ВЕКТОРСКО УПРАВЉАЊЕ СИНХРОНОМ МАШИНОМ СА СТАЛНИМ МАГНЕТИМА

СИНХРОНА МАШИНА СА СТАЛНИМ МАГНЕТИМА

- математичка представа СМСМ у *dq* координатном систему:

$$L_d \cdot \frac{di_d}{dt} = -R_S \cdot i_d + L_q \cdot \omega \cdot i_q + u_d$$

$$L_q \cdot \frac{di_q}{dt} = -R_S \cdot i_q - L_d \cdot \omega \cdot i_d - u_{EMS} + u_q, \quad u_{EMS} = \Psi_{SM} \cdot \omega$$

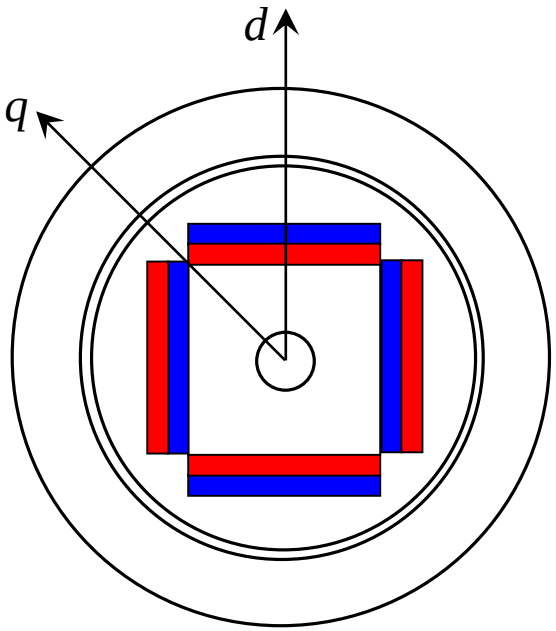
$$m_{el} = P \cdot (\Psi_{SM} \cdot i_q + (L_d - L_q) \cdot i_d \cdot i_q)$$

$$J \cdot \frac{d\omega_{meh}}{dt} = m_{el} - m_{meh}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega$$

θ – електрични угао

- положај *dq* координатног система



пресликавање величина из *abc* у αβ і αβ у *dq* координатни систем:

$$\begin{bmatrix} x_\alpha \\ x_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_a \\ x_b \\ x_c \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} x_d \\ x_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} cos\theta & sin\theta \\ -sin\theta & cos\theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_\alpha \\ x_\beta \end{bmatrix}$$

СВОЂЕЊЕ ПРЕДСТАВЕ У РЕЛАТИВНЕ ЈЕДИНИЦЕ

- основа поступка:

$$\frac{x}{x_B} = x^*[r.j.]$$

x_B – базна вредност величине

- основне базне величине:

U_B – базни напон I_B – базна струја ω_B – базна угаона електрична брзина

- изведене базне величине:

$\psi_B = \frac{U_B}{\omega_B}$ – базни флукс $\omega_{mehB} = \frac{\omega_B}{P}$ – базна механичка брзина (P – број пари полова)

$S_B = U_B \cdot I_B$ – базна снага $M_B = \frac{U_B \cdot I_B}{\omega_{mehB}}$ – базни момент

- базни параметри:

Z_B – базна импеданса

избор базних вредности при примени abc -> αβ трансф. по снази:

$$U_B = U_{LN}$$
$$I_B = \sqrt{3} \cdot I_N$$
$$\omega_B = \omega_N$$

СИНХРОНА МАШИНА СА СТАЛНИМ МАГНЕТИМА

- сведена математичка представа СМСМ у релативним јединицама:

$$\tau_d \cdot \frac{di_d}{dt} = -r_S \cdot i_d + x_q \cdot n \cdot i_q + u_d$$

$$\tau_q \cdot \frac{di_q}{dt} = -r_S \cdot i_q - x_d \cdot n \cdot i_d - u_{EMS} + u_q, \;\; u_{EMS} = \psi_{SM} \cdot n$$

$$m_{el} = \psi_{SM} \cdot i_q + (x_d - x_q) \cdot i_d \cdot i_q$$

$$\tau_{meh} \cdot \frac{dn}{dt} = m_{el} - m_{meh}$$

$$\frac{1}{\omega_B} \frac{d\theta}{dt} = n$$

$n = \frac{\omega}{\omega_B}$ – сведена брзина

$r_S = \frac{R_S}{Z_B}$ – сведена отпорност статорског намотаја

$x_d = \frac{\omega_B \cdot L_d}{Z_B}$ – сведена подужна реактанса

$x_q = \frac{\omega_B \cdot L_q}{Z_B}$ – сведена попречна реактанса

$\tau_d = \frac{L_d}{Z_B}$ – период реактансе по подужној оси

$\tau_q = \frac{L_q}{Z_B}$ – период реактансе по попречној оси

$\tau_{meh} = \frac{\omega_{mehB} \cdot J}{M_B}$ – механичка временска константа

ВЕКТОРСКО УПРАВЉАЊЕ СМСМ

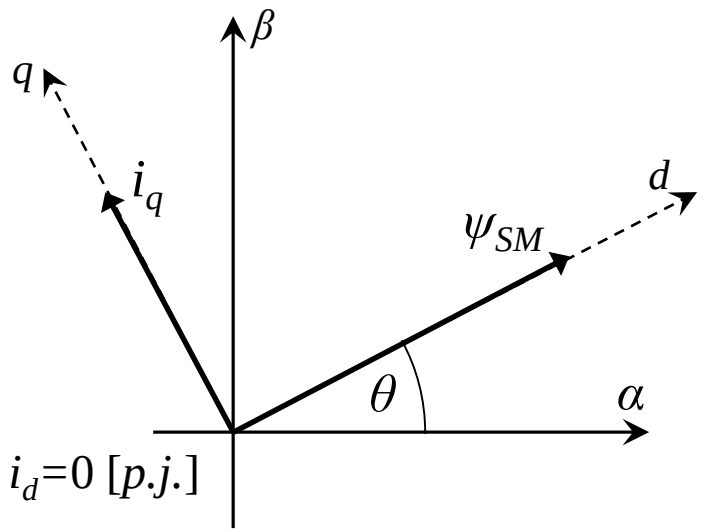
- циљ:

остварити распрегнуто управљање електромагнетним моментом, m_{el}, и флуксом, ψ_{SM}, у машини.

флукс: $\psi_d = \underbrace{x_d \cdot i_d}_{\text{слабљење поља}} + \psi_{SM} \quad \psi_q = x_q \cdot i_q$

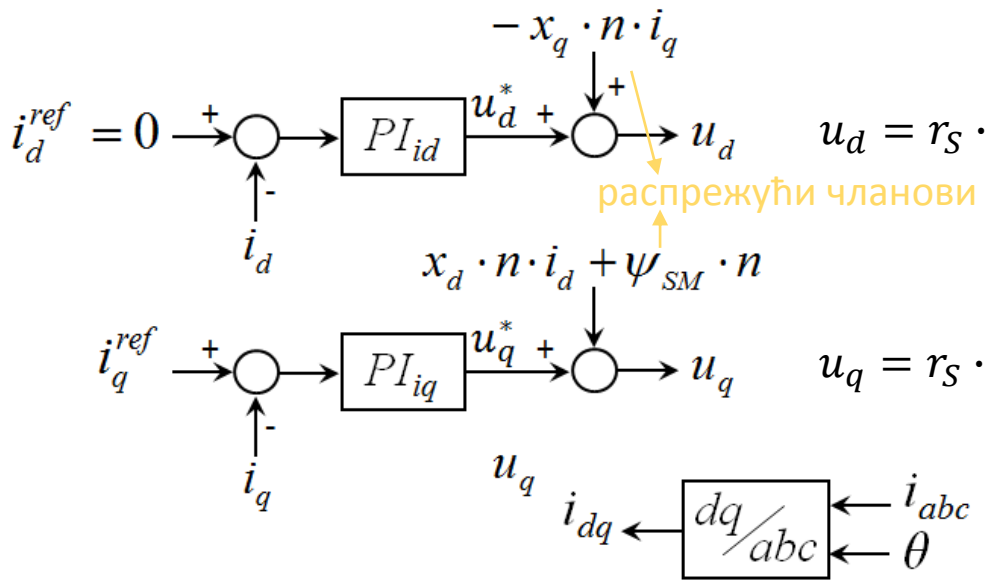
момент: $m_{el} = \psi_{SM} \cdot i_q + \underbrace{(x_d - x_q) \cdot i_d \cdot i_q}_{\text{релуктантна компонента}}$

за i_d=0: $m_{el} = \psi_{SM} \cdot i_q$



РЕГУЛАТОР СТРУЈЕ

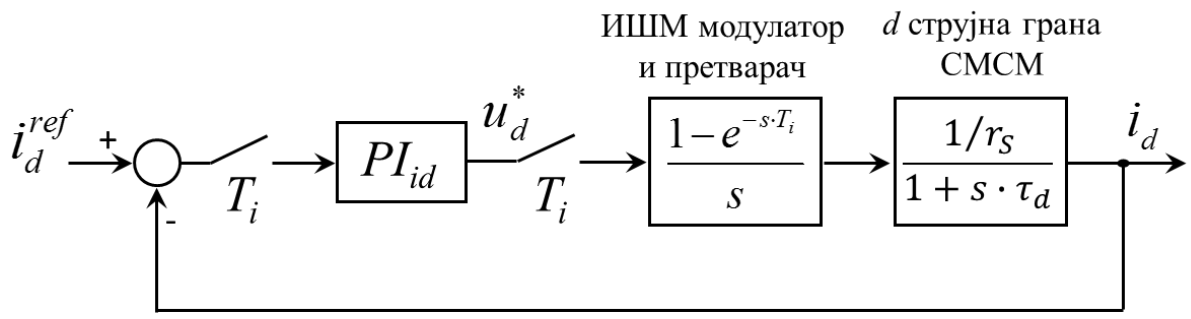
- поставка регулатора струје:



$$u_d = r_S \cdot i_d + \tau_d \cdot \frac{di_d}{dt} - x_q \cdot n \cdot i_q \Rightarrow u_d^* = r_S \cdot i_d + \tau_d \cdot \frac{di_d}{dt}$$

$$u_q = r_S \cdot i_q + \tau_q \cdot \frac{di_q}{dt} + x_d \cdot n \cdot i_d + \psi_{SM} \cdot n \Rightarrow u_q^* = r_S \cdot i_q + \tau_q \cdot \frac{di_q}{dt}$$

- прорачун параметара регулатора струје:



$$T_d = \frac{x_d}{r_S}$$

Далинов алгоритам:

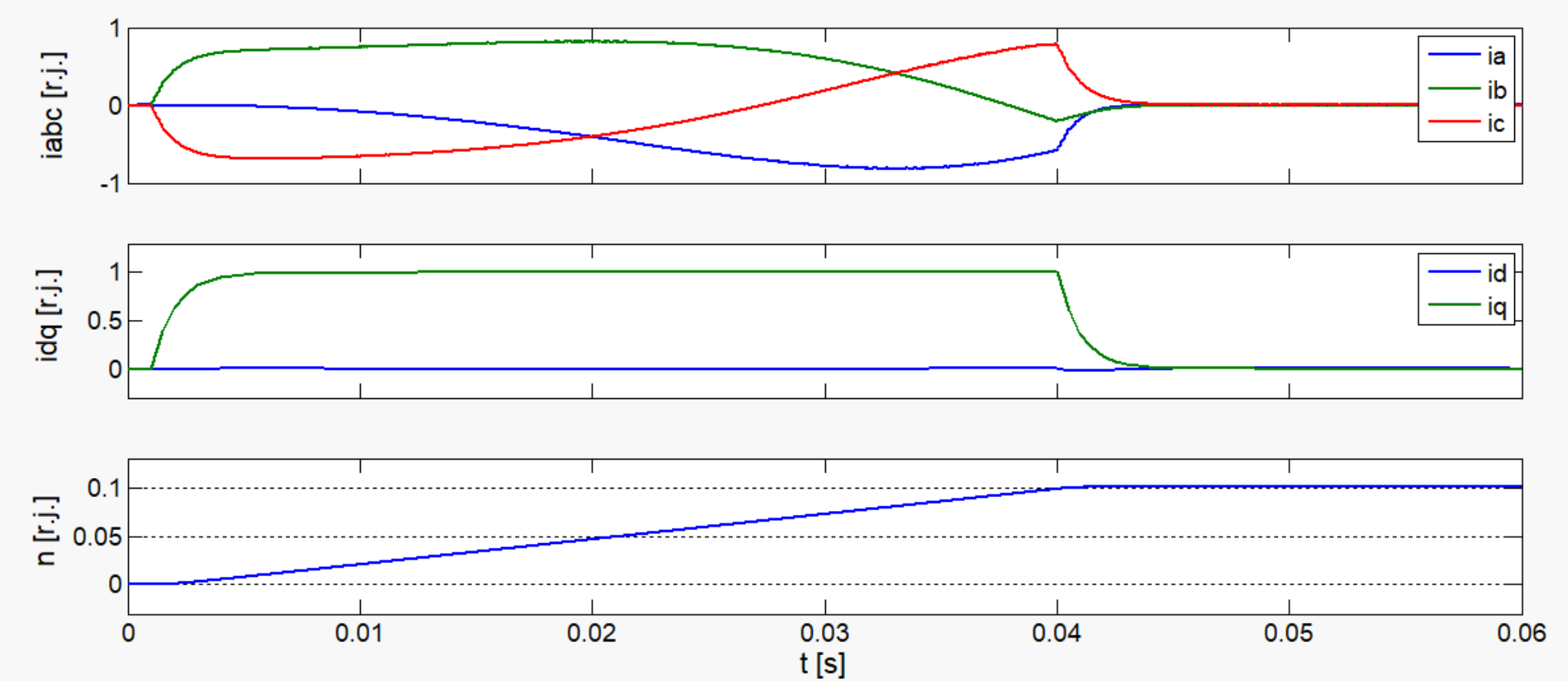
$$K_{Pid} = r_S \cdot \frac{1 - e^{-\lambda \cdot Ti}}{e^{Ti/Td} - 1}$$

$$K_{Iid} = r_S \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T_i})$$

РЕГУЛАТОР СТРУЈЕ

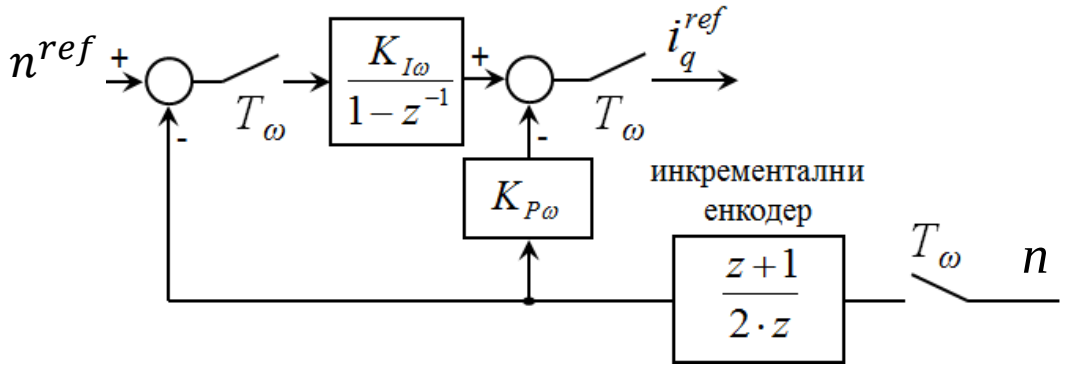
- резултати симулације:

t=1ms: скоковита промена i_q^{ref},са *0* на *1 r.j.*;
t=40ms: скоковита промена i_q^{ref},са *1 r.j.*на *0 r.j.*;

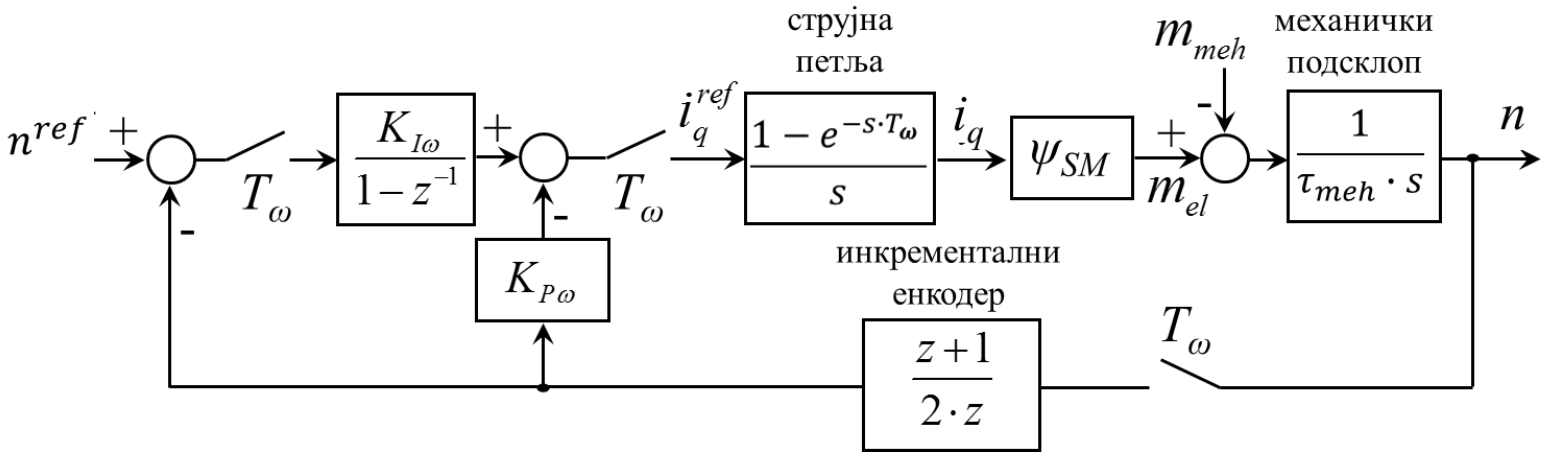


РЕГУЛАТОР УГАОНЕ БРЗИНЕ РОТОРА

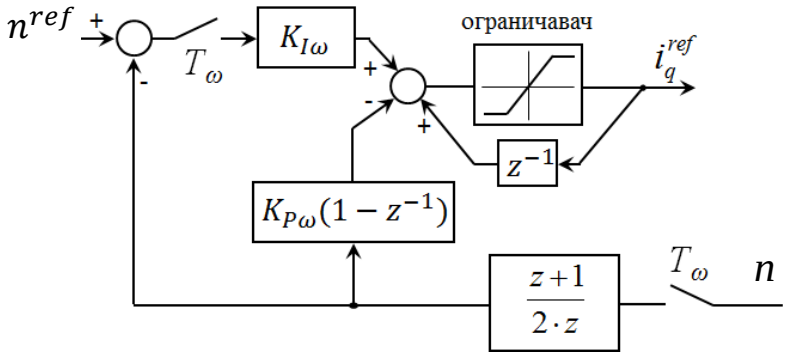
- поставка регулатора брзине:



- прорачун параметара регулатора брзине:



PI регулатор без намотавања:

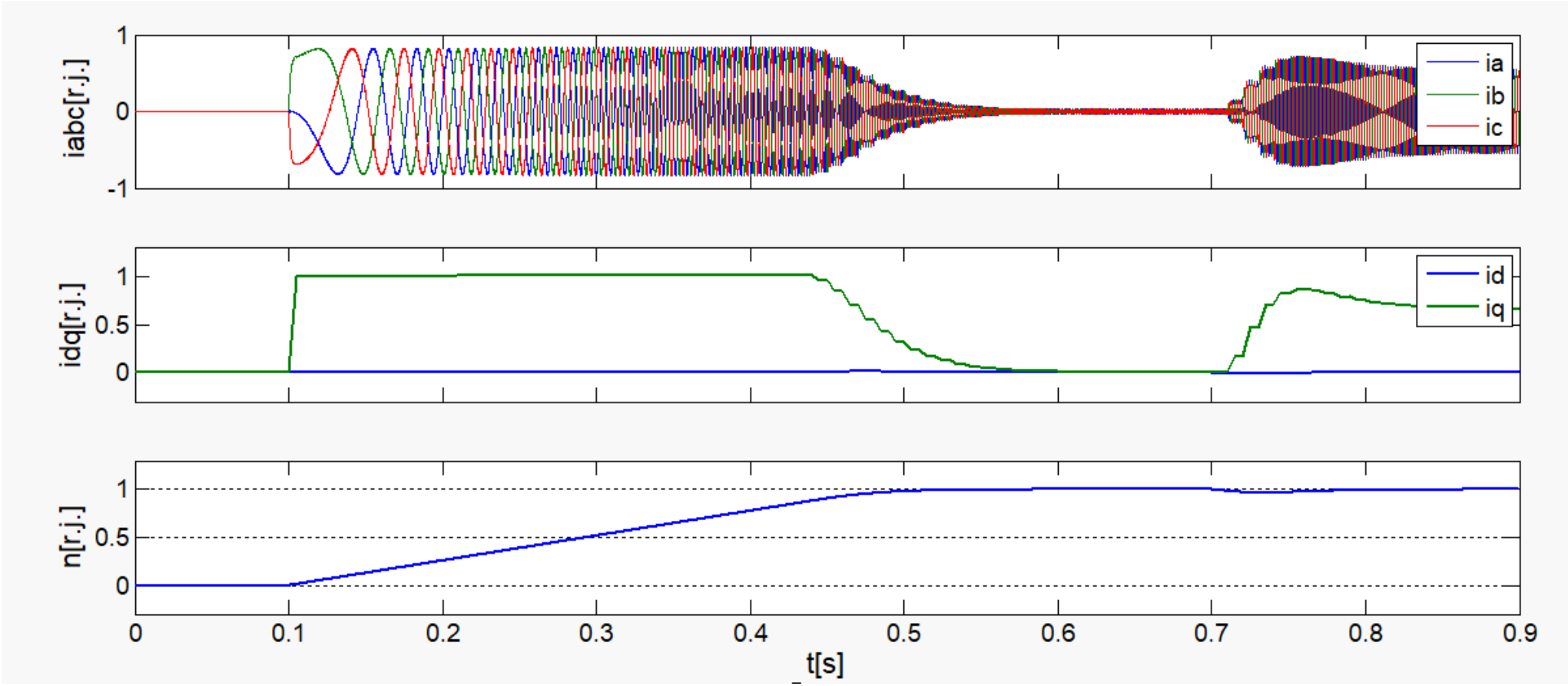


Оптимални регулатор брзине:

$$K_{P\omega} = \frac{0{,}203}{K^*}, \qquad K^* = \frac{\psi_{SM}\cdot T_\omega}{2\cdot \tau_{meh}}$$

$$K_{I\omega} = \frac{0{,}035}{K^*}$$

РЕГУЛАТОР УГАОНЕ БРЗИНЕ РОТОРА

- резултати симулације:

t=100ms: скоковита промена n^{ref} ,са *0* на *1 r.j.;*
t=700ms: скоковита промена m_{meh} ,са *0 r.j.*на *0,5 r.j.;*