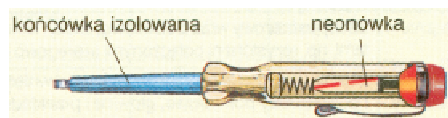
5. Symbol graficzny użyty na ideowym schemacie elektronicznym przedstawia

- a) diodę Zenera.
- b) diodę świetlną.
- c) fotodiodę.
- d) tyrystor.



6. Fotografia przedstawia

- a) jednobiegunowy wskaźnik napięcia.
- b) dwubiegunowy wskaźnik napięcia.
- c) woltomierz.
- d) śrubokręt.



7. Statyczny współczynnik wzmocnienia prądu tranzystora NPN, dla którego z charakterystyki odczytano wartości prądów:  $I_B=0,5 \text{ mA}$  oraz  $I_C=60 \text{ mA}$  ma wartość

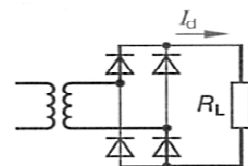
- a) 300.
- b) 240.
- c) 120.
- d) 30.

8. Dioda Zenera jest elementem elektronicznym, który ma właściwości

- a) stabilizujące natężenie prądu.
- b) wzmacniające napięcie.
- c) stabilizujące napięcie.
- d) prostujące prąd.

9. Układ przedstawiony na rysunku to układ

- a) stabilizacyjny.
- b) wzmacniający.
- c) zasilający.
- d) prostowniczy.



10. Moc znamionowa silnika określona jest na tabliczce znamionowej. Moc ma wartość

- a) 1500 obr/min.
- b) 38,8 A.
- c) 22 kW.
- d) 0,9.

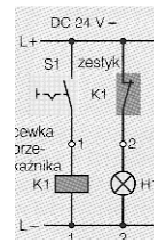
Producent: CANTONI	
3-Motor	Nr 54178/14b
Y 400V	38,8 A
22 kW	$\cos\phi=0,9$
850 obr/min	50Hz
Isol.-Kl. F	IP32
Tryb pracy: S2	



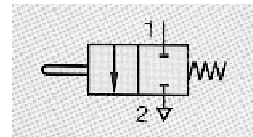
11. W elektrotechnice przyjęto zasadę oznaczania prądu przemiennego za pomocą liter i znaku
- AC –.
  - DC ~.
  - AC ~.
  - UC ≈.

12. Maszyną elektryczną zamieniającą energię elektryczną w mechaniczną jest
- transformator.
  - wentylator.
  - generator.
  - silnik.

13. Sygnałem sterującym w układzie na rysunku jest napięcie
- przemienne trójfazowe.
  - przemienne jednofazowe.
  - DC.
  - AC.



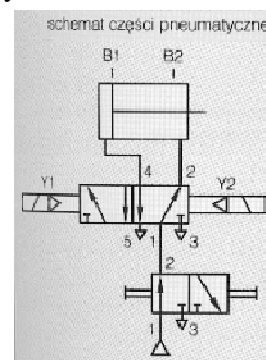
14. Symbol przedstawiony na rysunku oznacza
- przekładnię.
  - siłownik.
  - pompę.
  - zawór.



15. Sygnałem sterującym w układzie pneumatycznym jest
- sprężone powietrze.
  - zimne powietrze.
  - ogrzone powietrze.
  - olej mineralny.

16. Energia hydrauliczna jest przekształcana w energię mechaniczną w
- pompie.
  - zaworze.
  - akumulatorze.
  - siłowniku.

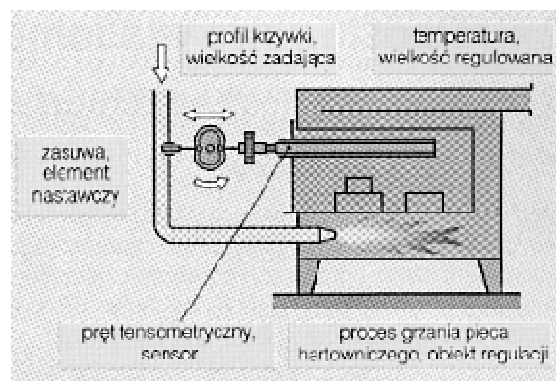
17. Elementy realizujące układ sterowania przedstawiony na rysunku to
- sprężarka, jeden zawór.
  - sprężarka dwa zawory.
  - siłownik, jeden zawór.
  - siłownik, dwa zawory.



18. W układzie hydraulicznym przekazywanie energii rozpoczyna się od
- siłownika.
  - pompy.
  - zaworu bezpieczeństwa.
  - zaworu rozdzielającego.
19. W piecu ceramicznym, zmiana temperatury do wartości zadanej, odbywa się w układzie regulacji
- ręcznej.
  - automatycznej.
  - automatycznej nadążnej.
  - automatycznej stałwartościowej.

20. Na rysunku przedstawiono układ

- sterowania hydraulicznego.
- sterowania pneumatycznego.
- sterowania hydraulicznego.
- regulacji nadążnej.



## KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

### Analiza układów elektrycznych i automatyki przemysłowej.

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Numer 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	
<b>Razem:</b>					

## **6. LITERATURA**

1. Bolkowski St: Elektrotechnika 4. WSiP, Warszawa 2004
2. Fabijański P., Wójcik A.: Praktyczna elektrotechnika ogólna. Rea, Warszawa 2003
3. Olszewski M.: Podstawy mechatroniki. Rea, Warszawa 2006
4. Olszewski M.: Mechatronika. Rea, Warszawa 2002