

# **PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI**

(skrypt)

	<b>Str.</b>
<b>1. WYBRANE ZAGADNIENIA MATERIAŁOZNAWSTWA.....</b>	<b>3</b>
1.1. MATERIAŁY ELEKTROTECHNICZE.....	3
1.1.1. MATERIAŁY PRZEWODZĄCE.....	3
1.1.2. PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI WYBR.MATER.PRZEWODZ.I ICH ZASTOSOWANIE.....	3
1.1.3. M ATERIAŁY PÓŁPRZEWODZĄCE.....	5
1.1.4. MATERIAŁY NIEPRZEWODZĄCE.....	5
<b>2. POŁĄCZENIA.....</b>	<b>5</b>
2.1 CHARAKTERYSTYKA POŁĄCZEŃ SPAJALNYCH.....	5
2.2. CHARAKTERYSTYKA POŁĄCZEŃ ROZŁĄCZNYCH.....	6
<b>3. PRĄD STAŁY.....</b>	<b>8</b>
3.1. PRĄD ELEKTRYCZNY.....	8
3.2. WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE PRĄD STAŁY.....	8
3.3. PODSTAWOWE SYMBOLE GRAFICZNE.....	9
3.4. ELEMENTY OBWODU ELEKTRYCZNEGO.....	9
3.5. PODSTAWOWE PRAWA.....	10
<b>4. MOC PRĄDU STAŁEGO.....</b>	<b>11</b>
4.1. PRAWO JOULE' A LENZA.....	11
4.2. ŁĄCZENIE REZYSTORÓW I ŹRÓDEŁ PRĄDU.....	11
4.3. OBLICZANIE PROSTYCH OBWODÓW ELEKTRYCZNYCH.....	13
<b>5. MAGNETYZM.....</b>	<b>15</b>
5.1. MAGNES STAŁY.....	15
5.2. WŁASNOŚCI MAGNETYCZNE MATERIAŁÓW.....	15
5.3. ZJAWISKA ELEKTROMAGNETYCZNE.....	16
<b>6. MASZYNY PRĄDU STAŁEGO.....</b>	<b>18</b>
6.1. PODZIAŁ MASZYN PRĄDU STAŁEGO.....	18
6.2. OGÓLNA BUDOWA MASZYNY PRĄDU STAŁEGO.....	18
6.3. OGÓLNA ZASADA DZIAŁANIA.....	19
6.4. KOMUTACJA.....	19
<b>7. PRĄD PRZEMIENNY.....</b>	<b>19</b>
7.1. OKREŚLENIE PRĄDU PRZEMIENNEGO.....	19
7.2. WARTOŚĆ SKUTECZNA.....	20
7.3. MOC PRĄDU PRZEMIENNEGO.....	21
7.4. SPOSOBY ŁĄCZENIA UZWOJEŃ TRÓJFAZOWYCH.....	23
7.5. TRANSFORMATOR.....	24
<b>8. MASZYNY PRĄDU PRZEMIENNEGO.....</b>	<b>24</b>
8.1 PRĄDNICE.....	24
8.2. SILNIKI.....	25
<b>9. PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE.....</b>	<b>28</b>
9.1. PODSTAWOWE ELEMENTY ELEKTRONICZNE – DIODY.....	28
9.2 WYBRANE ELEMENTY PÓŁPRZEWODNIKOWE .....	29
9.3. SPOSOBY PODŁĄCZENIA DIODY I TRANZYSTORA DO OBWODU.....	30
<b>10. POMIARY ELEKTRYCZNE.....</b>	<b>31</b>
10.1. PRZYRZĄDY POMIAROWE.....	31
10.2. TECHNIKA POMIARÓW WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH.....	33
<b>11. SCHEMATY ELEKTRYCZNE.....</b>	<b>34</b>
<b>12 LITERATURA.....</b>	<b>44</b>

## 1. WYBRANE ZAGADNIENIA MATERIAŁOZNAWSTWA.

### 1.1. MATERIAŁY ELEKTROTECHNICZNE.

Podział materiałów elektrotechnicznych wynika z ich funkcji w urządzeniach lub w układach elektrycznych. Ze względu na wartość rezystywności w temperaturze 20°C (293 K) rozróżnia się materiały przewodzące, półprzewodzące i elektroizolacyjne. Osobną grupę stanowią materiały nadprzewodzące, które cechuje temperatura przejścia w stan nadprzewodnictwa, zwana temperaturą krytyczną.

Oprócz wymienionych rozróżnia się również materiały magnetyczne, tj. materiały, które z racji swych właściwości ferromagnetycznych są stosowane w obwodach magnetycznych.

#### 1.1.1. MATERIAŁY PRZEWODZĄCE.

Materiały przewodzące – metale, stopy metali i spieki – znajdują zastosowanie jako materiały przewodowe, oporowe i stykowe. Osobną grupę stanowią materiały przewodzące stosowane w ogniwach termoelektrycznych, termobimetały oraz spoiwa.

- a) Metal – substancja złożona z jednego podstawowego pierwiastka (będącego metalem oraz różnego rodzaju zanieczyszczeń, zarówno metalicznych, jak i niemetalicznych).
- b) Stop-substancja o cechach metalicznych składająca się z dwóch lub więcej pierwiastków z których na ogół jeden, użyty w przeważającej ilości jest metalem. Nazwę stop stosuje się potocznie do tych substancji, których kompozycje tworzy się w stanie ciekłym.
- c) Szczególną przypadkiem stanowią spieki złożone z metali w sobie nierozpuszczalnych (pseudostopy) lub trudno rozpuszczalnych. Spieki otrzymuje się metodą metalurgii proszków (ceramiki metali). Właściwości mechaniczne stopów są zazwyczaj lepsze niż metali, kosztem jednak pogorszenia na ogół takich właściwości jak konduktywność (przewodnictwo właściwe materiału), przewodność cieplna i podatność na obróbkę plastyczną.

#### 1.1.2. PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI WYBRANYCH MATERIAŁÓW PRZEWODZĄCYCH I ICH ZASTOSOWANIE.

##### a) Miedź.

Duża odporności na działanie czynników atmosferycznych. Po dłuższym przebywaniu w powietrzu powstaje na powierzchni miedzi cienka warstwa soli zasadowych (patyna), która stanowi ochronę przed dalszą korozją. Szybkość utleniania się miedzi znacznie wzrasta dopiero powyżej temperatury 400°C.

Nie zanieczyszczona miedź, jest odporna na działanie: pary wodnej, wody, CO, kwasów nie mających właściwości utleniających, roztworów zasad oraz kwasu siarkowego o stężeniu poniżej 10%.

Miedź stosuje się głównie do wyrobu przewodów elektrotechnicznych.

W zależności od głównego składnika rozróżnia się następujące stopy miedzi:

- mosiądz – stop miedzi z cynkiem;
  - brąz – stop miedzi z innymi metalami lub krzemem;
  - wieloskładnikowy stop oporowy – stop miedzi z niklem lub manganem.
- Mosiądz – stosowany jest do przeróbki plastycznej i jako stopy odlewnicze. W elektrotechnice jest często stosowany do wyrobu elementów przewodzących duże prądy.
  - Brązy (w zależności od rodzaju stopu) :

Rodzaj brązu	Właściwości i zastosowanie
Cynowy	przeróbka plastyczna (blachy, sprężyny)
Fosforowy	odporny na ścieranie (panewki)
Krzemowy	spawalny, odporny na temperatury do 500°C (przewody telekomunikacyjne, linki antenowe)
Kadmowy	duża odporność na ścieranie, odporny na temperatury do 250°C (przewody jezdne sieci trakcyjnej, działki komutatorów)
Manganowy	twardy, ciągliwy, sprężysty (sprężyny stykowe, szczotki, druty oporów)
Aluminiowy (brązal)	twardy, ciągliwy, mało ścieralny, trudny do odlewania
Berylowy	twardy, sprężysty (łopatki turbin)
Ołowiowy	odporny na ścieranie (panewki)
Niklowy	materiały oporowe (konstantan)
Niklowo-kadmowy	wytrzymuje temperaturę do 500°C (przeróbka plastyczna); części maszyn
Srebrowy	elektrody do spawarek

b) Aluminium.

Duża odporności na działanie czynników atmosferycznych. Tworząca się na skutek utleniania warstwa tlenku glinowego chroni metal przed dalszym utlenianiem się. Warstwa ta ma właściwości izolacyjne i dlatego przy wykonywaniu połączeń elektrycznych trzeba ją dokładnie usunąć. Warstwa tlenku glinowego chroni również aluminium przed działaniem chemicznym wielu kwasów, natomiast nie jest odporna (jak również czyste aluminium) na działanie środowisk alkalicznych. Silnie działającym związkami na aluminium w obecności tlenu jest NaCl (tzw. sól kuchenna). Warstwa tlenku glinowego, wytworzona na drodze utlenienia anodowego w kwasie siarkowym, chromowym lub szczawiowym, może służyć również jako izolacja przy napięciu do 300 V. Warstwa tlenku ułatwia pokrywanie lakierami.

Łączenie aluminium może być wykonywane metodą spawania łukowego, lutowania i spajania na zimno (pod wysokim ciśnieniem).

Stopy aluminium dzieli się na odlewnicze i przerabiane plastycznie. Stosując odpowiednie dodatki, można uzyskać zarówno większą wytrzymałość, jak i zdolność do odlewania, lepszą spawalność i obrabialność stopu niż czystego aluminium. Stopy aluminiowo – magnezowo – krzemowe, stosowane są do wyrobu przewodów elektroenergetycznych. Dużą odporność na korozję wykazują stopy aluminium z magnezem i manganem.

c) Cyna.

Duża odporność na działanie czynników atmosferycznych. Stosuje się ją na lutowia (spoiwa) oraz na powłoki ochronne (nakładane metodą ogniową lub galwanicznie), a także jako dodatek do stopów (głównie z miedzią). Druty miedziane z ochronną powłoką cynową znajdują się m.in. w przewodach o izolacji gumowej wulkanizowanej siarką. Warstwa cyny zapobiega szkodliwemu oddziaływaniu siarki na miedź.

d) Cynk.

Duża odporność na działanie czynników atmosferycznych. Stosuje się jako dodatek stopowy i jako warstwę ochronną. Z cynku są wykonywane elektrody ujemne ogniw galwanicznych.

e) Ołów.

Duża odporność na działanie czynników atmosferycznych. Na jego powierzchni tworzy się tlenek ołowiu, który chroni metal przed dalszym utlenianiem. Ołów jest szczególnie odporny na roztwory kwasu siarkowego, wytrzymuje działanie roztworów: kwasu solnego o stężeniu 10%, kwasu azotowego o stężeniu do 50%, kwasu fosforowego, chromowego, arsenowego i fluorowodorowego.

Ołów nie jest odporny na działanie: wody zawierającej dwutlenek węgla, alkoholu metylowego, stężonego kwasu azotowego oraz wodorotlenków wapniowego i sodowego.

Stosuje się do wyrobu powłok kablowych oraz płyt akumulatorowych, anod do elektrolizy, armatury kwaso odpornej, podkładek i uszczelek. Wadą ołowiu jest duża masa właściwa, mała twardość, mała wytrzymałość na rozciąganie, wrażliwość na drgania mechaniczne. Ołów dość szybko ulega korozji chemicznej i elektrochemicznej pod wpływem działania kwasów organicznych i zasad, jak również niektórych kwasów nieorganicznych, zwłaszcza przy wysokich temperaturach.

### 1.1.3. MATERIAŁY PÓŁPRZEWODZĄCE.

Podstawowymi materiałami stosowanymi do budowy elementów półprzewodnikowych są krystaliczne postaci krzemu i germanu. Oba te pierwiastki w stanie chemicznie czystym wykazują znikomą przewodność elektryczną. Natomiast po wprowadzeniu domieszek innych pierwiastków (tzw. domieszkowanie), stają się dobrymi przewodnikami prądu.

- Rezystywność właściwa domieszkowanego krzemu lub germanu, określająca ich zdolność przewodzenia prądu, jest znacznie wyższa niż dla izolatorów i znacznie niższa niż dla metali. Z tego powodu materiały te nazywamy półprzewodnikami, tzn. materiałami o pośrednich właściwościach przewodzących.

Do tej grupy materiałów zalicza się min.:

- tworzywa syntetyczne półprzewodzące:
  - gumy półprzewodzące;
  - polietylen półprzewodzący;
- warystory – rezystory zmiennooporowe;
- termistory – rezystancja silnie zależy od temperatury;
- luminofory – są to mieszaniny związków chemicznych, które wykazują luminescencję pod wpływem zarówno fal elektromagnetycznych, jak i strumienia elektronów.

### 1.1.4. MATERIAŁY NIEPRZEWODZĄCE.

Do materiałów elektroizolacyjnych zalicza się :

- gazy (dielektryki gazowe-gazy niezjonizowane( powietrze, wodór, azot);
- ciecze (dielektryki ciekłe-oleje izolacyjne);
- materiały stałe (dielektryki stałe-ceramiczne, mikowe, azbest, tworzywa sztuczne, celulozowe, asfalty, woski, kauczuk, guma).

Dielektryki ciekłe (oleje izolacyjne) pod względem zastosowania dzieli się na:

- transformatorowe – spełniają rolę czynnika chłodzącego i izolującego;
- kondensatorowe – spełniają rolę czynnika izolującego;
- kablowe –jako syciwo izolacji papierowej do kabli najwyższych napięć (tzw. kabli olejowych);
- wyłącznikowe – do zapewnienia poprawnej pracy styków wyłącznika zwłaszcza w niskich temperaturach.

## 2. POŁĄCZENIA.

### 2.1. CHARAKTERYSTYKA POŁĄCZEŃ SPAJALNYCH.

Do łączenia metali stosuje się luty — stopy metali o temperaturze topnienia niższej niż temperatura łączonych metali. Rozróżnia się luty:

- luty miękkie— o temperaturze topnienia niższej niż 400°C
- luty twarde— o temperaturze topnienia wyższej niż 700°C.

Do połączeń elektrycznych stosuje się zarówno luty miękkie, jak i twarde. Temperatura topnienia lutów powinna być o ok. 150°C niższa niż temperatura topnienia łączonych metali.

Luty miękkie stosuje się do połączeń szczelnych, a luty twarde — do połączeń szczelnych i przenoszących obciążenia.

Zakres zastosowań i właściwości niektórych lutów:

Rodzaj lutów		Temperatura topnienia (°C)	Zastosowanie
Luty miękkie	Cynowo- ołowiowe	268 – 299	łączy miedź, mosiądz i stal; lutowanie żarówek
		185 – 250	łączy miedź, stal; lutowanie połączeń pracujących w podwyższonych temperaturach; lutowanie uzwojeń silników elektrycznych
		183 – 238	łączy miedź, mosiądz i stal; pobielanie i lutowanie elementów aparatury elektrotechnicznej
		185 – 231	łączy miedź i stal; lutowanie uzwojeń silników elektrycznych
		183 – 216	łączy miedź, mosiądz i stal; lutowanie uzwojeń i drobnych części mosiężnych
		183 - 190	łączy miedź, mosiądz i stal; lutowanie elementów z pokryciami cynowymi, cynowo-ołowiowymi, kadmowymi, cynkowymi, srebrnymi
	183	łączy miedź, mosiądz i stal; kąpielowe lutowanie połączeń elektrycznych w elektronice; cynowanie końcówek i płytek obwodów drukowanych;	
Kadmowe	260	łączy stopy cynku i aluminium	
Luty twarde	Brązowe	1015	łączy miedź, brąz i stopy niklu; spawanie elementów przyrządów elektrotechnicznych;
	Miedziane	1070	łączy miedź, stal i spieki; spawanie przewodów elektrycznych
	Srebrne	715 – 770	lutowanie połączeń o małej rezystancji, wykonanych z niklu, stopów niklu, miedzi i stopów miedzi
		645 – 795	lutowanie styków elektrycznych

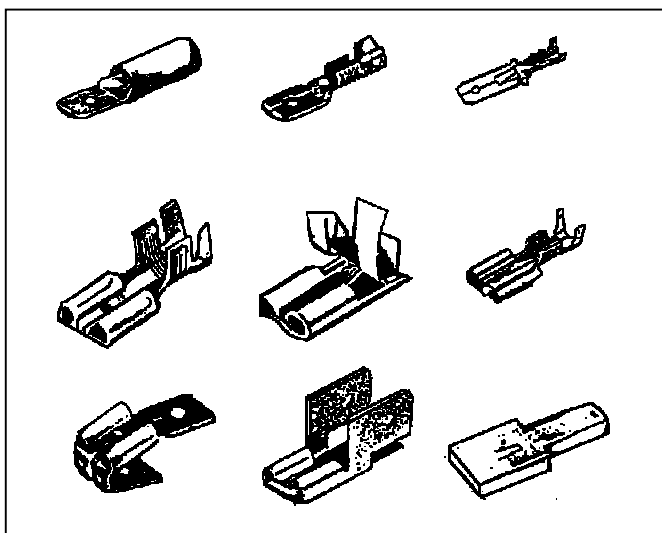
## 2.2. CHARAKTERYSTYKA POŁĄCZEŃ ROZŁĄCZNYCH.

### 1) Końcówki przewodów elektrycznych

Końcówki przewodów służą do łączenia łatwo rozłączalnych i zapewniających dobrą przewodność elektryczną przewodów z zaciskami.

Do przewodów elektrycznych niskiego napięcia stosuje się końcówki wykonywane zgodnie z odpowiednimi normami. Spotyka się następujące rodzaje końcówek:

- a) końcówki typu rurkowego są zakończeniami przewodów śrubowych w instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych, np. przewodów akumulatorów. Końcówki wykonywane są z masy miedzianej M2R;
- b) końcówki przewodów wzdłużne z obchwytem podwójnym są przeznaczone do przewodów instalacji elektrycznej niskiego napięcia. Rozróżnia się końcówki dwóch rodzajów: O - oczkowe, W - widelkowe; wykonane są z mosiądzu półtwardego o zawartości miedzi 60...70%;
- c) końcówki przewodów poprzeczne z obchwytem podwójnym stosowane są do przewodów instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych;
- d) końcówki przewodów oczkowe wzdłużne z obchwytem pojedynczym przeznaczone do przewodów instalacji elektrycznej pojazdów samochodowych;
- e) końcówki do przewodów masy przeznaczone są do taśmowych przewodów masy stosowanych w pojazdach silnikowych. W zależności od przekroju znamionowego przewodu masy i miejsca zamocowania końcówki rozróżnia się 5 rodzajów końcówek. Końcówki są cynowane;
- f) końcówki przewodów do akumulatorów samochodowych są to odlewane końcówki przeznaczone do zaciskania na końcówkach biegunowych ogniw akumulatorów samochodowych;
- g) końcówki sprężyste przewodów wysokiego napięcia do gniazd stykowych oraz świec zapłonowych;
- h) końcówki izolowane przewodów wysokiego napięcia nasadzane na końcówkę gwintowaną świecy z gniazdem typu D do nakręcania na przewód zapłonowy o średnicy 5 lub 7 mm. Rozróżnia się następujące typy końcówek:
  - kątowna wykonywana bez opornika lub z opornikiem R oraz z opornikiem i ekranem ( E ),
  - prosta w wykonaniu: bez opornika ( P. ) i opornikiem ( PR ), oraz z opornikiem i ekranem ( EP ).



Przykładowe końcówki przewodów samochodowych.

### 2) Złącza.

W instalacjach elektrycznych pojazdów stosowane są różne złącza typu wtyczkowego lub śrubowego. Służą do łączenia ze sobą elementów instalacji elektrycznej rozmieszczonych w różnych częściach pojazdów, do łączenia instalacji przyczepy z instalacją pojazdu ciągnącego itd. Złącza śrubowe są stosowane w tych obwodach, w których musi być zachowana duża niezawodność połączenia, występują duże obciążenia prądowe,

np. zacisk wyjściowy prądnicy, połączenia obwodu rozruchowego itd. Złącza ruchome mogą być pojedyncze lub wielokrotne.

Złącze wtyczkowe płaskie tzw. złącze konektorowe składa się z końcówki płaskiej wciskanej na końcówkę przewodu lub mocowanej do urządzenia elektrycznego oraz nasadki końcówki płaskiej mocowanej do przewodu elektrycznego. Końcówki płaskie oraz nasadki wykonywane są z mosiądzu półtwardego.

Dla uniknięcia zwarcia końcówki płaskie i nasadki złącza wtyczkowego umieszcza się w obudowach izolowanych pojedynczych lub wielokrotnych. Złącze konektorowe wielokrotne składa się z dwóch obudów izolowanych: w jednej zamocowane są końcówki płaskie, w drugiej końcówki nasadowe. Z przeciwnych stron obudów wyprowadzone są wiązki przewodów. Połączenie złącza następuje przez wciśnięcie obudowy z końcówkami płaskimi w obudowę z końcówkami nasadowymi.

### 3. PRĄD STAŁY.

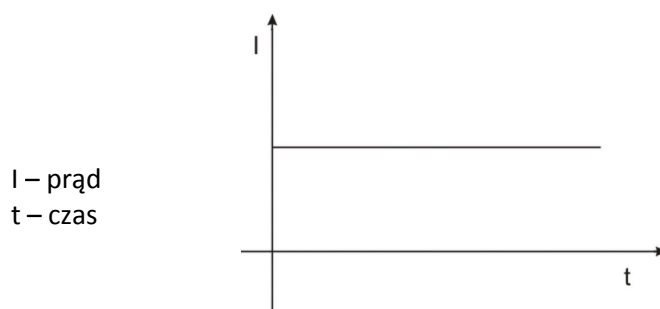
#### 3.1. PRĄD ELEKTRYCZNY.

Prąd elektryczny - jest to uporządkowany ruch elektronów swobodnych w przewodniku, spowodowany różnicą potencjałów. Prąd płynie tylko w obwodzie zamkniętym dzięki ruchowi elektronów od bieguna (-) do (+) (fizyczny kierunek przepływu prądu). Jako umowny kierunek przepływu prądu przyjęto od (+) do (-).

Prąd oznacza się literą - **I**.

Jednostką jest - **1A**.

Prąd stały - to taki prąd, którego wartość i kierunek nie ulega zmianie.



#### 3.2. WIELKOŚCI CHARAKTERYZUJĄCE PRĄD STAŁY.

Natężenie prądu - jest to ilość ładunków elektrycznych przepływających przez przewodnik w określonym czasie.

Siła elektromotoryczna - jest to napięcie na zaciskach nieobciążonego źródła prądu. Oznacza się literą E lub SEM. Jednostką jest - **1 V**.

Napięcie - jest to różnica potencjałów występująca między dwoma punktami obwodu elektrycznego.

Rezystancja (oporność elektryczna)- jest to opór jaki stawia przewodnik dla płynącego prądu. Oznacza się literą - **R**. Jednostką jest - **1 Ω**.


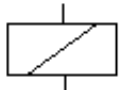



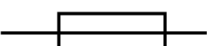

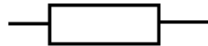

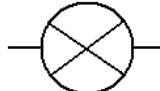

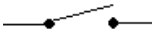

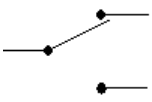

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} (\Omega)$$

$\rho$  - oporność właściwa (zależy od rodzaju materiału przewodnika);

$l$  - długość przewodnika;

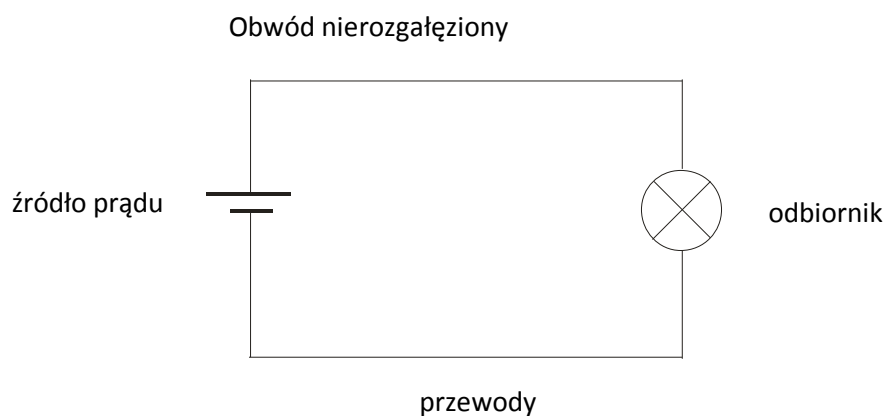
$s$  - przekrój przewodnika.

### 3.3. PODSTAWOWE SYMBOLE GRAFICZNE.

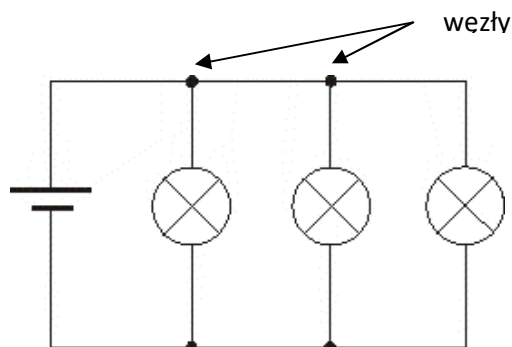
	omomierz		Przełącznik (cewka przełącznika)
	amperomierz		cewka
	woltomierz		bezpiecznik
	prądnicą prądu przemiennego		rezystor (opornik)
	silnik prądu stałego		żarówka
	połączenie przewodów		włącznik
	przecięcie przewodów		przełącznik
	bateria, akumulator		

### 3.4. ELEMENTY OBWODU ELEKTRYCZNEGO.

Obwód elektryczny - jest to układ złożony ze źródła napięcia (prądu), odbiornika i przewodów łączących.



Obwód rozgałęziony



### 3.5. PODSTAWOWE PRAWA.

#### 1) PRAWO OHMA .

Prąd płynący w obwodzie jest wprost proporcjonalny do napięcia zasilania, a odwrotnie proporcjonalny do rezystancji odbiornika.

Czyli - zwiększając napięcie lub zmniejszając rezystancję spowodujemy zwiększenie wartości prądu płynącego w obwodzie:

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

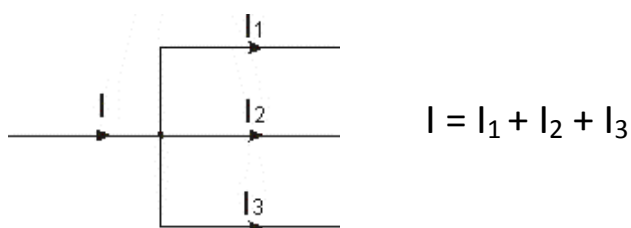
I – prąd

U – napięcie

R – rezystancja

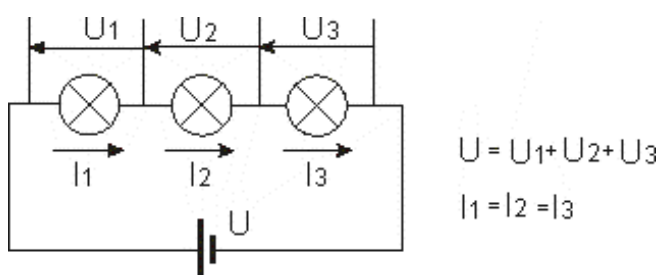
#### 2) I PRAWO KIRCHOFFA .

Suma prądów dopływających do węzła równa się sumie prądów wypływających z tego węzła.



#### 3) II Prawo KIRCHOFFA (dla obwodu szeregowego).

Suma tzw. spadków napięć na poszczególnych odbiornikach w obwodzie szeregowym, równa jest napięciu zasilającemu.



Przy połączeniu szeregowym odbiorników w całym obwodzie płynie prąd o jednakowym natężeniu, natomiast napięcie spada na każdym odbiorniku proporcjonalnie do jego rezystancji (zgodnie z prawem Ohma).

#### 4. MOC PRĄDU STAŁEGO.

W każdym źródle prądu następuje przemiana jednej z rodzajów energii: mechanicznej, chemicznej, cieplnej itp. w energię elektryczną. Przemiana ta związana jest z pracą wykonaną przy przesunięciu ładunku elektrycznego pomiędzy punktami znajdującymi się pod napięciem.

Praca wykonana przez prąd płynący w obwodzie składa się z pracy tak zwanej zewnętrznej (w odbiorniku i przewodach) oraz w części wewnętrznej obwodu (w źródle prądu).

Mocą prądu elektrycznego nazywamy stosunek pracy wykonanej przez prąd do czasu, w ciągu którego nie zachodzi żadna zmiana w równomierności i ciągłości dostarczania energii - jest to moc prądu powstająca w źródle.

Moc prądu dostarczanego do części zewnętrznej obwodu wynosi:

$$P = U \cdot I \text{ (W)}$$

##### 4.1. PRAWO JOULE 'A LENZA.

Energia elektryczna podczas przepływu prądu przemienia się w całości w ciepło jeżeli nie zamienia się na inny rodzaj energii (mechaniczną, chemiczną), spowodowane to jest zderzaniem się cząsteczek przewodnika.

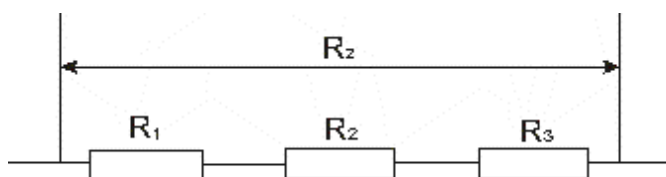
$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \text{ (J)}$$

I – prąd  
R – rezystancja  
t – czas

##### 4.2. ŁĄCZENIE REZYSTORÓW I ŹRÓDEŁ PRĄDU.

###### 1. REZYSTORY.

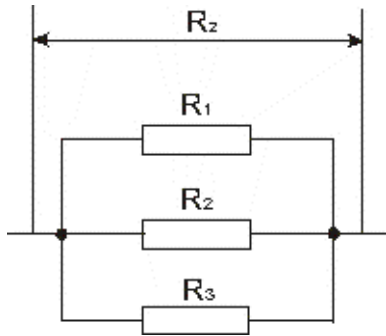
a) Połączenie szeregowe.



$$R_z = R_1 + R_2 + R_3$$

R<sub>z</sub>- rezystancja tzw. zastępcza

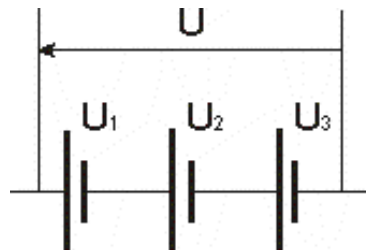
b) Połączenie równoległe.



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

## 2. ŹRÓDŁA PRĄDU (NAPIĘCIA).

a) Połączenie szeregowo.

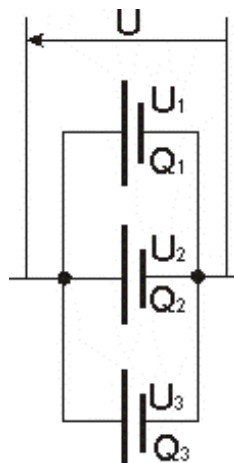


$$U = U_1 + U_2 + U_3$$
$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

U - napięcie

Q – pojemność elektryczna

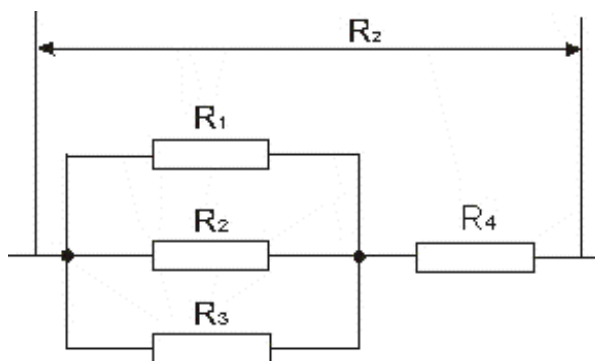
b) Połączenie równoległe.



$$U = U_1 = U_2 = U_3$$
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

### 4.3. OBLICZANIE PROSTYCH OBWODÓW ELEKTRYCZNYCH.

a) Obliczanie rezystancji zastępczej.



Dane:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10\Omega$$

Obliczyć \$R\_z\$

Obliczamy rezystancję zastępczą \$R\_{z1}\$ oporników: \$R\_1\$, \$R\_2\$ i \$R\_3\$:

$$\frac{1}{R_{z1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{z1}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{3}{10}$$

$$R_{z1} = \frac{10}{3} = 3,33\Omega$$

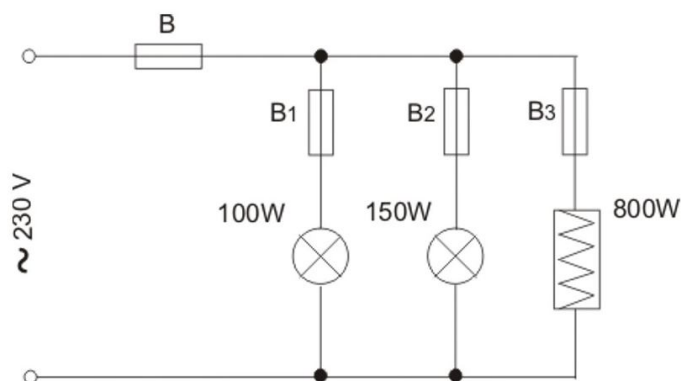
Obliczamy rezystancję zastępczą \$R\_z\$ oporników: \$R\_4\$ i obliczonego \$R\_{z1}\$

$$R_z = R_{z1} + R_4 = 3,33 + 10 = \underline{13,33\Omega}$$

b) Obliczanie podstawowych wielkości obwodu elektrycznego.

#### Zadanie 1.

Obliczyć wartości bezpieczników: B, \$B\_1\$, \$B\_2\$ i \$B\_3\$.



Z podanych wartości mocy i napięcia obliczamy, jakie prądy będą płynęły przez poszczególne bezpieczniki:

$$P = U \cdot I \quad \text{czyli} \quad I = \frac{P}{U}$$

Przez  $B_1$ :

$$I_1 = \frac{100W}{230V} = 0,43A$$

Przez  $B_2$ :

$$I_2 = \frac{150W}{230V} = 0,65A$$

Przez  $B_3$ :

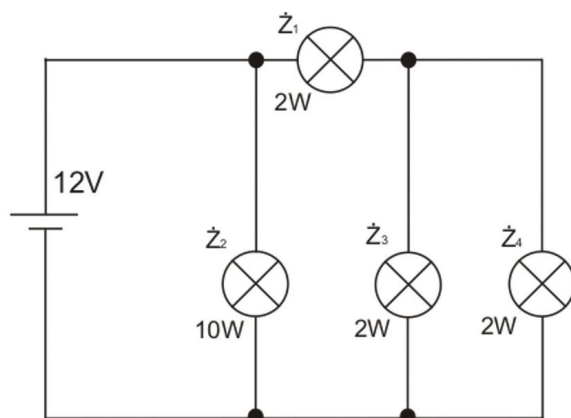
$$I_3 = \frac{800W}{230V} = 3,48A$$

Prąd jaki płynie przez bezpiecznik B wynosi:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,43 + 0,65 + 3,48 = \underline{4,56A}$$

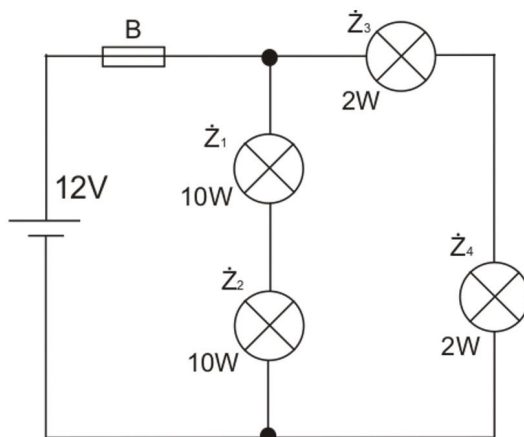
Zadanie 2.

Obliczyć napięcia zasilania żarówek.



Zadanie 3.

Obliczyć wartości ( $I$  i  $U$ ) elementów obwodu:



## 5. MAGNETYZM.

### 5.1. MAGNES STAŁY.

Przestrzeń w której przebiegają linie sił, nazywamy polem magnetycznym.



### 5.2. WŁASNOŚCI MAGNETYCZNE MATERIAŁÓW.

1. Podział magnesów:

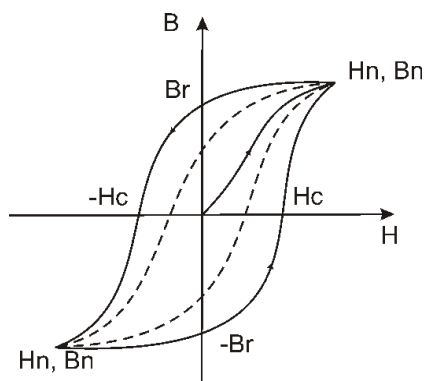
- a) naturalne (ruda magnetyczna);
- b) sztuczne (właściwości magnetyczne uzyskane drogą sztucznego namagnesowania);
  - trwałe;
  - elektromagnesy.

2. Podział materiałów ze względu na właściwości magnetyczne:

- **Diamagnetyczne** - w których pole magnetyczne prądów elementarnych jest przeciwne do zewnętrznego pola magnetycznego: **kwarc, srebro, miedź, woda.**
- **Paramagnetyczne** - w których pole magnetyczne prądów elementarnych jest zgodne z zewnętrznym polem magnetycznym: **powietrze, aluminium, platyna.**
- **Ferromagnetyczne** - w których pole magnetyczne prądów elementarnych wzmacnia zewnętrzne pole magnetyczne: **żelazo, nikiel, kobalt i ich stopy.**

3. Podział ferromagnetyków ze względu na szerokość pętli histerezy:

- **magnetycznie miękkie** – mających wąską pętlę histerezy,, do których należą np.: żeliwo, permalój i stal elektrochemiczna, stosowana do budowy elektromagnesów, transformatorów itp.;
- **magnetycznie twarde** – o szerokiej pętli histerezy, do których należą stale z dodatkiem chromu, wolframu i molibdenu, stopy alnico i alnisi, spieki neodymowe stosowane do produkcji magnesów trwałych.

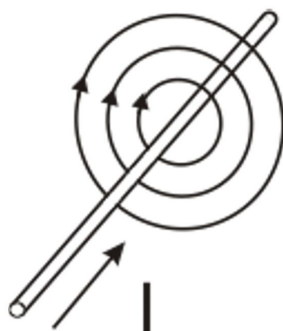


Pętla histerezy magnetycznej ferromagnetyka magnetycznie miękkiego (linia przerywana) i twardego (linia ciągła).

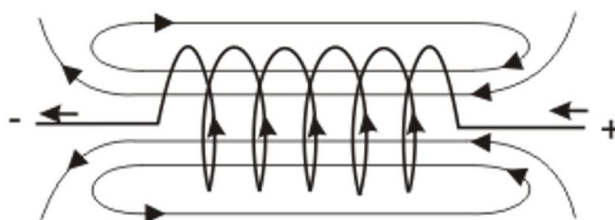
- B – indukcja magnetyczna;
- $B_n$  – indukcja magnetyczna nasycenia;
- $B_r$  – indukcja remanencji (pozostałości magnetyczne);
- H – natężenie pola magnetycznego;
- $H_n$  – natężenie nasycenia pola;
- $H_c$  – natężenie koercji (powściąągające)

### 5.3. ZJAWISKA ELEKTROMAGNETYCZNE.

1. Powstawanie pola magnetycznego pod wpływem płynącego prądu.



Pole magnetyczne solenoidu (cewki)



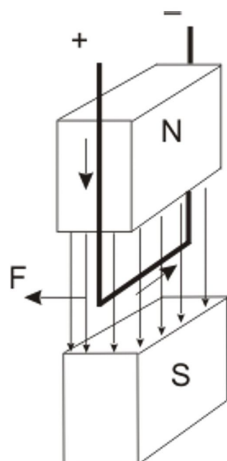
2. Oddziaływanie pola magnetycznego na przewód z prądem.

- a) Siła elektrodynamiczna.

Na przewód elektryczny umieszczony w polu magnetycznym w którym płynie prąd, działa **siła elektrodynamiczna**. Oznacza się literą **-F**.

Siła elektrodynamiczna powstaje wskutek oddziaływania dwóch pól magnetycznych: pola magnesu i pola wytworzonego przez prąd płynący w przewodniku.

Siła elektrodynamiczna znalazła zastosowanie w silnikach elektrycznych.



$$F = B \cdot I \cdot L$$

B – indukcja magnetyczna,  
I – prąd,  
L – długość przewodu znajdującego się w polu magnetycznym.

Kierunek siły elektrodynamicznej zależy od:

- kierunku płynącego prądu w przewodniku;
- zwrotu linii sił pola magnetycznego magnesu.

b) Indukcja elektromagnetyczna.

Jest to zjawisko indukowania (powstawania) SEM w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym ( w wyniku przecinania linii sił tego pola przez przewód).

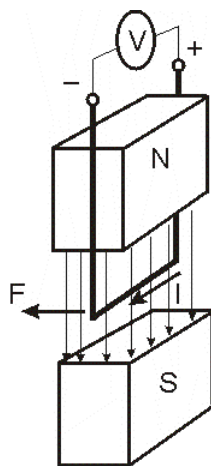
Zjawisko to znalazło zastosowanie w prądnicach.

$$E = B \cdot L \cdot V$$

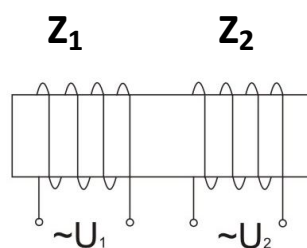
B – indukcja magnetyczna

L – długość przewodu znajdującego się w polu magnetycznym

V – prędkość poruszania się przewodu



c) Indukcja wzajemna.



Oddziaływanie pola magnetycznego cewki  $Z_1$  na uzwojenia cewki  $Z_2$ , powoduje zaindukowanie się w jej uzwojeniach SEM.

Zjawisko to znalazło zastosowanie w transformatorach.

d) Indukcja własna.

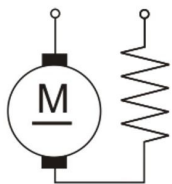
Jest to zjawisko indukowania się SEM w cewce pod wpływem zmian prądu płynącego przez tę cewkę. Czyli, jeżeli zmiana strumienia magnetycznego wywołana jest przez wzrastanie prądu, to zwrot SEM indukcji własnej jest przeciwny zwrotowi zwiększającego się prądu, jeżeli natomiast zmiana strumienia wywołana jest przez zanikanie prądu, to zwrot SEM indukcji jest zgodny ze zwrotem malejącego prądu.

## 6. MASZYNY PRĄDU STAŁEGO.

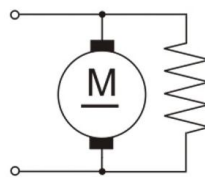
### 6.1. PODZIAŁ MASZYN PRĄDU STAŁEGO.

#### 1. Silniki.

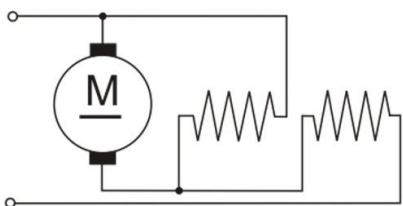
a) szeregowe



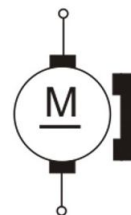
b) bocznikowe



c) szeregowo - bocznikowe



d) z magnesami stałymi



#### 2. Prądnice.

Pojazdach i zespołach spalinowo-elektrycznych stosuje się prądnice bocznikowe.

Prądnice dzieli się na:

- samowzbudne;
- obcowzbudne.

### 6.2. OGÓLNA BUDOWA MASZYNY PRĄDU STAŁEGO.

#### a) Stojan:

- korpus;
- magneśnice:
  - nabiegunniki;
  - uzwojenia wzbudzenia;
- szczotkotrzymacze;
- szczotki.

#### b) Wirnik (twornik):

- rdzeń;
- uzwojenie;
- komutator;
- łożyska.

### 6.3. . OGÓLNA ZASADA DZIAŁANIA.

#### a) Silnik.

Działanie silnika polega na oddziaływaniu pola magnetycznego stojana na wirnik ( w którego uzwojeniach płynie prąd), w wyniku czego powstaje siła elektrodynamiczna powodująca obrót wirnika.

#### b) Prądnica.

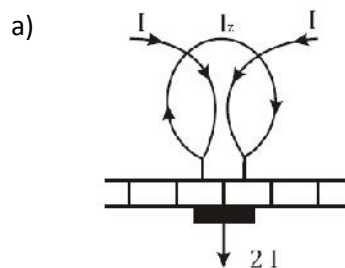
Warunki wzbudzenia prądnicy samowzbudnej:

- musi istnieć magnetyzm szczątkowy;
- twornik musi obracać się z odpowiednią prędkością obrotową;
- twornik musi obracać się w odpowiednim kierunku.

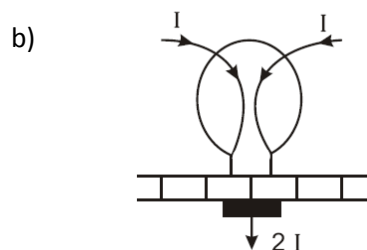
Zasada działania polega na wykorzystaniu zjawiska indukcji elektromagnetycznej tzn. w obracających się uzwojeniach twornika pod wpływem magnetyzmu szczątkowego stojana indukuje się SEM.

### 6.4. KOMUTACJA.

Jest to proces zmiany kierunku płynięcia prądu w zwojach twornika (wirnika) zwieranych przez szczotkę. Jeśli w zwieranym zwoju następuje zmiana wartości i kierunku prądu, wywołuje to wytworzenie pewnej SEM samoindukcji. Ta siła jest przy tym tak skierowana, że opóźnia zmianę prądu. Zjawisku temu towarzyszy silne iskrzenie pomiędzy szczotką a komutatorem (rys. a).



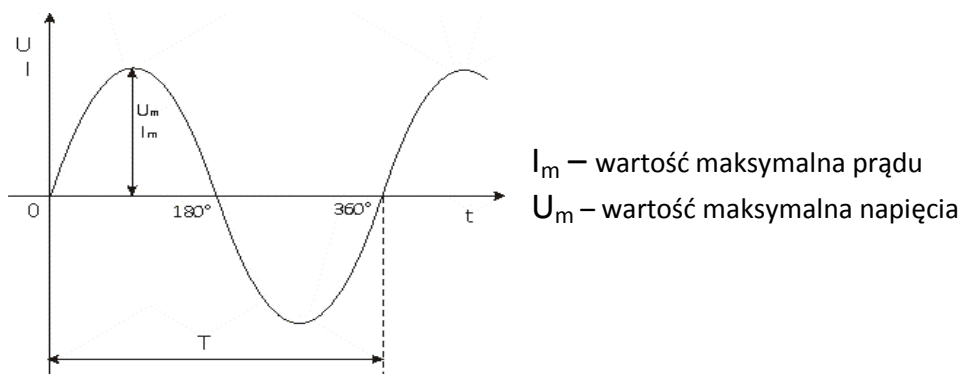
Warunkiem dobrej komutacji jest niedopuszczenie do powstawania jakichkolwiek prądów dodatkowych, płynących w zwartym zwoju (rys. b), to zaś prowadzi do warunku zapobieżenia indukowaniu w zwoju w czasie zwarcia SEM, gdyż ona jest przyczyną prądów dodatkowych.



## 7. PRĄD PRZEMIENNY.

### 7.1. OKREŚLENIE PRĄDU PRZEMIENNEGO.

Prądem sinusoidalnie (okresowo) przemiennym nazywamy taki prąd, którego napięcie, natężenie i zwrot przepływu zmieniają się okresowo w równych odstępach czasu.

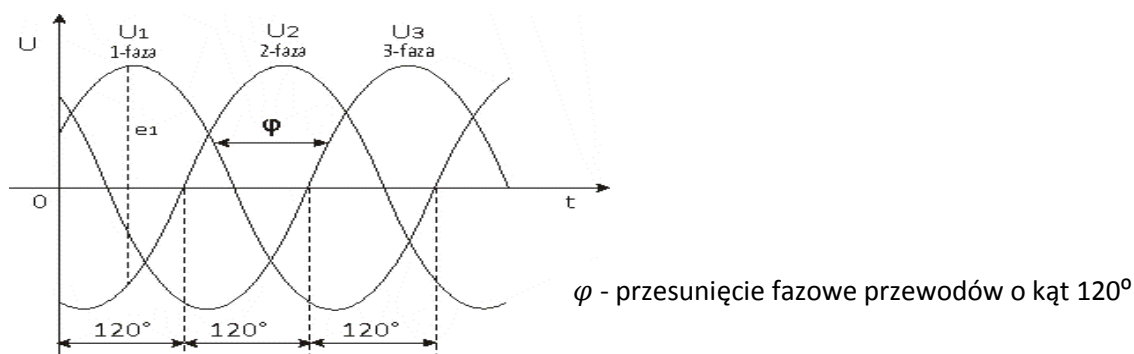


Wykres prądu przemiennego jednofazowego.

- a) Wielkości charakteryzujące prąd przemienny:
- amplituda – maksymalna wartość napięcia ( $U_m$ ) lub prądu ( $I_m$ );
  - okres ( $T$ ) – czas trwania jednego pełnego cyklu;
  - częstotliwość ( $f$ ) – ilość cykli (okresów) w ciągu jednej sekundy.

$$f = \frac{1}{T} \text{ (Hz)}$$

- b) Prąd trójfazowy.



Z wykresów wynika, że w każdej chwili suma chwilowych wartości trzech SEM (napięć) układu trójfazowego symetrycznego jest równa zero np.  $e_1 = U_1 + (-U_2) + (-U_3) = 0$

## 7.2. WARTOŚĆ SKUTECZNA.

- to taka wartość prądu przemiennego, która w określonym czasie wydzieli na oporze czynnym tyle samo ciepła co dany prąd stały w ciągu tego samego czasu np.:
  - żelazko będzie wydzielać tyle samo ciepła przy włączeniu go do sieci prądu stałego o napięciu 230V, ile przy 230V napięcia skutecznego prądu przemiennego.

$$U_{\max} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{sk}} \qquad U_{\text{sk}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

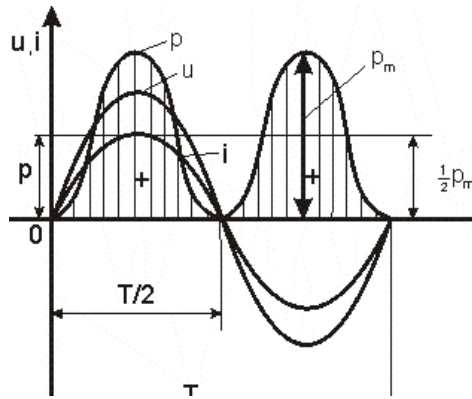
$$I_{\max} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{sk}} \qquad I_{\text{sk}} = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

### 7.3. MOC PRĄDU PRZEMIENNEGO.

#### a) Moc czynna:

W obwodzie prądu przemiennego energia pobierana przez odbiornik jest w kolejnych przedziałach czasu różna co do wartości i nosi nazwę mocy chwilowej, co wyraża się wzorem  $p = u \cdot i$ .

W obwodzie z opornością czynną  $R$  moc chwilowa charakteryzuje prędkość przemiany energii elektrycznej w energię cieplną.



Jak widać z wykresu, moc w ciągu całego okresu jest dodatnia ponieważ energia elektryczna przekształca się w energię cieplną niezależnie od kierunku płynącego prądu.

Wartość maksymalna mocy chwilowej wynosi:

$$p_m = u_m \cdot i_m$$

Symbol  $p$  oznacza moc średnią, która jest równa połowie mocy maksymalnej  $p_m$  czyli  $p = p_m / 2$  i nosi nazwę mocy czynnej.

Jednostką mocy czynnej jest wat (W).

Wzory na moc czynną:

- dla prądu jednofazowego:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (W)}$$

- dla prądu trójfazowego:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (W)}$$

$\cos \varphi$  – kąt przesunięcia fazowego między napięciem a prądem zwanym współczynnikiem mocy, określający, jaka część mocy pozornej w odbiorniku wykonuje pracę mechaniczną lub zamieniana jest w ciepło lub w światło.

Przyjmuje wartości od 0 do 1 np.:

- idealny kondensator –  $\cos \varphi = 0$ ;
- silnik pracujący bez obciążenia –  $\cos \varphi = 0,2$ ;
- silnik obciążony –  $\cos \varphi = 0,9$ .

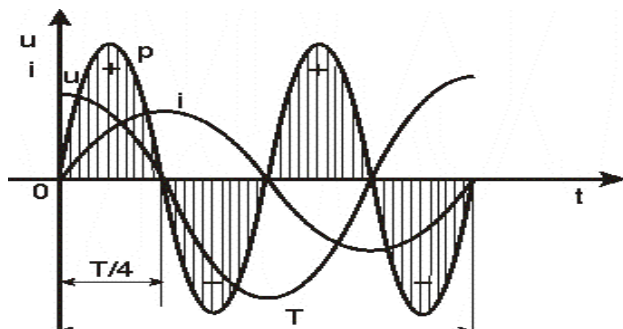
Jeżeli w obwodzie występuje tylko moc bierna, to  $\cos \varphi = 0$  (kąt  $90^\circ$ ) i moc czynna równa jest zeru czyli  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 0$ .

Przy małym współczynniku mocy pobieranego przez odbiorniki, źródło prądu jest obciążone nie tylko mocą czynną, lecz również znaczną mocą bierną.

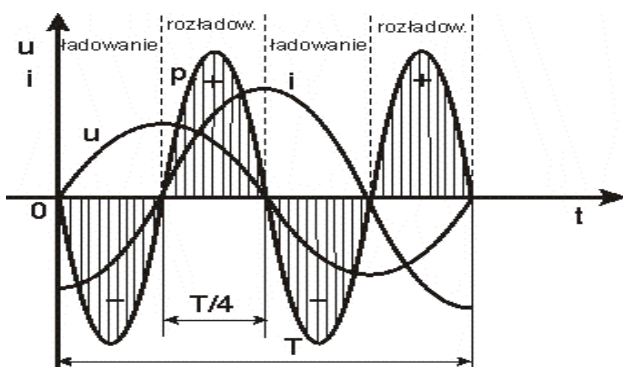
Jeżeli w obwodzie występuje tylko moc czynna to nie występuje przesunięcie fazowe napięcia względem prądu i  $\cos \varphi = 1$  (wzór przyjmuje postać  $P = U \cdot I$ )

#### b) Moc bierna:

- jest to moc pobierana przez odbiorniki indukcyjne (cewki) lub pojemnościowe (kondensatory), w których zamieniana jest w pole magnetyczne lub elektryczne. Odbiornik indukcyjny jak i pojemnościowy przez część okresu jest zarówno odbiornikiem jak i źródłem energii w obwodzie. Jednostką mocy jest 1 Var.



Wykres mocy obwodu z opornością indukcyjną. Napięcie jest przesunięte w fazie i wyprzedza SEM indukcji własnej o  $\frac{1}{2} T$  czyli  $180^\circ$ , a prąd o  $\frac{1}{4} T$ , czyli  $90^\circ$ .



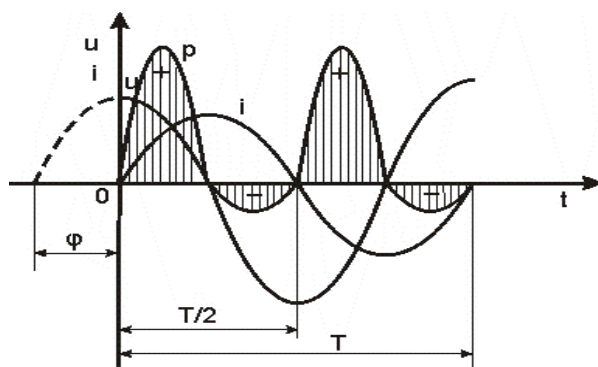
Wykres mocy obwodu z opornością pojemnościową. Prąd ładujący kondensator wyprzedza napięcie o  $\frac{1}{4} T$  czyli o  $90^\circ$ .

Idealna cewka jak i kondensator pobiera ze źródła jedynie moc bierną, natomiast w rzeczywistości pobierana jest również moc czynna.

c) Moc pozorna:

- jeżeli w obwodzie znajdują się odbiorniki mieszane (rezystancyjne, indukcyjne, pojemnościowe), to w zależności od wartości kąta przesunięcia fazowego  $\varphi$ , moc wypadkowa za cały okres  $T$  będzie się równała sumie chwilowych mocy dodatnich i ujemnych. Średnia moc za cały okres jest iloczynem wartości skutecznych napięcia i prądu odbiornika i wyraża się wzorem:

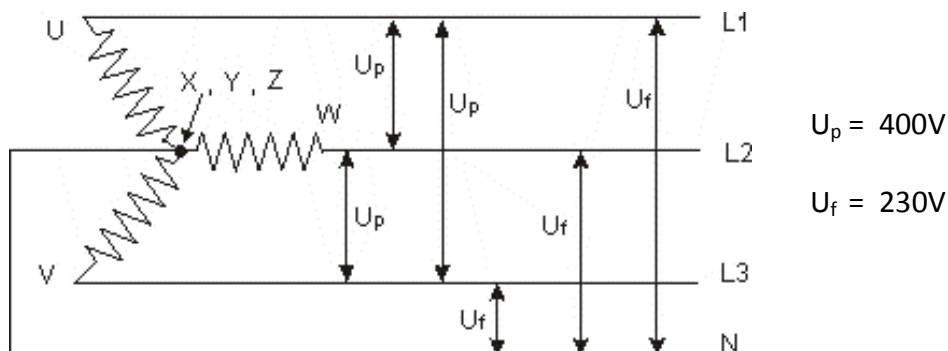
$$P = U \cdot I \text{ (VA)}$$



- jednostką mocy jest VA (woltoamper), czyli jest to taka wartość mocy pozornej, jaką otrzymuje się, jeżeli przy napięciu 1 V przepływa prąd o natężeniu 1 A;
- przy kącie fazowym  $\varphi$  różnym od zera moc pozorna jest zawsze większa od mocy czynnej i biernej;
- moc pozorna nie jest pracą wykonaną w jednostce czasu i stosuje się do oznaczania mocy źródeł i odbiorników prądu przemiennego, które mają opór czynny i bierny.

7.4. SPOSOBY ŁĄCZENIA UZWOJEŃ TRÓJFAZOWYCH.

a) Połączenie w gwiazdę.

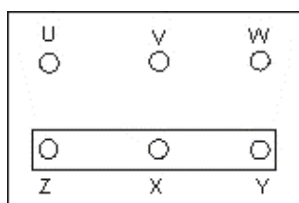


Pomiędzy wartościami skutecznymi napięć i prądów międzyprzewodowych ( $U_p$ ,  $I_p$ ) i fazowych ( $U_f$ ,  $I_f$ ) występuje zależność:

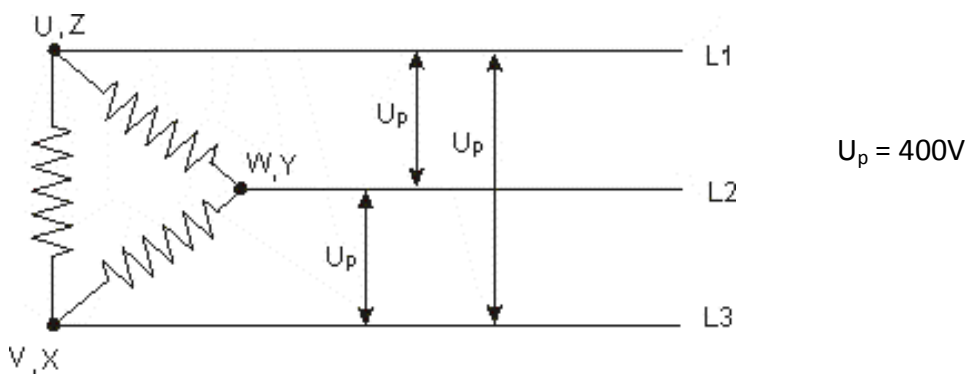
$$U_p = \sqrt{3} \cdot U_f$$

$$I_p = I_f$$

Tabliczka zaciskowa



b) Połączenie w trójkąt.

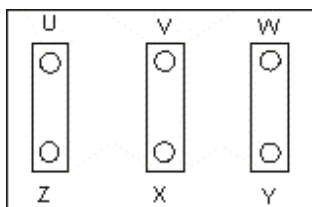


Pomiędzy wartościami skutecznymi napięć i prądów międzyprzewodowych ( $U_p$ ,  $I_p$ ) i fazowych ( $U_f$ ,  $I_f$ ) występuje zależność:

$$U_p = U_f$$

$$I_p = \sqrt{3} \cdot I_f$$

Tabliczka zaciskowa



## 7.5. TRANSFORMATOR.

Ze względu na podstawowe różnice w budowie transformatory można podzielić na trzy podstawowe grupy:

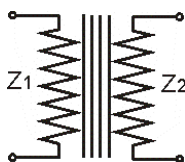
- 1) Energetyczne – stosowane przy przesyłaniu i rozdziale energii elektrycznej (zwane też transformatorami mocy).
- 2) Małej mocy – stosowane w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych.
- 3) Specjalne – np.: przekładniki pomiarowe, spawalnicze, bezpieczeństwa, piecowe.

Transformator jest urządzeniem, które umożliwia przetworzenie energii elektrycznej prądu przemiennego (zmiennego) jednego napięcia na energię elektryczną prądu przemiennego (zmiennego) innego napięcia przy tej samej częstotliwości.

Działanie transformatora polega na zasadzie indukcji wzajemnej, czyli oddziaływanie pola magnetycznego jednego uzwojenia na drugie uzwojenie, w wyniku czego w drugim uzwojeniu powstaje napięcie.

Ogólna budowa:

- rdzeń (wykonany z blach transformatorowych);
- uzwojenia:
  - pierwotne;
  - Wtórne.



- a) Przełożenie transformatora (przekładnia) – jest to stosunek liczby zwojów uzwojenia pierwotnego ( $Z_1$ ) do uzwojenia wtórnego ( $Z_2$ ). Od przełożenia tego zależy wartość napięcia zaindukowanego w uzwojeniu wtórnym.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1}{U_2}$$

- b) Sprawność transformatora (jest miernikiem jakości wykonania):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad \begin{array}{l} P_1 - \text{moc pobierana} \\ P_2 - \text{moc oddawana} \end{array}$$

Na zmniejszenie sprawności transformatora wpływają straty powstające w rdzeniu i jego uzwojeniach. Sprawność małych transformatorów energetycznych o mocy kilku kVA wynosi ok.95%, transformatorów o mocach kilkudziesięciu MVA dochodzi do 99%.

## 8. MASZYNY PRĄDU PRZEMIENNEGO.

### 8.1. PRĄDNICE.

#### 1. Podział prądnic:

- a) ze względu na prędkości obrotowe:
- wolnobieżne;
  - średnobieżne (1000÷1500 obr/min.);
  - szybkobieżne (turbogeneratory) (1500÷3000 obr/min.);

- b) ze względu na sposób wzbudzenia:
    - samowzbudne;
    - obcowzbudne;
  - c) ze względu na wytwarzany prąd:
    - jednofazowe;
    - trójfazowe.
2. Ogólna budowa.
- a) Stojan:
    - magneśnice:
      - uzwojenia wzbudzenia;
      - nabiegunniki;

- b) wirnik:
  - rdzeń;
  - uzwojenia wirnika;
  - pierścienie ślizgowe.

W prądnicach prądu przemiennego rolę twornika może pełnić zarówno wirnik jak i stojan, w których uzwojenia nawinięte są trójfazowo najczęściej połączone w gwiazdę. W prądnicach małej mocy, twornikiem jest wirnik, natomiast w prądnicach o większych i dużych mocach, twornikiem są uzwojenia stojana.

Określenie prądnica synchroniczna oznacza, że częstotliwość wytwarzanego prądu zależy ściśle od prędkości obrotowej wirnika.

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \text{ (Hz)}$$

- f – częstotliwość
- p – ilość par biegunów
- n – prędkość obrotowa

Zasada działania prądnicy polega na wykorzystaniu zjawiska indukcji elektromagnetycznej.

3. Zastosowanie.
- a) W pojazdach:
    - alternatory (samowzbudne i obcowzbudne).
  - b) W zespołach spalinowo-elektrycznych:
    - prądnice samowzbudne np.: PAB 4, PAD 8, PAD 16, PAD 20, PAD 30, PAD 36;
    - prądnice obcowzbudne np.: PAD 100 – zespół posiada dodatkową prądnicę zasilającą uzwojenia wzbudzenia tzw. wzbudnicę.

## 8.2. SILNIKI.

1. Podział silników:
- a) synchroniczne;
  - b) asynchroniczne tzw. indukcyjne:
    - zwarte (klatkowe, pierścieniowe);
    - liniowe;
  - c) komutatorowe:
    - jednofazowe;
    - trójfazowe;
    - uniwersalne.

- **SILNIK SYNCHRONICZNY** – jest to silnik, którego prędkość obrotowa wirnika jest równa prędkości wirowania (zmian) pola magnetycznego stojana:

$$n = \frac{f \cdot 60}{p} \quad (\text{obr/min})$$

n – prędkość obrotowa  
f – częstotliwość prądu  
p – ilość par biegunów

Budowa silnika jest podobna jak prądnicy.

Zasada działania silnika synchronicznego polega na tym, że prąd trójfazowy przepływając przez trójfazowe uzwojenie wirnika wytwarza w nim wirujące pole magnetyczne z częstotliwością sieci (np. 50 Hz). Wirujący wirnik przyciągany jest przez wirujące pole stojana, czyli wiruje synchronicznie z polem magnetycznym.

Silnik synchroniczny charakteryzuje się:

- stałą, niezależną od obciążenia prędkością obrotową;
- posiada dużą sprawność oraz małą wrażliwość na wahania napięcia sieci;
- nie obniża współczynnika mocy sieci, może go nawet poprawiać (współczynnik jest tym większy im mniej jest obciążony silnik).

Wadą silników synchronicznych jest:

- brak momentu rozruchowego – do rozruchu stosuje się uzwojenia zwarte umieszczone w nabiegownikach silnika lub silniki indukcyjne pierścieniowe o prędkości obrotowej większej od synchronicznej prędkości obrotowej uruchamianego silnika;
- wypadanie z synchronizacji w przypadku przeciążenia silnika, co powoduje jego zatrzymanie.

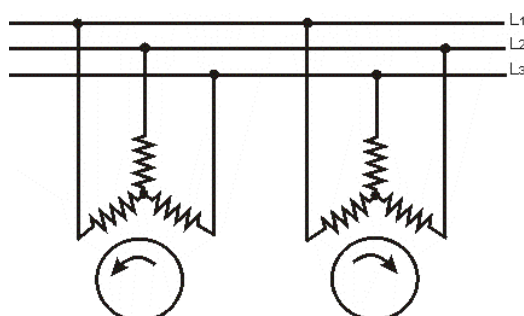
Silniki te stosuje się np. do napędu sprężarek, wentylatorów, przetwornic, dmuchaw i wszędzie tam, gdzie wymagana jest stała niezmienna prędkość obrotowa, jak też jako nie obciążone, do poprawienia współczynnika mocy sieci.

- **SILNIK ASYNCHRONICZNY (indukcyjny)** – jest to silnik, którego praca oparta jest na oddziaływaniu wirującego pola magnetycznego uzwojenia stojana na pole wirnika powstałe w wyniku indukowania się w jego uzwojeniach SEM.

Silnik indukcyjny trójfazowy składa się ze stojana, na którym nawinięte jest trójfazowo w gwiazdę lub trójkąt uzwojenie wzbudzenia. Uzwojenie wirnika natomiast wykonane może być z prętów zwartych ze sobą, tworząc tzw. klatkę (silniki klatkowe) lub podobnie jak w stojanie zwarte ze sobą po przez oporniki (silniki pierścieniowe). Regulację prędkości obrotowej realizuje się przez:

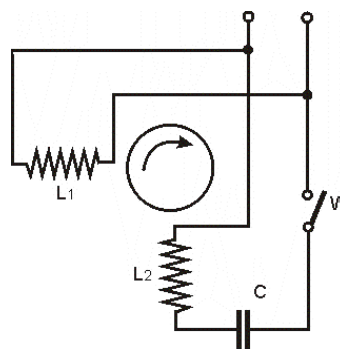
- 1) zmianę liczby par biegunów;
- 2) zmianę częstotliwości napięcia zasilania (realizowane przez tzw. falowniki);
- 3) zmianę rezystancji obwodu wirnika – silniki pierścieniowe.

Zmianę kierunku wirowania silnika indukcyjnego uzyskuje się przez zmianę połączenia dwóch faz sieci zasilającej.



Silnik indukcyjny jednofazowy – budowa jest podobna jak trójfazowego lecz uzwojenie nawinięte jest jednofazowo. Do rozruchu silników jednofazowych (do ok. 2kW) stosuje się:

- a) kondensator z dodatkową fazą rozruchową – faza główna i rozruchowa są względem siebie przesunięte przestrzennie o kąt  $90^\circ$  i po rozruchu odłączane:



L1 – główne uzwojenie wzbudzenia

L2 – uzwojenie rozruchowe

C – kondensator

W – wyłącznik

- b) tzw. zwój zwarty na części nabiegownika, który tworzy drugą fazę rozruchową;
- c) fazę rozruchową nawiniętą przewodem o dużej oporności;
- d) dławik w obwodzie fazy rozruchowej.

Zalety silników asynchronicznych:

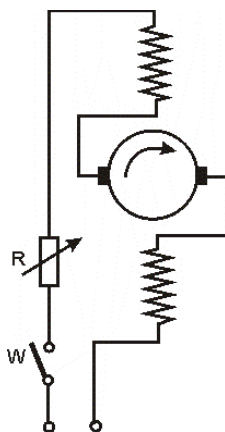
- 1) duża stałość obrotów przy różnych obciążeniach;
- 2) możliwość przeciążenia;
- 3) prosta budowa;
- 4) proste uruchamianie;
- 5) większa sprawność w porównaniu z silnikami pierścieniowymi.

Wady silników zwartych:

- 1) brak możliwości regulacji prędkości obrotowej;
- 2) duży prąd rozruchowy;
- 3) mały  $\cos\phi$  przy małym obciążeniu;
- 4) wrażliwość na wahania napięcia;
- 5) mały moment rozruchowy w porównaniu z silnikami pierścieniowymi.

#### • SILNIK KOMUTATOROWY.

Powszechnie stosuje się silniki komutatorowe jednofazowe szeregowo małej mocy, stosowane w sprzęcie gospodarstwa domowego, elektronarzędziach, w obrabiarkach i układach sterowania. Silniki te są tak samo zbudowane jak prądu stałego. Ze względu na to, że silniki te mogą pracować również w prądzie stałym, noszą nazwę uniwersalnych.



Schemat silnika szeregowego uniwersalnego:  
R- rezystor do regulacji prędkości obrotowej.

Prędkość obrotową można regulować przez:

- włączenie szeregowo rezystancji;
- zmianę liczby zwojów uzwojenia wzbudzenia;
- zmianę napięcia zasilającego (elektroniczny układ regulacji).

## 9. PODZESPOŁY ELEKTRONICZNE.

### 9.1. PODSTAWOWE ELEMENTY ELEKTRONICZNE – DIODY (zasada działania).

**PÓŁPRZEWODNIKI** – są to materiały (w czystej postaci krystalicznej), które pod względem przewodnictwa prądu zajmują miejsce pośrednie między przewodnikami a dielektrykami, czyli zdolność przewodzenia prądu jest znacznie wyższa niż dla izolatorów i znacznie niższa niż dla przewodników. Typowymi półprzewodnikami są: krzem, german, selen, tlenki metali.

Aby krzem lub german stał się dobrym przewodnikiem, to należy do ich struktury wprowadzić domieszki innych pierwiastków np. antymonu lub indu.

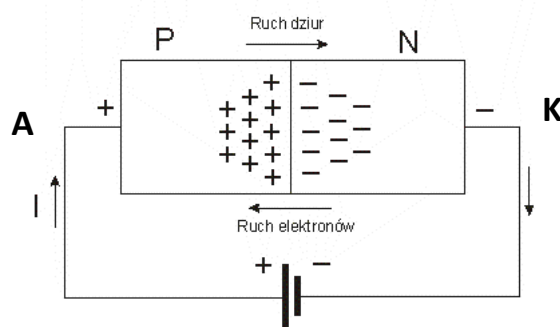
Podstawowym elementem półprzewodnikowym jest dioda. Wykonana jest z dwóch półprzewodników: półprzewodnika typu P i typu N, które tworzą złącze PN.

Dioda posiada dwie elektrody: anodę (A) i katodę (K). Anoda jest elektrodą połączoną bezpośrednio z warstwą P, natomiast katoda z warstwą N.

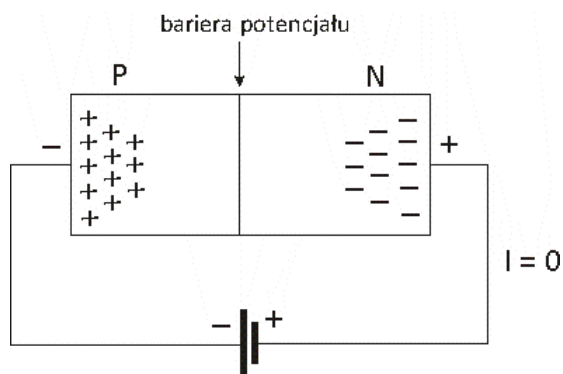
Jednokierunkowe przewodnictwo polega na ruchu elektronów w kierunku bieguna dodatniego (+) – jest to przewodnictwo typu N lub przemieszczaniu tzw. dziur elektronowych w kierunku bieguna ujemnego (–) – jest to przewodnictwo typu P.

Zasada działania złącza PN (diody):

Rozkład ładunków w czasie przewodzenia:



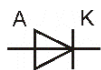
Rozkład ładunków w stanie zaporowym:



## 9.2. WYBRANE ELEMENTY PÓŁPRZEWODNIKOWE (oznaczenia, symbole graficzne, zastosowanie).

### 1) DIODY.

#### a) Prostownicze (BYP):



– stosuje się w układach prostowniczych.

#### b) Zenera(DZ):



– stosuje się jako stabilizatory napięcia.

#### c) Pojemnościowe – warikapy (BB):



– stosowane są do układów automatycznego strojenia obwodów rezonansowych np. radioodbiorników .

#### d) Przełączające – szybkie (Schottky 'ego):



– stosuje się do układów wysokiej częstotliwości, w układach szybkich zabezpieczeń przepięciowych, do szybkich układów logicznych.

#### e) Diody emitujące światło widzialne różnokolorowe LED, OLED i niewidzialne IRED:

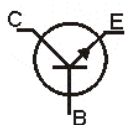


### 2) TRANZYSTORY.

Tranzystor to element półprzewodnikowy zbudowany z trzech kolejno ułożonych warstw półprzewodnika – NPN, PNP.

#### a) Bipolarne:

– typu NPN (BC, BD):



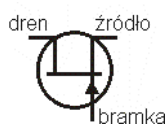
C – kolektor  
E – emiter  
B – baza

– typu PNP (BC, BD):



#### b) Unipolarne tzw. polowe:

– z kanałem typu N:



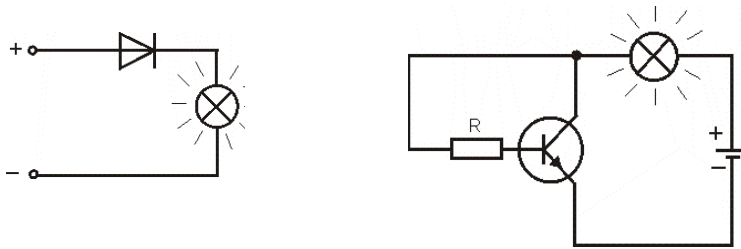
– z kanałem typu P:



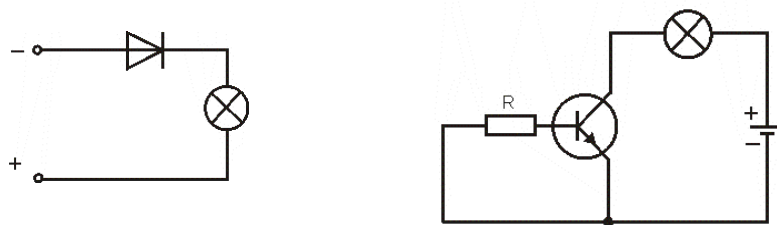
- 3) TYRYSTORY.
- 4) TRIAKI.

9.3. SPOSOBY PODŁĄCZENIA DIODY I TRANZYSTORA DO OBWODU.

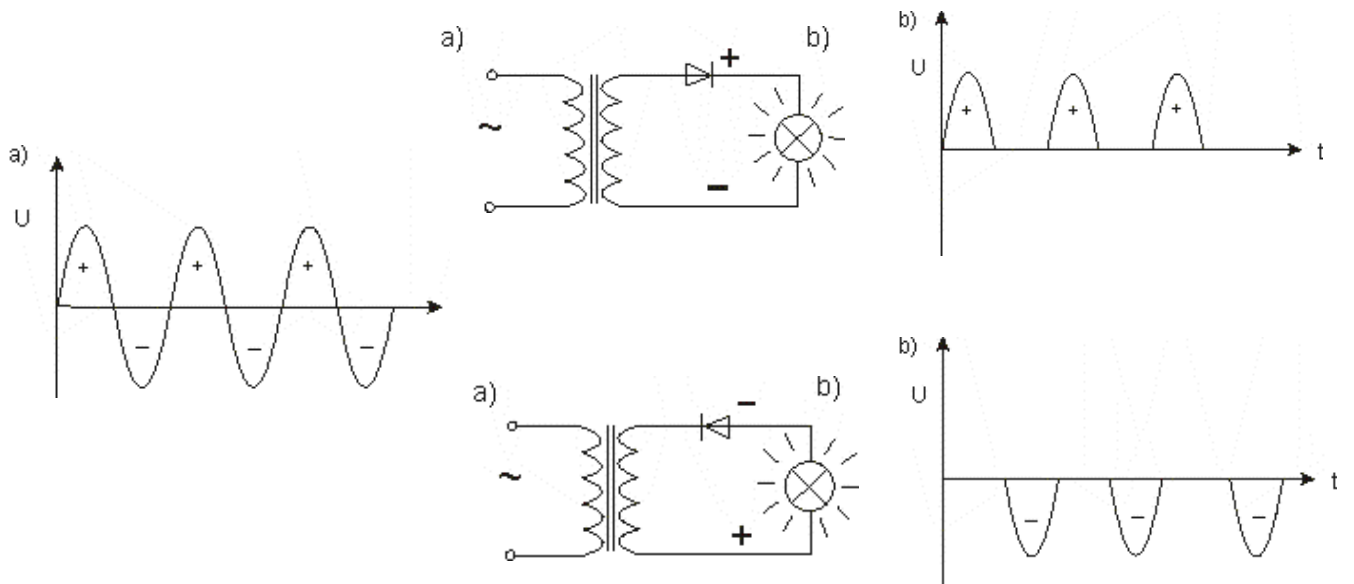
– Stan przewodzenia:



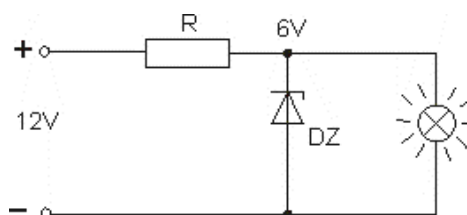
– Stan nieprzewodzenia:



– Zasada prostowania prądu przemiennego:



– Stabilizator z diodą Zenera:



## 10. POMIARY ELEKTRYCZNE.

### 10.1. PRZYRZĄDY POMIAROWE.

W praktyce stosuje się wiele typów elektrycznych przyrządów pomiarowych, które najczęściej klasyfikuje się ze względu na:

- rodzaj wielkości mierzonej, np. przyrządy do pomiaru prądu, napięcia, mocy, energii, współczynnika mocy;
- rodzaj prądu płynącego w obwodzie zasilającym przyrząd pomiarowy;
- dokładność przyrządu pomiarowego: przyrządy klasy 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5;
- zasadę działania ustroju pomiarowego, np. przyrządy elektromechaniczne i elektroniczne;
- budowę urządzenia odczytowego; np. przyrządy wskazówkowe, rejestrujące, cyfrowe.

Każdy elektryczny przyrząd pomiarowy ma oznaczenia określające jego przeznaczenie, zasadę działania, klasę dokładności, pozycję, w jakiej powinien pracować, napięcie, którym sprawdzono izolację przyrządu (tzw. napięcie probiercze) oraz numer fabryczny, rok produkcji i znak wytwórcy. Najczęściej spotykane przyrządy wskazówkowe oznaczenia te mają umieszczone na tabliczce z podziałką.

Symbole graficzne stosowane do oznakowania przyrządów pomiarowych:

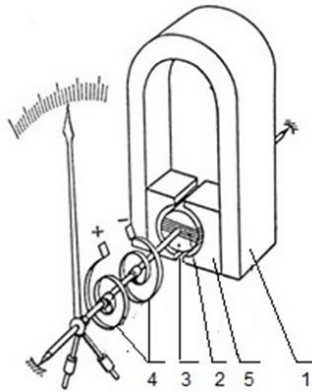
Zasada działania ustroju	
Oznaczenie	Opis
	Ustrój magnetoelektryczny z magnesem stałym
	Ustrój magnetoelektryczny ilorazowy
	Ustrój elektromagnetyczny
	Ustrój elektromagnetyczny ilorazowy
	Ustrój pomiarowy z magnesem ruchomym
	Ustrój ilorazowy z magnesem obrotowym
	Ustrój pomiarowy wskazówkowy
	Ustrój pomiarowy elektrodynamiczny
	Ustrój elektrodynamiczny zwarty
	Ustrój elektrodynamiczny ilorazowy
	Ustrój elektrodynamiczny ilorazowy w obudowie zamkniętej
	Ustrój pomiarowy indukcyjny

	Ustrój indukcyjno-ilorazowy
	Ustrój termodylatacyjny
	Ustrój bimetaliczny
	Ustrój elektrostatyczny
	Ustrój wibracyjny
<b>ast</b>	Ustrój pomiarowy astatyczny
Dodatkowy przetwornik pomiarowy	
Oznaczenie	Opis
	Przetwornik termoelektryczny izolowany
	Przetwornik termoelektryczny nieizolowany
	Prostownik
Dla mierników trójfazowych	
Oznaczenie	Opis
	Przyrząd trójfazowy z jednym ustrojem
	Przyrząd trójfazowy z dwoma ustrojami
	Przyrząd trójfazowy z jednym ustrojem pomiarowym

Rodzaj prądu	
Oznaczenie	Opis
	Prąd stały
	Prąd przemienny
	Prąd stały i przemienny
Polożenie nominalne	
Oznaczenie	Opis
	Polożenie pionowe
	Polożenie poziome
	Polożenie nominalne skośne, np. z kątem nachylenia 60°
Próby napięciowe	
Oznaczenie	Opis
	Próba napięciowa 500 V
	Próba napięciowa powyżej 500 V (np. 2 kV)
	Bez próby napięciowej
Przykład	
Oznaczenie	Opis
	Ustrój magnetoelektryczny z prostownikiem

Przykłady rozwiązań konstrukcji budowy przyrządów wskazówkowych:

- Miernik magnetoelektryczny.

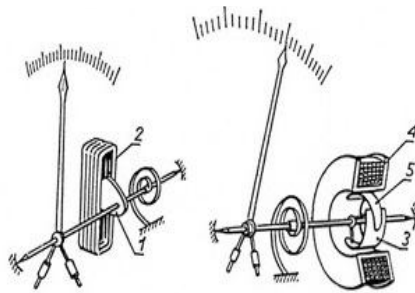


- 1- magnes trwały
- 2- cewka
- 3- rdzeń
- 4- sprężynki
- 5- nabiegunnik

- Miernik elektromagnetyczny.

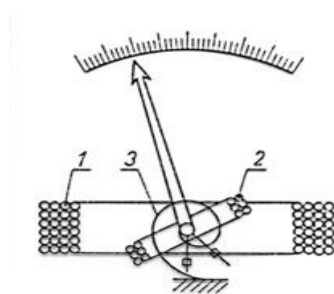
a) jednordzeniowy

b) dwurdzeniowy



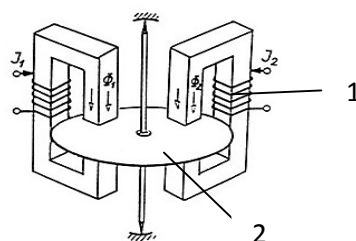
- 1 – aluminiowa ramka i rdzeń wykonany z materiału magnetycznego
- 2 – cewka
- 3 – blaszka ruchoma
- 4 – cewka
- 5 – blaszka nieruchoma

- Miernik elektrodynamiczny.



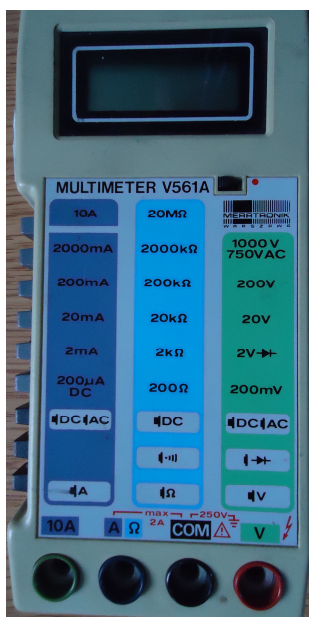
- 1- cewka nieruchoma
- 2- cewka ruchoma
- 3- sprężyna

- Miernik indukcyjny.



- 1 – cewka
- 2 – tarcza aluminiowa

- Multimetr cyfrowy.



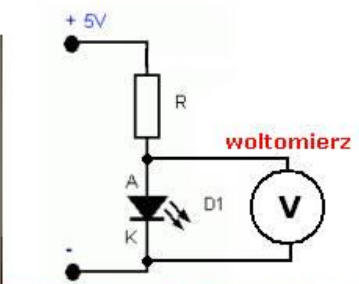
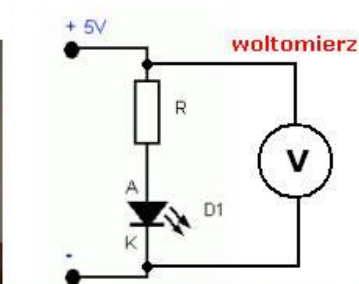
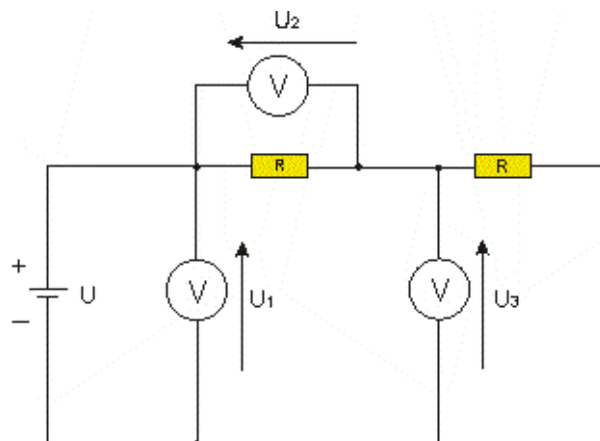
Przykładowe wielkości i zakresy pomiarowe multimetrów:

- napięcia stałe ( DC ) w zakresach 200mV, 2V, 20V, 200V , 1000V;
- napięcie zmienne ( AC ) w zakresach 2V, 20V, 200V, 700V;
- prąd stały ( DC ) w zakresach 2mA, 20mA, 200mA, 20A;
- prąd zmienny ( AC ) w zakresach 200mA, 20A;
- oporność w zakresach 200Ω, 2kΩ, 20kΩ, 200kΩ, 2MΩ, 20MΩ;
- pojemność w zakresach 2000pF, 20nF, 0,2μF, 2μF, 20μF;
- współczynnik wzmocnienia tranzystorów w zakresie od 0 do 1000;
- temperaturę w zakresie od 0 do 200 stopni °C .

## 10.2. TECHNIKA POMIARÓW WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH.

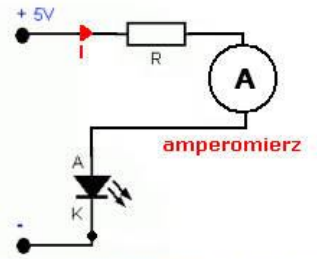
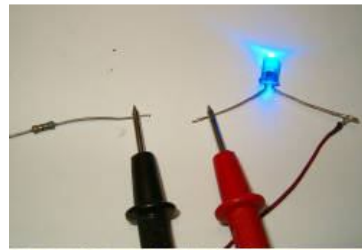
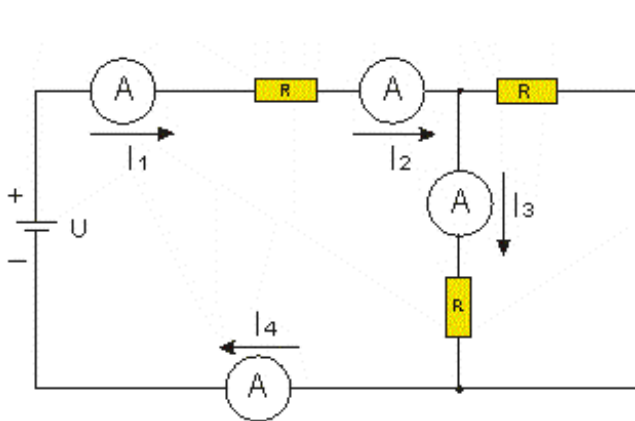
### 1) POMIAR NAPIĘCIA.

Do pomiaru napięcia elektrycznego służy woltomierz. Idealny woltomierz posiada nieskończenie dużą rezystancję wewnętrzną. **Jest włączany równoległe do obwodu elektrycznego.**



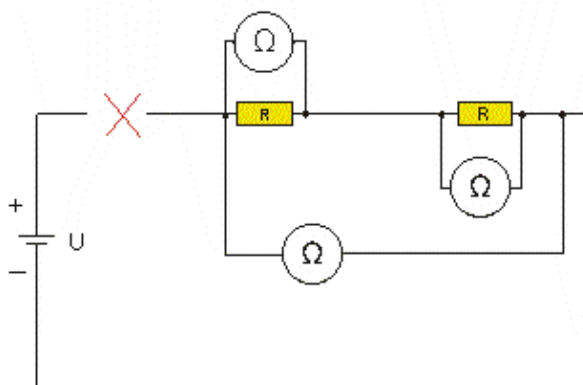
## 2) POMIAR PRĄDU.

Do pomiaru prądu elektrycznego służy amperomierz. Idealny amperomierz posiada nieskończenie małą rezystancję wewnętrzną. **Jest włączany szeregowo do obwodu elektrycznego.**



## 3) POMIAR REZYSTANCJI.

Do pomiaru rezystancji służy omomierz.

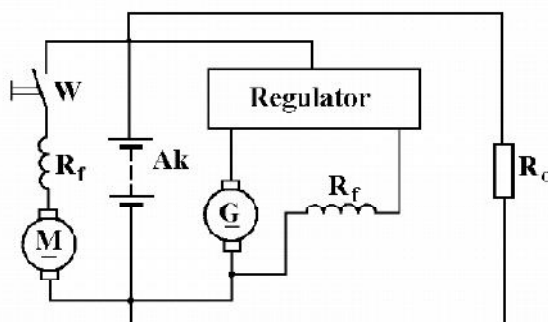
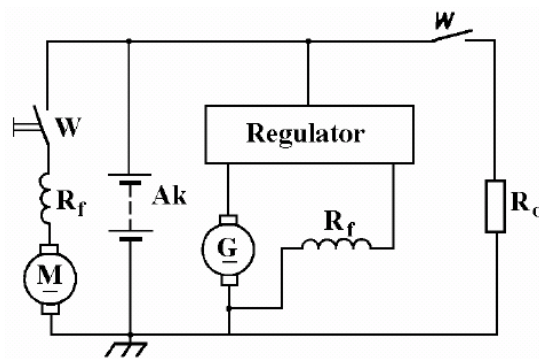
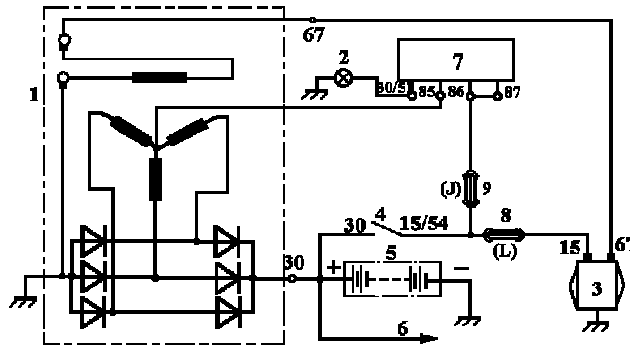
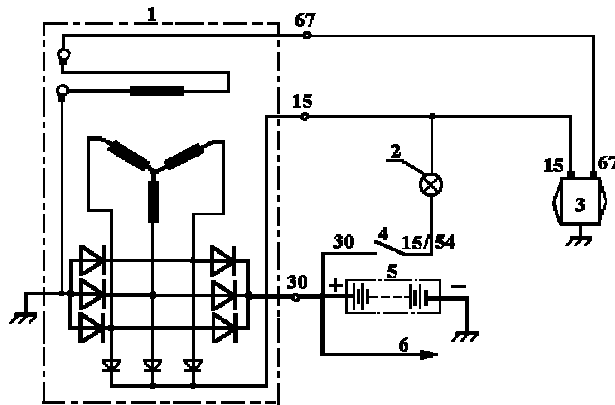


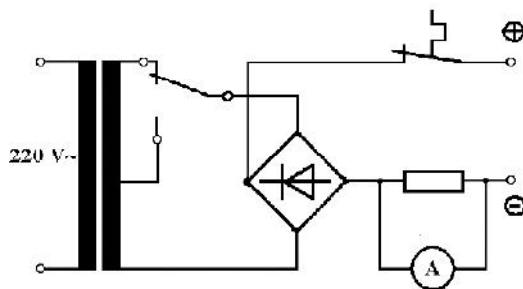
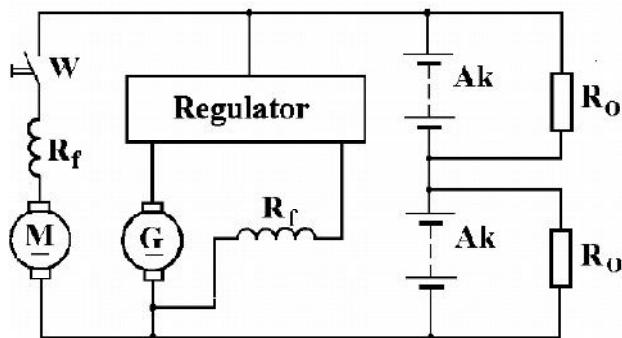
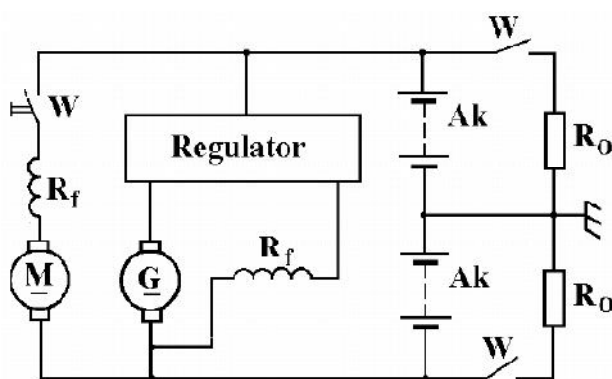
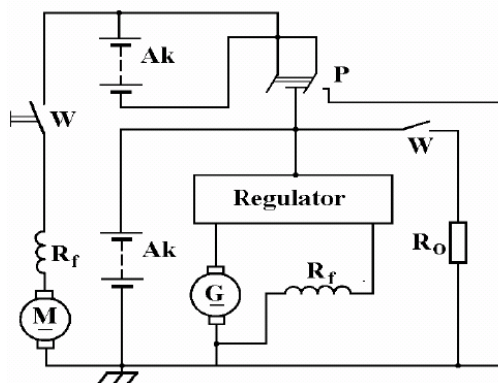
### UWAGA:

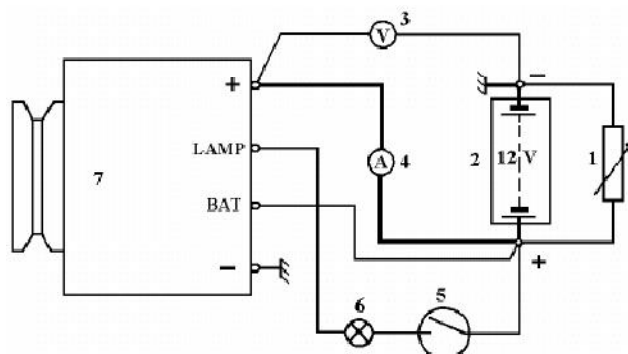
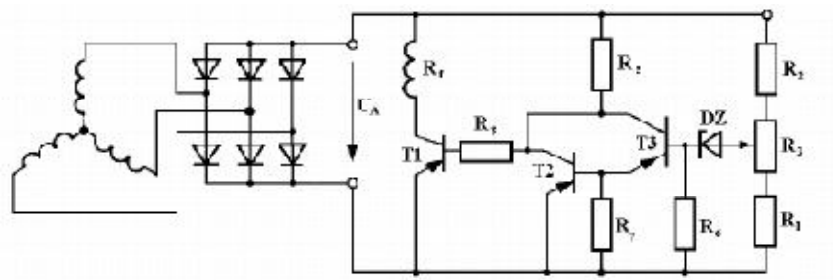
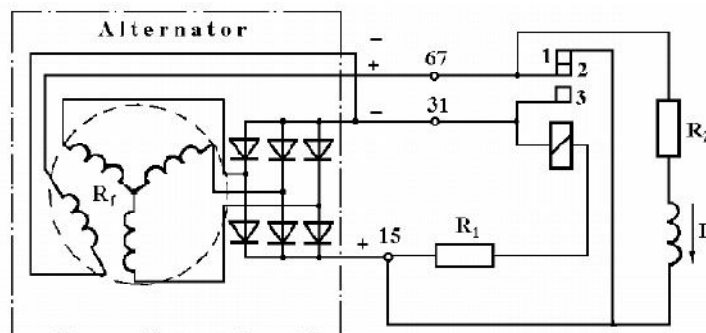
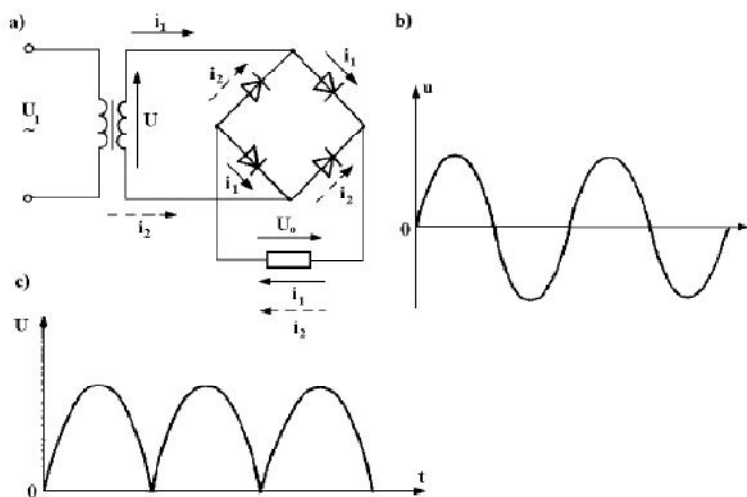
Dokonując pomiaru rezystancji w obwodzie, należy bezwzględnie odłączyć źródło napięcia lub dany element wymontować z obwodu.



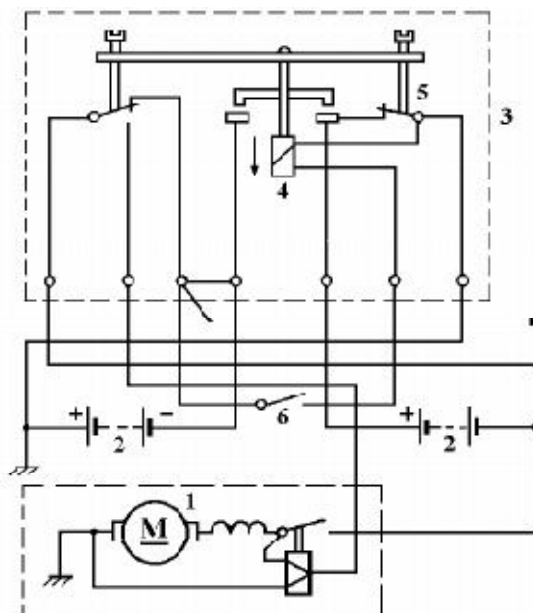
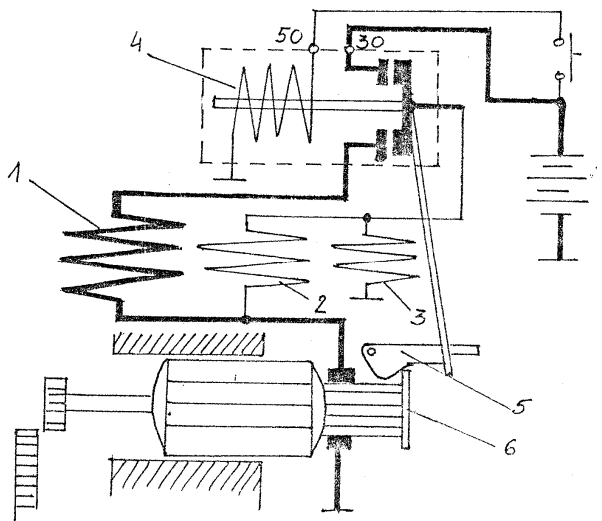
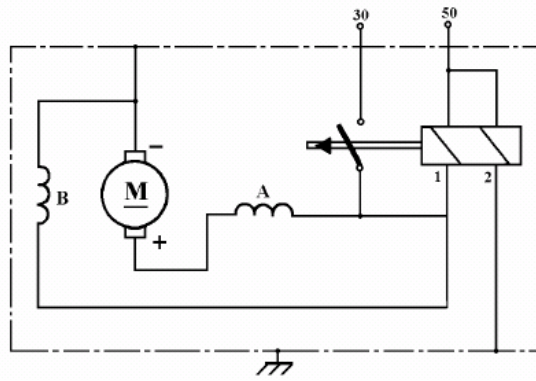
11. SCHEMATY ELEKTRYCZNE.

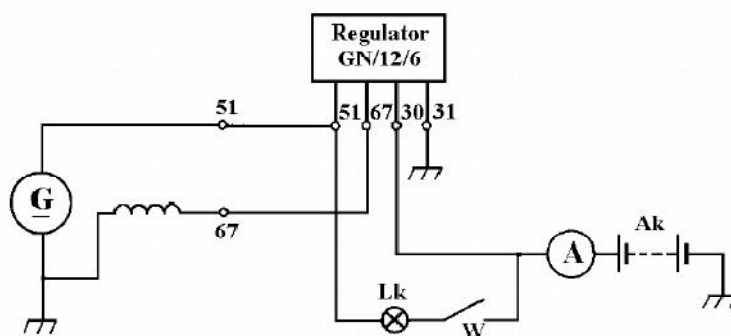
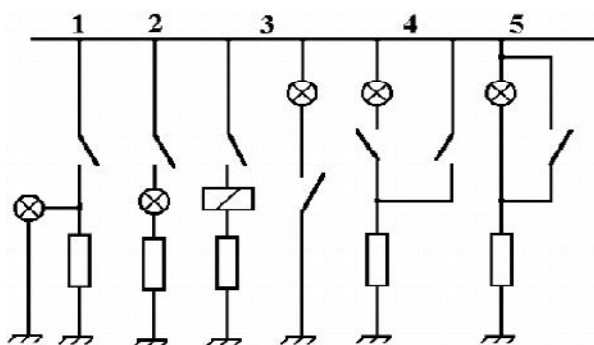
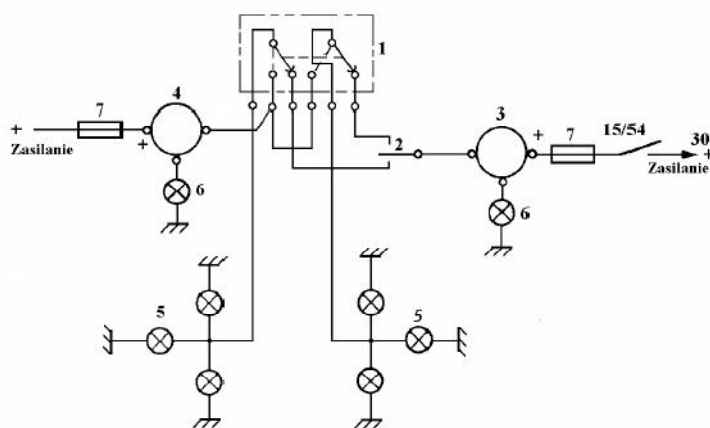
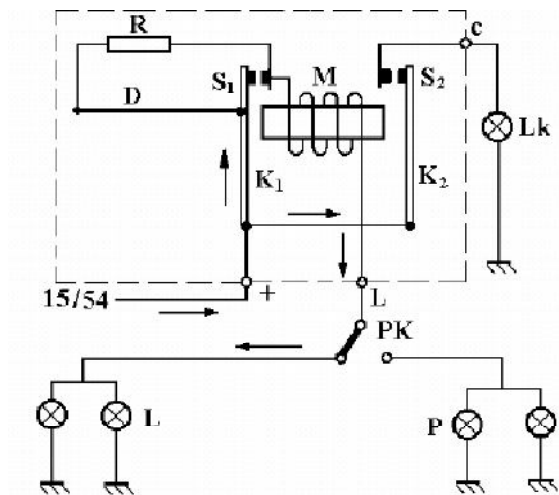


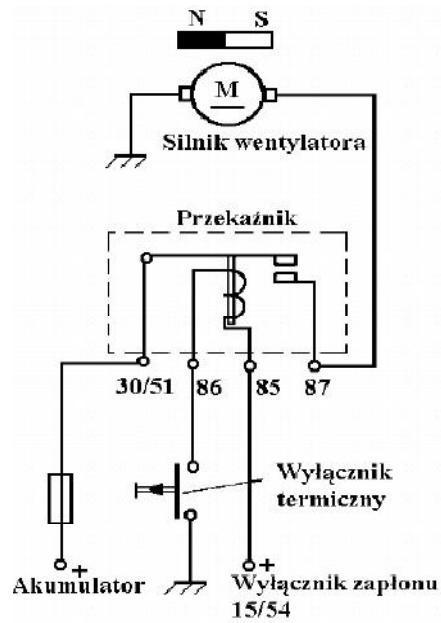
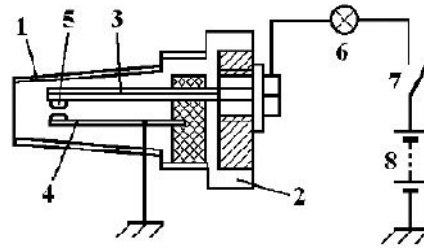
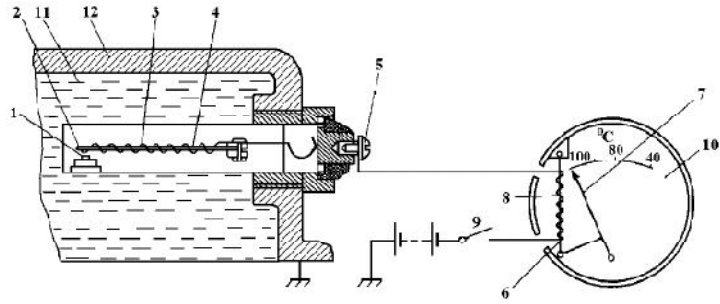


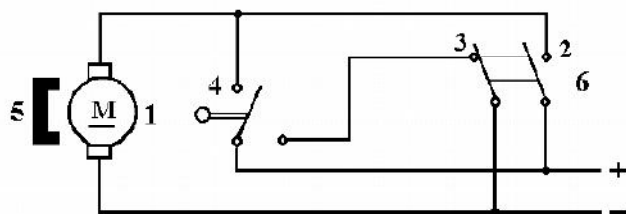
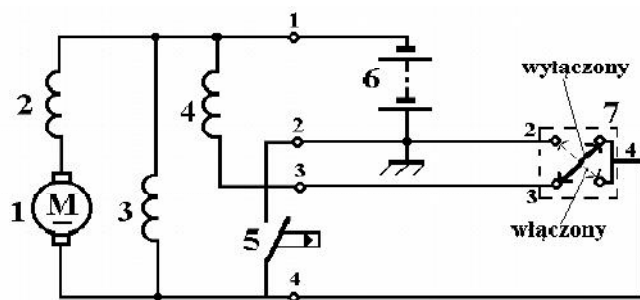
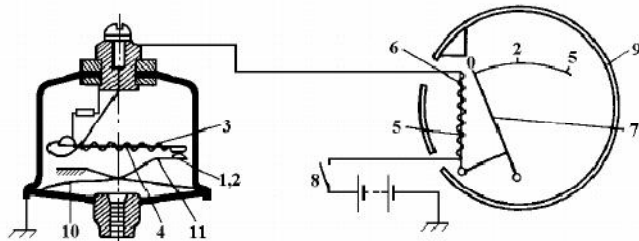
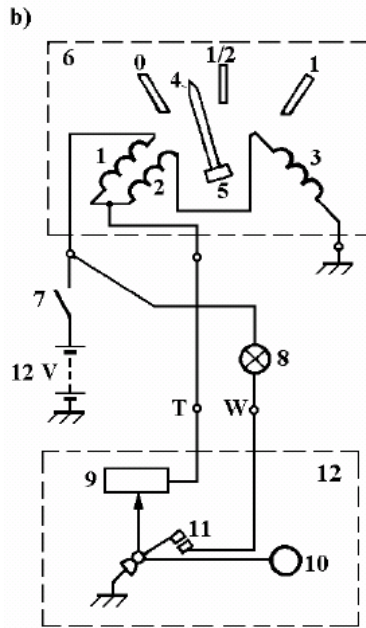


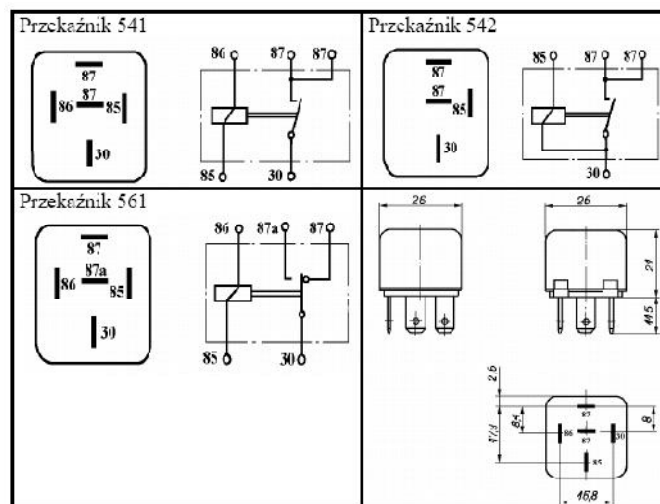












## 12. LITERATURA.

1. Elektrotechnika – E. Nieciejowski .
2. Elektrotechnika – P. Zieliński.
3. Podstawy elektrotechniki cz. I i II – R. Kurdziel WSIP W-wa 1999.
4. Elektrotechnika i elektronika pojazdów samochodowych - J. Ocioszyński WSIP 2004
5. Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych –A. Herner, H-J. Riehl WKiŁ 2010.
6. Elektrotechnika samochodowa - J. Sokolik WSIP W-wa 1999.
7. Podstawy elektrotechniki i elektroniki samochodowej - P. Fundowicz WSiP W-wa 2007.
8. Elektrotechnika i elektronika w samochodach – L. Wrzask, Z. Juszczyk KaBe Krosno 2009.
9. Podstawy mechatroniki – praca zbiorowa pod kier. M. Olszewskiego wyd. REA s. j., W-wa 2006.
10. Maszyny elektryczne – E. Goźlińska Wyd. Szkol. i Pedagogiczne SA W-wa 2007.
11. Poradnik dla elektryków –L. Kacejko, M. Krzywicki, J. Sawicki PWSZ W-wa 1968.
12. Vademecum eksploatacji urządzeń elektrycznych – Szt. Gen 527/70 MON 1971.
13. Poradnik inżyniera elektryka tom I, II, III – Wyd. Naukowo-Techniczne praca zbior. W-wa 1996.
14. Egzamin kwalifikacyjny elektryka w pytaniach i odpowiedziach – W. Orlik wyd. KaBe Krosno 2009