

**UNIVERZITET U BIHAĆU**  
**TEHNIČKI FAKULTET**  
**BIHAĆ**

# **AUTOMATSKO UPRAVLJANJE II**

**Laboratorijske/Auditorne vježbe**

**ISTOSMJERNI MOTOR**

**Osnove/Laplasove transformacije/Prijenosna funkcija**  
**(Vježba 1)**

**mr. Amel Toroman, dipl. ing.el.**  
**Viši asistent**

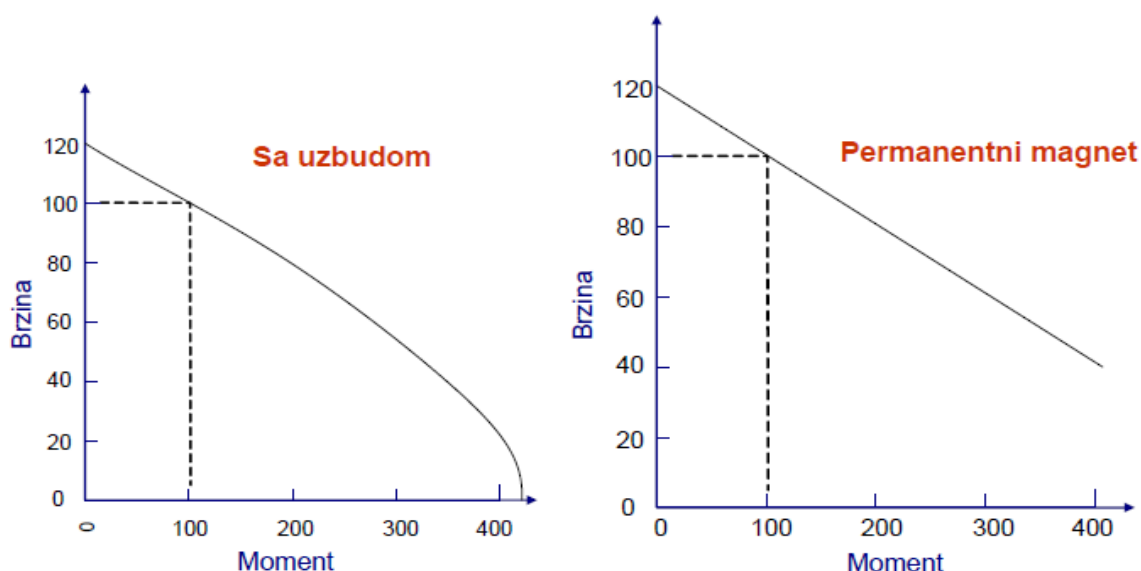
## ISTOSMJERNI MOTOR

Istosmjerni motori omogućuju kvalitetnu regulaciju brzine i momenta promjenom napona, odnosno struje motora.

Od motora se traži da troši što je moguće manje energije, da zauzima što manji prostor i ima što manju težinu. Pronalazak snažnih permanentnih magneta omogućio je osjetno poboljšanje navedenih svojstava. To se u prvom redu odnosi na veću linearnost brzinsko momentne karakteristike koja predstavlja ovisnost brzine motora o opteretnom momentu. Kod izvedbi s elektromotorom pri većim vrijednostima opteretnog momenta pojavljuje se njezino znatno zakrivljenje. Kod izvedbi sa permanentnim magnetima linearnost karakteristike ostaje u cijelom području

### Momentno-brzinske karakteristike motora:

- DC motor s uzбудnim namotom (elektromotor)
- DC motor s permanentnim magnetom



*Slika 1. Momentno-brzinske karakteristike motora*

Krug armature može se opisati slijedećom naponskom jednačinom:

$$U_a(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{d i_a(t)}{dt} + e(t) \quad (1)$$

gdje je:

$R_a$  - ukupni otpor armaturnog kruga, [ $\Omega$ ],

$L_a$  - ukupni induktivitet armaturnog kruga, [H],

$i_a$  - vrijednost struje armature, [A],

$u_a$  - vrijednost napona armature, [V],

$e$  - protuelektromotorna sila, [V].

$K_a = 1/R_a$  - koeficijent pojačanja armaturnog kruga, [A/V],

$T_a = L_a/R_a$  - vremenska konstanta armaturnog kruga, [s].

Momentne jednačine istosmjernog motora su:

$$M_m(s) = [sJ_m(s) + B] \omega(s) + M_t(s) \quad i$$

$$M_m(s) = K_t I_a(s)$$

Gdje je:

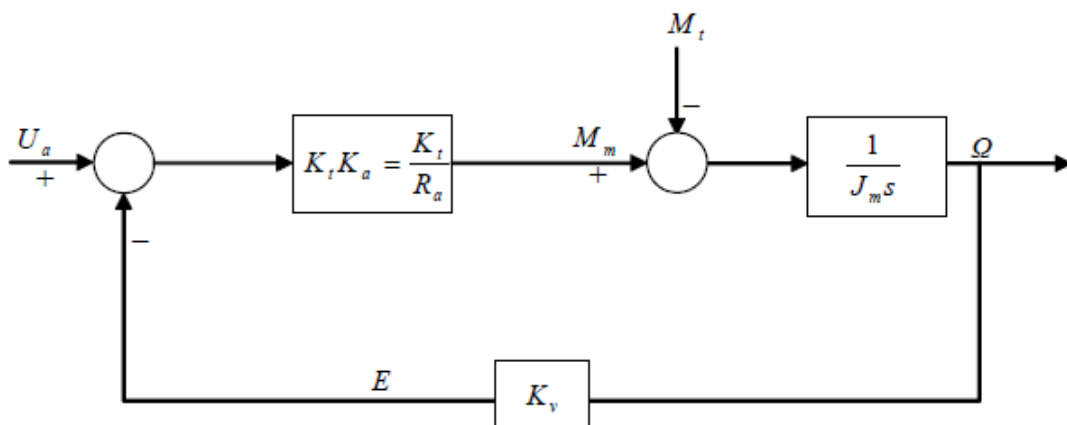
$K_t$  – momentna konstanta motora,

$J_m$  – moment inercije motora, [kg·m<sup>2</sup>],

$B\omega$  – moment viskoznog trenja, [kg·m·s<sup>-2</sup>].

### Matematički model motora

Uz određena zanemarenja, dobiva se pojednostavljena strukturna shema istosmjernog motora prikazana na slijedećoj slici:



Slika 2. Model motora

Primjene istosmjernih motora su velike.

Primjer područja primjene:

- **Medicina:** centrifuge, ortoskopski hirurški alati, respiratori, stomatološki hirurški alati, transportni, pumpni sistemi (npr. ubrizgavanje inzulina).
- **Modeli aviona, automobila, brodova, helikoptera.**
- **Mikroskopi.**
- **CD, DVD i kasetni pogoni.**
- **Umjetno srce.**

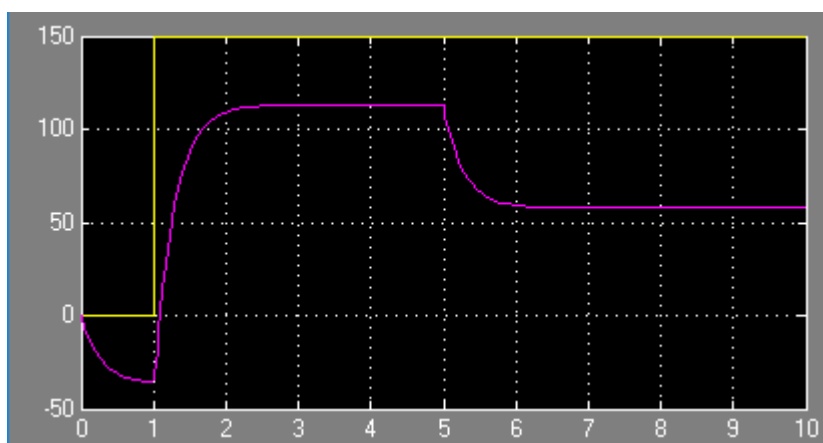
Istosmjerni motori se u praksi u globalu koriste za *regulaciju brzine vrtnje*.

**PRIMJER (P1):** U Matlab editoru kreirati M-File u kome se postavljaju ulazne vrijednosti parametara i snimaju u poseban File. U Simulinku kreirati simulacijsku šemu i izvršiti simulaciju pri promjenama brzine vrtnje i promjeni momenta tereta.

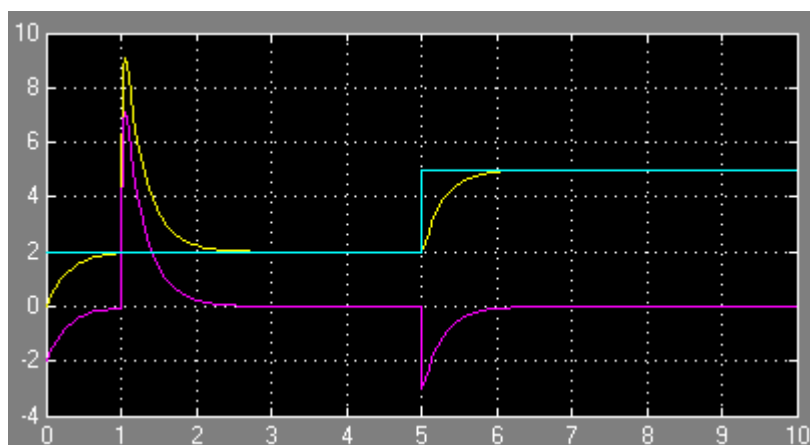
Podaci su:  $P_n=0.5$ ,  $N_n=2000$ ,  $U_{an}=220$ ,  $I_{an}=3.4$ ,  $J_u=0.0157$ ,  $R_a=8.77$ ,  $R_p=1.8$ ,  $L_a=0.1584$ ,  $R_d=6.5$ ,  $L_p=0.142$ ,  $R_{au}=R_a+R_p+R_d$ ,  $L_{au}=L_a+L_p$ ,  $K_a=1/R_{au}$ ,  $T_a=L_{au}/R_{au}$ ,  $K=(U_{an}-R_a \cdot I_{an})/(N_n \cdot \pi/30)$ .

Glavna shema sadrži ulazne i izlazne parametre objedinjene u SubSystemu, dva Step bloka koji predstavljaju prelaz između dvije razine u unaprijed definiranom vremenu, te Scope blokove koji omogućavaju pregled izlaznih signala.

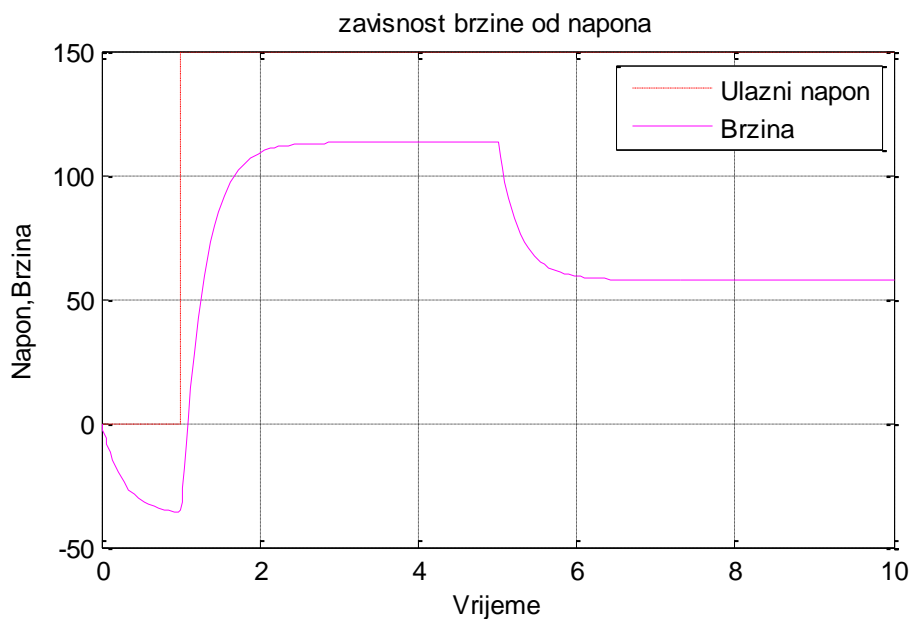
Izgled izlaznih signala:



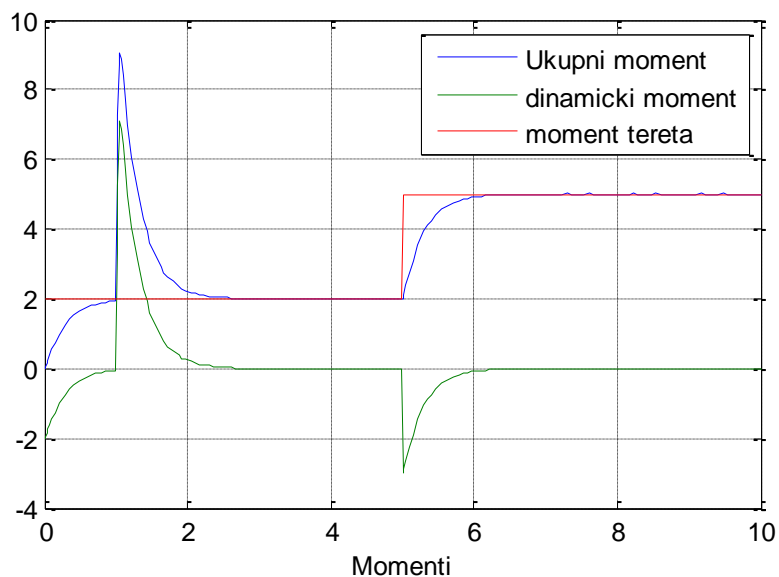
*Slika 3. Signal koji predstavlja napon*



*Slika 4. Signal koji predstavlja momente*

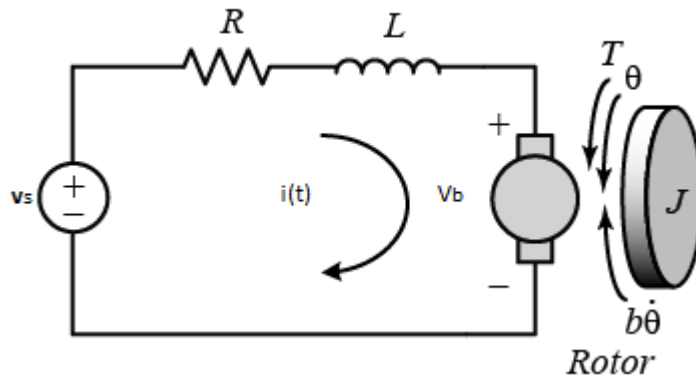


*Slika 5. Graf izlaznog napona sa pomoćnom legendom*



*Slika 106 Graf koji prikazuje promjenu momenata tereta sa pomoćnom legendom*

Da bi istosmjerni motor u Simulinku bio predstavljen potrebne su jednačine ulaznog kruga te struja koja protiče kroz kolo. Na sljedećoj slici (Slika 7) prikazana je zamjenska shema električnog motora bez opterećenja.



**Slika 7.** Zamjenska šema istosmjernog motora

Na Slici 11 je prikazan ulazni napon  $V_s$ , otpor i zavojnicu te pad napona na istosmjernom motoru. Kroz daljnu analizu bit će prikazan utjecaj brzine okretanja motora u ovisnosti od ulaznog napona tačnije struje kroz kolo.

Zatvaranje konture kola sa Slike 7 dobiva se relacija za ulazni napon koja iznosi

$$V_s = R * i(t) + L * di(t) / dt + V_b \quad (2)$$

Pad napona na motoru iznosi:

$$V_b = K_b * \omega(t) ; \quad (3)$$

( $K_b$ - predstavlja konstantu motora koja je definisana od proizvođača)

Dodatno, potrebne su i relacije za moment okretanja motora koje se mogu predstaviti formulama:

$$T = K_t * i(t) ; \quad (4)$$

( $K_t$ - konstanta momenta)

$$T = I_L * \omega'(t) ; \quad (5)$$

( $I_L$  – moment inercije)

Rješavanjem ovih relacija tačnije uvrštavanjem (3) u (2) i izjednačavanjem (4) i (5) dobivene su sljedeće relacije

$$V_s = R * i(t) + L * di(t) / dt + K_b * \omega(t) ; \quad (6)$$

$$K_t * i(t) = I_L * \omega' ; \quad (7)$$

$$\omega'(t) = d \omega(t) / dt$$

Iz jednačine (6) biti će izvučena struja, a iz (7) brzinu okretanja ( $\omega$ ) iz čega slijedi:

$$di(t)/dt = 1/L * [V_s - R*i(t) - K_b * \omega(t)] ; \quad (6.1)$$

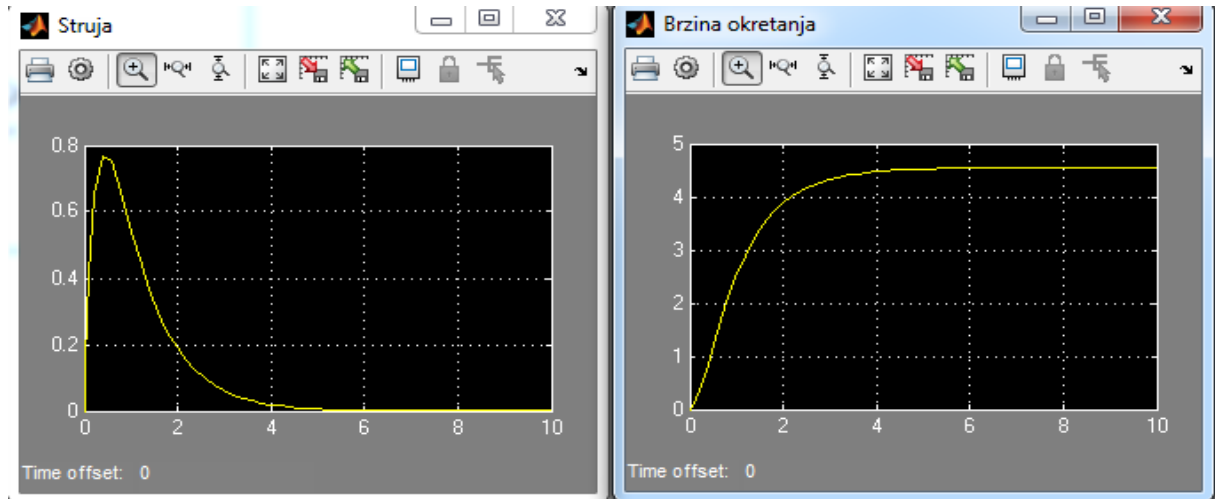
$$d\omega(t) / dt = (K_t * i(t)) / I_L ; \quad (7.1)$$

Na osnovu ove dvije diferencijalne jednačine nastaje Simulink model motora. **(P2)**

Ako budu zadate vrijednosti za konstante :

$$\begin{aligned} K_t &= 0.02 \text{ Nm/A} ; & K_b &= 0.22 \text{ V/rad/s} ; \\ R &= 1 \Omega ; & L &= 0.2 \text{ H} & I_L &= 0.005 \text{ kgm}^2 ; \end{aligned}$$

Na slikama je prikazana struja kroz kolo te brzina okretanja (obrtanja) motora kada motor nije pod opterećenjem. Uzimaju se idealni uslovi koji se ne primjenjuju u praksi.



*Slika 8. Simulink model bez opterećenja*

Ovo su idealni uslovi za rad motora i u praksi je ovaj slučaj nerealan jer kada struja u kolu dosegne vrijednost nule motor gubi napajanje te bi se i brzina okretanja smanjivala te bi također dosegla vrijednost nule za određeni period. Taj period ovisi od otpora koji se stvara između statora i rotora.