

# Maszyny prądu stałego

## 1. Wstęp

Maszyny prądu stałego odznaczają się zróżnicowanymi właściwościami regulacyjnymi i użytkowymi. O właściwościach decyduje przede wszystkim sposób połączenia uzwojenia wzbudzenia względem uzwojenia twornika.

Silniki prądu stałego charakteryzują się dobrymi właściwościami ruchowymi, np. dużym zakresem prędkości obrotowej i dużym momentem obrotowym przy rozruchu. Ich własności użytkowe zależą od liczby i sposobu połączenia uzwojeń wzbudzających.

Silniki przetwarzają dostarczoną energię elektryczną na energię mechaniczną, prądnice natomiast zamieniają energię mechaniczną maszyny napędzanej na energię elektryczną. Zjawisko przeciwdziałania momentu elektromagnetycznego momentowi maszyny napędzanej, jakie występuje w prądnicy, wykorzystuje się często do elektrycznego hamowania.

Maszyny prądu stałego umożliwiają płynną regulację prędkości obrotowej napędów w szerokich granicach oraz rozruch pod dużym obciążeniem. Prędkości te są różne; silniki największych mocy są na ogół wolnoobrotowe, z kolei w mikromaszynach występują prędkości do kilkunastu tysięcy obrotów na minutę.

Z tych względów są powszechnie stosowane w przemyśle ciężkim, górnictwie, w napędach maszyn wyciągowych i maszyn walcowniczych. Maszyny trakcyjne mają zwykle od kilku do kilkunastu kW. Najmniejsze maszyny mają zastosowanie jako elementy układów sterowania i automatyki.

Obecnie produkuje się maszyny prądu stałego o mocach od kilku W do ok. 10 MW. Typowe napięcia to: 120, 220, 440, 500 i 1000 V i wyższe, sięgające kilku kV.

## 2. Budowa maszyn prądu stałego

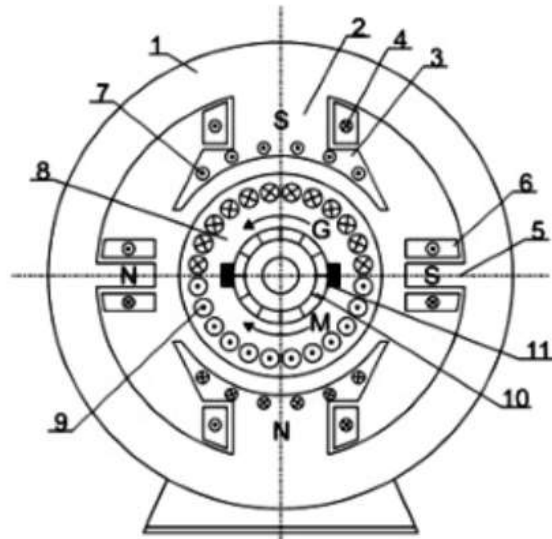
Maszyna prądu stałego składa się z dwóch głównych elementów: nieruchomego stojana i obracającego się wirnika. W skład stojana i wirnika wchodzi następujące elementy: (Rys. 1)

a) stojan:

- jarzmo z nabiegunnikami,
- bieguny główne z uzwojeniami wzbudzającymi,
- bieguny komutacyjne z uzwojeniami komutacyjnymi,
- uzwojenia kompensacyjne,
- trzymadła szczotek oraz
- tarcze łożyskowe,

b) wirnik:

- rdzeń wykonany z pakietu blach,
- uzwojenie wirnika, umieszczone w żłobkach rdzenia na jego obwodzie oraz
- komutator z układem szczotek, osadzony na wale wirnika, składający się z odizolowanych od siebie wycinków komutatorowych wykonanych z miedzi.



**Rys. 1. Maszyna komutatorowa prądu stałego**

Oznaczenia: 1 – jarzmo stojana, 2 – biegun główny, 3 – nabiegunki, 4 – uzwojenie wzbudzenia, 5 – biegun komutacyjny, 6 – uzwojenie biegunów komutacyjnych, 7 – uzwojenie kompensacyjne, 8 – twornik, 9 – uzwojenie twornika, 10 – komutator, 11 – szczotki

Jeżeli w uzwojeniu twornika znajduje się  $N$  prętów i określona liczba gałęzi równoległych, to siła elektromotoryczna wzbudzana w tworniku, w  $V$ :

$$E = \frac{PN}{a} \frac{n}{60} \Phi$$

Na wirnik maszyny prądu stałego, niezależnie od tego, czy pracuje jako silnik, czy jako prądnica, działa moment obrotowy, w  $N \cdot m$ :

$$M = c_M I_a \Phi$$

Przy czym::

$\Phi$  – strumień magnetyczny jednego bieguna, w  $Wb$ ;

$N$  – liczba prętów uzwojenia twornika;

$a$  – liczba gałęzi równoległych uzwojenia twornika;

$p$  – liczba par biegunów;

$n$  – prędkość obrotowa;

$I_a$  – prąd twornika, w  $A$ ;

$c_M$  – stała zależna od parametrów mechanicznych maszyny.

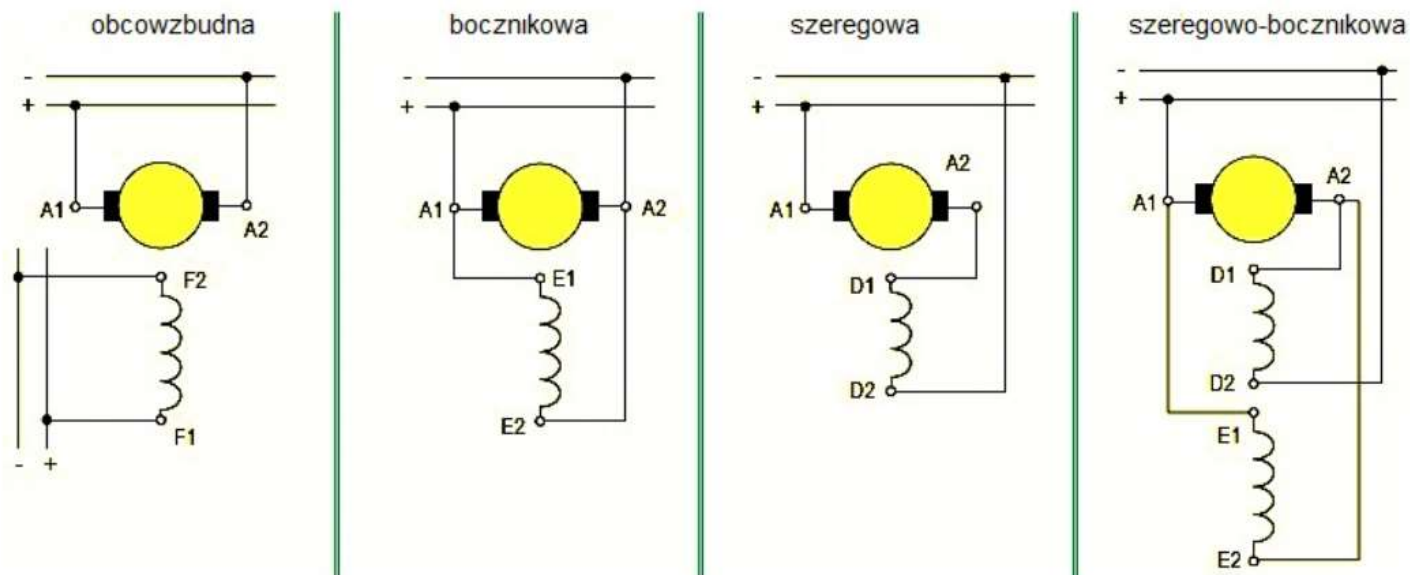
### 3. Rodzaje połączeń maszyn prądu stałego

Sposób połączenia uzwojenia wzbudzenia względem uzwojenia twornika decyduje o właściwościach maszyny prądu stałego.

Silniki prądu stałego charakteryzują się dobrymi właściwościami ruchowymi np. dużym zakresem prędkości obrotowej i dużym momentem obrotowym przy rozruchu. Ich własności użytkowe zależą od liczby i sposobu połączenia uzwojeń wzbudzających.

Ze względu na sposób połączenia uzwojenia wzbudzającego i uzwojenia twornika, rozróżnia się maszyny samowzbudne (Rys.):

**bocznikowe** – uzwojenie wzbudzające jest połączone równolegle z uzwojeniem twornika;  
**szeregowe** – uzwojenie wzbudzające jest połączone szeregowo z uzwojeniem twornika;  
**bocznikowo-szeregowe** – uzwojenie wzbudzające składa się z dwóch części, z których jedna jest połączona szeregowo, a druga równolegle z uzwojeniem twornika.



**Rys. Uprozczone schematy połączeń uzwojeń silników prądu stałego**

**Uzwojenie biegunów komutacyjnych** (pomocniczych) połączone jest szeregowo na stałe z twornikiem, a punkt połączenia nie jest wyprowadzony na zewnątrz silnika.

Po przyłączeniu silnika do zasilania, poprzez szczotki i uzwojenie wirnika, płynie prąd. Uzwojenie to znajduje się w polu magnetycznym uzwojenia stojana, które oddziałując siłą elektrodynamiczną na pręty uzwojenia twornika, powoduje wprowadzenie wirnika w ruch obrotowy.

Zastosowanie przekształtników umożliwia zasilanie i regulację silników prądu stałego z sieci prądu przemiennego, co zwiększa ich konkurencyjność wobec urządzeń napędowych z silnikami prądu przemiennego.

W celu eliminacji oddziaływania twornika w strefie biegunów głównych, w nabiegunnikach biegunów głównych umieszcza się specjalne uzwojenie, zwane **uzwojeniem kompensacyjnym**. Uzwojenie to jest połączone szeregowo z uzwojeniem twornika, przy czym kierunek prądu musi być przeciwny do kierunku prądu twornika od danym biegunem.