

**mgr inż. TADEUSZ MAŁECKI**

# **MASZYNY ELEKTRYCZNE**

## **Kurs ELEKTROMECHANIK**

stopień pierwszy

Zespół Szkół Ogólnokształcących i Zawodowych

Mosina 2001

## Od autora

Niniejszy skrypt został opracowany na podstawie rozkładu materiału nauczania obowiązującego dla przedmiotu **maszyny elektryczne** w zawodzie **ELEKTROMECHANIK** dla kursów pierwszego stopnia.

Wobec braku podręcznika opartego na materiale programowym, skrypt ten będzie bardzo pomocny uczniom tak w opanowaniu przez nich wiedzy na lekcjach, jak i jej utrwalaniu w domu. Ze względu na bardzo zwarte rozwinięcie merytoryczne poszczególnych tematów lekcji, skrypt ten nie może być używany jako podręcznik do samokształcenia, ale może stanowić przewodnik do samodzielnego zdobywania wiedzy, na co pozwala metodyczny układ treści. W oparciu o wytyczne zawarte w skrypcie, uczniowie mogą sami przygotowywać niektóre tematy lekcji.

Posiadanie przez uczniów tego opracowania pozwoli na bardziej racjonalne wykorzystanie czasu przeznaczonego na lekcję.

**Spis treści**

Temat: Zasada działania prądnicy .....	3
Temat: Zasada działania silnika elektrycznego.....	4
Temat: Budowa maszyny prądu stałego.....	5
Temat: Oznaczenie uzwojeń maszyn prądu stałego.....	6
Temat: Prądnica prądu stałego .....	7
Temat: Prądnica obcowzbudna prądu stałego.....	8
Temat: Charakterystyka zewnętrzna prądnicy obcowzbudnej.....	9
Temat: Prądnica samowzbudna prądu stałego .....	10
Temat: Obciążenie prądnicy samowzbudnej prądu stałego .....	11
Temat: Moment obrotowy silnika .....	12
Temat: Silnik bocznikowy prądu stałego .....	13
Temat: Charakterystyka mechaniczna silnika bocznikowego prądu stałego.....	14
Temat: Silnik szeregowy prądu stałego .....	15
Temat: Charakterystyka mechaniczna silnika szeregowego prądu stałego .....	16
Temat: Rozruch silników prądu stałego.....	17
Temat: Rozruch silnika bocznikowego prądu stałego .....	18
Temat: Rozruch silnika szeregowego prądu stałego .....	19
Temat: Regulacja obrotów silnika bocznikowego prądu stałego .....	20
Temat: Regulacja obrotów silnika szeregowego prądu stałego .....	21
Temat: Zmiana kierunku obrotów silnika bocznikowego prądu stałego .....	22
Temat: Zmiana kierunku obrotów silnika szeregowego prądu stałego .....	23
Temat: Zasada działania transformatora. ....	24
Temat: Budowa transformatora.....	25
Temat: Stan pracy jałowej transformatora. ....	26
Temat: Stan obciążenia transformatora.....	27

## Temat: Zasada działania prądnicy

W prądnicach odbywa się proces przetwarzania energii mechanicznej w energię elektryczną.



Prądnica prądu stałego działa na zasadzie indukowania siły elektromotorycznej (sem) w przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym. Przewód musi przecinać linie sił pola magnetycznego.

Wartość siły elektromotorycznej obliczamy z wzoru

$$E = B \cdot l \cdot v$$

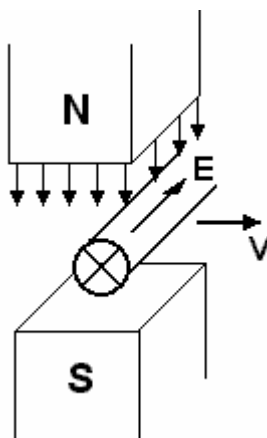
**E** - siła elektromotoryczna indukowana w poruszającym się przewodzie

**B** - indukcja magnetyczna wytworzona przez bieguny N i S stojana

**l** - długość przewodu objęta polem magnetycznym

**v** - prędkość poruszania się przewodu

Kierunek i zwrot indukowanej siły elektromotorycznej określamy za pomocą reguły prawej dłoni, która podaje: *jeżeli linie sił pola magnetycznego wchodzi w otwartą prawą dłoń, a odchylony kciuk wskazuje kierunek ruchu przewodu, to kierunek i zwrot indukowanej siły elektromotorycznej wyznaczają cztery wyprostowane palce.*



## Temat: Zasada działania silnika elektrycznego

W silnikach elektrycznych odbywa się proces przetwarzania energii elektrycznej w energię mechaniczną.



Działanie silnika elektrycznego oparte jest na wykorzystaniu prawa fizyki, które mówi, że na przewod w którym płynie prąd elektryczny umieszczony w polu magnetycznym działa siła mogąca wprowadzić go w ruch.

Wartość siły działającej na przewód obliczamy z wzoru

$$\mathbf{F} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{J} \cdot \mathbf{l}$$

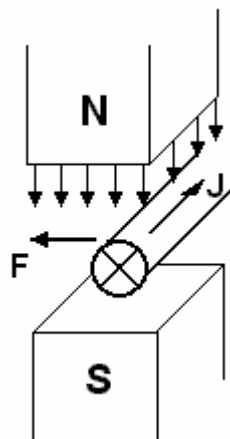
**F** - siła działającej na przewód umieszczony w polu magnetycznym

**B** - indukcja magnetyczna wytworzona przez bieguny N i S stojana

**J** - prąd elektryczny płynący w przewodzie

**l** - długość przewodu objęta polem magnetycznym

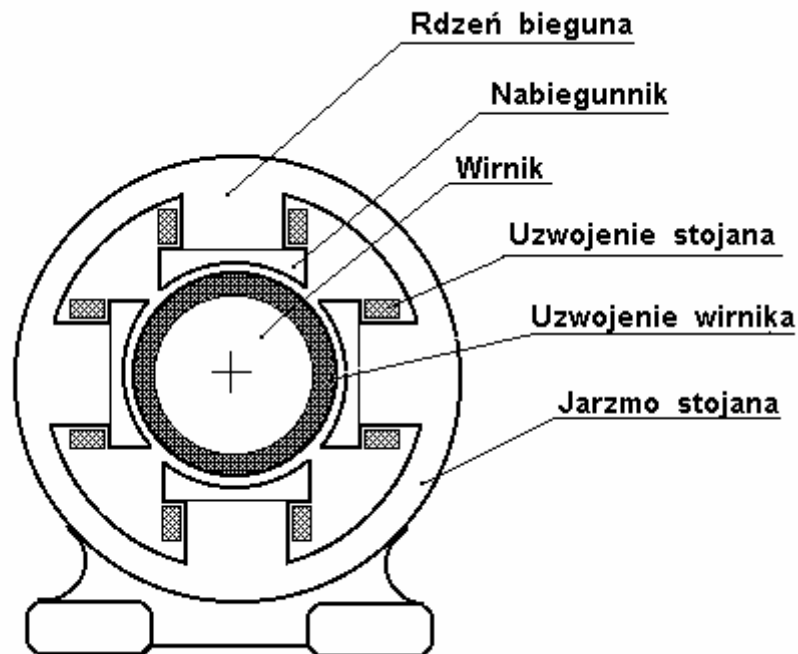
Kierunek i zwrot siły działającej na przewód określamy za pomocą reguły lewej dłoni, która podaje: *jeżeli linie sił pola magnetycznego wchodzą w otwartą lewą dłoń, a cztery wyprostowane palce wskazują kierunek przepływu prądu, to odchylony kciuk określa kierunek i zwrot siły działającej na przewód.*



## Temat: Budowa maszyny prądu stałego

Maszyna prądu stałego składa się z następujących podstawowych elementów:

1. stojan
2. wirnik
3. komutator
4. urządzenie szczotkowe
5. osłony boczne z łożyskami



Wirnik wraz z komutatorem osadzone są na wspólnym wale. W zębках wirnika znajduje się uzwojenie, które jest połączone z wycinkami komutatora. Wycinki komutatora są izolowane od siebie i od wału wirnika. Szczotki ślizgające się po komutatorze umożliwiają połączenie uzwojenia wirnika z innymi obwodami maszyny.






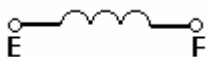

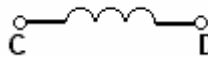


Stojan maszyny ma kształt cylindra, wewnątrz którego umieszczone są:

1. bieguny główne wraz z nabiegunnikami
2. bieguny komutacyjne.

Na biegunach głównych umieszczone jest uzwojenie nazywane również uzwojeniem wzbudzenia. Bieguny komutacyjne umieszczone są symetrycznie pomiędzy biegunami głównymi. W dużych maszynach w nabiegunnikach biegunów głównych wytłacza się zębki dla umieszczenia w nich uzwojenia kompensacyjnego.

## Temat: Oznaczenie uzwojeń maszyn prądu stałego

Poszczególne rodzaje uzwojeń występujących w maszynach prądu stałego łączy się w sposób podany na schemacie uzwojeń maszyny. Symbole uzwojeń oraz sposób ich rysowania określa Polska Norma.

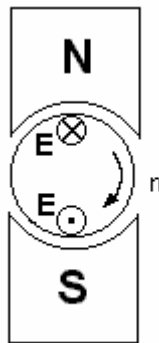
Rodzaj uzwojenia	Oznaczenie obowiązujące	Oznaczenie dawne
Uzwojenie wirnika		
Uzwojenie komutacyjne		
Uzwojenie wzbudzenia szeregowo		
Uzwojenie wzbudzenia bocznikowe		
Uzwojenie wzbudzenia zasilane z obcego źródła		

## Temat: Prądnica prądu stałego

Dla wytworzenia siły elektromotorycznej w uzwojeniu wirnika prądnicy potrzebne jest pole magnetyczne.

Do wytworzenia pola magnetycznego służą:

1. magnesy trwałe
2. elektromagnesy



Siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu wirnika prądnicy określona jest zależnością

$$\mathbf{E} = \mathbf{c} \cdot \Phi \cdot \mathbf{n}$$

**E** - siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu wirnika prądnicy

**c** - stała konstrukcyjna maszyny

**Φ** - strumień magnetyczny wytworzony przez bieguny N i S stojana

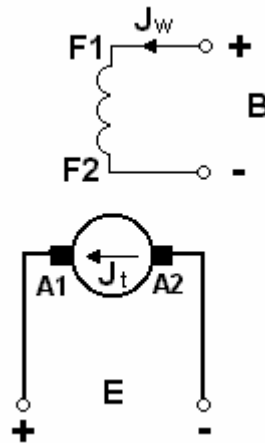
**n** - obroty wirnika

Z powyższego wzoru wynika, że siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu wirnika prądnicy jest proporcjonalna do strumienia magnetycznego wytworzonego przez bieguny N i S stojana i do obrotów wirnika. Oznacza to, że siła elektromotoryczna prądnicy może wzrosnąć jeżeli wzrośnie strumień magnetyczny wytworzony przez bieguny N i S stojana lub wzrosną obroty wirnika.



## Temat: Prądnica obcowzbudna prądu stałego

Schemat połączeń prądnicy obcowzbudnej



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**F1-F2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**Jt** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

**Jw** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**E** - siła elektromotoryczna indukowana w uzwojenie wirnika

**B** - źródło prądu stałego

W prądnicy obcowzbudnej uzwojenie biegunów głównych stojana zasilane jest z obcego źródła prądu stałego np. z baterii akumulatorów.

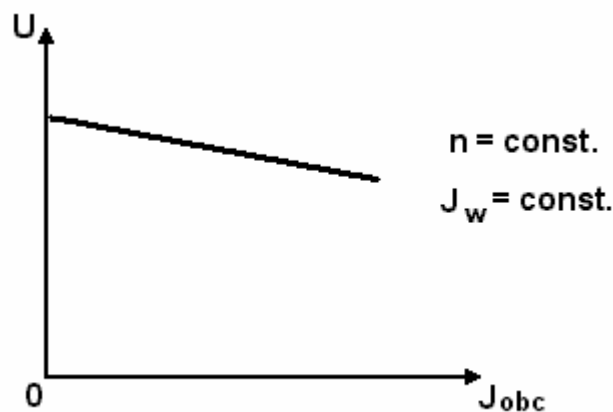
### Zasada działania prądnicy.

Pole magnetyczne wytworzone przez bieguny główne stojana indukuje w obracającym się uzwojeniu wirnika siłę elektromotoryczną.

## Temat: Charakterystyka zewnętrzna prądnicy obcowzbudnej

Charakterystyką zewnętrzną prądnicy obcowzbudnej nazywamy zależność napięcia na zaciskach prądnicy od prądu obciążenia przy stałej wartości prądu wzbudzenia i stałej prędkości obrotowej wirnika.

Przebieg charakterystyki zewnętrznej prądnicy



$U$  - napięcie na zaciskach prądnicy samowzbudnej

$J_{obc}$  - prąd obciążenia prądnicy (pobierany przez odbiornik energii elektrycznej)

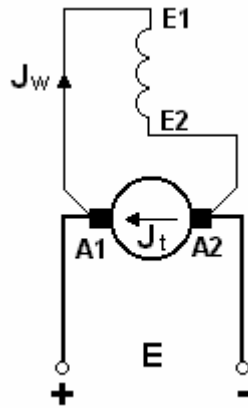
$n$  - obroty wirnika

$J_w$  - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

Z przebiegu charakterystyki zewnętrznej prądnicy samowzbudnej wynika, że w miarę wzrostu obciążenia prądnicy napięcie na zaciskach prądnicy samowzbudnej maleje. Zmniejszenie wartości napięcia zależy od mocy odbiornika energii elektrycznej.

## Temat: Prądnica samowzbudna prądu stałego

Schemat połączeń prądnicy bocznikowej



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**E1-E2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**Jt** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

**Jw** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

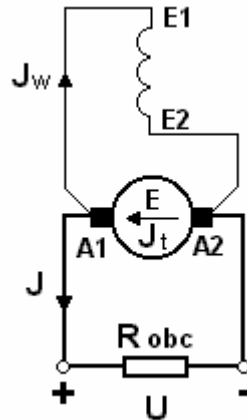
**E** - siła elektromotoryczna indukowana w uzwojenie wirnika

### Zasada działania prądnicy.

Dzięki istnieniu pola magnetycznego szczątkowego w biegunach głównych stojana w uzwojeniu wirnika indukuje się niewielka siła elektromotoryczna. Pod wpływem tej siły elektromotorycznej w uzwojenie biegunów głównych stojana popłynie niewielki prąd. Prąd ten wzmocni pole magnetyczne szczątkowe. W wyniku tego wzrośnie indukowana siła elektromotoryczna w uzwojeniu wirnika. Spowoduje to dalszy wzrost prądu wzbudzenia płynącego przez uzwojenie biegunów głównych stojana co będzie przyczyną dalszego indukowanej siły elektromotorycznej w uzwojeniu wirnika. W ten sposób prądnica bocznikowa osiągnie pełne napięcie znamionowe.

## Temat: Obciążenie prądnicy samowzbudnej prądu stałego

Schemat połączeń prądnicy samowzbudnej



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**E1-E2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**Jt** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

**Jw** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**E** - siła elektromotoryczna indukowana w uzwojenie wirnika

**U** - napięcie na zaciskach prądnicy samowzbudnej

**J** - prąd obciążenia prądnicy (pobierany przez odbiornik energii elektrycznej)

**R<sub>obc</sub>** - odbiornik energii elektrycznej (obciążenie prądnicy)

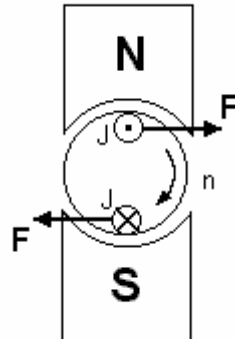
W prądnicy samowzbudnej bocznikowej prąd płynący przez uzwojenie wirnika jest sumą prądu wzbudzenia i prądu obciążenia prądnicy.

$$\mathbf{J_t = J_w + J}$$

Napięcie na zaciskach prądnicy samowzbudnej określone jest wzorem:

$$\mathbf{U = E - J \cdot R_{obc}}$$

## Temat: Moment obrotowy silnika



Moment obrotowy silnika obliczamy z wzoru

$$\mathbf{M} = \mathbf{c} \cdot \Phi \cdot \mathbf{J}$$

**M** - moment obrotowy silnika

**c** - stała konstrukcyjna maszyny

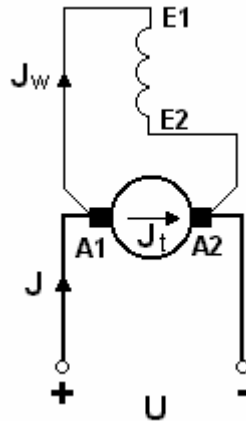
**Φ** - strumień magnetyczny wytworzony przez bieguny N i S stojana

**J** - prąd elektryczny płynący w uzwojeniu wirnika

Z powyższego wzoru wynika, że moment obrotowy silnika jest proporcjonalny do strumienia magnetyczny wytworzony przez bieguny N i S stojana i do prądu elektrycznego płynący w uzwojeniu wirnika. Oznacza to, że moment obrotowy silnika może wzrosnąć jeżeli wzrośnie strumień magnetyczny wytworzony przez bieguny N i S stojana lub wzrośnie prąd elektryczny płynący w uzwojeniu wirnika.

## Temat: Silnik bocznikowy prądu stałego

Schemat połączeń silnika bocznikowego



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**E1-E2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**J<sub>t</sub>** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

**J<sub>w</sub>** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

Prąd **J** pobierany przez silnik z źródła prądu stałego jest sumą prądu wzbudzenia płynącego uzwojenie biegunów głównych stojana i prądu płynącego przez uzwojenie wirnika.

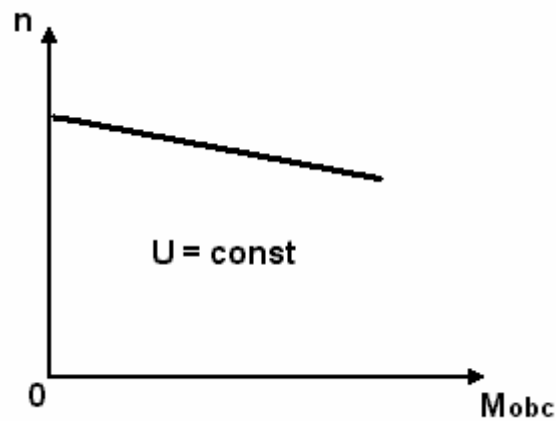
$$\mathbf{J = J_t + J_w}$$

W silniku bocznikowym uzwojenie wirnika jest połączone równolegle z uzwojeniem biegunów głównych stojana.

**Temat: Charakterystyka mechaniczna silnika bocznikowego prądu stałego**

Charakterystyką mechaniczną silnika bocznikowego nazywamy zależność prędkości obrotowej od momentu obciążenia.

Przebieg charakterystyki mechanicznej



**n** - obroty wirnika

**M<sub>obc</sub>** - moment obciążenia silnika

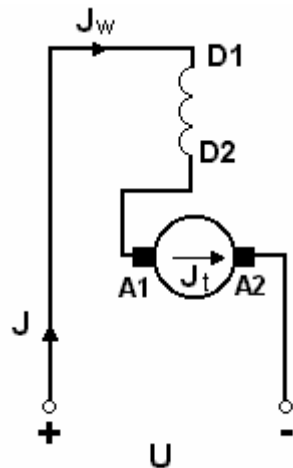
**U** - napięcie stałe którym jest zasilany silnik

Z przebiegu charakterystyki mechanicznej silnika bocznikowego wynika, że w miarę wzrostu obciążenia silnika obroty silnika maleją.

Dla dużych silników bocznikowych spadek obrotów wynosi od 1% do 2%.

## Temat: Silnik szeregowy prądu stałego

Schemat połączeń silnika szeregowego



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**D1-D2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**J<sub>t</sub>** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

**J<sub>w</sub>** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

Przez wszystkie uzwojenia silnika płynie ten sam prąd pobierany z źródła prądu stałego.

$$\mathbf{J = J_t = J_w}$$

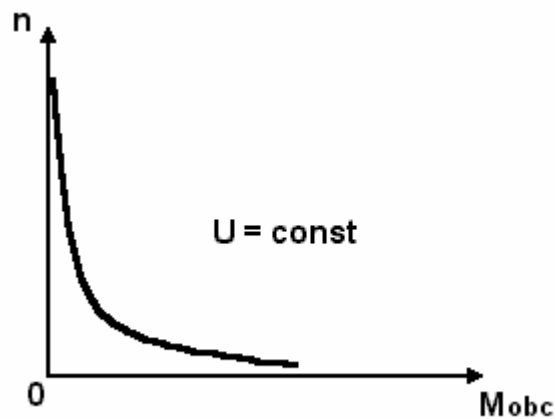
W silniku szeregowym uzwojenie wirnika jest połączone szeregowo z uzwojeniem biegunów głównych stojana.



## Temat: Charakterystyka mechaniczna silnika szeregowego prądu stałego

Charakterystyką mechaniczną silnika szeregowego nazywamy zależność prędkości obrotowej od momentu obciążenia.

Przebieg charakterystyki mechanicznej



$n$  - obroty wirnika

$M_{obc}$  - moment obciążenia silnika

$U$  - napięcie stałe którym jest zasilany silnik

Z przebiegu charakterystyki mechanicznej silnika bocznikowego wynika, że przy małych obciążeniach silnika obroty silnika maleją znacznie przy niewielkim wzroście obciążenia.

Przy biegu jałowym silnika bocznikowego (silnik nie obciążony) następuje duży wzrost obrotów silnika co grozi uszkodzeniem mechanicznym silnika.

## Temat: Rozruch silników prądu stałego

Silnika prądu stałego nie wolno włączać bezpośrednio do sieci, lecz tylko za pomocą rozrusznika. W chwili rozruchu, a więc gdy silnik jest nieruchomy siła elektromotoryczna ( $E$ ) jest równa zero ( $E = 0$ ).

Jeżeli do silnika doprowadzimy pełne napięcie znamionowe, to przez uzwojenie silnika popłynie prąd wielokrotnie większy od prądu znamionowego silnika. Wynika to z wzoru

$$J = \frac{U - E}{R}$$

$J$  - prąd pobierany przez silnik

$U$  - napięcie znamionowe zasilające silnik

$E$  - siła elektromotoryczna

$R$  - rezystancja uzwojenia wirnika

W momencie rozruchu  $E = 0$ , czyli

$$J_R = \frac{U}{R}$$

$J_R$  - prąd rozruchu silnika

$U$  - napięcie znamionowe zasilające silnik

$R$  - rezystancja uzwojenia wirnika

Celem ograniczenia wartości prądu rozruchu  $J_R$  należy w szereg z uzwojeniem wirnika włączyć dodatkowo opornik rozruchowy. Wówczas prąd rozruchowy silnika będzie wynosił:

$$J_R = \frac{U - E}{R + R_R}$$

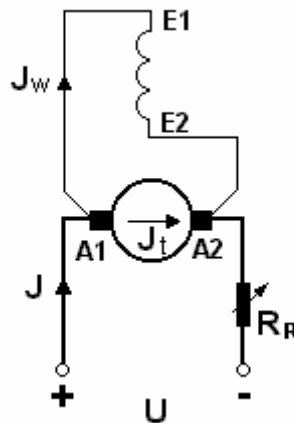
$R_R$  - rezystancja rozrusznika

Z powyższego wzoru wynika, że im większa będzie rezystancja rozrusznika to wartość prądu rozruchu będzie mniejsza.

**Rozrusznik jest przewidziany tylko do krótkotrwałej pracy podczas rozruchu silnika.**

## Temat: Rozruch silnika bocznikowego prądu stałego

Schemat połączeń silnika bocznikowego



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**E1-E2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**$R_R$**  - opornik rozruchowy (rozsusznik)

**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**$J_t$**  - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

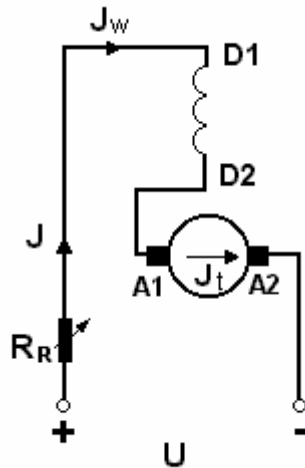
**$J_w$**  - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

Celem ograniczenia wartości prądu rozruchu  $J_R$  należy w szereg z uzwojeniem wirnika włączyć dodatkowo opornik rozruchowy (rozsusznik). Im większa będzie rezystancja rozsuszniaka to wartość prądu rozruchu będzie mniejsza. Rozrusznik jest przewidziany tylko do krótkotrwałej pracy podczas rozruchu silnika.

## Temat: Rozruch silnika szeregowego prądu stałego

Schemat połączeń silnika szeregowego



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**D1-D2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**$R_R$**  - opornik rozruchowy (rozrusznik)

**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**$J_t$**  - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

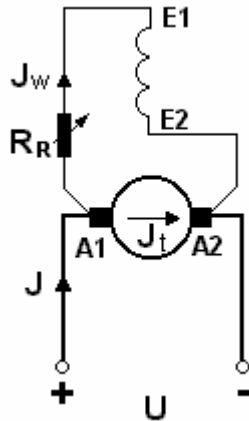
**$J_w$**  - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

Celem ograniczenia wartości prądu rozruchu  $J_R$  należy w szereg z uzwojeniem wirnika włączyć dodatkowo opornik rozruchowy (rozrusznik). Im większa będzie rezystancja rozrusznika to wartość prądu rozruchu będzie mniejsza. Rozrusznik jest przewidziany tylko do krótkotrwałej pracy podczas rozruchu silnika.

## Temat: Regulacja obrotów silnika bocznikowego prądu stałego

Schemat połączeń silnika bocznikowego



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**E1-E2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**RR** - opornik regulacyjny

**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**Jt** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

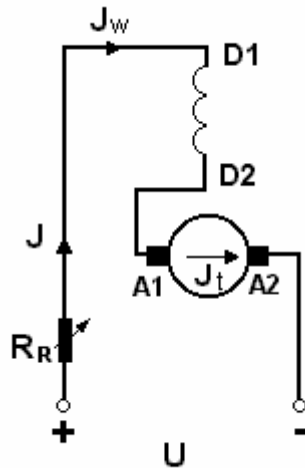
**Jw** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

Przez połączenie szeregowe z uzwojeniem biegunów głównych stojana opornika regulacyjnego możemy regulować (**Jw**) - prąd wzbudzenia, a więc strumień magnetyczny wytworzony przez bieguny główne stojana. Zmiana wartości strumienia powoduje zmianę obrotów wirnika. Jest regulacja prawie bez strat.

## Temat: Regulacja obrotów silnika szeregowego prądu stałego

Schemat połączeń silnika szeregowego



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**D1-D2** uzwojenie biegunów głównych stojana

**R<sub>R</sub>** - opornik regulacyjny

**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**J<sub>t</sub>** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

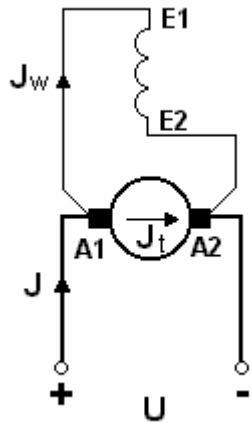
**J<sub>w</sub>** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

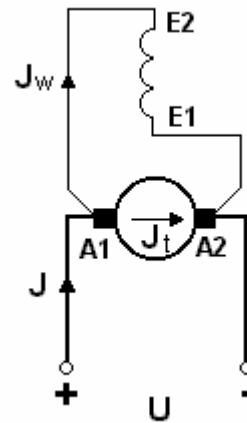
Regulacja liczby obrotów i rozruch są w silnikach szeregowych ściśle ze sobą powiązane, gdyż do obu celów posługujemy się tym samym opornikiem regulacyjnym. Opornik regulacyjny musi być przeznaczony do pracy długotrwałej. Wadą tego układu regulacyjnego są straty energii elektrycznej na oporniku regulacyjnym.

## Temat: Zmiana kierunku obrotów silnika bocznikowego prądu stałego

Schemat połączeń silnika bocznikowego



obroty w prawo



obroty w lewo

**A1-A2** uzwojenie wirnika

**E1-E2** uzwojenie biegunów głównych stojana

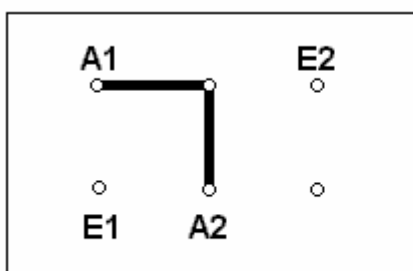
**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**Jt** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

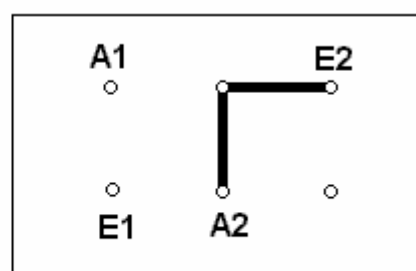
**Jw** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

Zmianę kierunku obrotów wirnika uzyskujemy przez zmianę kierunku prądu płynącego przez uzwojenie biegunów głównych stojana. Osiągamy to przez przełączenie odpowiednich mostków na tabliczce zaciskowej silnika.



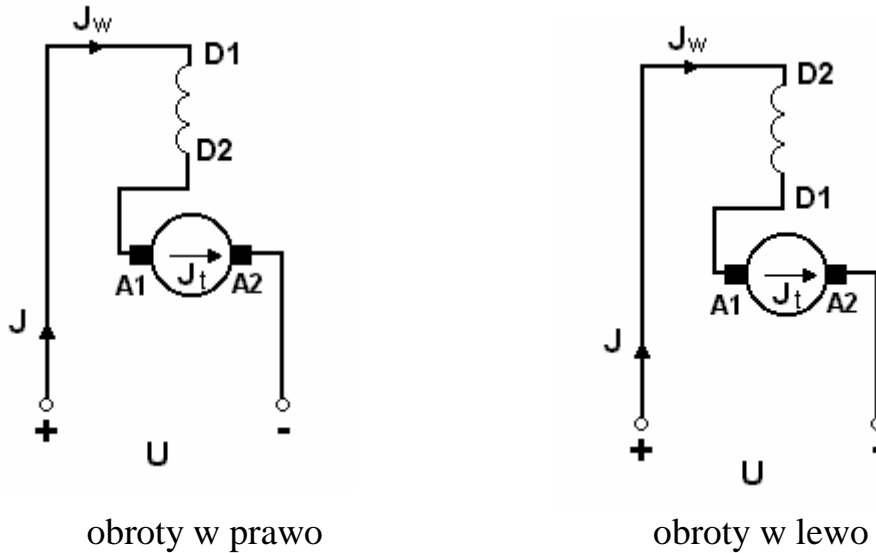
obroty w prawo



obroty w lewo

## Temat: Zmiana kierunku obrotów silnika szeregowego prądu stałego

Schemat połączeń silnika szeregowego



**A1-A2** uzwojenie wirnika

**D1-D2** uzwojenie biegunów głównych stojana

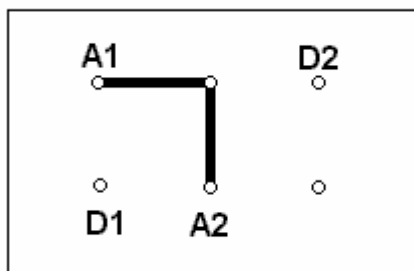
**J** - prąd pobierany przez silnik np. z baterii akumulatorów

**J<sub>t</sub>** - prąd płynący przez uzwojenie wirnika

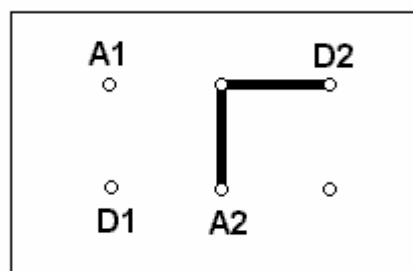
**J<sub>w</sub>** - prąd wzbudzenia płynący przez uzwojenie biegunów głównych stojana

**U** - źródło napięcia stałego (np. akumulator)

Zmianę kierunku obrotów wirnika uzyskujemy przez zmianę kierunku prądu płynącego przez uzwojenie biegunów głównych stojana. Osiągamy to przez przełączenie odpowiednich mostków na tabliczce zaciskowej silnika.



obroty w prawo



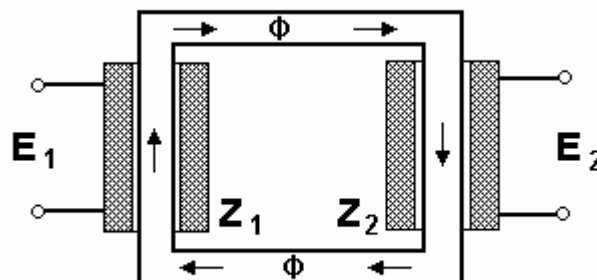
obroty w lewo



## Temat: Zasada działania transformatora.

Przeznaczeniem transformator jest zmiana przy tej samej częstotliwości wartości napięć przemiennych. Zmiana wartości napięcia następuje podczas przetwarzania energii elektrycznej za pośrednictwem strumienia magnetycznego.

Schemat połączeń transformatora



$E_1$  - siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu  $Z_1$

$E_2$  - siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu  $Z_2$

$Z_1$  - liczba zwojów uzwojenia

$Z_2$  - liczba zwojów uzwojenia

$\phi$  - amplituda strumienia magnetycznego

Siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniu określona jest wzorem

dla uzwojenia  $Z_1$

$$E_1 \cong 4,44 \cdot Z_1 \cdot \phi \cdot f$$

dla uzwojenia  $Z_2$

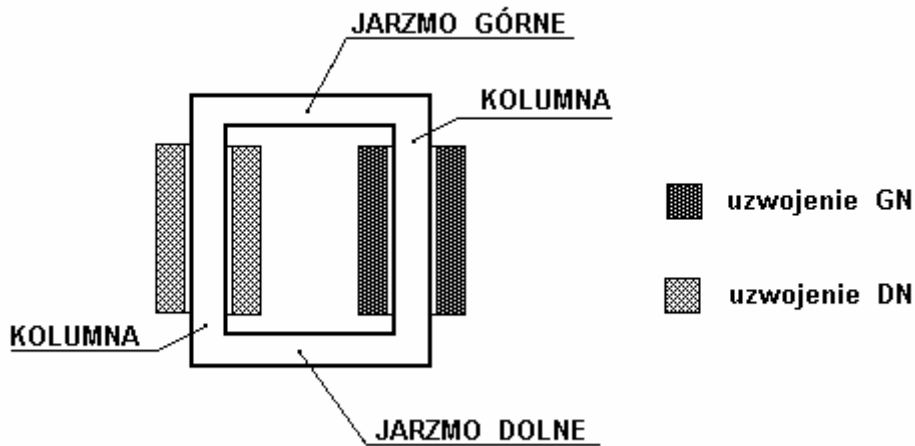
$$E_2 \cong 4,44 \cdot Z_2 \cdot \phi \cdot f$$

gdzie  $f$  - częstotliwość zmian strumienia magnetycznego

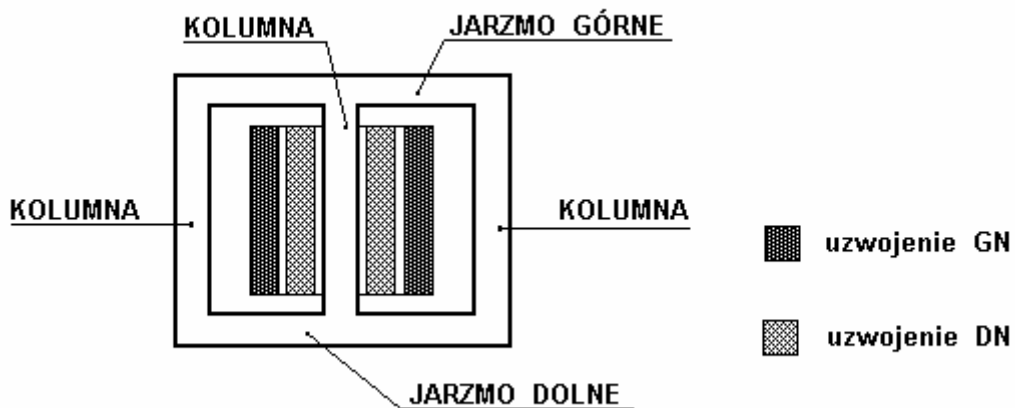
## Temat: Budowa transformatora

Rozróżniamy transformatory:

### 1.kolumnowe



### 2. płaszczowe



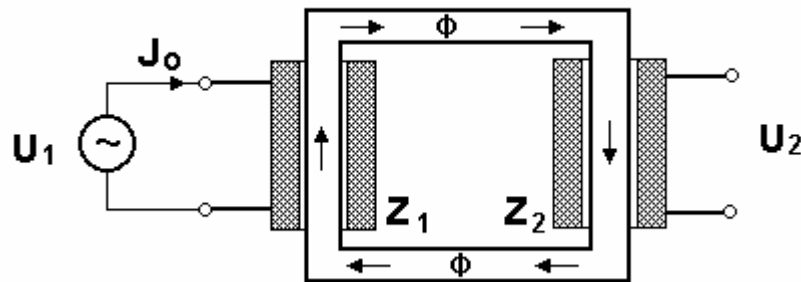
Uzwojenie **GN** - uzwojenie o większej liczbie zwojów

Uzwojenie **DN** - uzwojenie o mniejszej liczbie zwojów

## Temat: Stan pracy jałowej transformatora.

Stan pracy jałowej transformatora występuje wtedy, gdy do uzwojenia wtórnego transformatora nie jest przyłączony żaden odbiornik energii elektrycznej.

Schemat połączeń transformatora



$U_1$  - napięcie pierwotne zasilające

$U_2$  - napięcie wtórne

$Z_1$  - liczba zwojów uzwojenia pierwotnego

$Z_2$  - liczba zwojów uzwojenia wtórnego

$\phi$  - amplituda strumienia magnetycznego

$J_0$  - prąd biegu jałowego

Prąd biegu jałowego płynący w uzwojeniu pierwotnym wynosi od 3 do 10% wartości prądu znamionowego transformatora.

W stanie biegu jałowego transformatora siła elektromotoryczna indukowana w uzwojeniach jest niemal równa napięciu.

Zatem:

$$\frac{E_1}{E_2} \cong \frac{U_1}{U_2} = \frac{4,44 \times Z_1 \times \phi \times f}{4,44 \times Z_2 \times \phi \times f} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

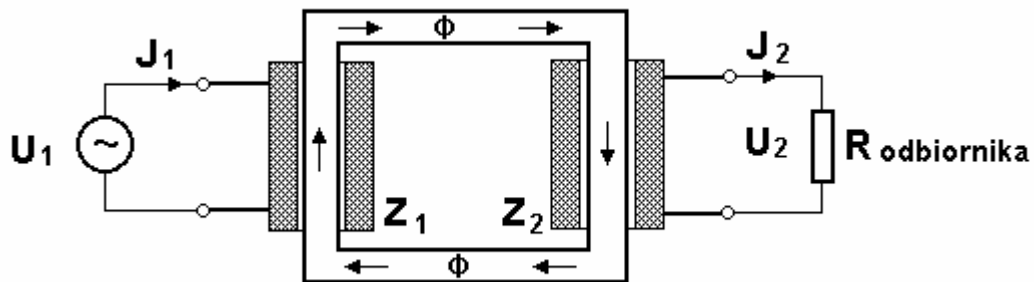
Z powyższego wzoru można wyznaczyć wartość napięcia  $U_2$

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

## Temat: Stan obciążenia transformatora

Stan obciążenia transformatora występuje wtedy, gdy do uzwojenia wtórnego transformatora jest przyłączony odbiornik energii elektrycznej.

Schemat połączeń transformatora



$U_1$  - napięcie pierwotne zasilające

$U_2$  - napięcie wtórne

$Z_1$  - liczba zwojów uzwojenia pierwotnego

$Z_2$  - liczba zwojów uzwojenia wtórnego

$\phi$  - amplituda strumienia magnetycznego

$J_1$  - prąd płynący w uzwojeniu pierwotnym

$J_2$  - prąd płynący w uzwojeniu wtórnym pobierany przez odbiornik energii elektrycznej

$R$  - rezystancja odbiornika energii elektrycznej

Dla stanu obciążenia transformatora obowiązuje zależność

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Z powyższego wzoru można wyznaczyć wartość prądu  $J_2$

$$J_2 = J_1 \times \frac{Z_1}{Z_2}$$