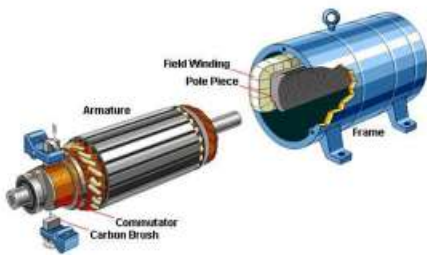
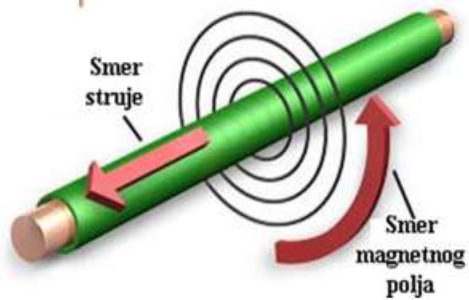
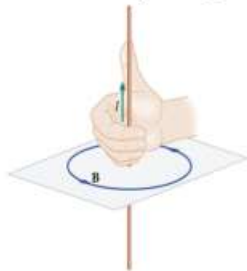


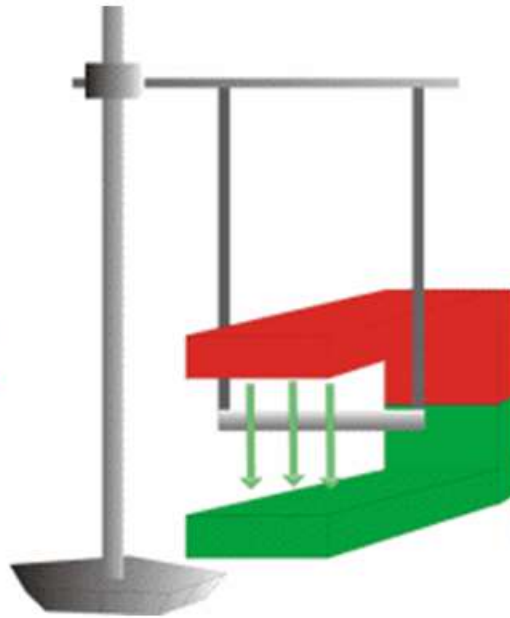
Mašine jednosmerne struje



- Iz fizike znamo da se prilikom protoka električne struje kroz provodnik, oko njega stvara elektromagnetno polje, kako je to prikazano na slikama

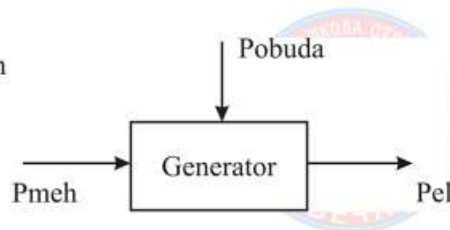
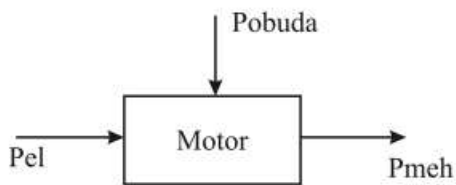


Ako se provodnik kreće kroz magnetno polje, presecajući magnetne linije sila, u njemu se indukuje struja.



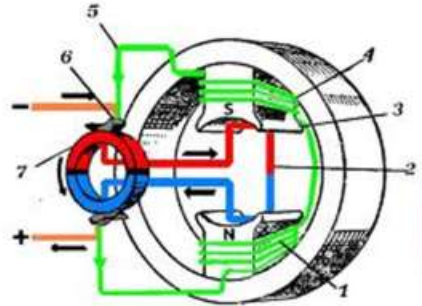
Rotacione mašine

- Rotacione mašine jednosmjerne struje su reverzibilne mašine koje transformišu električnu energiju u mehaničku (motori) ili transformišu mehaničku energiju u električnu (generatori).

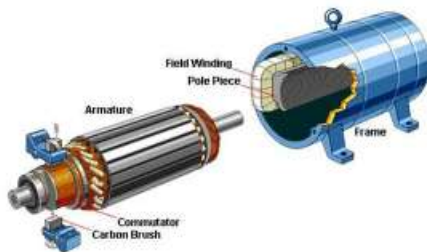


Svrha mašina jednosmerne struje

- Da bi mašina radila kao generator njen rotor mora da se okreće pomoću nekog pogonskog motora, a da bi radila kao motor treba je priključiti na izvor jednosmerne struje



Mašine jednosmerne struje



1. Primena mašina jednosmerne struje

- Mašine jednosmerne struje su zbog svojih veoma dobrih karakteristika nekada predstavljale dobro rešenje u električnim postrojenjima i pogonima.



Zbog veće cene, složenijeg i skupljeg održavanja i kraćeg veka trajanja, danas se motor jednosmerne struje sve više potiskuje od strane jeftinijih, jednostavnih i robustnih električnih motora za naizmeničnu struju



Motori jednosmerne struje imaju niz dobrih osobina (ravnomerno i ekonomično regulisanje brzine rotora, veliku preopteretljivost...)



- Zbog čega se često koriste u crnoj metalurgiji, rudarstvu, građevinarstvu, transportu, brodarstvu, tekstilnoj industriji, električna vuča (lokomotive, tramvaji..)



Motori malih snaga nalaze veliku primenu u sistemima automatike (kao izvršni motori, tahogeneratori, elektromašinski pojačivači...)



Tahogenerator prilagođen za najteže uslove rada

Generatori JS se uglavnom koriste u automobilima, kao generatori za zavarivanje, pobudni generatori u elektranama.

Motori JS se koriste u automobilima za pogon brisača, pogon bočnih stakala,

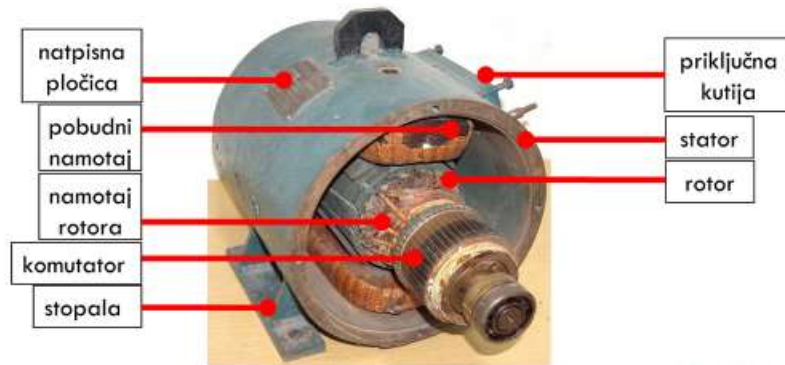


- Motor jednosmerne struje
- Generator jednosmerne struje

Tabela 1-1 Oznake krajeva namotaja mašina jednosmerne struje

namotaj	nova oznaka	stara oznaka
indukt	A1, A2	A, B
pomoćni polovi	B1, B2	G, H
kompensacija	C1, C2	G, H
redna pobuda	D1, D2	E, F
paralelna pobuda	E1, E2	C, D
nezavisna pobuda	F1, F2	I, K

2. Osnovni delovi mašine jednosmerne struje



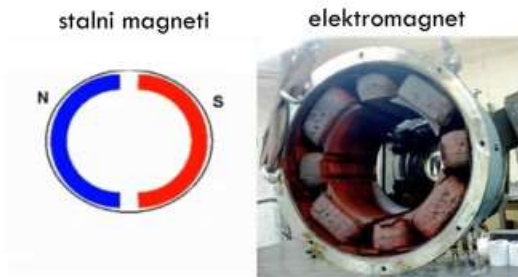
Natpisna pločica

Code 1110659		N° 648581 01/09		121 kg	
3 -Mot 7AT 160MB-SET/T4					
Ta 40 °C	IC 411	Cl. F	Rise B	IP 55	
Hz	kW	V	A	Nm	rpm
10	0,7	D 140	8,7	46	145
20	1,8	D 230	10,2	58,3	295
50	4,95	D 400	11,2	63,8	740
60	4,9	D 400	10,8	52,8	885
PTC T130					
© DE/NDE 6309			S9	IEC 34, VDE0530	



Stator

- Uloga statora je stvaranje pobudnog magnetnog fluksa.
- Pobudni fluks mogu stvoriti permanentni (stalni) magneti ili namotaj u kome postoji jednosmerna struja (elektromagnet).



Stator

- Stator je oblika šupljeg valjka od masivnog gvožđa (ili složen od paketa limova), na čijoj su unutrašnji polovi izrađeni od feromagnetskih limova.

**Pol
statora**

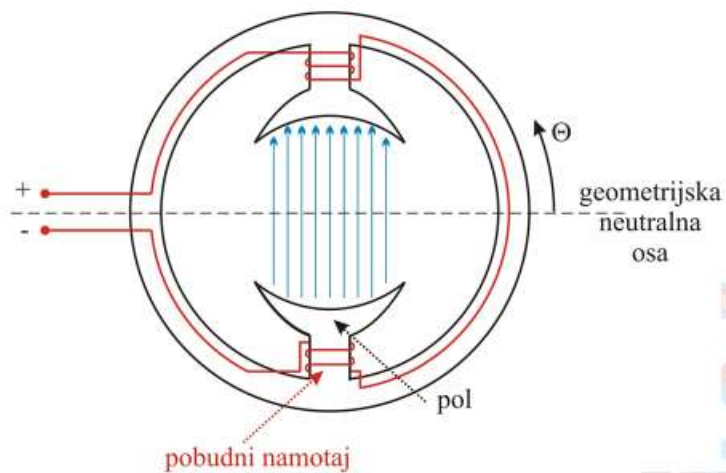


Na polovima statora je smešten pobudni namotaj.

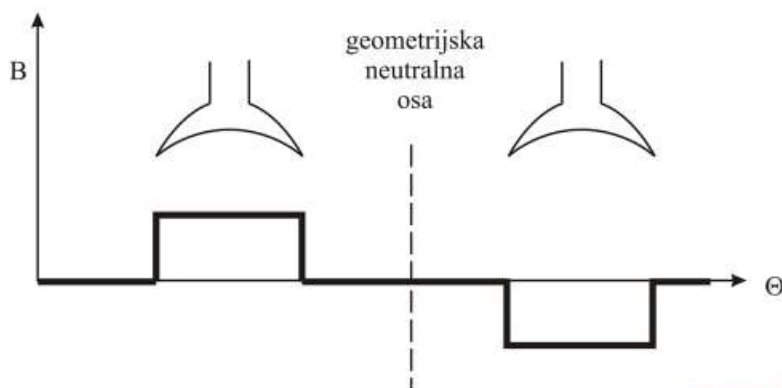
- Kroz pobudni namotaj se propušta jednosmerna struja koja stvara statorsku magnetnopobudnu silu i statorski fluks. Kako je struja statora jednosmerna to je statorski fluks stalan i nepomičan.



Stator



Stator



Raspodela magnetnog polja po obimu mašine

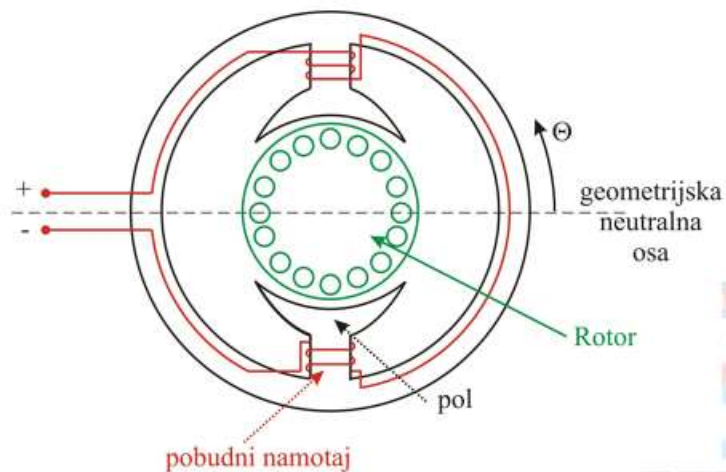


Rotor

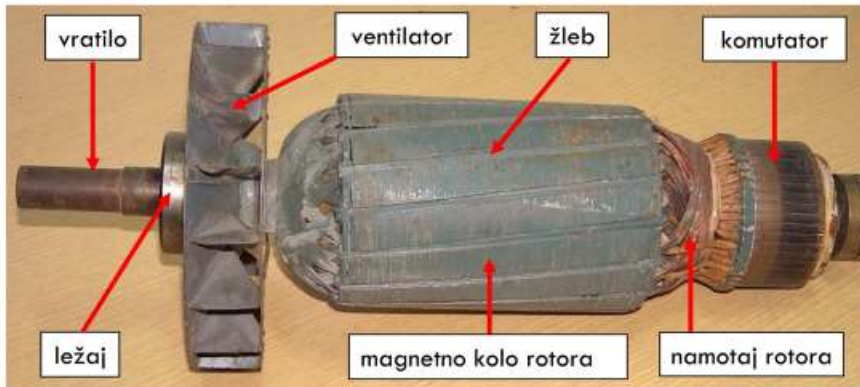
- Rotor je cilindričnog oblika i sastavljen je od tankih feromagnetskih limova i ravnomerno je ožljebljen po svom obimu. Nalazi se na vratilu mašine.
- U žljebove rotora je postavljen namotaj rotora.
- Počeci i krajevi namotaja rotora su izvedeni na tzv. komutator (kolektor).



Rotor



Rotor



Komutator

- Komutator je sestavljen od bakarnih segmenata koji su izolovani medusobno i u odnosu na masu. Uloga komutatora je preusmeravanje smeru struje kroz navoje rotora.



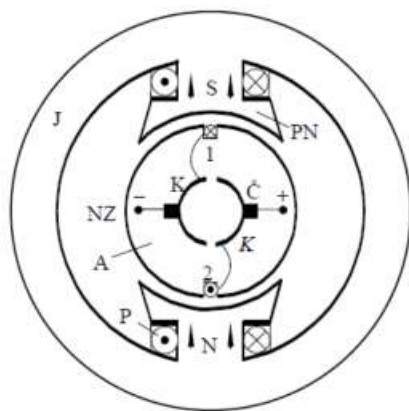
Komutator

- Uloga komutatora kod **elektromotora** je da menja smer proticanja jednosmerne struje kroz namotaje rotora



Komutator

- Uloga komutatora kod **generatora** je da naizmeničnu struju indukovanu u rotoru pretvara u pulsirajuću jednosmernu struju



- J- jaram, S i N glavni polovi,
- P- pobudni namotaj,
- PN- polni nastavci ,
- A- indukt,
- K- komutator (kolektor),
- Č- čerkice,
- NZ- neutralna zona (osa),
- 1 i 2 namotaj rotora



3. Princip rada generatora jednosmerne struje

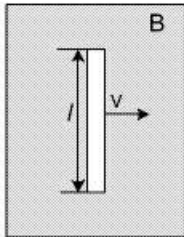


3. Princip rada generatora jednosmerne struje

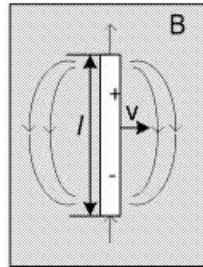
- Kod generatora jednosmjerne struje rotor se okreće preko spoljašnjeg izvora mehaničke snage (npr. preko turbine).
- Okretanjem namotaja rotora u stalnom magnetnom polju pobudnog namotaja statora dolazi do indukovanja elektromotorne sile (ems) u namotaju rotora koja je naizmjeničnog karaktera.



Kada se provodnik dužine l kreće u magnetnom polju brzinom v pod pravim uglom u odnosu na smer polja indukcije B , onda na svako naelektrisanje q u tom provodniku deluje Lorencova sila.



$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$



- Linije električnog polja koje nastaju zbog razmeštanja elektrostatičkih naelektrisanja na krajevima provodnika prikazane su na slici. Ova pojava se naziva elektromagnetna indukcija, a stvorena naelektrisanja *indukovana naelektrisanja*.

3. Princip rada generatora jednosmerne struje

Kretanjem provodnika dužine l u magnetnom polju indukcije B , sa njim se kreće njegova celokupna struktura. U svakom njegovom elementarnom delu indukovaće se elektromotorna sila:

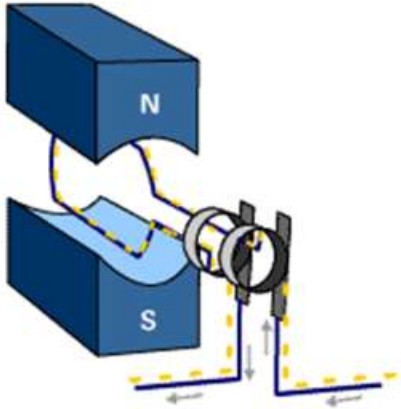
$$de = dl(\vec{v} \times \vec{B})$$

Ukupna ems je: $e = \int de = \int dl(\vec{v} \times \vec{B})$

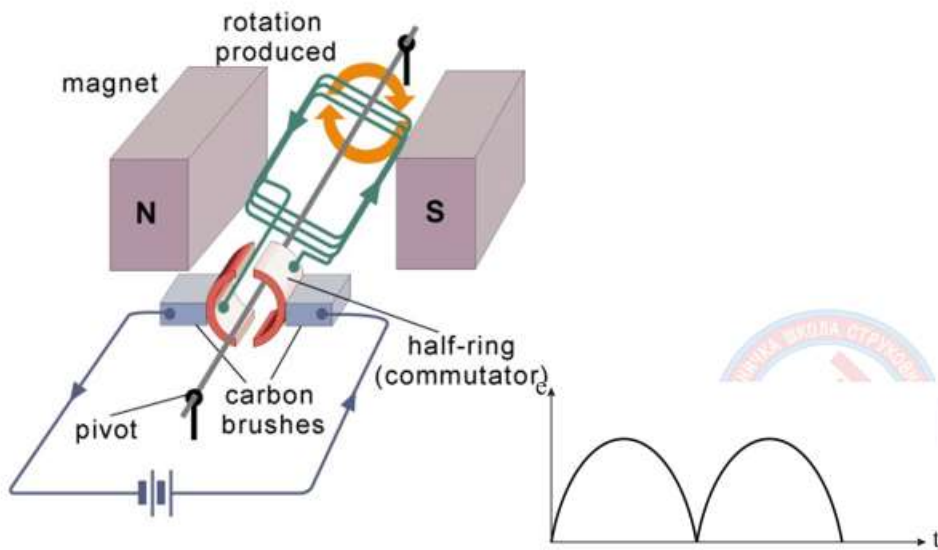


3. Princip rada generatora jednosmerne struje

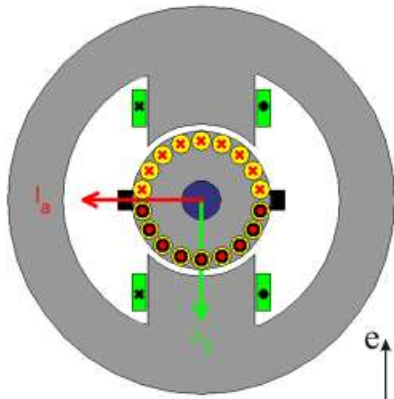
Primenom komutatora i četkica na izlazu se dobija ems jednosmernog karaktera.



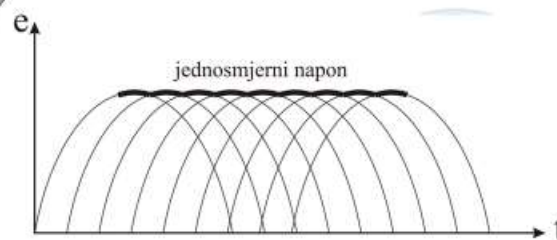
3. Princip rada generatora jednosmerne struje



3. Princip rada generatora jednosmerne struje



Primenom većeg broja navojaka dobija se:

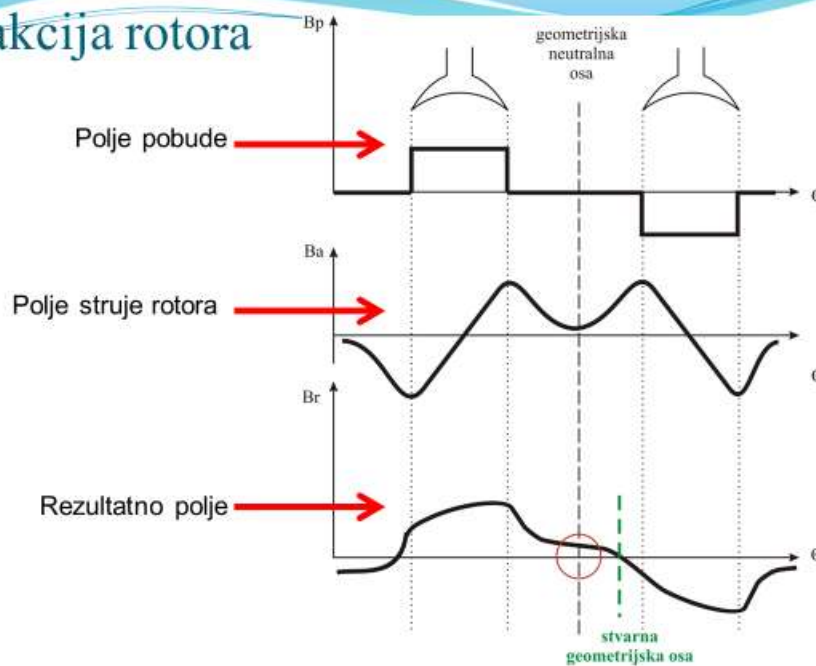


Reakcija rotora

- Kada na generatoru nije priključeno opterećenje kroz namotaj rotora ne prolazi struja.
- Međutim, kada se na generator priključi opterećenje, kroz rotor protiče struja.
- Struja kroz rotor stvara svoje magnetno polje koje se suprotstavlja polju pobude. Ovo polje se naziva **reakcija rotora ili reakcija armature**.
- Rezultantno polje se dobija superponiranjem polja pobude i polja rotora.



Reakcija rotora



Osnovne jednačine

$$E = c \cdot \Phi \cdot \omega$$

- gdje je:
- C – konstanta koja zavisi od geometrijskih karakteristika mašine
- Φ – rezultatni fluks u mašini
- ω – brzina obrtanja rotora

$$U = E \pm R_a \cdot I_a \quad \text{Napon na krajevima rotora}$$

gdje je:

znak „+“ – za motor

znak „-“ – za generator

$$R_a = R_{\text{rotora}} + R_{\text{kompencacionog namotaja}} + R_{\text{pomoćnih polova}}$$

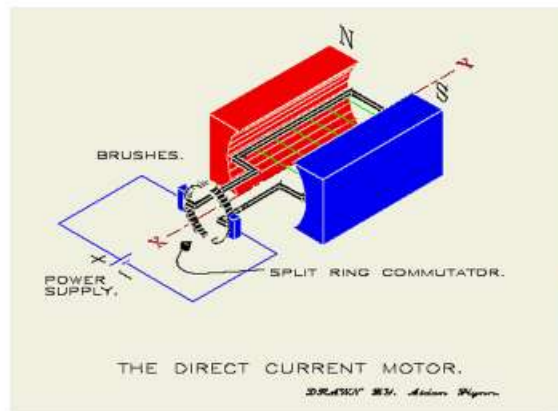


4. Princip rada motora jednosmerne struje

- Princip rada motora je sličan principu rada generatora, s tim što se kod motora namotaj rotora priključuje na izvor jednosmjerne struje. Ova struja preko četkica i komutatora prolazi kroz provodnike rotora.
- Namotaj rotora se nalazi u magnetnom polju pobude. Kada kroz njega protiče električna struja dovedena iz spoljašnjeg izvora jednosmjernog napona nastaje sila koja deluje na provodnike rotora, a zbog kružnog oblika rotora nastaje elektromagnetni moment i rotor se okreće stvarajući mehaničku energiju.



4. Princip rada motora jednosmerne struje

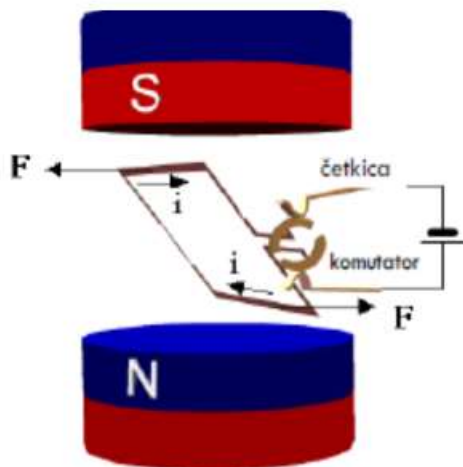


4. Princip rada motora jednosmerne struje

- Namotaj rotora se nalazi u magnetnom polju. Kada kroz njega protiče električna struja nastaje sila , $\vec{F} = I (\vec{l} \times \vec{B})$, koja deluje na provodnike rotora, a zbog kružnog oblika rotora nastaje elektromagnetni moment $\vec{M} = \vec{R} \times \vec{F} = F R$, gde je R prečnik rotora.
- Komutator (kolektor) i četkice služe za napajanje rotorskog namotaja potrebnim smerom struje.



4. Princip rada motora jednosmerne struje



$$\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$$

Amperova sila

Flemingova pravila desne i leve ruke se koriste za utvrđivanje smera kretanja .

Pravilo **leve ruke** koristi se za električne **generator**.

Pravilo **desne ruke** se koristi za električne **motor**.

Palac predstavlja silu, F .

Kažiprst predstavlja gustinu magnetnog fluksa, B .

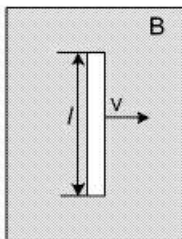
Srednji prst predstavlja električnu struju, I .



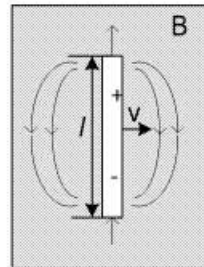
•Odvojena pravila se primenjuju za motore i za generatore, zbog različitih uzroka i posledica.

•Kod motora, struja i magnetno polje koji postoje (uzrok), dovode do sile koja proizvodi kretanje (posledica). Kod generatora, kretanje i magnetno polje postoje (uzrok), što dovodi do generisanja struje (posledica).

Kada se provodnik dužine l kreće u magnetnom polju brzinom v pod pravim uglom u odnosu na smer polja indukcije B , onda na svako naelektrisanje q u tom provodniku deluje Lorencova sila.



$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$



- Linije električnog polja koje nastaju zbog razmeštanja elektrostatičkih naelektrisanja na krajevima provodnika prikazane su na slici. Ova pojava se naziva elektromagnetna indukcija, a stvorena naelektrisanja *indukovana naelektrisanja*.

6. Obrtni moment mjs

- Mehanicka snaga na vratilu za pogon radnog mehanizma je:

$$E I_a = M \omega_m = M \frac{n\pi}{30} .$$

Koristeći prethodno izveden izraz za napon rotacije, imamo:

$$\frac{p}{a} N \frac{n}{60} \Phi I_a = M \frac{n\pi}{30} ,$$

iz čega za obrtni momenat sledi:

$$M = \frac{p}{a} \frac{N}{2\pi} \Phi I_a = k_M \Phi I_a .$$

7. Podele mašina jednosmerne struje

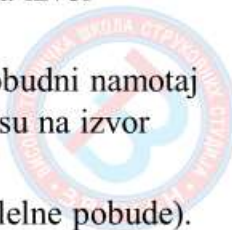
Prema načinu spajanja namotaja pobude i namotaja rotora, razlikuju se sljedeće osnovne vrste jednosmjernih komutatorskih mašina:

sa nezavisnom pobudom, kod koje je namotaj pobude spojen na poseban spoljni izvor napona, koji je potpuno nezavisan od prilika u mašini. Namotaj rotora se napaja iz drugog izvora jednosmjernog napona.

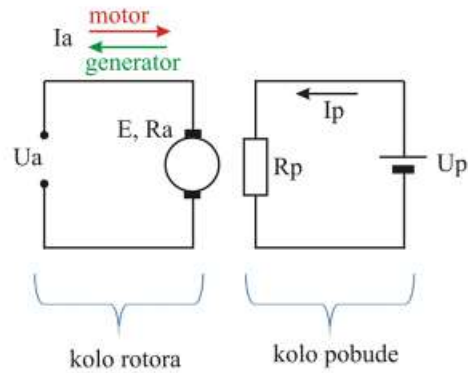
sa paralelnom pobudom, kod koje je pobudni namotaj spojen paralelno sa namotajem rotora i priključeni su na izvor jednosmjernog napona.

sa rednom (serijskom) pobudom, kod koje je pobudni namotaj spojen na red sa namotajem rotora i priključeni su na izvor jednosmjernog napona.

sa složenom pobudom (kombinacija redne i paralelne pobude).



Mašine sa nezavisnom pobudom



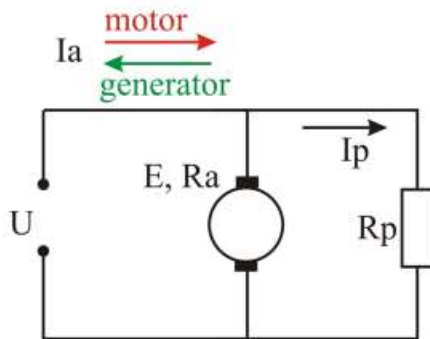
$$U_a = E - R_a \cdot I_a \rightarrow \text{generator}$$

$$U_a = E + R_a \cdot I_a \rightarrow \text{motor}$$

$$U_p = R_p \cdot I_p$$



Mašine sa paralelnom pobudom



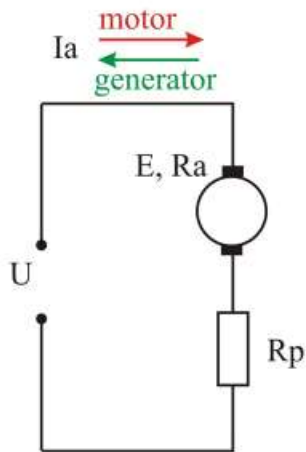
$$U = R_p \cdot I_p$$

$$U = E - R_a \cdot I_a \rightarrow \text{generator}$$

$$U = E + R_a \cdot I_a \rightarrow \text{motor}$$



Mašine sa rednom pobudom



$$U = E - (R_a + R_p) \cdot I_a \rightarrow \text{generator}$$

$$U = E + (R_a + R_p) \cdot I_a \rightarrow \text{motor}$$



Promena smer obrtanja motora

- Iz principa rada motora jasno je da se smer obrtanja motora može promeniti na jedan od sledeća dva načina:
 - ❖ promenom smer struje pobude
 - ❖ promenom smer struje rotora
- Kod motora sa rednom pobudom jedini način promene smer obrtanje je prevezivanje namotaja (pobude ili rotora)



8. i 9. Karakteristike motora i generatora

- Iz prethodne relacije se vidi kako se, uz konstantan napon napajanja U , može promeniti brzina obrtanja motora:
 - Promenom otpora u kolu rotora (dodaje se otpor u kolu rotora) čime se menja struja I_a .
 - Promenom otpora u kolu pobude, čime se menja pobudna struja a time i fluks ϕ .

$$\left. \begin{array}{l} E = c \cdot \phi \cdot \omega \\ U = E + R_a \cdot I_a \end{array} \right\} \rightarrow \omega = \frac{U - R_a \cdot I_a}{c \cdot \phi}$$



10. Gubici snage i stepen iskorišćenja

- Mehanički gubici:
 - gubici na trenje u ležištima, P_t
 - gubici na trenje dirki na komutatoru, P_c
 - ventilacioni gubici (usled trenja rotora o vazduh), P_v
- Gubici u gvozdju: $P_{Fe} = P_H + P_F$
- Gubici u bakru: $P_{Cu} = P_{Cua} + P_p + P_d$

