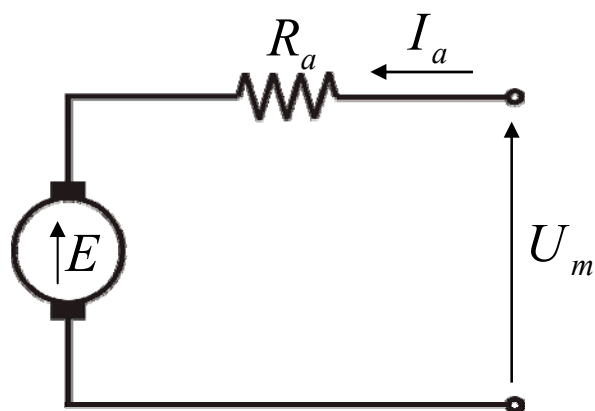
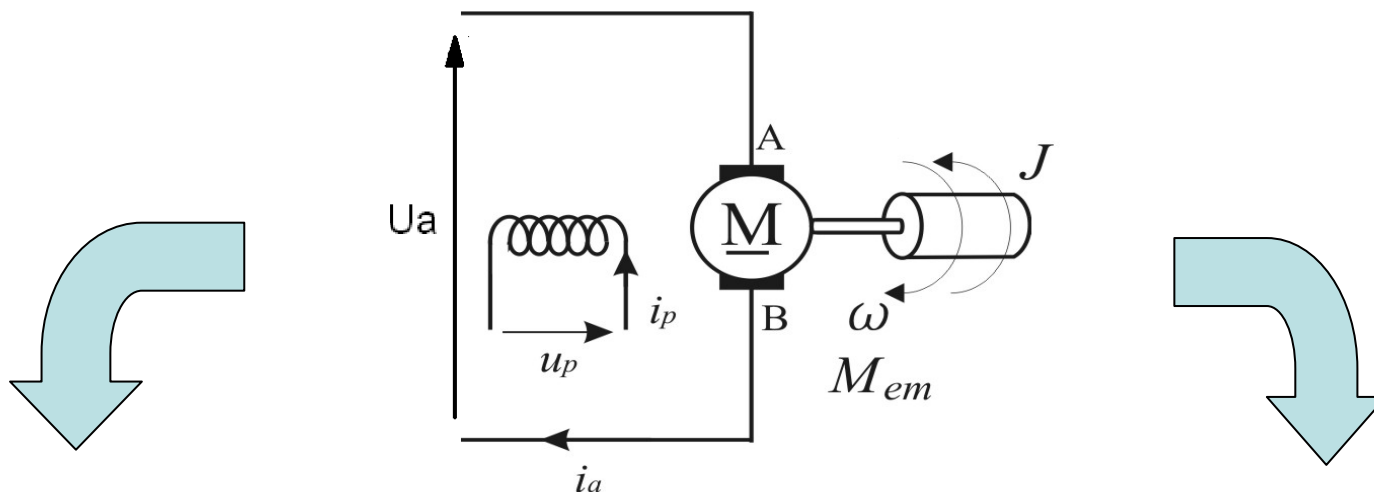


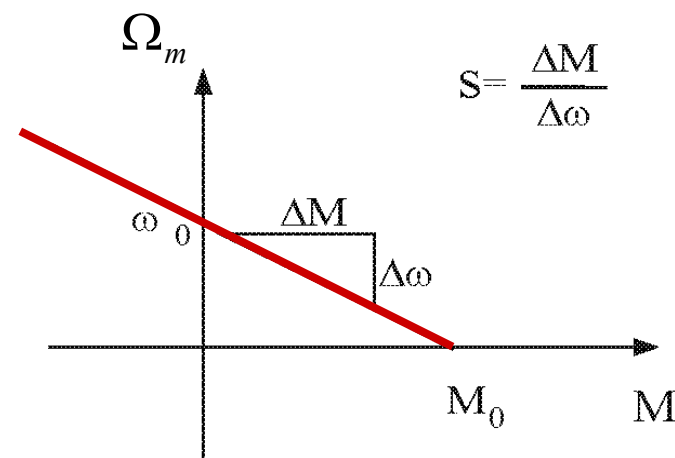
Машине за једносмерну струју

заменска шема за устаљена стања + механичка карактеристика



$$U_a = E_a + R_a I_a$$

$$E_a = k_e \Phi_p \Omega_m$$



$$M_{em} = k_m \Phi_p I_a$$

$$M_{em} = K_m \Phi_P \frac{U_{AB} - K_e \Phi_p \Omega_m}{\sum R}$$

- Машине за једносмерну струју

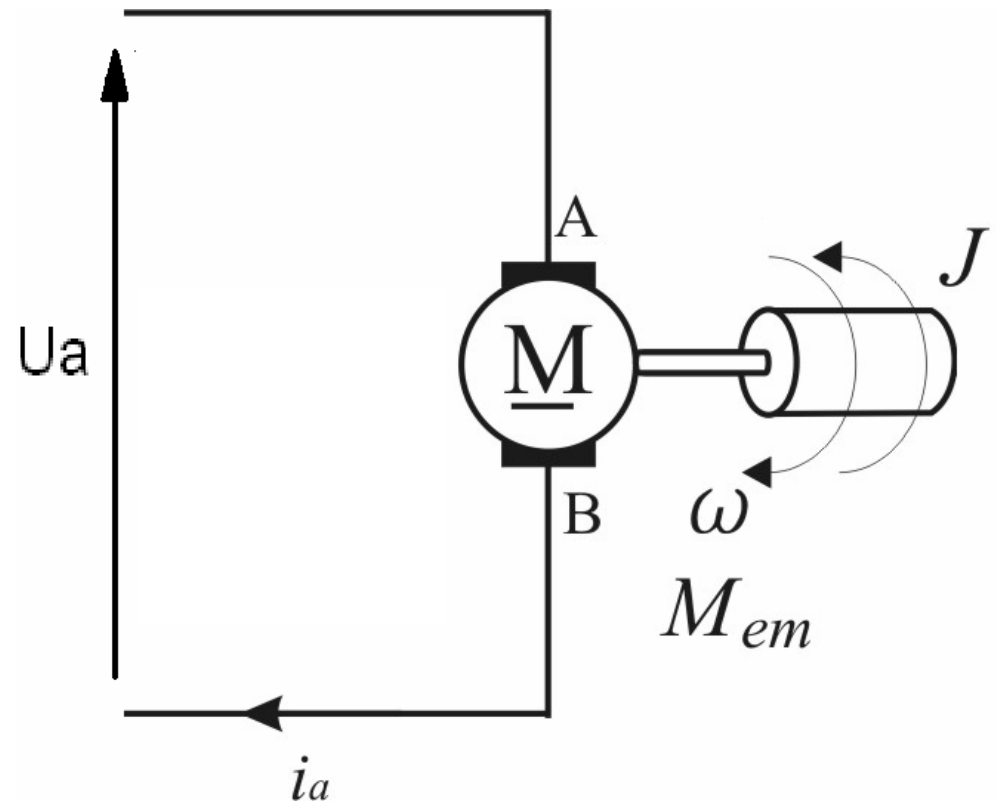
Динамички модел МЈСС

$$u_a = E_a + R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt}$$

$$E_a = k_e \Phi_p \Omega_m$$

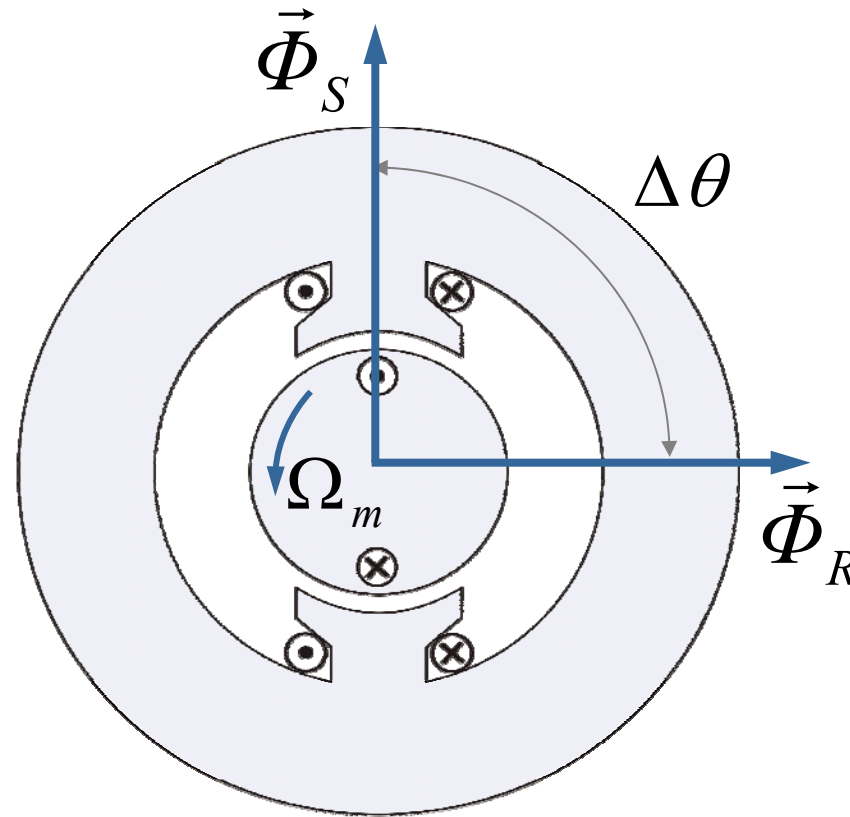
$$M_{em} = k_m \Phi_p i_a$$

$$M_{em} = J \frac{d\Omega_m}{dt} + B \Omega_m + M_{LOAD}$$



- Машине за једносмерну струју -

Принцип рада: Роторски проводници са струјом I крећу се у непомичном магнетском пољу статора

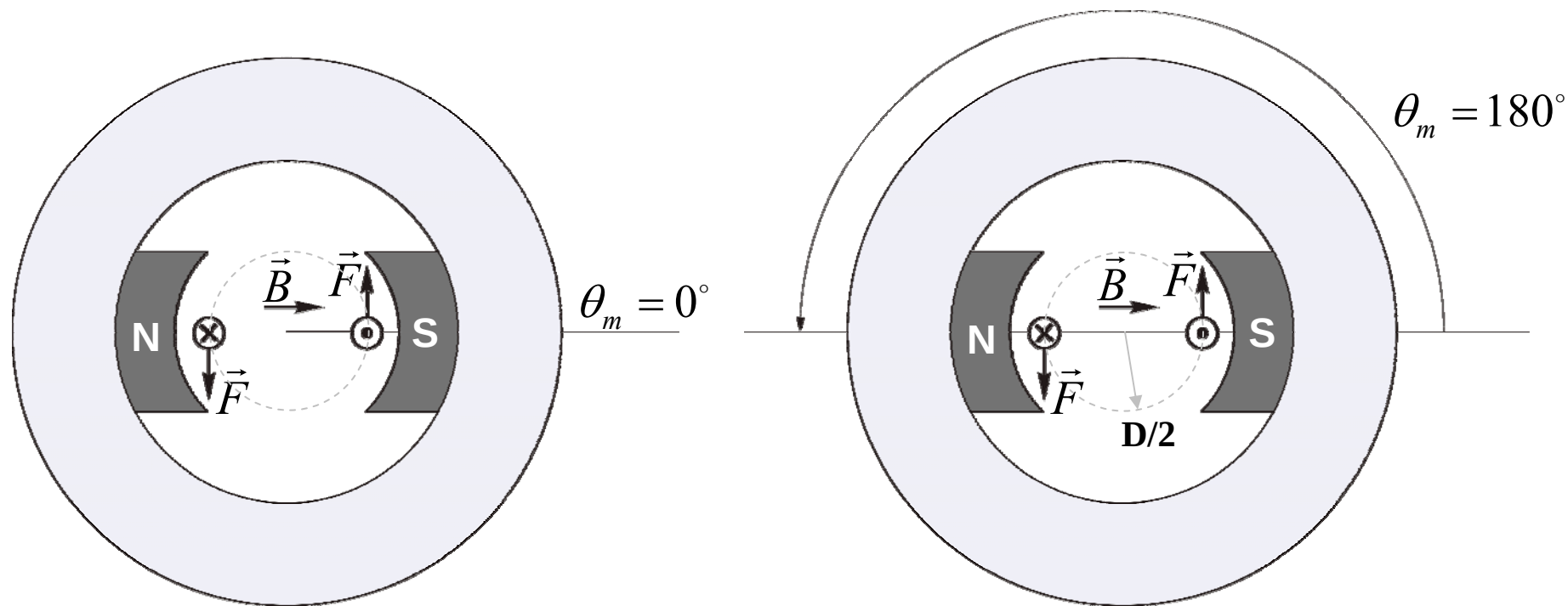


MJCC

Једносмерна струја у намотају статора
Наизменична струја у намотају ротора

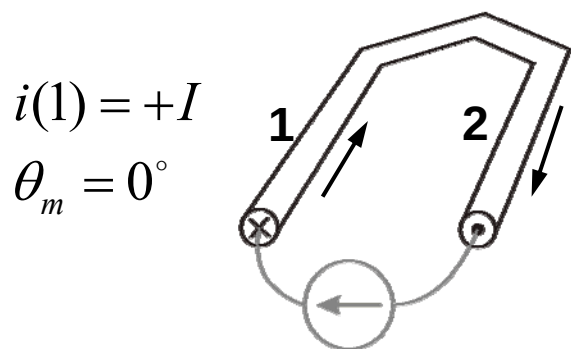
- Машине за једносмерну струју -

Принцип рада: Роторски проводници са струјом I крећу се у непомичном магнетском пољу статора

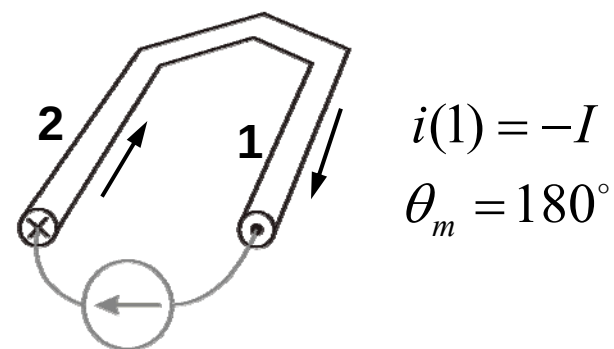


$$\vec{F} = i(\vec{l} \times \vec{B}) \Rightarrow F = lBi$$

$$M = lBiD$$



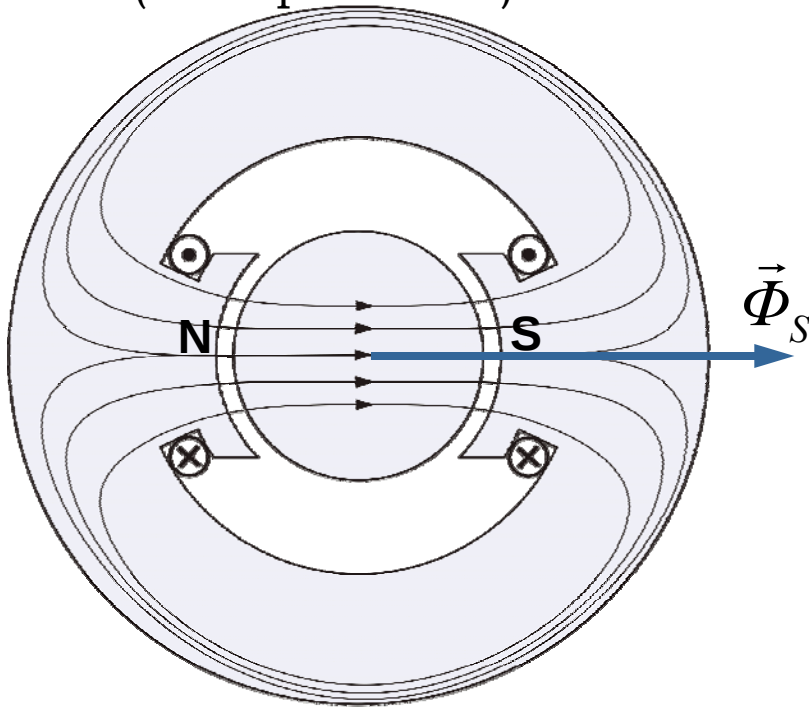
Неопходно
променити
смер струје



КОНСТРУКЦИЈА СТАТОРА МЈСС

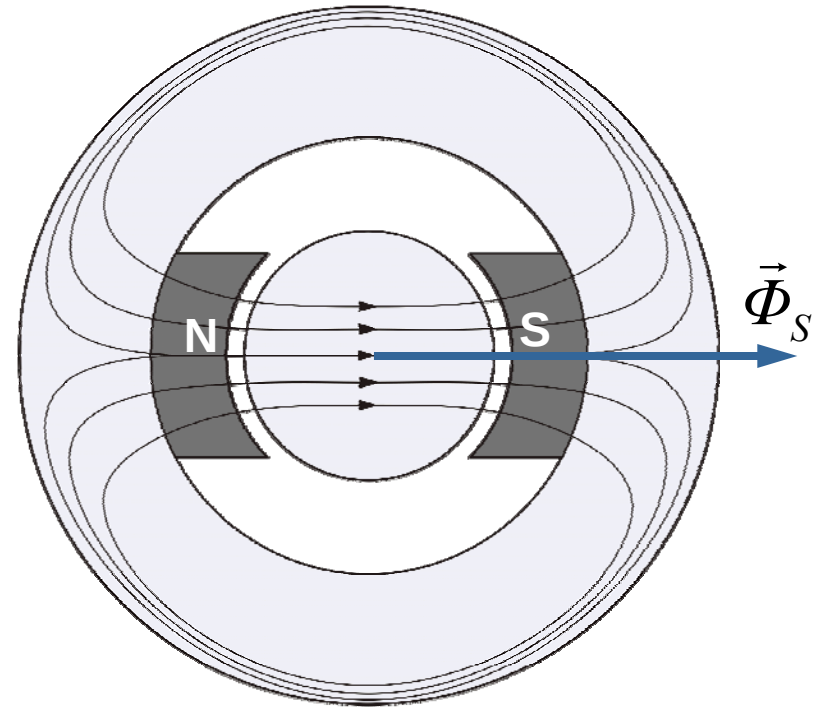
Статорски (побудни) флукс остварује се коришћењем побудног намотаја или перманентних магнета

Побудни намотај
(електромагнет):



$$\Phi_S = k_f I_f$$

Перманентни магнети:

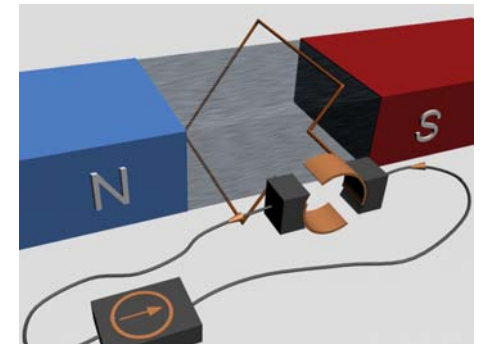
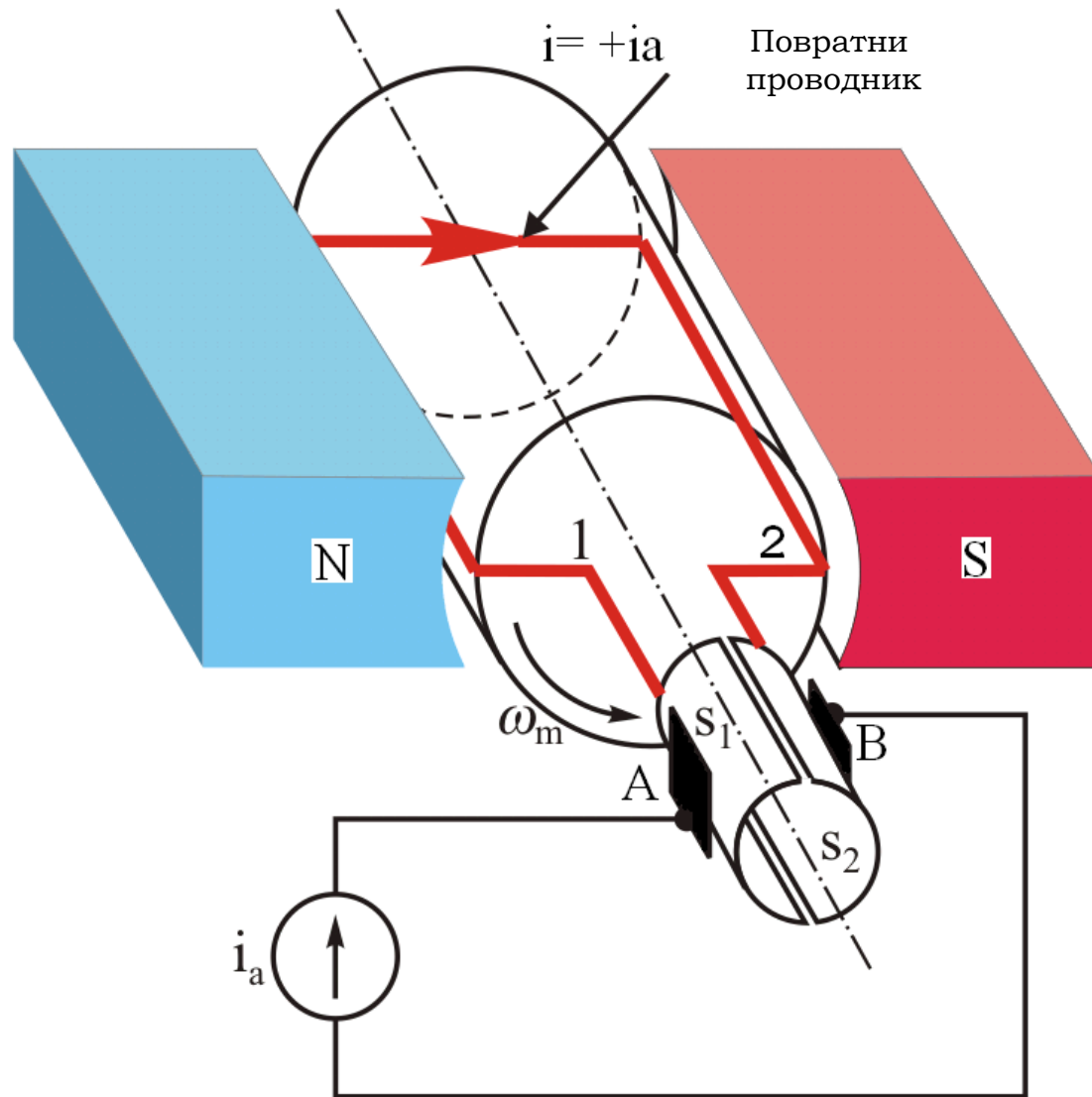


$$\Phi_S = \text{const.}$$

КОНСТРУКЦИЈА РОТОРА МЈСС

Принцип рада:

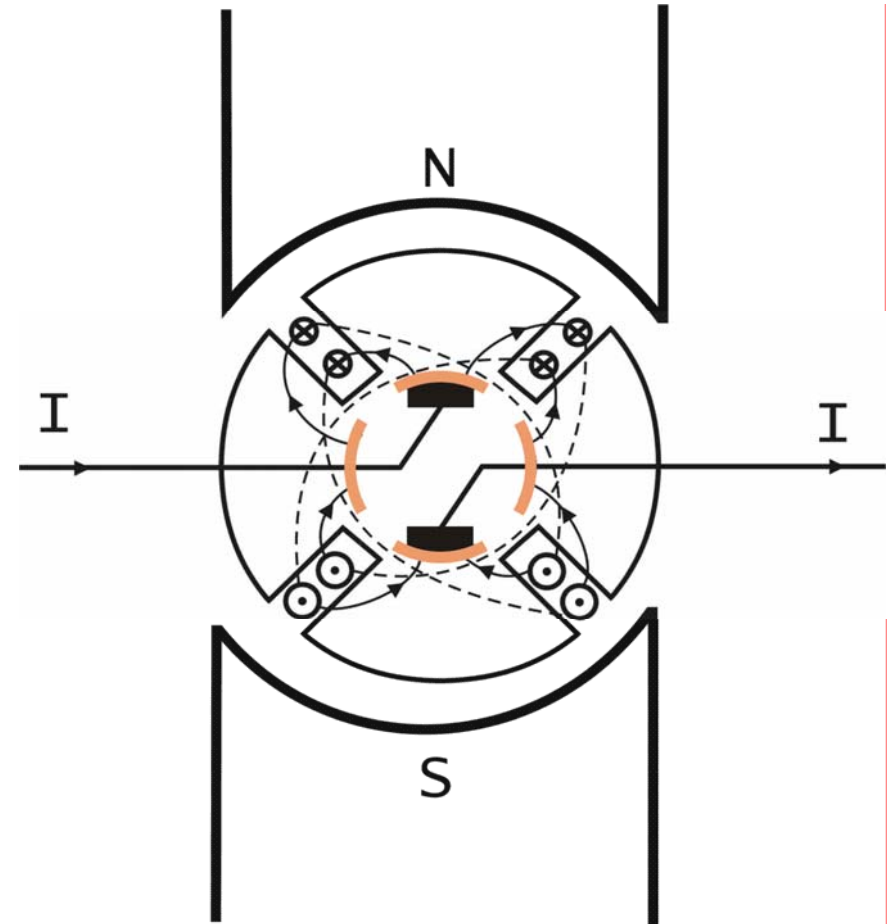
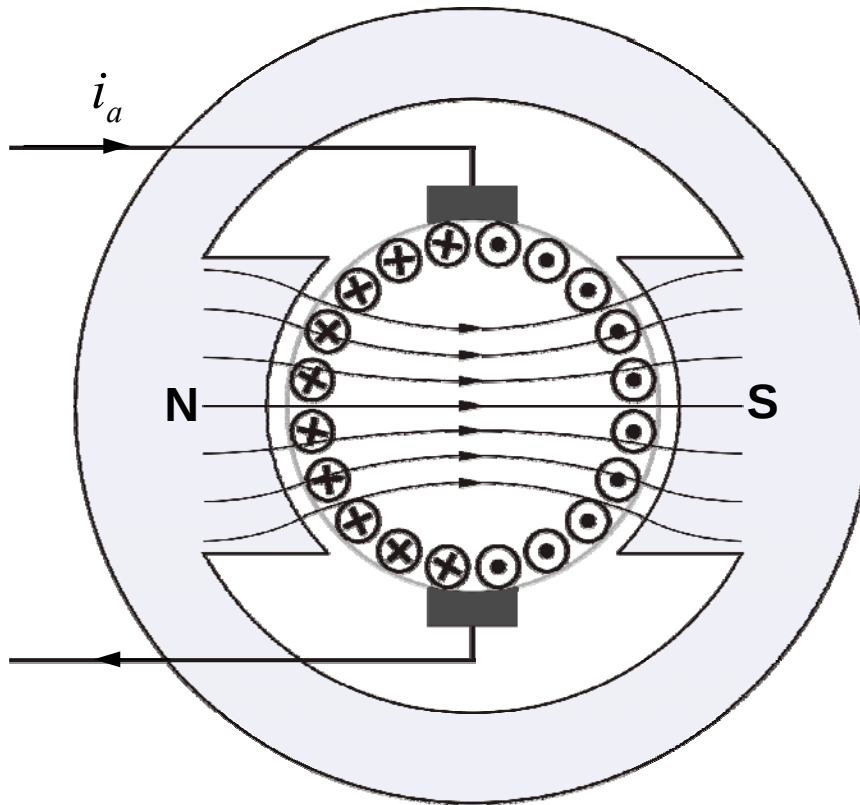
промена смера струје у проводницима ротора остварује се уз помоћ механичке направе, комутатора



>>>

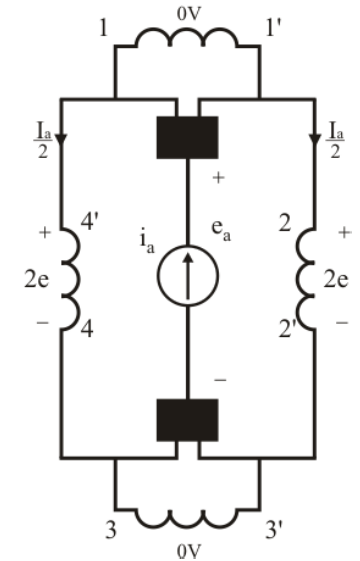
- Машине за једносмерну струју -

Комутатор са четкицама: Расподела струје по периферији ротора. Пример са 4 кришке и 4 жлеба



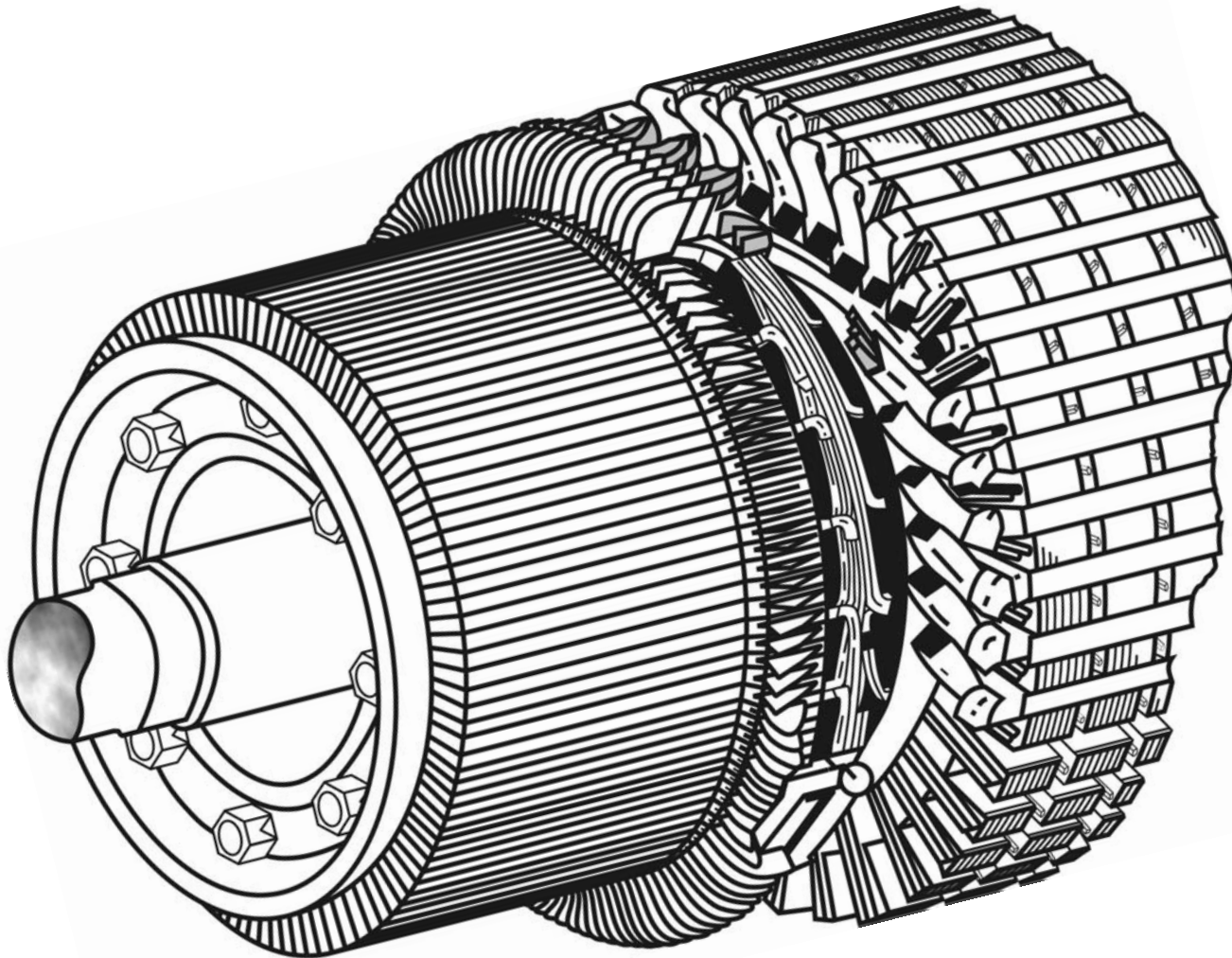
Пуне линије означавају проводник са чеоне стране ротора, испрекидане на зачељу

Комутација: Четкице доводе навојак у кратак спој



- Машине за једносмерну струју -

Комутатор са четкицама (реалан)

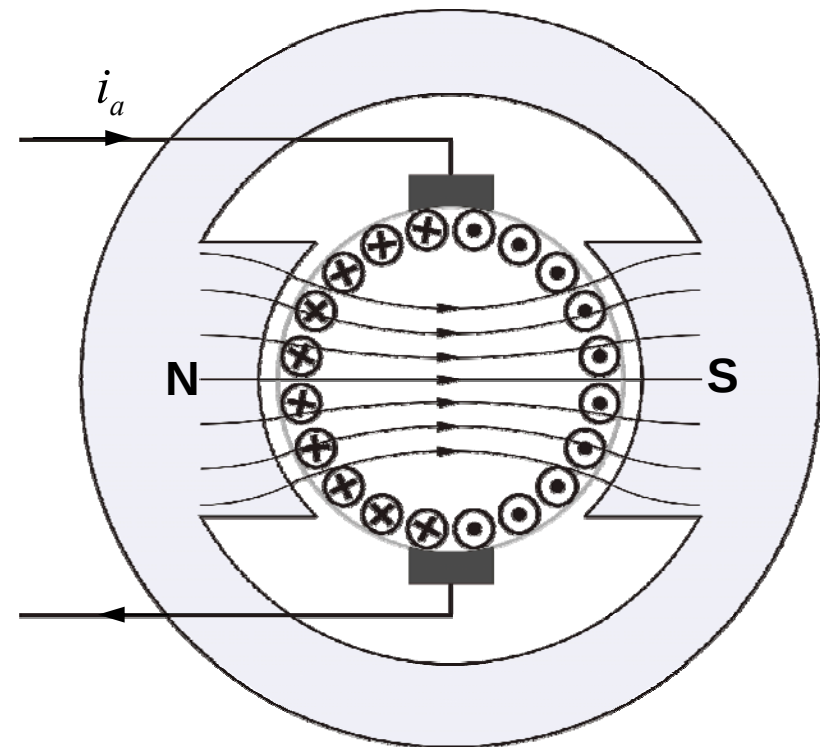
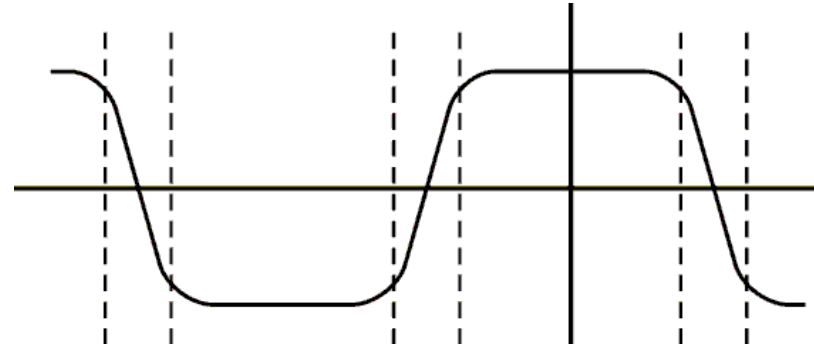
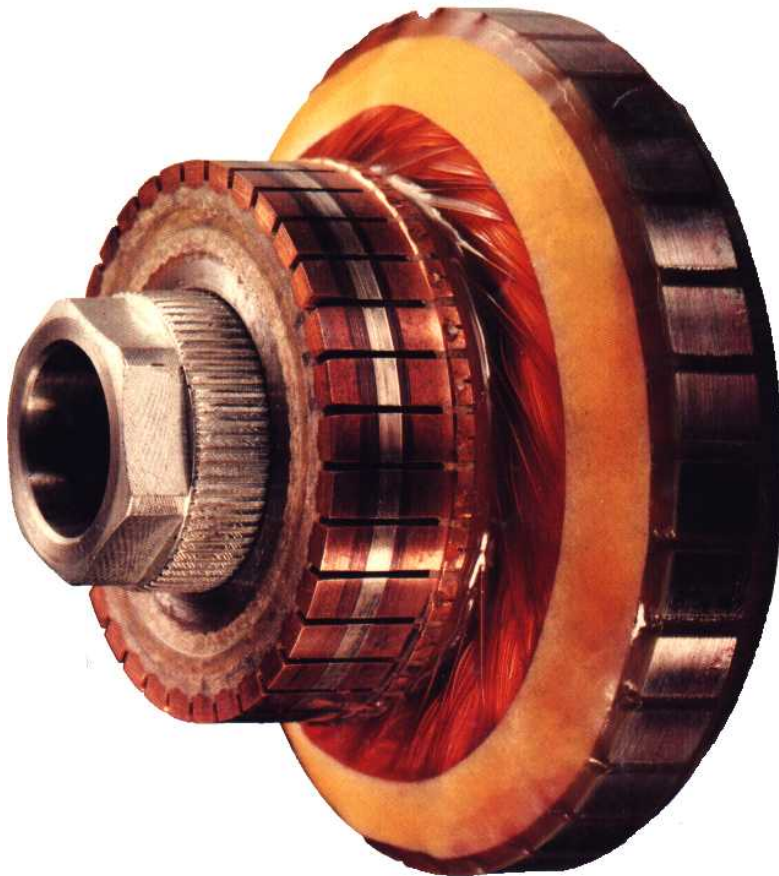


>>>

Фотографија

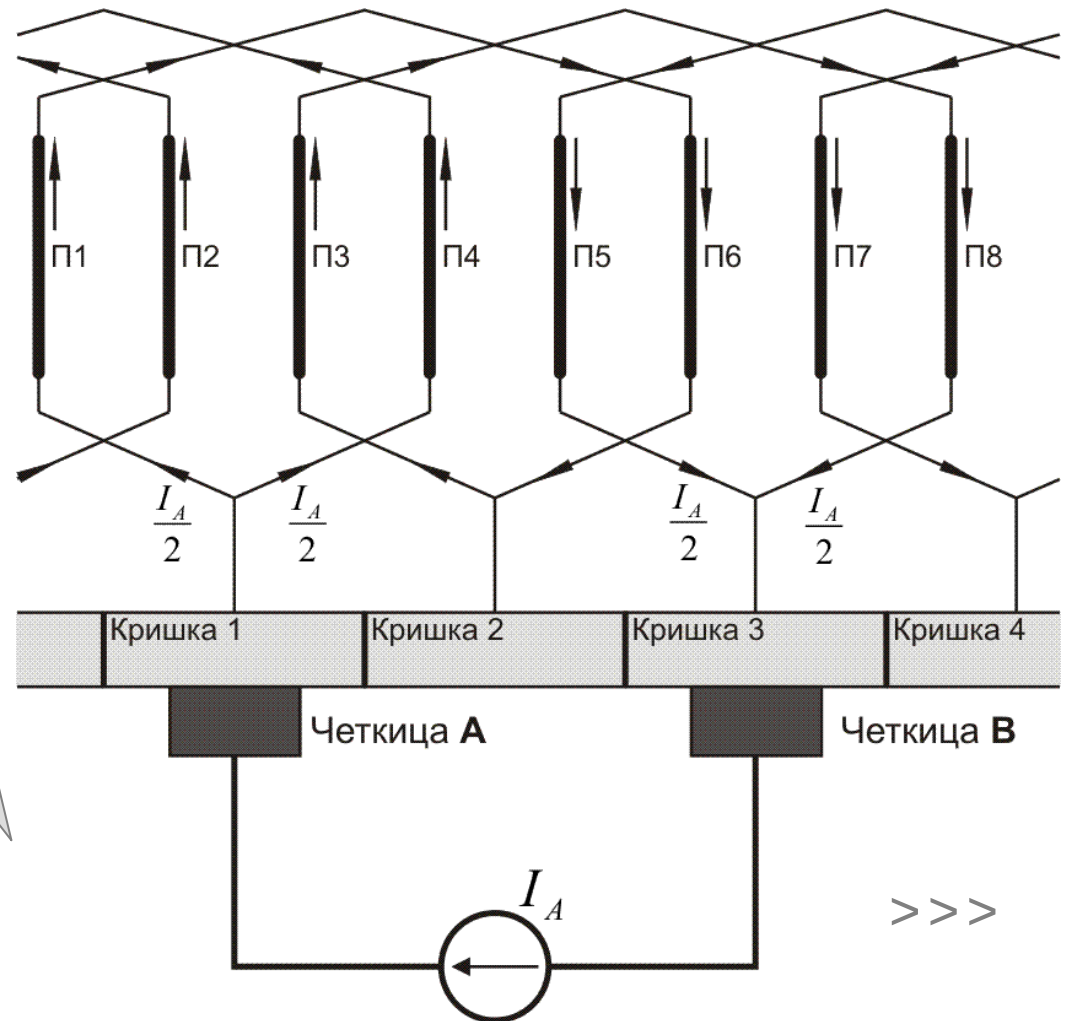
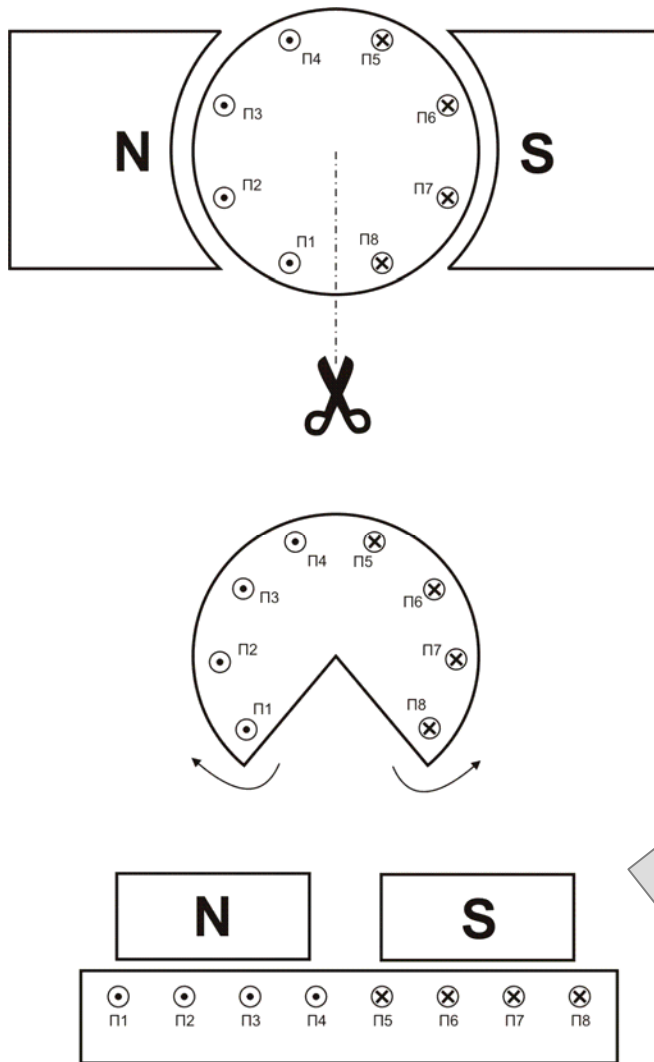
- Машине за једносмерну струју -

Комутатор – механички АС-DC конвертор



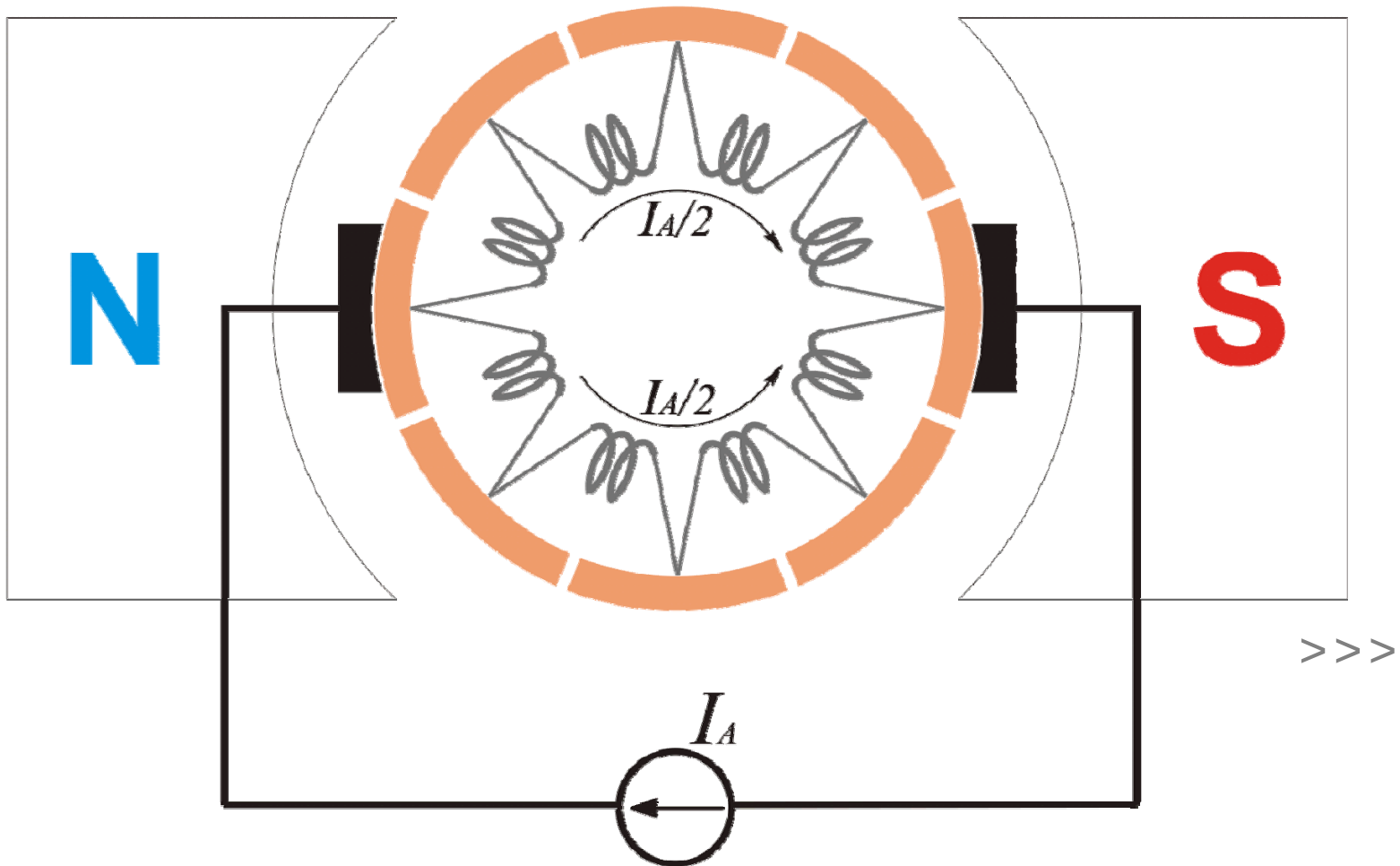
- Машине за једносмерну струју -

Начин формирања намотаја ротора МЈСС



- Машине за једносмерну струју -

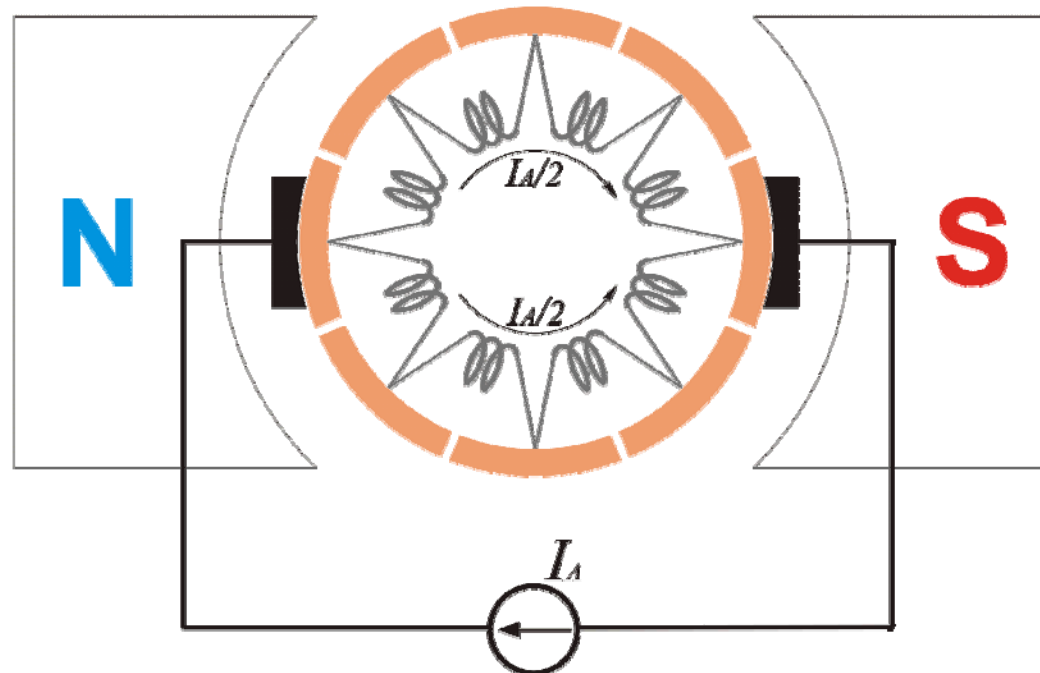
Комутација



Проблеми са комутацијом 

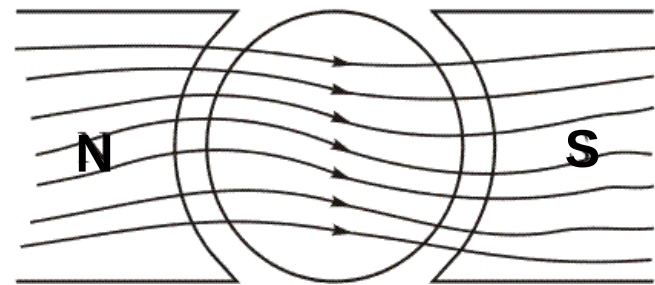
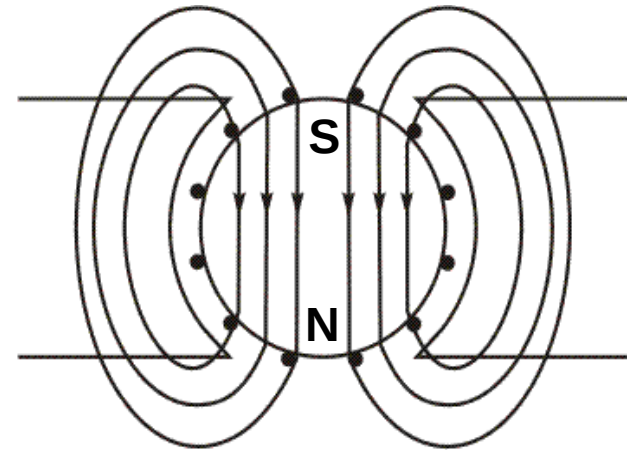
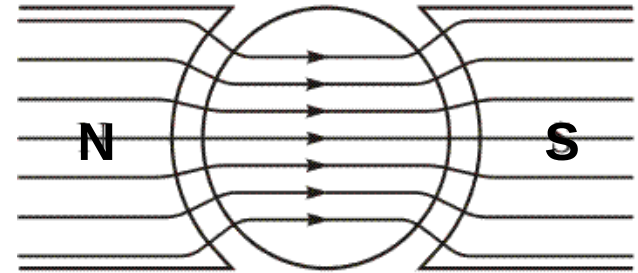
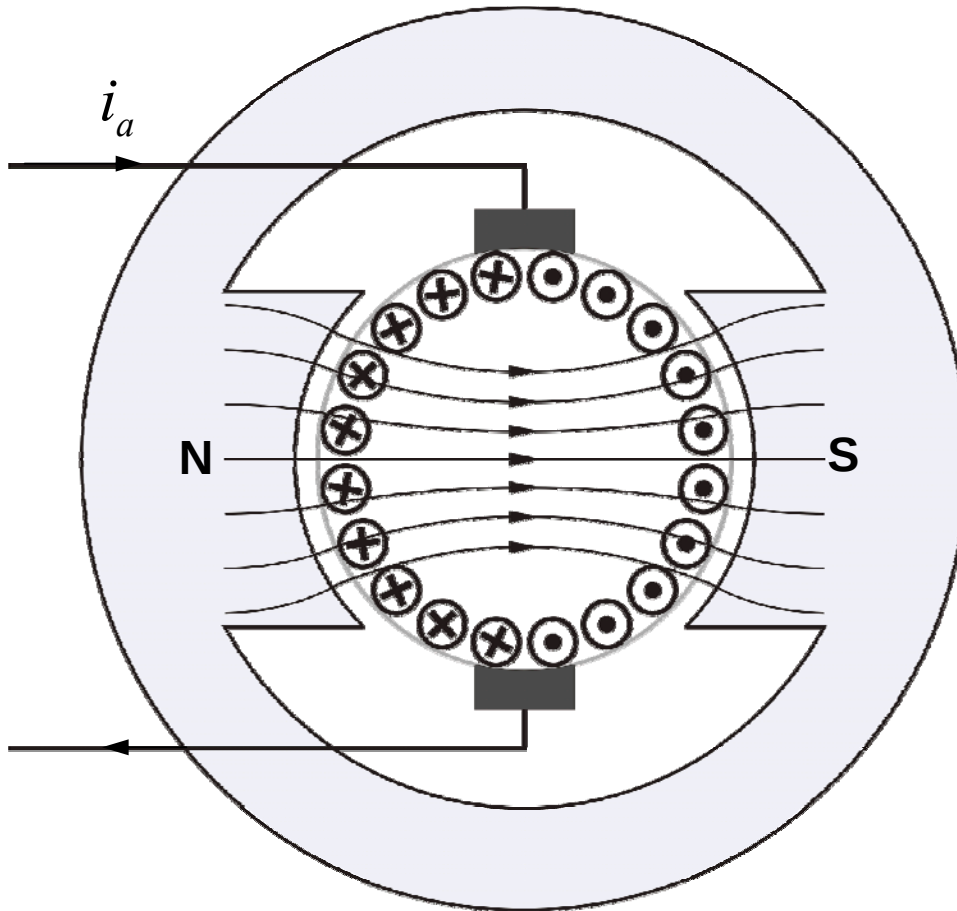
- Машине за једносмерну струју -

Предуслов за добру комутацију: У “неутралној зони”, у којој се крећу роторски проводници које четкица кратко спаја током комутације, магнетска индукција мора бити контролисана и блиска нули.



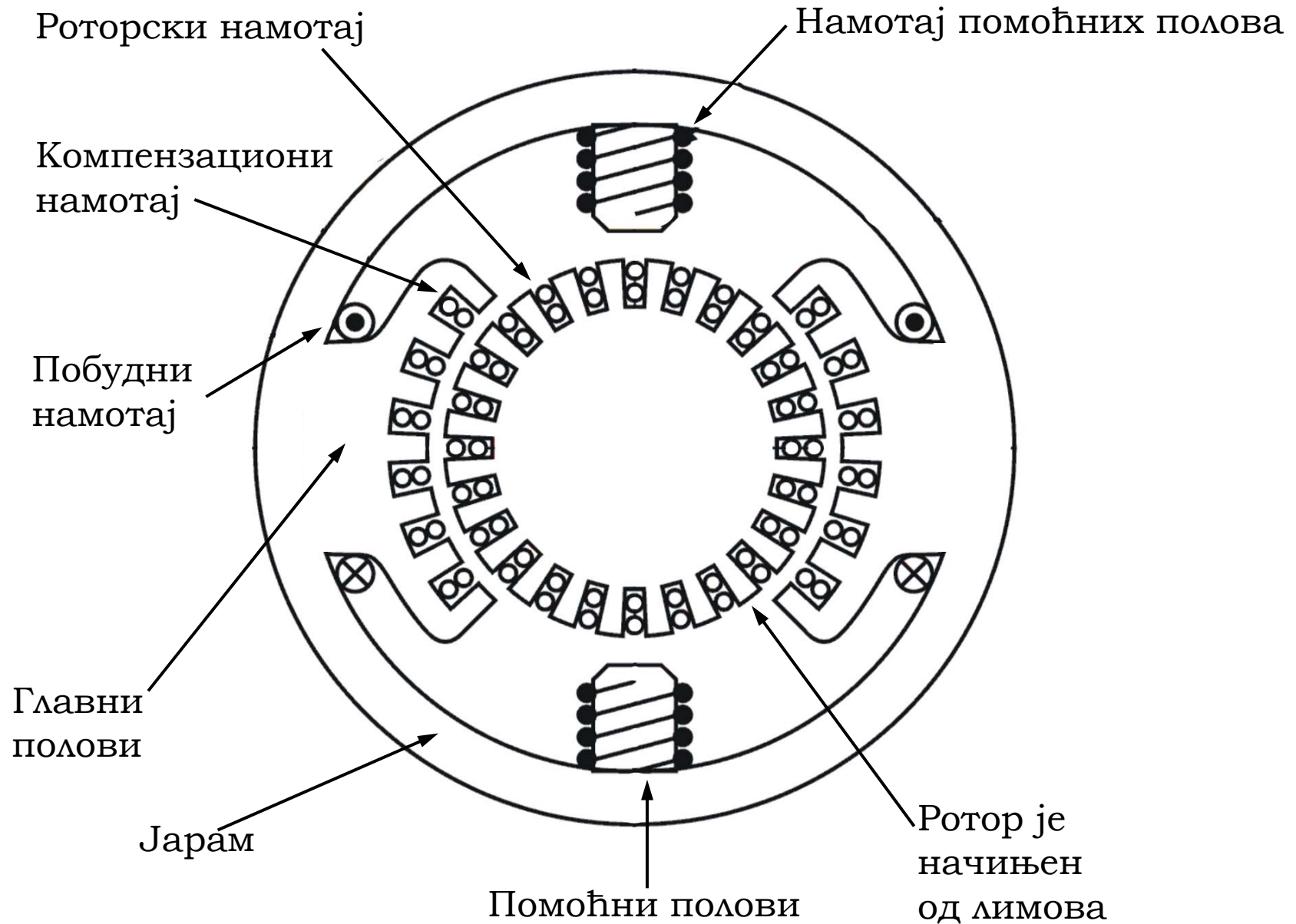
- Машине за једносмерну струју -

Интеракција статорског и роторског поља



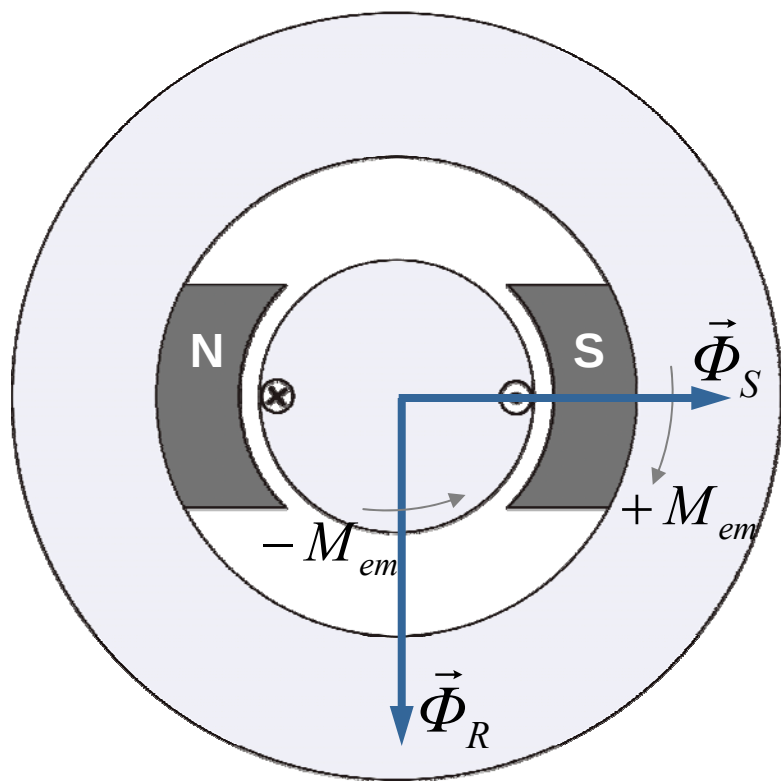
- Машине за једносмерну струју -

Конструкција МЈСС



- Машине за једносмерну струју -

Улога компензационог намотаја и намотаја помоћних полова: Супресија поља В у неутралној зони. Дакле, резултантно поље (тј. збир статорског и роторског) у попречној (вертикалној) оси блиско нули.



$$M_{em} = k \left| \vec{\Phi}_S \times \vec{\Phi}_R \right|$$

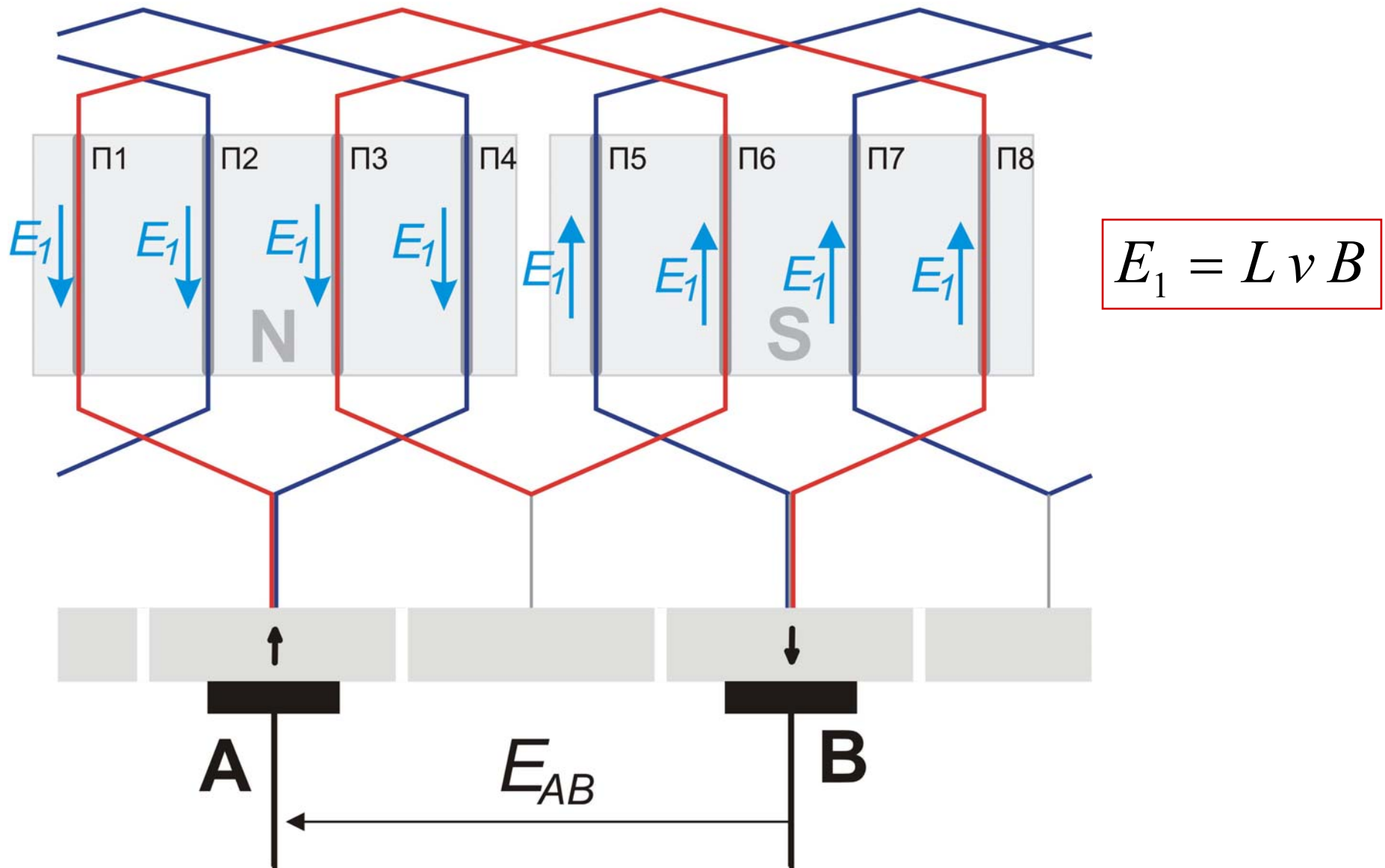
ПИТАЊЕ
за добре инжењере

? Постоји ли момент ако намотај ПП
идеално компензује флукс ротора
тако да је $\Phi_r = 0$?

- Машине за једносмерну струју -

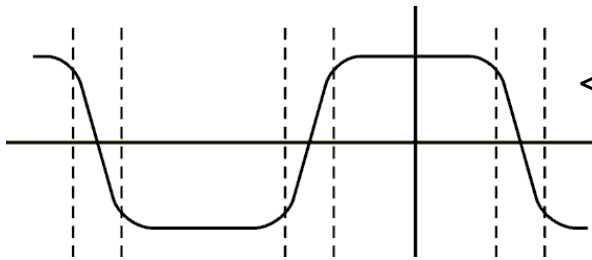
Индукована ЕМС у проводнику, ЕМС између А и Б

OG2EM boban@ieee.org

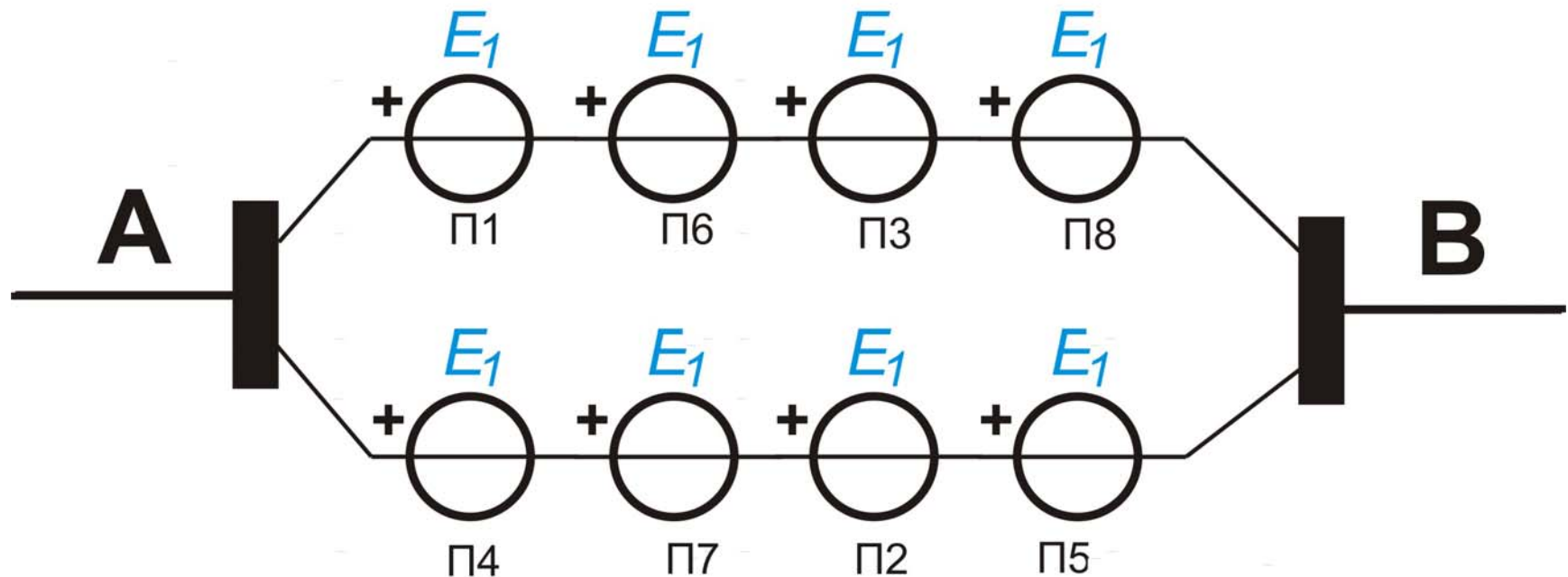


- Машине за једносмерну струју -

Комутатор: Конвертује наизменичну ЕМС роторских проводника у једносмерни напон, ЕМС између А и Б



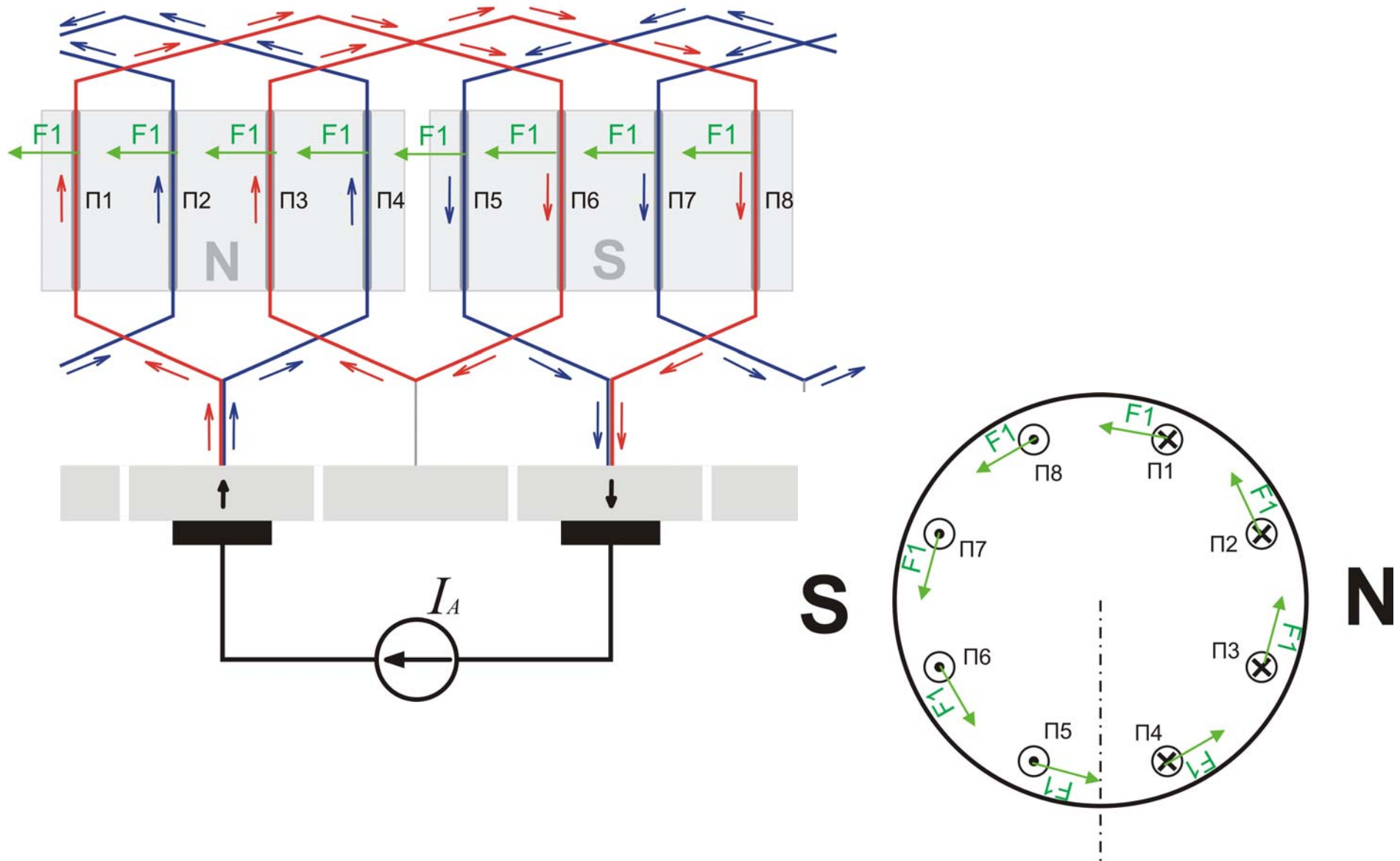
<<< Облик ЕМС индуковане у П1, П2,



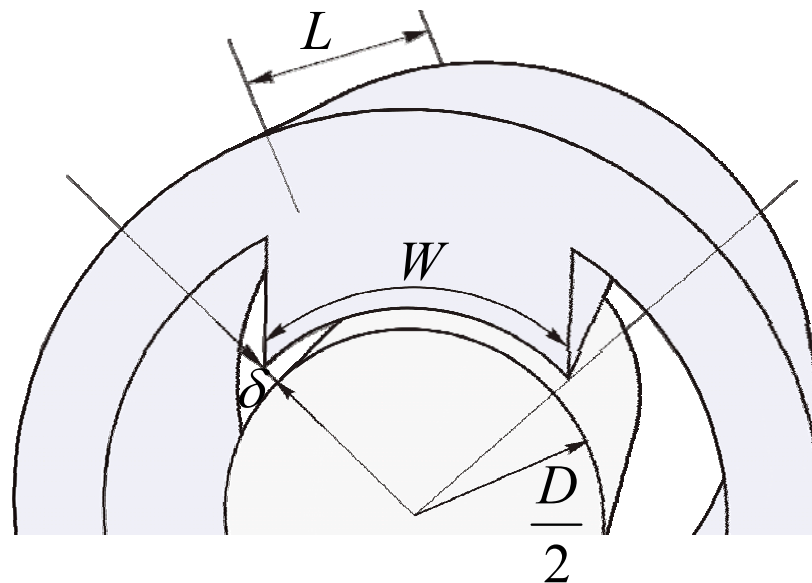
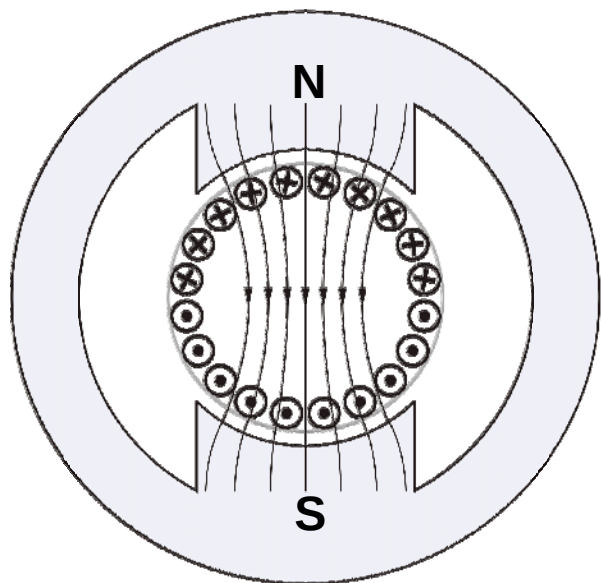
- Машине за једносмерну струју -

Генерисање момента.

OG2EM boban@ieee.org



Изрази за укупни момент и ЕМС



$$S = LW, \quad N_R \text{ provodnika}$$

$$\mathcal{R}_\mu = \frac{2\delta}{\mu_0 LW}, \quad L_p = \frac{\mu_0 LW}{2\delta} N_p^2$$

$$\psi_p = L_p I_p, \quad \Phi_p = \frac{\psi_p}{N_p} =$$

$$= \frac{\mu_0 LW}{2\delta} N_p I_p = L'_p I_p$$

$$\text{ispod } N \text{ pola : } N_R \frac{W}{\pi D} \text{ provodnika}$$

$$\text{indukcija pod polom } B_p = \frac{\Phi_p}{WL},$$

$$E_a = k_e \Phi_p \omega_m, \quad k_e = \frac{N_R}{2\pi}$$

$$M_{em} = k_m \Phi_p i_a, \quad k_m = \frac{N_R}{2\pi}$$

Моделовање

$$u_a = E_a + R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt}$$

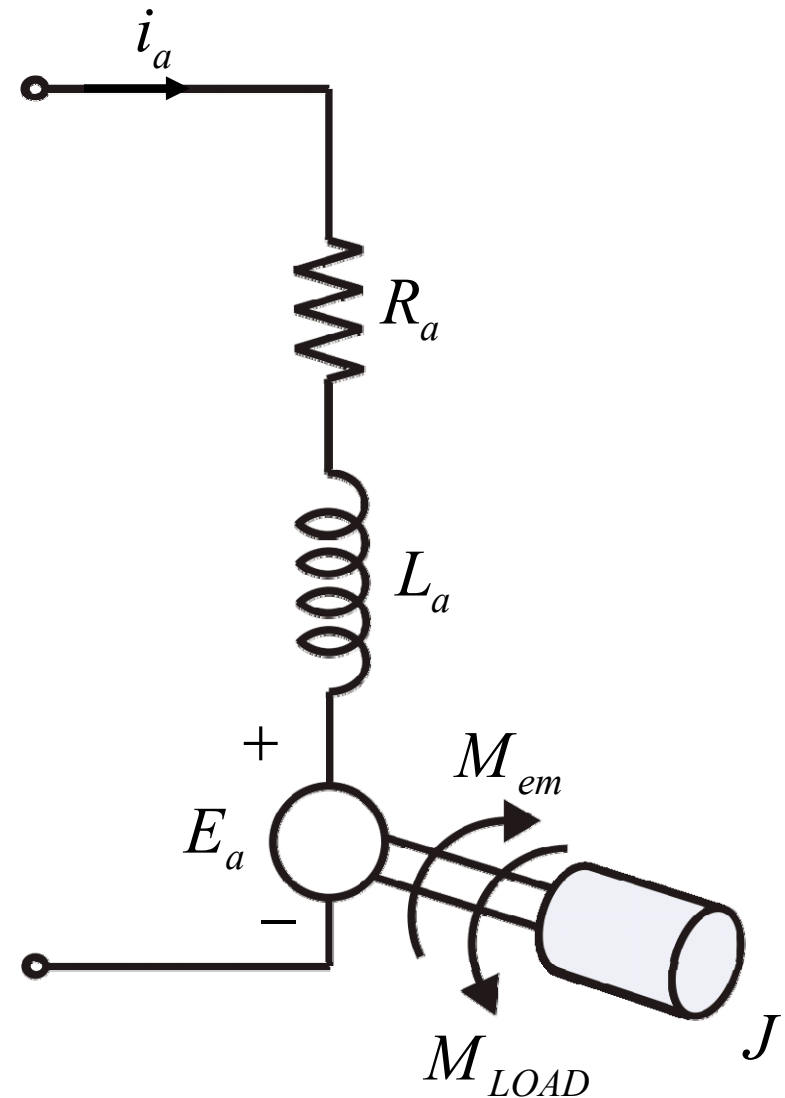
$$E_a = k_e \Phi_p \Omega_m$$

$$M_{em} = k_m \Phi_p i_a$$

$$M_{em} = J \frac{d\Omega_m}{dt} + B \Omega_m + M_{LOAD}$$

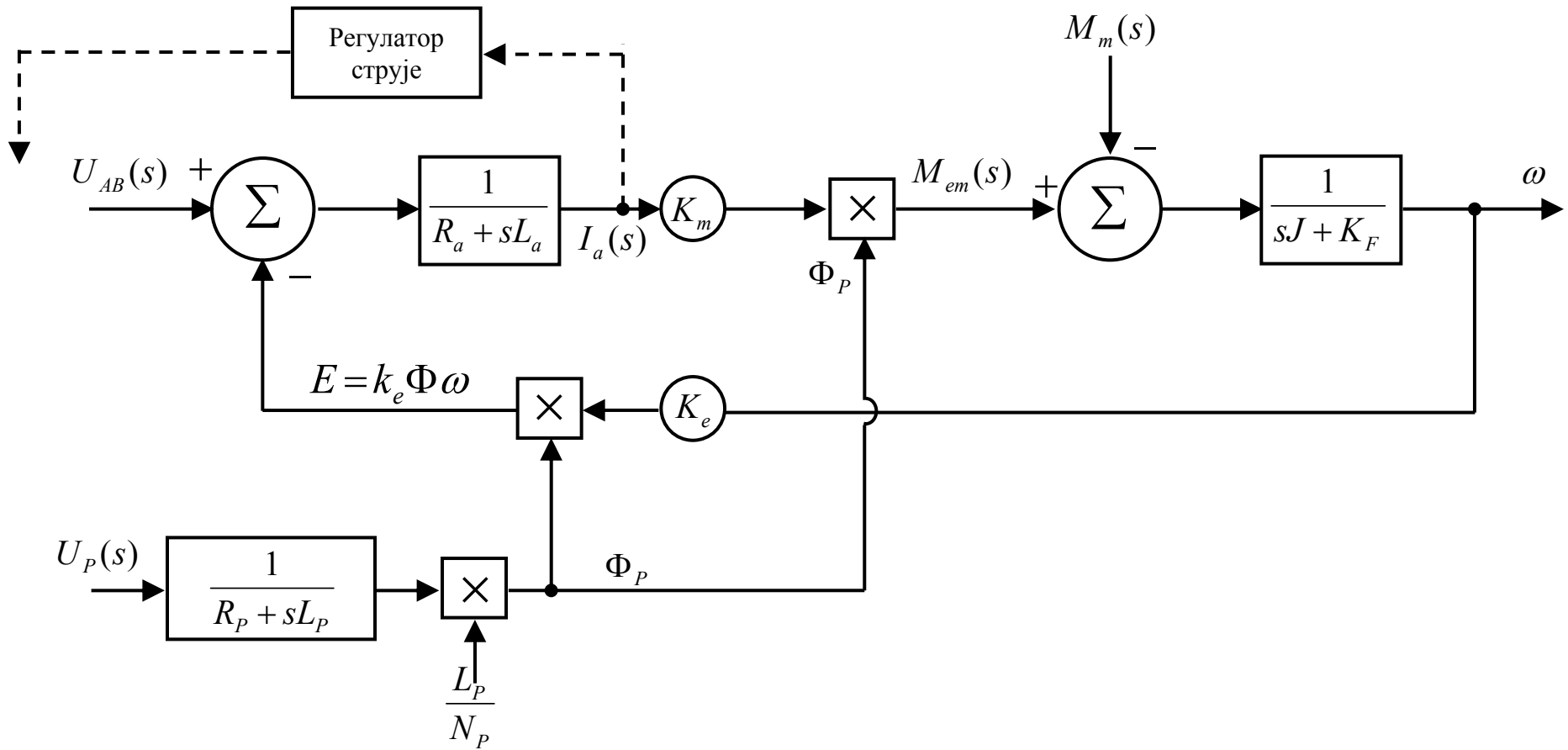
pobudni namotaj, R_P, L_P, u_P

$$u_P = R_P i_P + L_P \frac{di_P}{dt}$$



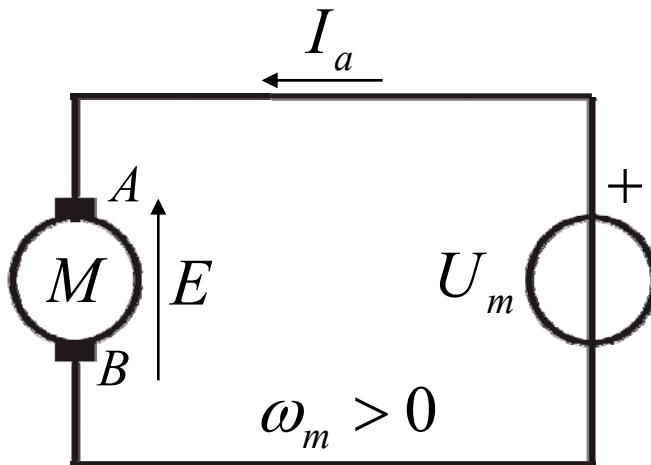
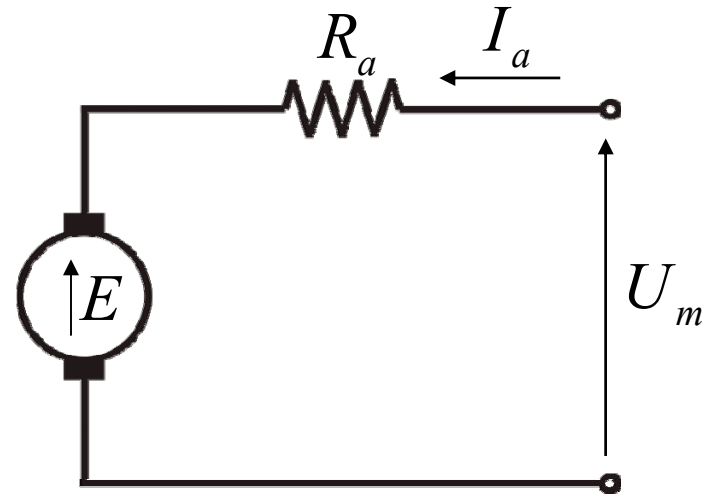
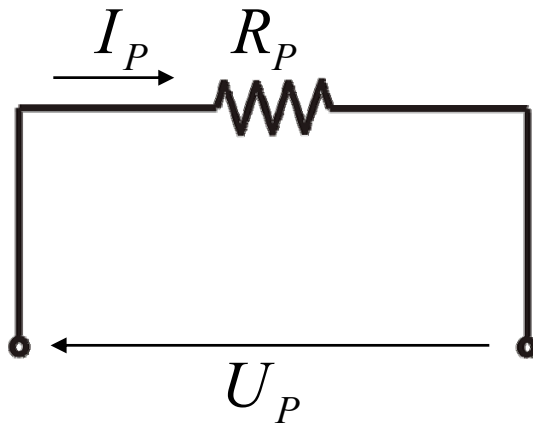
- Машине за једносмерну струју -

Динамички модел



Електрична заменска шема за стационарна стања

МОТОР:

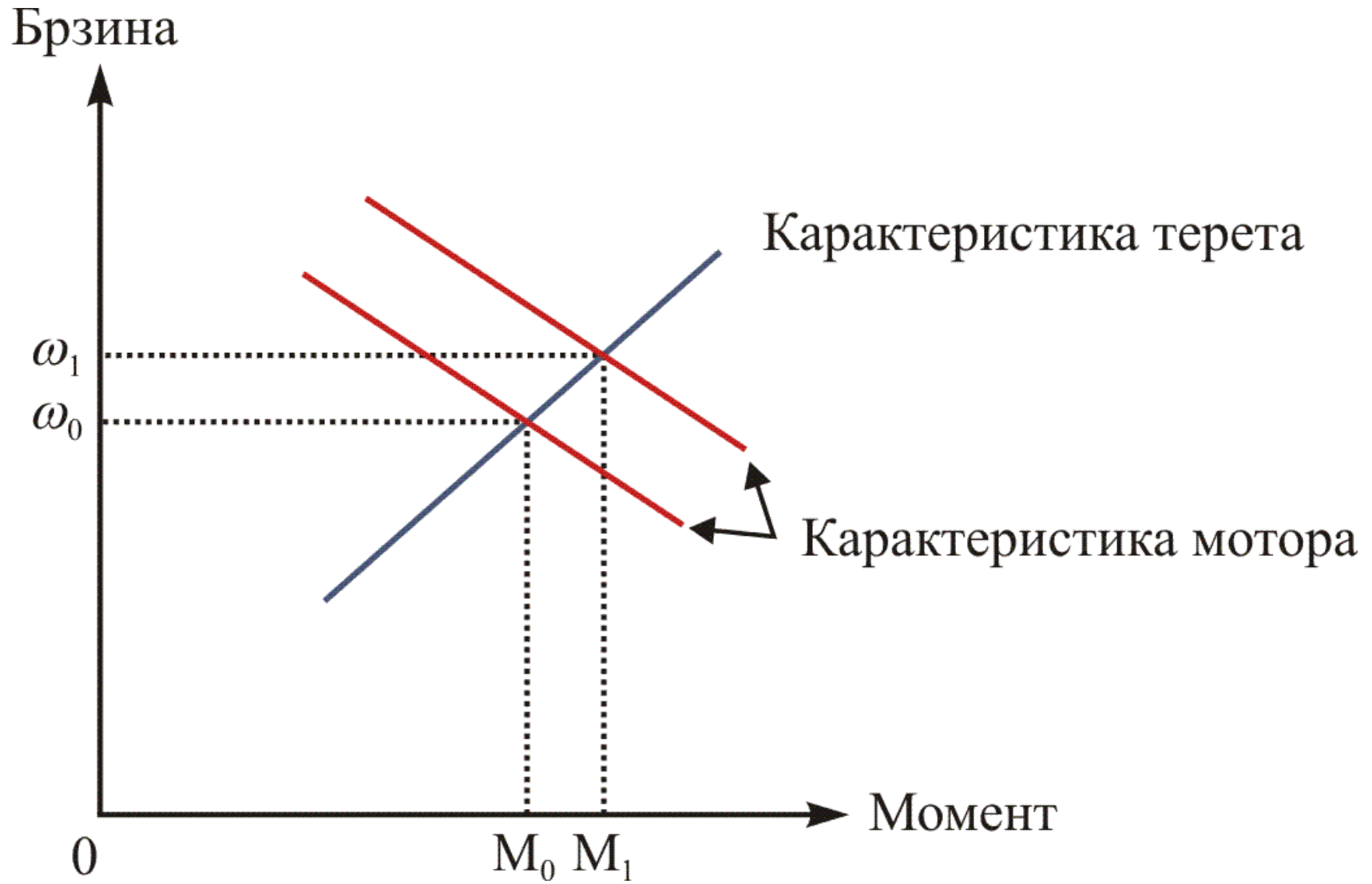


$$I_a = \frac{U_m - E_{AB}}{R_a} = \frac{U_m - k_e \Phi_p \omega_m}{R_a}$$

$$M_{em} = k_m \Phi_p I_a = k_m \Phi_p \left\{ \frac{U_m - k_e \Phi_p \omega_m}{R_a} \right\}$$

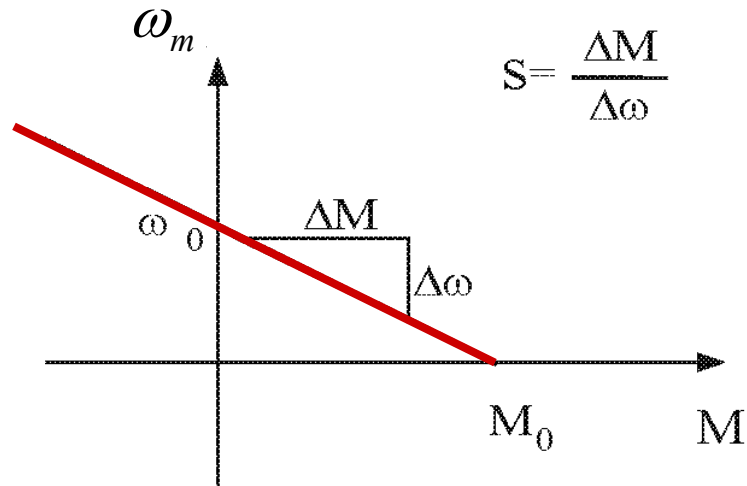
- Машине за једносмерну струју -

Механичка карактеристика $M(\omega)$ у стац. стању



- Машине за једносмерну струју -

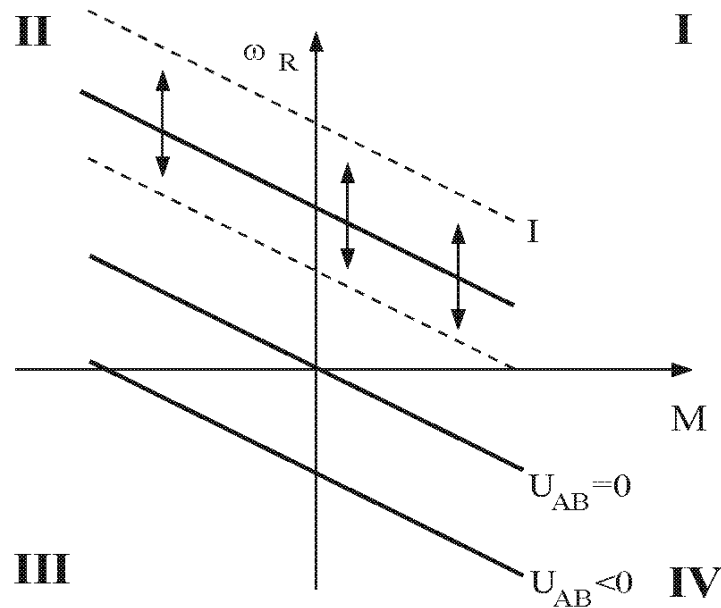
Механичка карактеристика $M(\omega)$ у стац. стању



$$M_{em} = K_m \Phi_P \frac{U_{AB} - K_e \Phi_P \omega_m}{\sum R}$$

$$M_{em} = \frac{U_{AB}}{\sum R} K_m \Phi_P - \frac{K_m K_e \Phi_P^2}{\sum R} \omega_m = M_0 - S \omega_m$$

$$S = \left| \frac{\Delta M_{em}}{\Delta \omega} \right| = \frac{K_m K_e \Phi_P^2}{\sum R}$$

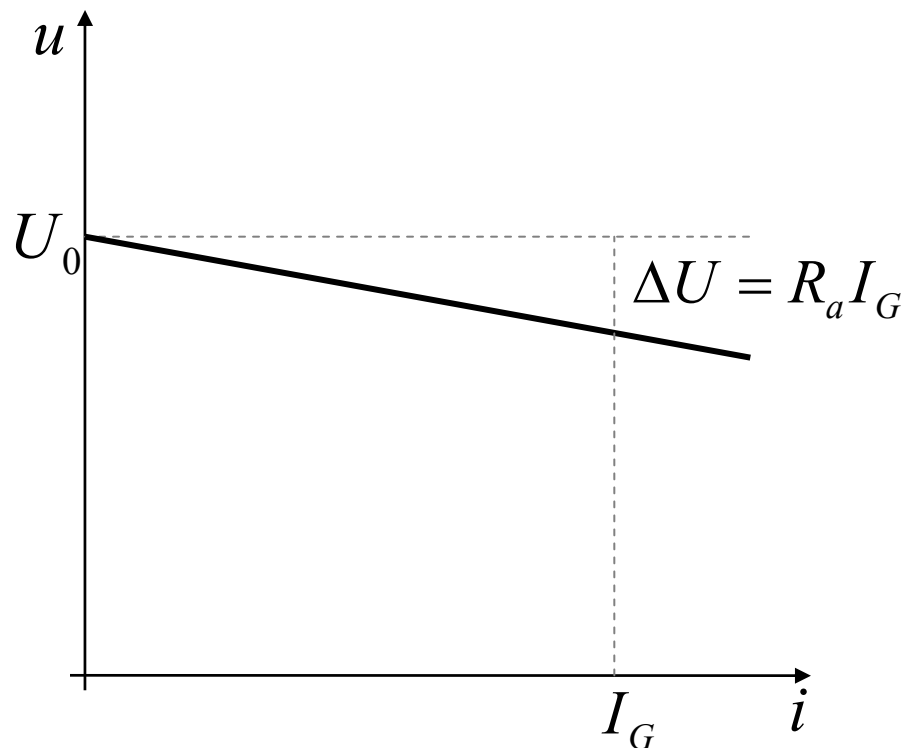
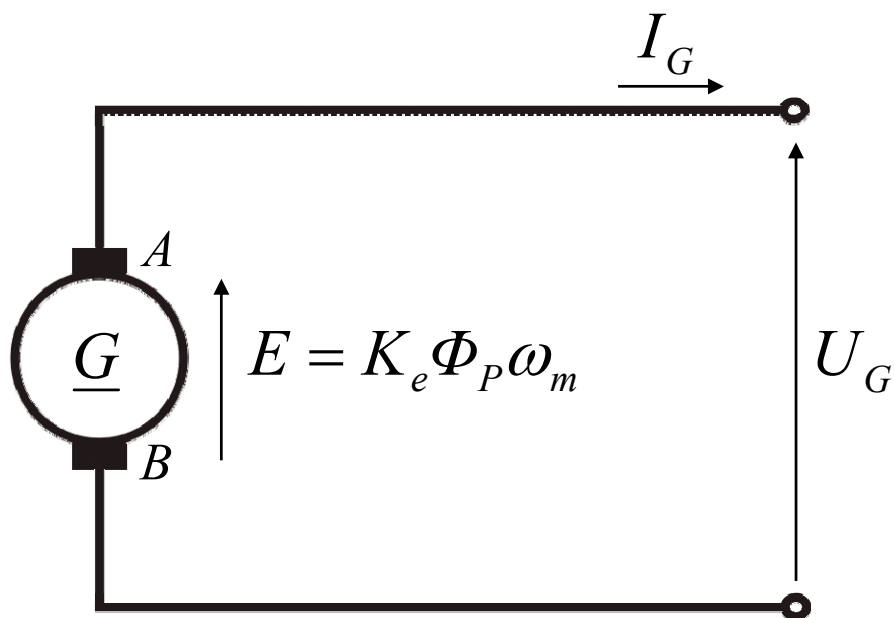


$$\omega_m = \omega_0 - \frac{1}{S} M_{em}$$

$$\omega_0 = \frac{U_{AB}}{K_e \Phi_P}$$

Електрична заменска шема за стационарна стања

ГЕНЕРАТОР:

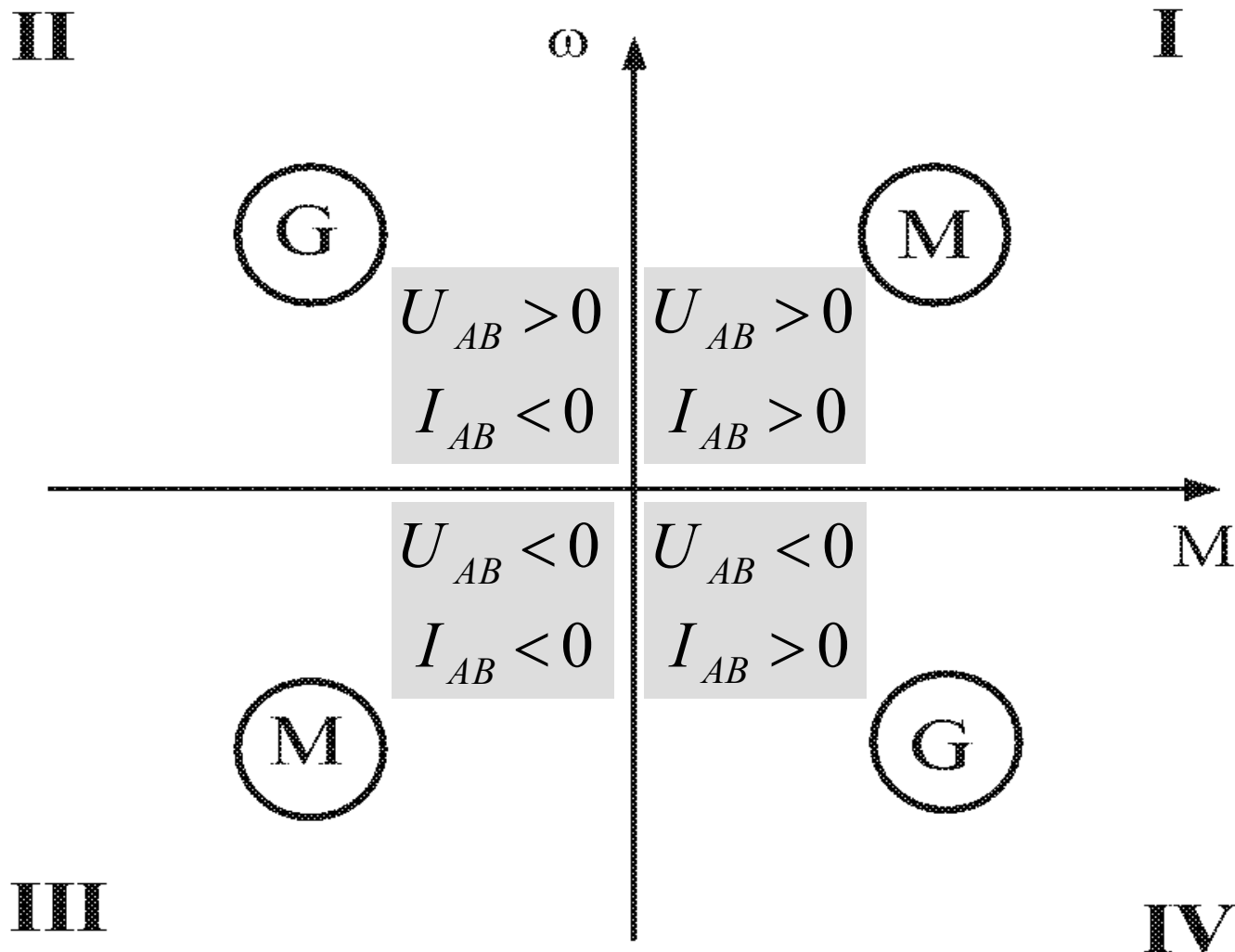


$$E - R_a I_G = U_G$$

$$K_e \Phi_P \omega_m - R_a I_G = U_G$$

- Машине за једносмерну струју -

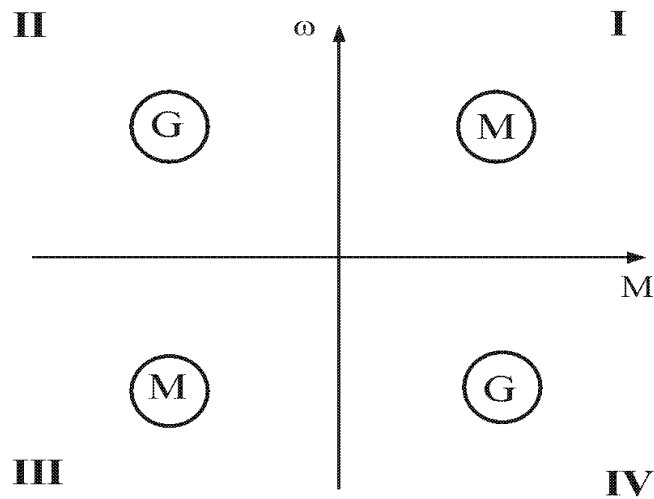
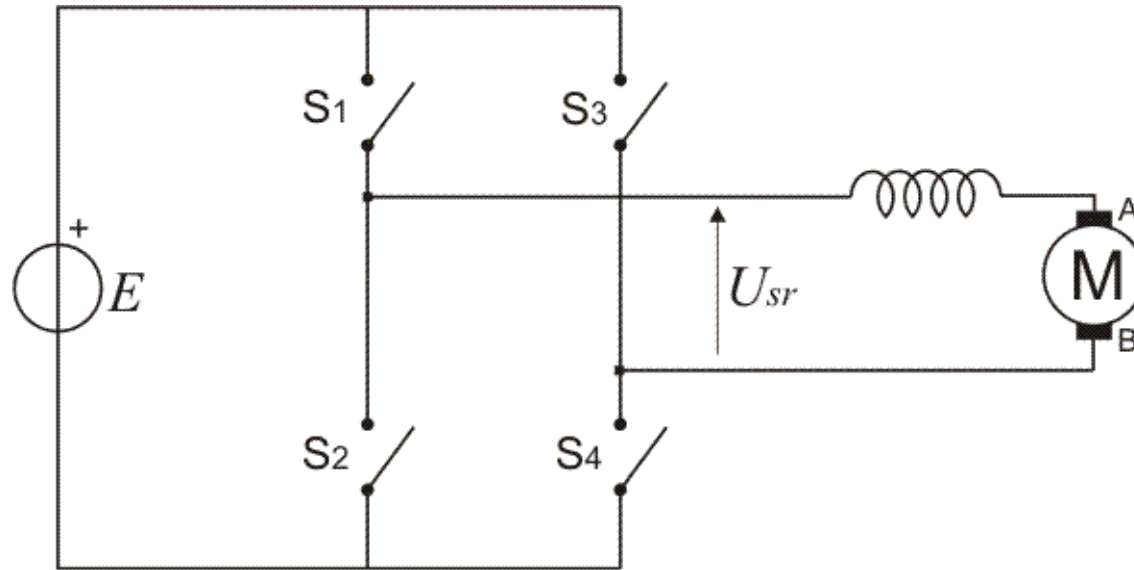
Спецификација потребних напона и струја: 1-, 2-, 4- квадрантни рад



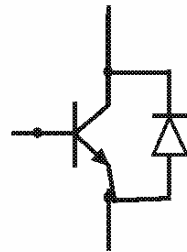
$$\omega_0 \Leftrightarrow U_{AB}$$
$$M_{em} \Leftrightarrow I_{AB}$$

- Машине за једносмерну струју -

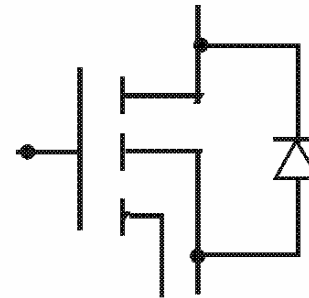
Напајање МЈСС за 1-, 2-, 4- квадрантни рад



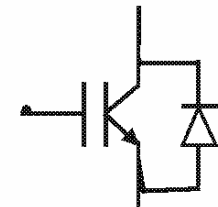
Биполарни
Транзистор (BJT)



MOSFET

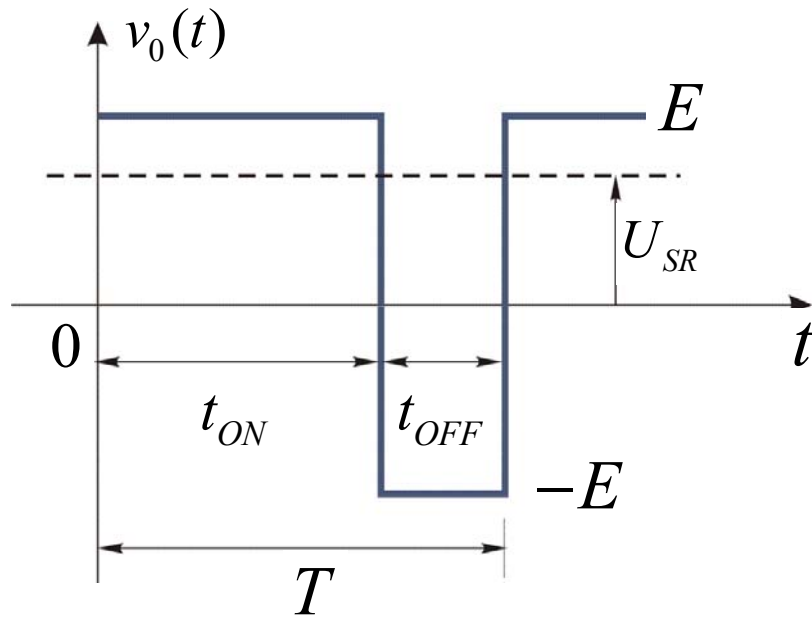
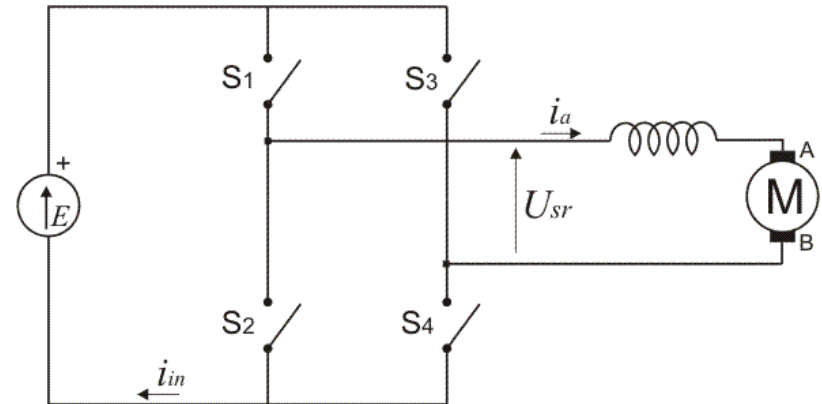
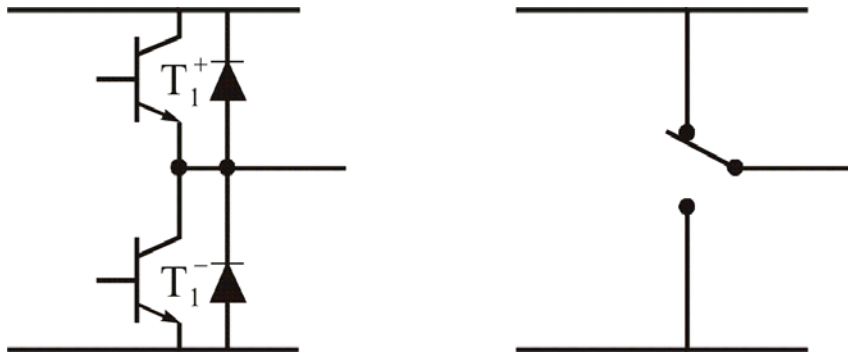


Биполарни транзистор
са изолованим гејтом
IGBT



- Машине за једносмерну струју -

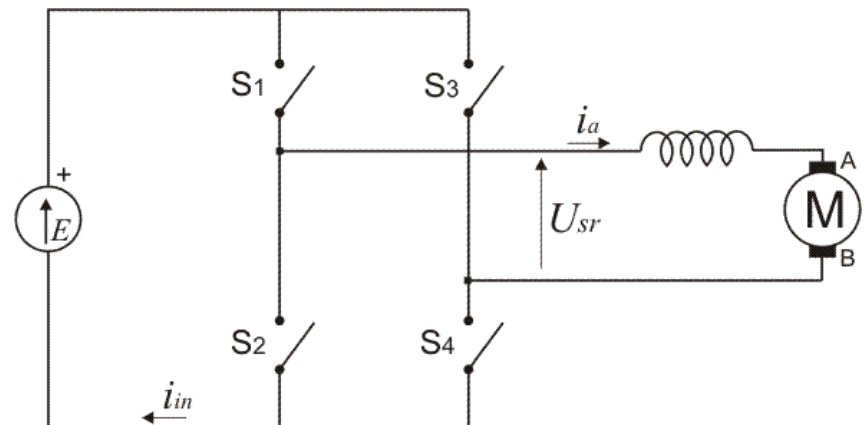
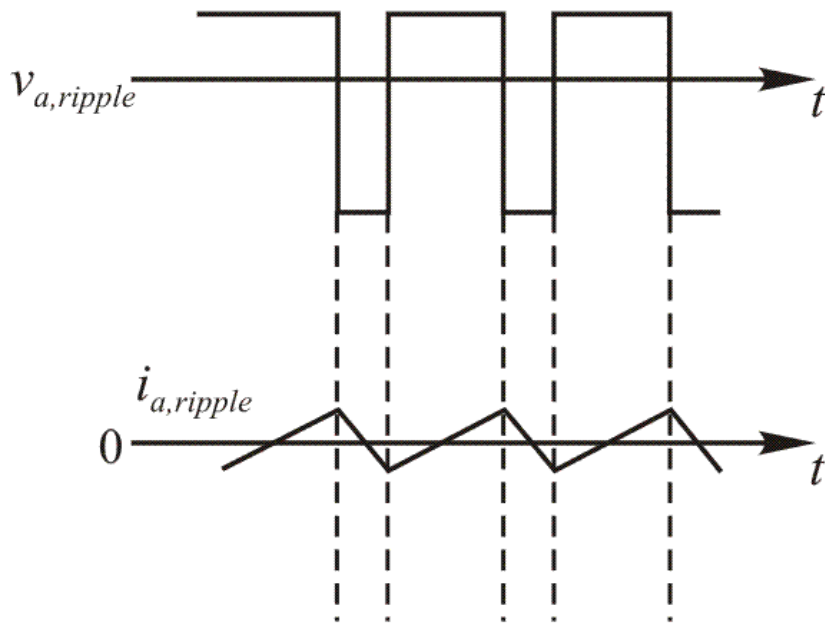
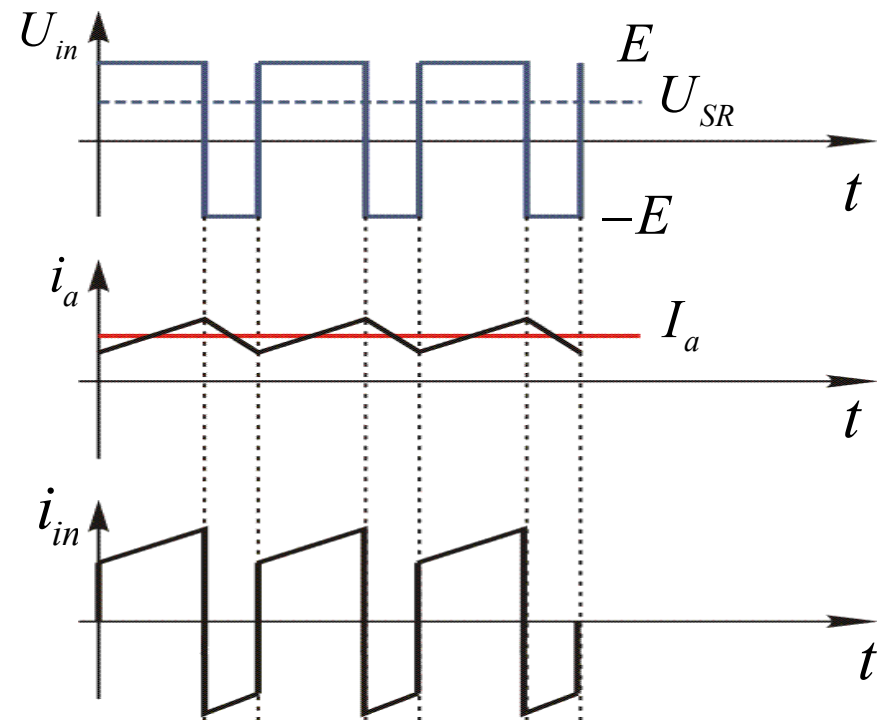
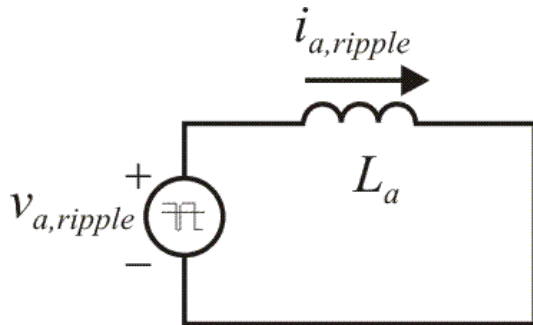
Ширинска модулација (PWM)



$$U_{SR} = \frac{2t_{ON} - T}{T} E$$

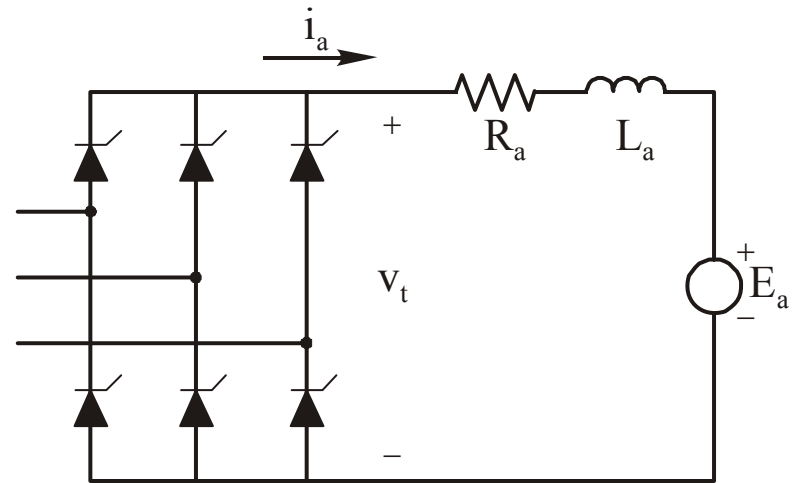
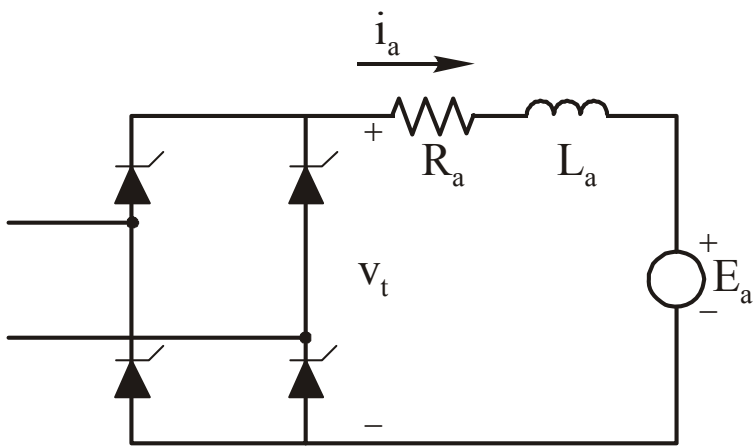
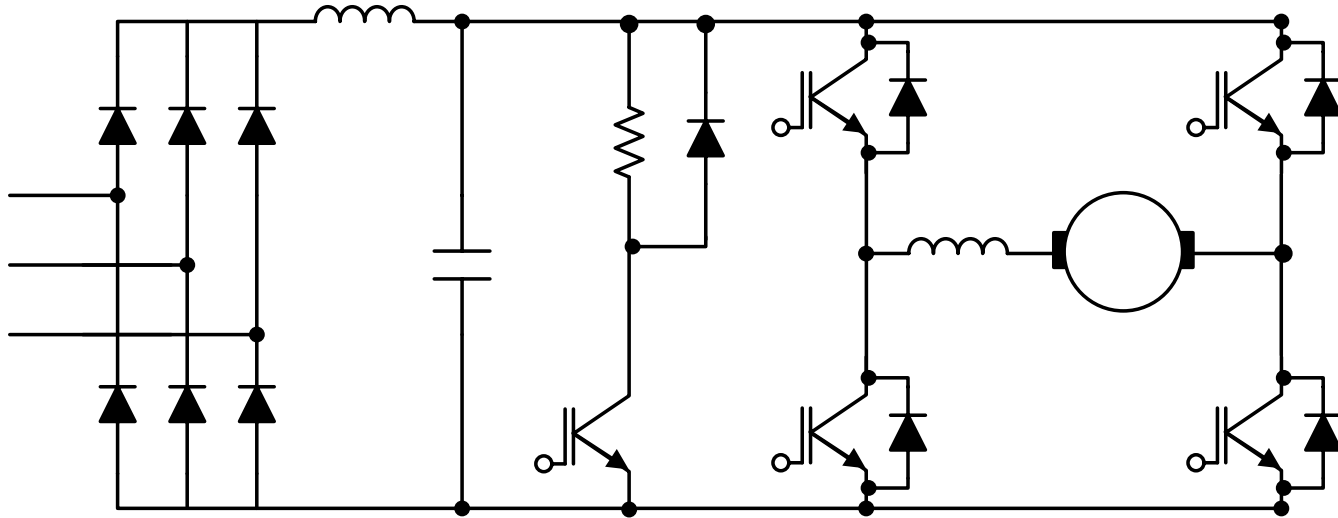
- Машине за једносмерну струју -

Ефекти импулсно ширинске модулације (PWM)



- Машине за једносмерну струју -

Начини напајања МЈСС мале и велике снаге



ДЕФИНИЦИЈЕ

- Механичка карактеристика $M(\omega)$ у стац.
- Природна карактеристика $M_{\text{ех. при номин.}}$
- Номинална струја $I_{\text{Максимална у трајном раду}}$
- Номинални напон
- Номинална брзина n_N за коју, уз Φ_N , $E_{\text{МС}}=U_N$
- Номинални момент M_N највећи у трајном раду
- Номинална снага, преоптерећење ►
- Слабљење поља ►
- Транзијентна, експлоатациона кар. ►
- Реална експлоатациона кар. ►