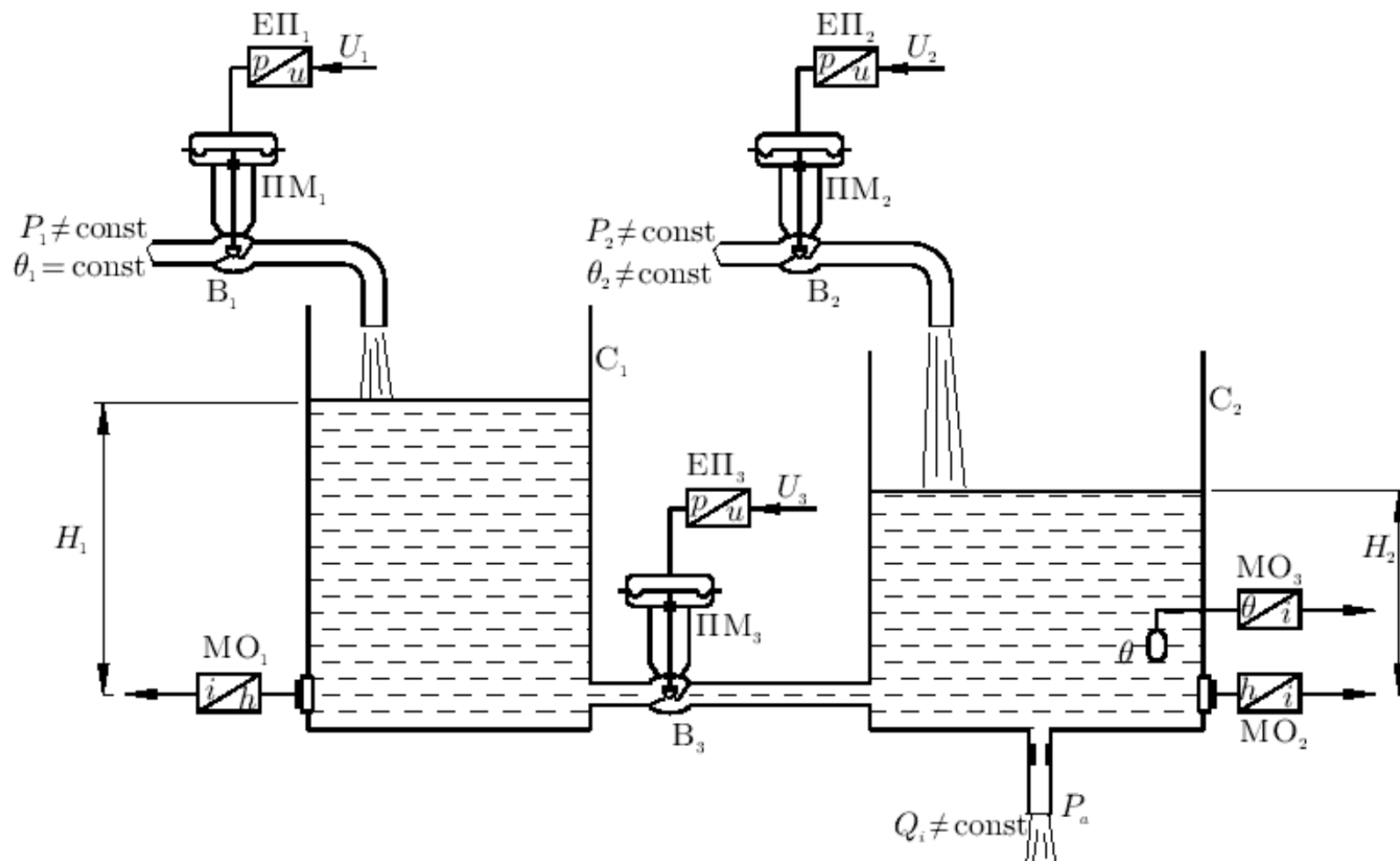


AKTUATORI

- POJAM AKTUATORA
- KLASIFIKACIJA AKTUATORA
- ELEKTRIČNI AKTUATORI
- HIDRAULIČKI AKTUATORI
- PNEUMATSKI AKTUATORI

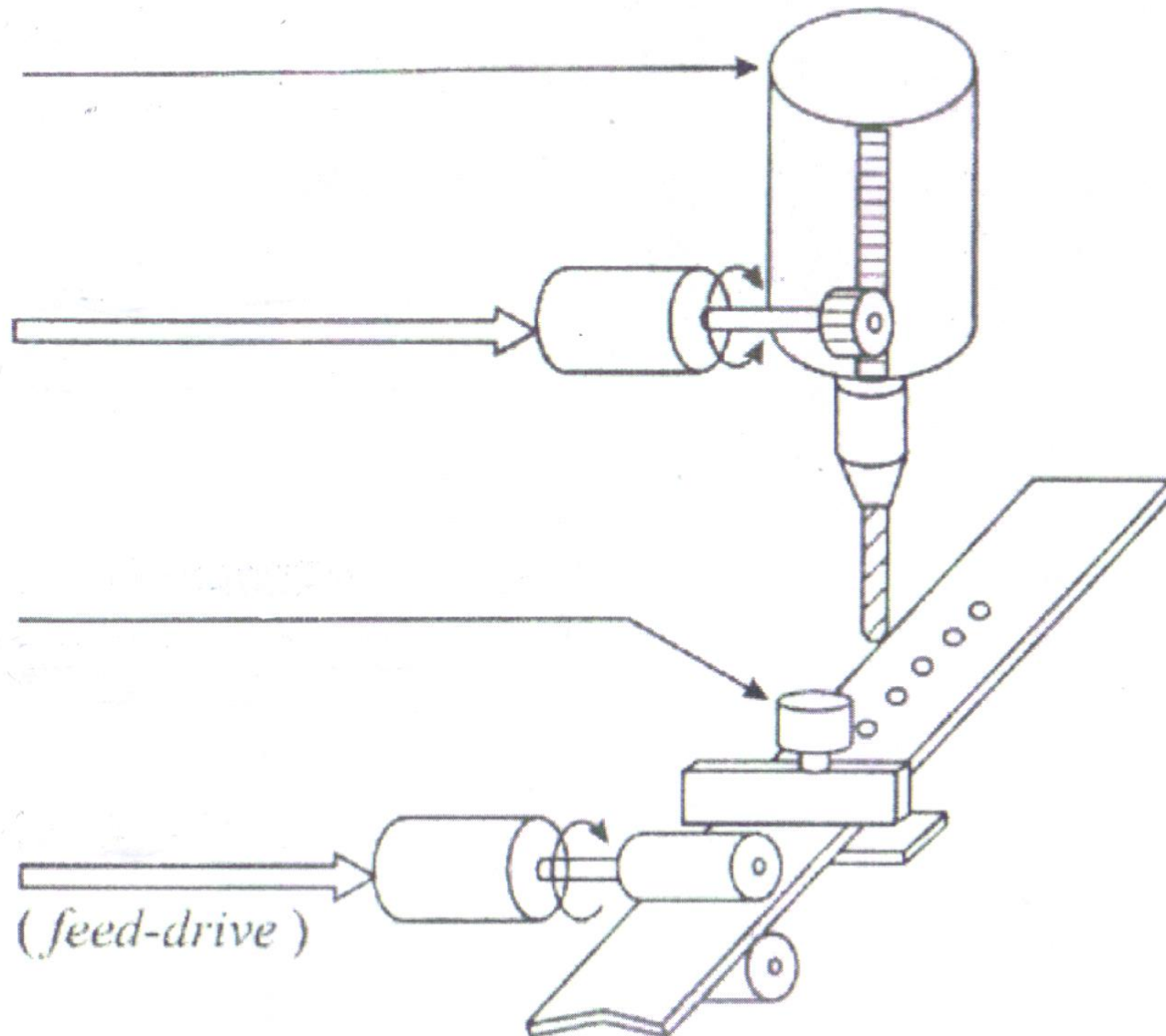
TEHNIČKI SISTEMI

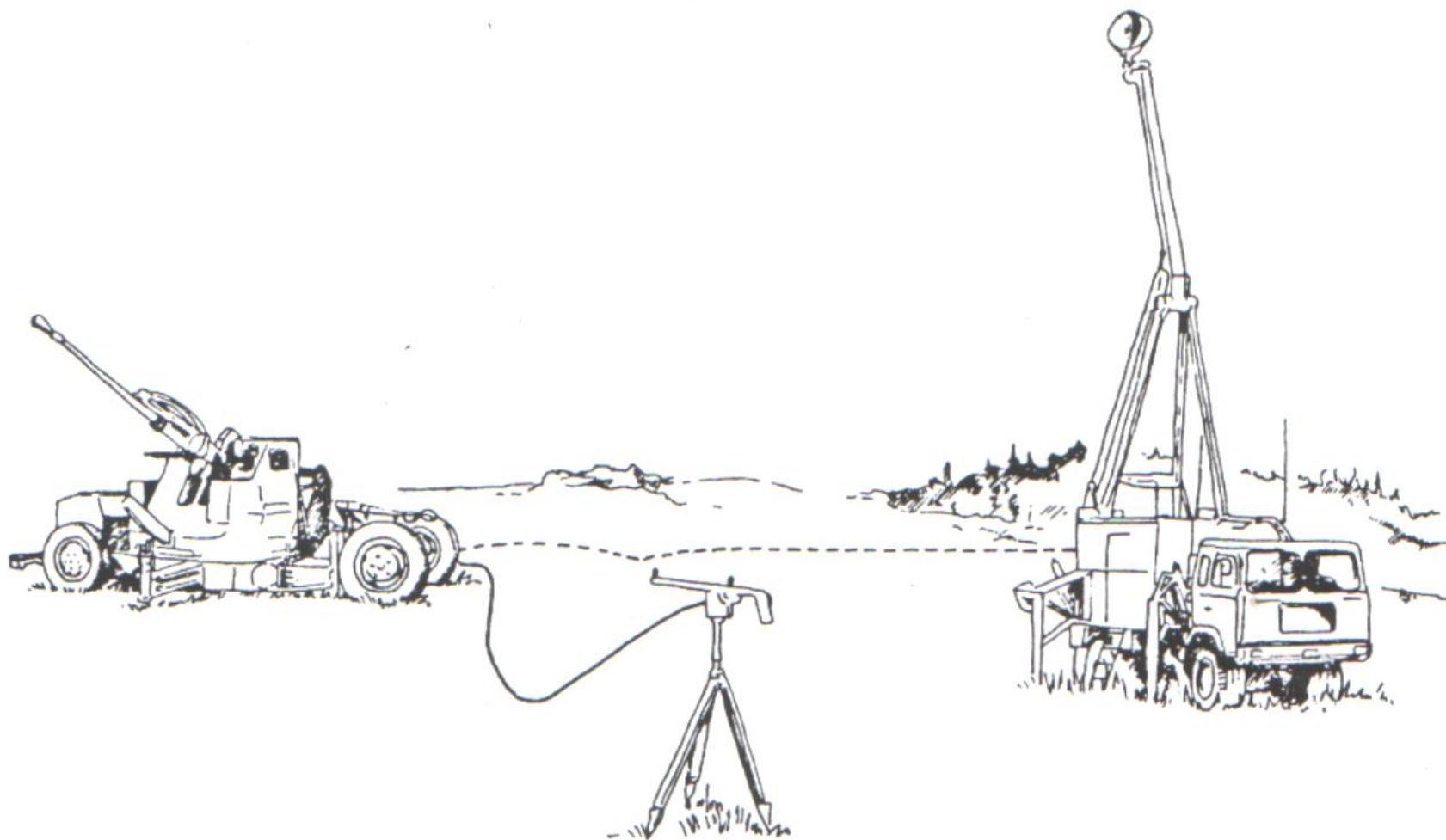


Sistem u najopštijem slučaju predstavlja izdvojenu celinu koja je sastavljena od skupa objekata, njihovih utvrđenih svojstava i skupa relacija koje povezuju te objekte.

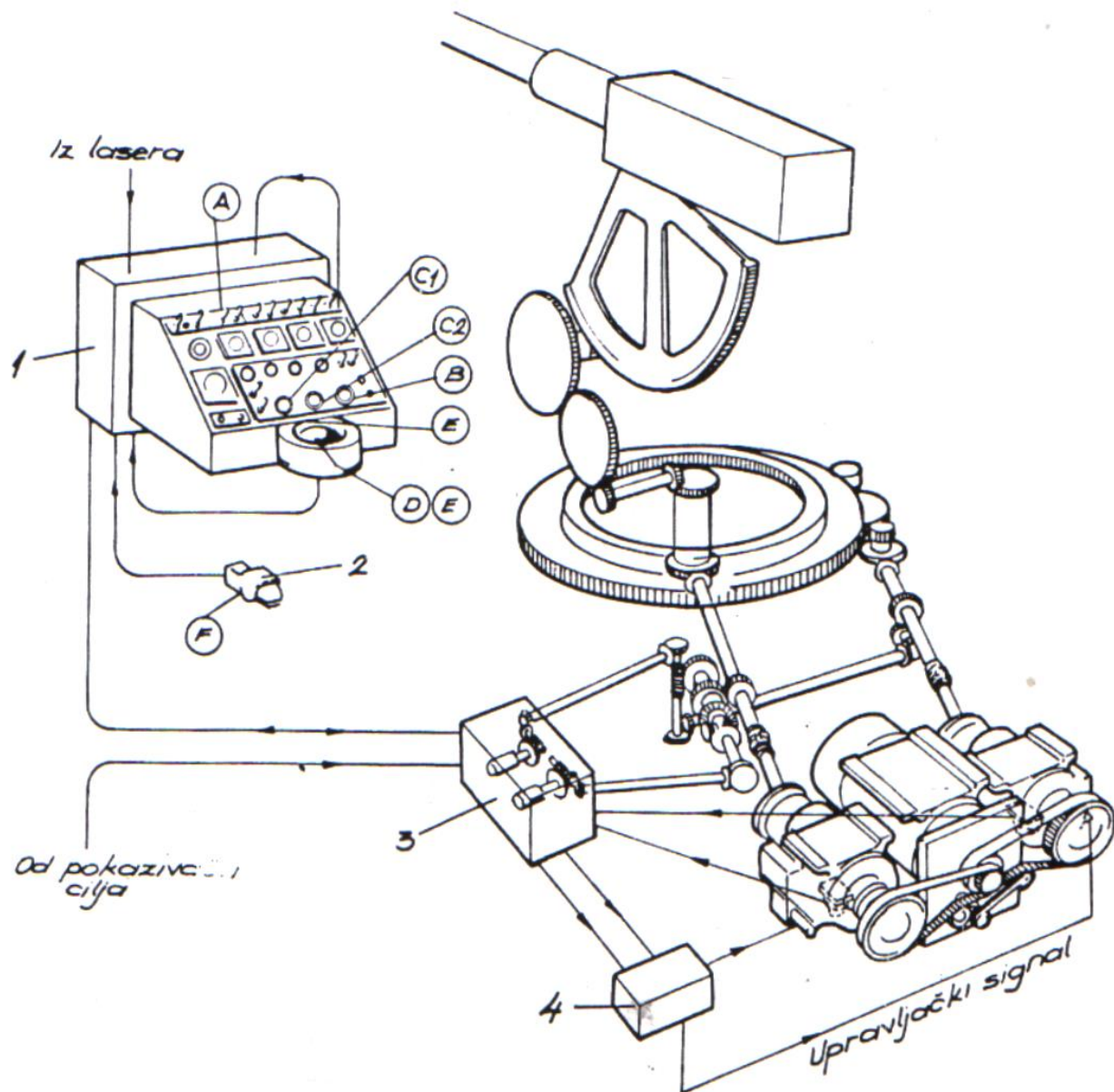
Sistem je **fizički** ako i samo ako je deo fizičkog prostora (avion, brod, parni kotao, rudarska mašina, ...).

Organizovani fizički sistem predstavlja skup podсистема (elemenata, uređaja, organa, delova) međusobno povezanih u funkcionalnu celinu s ciljem da se ostvari određeni zadatak (kretanje, rad, proces) a na osnovu razmene materije i/ili energije i/ili informacija između podсистема u okviru sistema i između sistema i okoline.





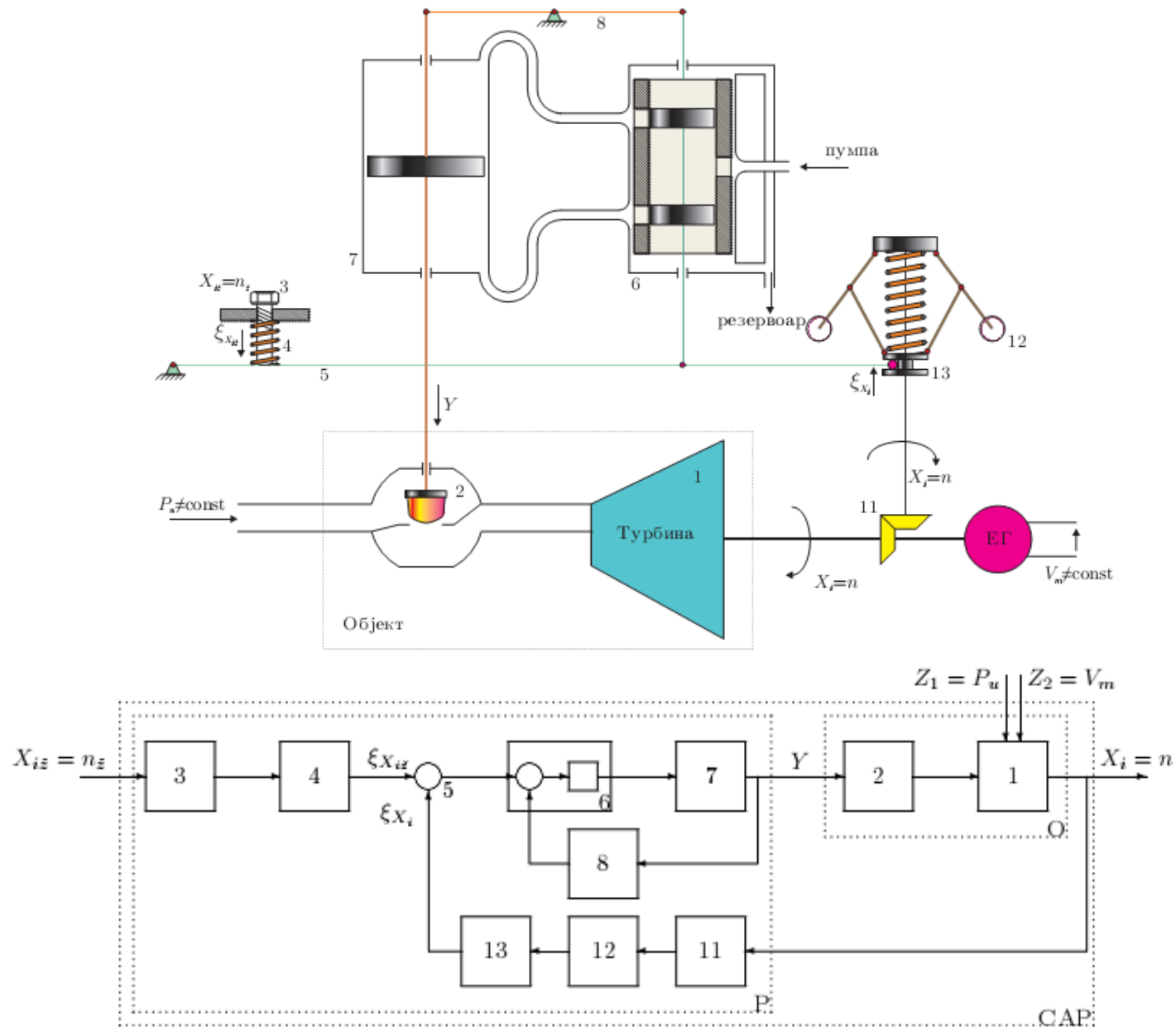
Sl. 147 — PA sistem — komplet



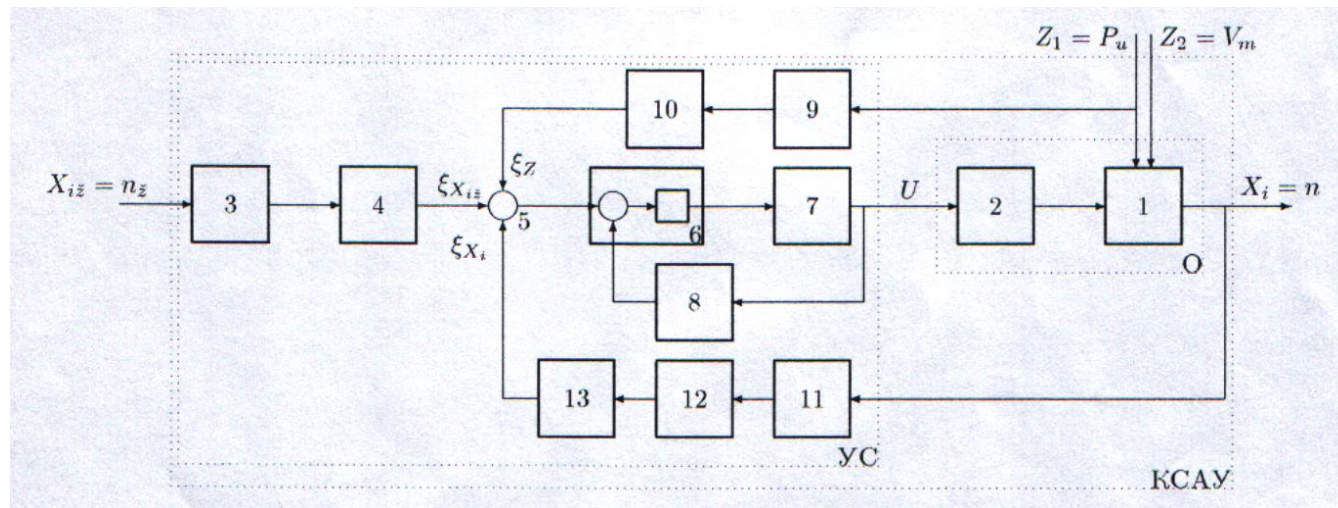
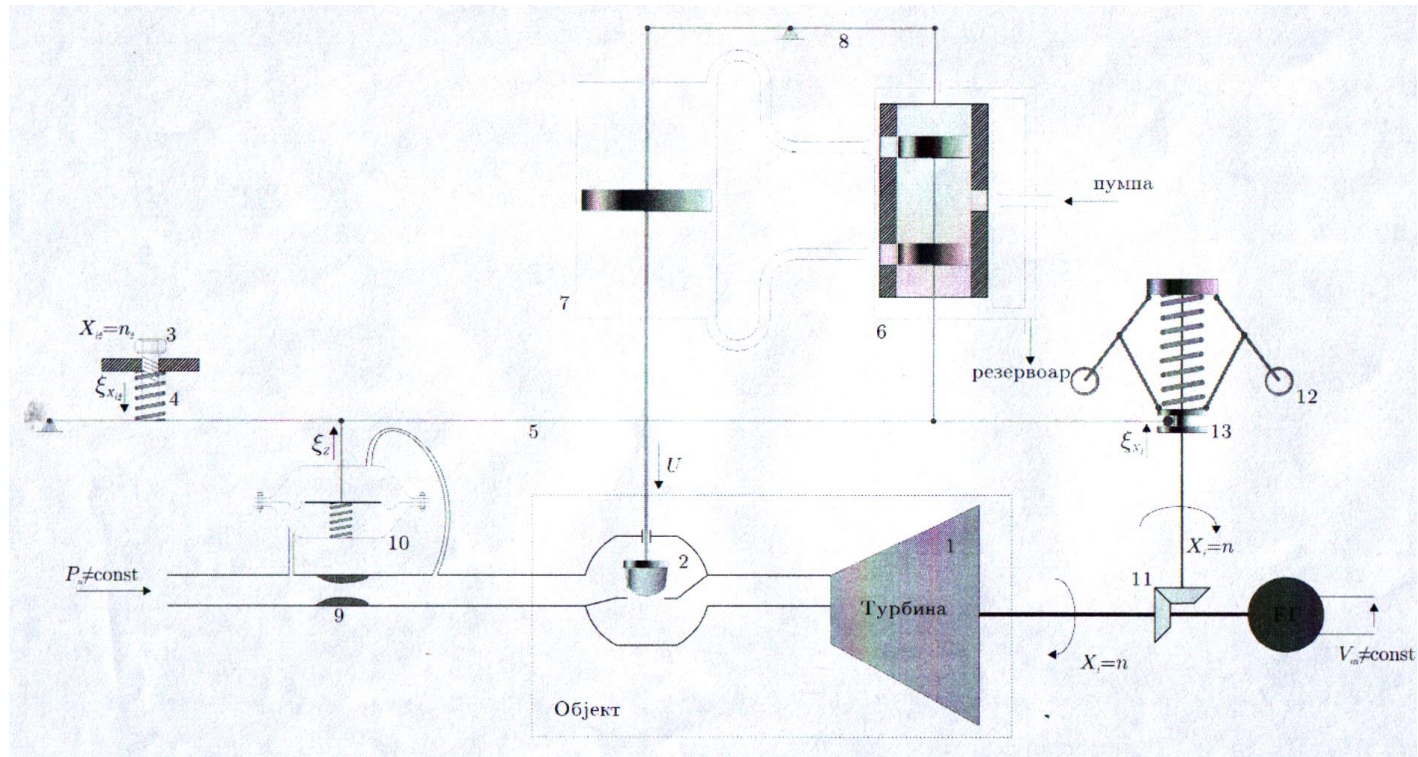
Sl. 217 — Uproščena shema povezivanja komponenti servosistema:

- 1 — računar, 2 — pedala za električno okidanje,
- 3 — kutija razlagača, 4 — servopojačavač

SISTEM AUTOMATSKOG REGULISANJA



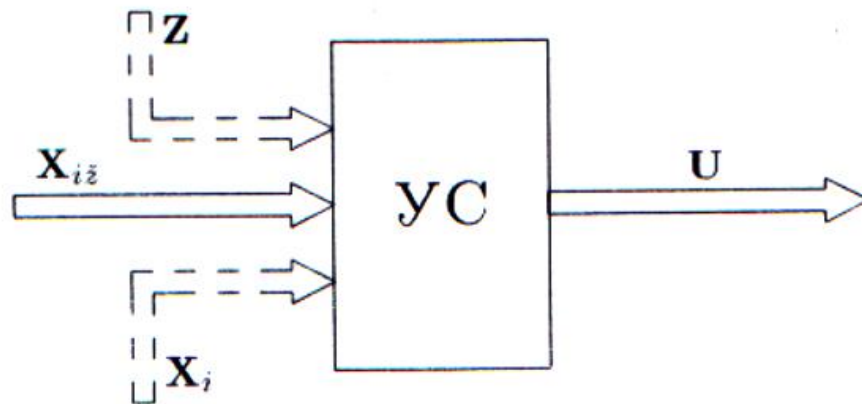
KOMBINOVANI SAU



UPRAVLJAČKI SISTEM

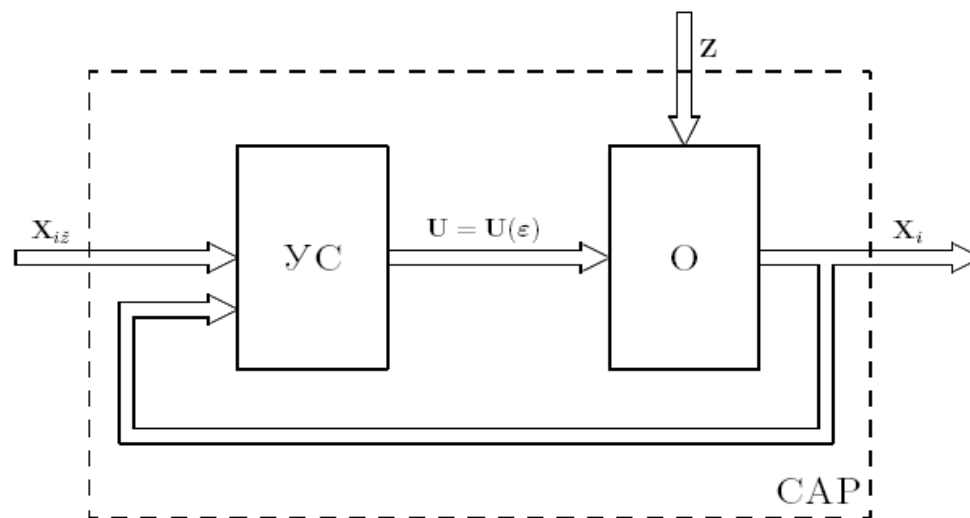
Sistem čija je **izlazna veličina upravljanje** za dati objekt je **upravljajući sistem** za dati objekt.

Ulazne veličine upravljačkog sistema nose informacije neophodne za formiranje upravljanja.

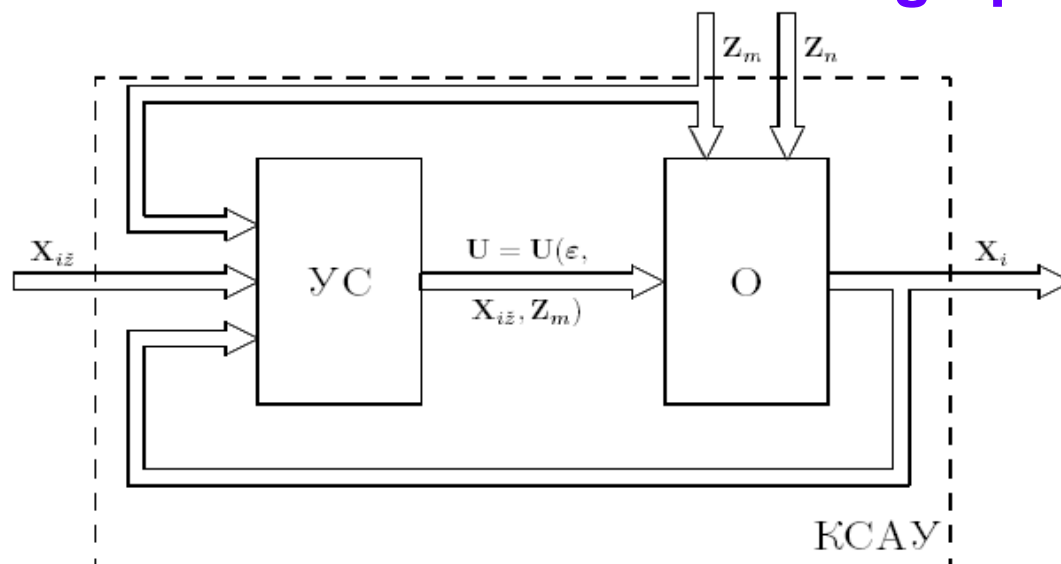


Sistem koji se sastoji iz objekta i upravljačkog sistema za taj objekt, koje povezuje upravljanje je sistem upravljanja.

Sistem automatskog regulisanja



Kombinovani sistem automatskog upravljanja



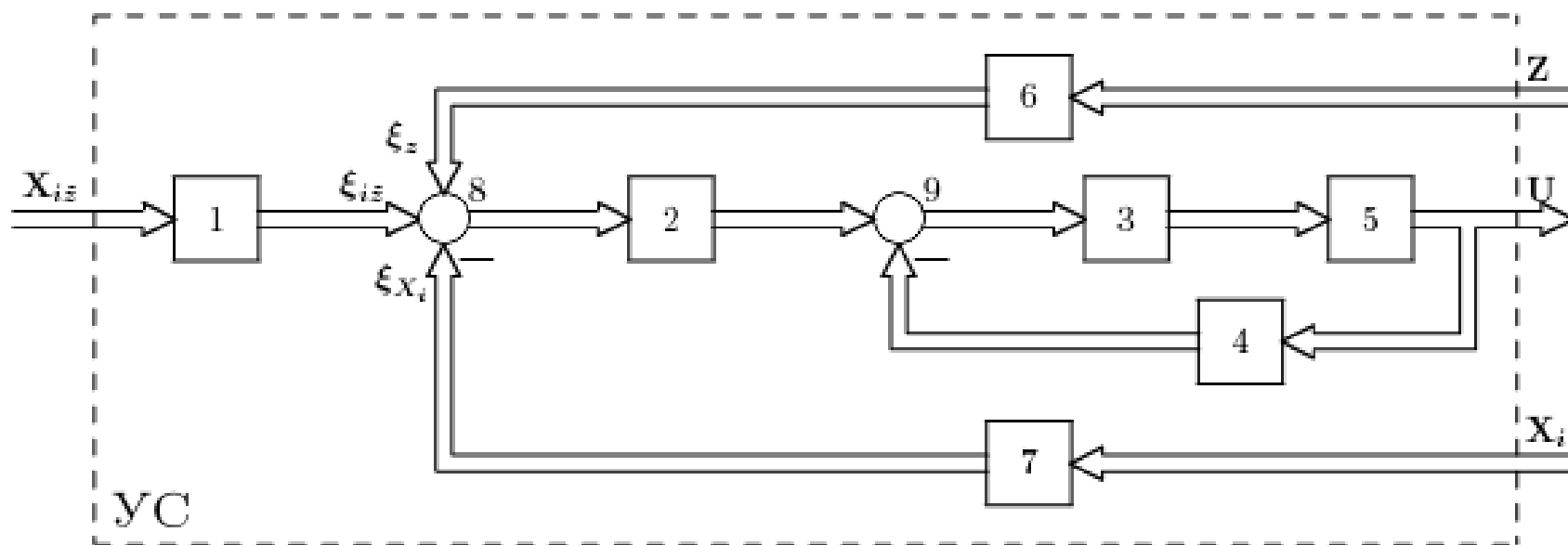
FUNKCIJA I STRUKTURA UPRAVLJAČKOG SISTEMA

Da bi **US** ostvario zadatak određen njegovom definicijom on mora da izvrši niz funkcija od kojih neke zavise, a neke ne, od koncepta upravljanja zastupljenog u SAU.

Samim tim funkcije koje US izvršava mogu da se podele na:

- *opšte funkcije upravljačkog sistema*, koje su sadržane u svakom koceptu upravljanja,
- *posebne funkcije upravljačkog sistema*, koje zavise od izabranog koncepta.

OPŠTI STRUKTURNI DIJAGRAM UPRAVLJAČKOG SISTEMA



Opšte funkcije upravljačkog sistema:

- Organ US koji treba da primi informaciju o željenom dinamičkom ponašanju objekta, zapamti tu informaciju i daje stalno signal $\xi_{i\check{z}}$ o njoj je **zadavač** (pozicije 3,i 4 na slici, a pozicija 1 na st.dijagramu),
- US treba da ostvari zakon (algoritam) upravljanja, i ovu funkciju ostvaruje **korekциони organ (regulator)** (pozicije 6,7,i 8 na slici, a pozicije 2,3,i 4 na st.dijagramu),
- US treba da stvori upravljanje dovoljnog intenziteta u svakom trenutku. Ovu funkciju ostvaruje **aktuator (izvršni organ)** (pozicija 2 na slici a pozicija 5 na st.dijagr.).

POJAM AKTUATORA

Aktuatori su finalni elementi *upravljačkog sistema* (US) koji deluje na *objekt upravljanja* (OU), i koji stvara upravljanje dovoljnog inteziteta u svakom trenutku, tj. da vrše koristan rad. To je najčešće mehaničko pomeranje OU.

Aktuatori imaju ulogu pretvarača energije i obično se sastoje iz dva elementa:

- pojačavača i
- izvršnog organa.

Pojačavač, je ulazni element aktuatora, koji pojačava signal iz bloka za donošenje upravljačke odluke, regulatora.

Pojačani signal treba konvertovati u neki drugačiji oblik (pojačati ga), ali sa očuvanim kvalitativnim obeležjima upravljačkog signala. Pojačanje se ostvaruje zahvaljujući postojanju pomoćnog izvora energije.

Prema energiji koja se dovodi iz izvora, pojačavači mogu biti:

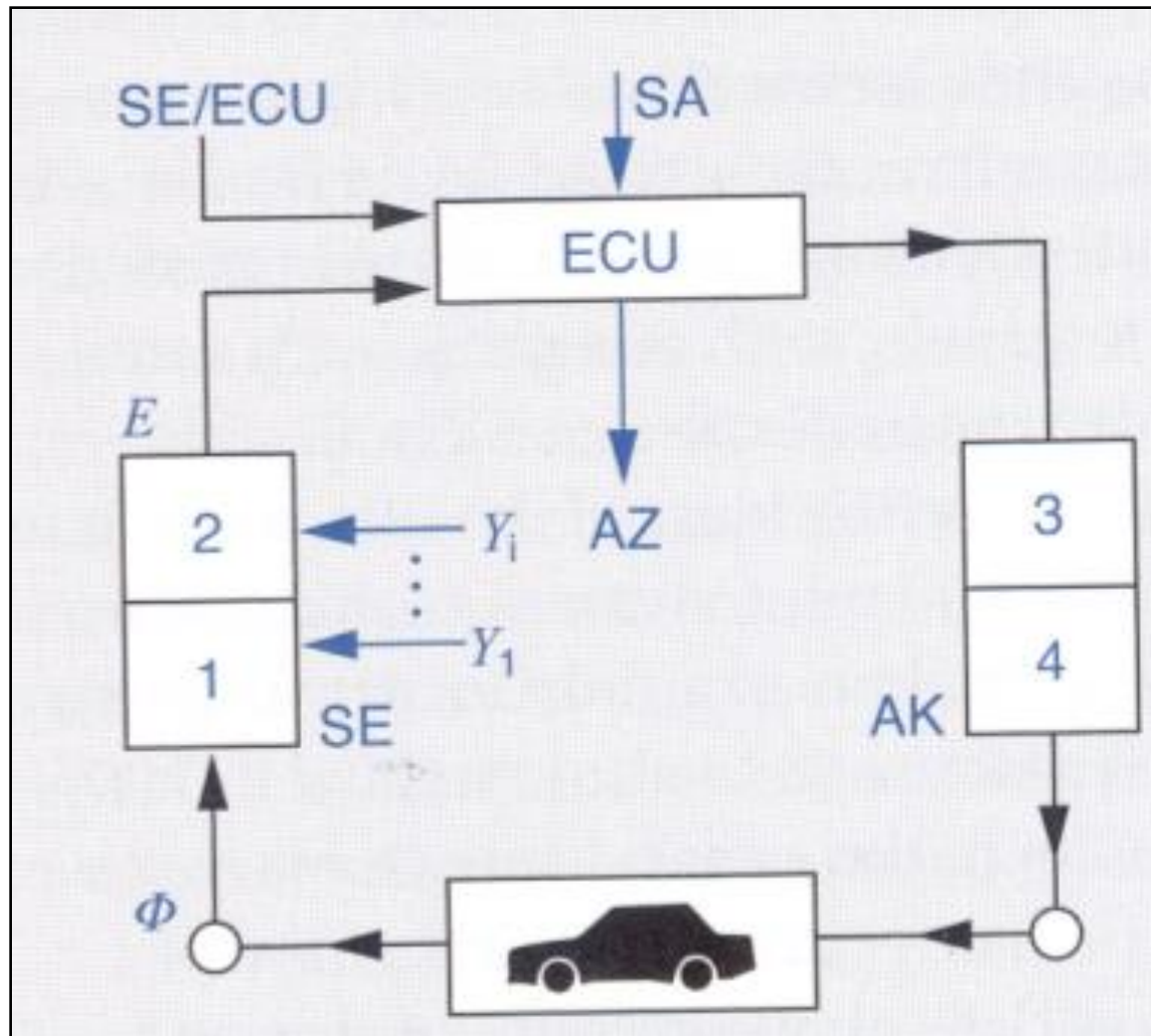
- električni,
- hidraulički i
- pneumatski.

Izvršni organ, kao izlazni element aktuatora koji neposredno deluje na objekt upravljanja-proces, pretvara ulaznu veličinu u različite oblike: el. struju (napon) u temperaturu, električnu snagu u kretanje itd.

U zavisnosti od energije aktuatora, oni se dele na

- električne
 - električni motori (DC ili AC),
- hidrauličke
 - hidraulički cilindri
 - hidraulički motori,
- pneumatske
 - pneumatski cilindri
 - pneumatski motori.

Blok diagram SAU na vozilu



- 1 Measuring sensors
- 2 Adapter circuit
- 3 Driver circuit
- 4 Actuators
- AK Actuator
- AZ Display
- SA Operating switch
- SE Sensors
- ECU Control unit
- Φ Physical variable
- E Electrical variable
- Y_i Disturbances

ELEKTRIČNI AKTUATORI

- Električni pogoni
- MOTOR JEDNOSMERNE STRUJE
- MOTOR NAIZMENIČNE STRUJE
 - Princip rada
 - Statičke i dinamičke karakteristike
 - Načini regulacije brzine
 - Matematički model
 - Upravljanje

Električni pogoni

Električni pogoni (elektromotorni pogoni, elektropogoni, električno pokretanje,

electrical drives (engleski),

elektrische antriebe (nemački),

электроприводы (ruski),

azionamenti elettrici (italijanski)

imaju važnu ulogu u svakodnevnom životu i u napretku čovečanstva.

Preko polovine proizvedene električne energije u industrijski razvijenijoj zemlji pretvara se u mehaničku, bilo za potrebe transporta, bilo za proizvodne procese.

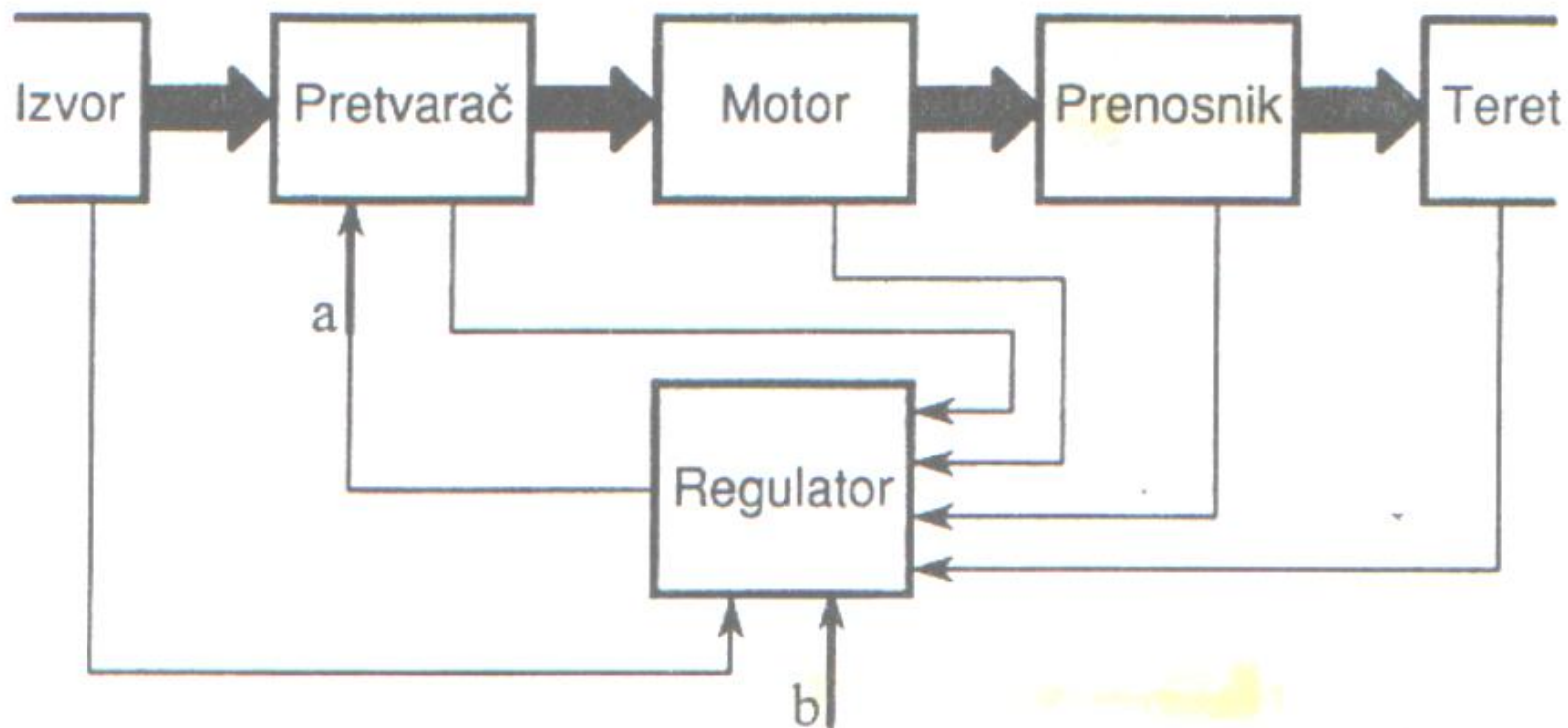
Imaju niz **prednosti**:

- obuhvataju širok dijapazon snaga, počev od snaga ispod 1W, pa do više stotina MW (npr. za pumpe u reverzibilnim hidroelektranama),
- obuhvataju širok dijapazon obrtnih momenata (preko jednog miliona Nm u valjaonicama) i brzina (preko 100 000 obr/min za centrifuge),
- mogu se prilagoditi bilo kakvim radnim uslovima,
- ekološki su pozitivni,
- spremni su za rad odmah i to na puno opterećenje,
- imaju veoma male gubitke praznog hoda,

Imaju niz **prednosti**:

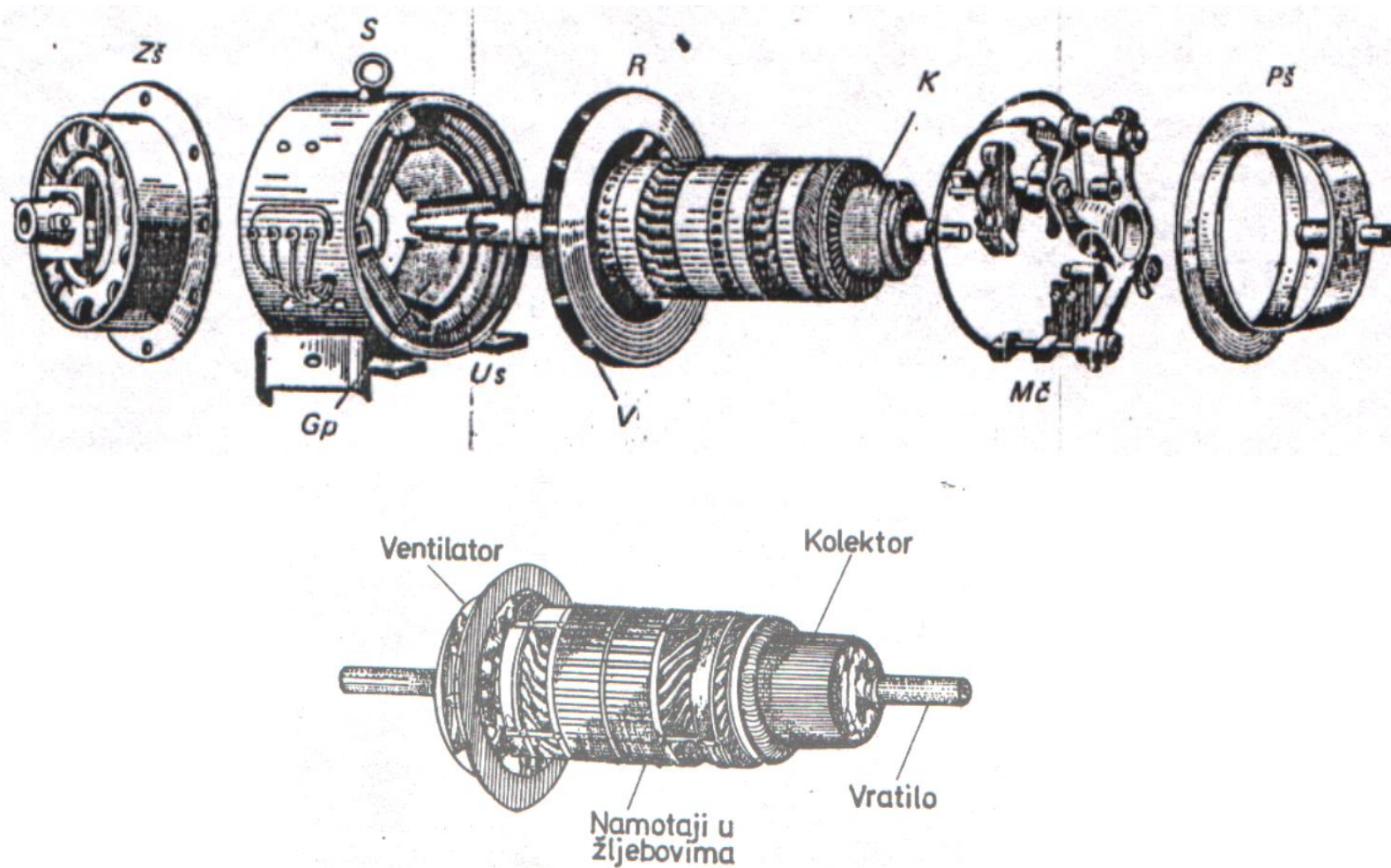
- imaju veoma visok stepen korisnosti,
- imaju sposobnost visoke kratkotrajne preopteretljivosti,
- pri upravljanju mogu imati veoma brz dinamički odziv,
- lako se menja smer obrtanja (reverziranje bez mehaničkih prenosnika),
- imaju mogućnost kočenja sa rekuperacijom (regeneracijom) energije natrag u izvor napajanja.

OPŠTA STRUKTURA ELEKTRIČNOG POPOGONA



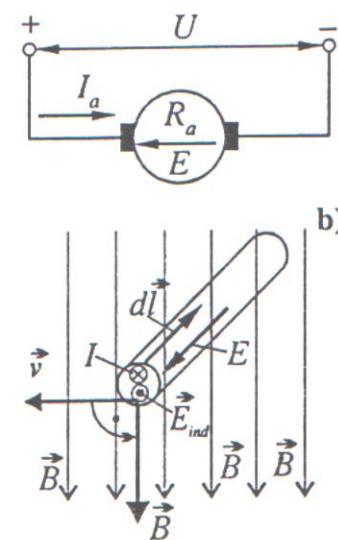
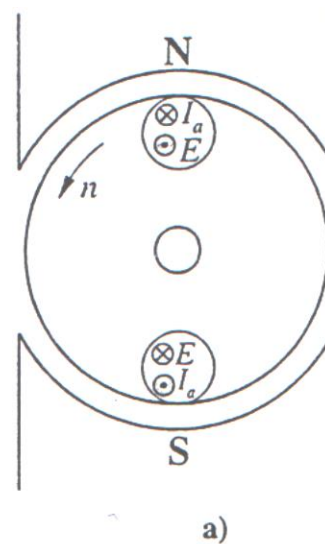
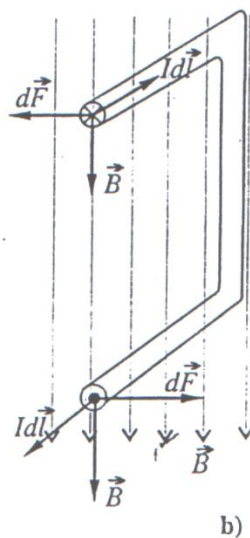
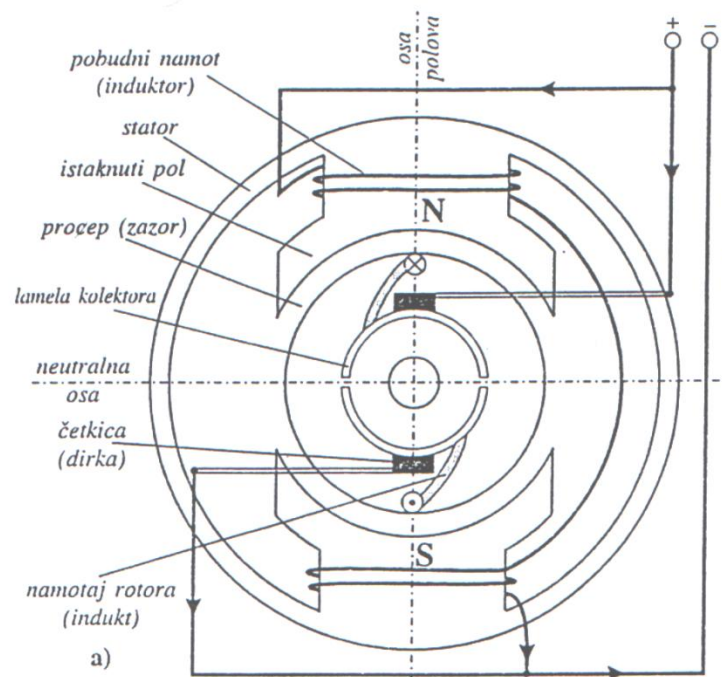
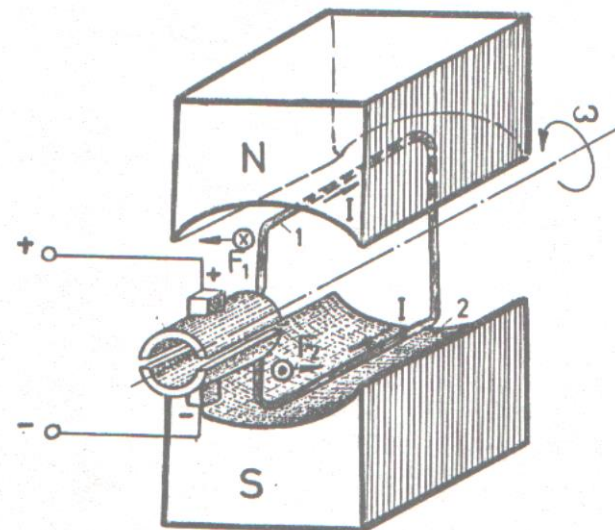
МОТОР ЈЕДНОСМЕРНЕ СТРУЈЕ

Конструкција

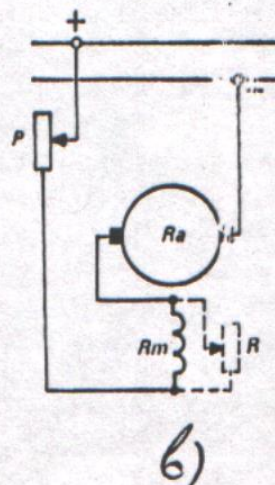
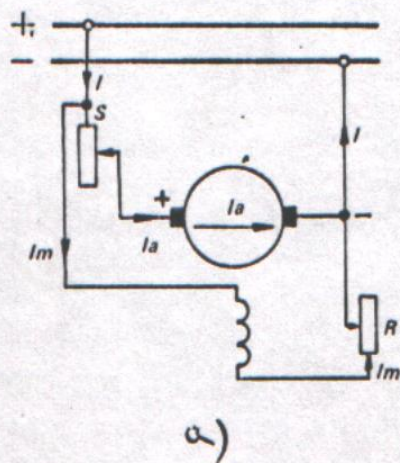
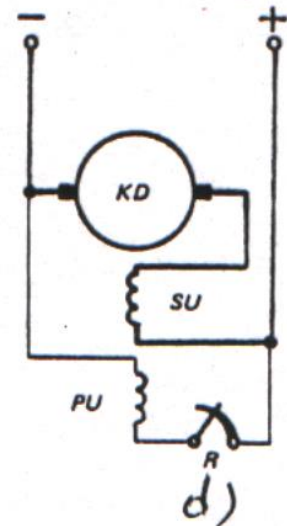
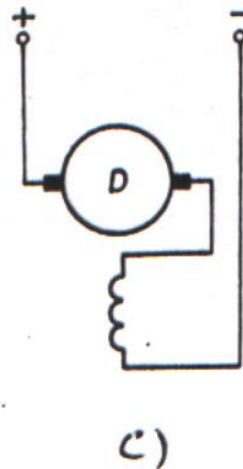
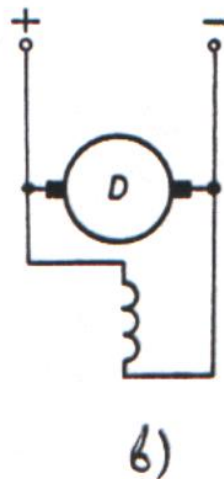
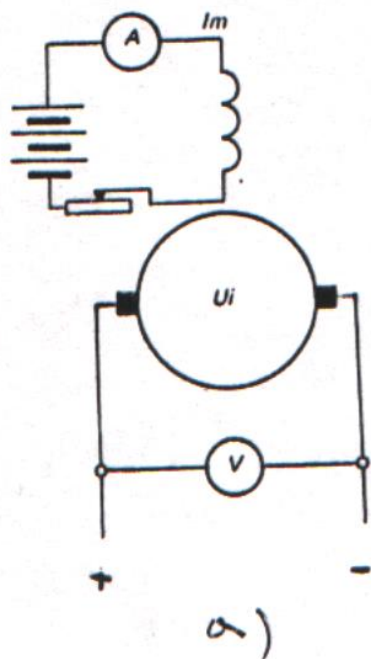


MOTOR JEDNOSMERNE STRUJE

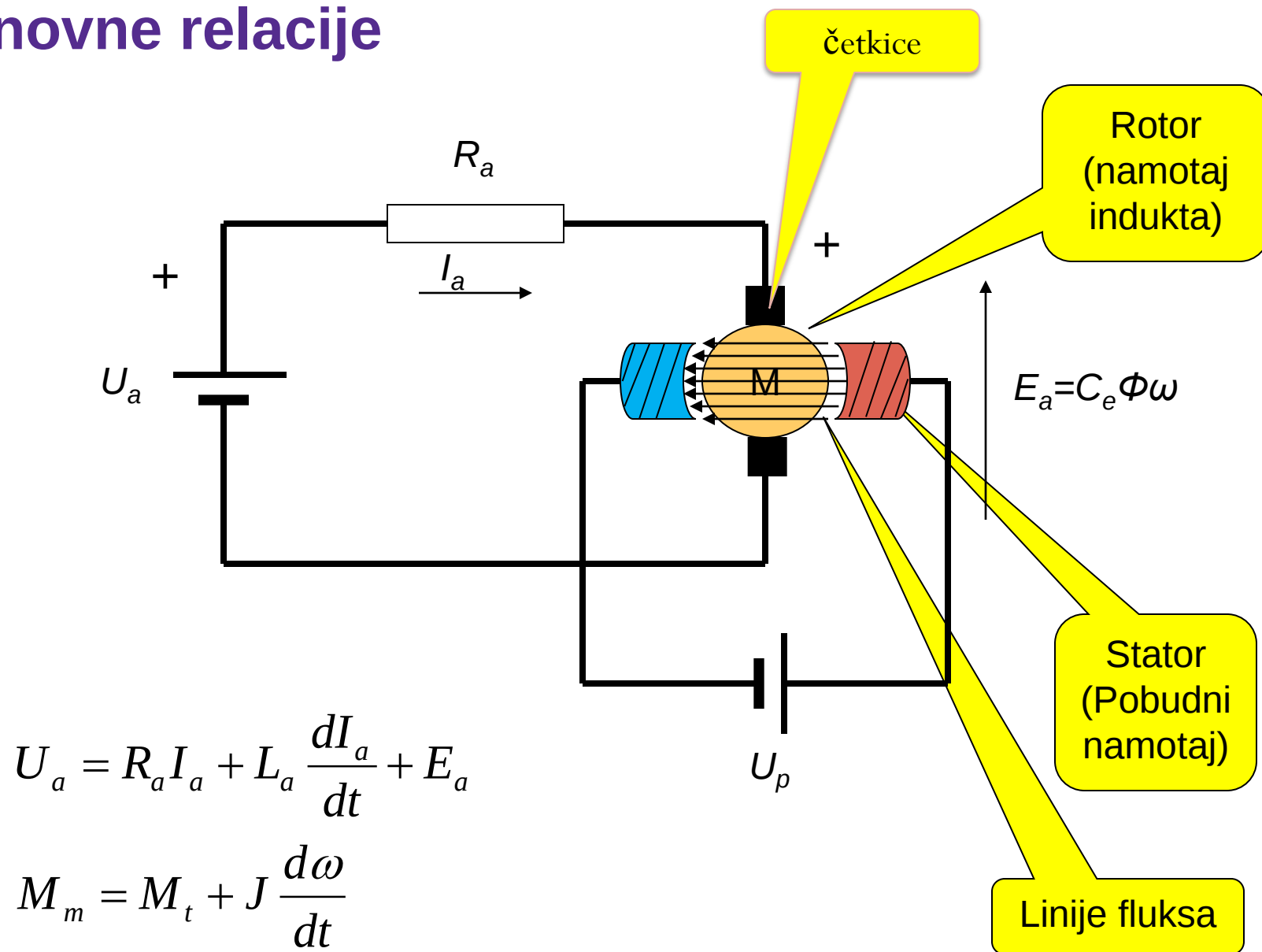
Princip rada



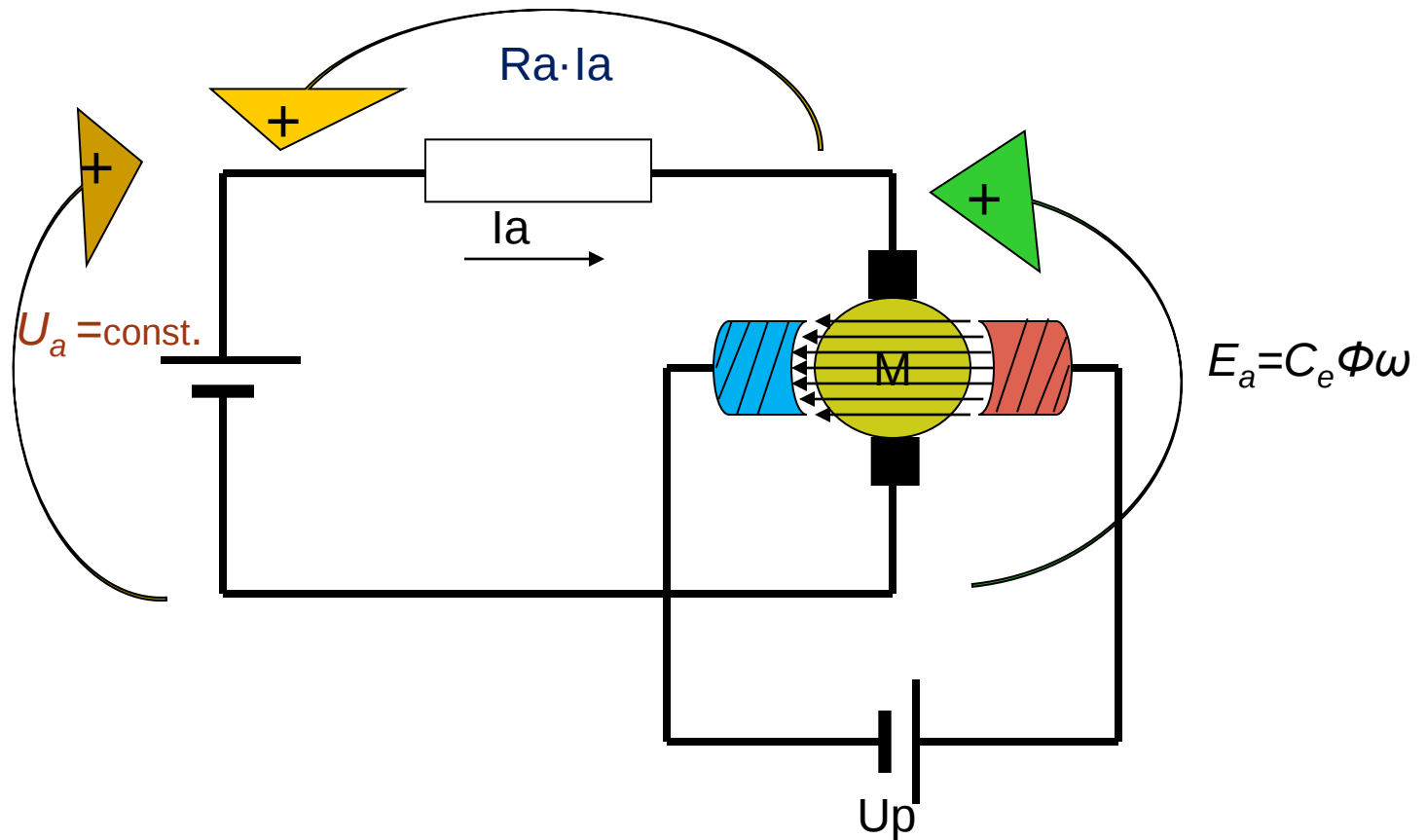
Vrste pobude



Osnovne relacije



Stacionarno stanje



$$U_a = R_a I_a + C_e \phi \omega$$

$$M_m = C_m \phi I_a = M_t$$

$$C_m = C_e$$

- Svako povećanje brzine pri **konstantnom naponu napajanja**, zahteva povećanje struje motora kako bi se povećao momenat mora. Povećanje struje izaziva **povećanje pada napona na R_a** .
- Da bi se održala naponska ravnoteža potrebno je da se **smanji kontraelektromotorna sila**.
- Kako brzina treba da se poveća, sledi da je ovo jedino moguće smanjenjem fluksa Φ . Ovaj postupak naziva se **slabljenje polja**.

STATIČKE KARAKTERISTIKE

- Polazeći od jednačina u stacionarnom stanju:

$$U_a = I_a R_a + K_e \omega$$

$$K_e = C_e \phi$$

$$M_m = K_m I_a = M_t$$

$$K_m = C_m \phi$$

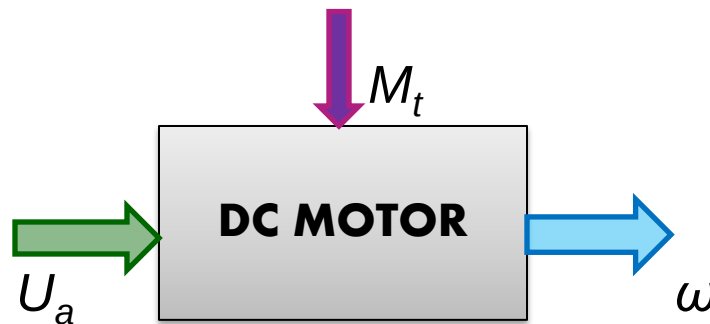
Iz prve jednačine ima se:

$$\omega = \frac{U_a - I_a R_a}{K_e}$$

Zamenom I_a iz drug jednačin dobija se:

$$\omega = \frac{U_a}{K_e} - \frac{R_a}{K_e K_m} M_m \quad (1)$$

Ako DC motor posmatramo kao element SAU



Onda možemo posmatrati i promenu izlazne promenljive ω (brzine obrtanja) u zavisnosti od upravljačke promenljive U_a i poremećajne veličine M_t .

Tako dobijamo dve statičke karakteristike:

1) *Regulacionu karakteristiku* $\omega = f(U_a)$

2) *Mehaničku karakteristiku* $\omega = f(M_m)$

Obe predstavljaju jednačine prave:

prva oblika $y = ax + b$

druga oblika $y = b - ax$

Da bismo nacrtali *mehaničku karakteristiku*, koja ima veći praktični značaj u analizi DC motora, odredićemo tačke presecanja sa ω i M_m osom.

REGULACIONA KARAKTERISTIKA $\omega = f(U_a)$

Dakle, za $\omega = 0$ iz jednačine (1) dobija se:

$$U_p = \frac{R_a}{K_m} M_m$$

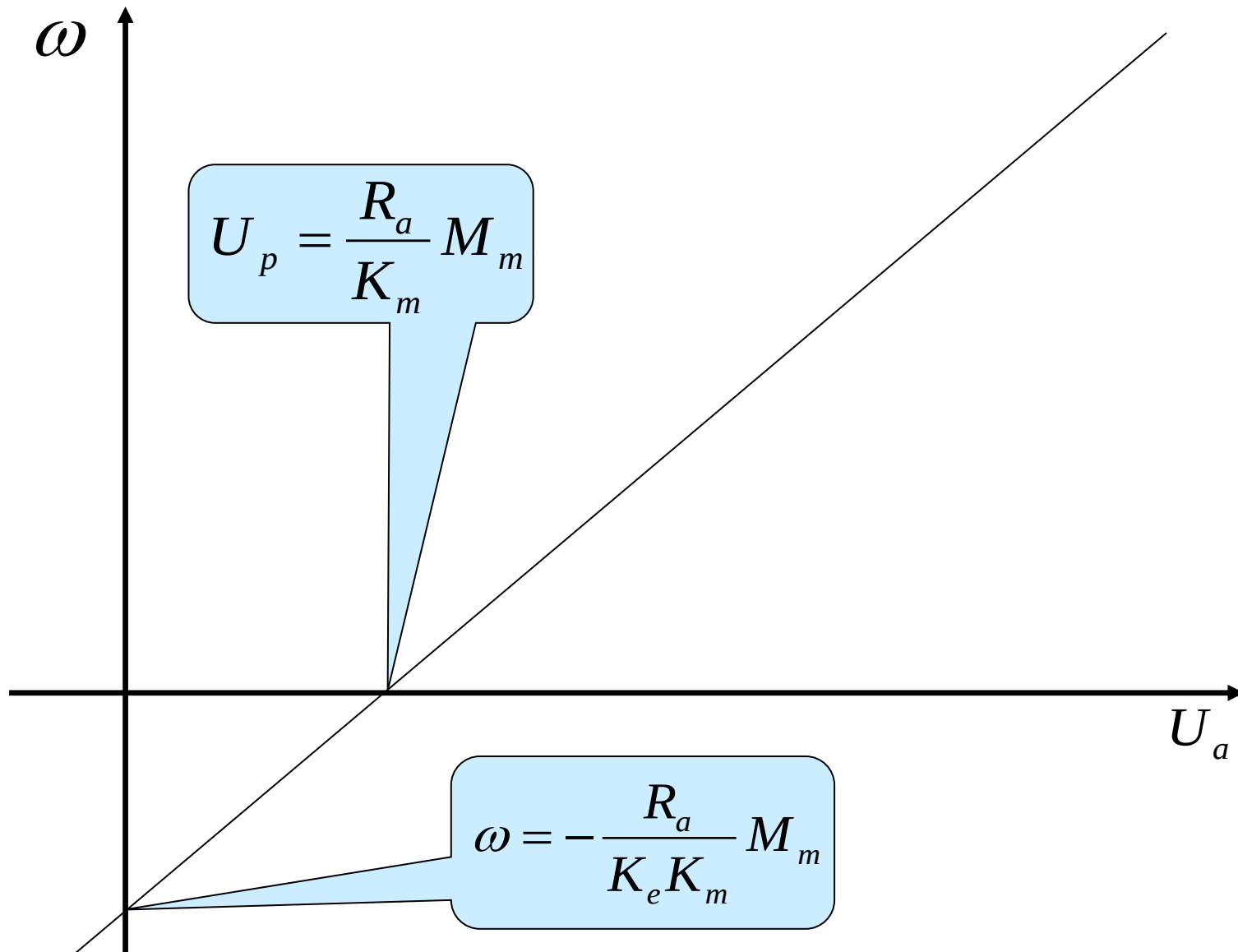
što predstavlja **napon pokretanja** motora .

Obrnuto, za $U_a = 0$ dobija se:

$$\omega = -\frac{R_a}{K_e K_m} M_m$$

što predstavlja drugu presečnu tačku (sa ordinatom)

- Dakle, **regulaciona karakteristika** izgleda ovako:



MEHANIČKA KARAKTERISTIKA $\omega = f(M_m)$

Za $\omega = 0$ iz jednačine (1) dobija se:

$$M_p = K_m \frac{U_a}{R_a}$$

što predstavlja **polazni momenat** motora.

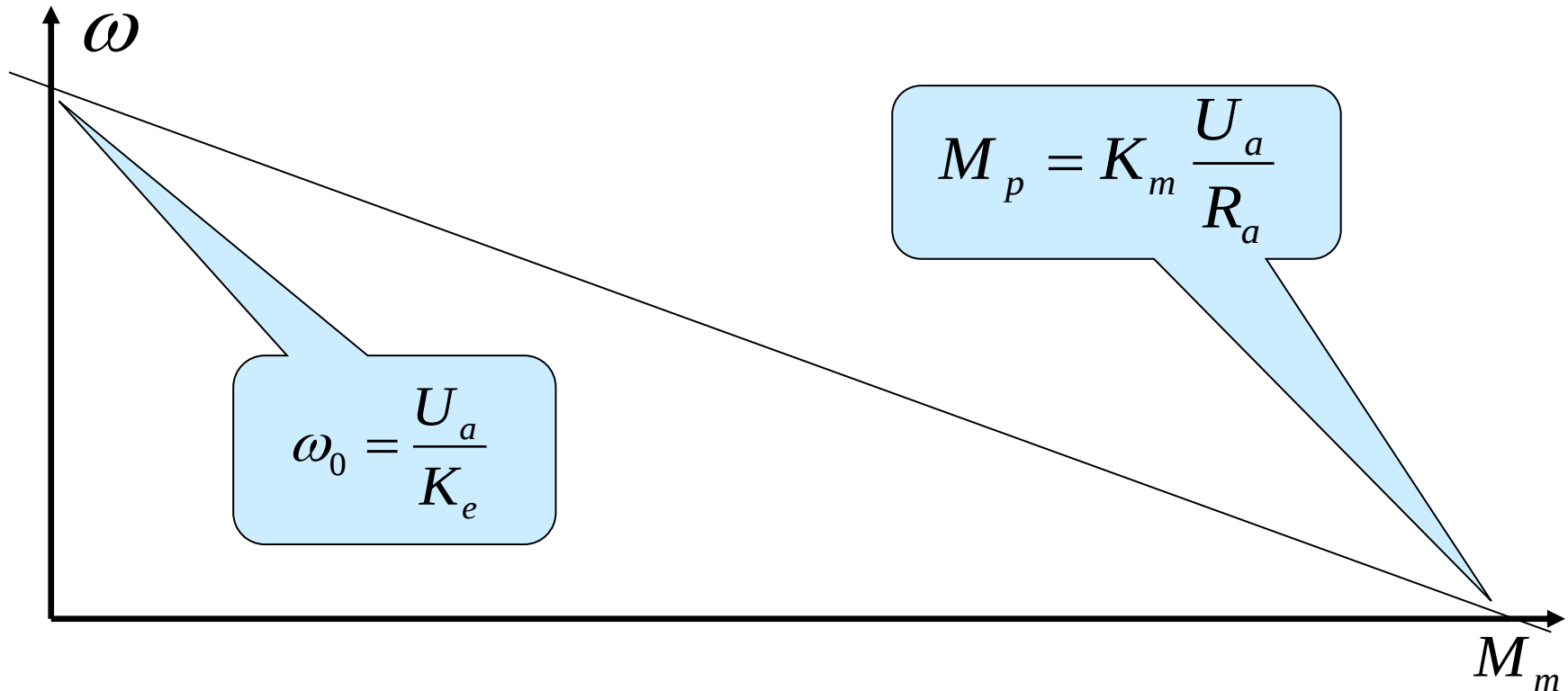
Obrnuto, za $M_m = 0$ dobija se:

$$\omega_0 = \frac{U_a}{K_e}$$

što predstavlja **idealnu brzinu praznog hoda**.

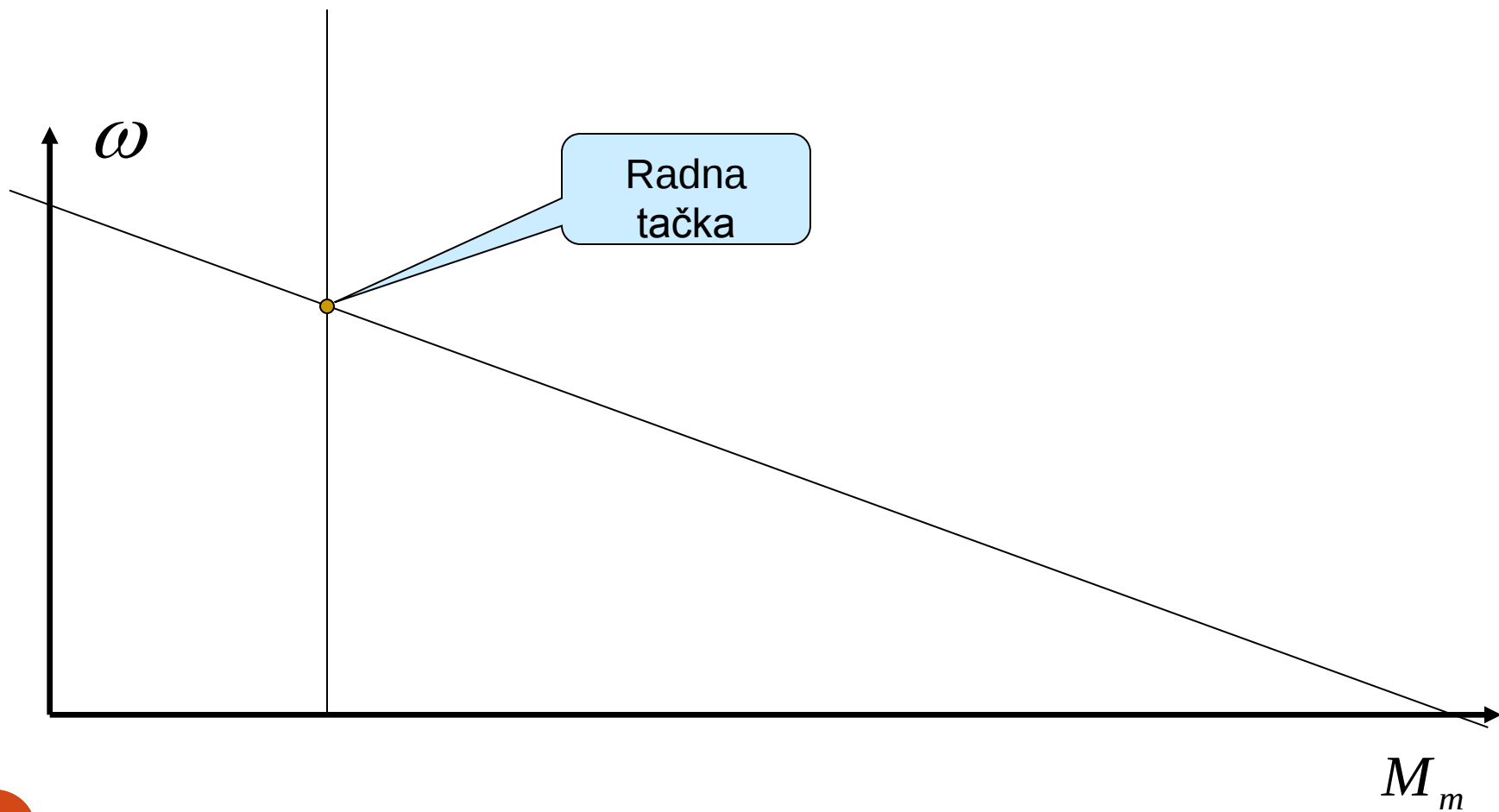
MEHANIČKA KARAKTERISTIKA $\omega = f(M_m)$

- Dakle mehanička karakteristika izgleda ovako:



Mehaničku karakteristiku ima veći praktični značaj u analizi regulacije brzine DC motora.

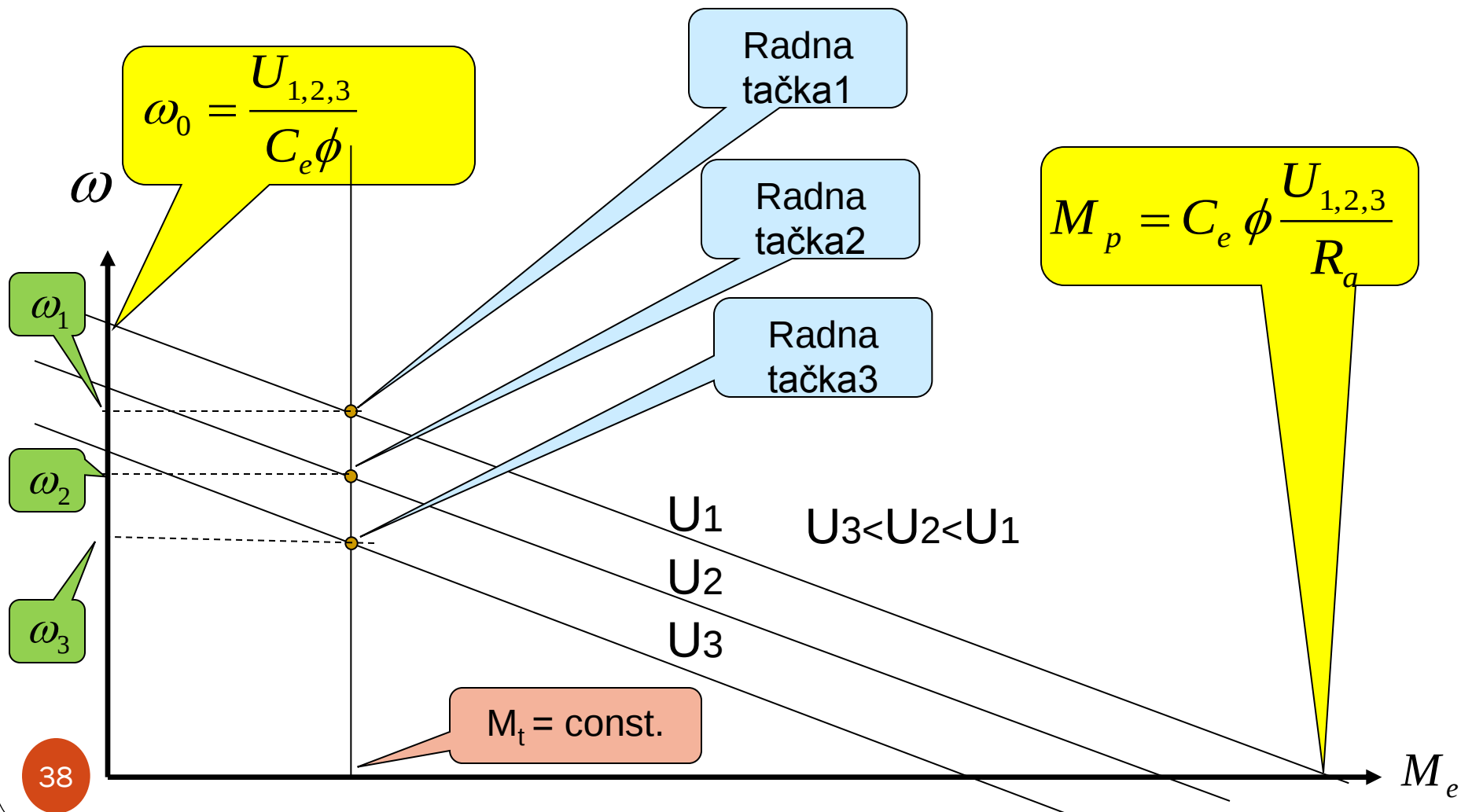
NAČINI REGULACIJE BRZINE



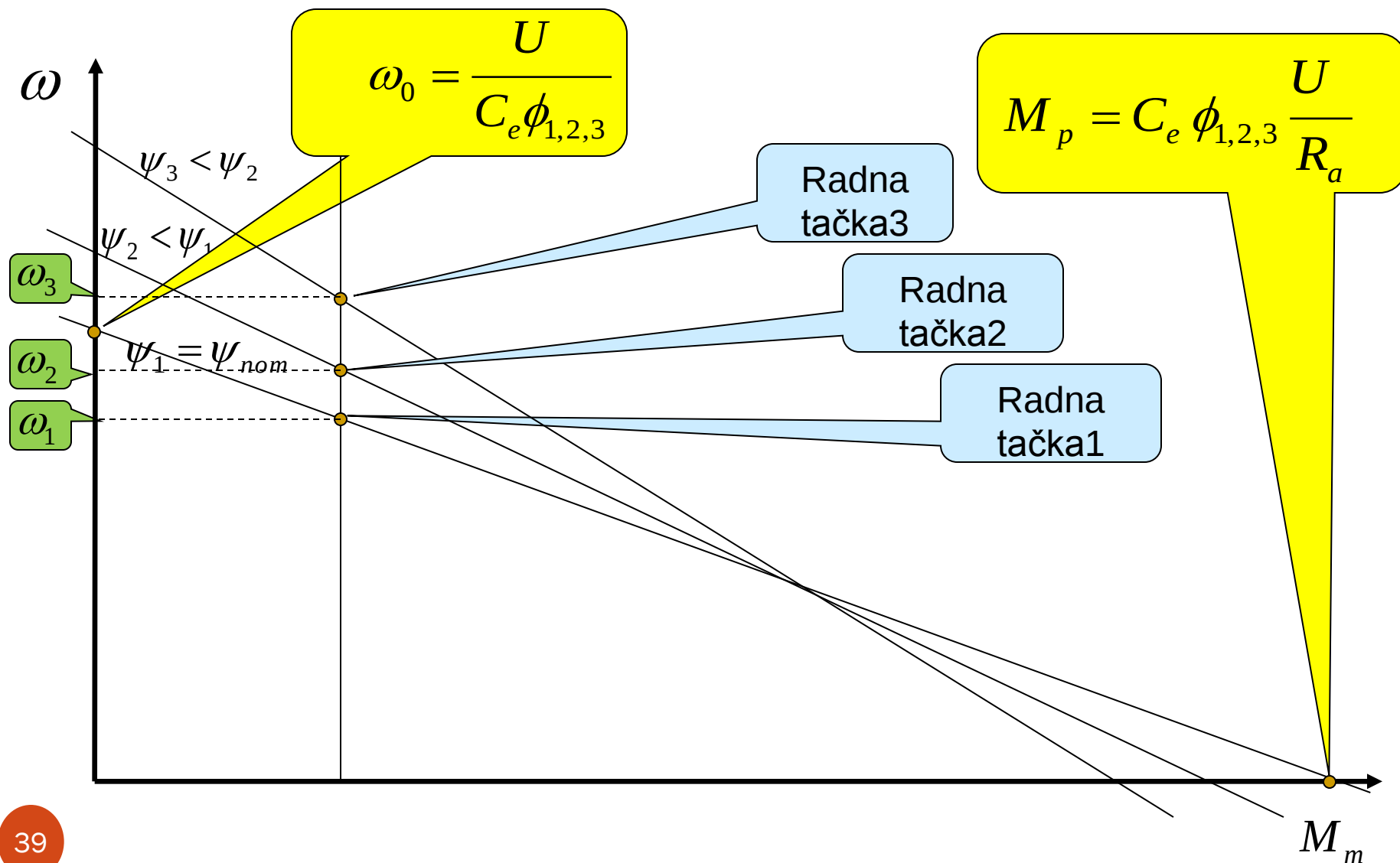
NAČINI REGULACIJE BRZINE

- Sa slike se vidi da se radna tačka, a time i brzina može menjati kada se menjaju jednačine mehaničke karakteristike.
- Kako su napon U i fluks Φ (tj. struja pobude), jedine kontrolabilne veličine, zaključuje se da se promenom ovih veličina može regulisati brzina.

REGULACIJA PROMENOM NAPONA



REGULACIJA BRZINE SLABLJENJEM POLJA



DINAMIČKE KARAKTERISTIKE

- Polazeći od jednačina:

$$U_a = R_a I_a + L_a \frac{dI_a}{dt} + E_a$$

$$M_m = M_t + J \frac{d\omega}{dt}$$

napisanih u operatorskom obliku:

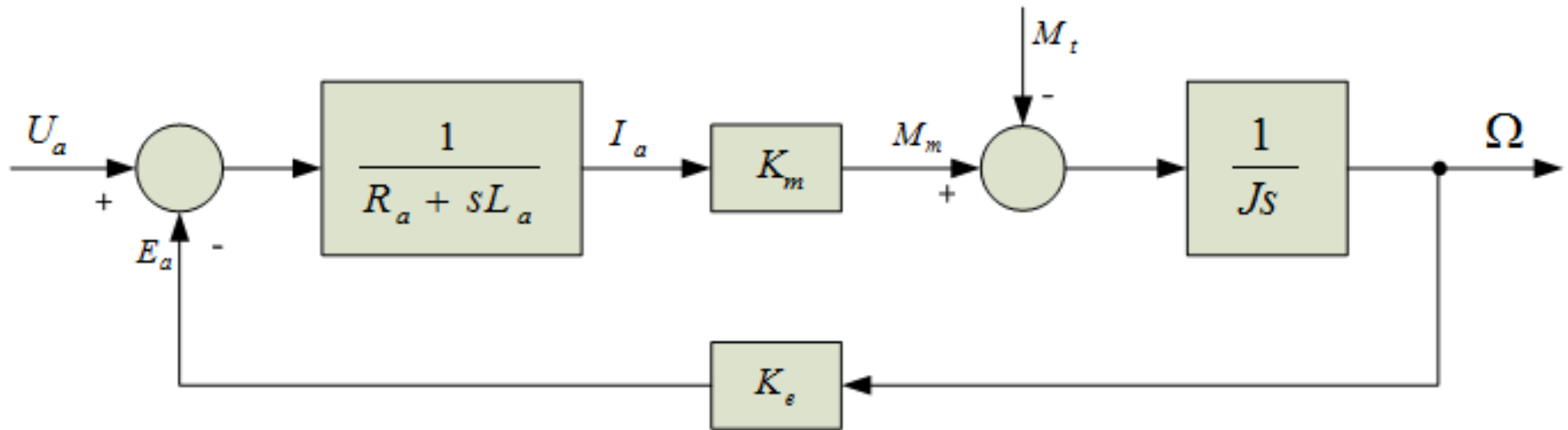
$$U_a(s) = I_a(s)R_a + L_a s I_a(s) + K_e \Omega(s)$$

$$M_m(s) = K_m I_a(s) = M_t(s) + J s \Omega(s)$$

gde je $s = d/dt$ - operator izvoda.

DINAMIČKE KARAKTERISTIKE

- dobije se blok šema (strukturni blok dijagram) motora:



Funkcija prenosa ima oblik:

$$\Omega(s) = \frac{K_M}{T_a T_m s^2 + T_m s + 1} U_a(s) - \frac{R_a}{K_e K_m} \cdot \frac{1 + T_a s}{T_a T_m s^2 + T_m s + 1} M_t(s)$$

DINAMIČKE KARAKTERISTIKE

gde su:

$$T_a = \frac{L_a}{R_a} \quad - \text{električna (armaturna) vremenska konstanta,}$$

$$T_m = \frac{J \cdot R_a}{K_e K_m} \quad - \text{elektromehanička vremenska konstanta,}$$

$$K_M = \frac{1}{K_e} \quad - \text{statički koeficijent pojačanja motora.}$$

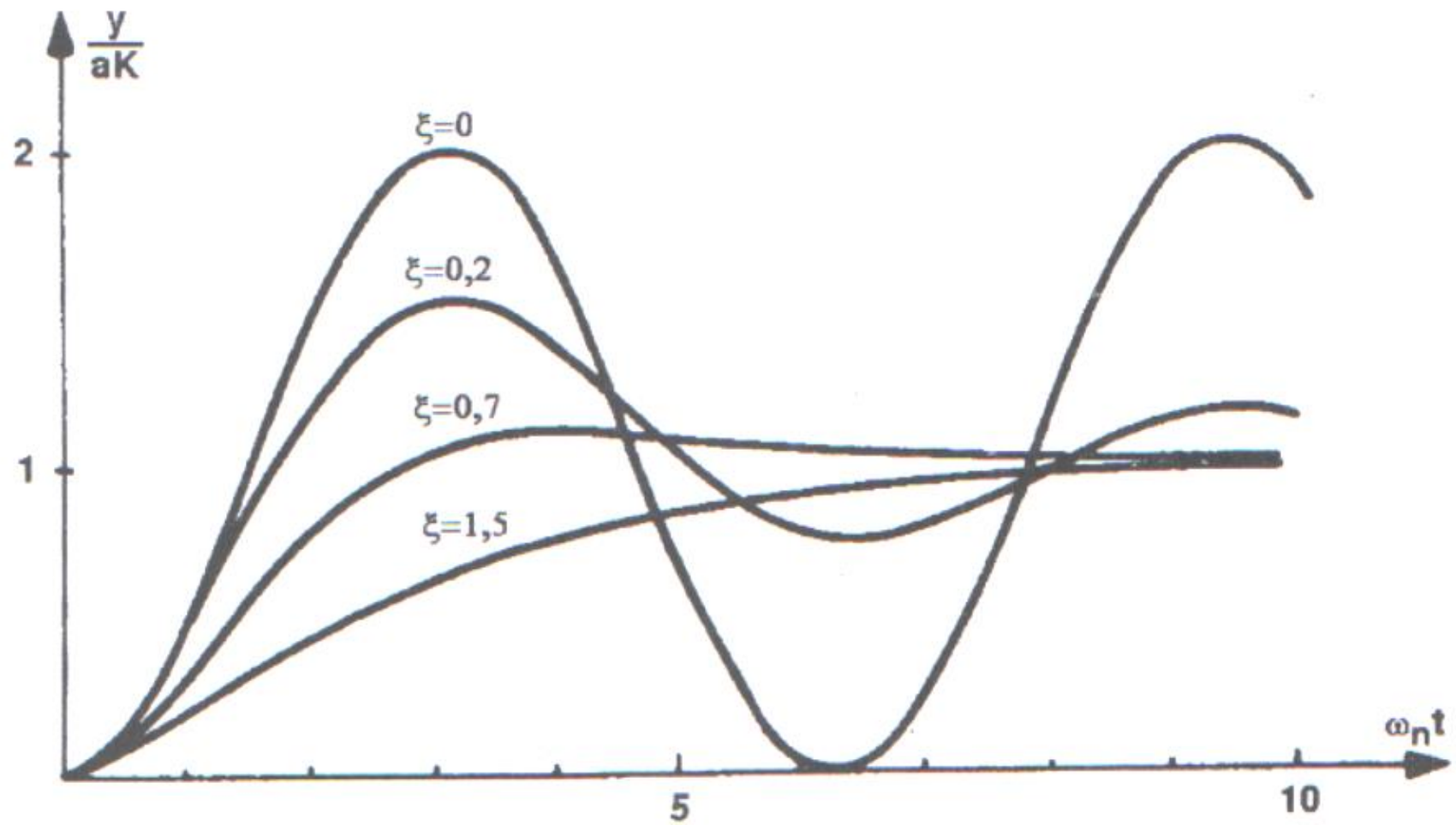
Karakteristična jednačina funkcija prenosa je:

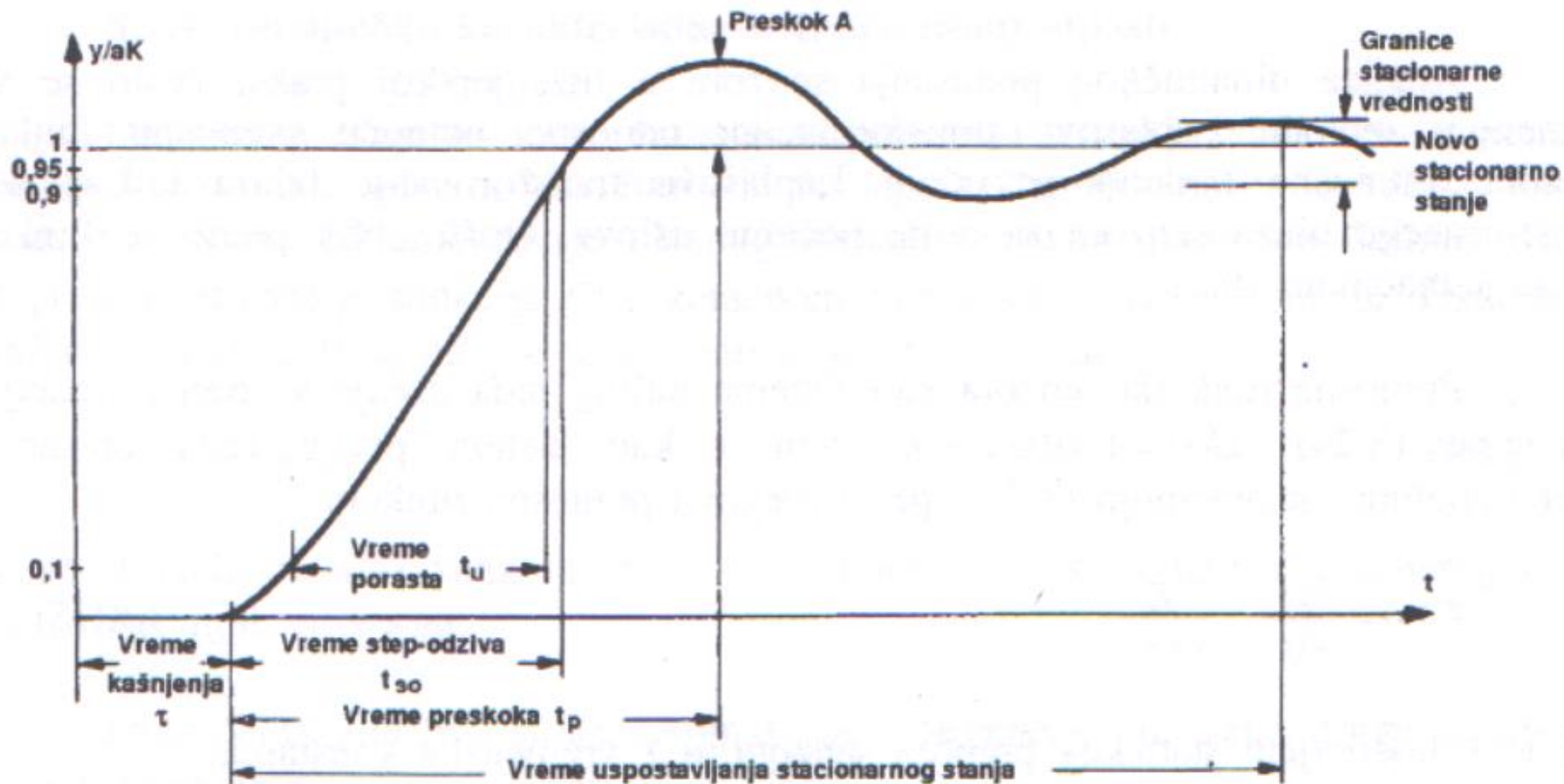
$$T_a T_m s^2 + T_m s + 1 = 0$$

odakle su:

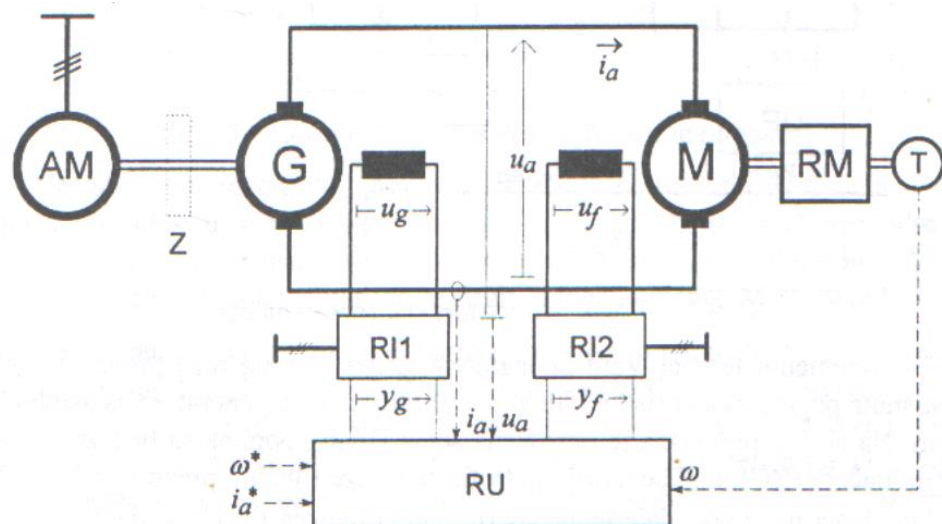
$$s_{1,2} = -\frac{1}{2T_a} \left(1 \pm \sqrt{1 - 4 \frac{T_a}{T_m}} \right) \quad \omega_n = s_1 s_2 = \frac{1}{\sqrt{T_a T_m}} \quad \xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_m}{T_a}}$$

DINAMIČKE KARAKTERISTIKE

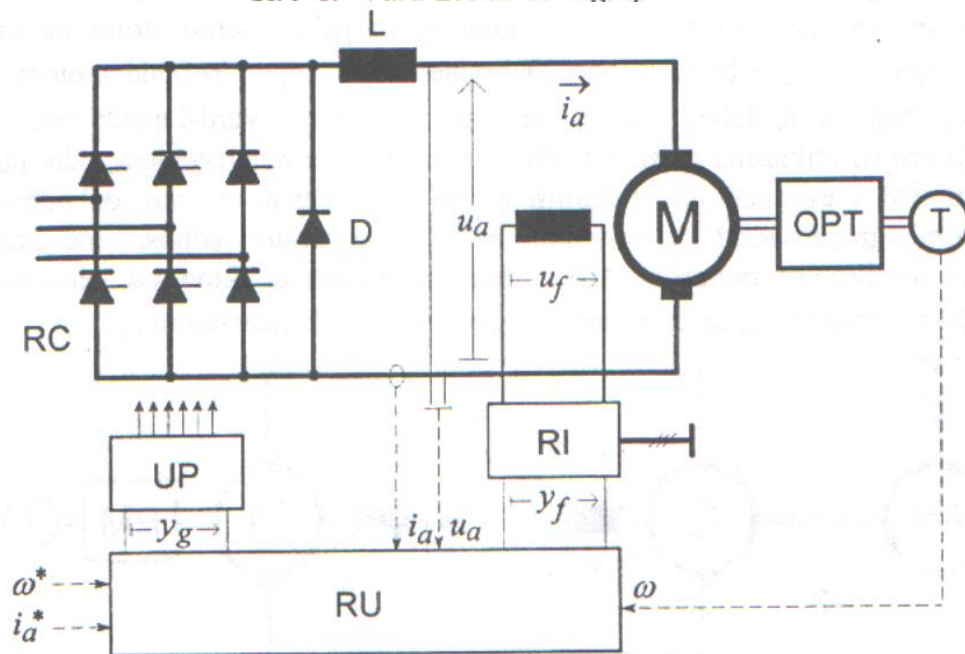




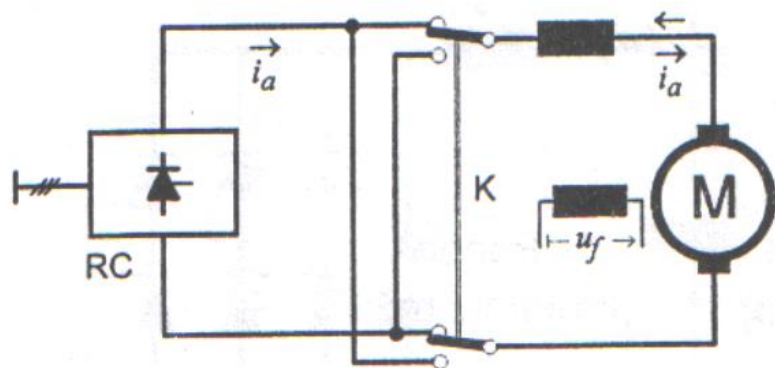
UPRAVLJANJE MOTORA ЈЕДНОСМЕРНЕ СТРУЈЕ



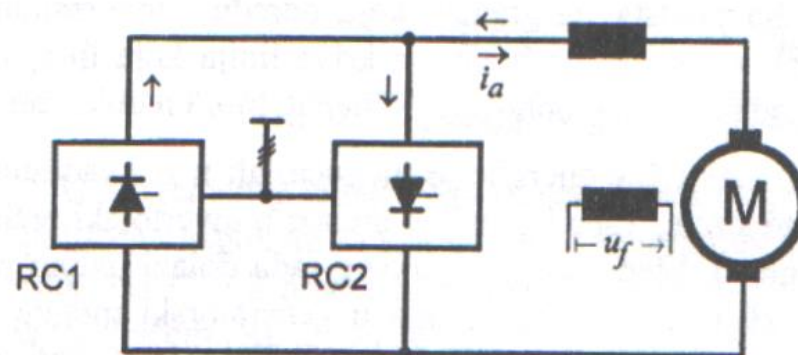
Sl. 9-1. - Vard-Leonardova grupa



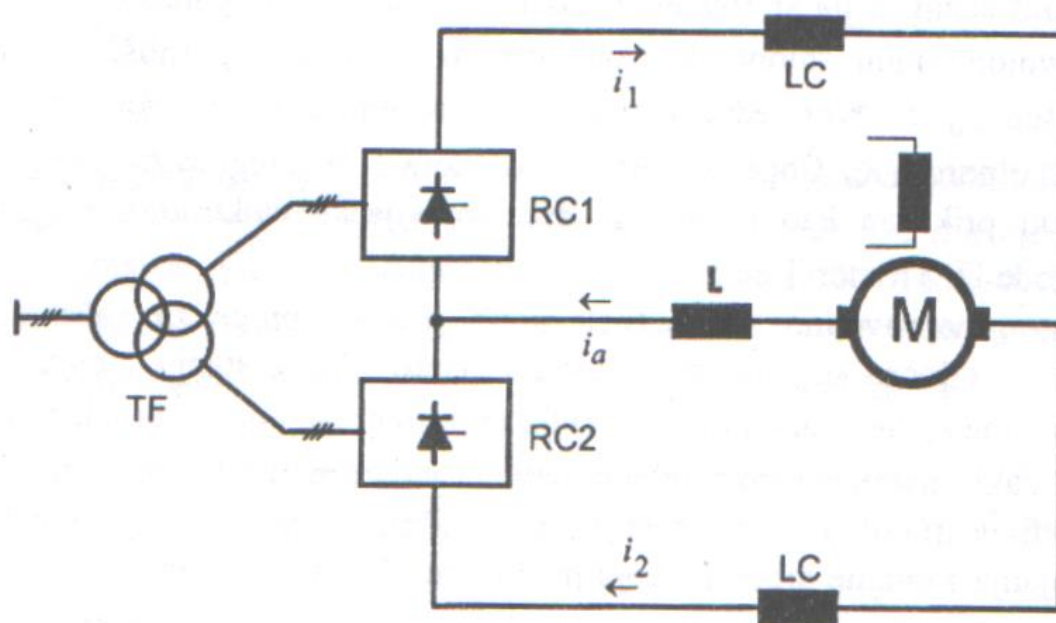
Sl. 9-2. - Pogon sa tiristorskim ispravljačem



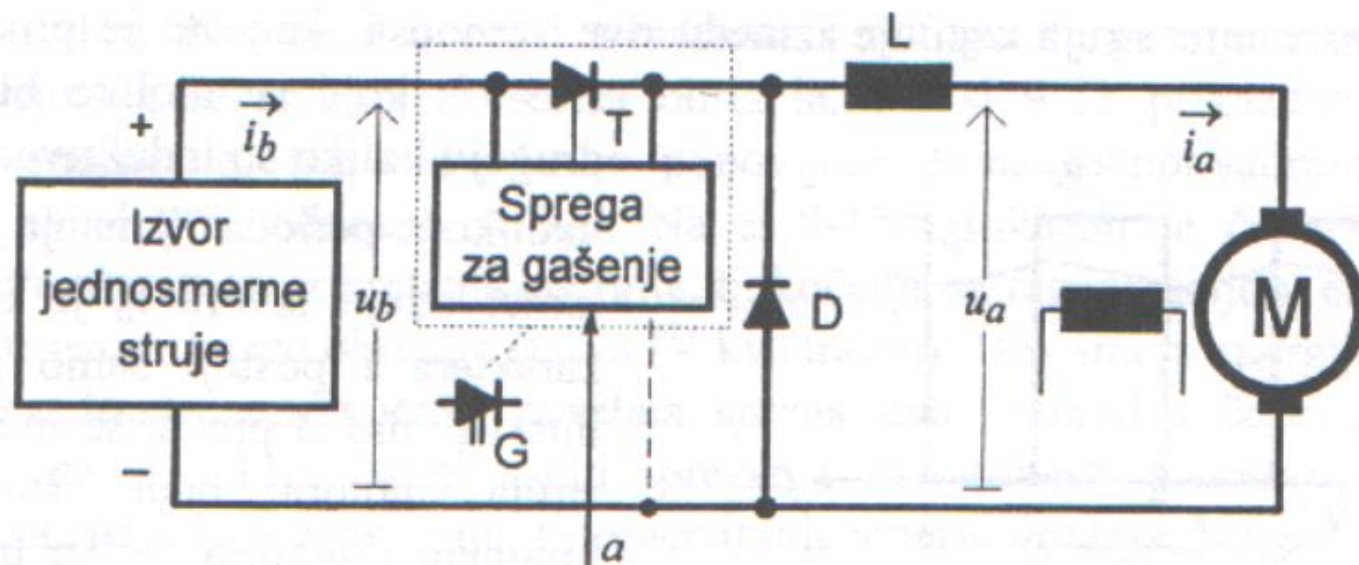
Sl. 9-4. - Reversiranje putem kontaktora



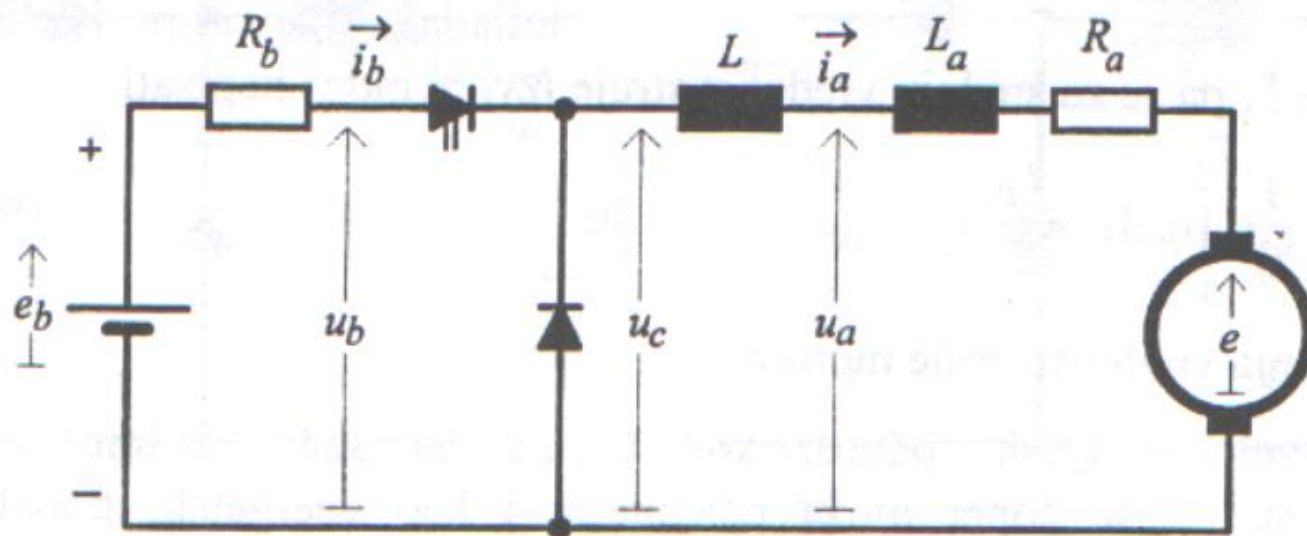
Sl. 9-5. - Četvorokvadrantni pogon sa dva antiparalelna ispravljača



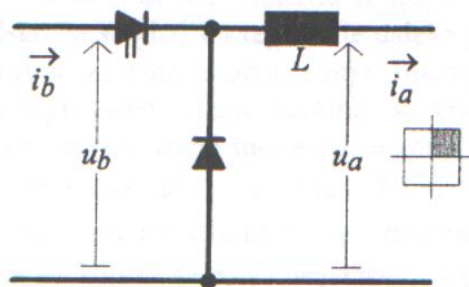
Sl. 9-7. - Četvorokvadrantni pogon sa kružnom strujom



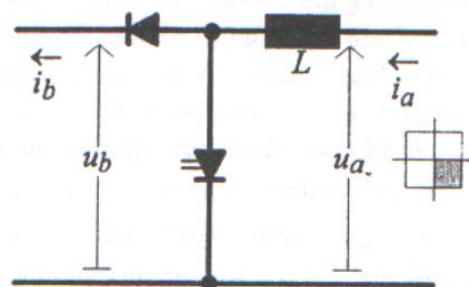
Sl. 9-8. - Pogon sa čoperom



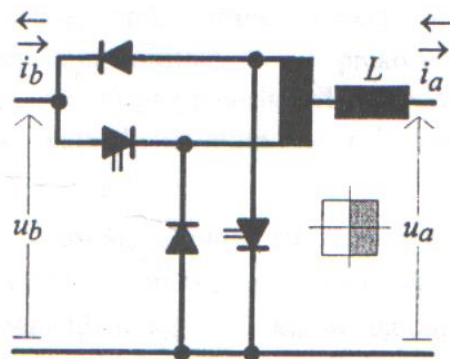
Sl. 9-9. - Ekvivalentna šema pogona sa čoperom



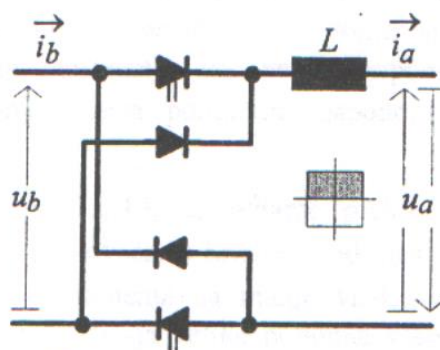
(a)



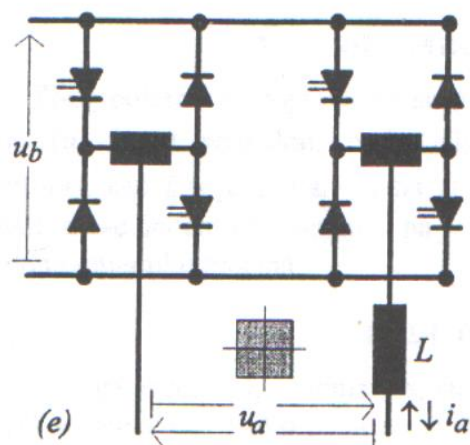
(b)



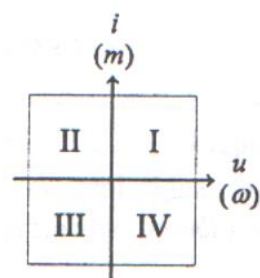
(c)



(d)



(e)



Sl. 9-11. - Jednokvadrantni, dvokvadrantni i četvorokvadrantni čoperski pogoni