

Izobraževanje v okviru projekta



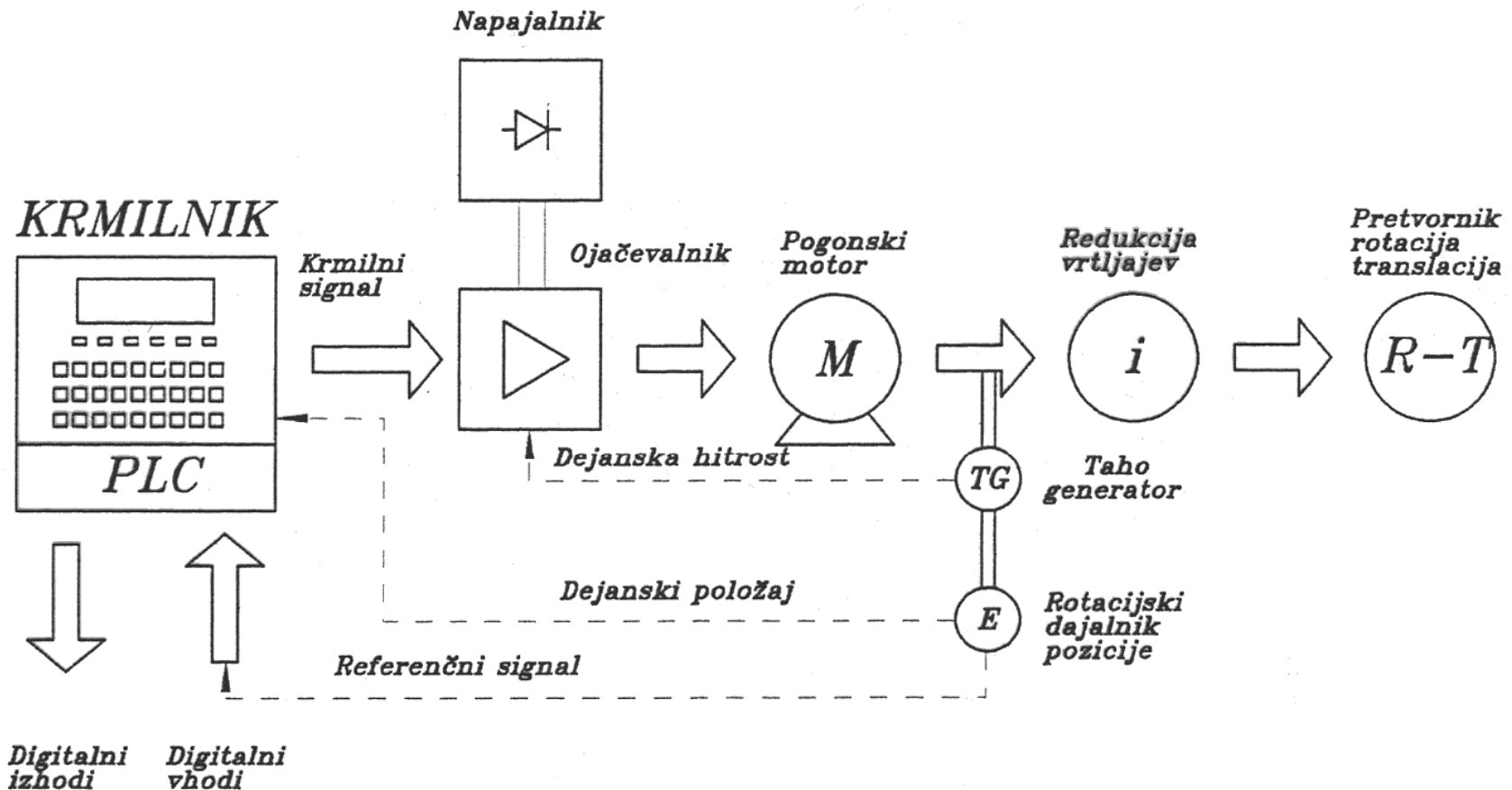
SERVO POGONI

Predavatelj: Matjaž Petrovčič
PS, d.o.o., Logatec

Vsebina:

1. Elementi krmilnih sistemov
2. Krmilniki
3. Merilniki hitrosti in položaja
4. Enosmerni pogoni
5. Odprtozančna frekvenčna regulacija
6. Zaprtozančna vektorska regulacija
7. Koračni pogoni
8. Servo regulacija
9. Enosmerni DC servo motorji
10. Izmenični AC servo motorji
11. Linearni AC servo motorji
12. Napajalniki
13. Vgradnja servo regulatorjev
14. Mehanski elementi servo sistemov
15. Izračun motorja servo sistema
16. Uglaševanje servo pogonov

Elementi krmilnih sistemov



Izvršilni elementi
stroja (stikala, ventili, ..)

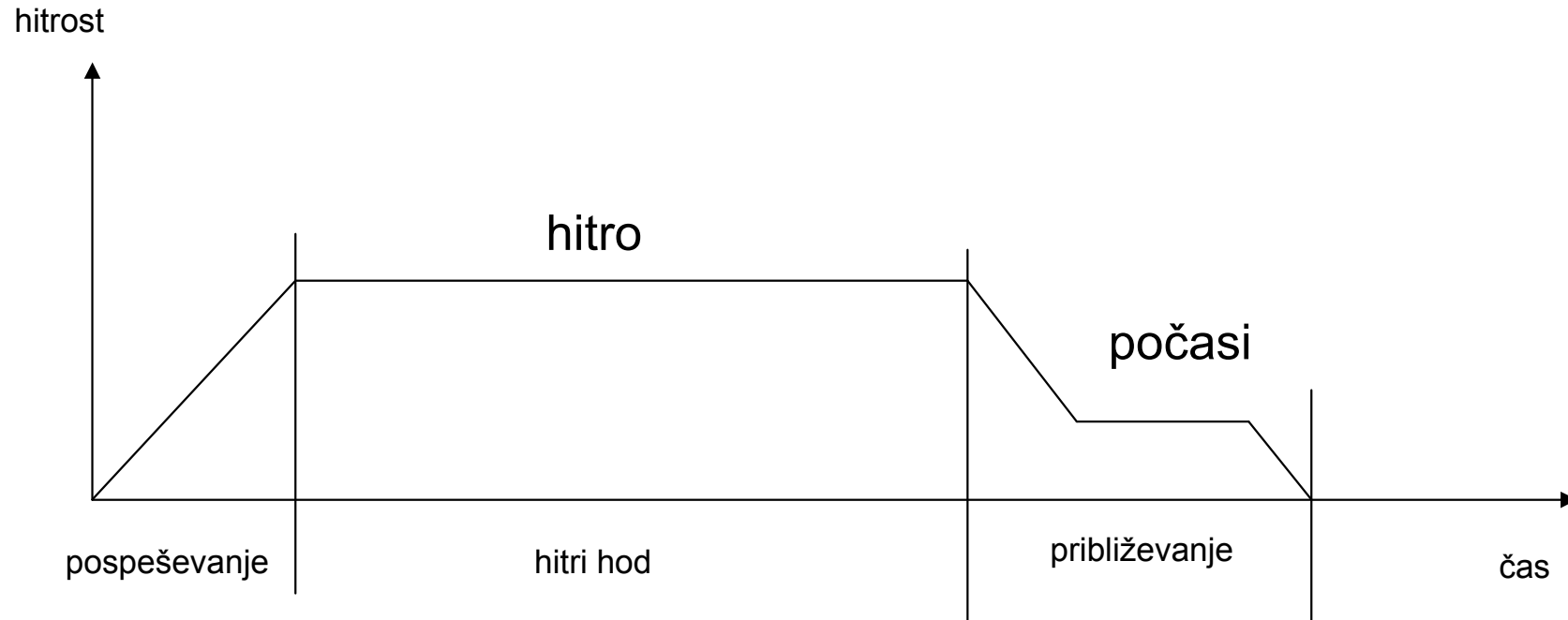
Eno osni krmilni sistem

Krmilniki:

- Eno ali več osni
- Odprto ali zaprto zančni
- NC ali CNC krmilniki
- Z ali brez interpolacij
- Z ali brez programabilnega logičnega krmilnika (PLK)
- Z ali brez vmesnika človek – stroj (MMI)

Odprto-zančno pozicioniranje

- Motor (več navitij ali frekvenčni pretvornik), hidravlični pogon
- Merilnik položaja, števec
- Omogoča manjše dinamike
- Ne ohranja doseženega položaja, ne popravlja napake

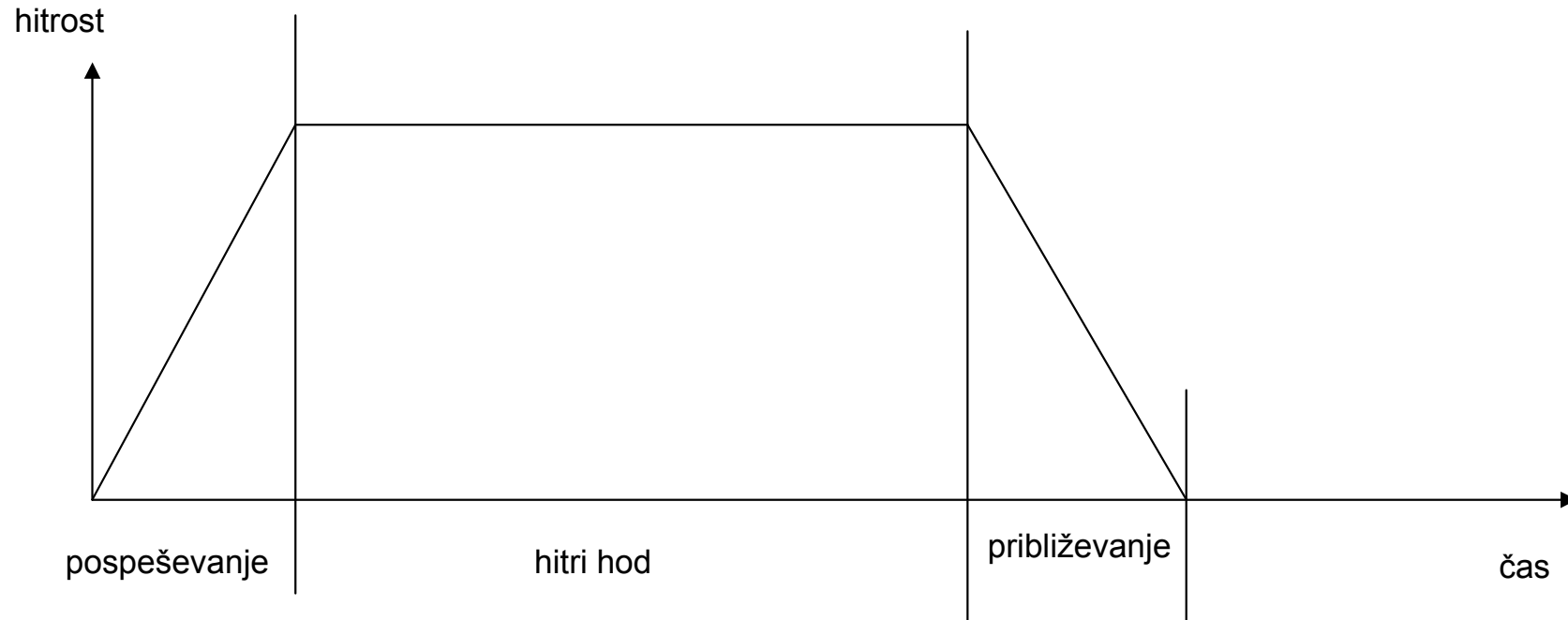


Odprto-zančni pozicioner

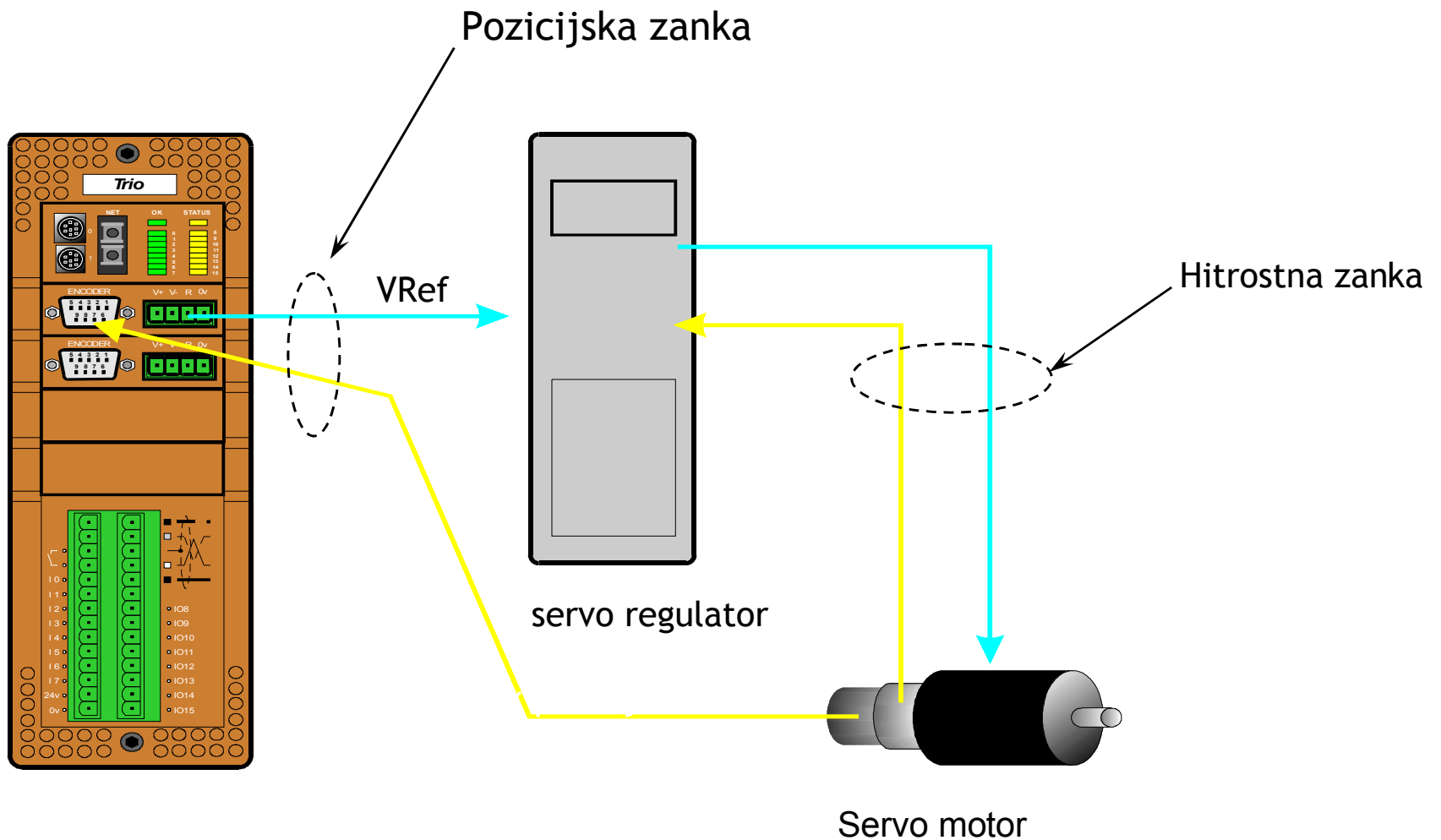


Zaprto-zančno pozicioniranje

- Servo motor, servo regulator
- Dajalnik pozicije, pozicijski krmilnik
- Omogoča večje dinamike, višjo natančnost

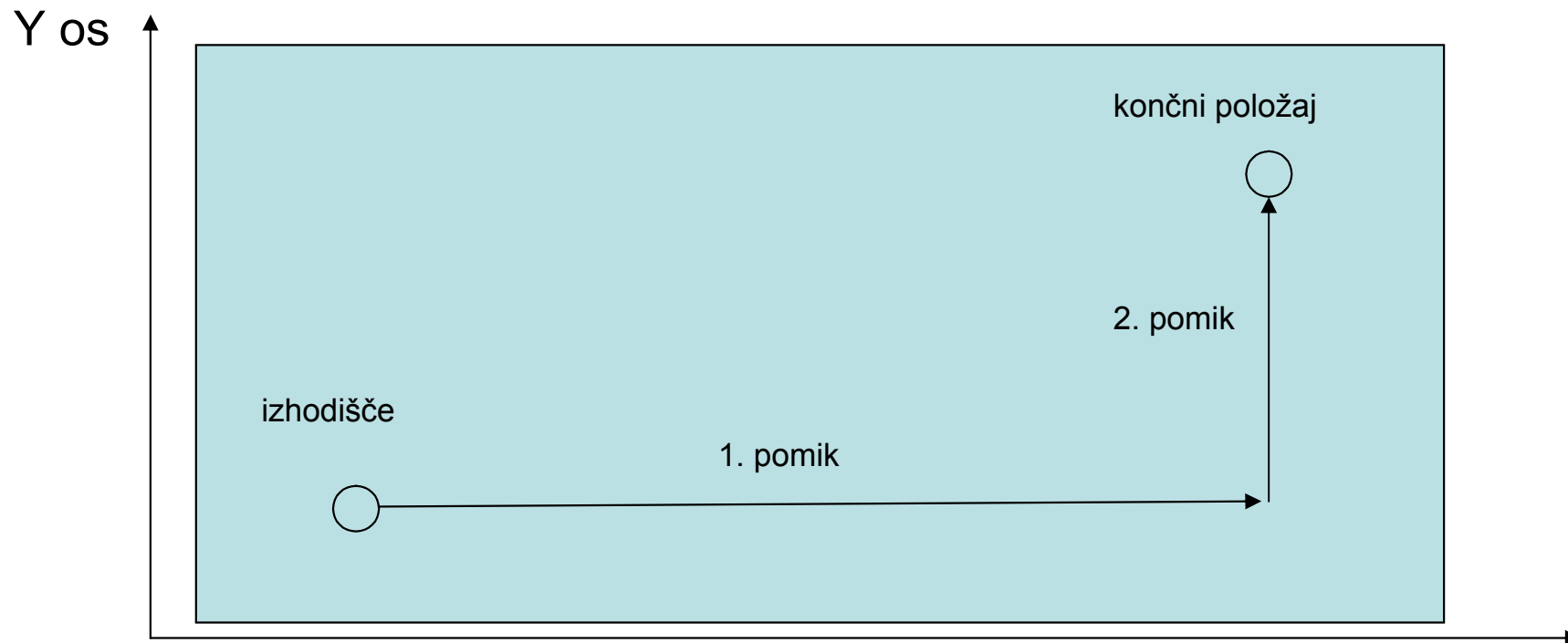


Zaprto-zančni pozicioner



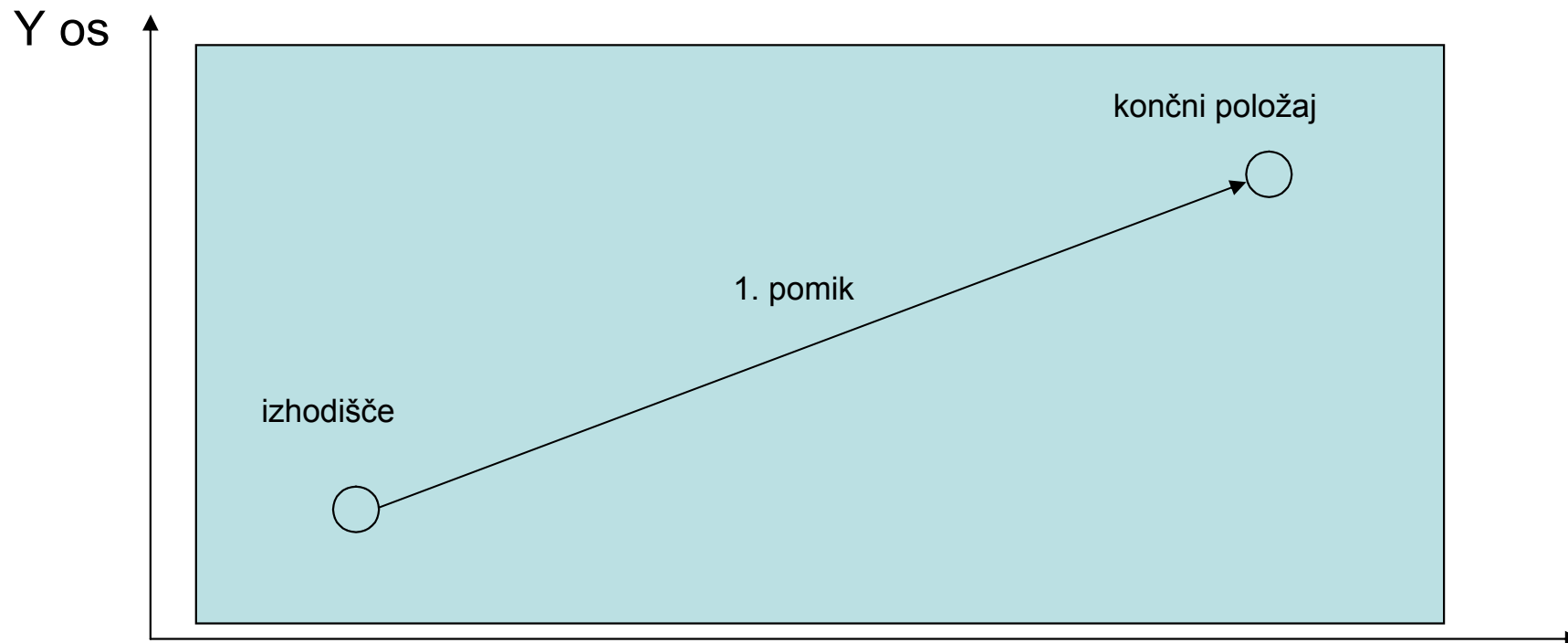
Eno-osno ali več-osno nepovezано pozicioniranje

- Pozicioniranje od točke do točke
- Ni časovne usklajenosti med več osmi
 - Servo regulator UnidriveSP + SM applications + POZ-Pro program (APC)



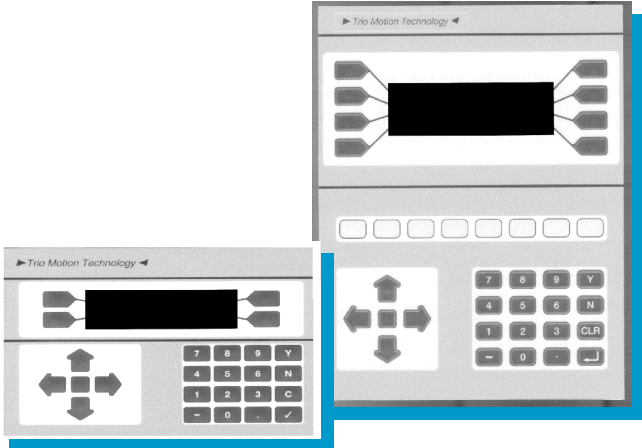
Več-osno povezano pozicioniranje

- Usklajeno pozicioniranje od točke do točke, interpolacije, sledenje,...
- Več osi med seboj položajsko in časovno usklajenih
 - Krmilnik Trio Motion, ...

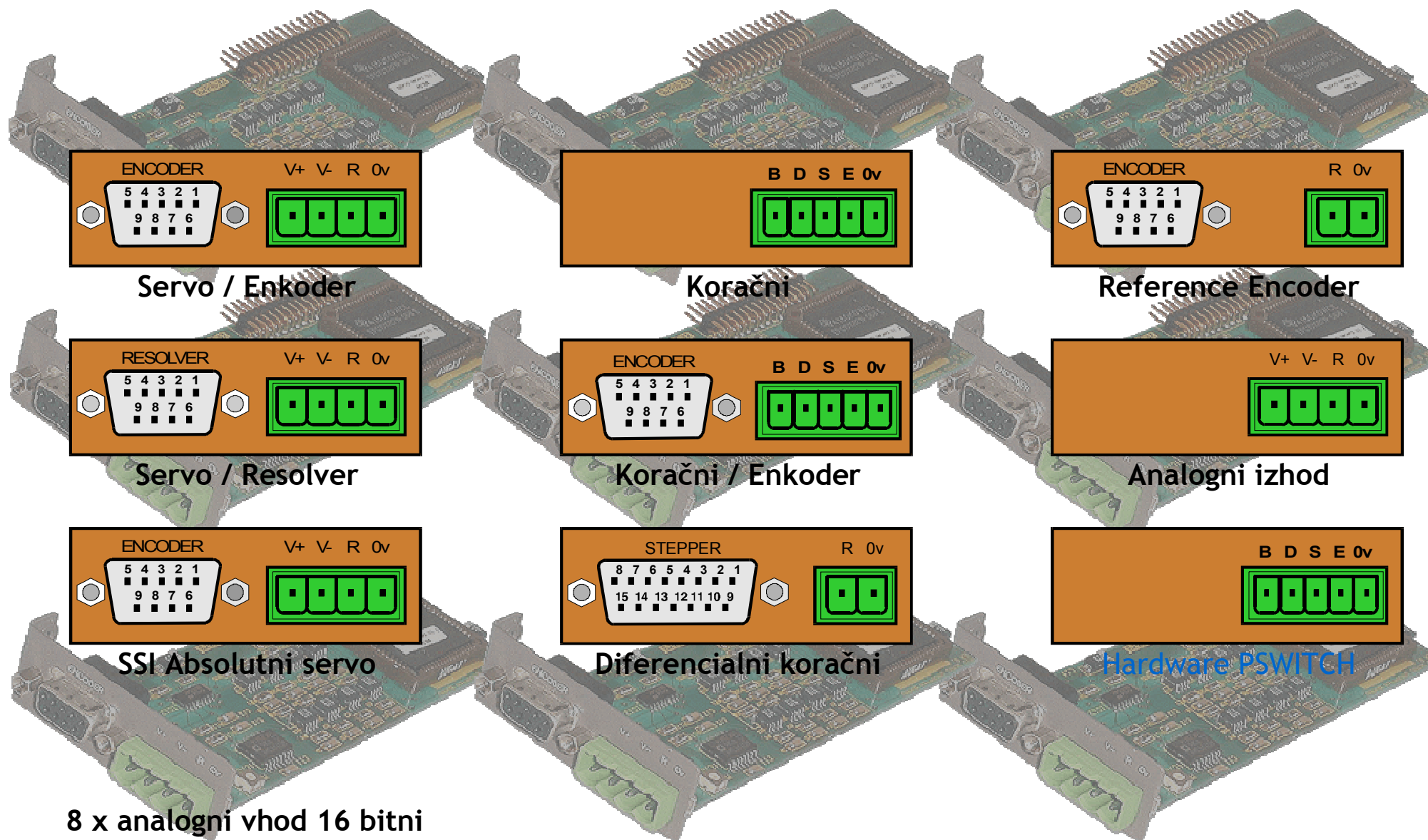


Elementi krmilnih sistemov

Več-osni pozicijski krmilniki



Elementi krmilnih sistemov



Elementi krmilnih sistemov

Vgrajene funkcije:



linearna interpolacija

krožna interpolacija

helikoidalna interpolacija

CAM Profili

programski menjalniki

povezana gibanja

seštevne gibanj

navidezne osi

registracijski vhodi

Motion Perfect - Windows Editor

The screenshot displays the Motion Perfect 2 software interface. The main window is titled "Motion Perfect 2" and contains a menu bar (Project, Controller, Program, Tools, External, Options, Window, Help) and a toolbar. On the left side, there is a "Controller status" panel with radio buttons for "Fixed" and "Editable" (selected), a "Drives Enabled" checkbox, and an "Axis status error" field. Below this is a "Run" section with a table of programs:

| Run | Program | OK |
|-------------------------------------|---------|-----|
| <input checked="" type="checkbox"/> | HOME | 7 ✓ |
| <input type="checkbox"/> | MANUAL | |
| <input type="checkbox"/> | PROG1 | |
| <input type="checkbox"/> | STARTUP | |

Below the table are icons for search, help, and a stop button. The "Selected Program" field shows "HOME". The "Free Memory" is 232398. A "Motion Stop" button is at the bottom of the panel. The main editor window is titled "Debug mode - read only : HOME" and contains the following code:

```
' Example 1 - Standard 2 axis Homing routine.
' DATUM_IN for each axis is set by startup routine.
GOSUB vars

WAIT UNTIL IN(start_home)=ON

' start homing cycle axis 0
BASE (0)
DATUM (4)

' start homing cycle axis 1
BASE (1)
DATUM (4)

WAIT IDLE AXIS (0)
WAIT IDLE AXIS (1)
PRINT #5, "Home sequence complete"
VR(home_complete)=1
```

The line **WAIT UNTIL IN(start_home)=ON** is highlighted in green. The status bar at the bottom shows "Ready", "L:6, C:0", and "Compiled". The taskbar at the very bottom shows "MC206", "COM1", and "C:_DM_demo\DM_demo.prj".

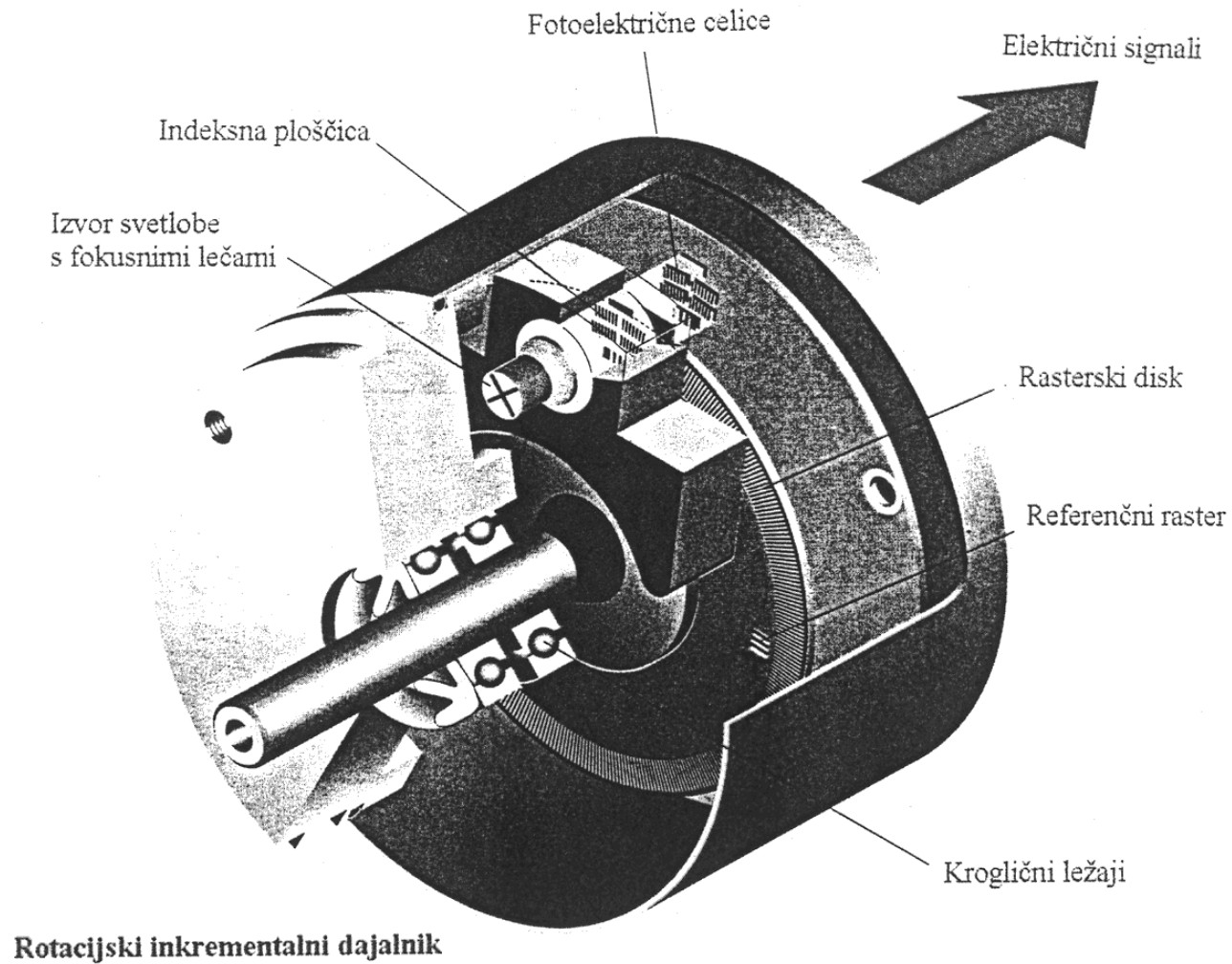
Merilniki hitrosti:

- Taho generator
- Inkrementalni dajalnik
- Absolutni dajalniki
- Resolver

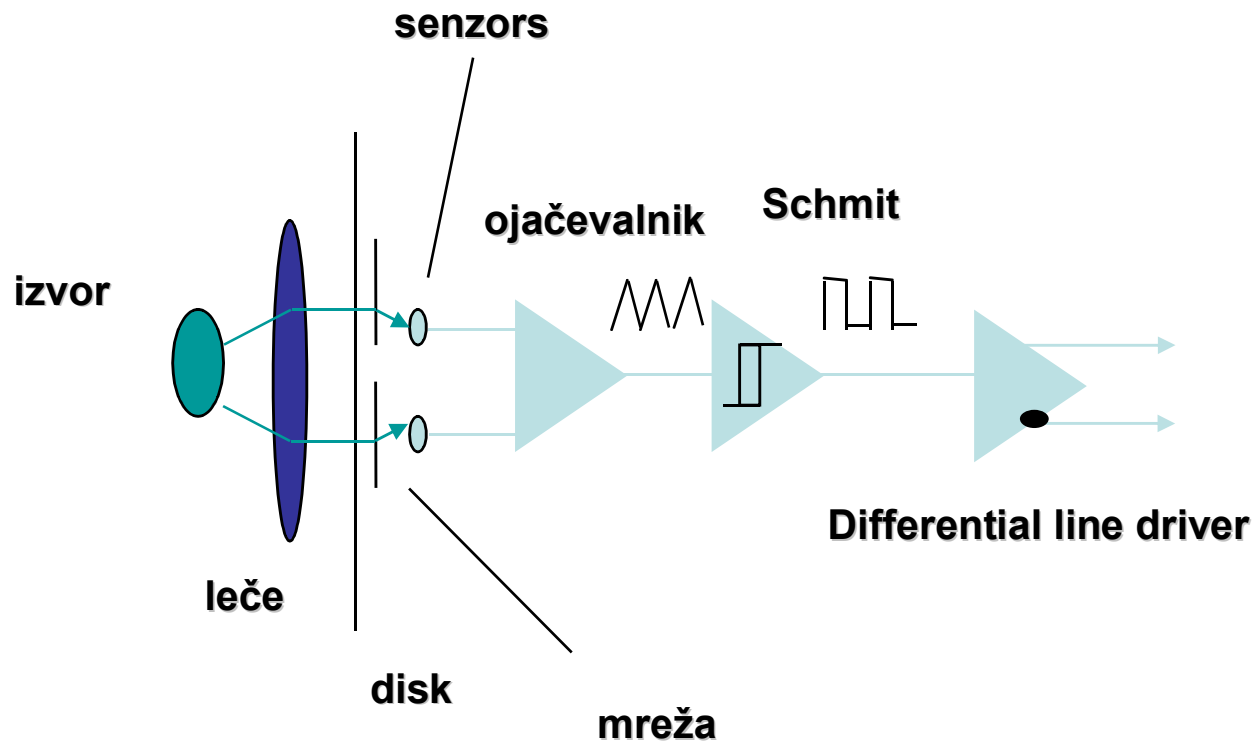
Merilniki položaja:

- Inkrementalni rotacijski dajalnik
- Absolutni rotacijski dajalnik
- Merilna letev
- Absolutna merilna letev
- Magnetni merilni sistemi
- Laserski merilniki
- Ultrazvočni merilniki...

Merilniki hitrosti in položaja

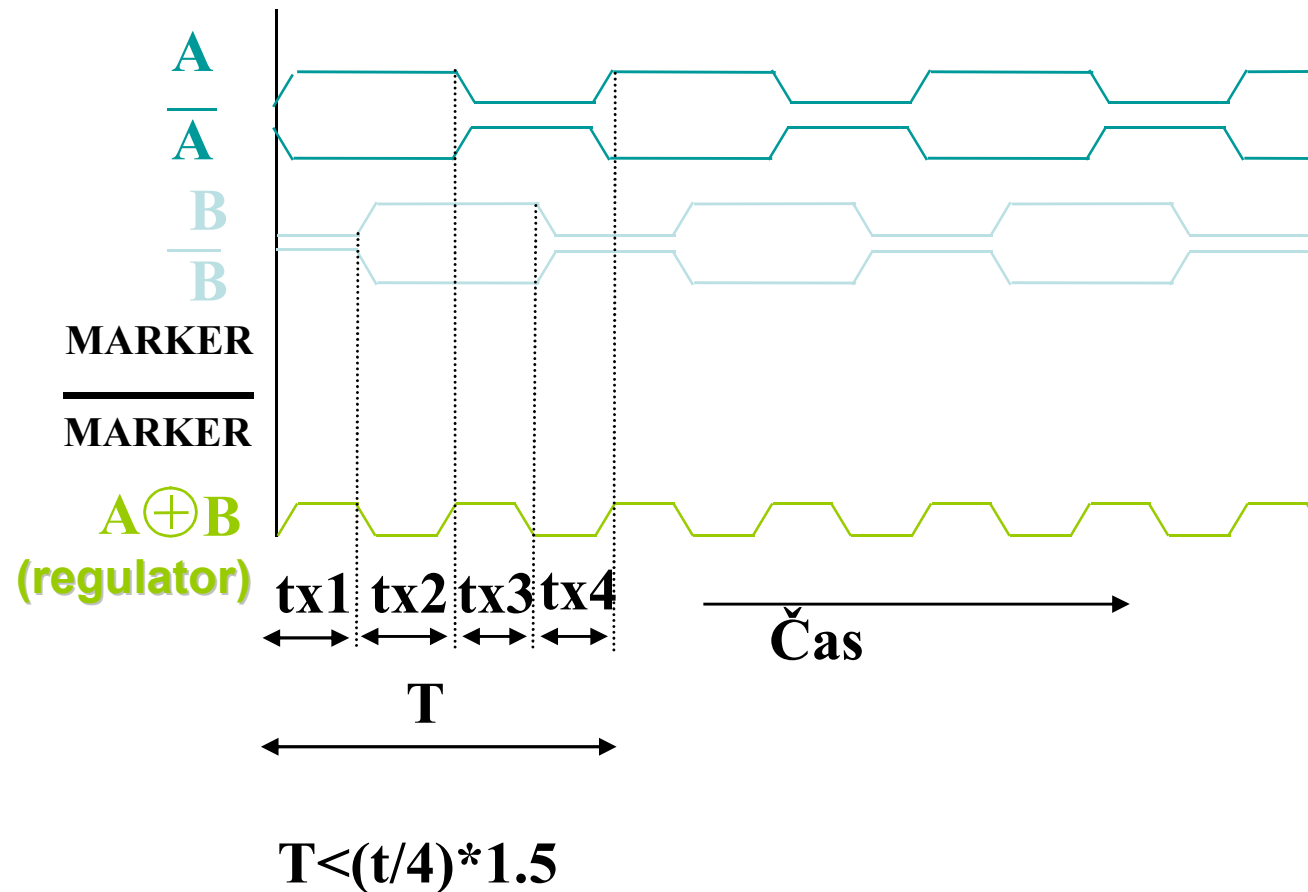


Merilniki hitrosti in položaja



Princip delovanja inkrementalnega dajalnika

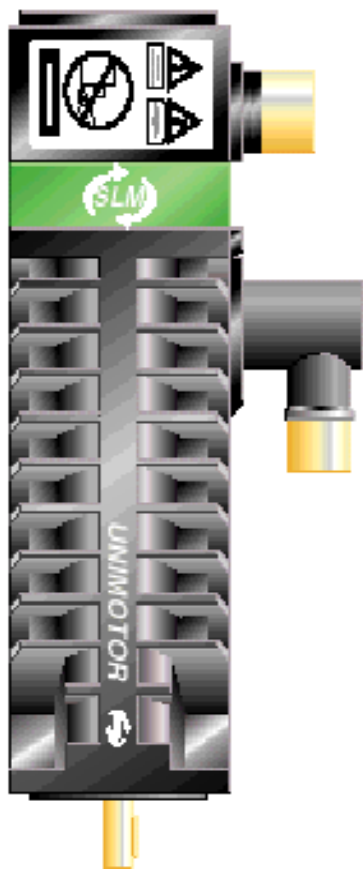
Merilniki hitrosti in položaja



Signali inkrementalnega dajalnika

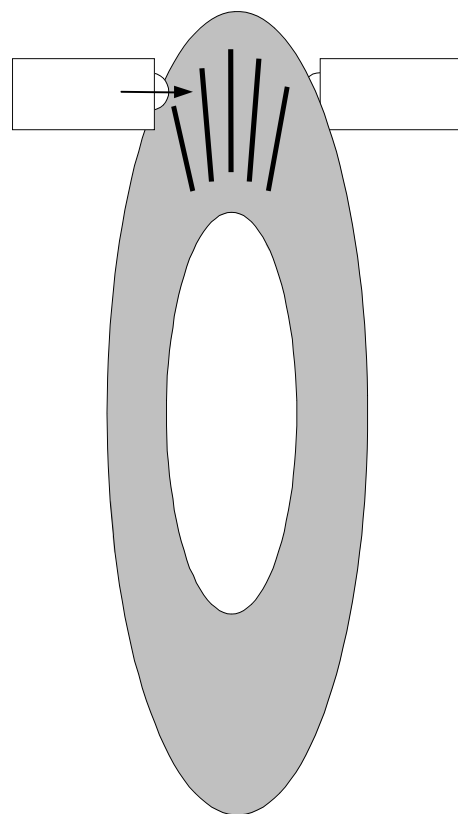
Merilniki hitrosti in položaja

Encoder



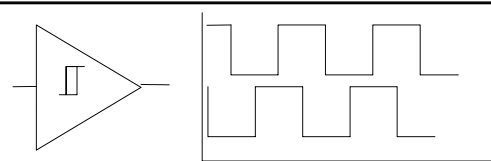
LED

Senzor

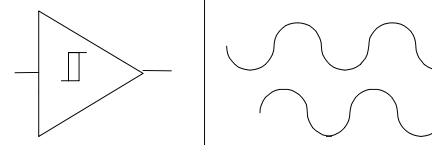


Izhodni signal

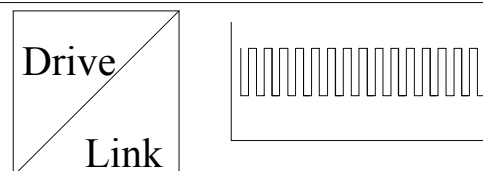
STANDARD INCREMENTAL ENCODER



SINCOS ENCODER



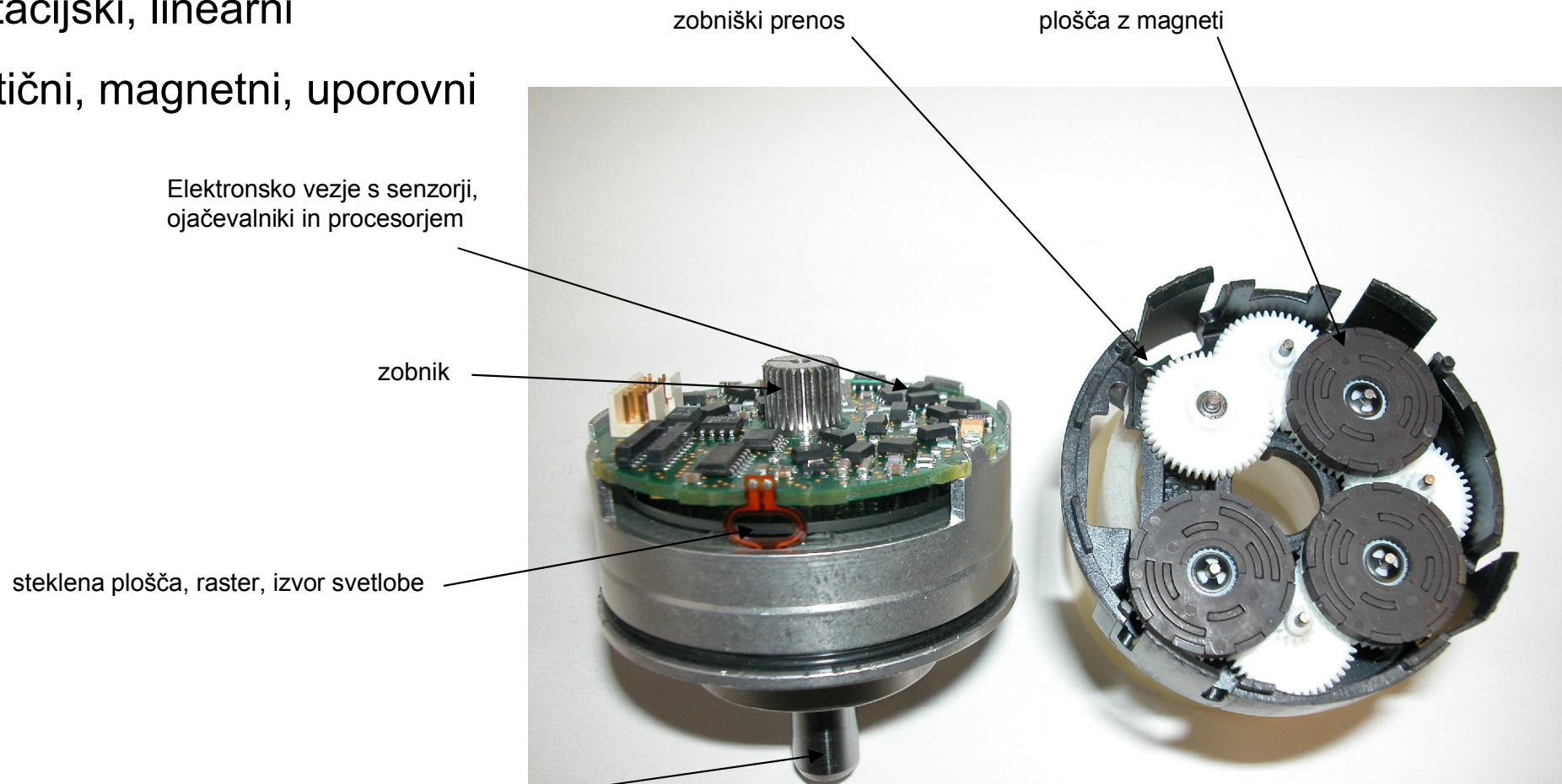
SLM



Merilniki hitrosti in položaja

Absolutni dajalniki

- Neprekinjeno ali pa na zahtevo posredujejo absolutni položaj
- Rotacijski, linearni
- Optični, magnetni, uporovni



Merilniki hitrosti in položaja

Vrste absolutnih zapisov

- Binarna koda
- Gray koda
- 28-excess-3 Gray koda

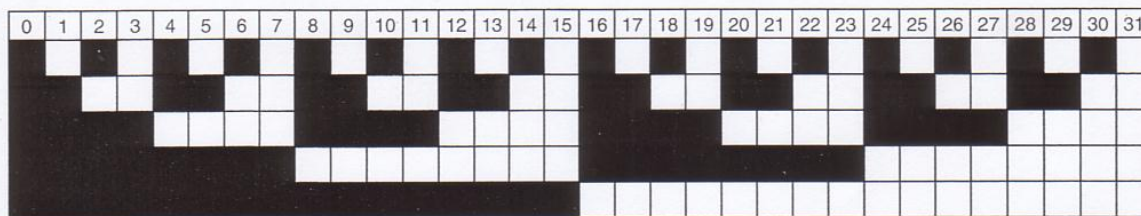


Figure 3.13 Pure (natural) binary code

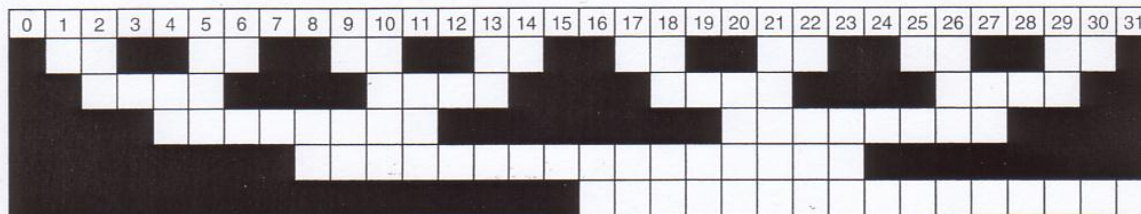
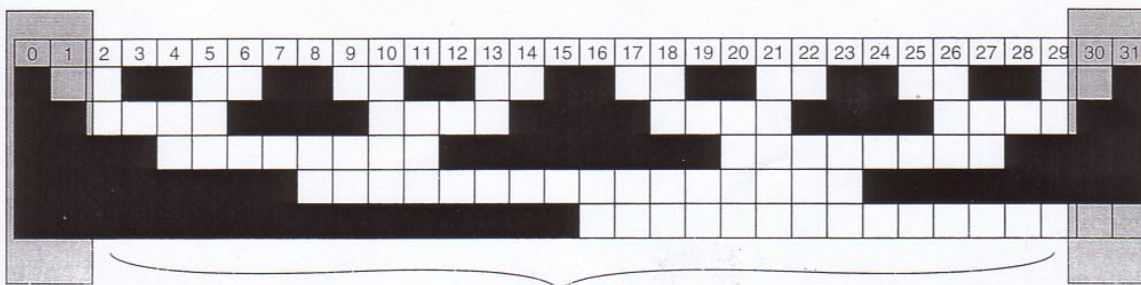


Figure 3.14 Gray code



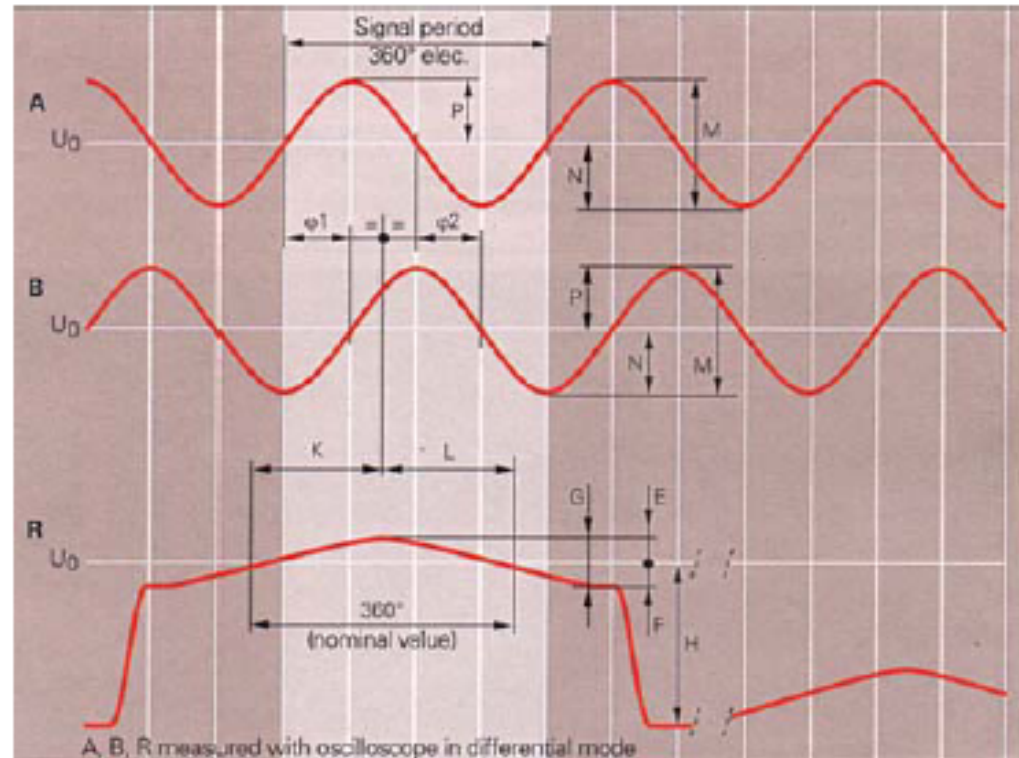
28 positions

Figure 3.15 Gray excess code

Merilniki hitrosti in položaja

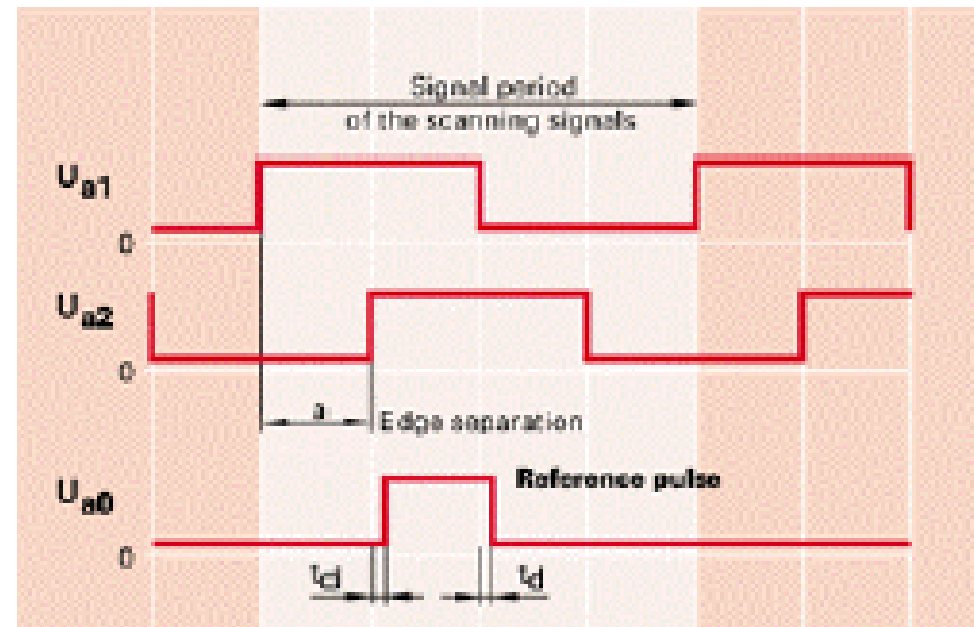
SinCos enkoder

- Sinusna signala zamaknjena za 90°
- Nivo 1vpp, neodvisen od frekvence



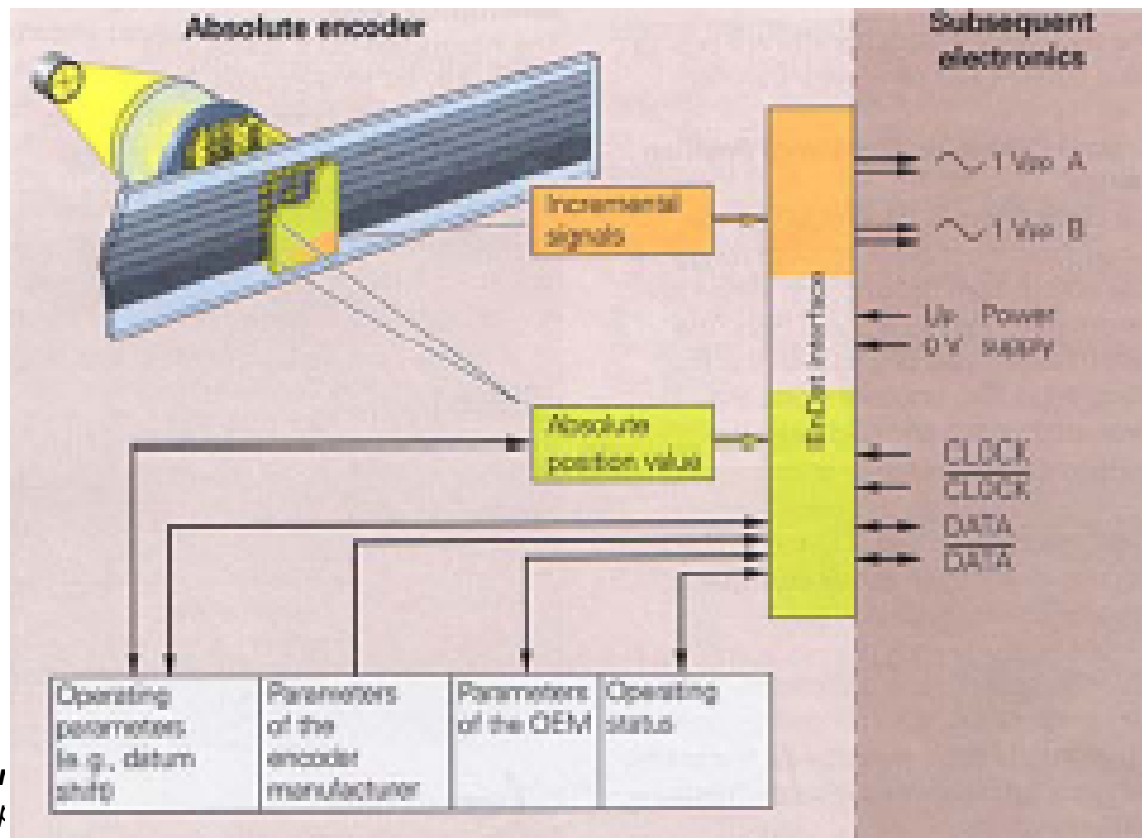
SinCos enkoder TTL pravokotni izhod

- Iz analognega signala z interpolacijo generirajo pravokotna signala zamaknjena za fazni kot 90°
- Z interpolacijo dobimo 5 ali 10 krat večjo resolucijo



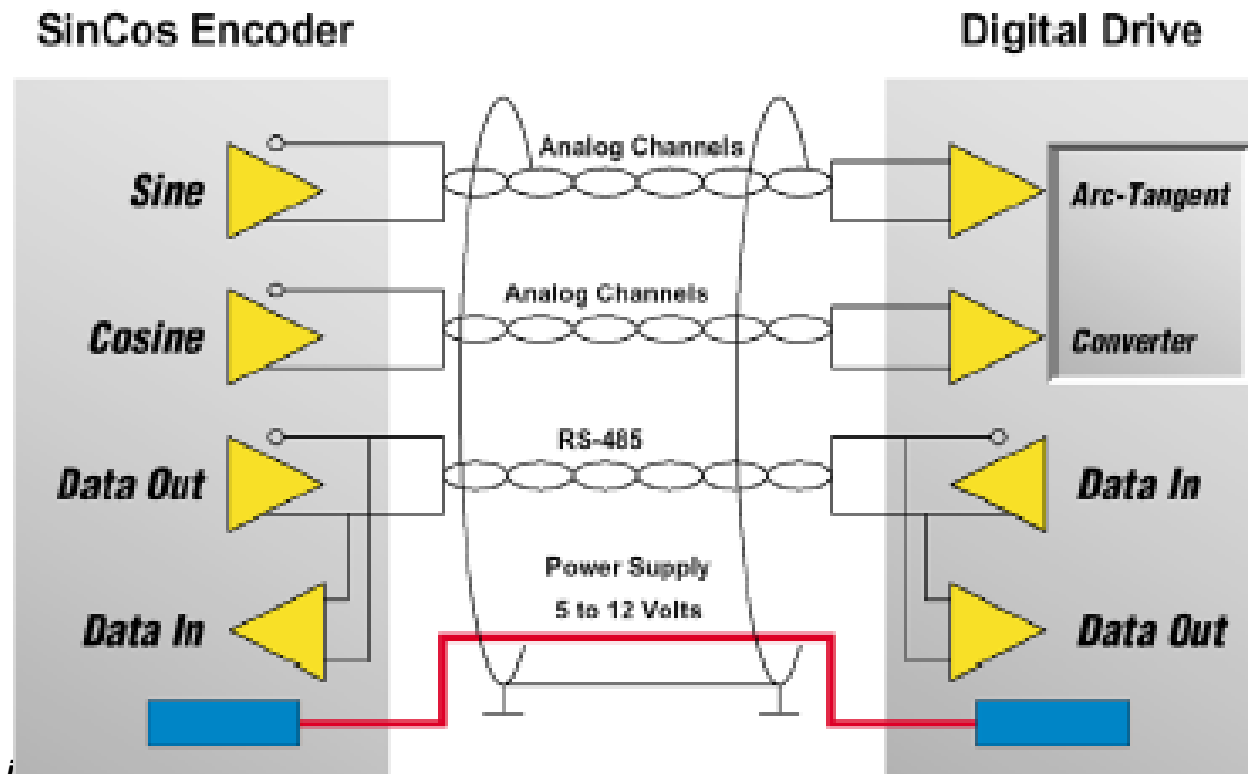
EnDat absolutni dajalnik (Heidenhain)

- EnDat >> Encoder Data
- Posreduje podatke o absolutnem položaju
- Posreduje lahko tudi druge podatke shranjene v enkoderju
- Prenos sinhroniziran s krmilnikom
- Deluje tudi inkrementalno



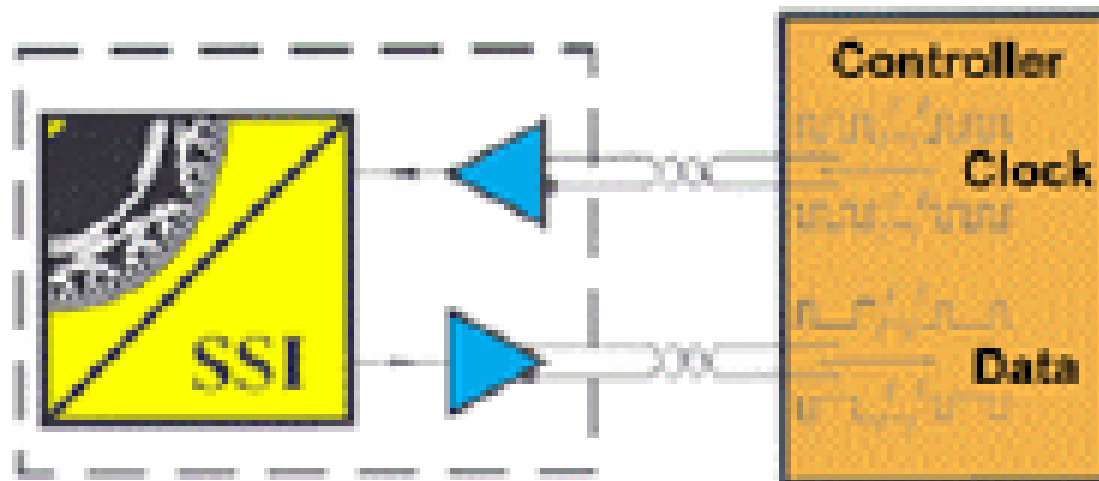
HIPERFACE absolutni dajalnik (Stegmann)

- HIPERFACE >> HIGH PERFORMANCE interFACE
- Posreduje absolutni položaj in analogna signala
- Omogoča višje natančnosti pri visokih vrtljajih
- Samo 8 žična povezava



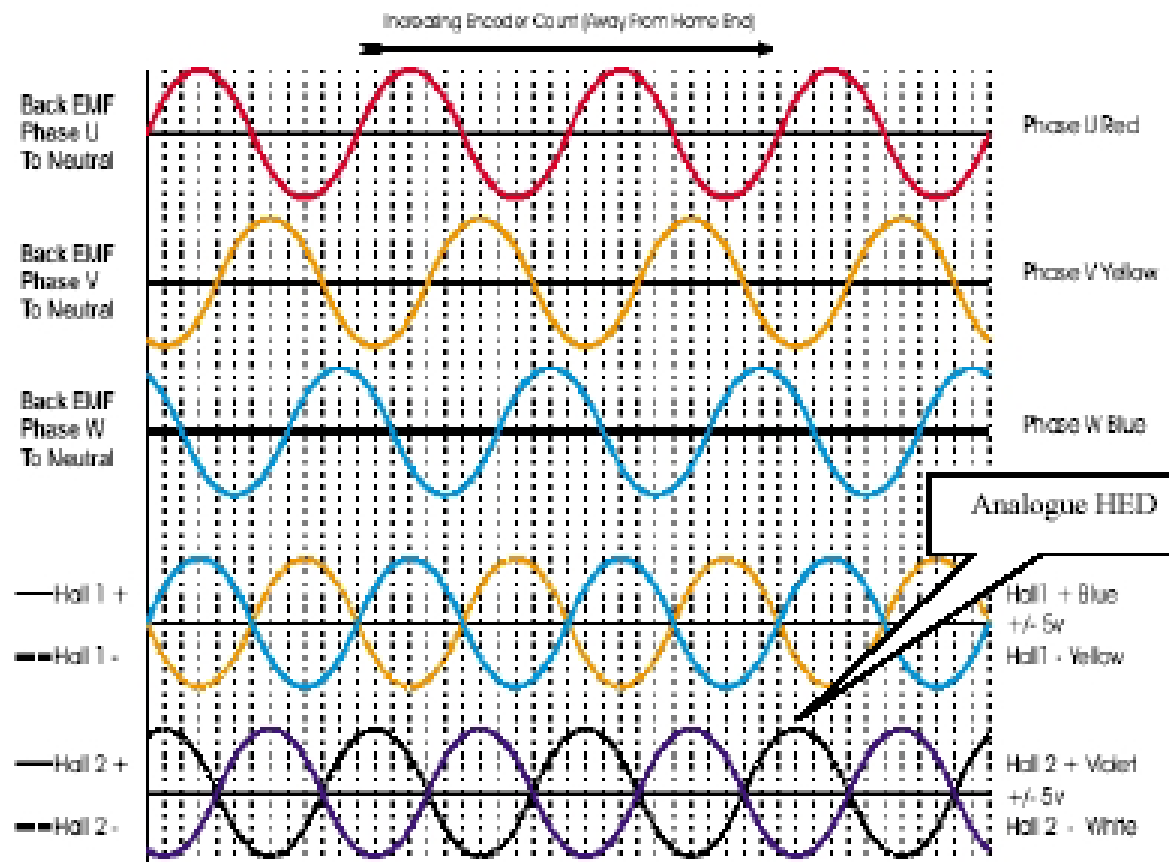
SSI absolutni dajalnik

- SSI >> Synchronous Serial Interface
- Bitni prenos podatkov določa krmilnik
- Omogoča hkraten prenos vrednosti iz več dajalnikov
- Samo 6 žična povezava



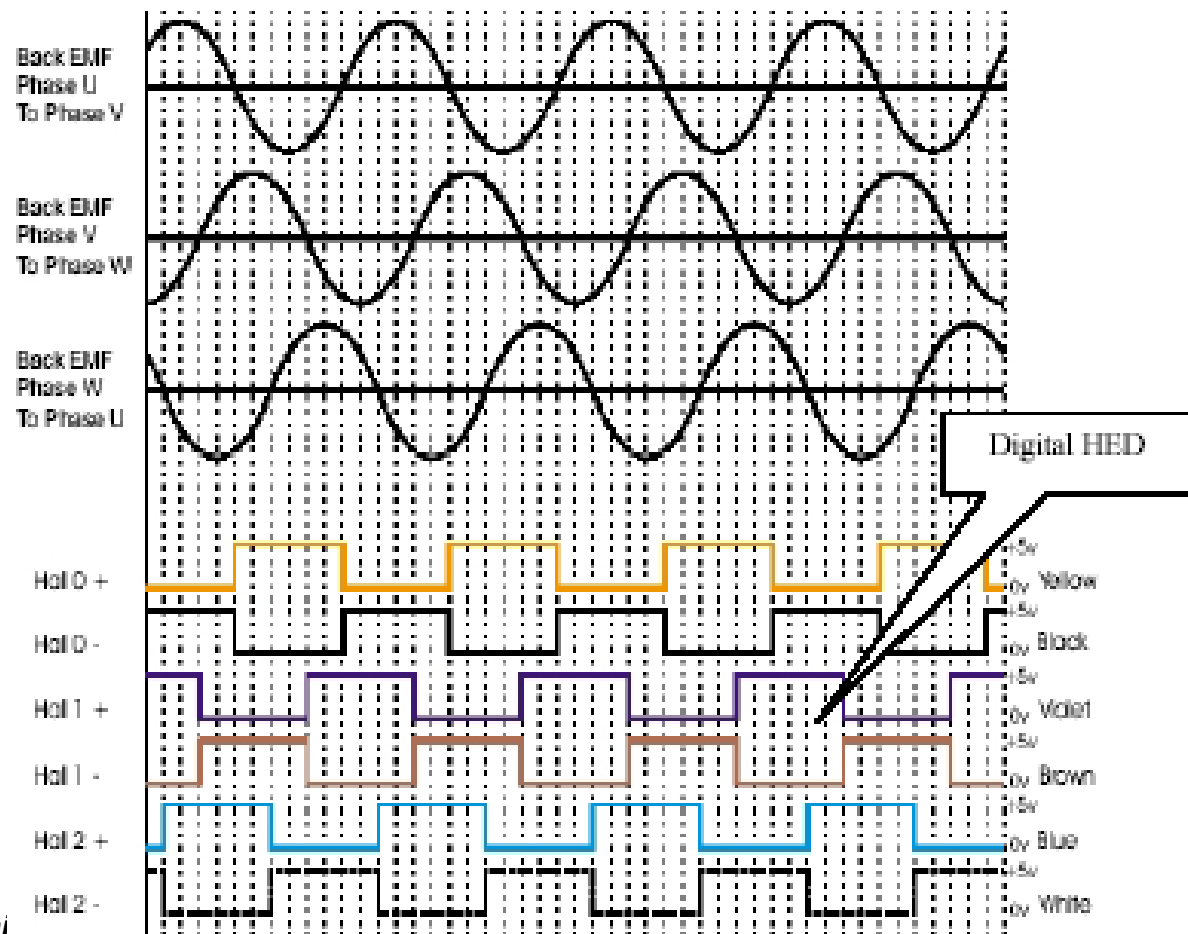
Hall magnetne merilne sonde

- Analogna meritev
- Dva signala fazno zamaknjena



Hall magnetne merilne sonde

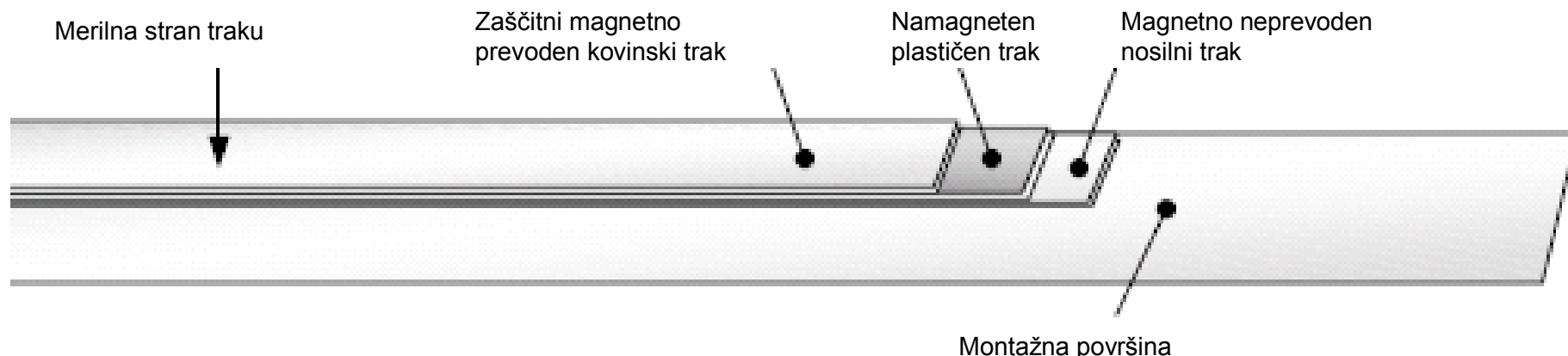
- Digitalna meritev
- Trije signali fazno zamaknjeni



Magnetni merilni sistemi

Trak sestavljen iz 3 plasti, skupna debelina 1.8mm

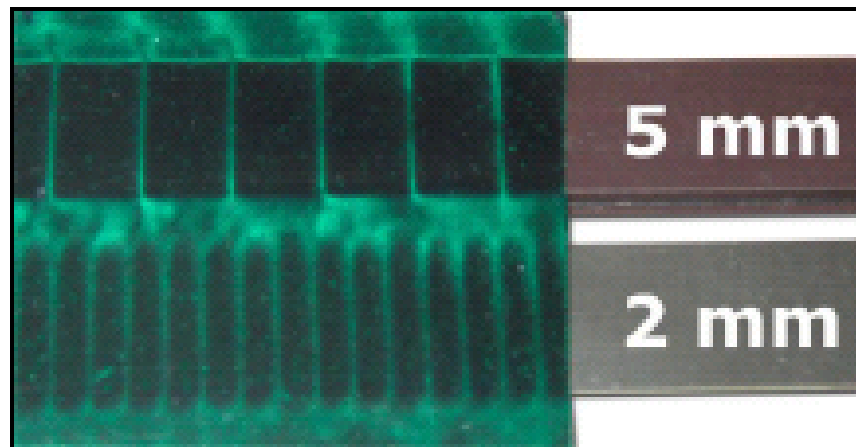
- Vrhni magnetno prevoden trak – ne vpliva na meritev
- Fleksibilen namagneten plastičen trak – osnova za meritev
- Spodnji magnetno neprevodni trak
– mehanska zaščita + zaključek magnetnih polov



Magnetni merilni sistemi

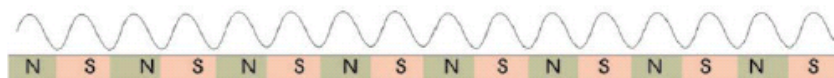
Fleksibilen magnetni plastični trak

- Različne delitve za različne natančnosti
- Eno stezni – inkrementalna meritev
- Več stezni – absolutna meritev



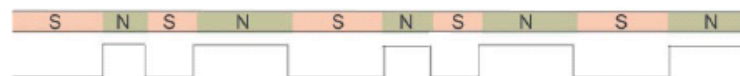
Razporeditev magnetov – prikaz z magnetno lupo

Magnetni merilni sistemi

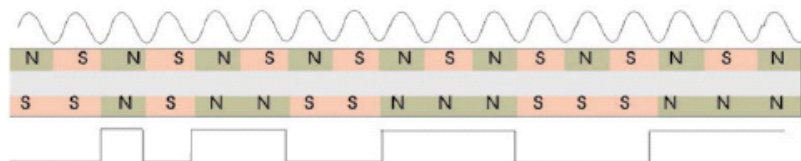


Inkrementalni magnetni merilni trak

Single-track system (Pseudo-Random Code)

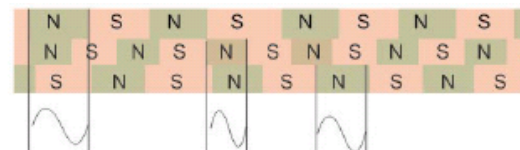


Enostezni magnetni merilni trak



Dvostezni merilni magnetni trak:

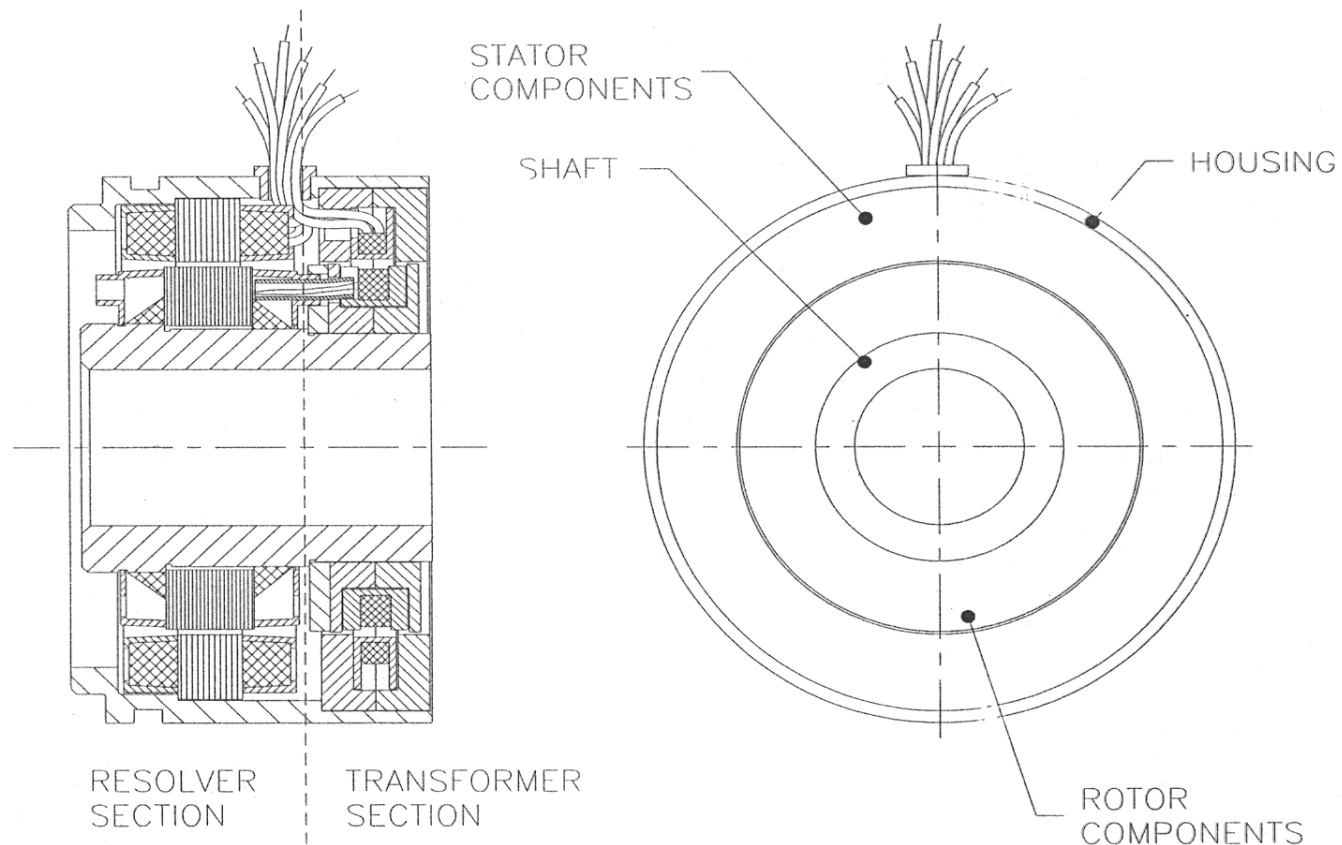
- Zgoraj – interpolacijski del traku
- Spodaj – absolutni del traku



Tristezni merilni magnetni trak

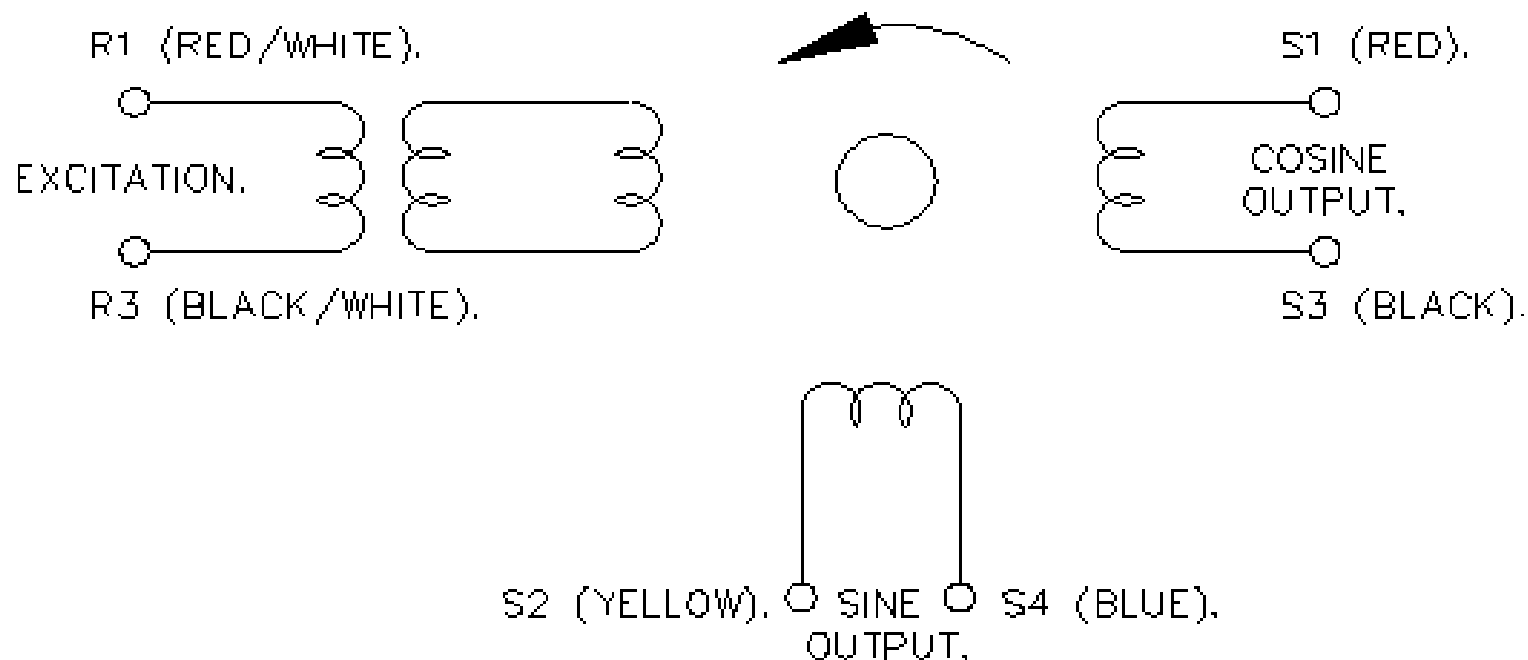
Rezolver

Typical Layout



Merilniki hitrosti in položaja

TYPICAL SCHEMATIC DIAGRAM.



Shematski prikaz delovanja rezolverja

Namestitev merilnega sistema

- Zaščititi pred umazanijo in mehanskimi vplivi
- Namestiti čim bliže pogona
- Zračnosti v sistemu – nenatančnost
- Zračnost v sistemu – nestabilnost
- Izbira natančnosti merilnega sistema
- Natančnost in interpolacije

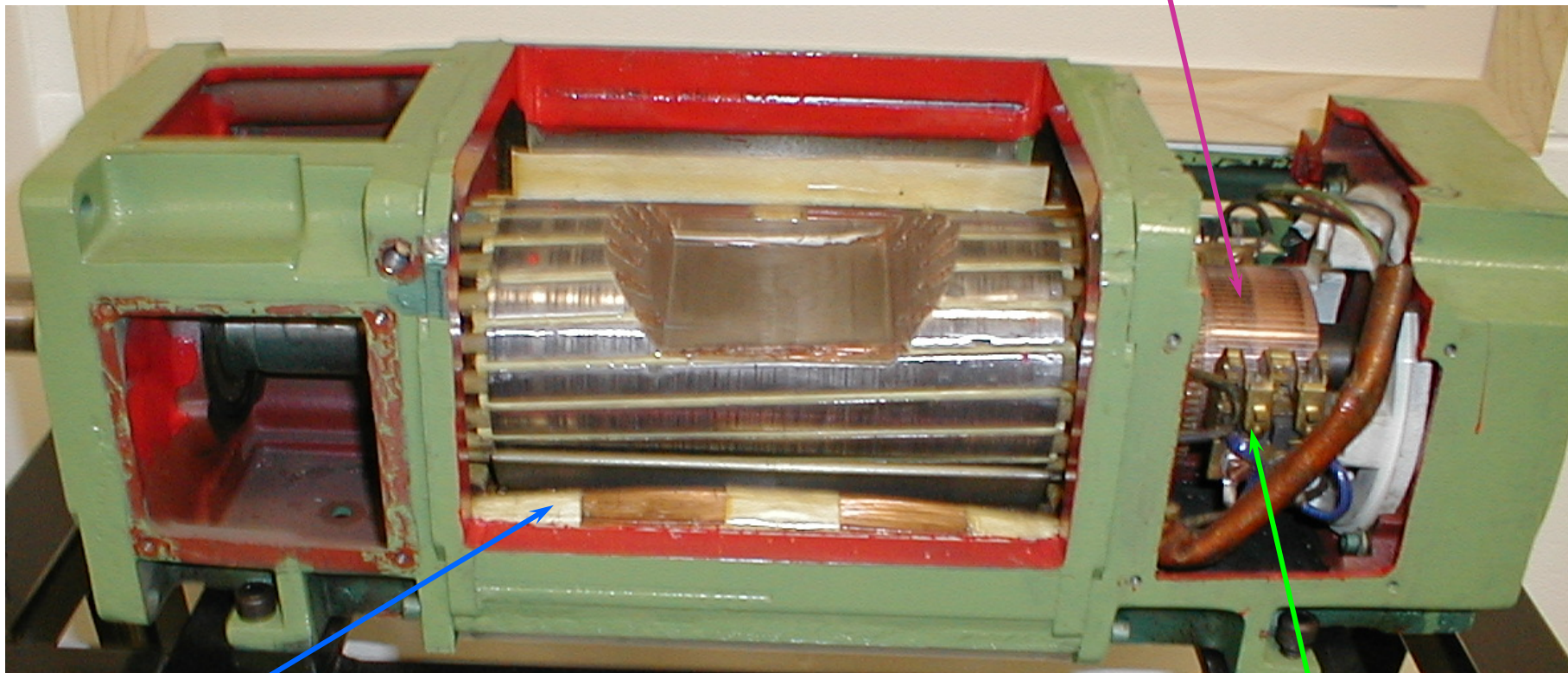
Izvršilni elementi :

- Enosmerni DC motorji
- Asinhronski motorji
- Vektorski motorji
- Koračni motorji
- Izmenični AC motorji
- Linearni motorji
- Hidravlika: motorji, cilindri

Enosmerni pogoni

Sestav DC motorja

Kolektor



Stator

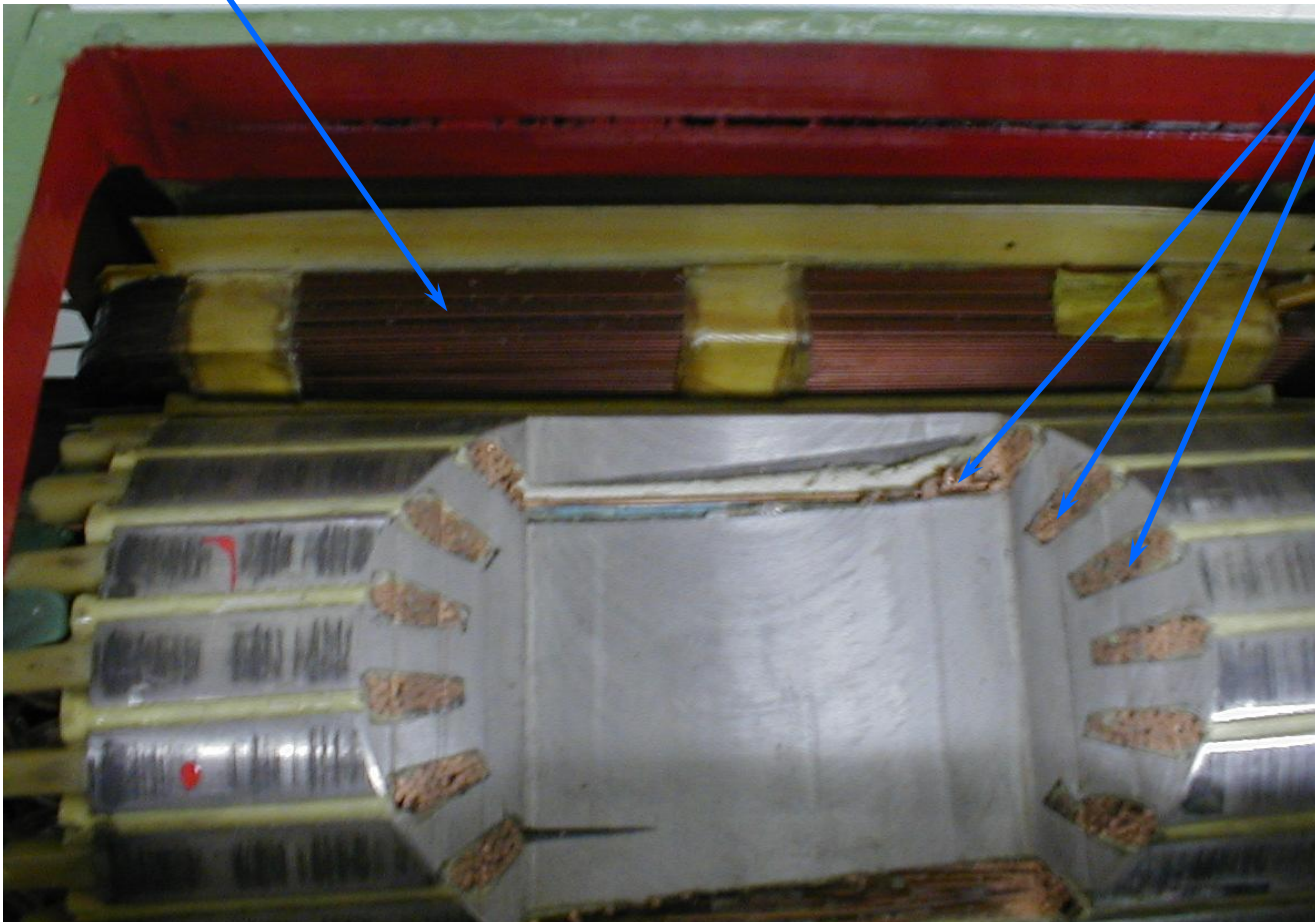
Komutacija s ščetkami

Enosmerni pogoni

Sestav DC motorja

Stator

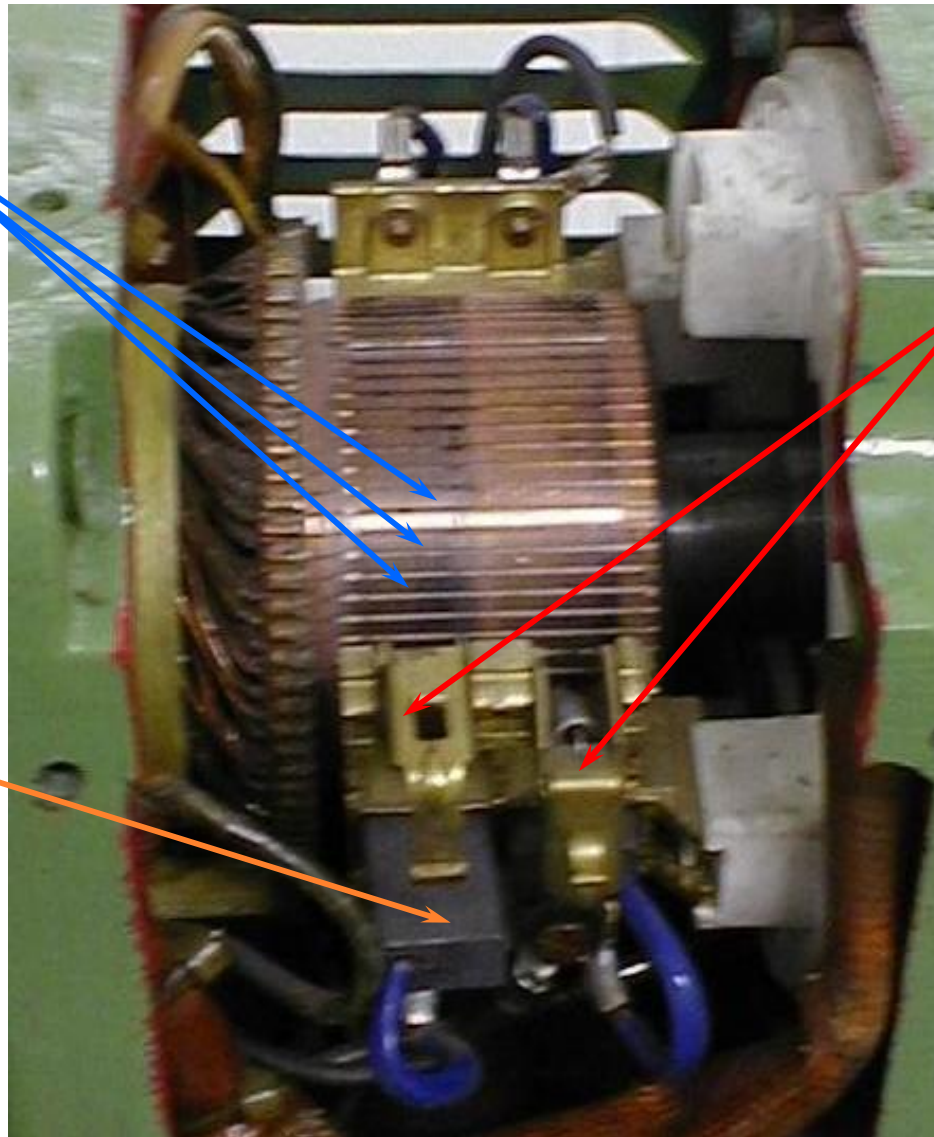
Statorski paket z navitjem



Sestav DC motorja

Lamele kolektorja

Grafitne ščetke



Nosilec ščetk z vzmetmi

Regulator DC motorja

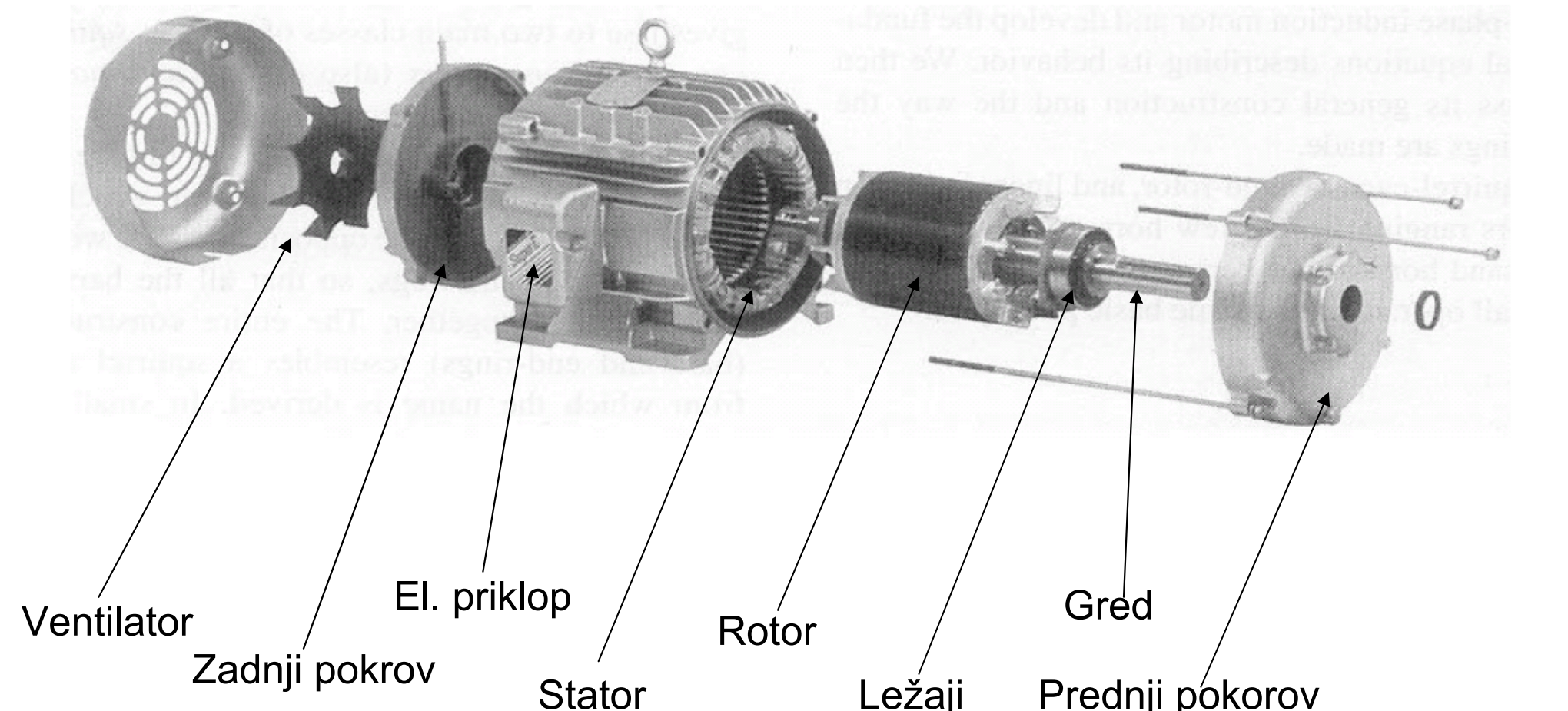
- Tiristorski način regulacije
- Eno ali štiri kvadrantni pogon
- Analogno ali digitalno krmiljenje



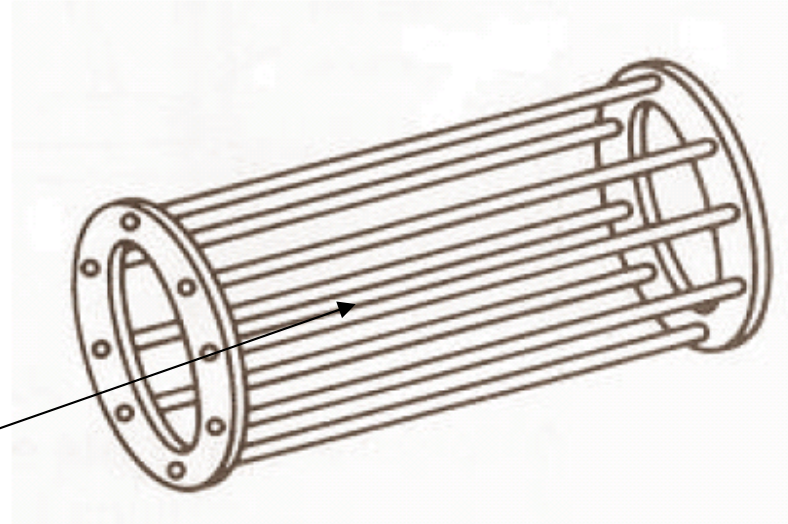
Značilnosti:

- Ni meritve hitrosti
- Hitrost odvisna od obremenitve
- Ni vpliva napajalne napetosti
- Slip kompenzacija
- Elementi: asinhronski motorji + frekvenčni regulatorji

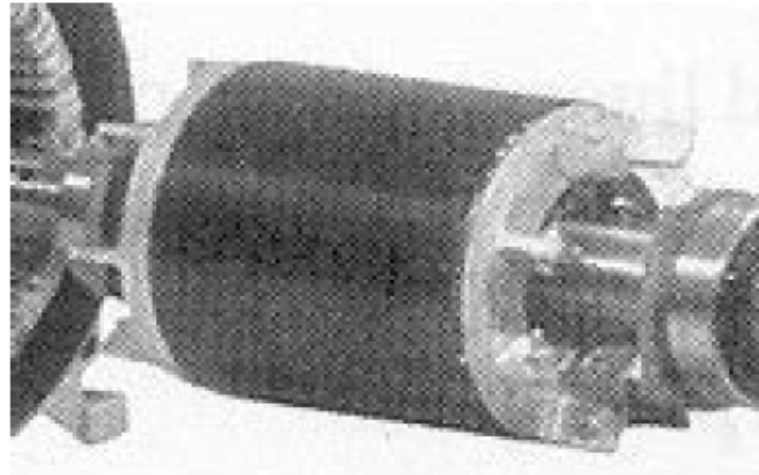
Sestavni deli asinhronskega motorja



Rotor asinhronskega motorja



Kratkostična kletka



Uporaba:

- Spreminjanje frekvence
- Momentni način delovanja

Prednosti:

- kontrolirano pospeševanje in ustavljanje
- vgrajene zaščite
- velik navor pri nizkih frekvencah
- leteči start motorjev
- spremljanje delovanja...

Odprto zančna frekvenčna regulacija

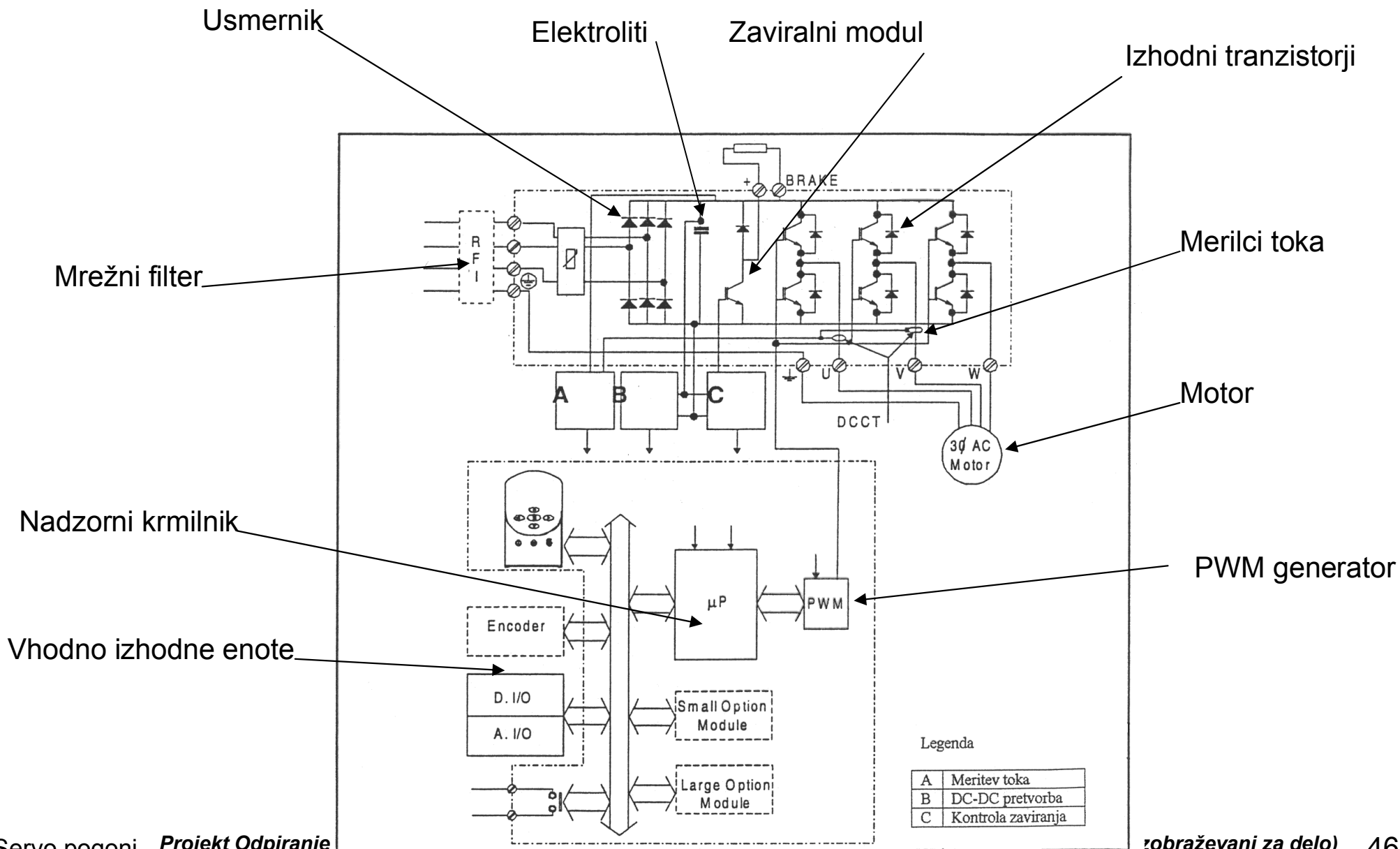
Univerzalni frekvenčni regulator

Različni načini delovanja:

- Odprtozančni vektor
- Zaprtozančni vektor
- Servo
- Regeneracijska naprava

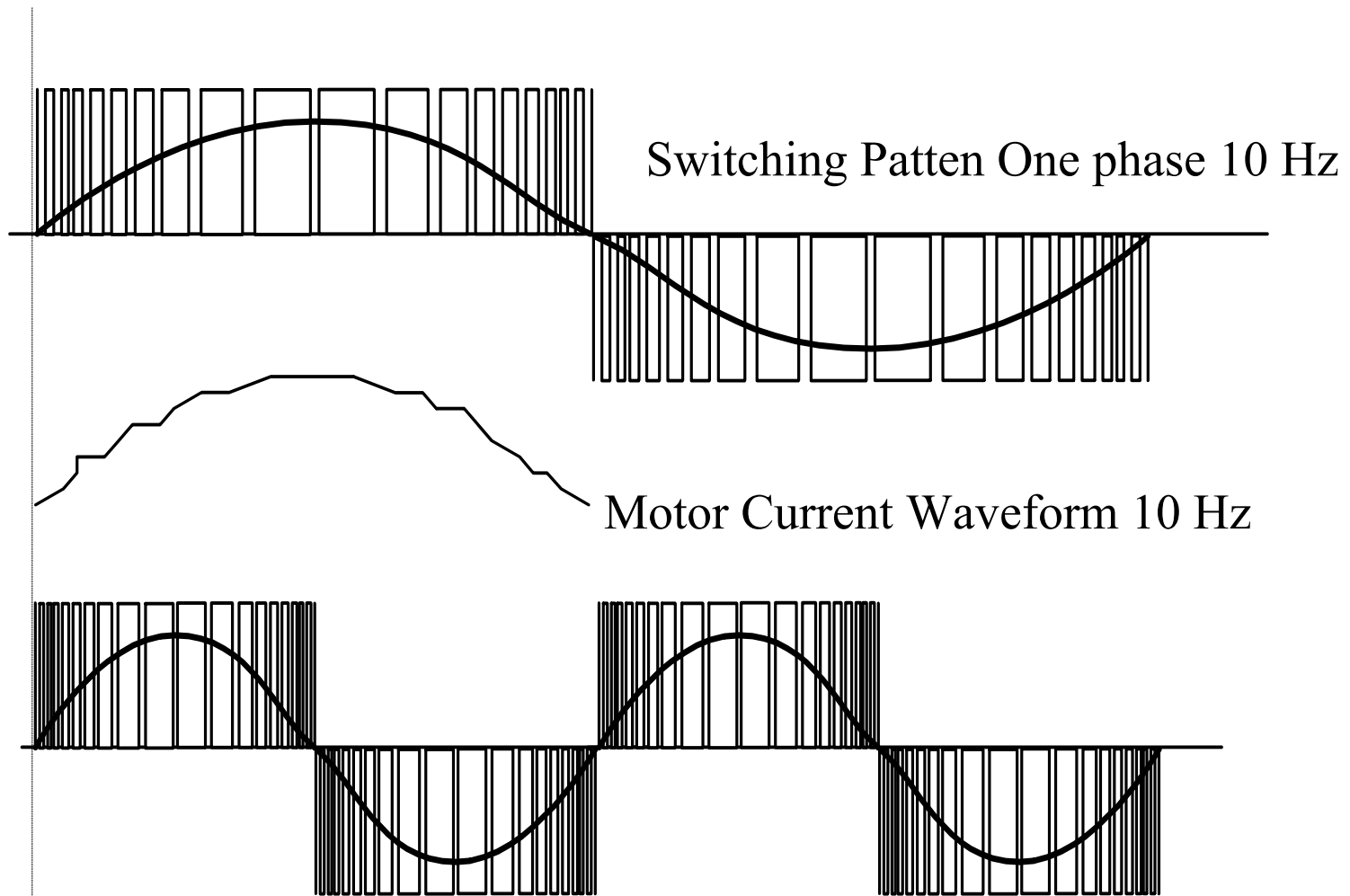


Odprto zančna frekvenčna regulacija



Odprto zančna frekvenčna regulacija

PWM signal



Switching Patten One phase 10 Hz

Motor Current Waveform 10 Hz

Switching Patten One phase 20 Hz

Značilnosti:

- Meritev hitrosti
- Boljše karakteristike pogona
- Boljši izkoristek motorja
- Hitrost motorja ni odvisna od obremenitve
- Ni vpliva napajalne napetosti
- Elementi: Vektorski motorji z dajalnikom + vektorski regulatorji

Uporaba:

Spreminjanje frekvence
Momentni način delovanja

Prednosti:

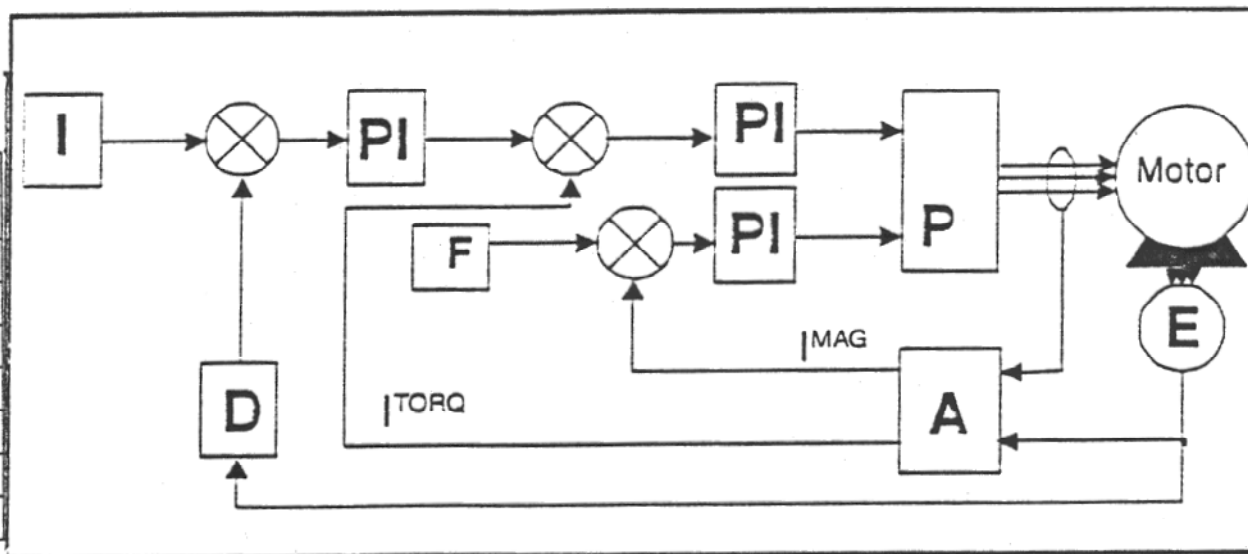
- kontrolirano pospeševanje, ustavljanje in položaj rotorja
- vgrajene zaščite
- velik navor pri nizkih frekvencah, tudi pri 0Hz
- leteči start motorjev
- spremljanje delovanja...

Vektorska frekvenčna regulacija

Closed Loop Vector Control

Legenda

| | |
|------------|--------------------|
| I | Hitrostni vhod |
| A | Tokovni pretvornik |
| PI | PI kontrola |
| P | Močnostna stopnja |
| I^{TORQ} | Momentni tok |
| I^{MAG} | Magnetilni tok |
| D | Kontrola odziva |
| E | Dajalnik |
| F | Magnetni pretok |



Značilnosti:

- Meritev hitrosti in položaja
- Boljše karakteristike pogona
- Hitrost motorja ni odvisna od obremenitve
- Ni vpliva napajalne napetosti
- Elementi: Servo motor, servo regulator

Uporaba:

Spreminjanje hitrosti, pozicioniranje, momentno delovanje

Prednosti:

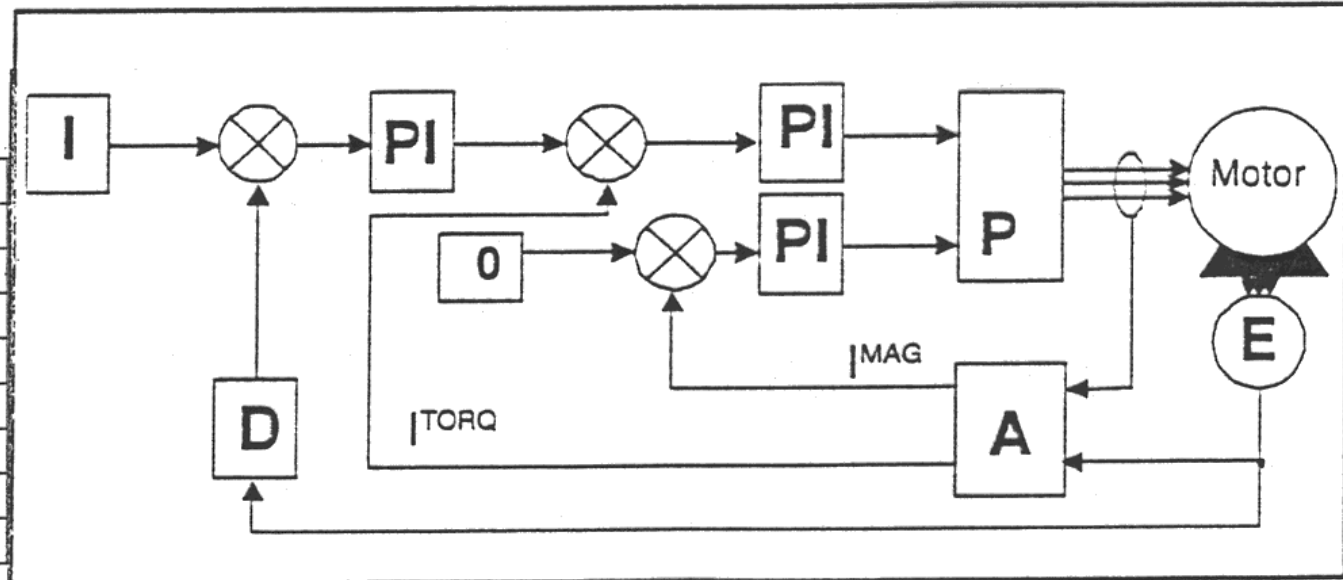
- kontrolirano pospeševanje, ustavljanje in položaj rotorja
- velika dinamika
- navor konstanten
- spremljanje delovanja

Servo regulacija

Servo Control

Legenda

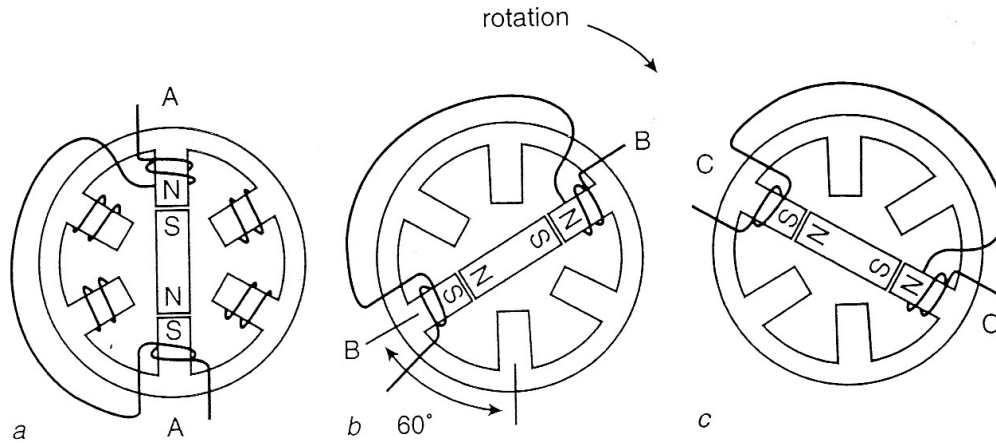
| | |
|------------|--------------------|
| I | Hitrostni vhod |
| A | Tokovni pretvornik |
| PI | PI kontrola |
| P | Močnostna stopnja |
| I^{TORQ} | Momentni tok |
| I^{MAG} | Magnetilni tok |
| D | Kontrola odziva |
| E | Dajalnik |
| F | Magnetni pretok |



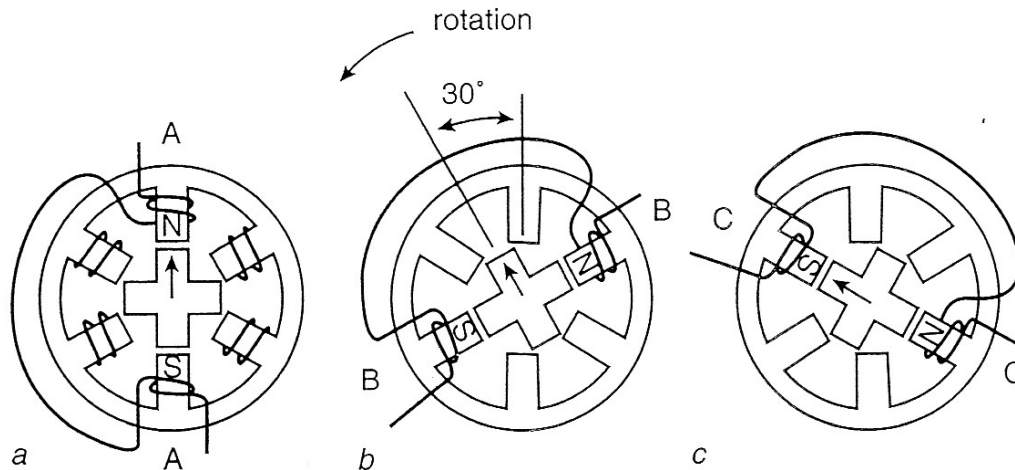
Servo regulacija

- Hidravlični
- Koračni
- Enosmerni DC servo pogoni
- Izmenični AC servo pogoni

Koračni motorji

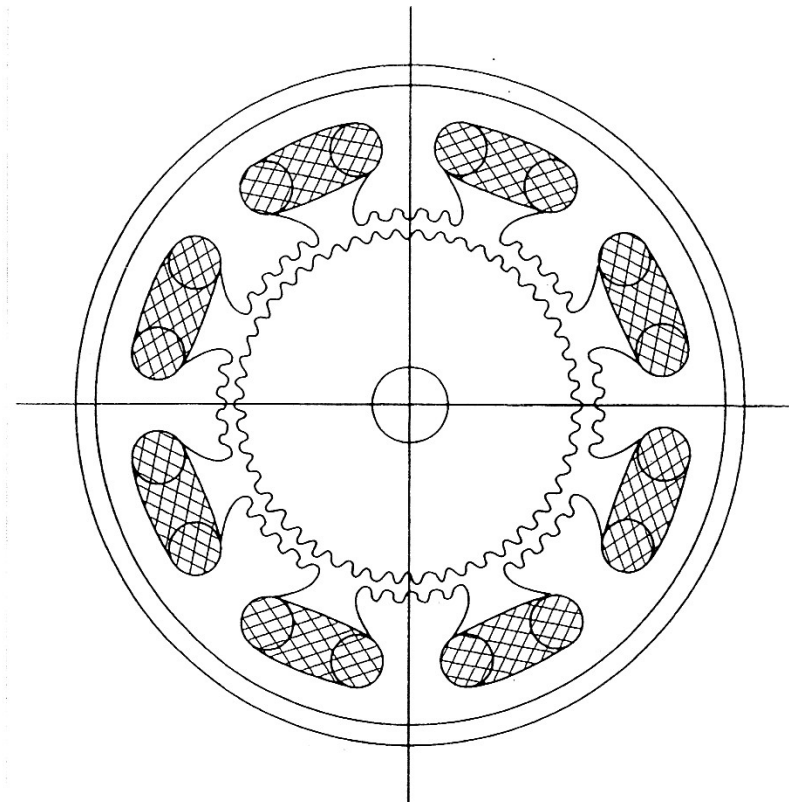
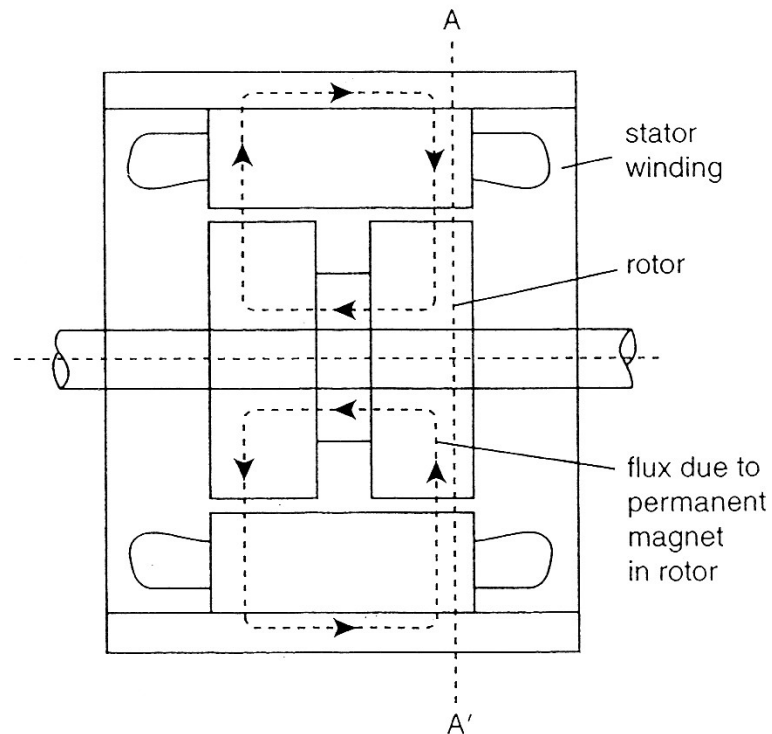


Koračni motor s permanentnimi magneti



Reluktančni koračni motorji

Koračni motorji



Hibridni koračni motorji

Prednosti:

- Enostavna uporaba
- Nizka cena
- Brez vzdrževanja

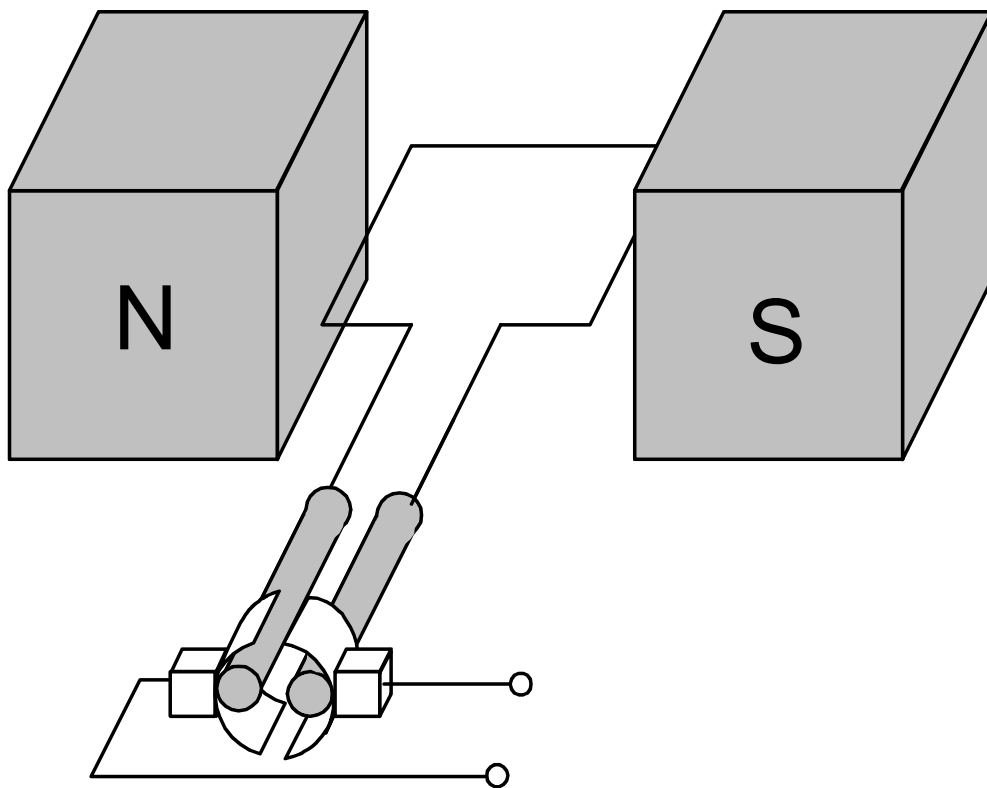
Slabosti:

- Omejeno število korakov
- Zdrs pri preobremenitvah
- Manjše hitrosti

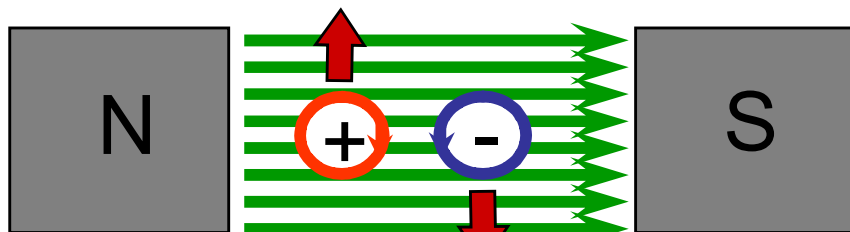
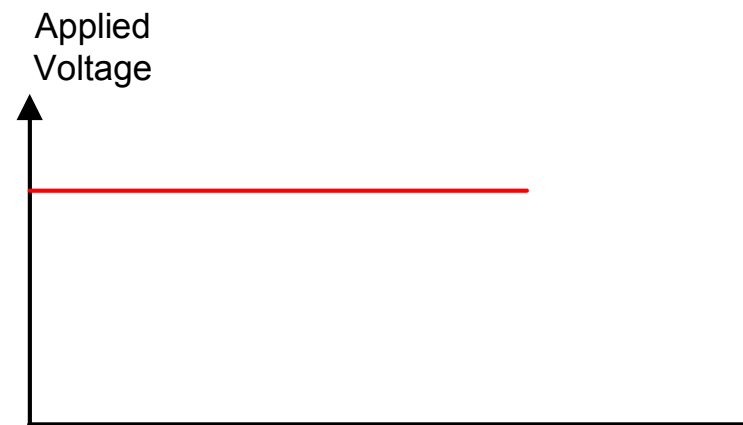
Značilnosti:

- Kolektorska (ščetke) ali brez krtačna komutacija
- Stator izdelan iz trajnih magnetov
- Dimenzijsko nekoliko večji
- Manjše razmerje navor : masni vztrajnostni moment

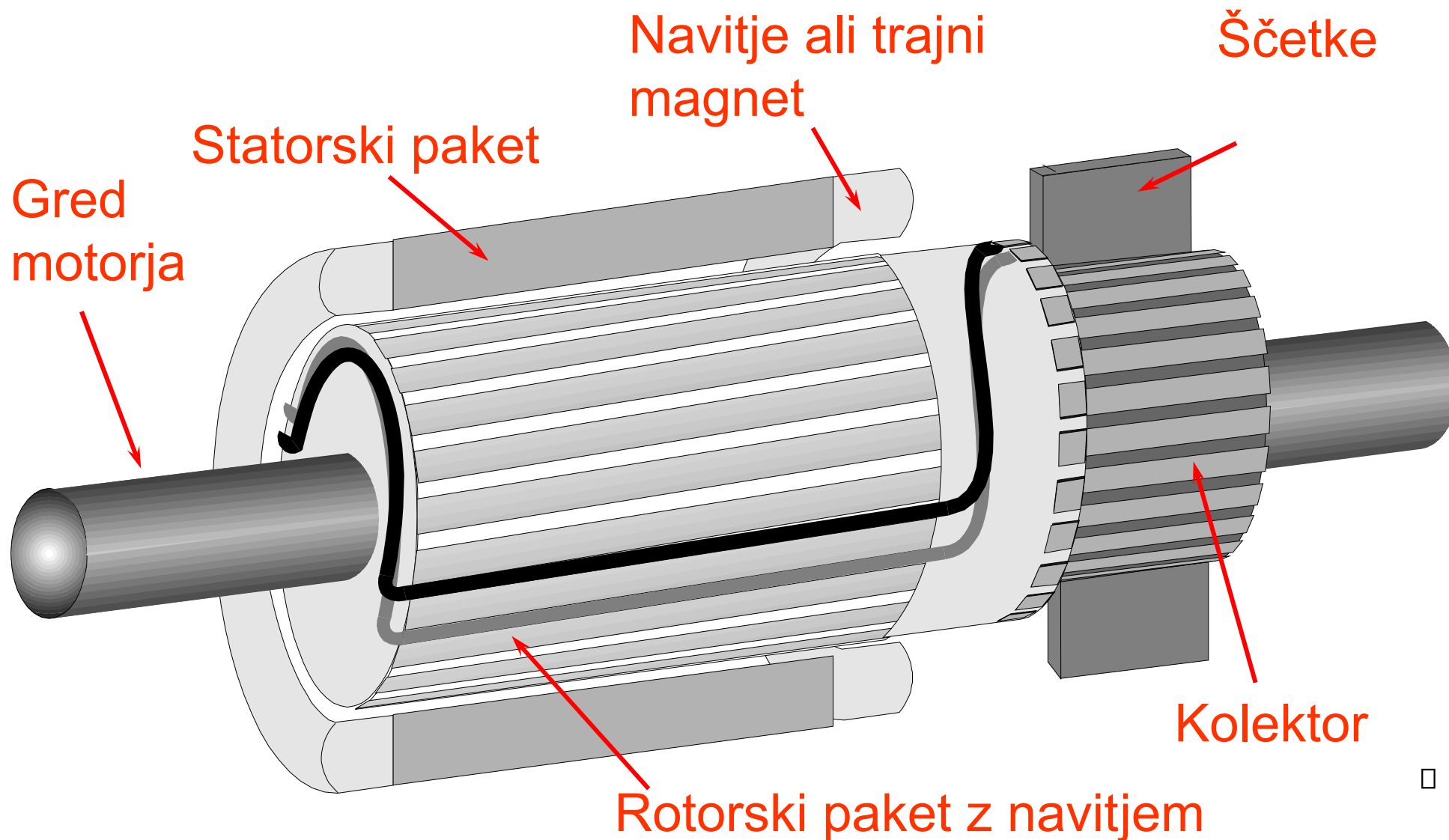
Enosmerni servo pogoni



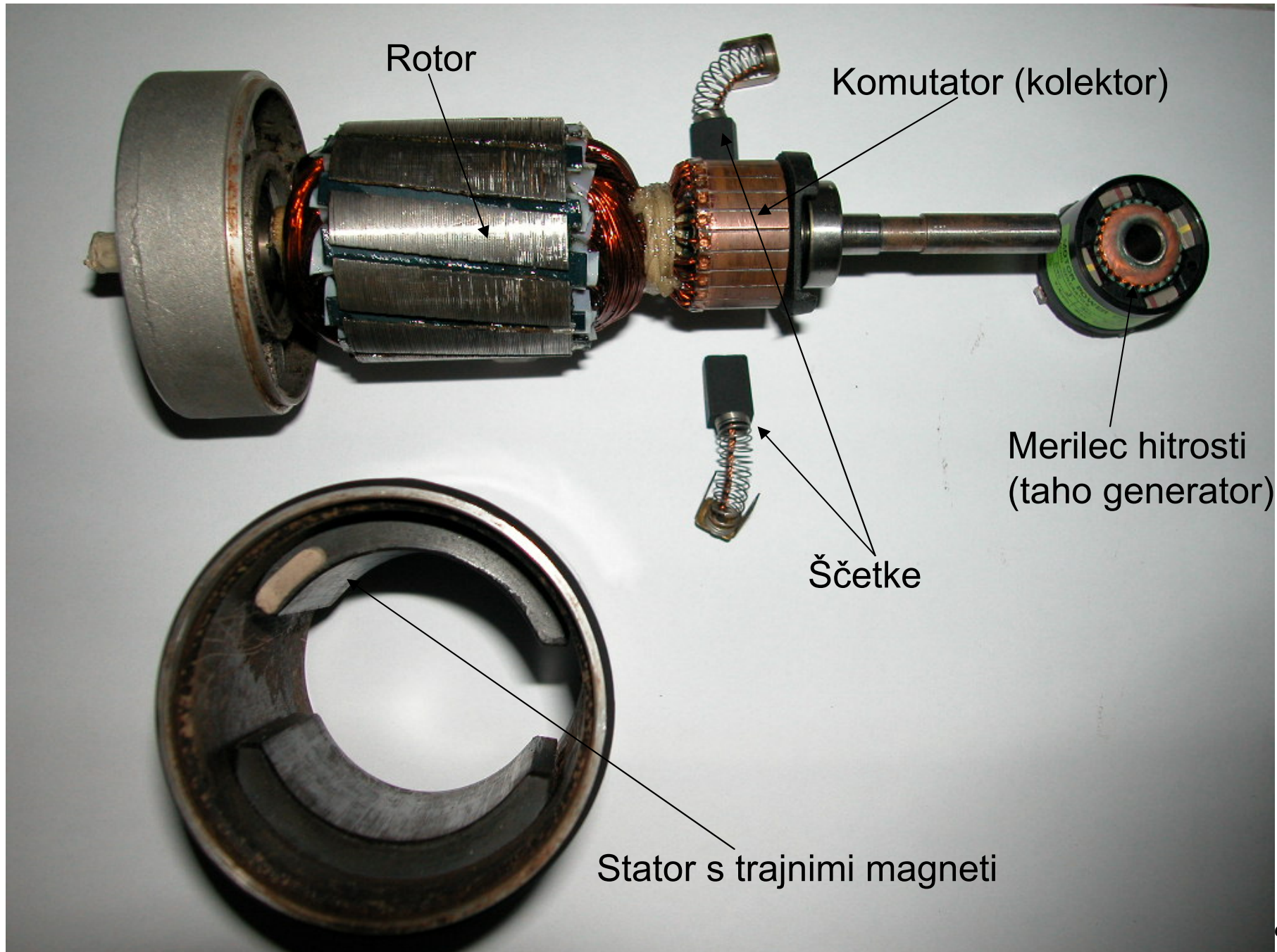
DC Motor in DC Generator sta enako grajena in jih lahko uporabimo kot generator ali kot motor



Enosmerni servo pogoni



Enosmerni servo pogoni



Enosmerni servo pogoni

DC servo regulator

- Analogna izvedba
- Eno ali trifazno napajanje
- Hitrostno ali momentno delovanje
- Moči do 10kW
- Napajanje 60V, 140V ali 200V DC



Prednosti:

- Nižja cena
- Enostavnejši za optimiranje

Slabosti:

- Obrabljivi deli
- Slabša dinamičnost
- Razmagnetenje
- Slabše hlajenje

Področja uporabe:

- NC in CNC obdelovalni stroji
- Strežne naprave
- Industrijski roboti
- Navijalno razvijalne naprave
- Srečujemo jih v vseh vejah industrije

Značilnosti:

- Elektronska brez krtačna komutacija
- AC / DC brezkrtačni motorji
- Večfazno statorsko navitje
- Rotor izdelan iz trajnih magnetov
- Večje razmerje navor : masni vztrajnostni moment

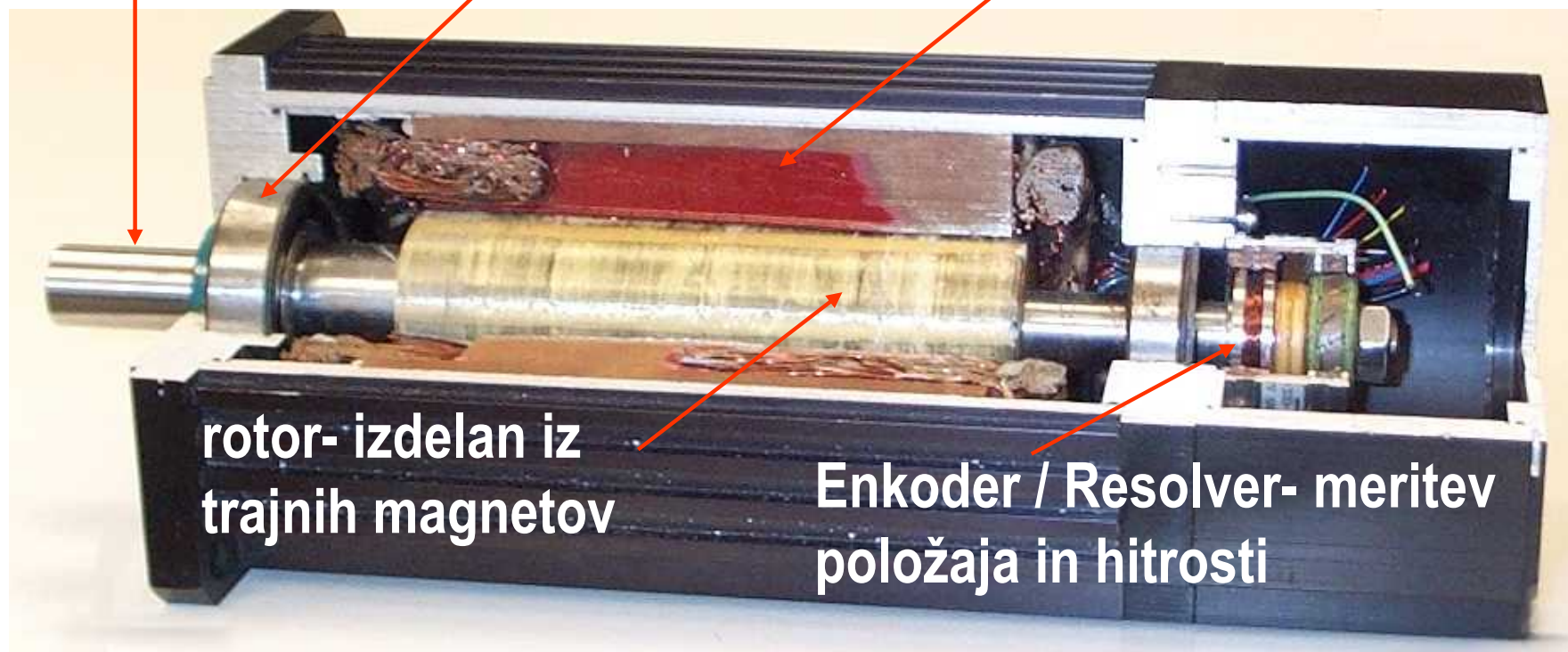
Izmenični servo pogoni

Prerez servo motorja

Gred motorja

ležaji

Statorski paket
Navitje motorja



rotor- izdelan iz
trajnih magnetov

Enkoder / Resolver- meritev
položaja in hitrosti

Univerzalni AC servo regulator



Prednosti:

- Večja dinamičnost
- Ne rabi vzdrževanja
- Že vgrajen merilni sistem

Slabosti:

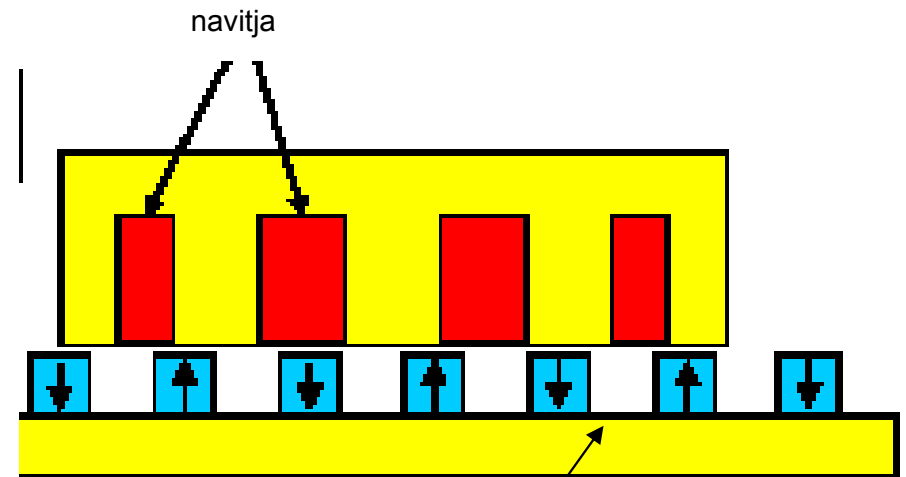
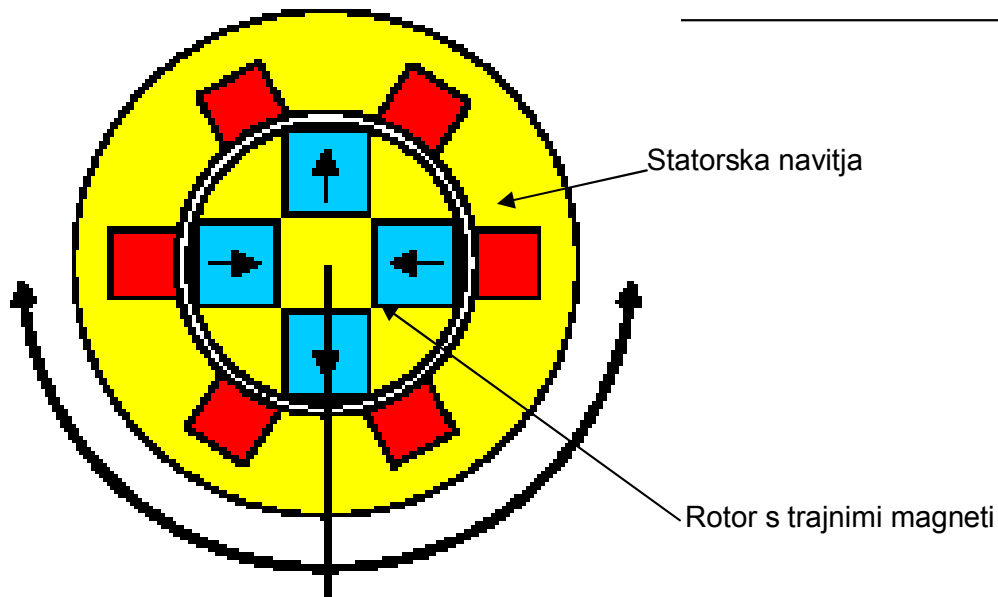
- Višja cena
- Zahtevnejše optimiranje

Področja uporabe:

- NC in CNC obdelovalni stroji
- Strežne naprave
- Industrijski roboti
- Navijalno razvijalne naprave
- Srečujemo jih v vseh vejah industrije

Linearni izmenični servo motor

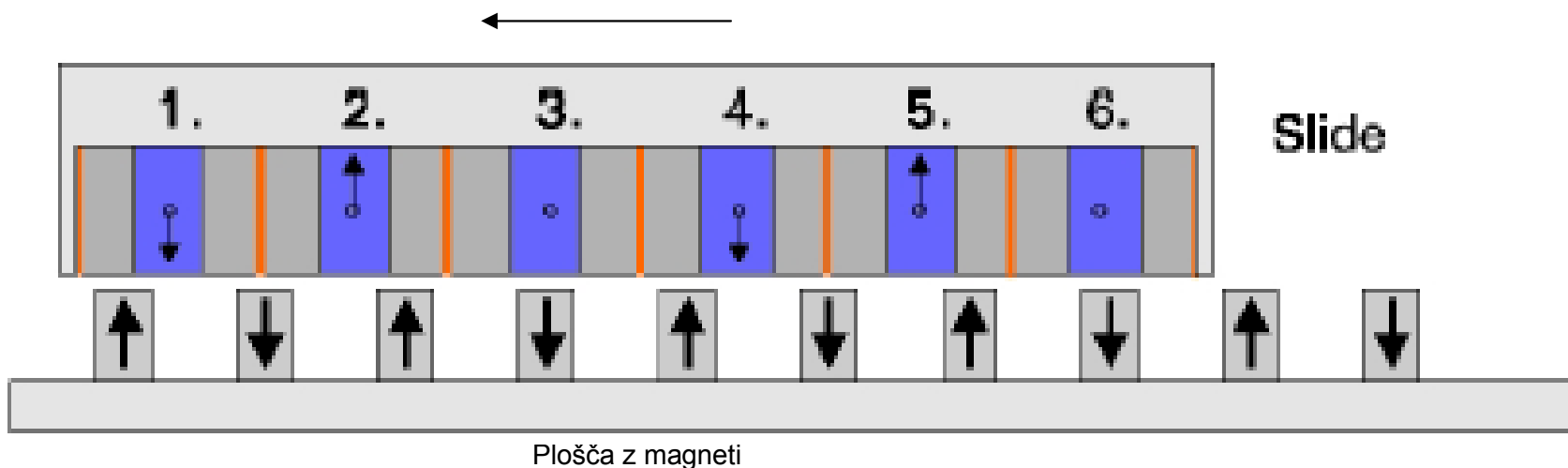
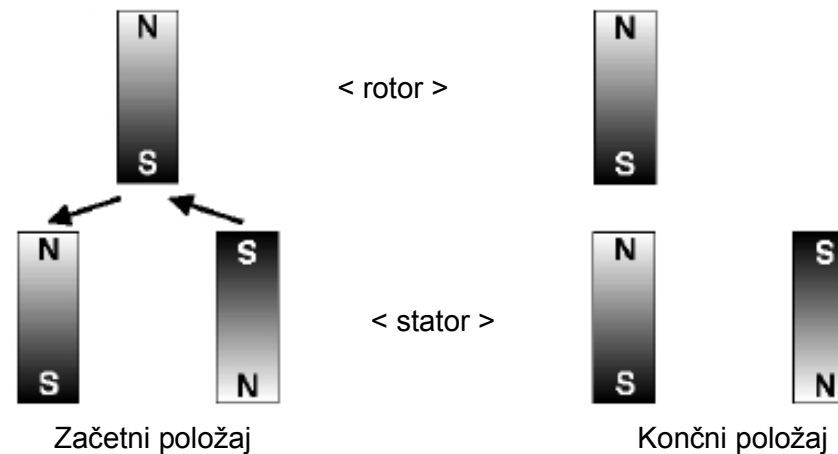
- Pretvarja energijo direktno v premočrtno gibanje
- Elektromehanska zasnova podobna kot pri rotacijskem motorju
- Rotor predstavlja navitje
- Stator je plošča s trajnimi magneti



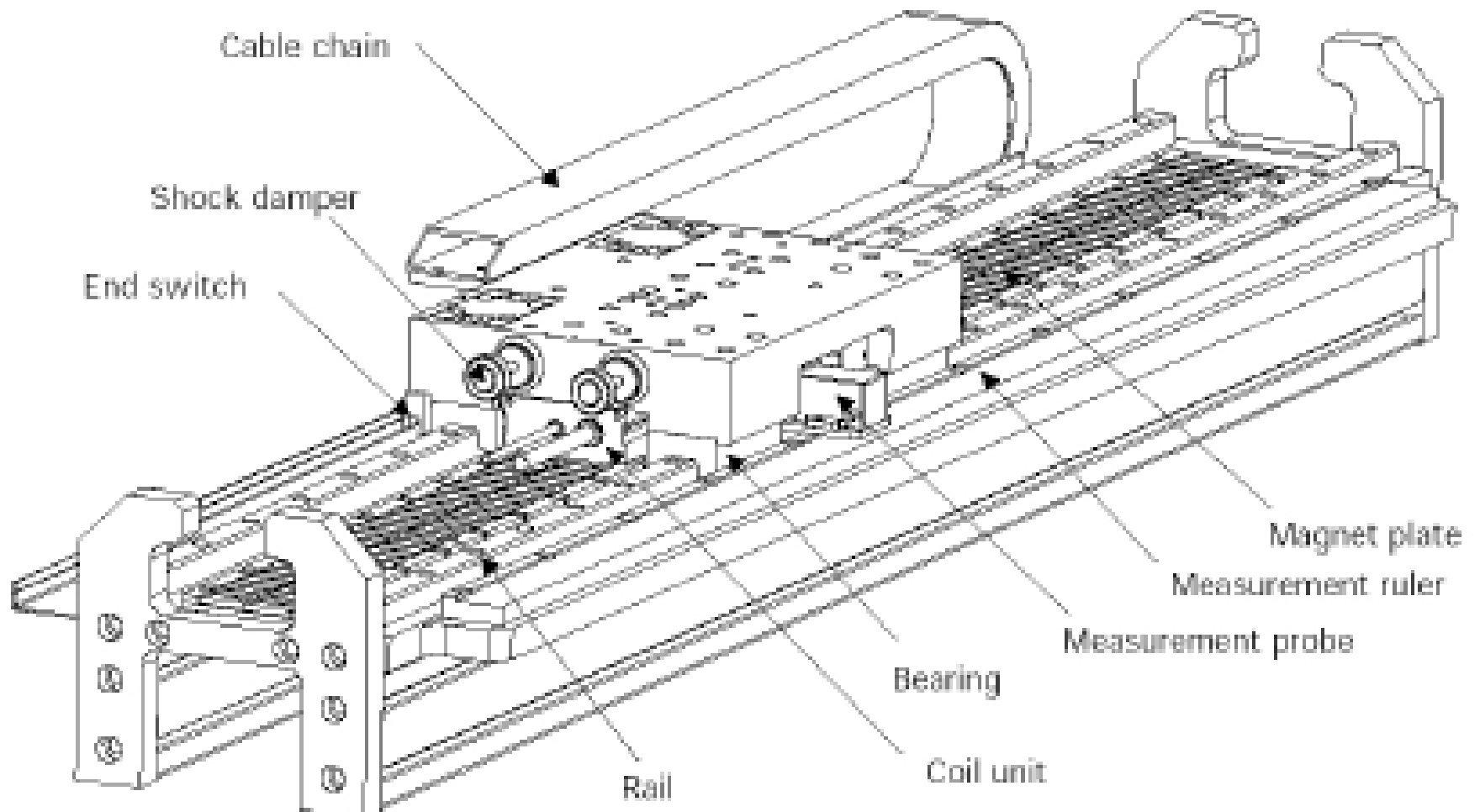
Linearni AC servo pogoni

Linearni servo motor:

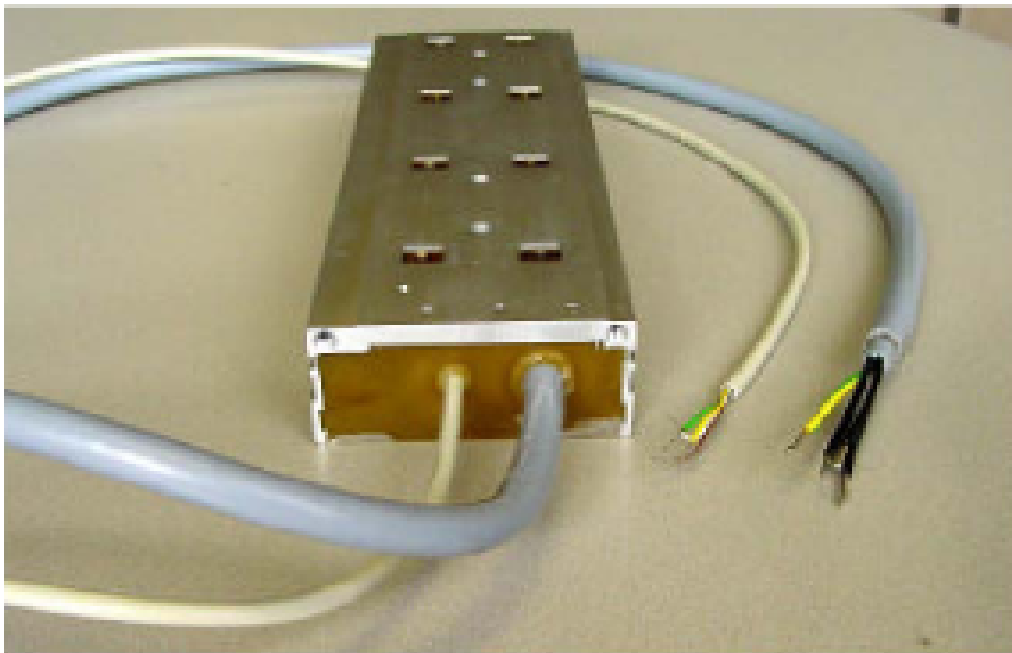
Magnetni poli se poskušajo poravnati



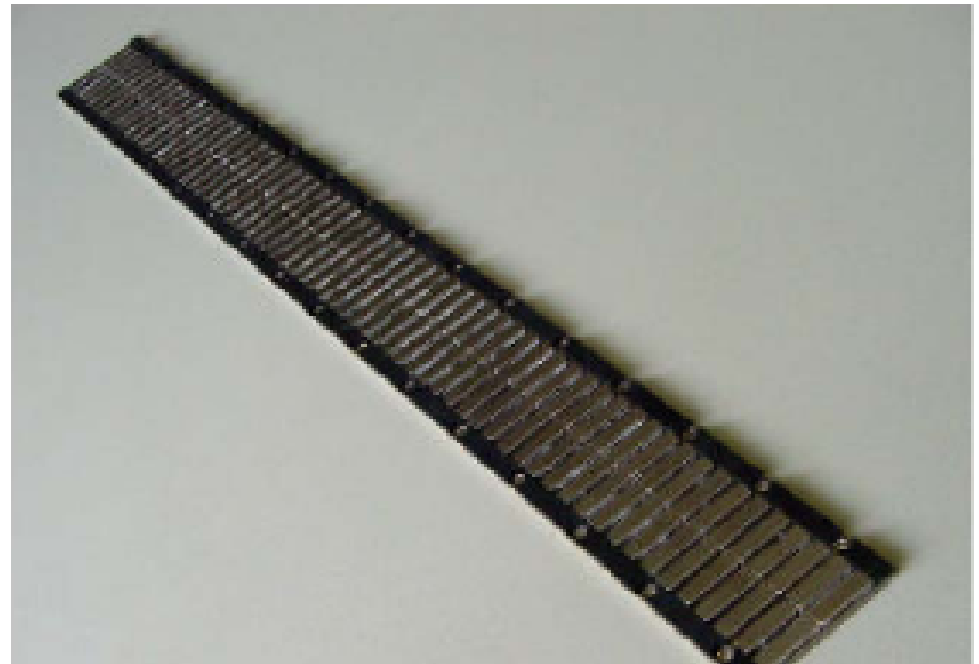
Linearni AC servo pogoni



Linearni AC servo pogoni

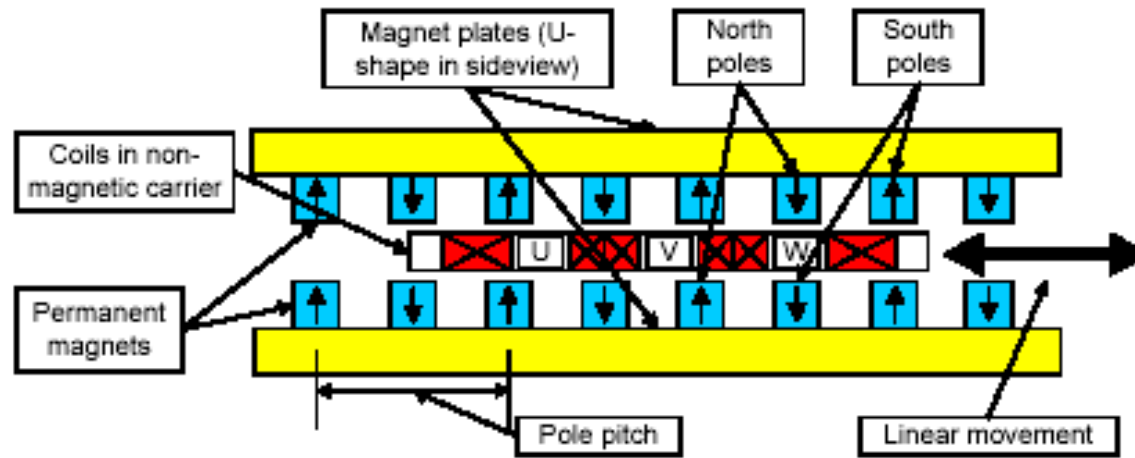


Navitje s statorskim paketom

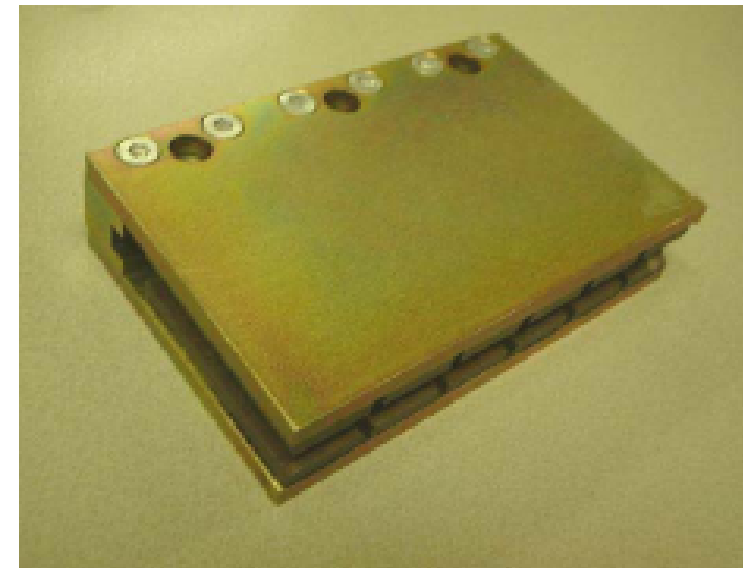
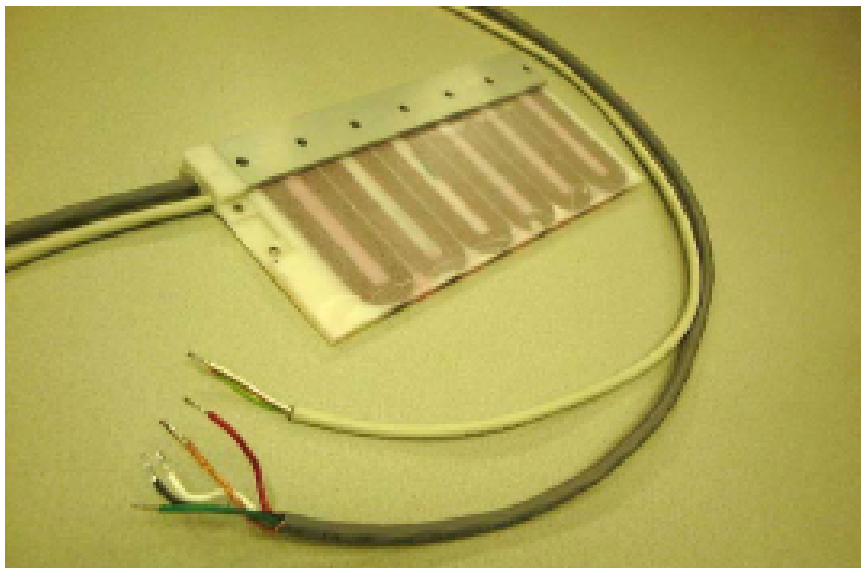


Plošča s trajnimi magneti

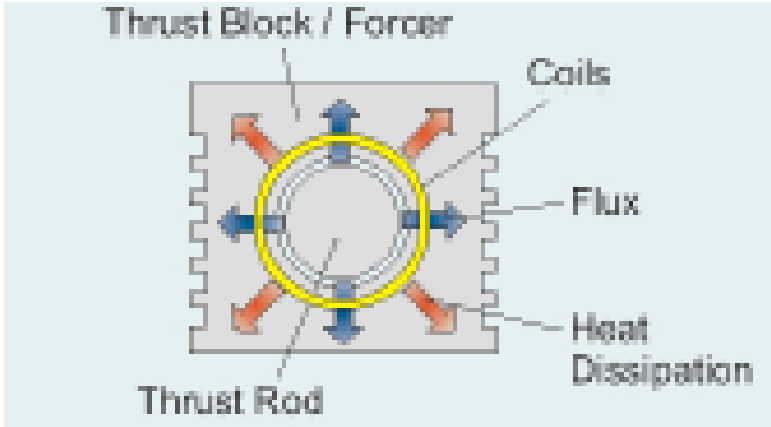
Linearni AC servo pogoni



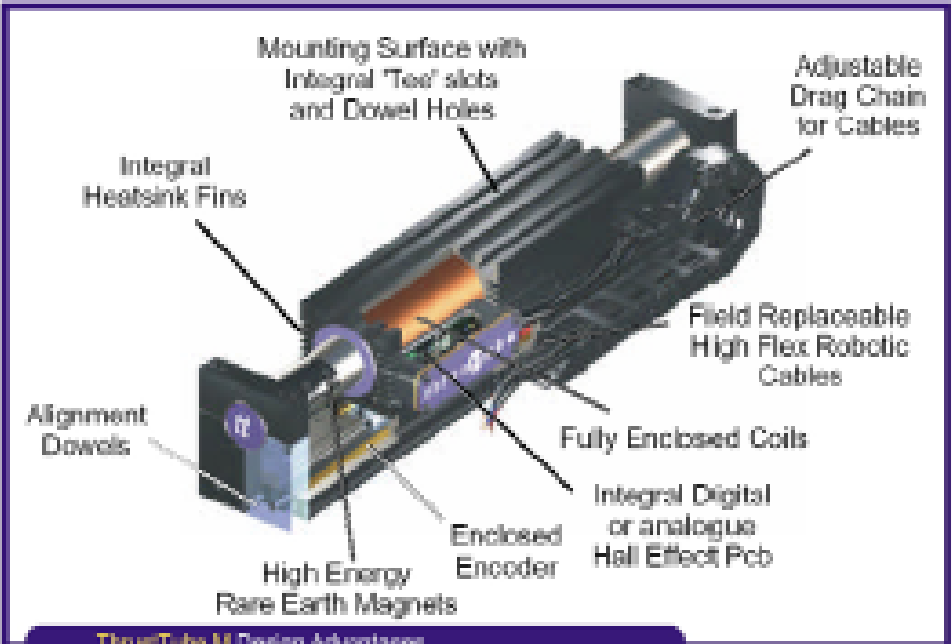
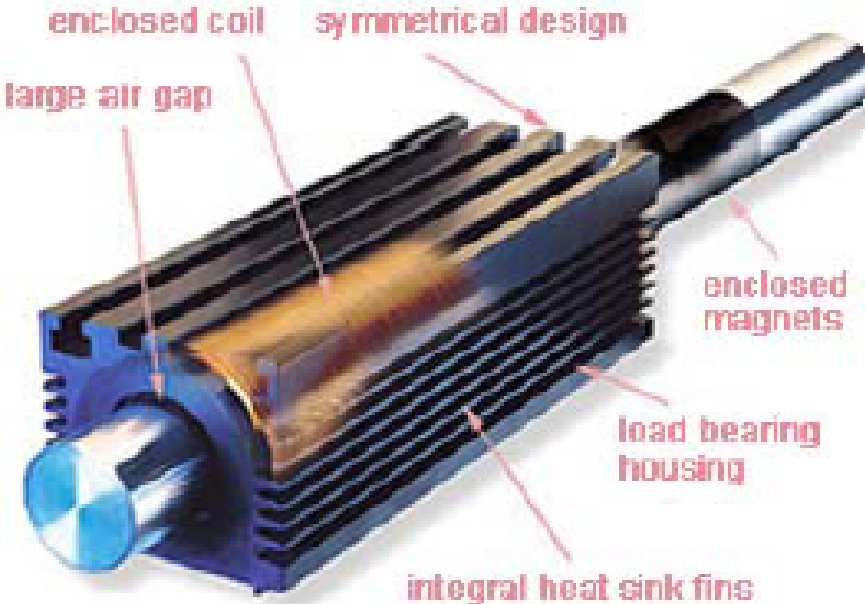
U oblika linearnega motorja brez kovinskega jedra



Linearni AC servo pogoni



Cevna oblika linearnega motorja



Servo pogoni

Projekt Uspiranje sistemov izobrazevanja in usposabljanja

ThrustTube M Design Advantages

Operacija delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo za šolstvo in šport

Izbira servo motorja

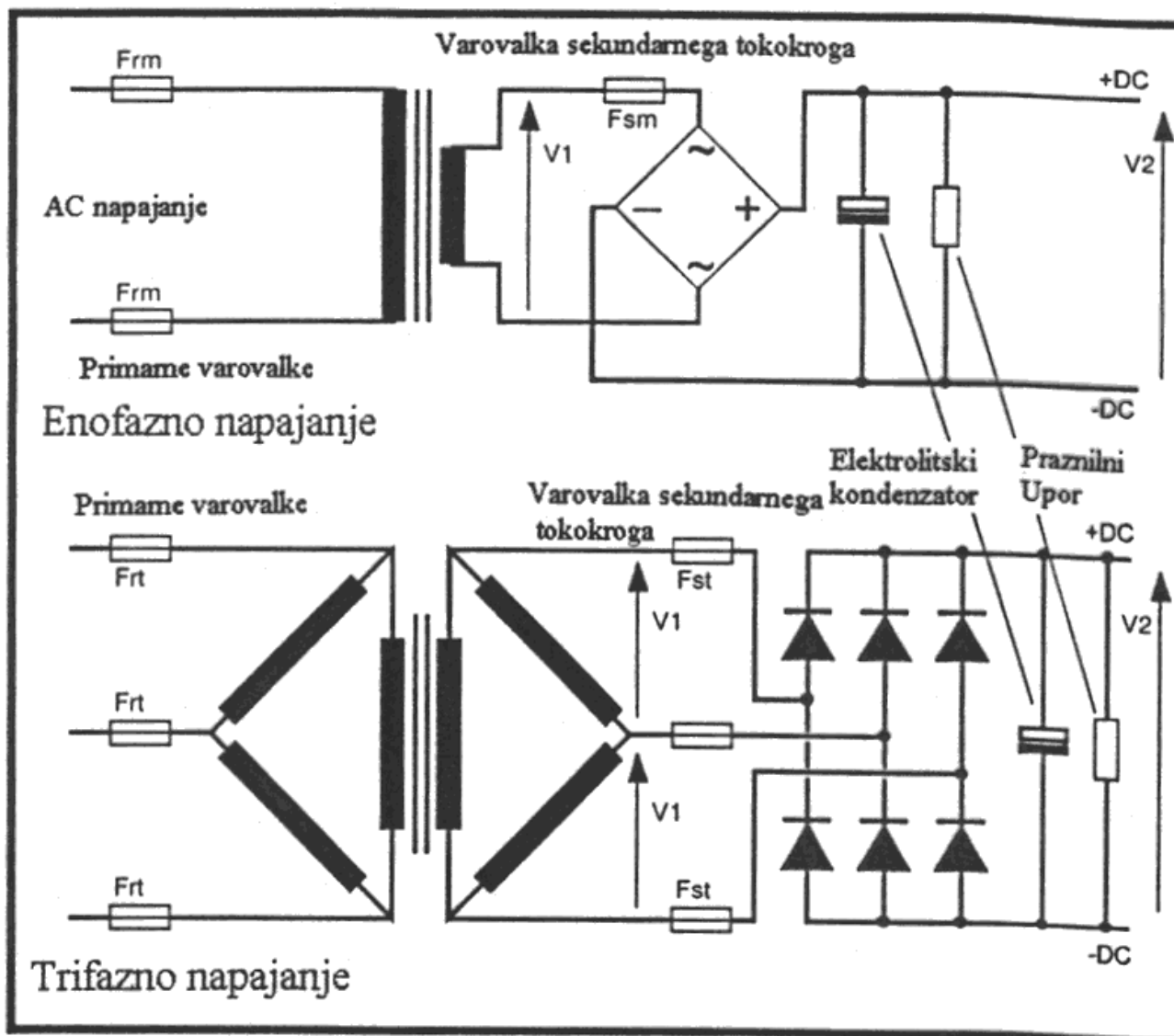
- Izberemo glede na namen, dinamiko in ceno
- Vgraditi na mesto zaščiteno pred mehanskimi vplivi
- Preprečiti dostop agresivnih hlapov in tekočin
- Varovati pred udarci in prekomernimi vibracijami

Napajalniki servo regulatorjev:

Enosmerni regulatorji:

- Zunanji ali vgrajeni
- Izhodne napetosti od 20V do 250V
- Eno ali tri fazni
- Z ali brez usmernika

Napajalniki servo regulatorjev



- Potrebna moč transformatorja
$$P = ([\sum P_n] \times 1.5) \times \{1.73/\sqrt{(n+2)}\}$$
kjer $\sum P_n$ = vsota posameznih moči motorjev in
 n = število servo sistemov
- Potrebna napetost transformatorja $V = V_{dc}/\sqrt{2}$
- Zaviralni upori vgrajeni interno, pri zunanjih zaviralnih uporih zaželena uporaba termičnih zaščitnih stikal
- Velikost zaviralnega upora izračunavamo glede na breme, ki ga regulator poganja

Napajalniki servo regulatorjev

Izmenični AC regulatorji:

- Napajalniki že vgrajeni
- Vhodne napetosti od 200V do 400V
- Eno ali tri fazni
- Večji onesnaževalci (filtri, feritni obroči, dušilke)

Nevarnosti:

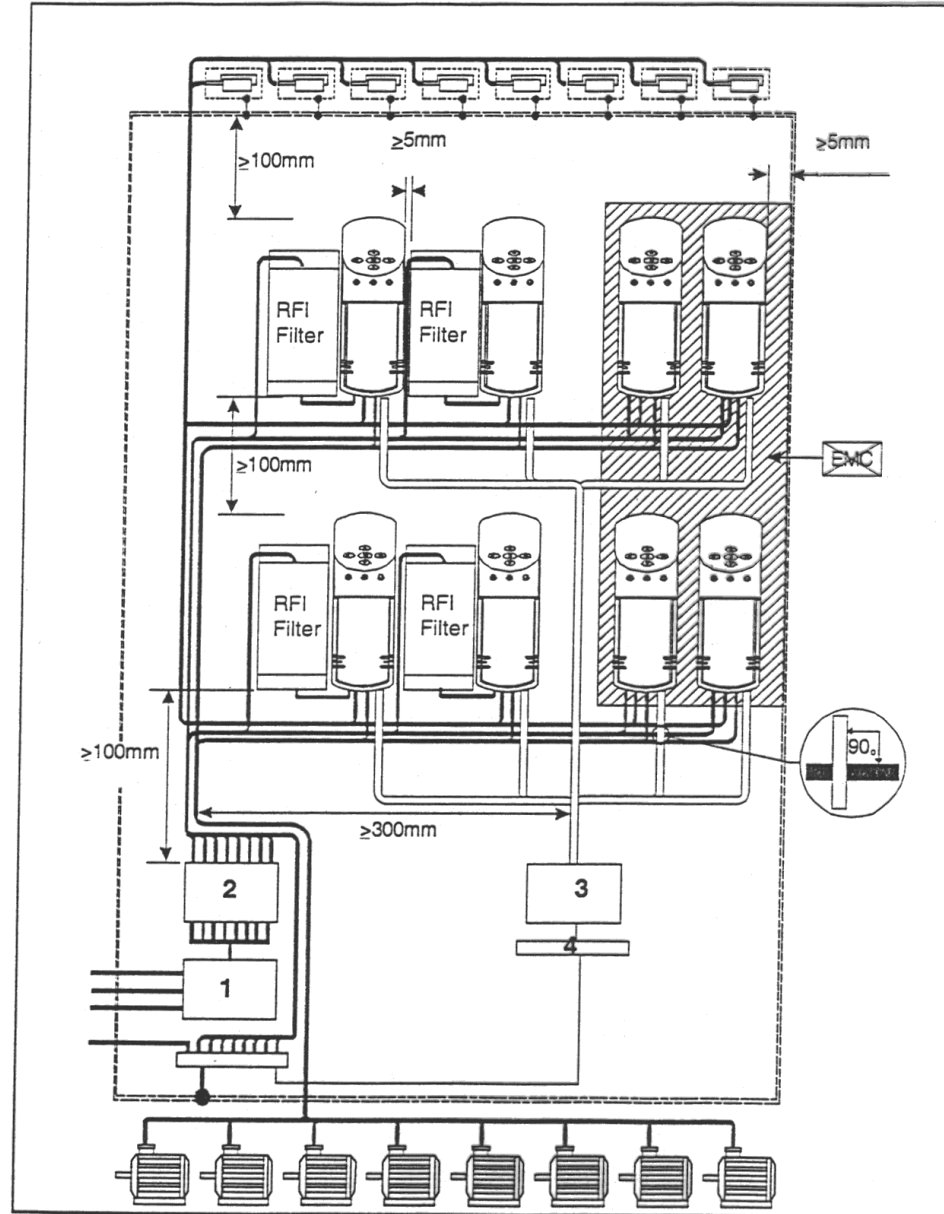
- Električne motnje v omrežju
- Elektromagnetno sevanje
- Segrevanje
- Ropot

Priporočila za vgradnjo:

- Vgrajeni v kovinske omare
- Omare naj bodo tesnjene
- Minimalna razdalja med regulatorji
- Vgraditi ločeno od merilnih naprav in krmilnikov
- Naravno kroženje zraka
- Elementi ki se segrevajo naj bodo najvišje

- Zagotoviti hlajenje omare
- Ločiti močnostne od krmilnih povezav
- Uporaba oklopljenih kablov
- RFI filtri čim bližje regulatorju
- Ozemljitve speljane v skupno točko
- Vsak regulator svoje varovalke

Vgradnja servo regulatorjev



Legenda

| | |
|---|---------------------------|
| 1 | Glavno stikalo, kontaktor |
| 2 | Varovalke |
| 3 | Regulator |
| 4 | Skupna ozemljitev |

Razpored in povezava regulatorjev

Priklop servo motorja

- Oklopljeni (koaksialni) kabli
- Nizko kapacitivni kabli
- Močnostni kabli ločeno od signalnih
- Oplet kabla pritrditi na regulatorju in motorju

Sklopke:

- Odpravljajo netočnosti izdelave
- Varujejo pred preobremenitvami
- Dušijo udarce v sistem
- Zagotavljajo prenos navora brez zračnosti
- Vrsto določimo glede na velikost navora, dovoljeno zračnost, odstopanja dimenzij...
- Parkljaste, membranske, utorne, mehaste

Prenosniki:

- Vrste: planetni, polžni prenosniki, harmonic drive...
- Brez ali z določeno zračnostjo zobnikov
- Vhodni navor večji od max. navora motorja
- Zelo dinamično obremenjeni

Jermenski prenos

- Zobot jermen in jermenici
- Ustrezen profil zob
- Duši vibracije
- Prestavna razmerja max. 1:10
- Dodatno breme servo motorja

Navojna vretena

- Pretvornik vrtenje – pomik z redukcijo
- Valjana ali brušena
- Različna sistema uporabe: vrteče vreteno, vrteča matica

Zobata letev, zobat jermen

- Pretvornik vrtenje – pomik
- Zobniki s π korekcijo
- Poševno ozobje (mirnejši tek, večja nosilnost)
- Odpravljanje zračnosti
- Zobat jermen – cenen
- Ni za dinamične obremenitve, raztezanje

- Definicija obremenitev (delovna, trenje...)
- Definicija dinamike (hitrosti, pospeški)
- Izbira vrste pogona (dinamika, cena...)
- Izračun masnega vztrajnostnega momenta na osi motorja
- Razmerje masnih vztrajnostnih momentov motor – breme:

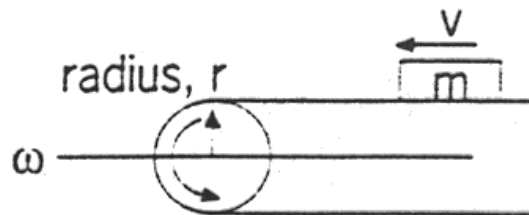
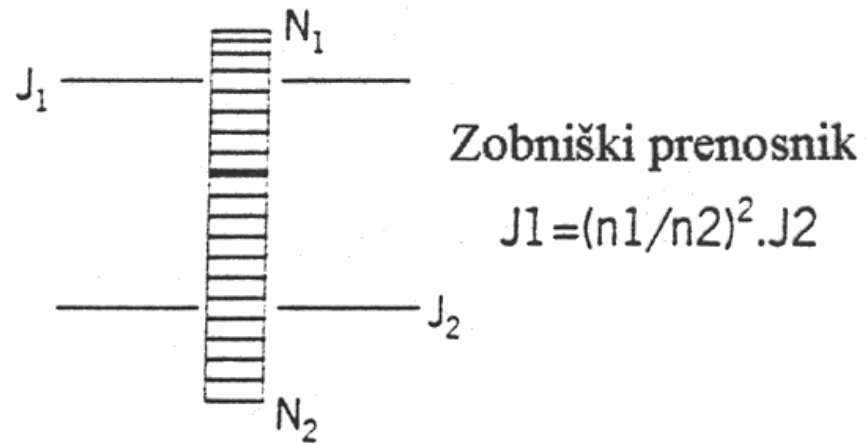
DC servo = 1 : 1

AC servo = 5 : 1

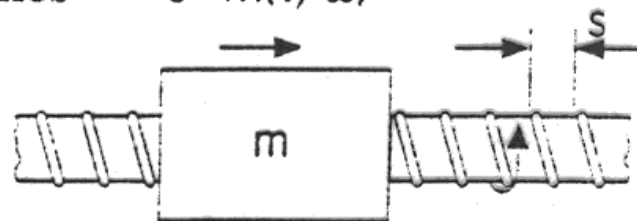
- Izračun prestavnega razmerja
- Izberemo približno ustrezno velikost motorja
- $M_{\text{mot.max.}} > M_{\text{rač.}}$
- Izračun ekvivalentnega navora
- $M_{\text{mot.}} > M_{\text{rač.}}$

Izračun servo pogonov

Formule za izračun masnih vztrajnostnih momentov

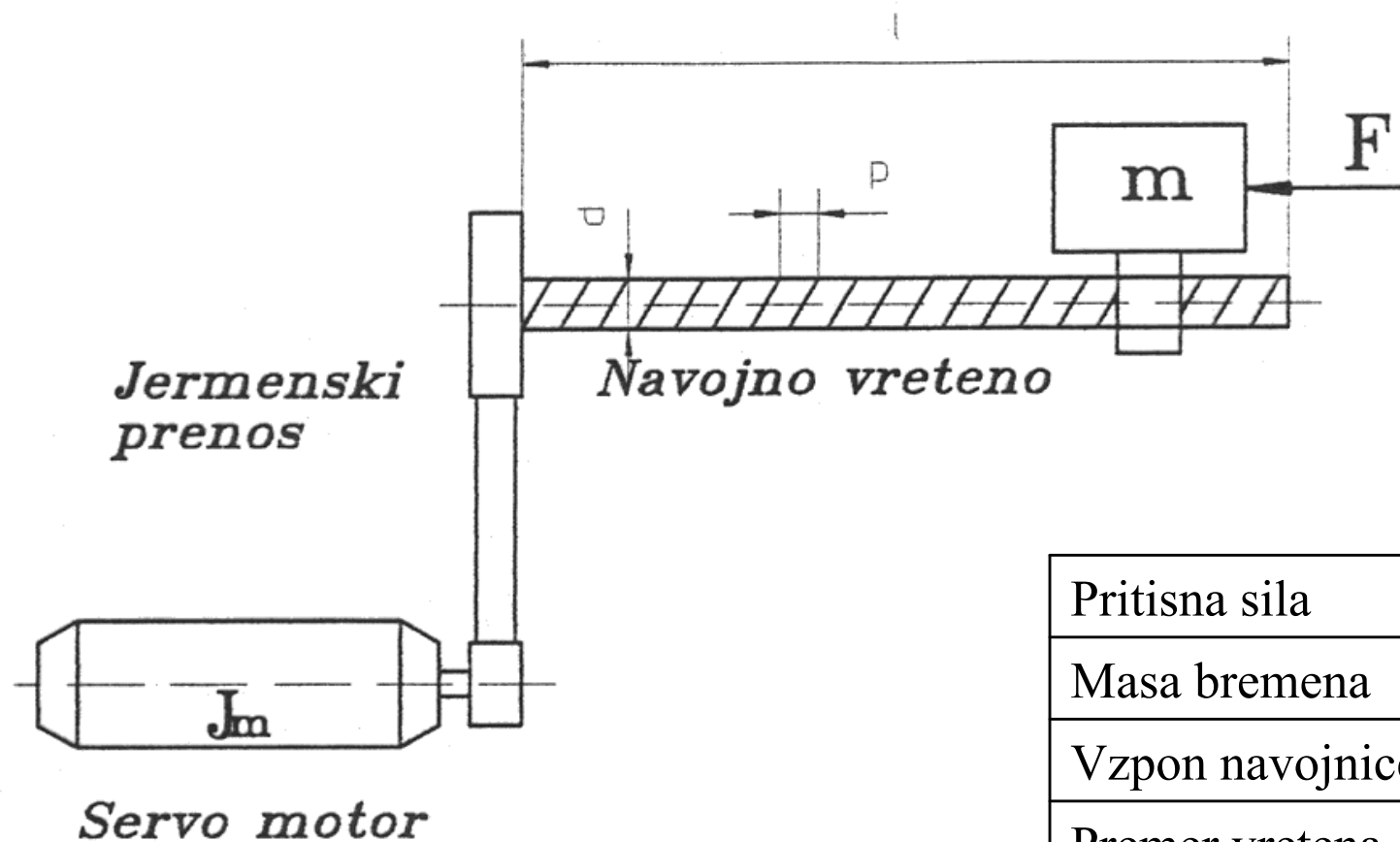


Jermenski $J = m \cdot r^2$
prenos $J = m(v/\omega)^2$



Navojno vreteno $J = m(s/2\pi)^2$

Izračun servo pogonov



| | |
|------------------|----------------------|
| Pritisna sila | $F = 300\text{N}$ |
| Masa bremena | $m = 100\text{kg}$ |
| Vzpon navojnice | $p = 10\text{mm}$ |
| Premer vretena | $d = 20\text{mm}$ |
| Hod sistema | $l = 1500\text{mm}$ |
| Čas pospeševanja | $t = 0,5\text{s}$ |
| Hitrost sistema | $v = 10\text{m/min}$ |

Masni vztrajnostni moment mase na vretenu

$$J_{\text{mase}} = (m \times p^2)/(4\pi^2) = (100\text{kg} \times 0,012\text{m}^2)/(4\pi^2) = 0,26 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$$

$$J_{\text{vretna}} = (\pi \times \rho \times d^4 \times l)/(32) = (\pi \times 7800\text{kg/m}^3 \times 0,024\text{m}^4 \times 1,5\text{m})/(32) = 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$$

Vsota momentov bremen:

$$\Sigma J = J_{\text{mase}} + J_{\text{vretena}} = 0,44 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$$

Priporočljivo razmerje masnih vztr. momentov za DC pogone je 1:1 \Rightarrow

$$i_{\text{opt}} = \sqrt{(\Sigma J / J_{\text{motorja}})} = \sqrt{(0,44/0,3)} = 1,21$$

Izbrani motor: DCM 3A 35/06.

Kontrola vrtljajev motorja \Rightarrow

$$n = (v \times i)/p = 1815 \text{ vrt/min} < 3000 \text{ vrt/min}$$

Kotni pospešek za dosego max. vrtljajev:

$$\alpha = (2 \times \pi \times n)/(t \times 60) = (2 \times \pi \times 1815 \text{ vrt/min})/(0,5 \text{ s} \times 60) \\ = 380 \text{ s}^{-2}$$

Potrebni moment:

$$M = J \times \alpha = ((\sum J/i^2) + J_{\text{motorja}}) \times \alpha = ((0,44/1,212) + 0,3) \times 10^{-3} \text{ kgm}^2 \times \\ 380 \text{ s}^{-2} = 0,23 \text{ Nm}$$

Moment zaradi obremenitve F:

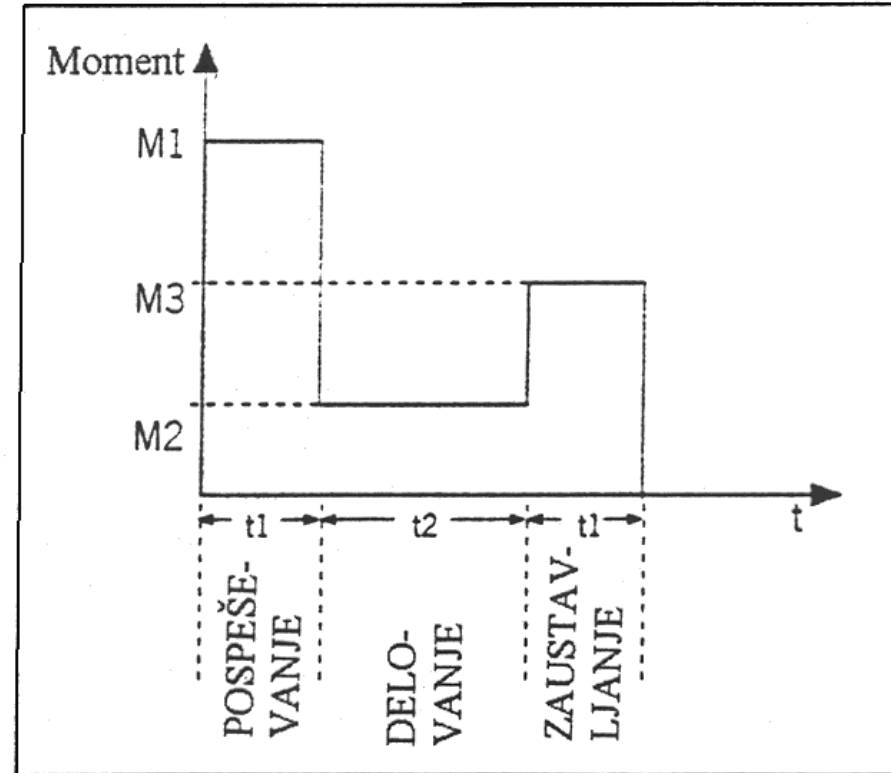
$$M_F = (F \times p) / (2 \times \pi \times i) = (300\text{N} \times 0,01\text{m}) / (2 \times \pi \times 1,21) \\ = 0,39\text{Nm}$$

Potrebni moment M:

$$M = \sum M_n = 0,23\text{Nm} + 0,39\text{Nm} = 0,62\text{Nm} \leq M_{\text{peak}}$$

- Po potrebi ponoviti izračun še z upoštevanjem jermenic, trenja...

Trajno delovanje:



Momentna obremenitvena shema

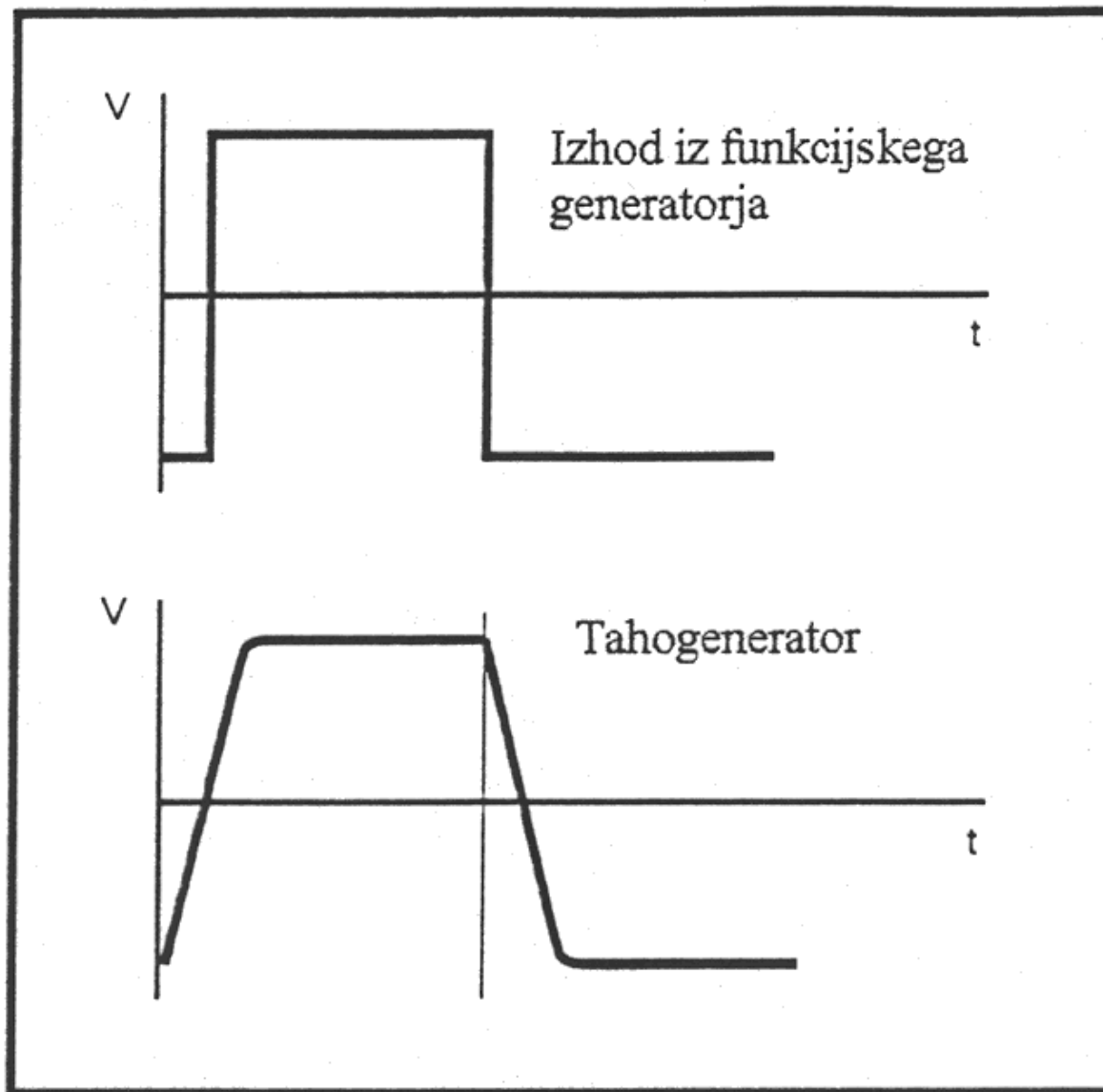
$$M = \sqrt{(\sum(M_n^2 \times t_n) / \sum t_n)} \leq M_{\text{stall}}$$

- Nastavitev parametrov motorja
- Priklop motorja in regulatorja brez obremenitve
- Odprava napake analognega vhoda
- Priklop funkcijskega generatorja in osciloskopa
- Nastavitev ustreznega odziva
- Omejitev največje hitrosti

- Nastavitev PID neobremenjenega sistema
- Obremenimo sistem z bremenom
- Nastavitev PID obremenjenega sistema

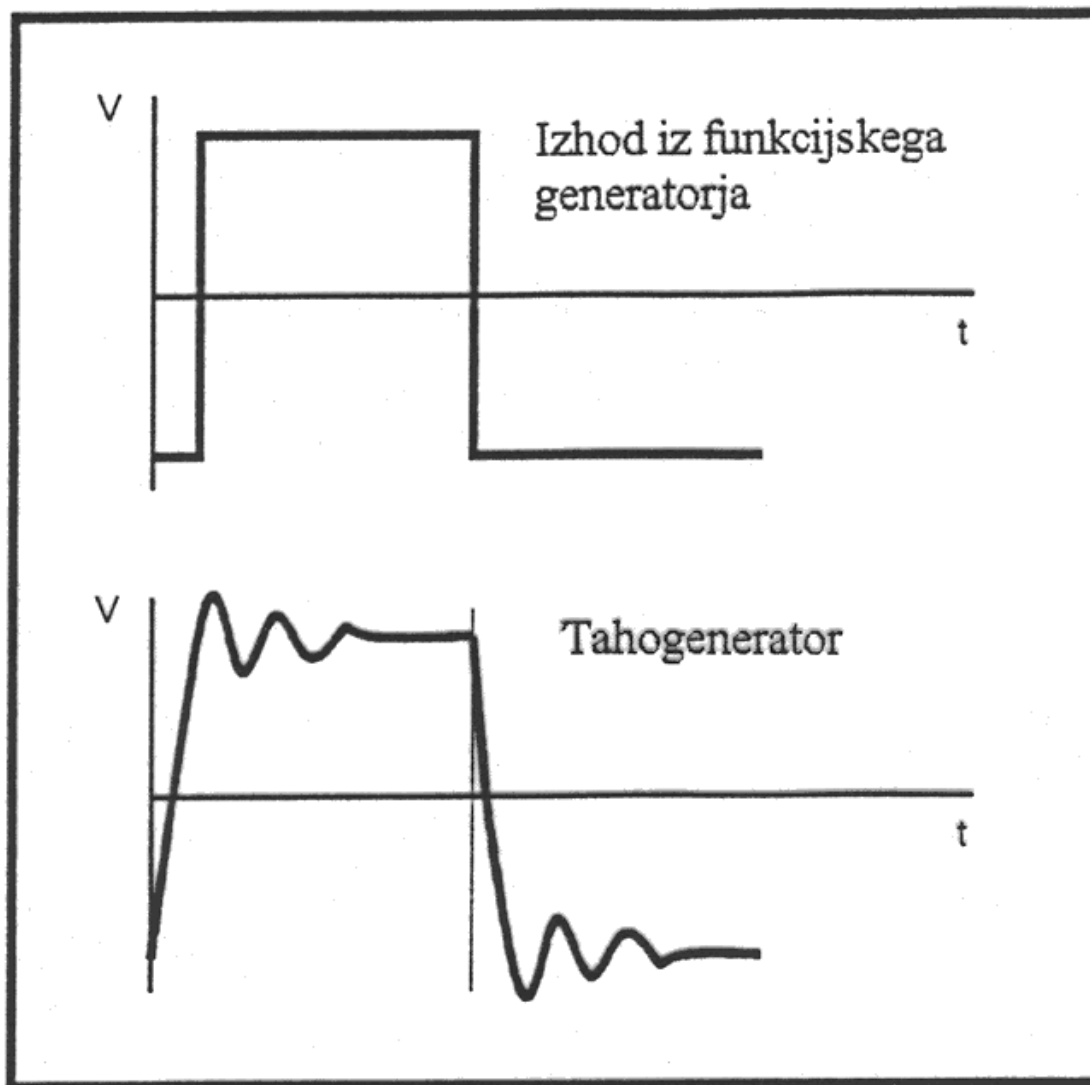
Uglaševanje servo pogonov

Idealen odziv



Uglaševanje servo pogonov

Nezadostno proporcionalno ojačanje



Uglaševanje servo pogonov

- Priklop na krmilnik
- Odprava napake analognega izhoda
- Nastavitev ojačanja PID pozicijske zanke
- Nastavitev parametrov interpolirajočih osi

Napake pri umerjanju:

- Napačna smer gibanja
- Preleti pri pozicioniranju
- S linija in eliptičnost interpolacij
- Vibracije posamezne osi

Wprašanja

