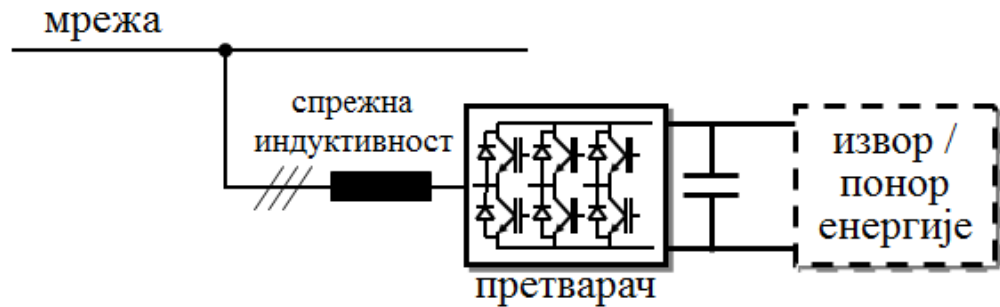


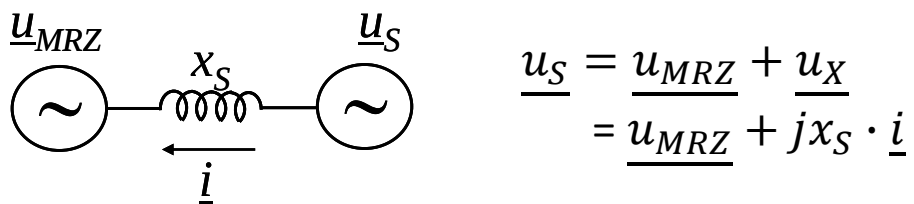
УПРАВЉАЊЕ ПРЕТВАРАЧЕМ ПОВЕЗАНИМ НА МРЕЖУ

ОТОЧНА СПРЕГА ПРЕТВАРАЧА СА МРЕЖОМ

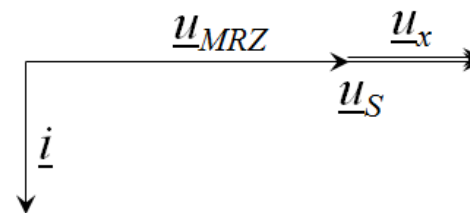
- општи изглед поставке:



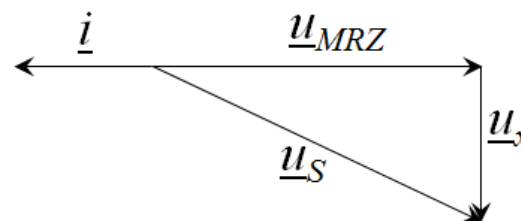
- упрошћено коло
(еквивалентно коло основног хармоника):



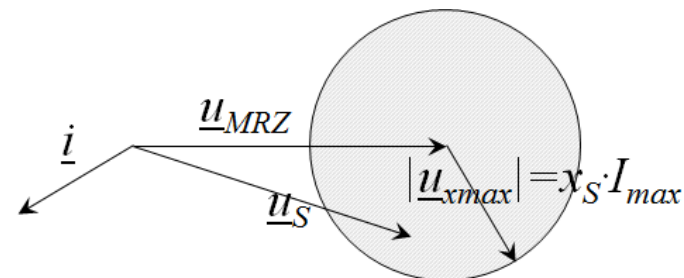
- а. претварач предаје реактивну снагу мрежи ($Q > 0$)



- б. претварач узима активну снагу из мреже ($P < 0$)



- в. ограничење за напон на излазу претварача, $\underline{u}_S$:



ОТОЧНА СПРЕГА ПРЕТВАРАЧА СА МРЕЖОМ

- математичка представа у dq координатном систему:

$$L_S \cdot \frac{di_d}{dt} = -R_S \cdot i_d + L_S \cdot \omega_{MRZ} \cdot i_q - u_{dMRZ} + u_{ds}$$

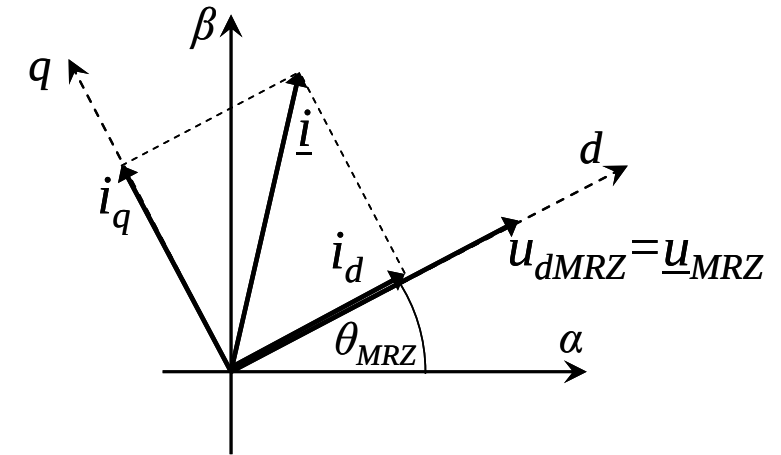
$$L_S \cdot \frac{di_q}{dt} = -R_S \cdot i_q - L_S \cdot \omega_{MRZ} \cdot i_d + u_{qs}$$

$$\frac{d\theta_{MRZ}}{dt} = \omega_{MRZ}$$

$$\underline{S}_{MRZ} = \underline{u}_{MRZ} \cdot \underline{i}^* = u_{dMRZ} \cdot (i_d - j \cdot i_q) = u_{dMRZ} \cdot i_d - j \cdot u_{dMRZ} \cdot i_q \Rightarrow$$

$$P_{MRZ} = u_{dMRZ} \cdot i_d, \quad Q_{MRZ} = -u_{dMRZ} \cdot i_q \quad \text{реф. смер према мрежи}$$

- положај dq координатног система



пресликавање величина из abc у $\alpha\beta$ и $\alpha\beta$ у dq координатни систем:

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

ОТОЧНА СПРЕГА ПРЕТВАРАЧА СА МРЕЖОМ

- сведена математичка представа у $[r.j.]$:

$$\tau_s \cdot \frac{di_d}{dt} = -r_s \cdot i_d + x_s \cdot n_{MRZ} \cdot i_q - u_{dMRZ} + u_{ds}$$

$$\tau_s \cdot \frac{di_q}{dt} = -r_s \cdot i_q - x_s \cdot n_{MRZ} \cdot i_d + u_{qs}$$

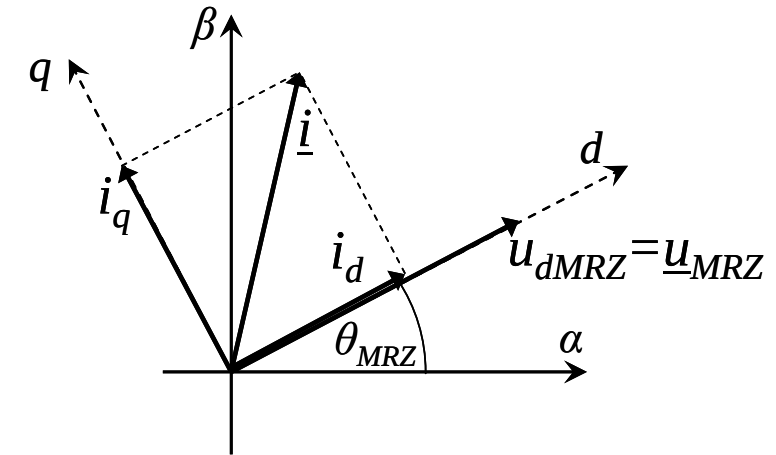
$$\frac{1}{\omega_B} \frac{d\theta_{MRZ}}{dt} = n_{MRZ}$$

$$p_{MRZ} = u_{dMRZ} \cdot i_d, \quad q_{MRZ} = -u_{dMRZ} \cdot i_q$$

избор базних вредности при примени abc -> $\alpha\beta$ трансф. по снази:

$$\begin{aligned} U_B &= U_{LN} = 400 \text{ V} \\ I_B &= \sqrt{3} \cdot I_N \\ \omega_B &= \omega_N = 314 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

- векторско управљање претварачем на мрежи:

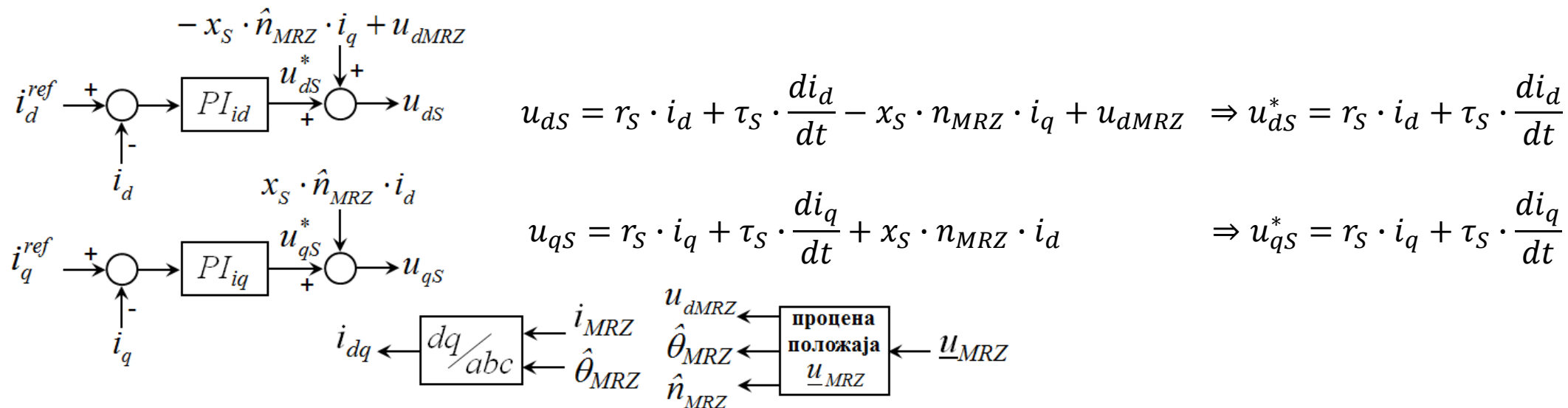


$$i_d = \frac{p_{MRZ}}{U_{dMRZ}}, \quad \text{подужна компонента}$$

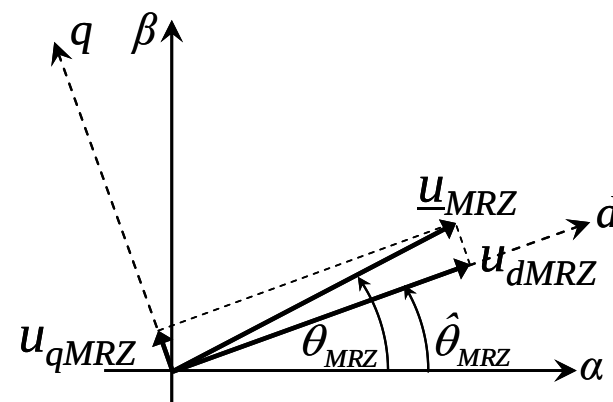
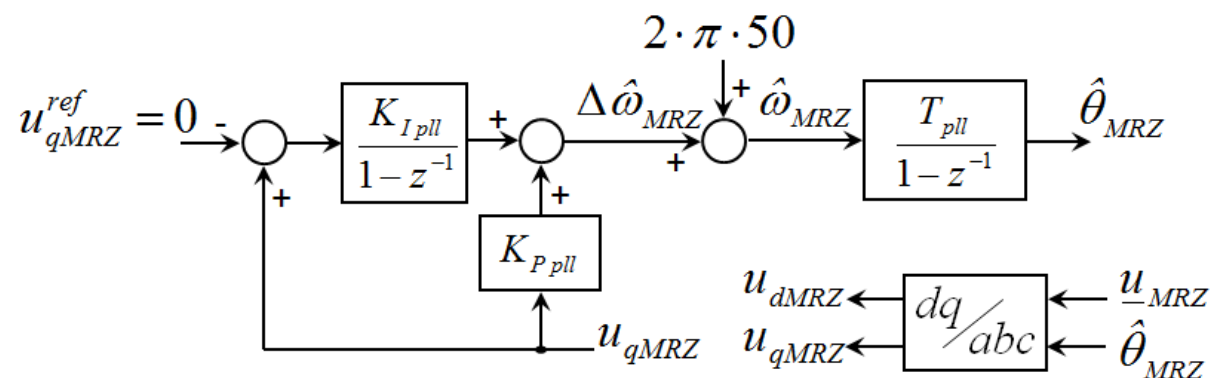
$$i_q = -\frac{q_{MRZ}}{U_{dMRZ}}, \quad \text{попечна компонента}$$

РЕГУЛАТОР СТРУЈЕ

- поставка регулатора струје:

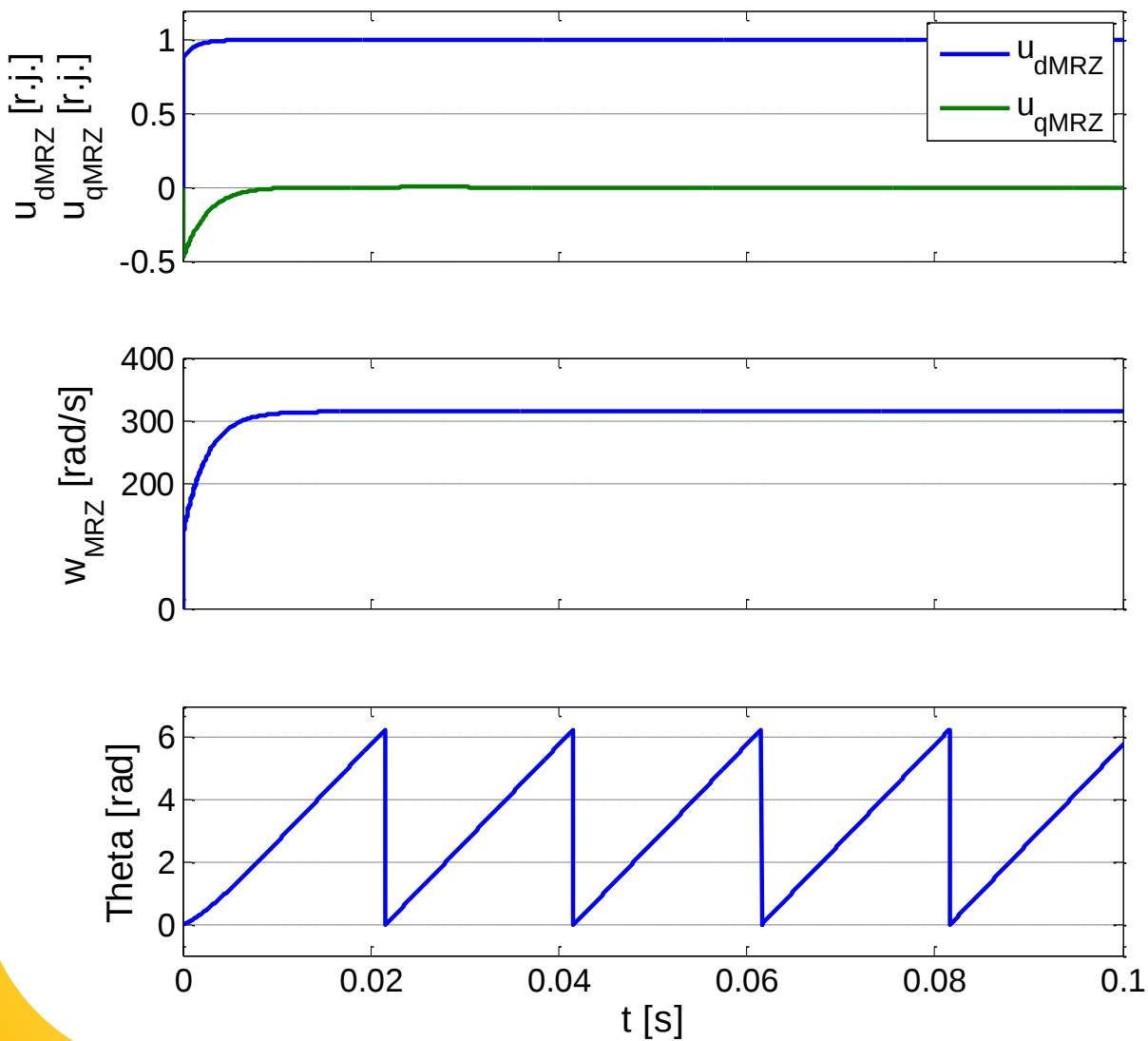


- одређивање положаја фазора $\underline{u}_{MRZ}$ (PLL):

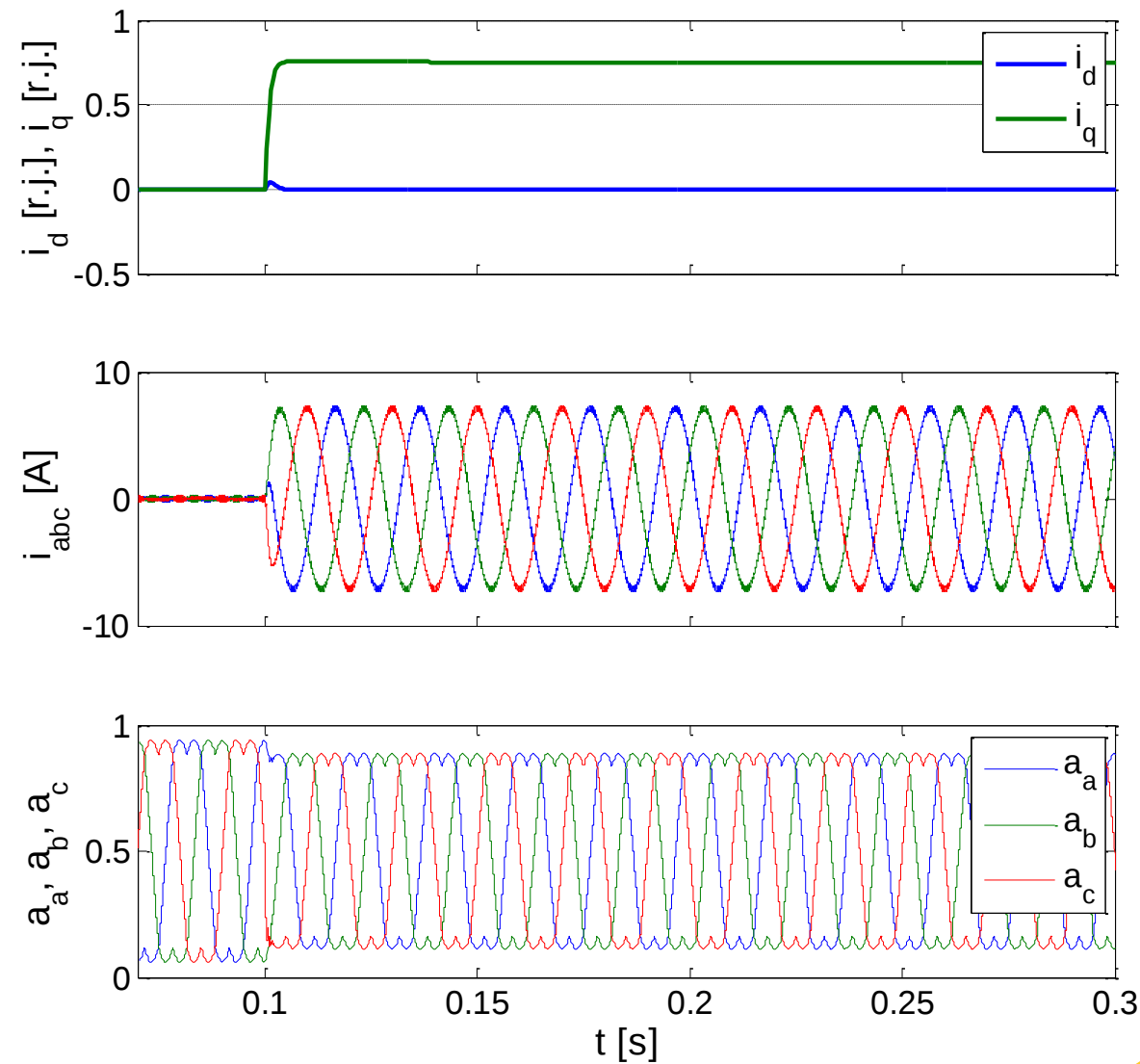


РЕГУЛАТОР СТРУЈЕ

рад блока за процену угла

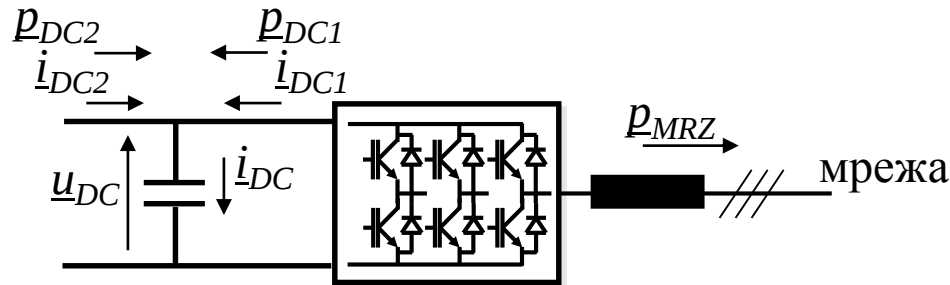


регулација струја



РЕГУЛАТОР НАПОНА ЈЕДНОСМЕРНОГ КОЛА

- математичка представа једносмерног кола:



$$p_{DC1} \approx -p_{MRZ}$$

$$p_{DC} = p_{DC1} + p_{DC2}$$

$$e_{DC} = \int p_{DC} \cdot dt$$

$$e_{DC} = \frac{1}{2} \cdot C_{DC} \cdot u_{DC}^2$$

- једносмерно коло VAR компензатора:

$$p_{DC} \approx -p_{MRZ} = -u_{dMRZ} \cdot i_d$$

$$e_{DC} = \int p_{DC} \cdot dt$$

$$e_{DC} = \frac{1}{2} \cdot C_{DC} \cdot u_{DC}^2$$

- математичка представа у [r.j.] :

$$p_{DC}^* \approx -p_{MRZ}^* = -u_{dMRZ}^* \cdot i_d^*$$

$$e_{DC}^* = \int p_{DC}^* \cdot dt, \quad e_{DC}^* = \frac{e_{DC}}{p_B}$$

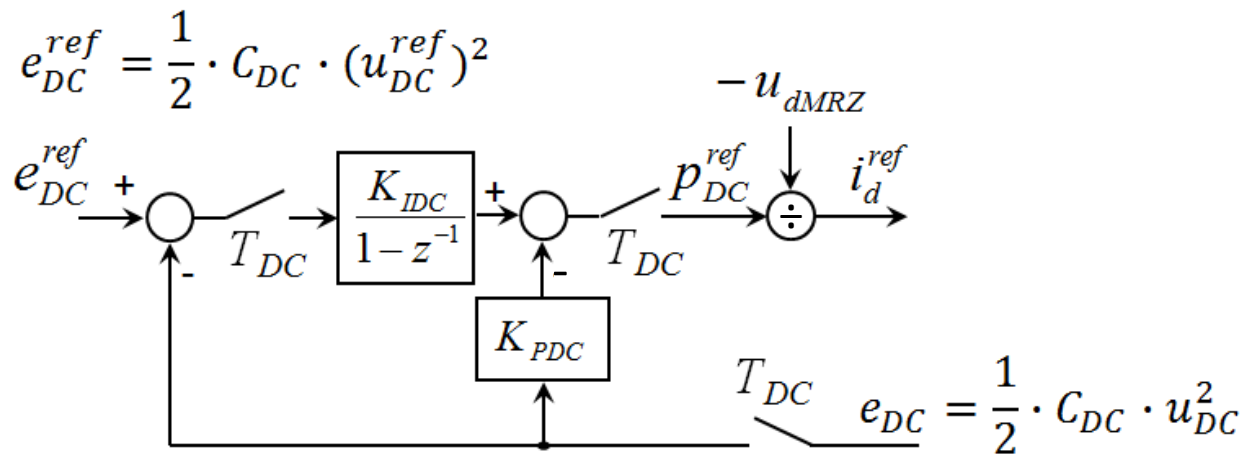
$$e_{DC}^* = \frac{1}{2} \cdot C_{DC}^* \cdot u_{DC}^{*2}, \quad C_{DC}^* = C_{DC} \cdot Z_B$$

АНАЛОГИЈА ИЗМЕЂУ ПОГОНА СМСМ И КОЛА ПРЕТВАРАЧА НА МРЕЖИ

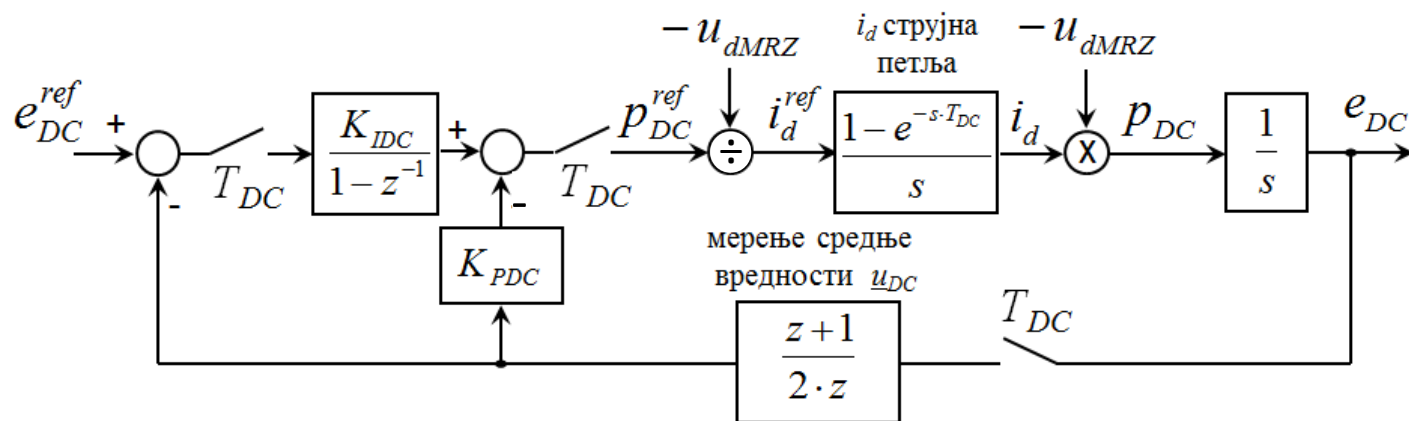
модел погона СМСМ	модел кола претварача на мрежи
1. напонска једначина: $\tau^T \cdot \frac{d}{dt}(\underline{i}) = -\underline{r} \cdot \underline{i} - \underline{s} + \underline{v} + \underline{u}$	
$\underline{u} = \begin{bmatrix} u_d \\ u_q \end{bmatrix}, \underline{i} = \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix}, \underline{s} = \begin{bmatrix} -x_q \cdot n \cdot i_q \\ x_d \cdot n \cdot i_d \end{bmatrix},$ $\underline{v} = \begin{bmatrix} 0 \\ -n \cdot \psi_{SM} \end{bmatrix}, \underline{\tau} = \begin{bmatrix} \tau_d \\ \tau_q \end{bmatrix}, \underline{r} = \begin{bmatrix} r_S & 0 \\ 0 & r_S \end{bmatrix}$	$\underline{u} = \begin{bmatrix} u_{dS} \\ u_{qS} \end{bmatrix}, \underline{i} = \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix}, \underline{s} = \begin{bmatrix} -x_S \cdot n_{MRZ} \cdot i_q \\ x_S \cdot n_{MRZ} \cdot i_d \end{bmatrix},$ $\underline{v} = \begin{bmatrix} -u_{dMRZ} \\ 0 \end{bmatrix}, \underline{\tau} = \begin{bmatrix} \tau_S \\ \tau_S \end{bmatrix}, \underline{r} = \begin{bmatrix} r_S & 0 \\ 0 & r_S \end{bmatrix}$
2. претварање енергије:	
$m_{el} = \psi_{SM} \cdot i_q + (x_d - x_q) \cdot i_d \cdot i_q$	$p_{MRZ} = -p_{DC} = u_{dMRZ} \cdot i_d, \quad q_{MRZ} = -u_{dMRZ} \cdot i_q$
3. акумулација енергије	
$\tau_{meh} \cdot \frac{dn}{dt} = m_{el} - m_{meh}$	$\frac{de_{DC}}{dt} = p_{DC}$
4. једначина угла	
$\frac{1}{\omega_B} \cdot \frac{d\theta}{dt} = n$	$\frac{1}{\omega_B} \cdot \frac{d\theta_{MRZ}}{dt} = n_{MRZ}$

РЕГУЛАТОР НАПОНА ЈЕДНОСМЕРНОГ КОЛА

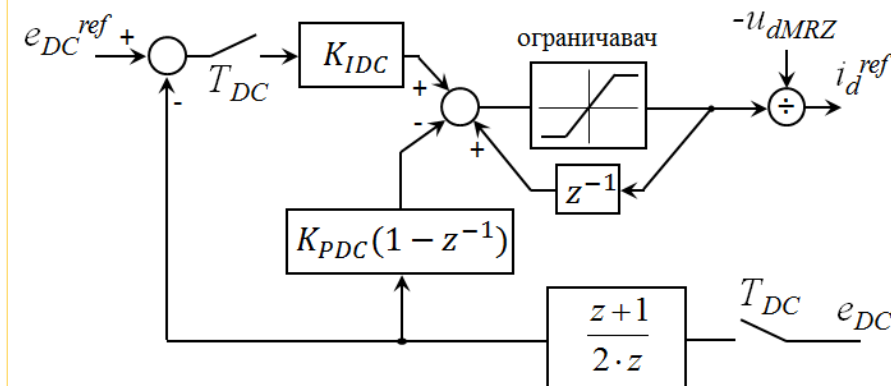
- поставка регулатора енергије једносмерног кола:



- прорачун параметара (упроштена петља):



PI регулатор без намотавања:



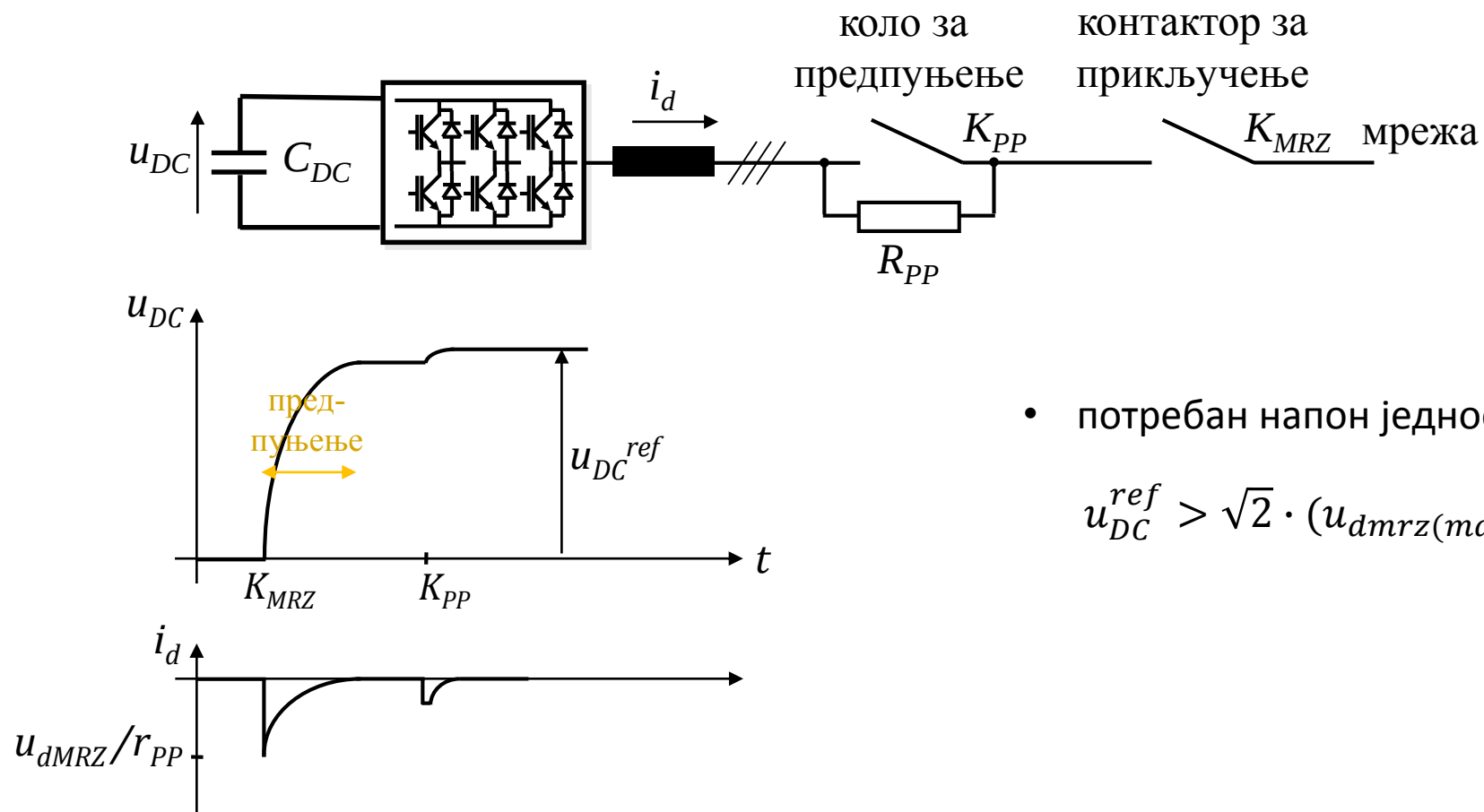
Оптимални регулатор :

$$K_{Pid} = \frac{0,203}{K^*}, \quad K^* = \frac{T_{DC}}{2}$$

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

РАД ЈЕДНОСМЕРНОГ КОЛА – практичне напомене

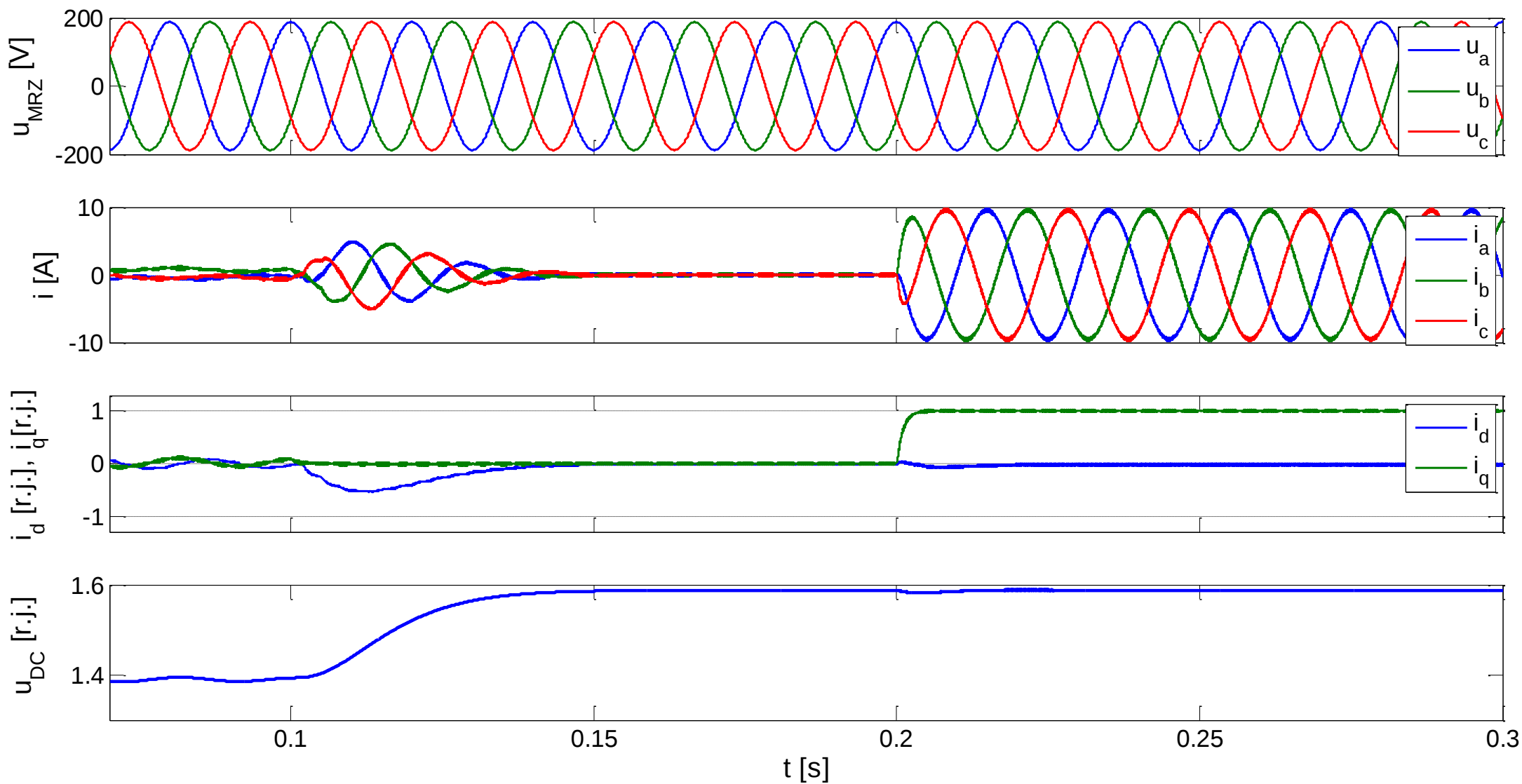
- предпуњење једносмерног кола:



- потребан напон једносмерног кола:

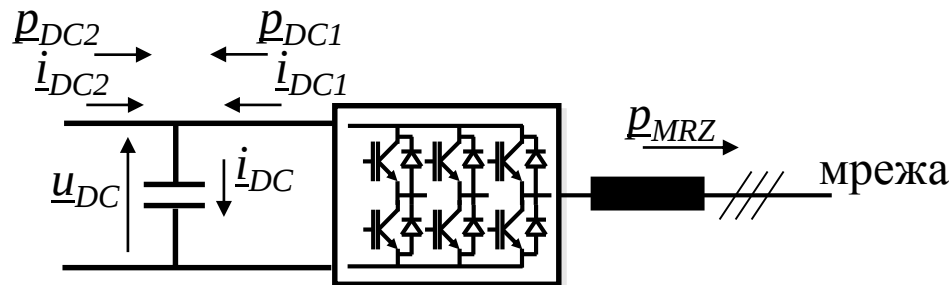
$$u_{DC}^{ref} > \sqrt{2} \cdot (u_{dmrz(max)} + x_S \cdot |i_{q(max)}|)$$

РЕГУЛАТОР НАПОНА ЈЕДНОСМЕРНОГ КОЛА



РЕГУЛАЦИЈА НАПОНА ЈЕДНОСМЕРНОГ КОЛА У ПРИСУСТВУ ИЗВОРА / ПОНОРА ЕНЕРГИЈЕ У ЈЕДНОСМЕРНОМ КОЛУ

- математичка представа једносмерног кола:



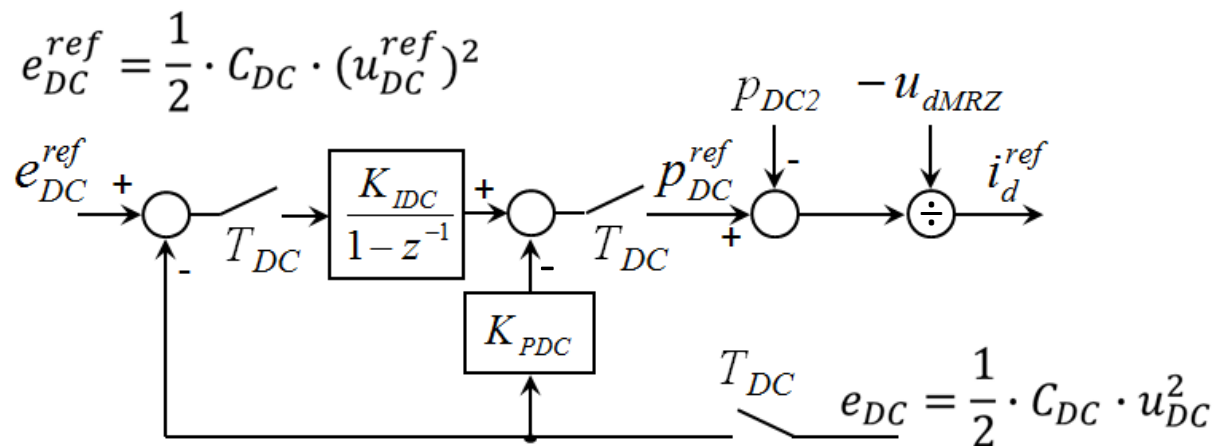
$$p_{DC1} \approx -p_{MRZ}$$

$$p_{DC} = p_{DC1} + p_{DC2}$$

$$p_{DC} \approx -u_{dMRZ} \cdot i_d + p_{DC2} \Rightarrow$$

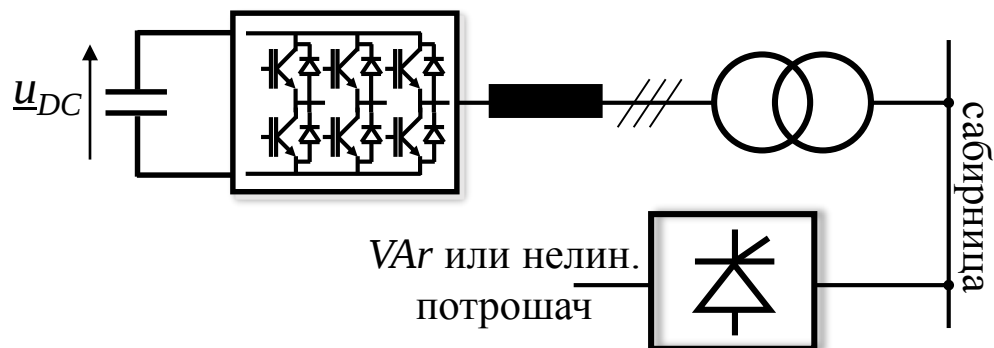
$$i_d^{ref} = -\frac{1}{u_{dMRZ}} (p_{DC}^{ref} - p_{DC2})$$

- поставка регулатора енергије једносмерног кола:

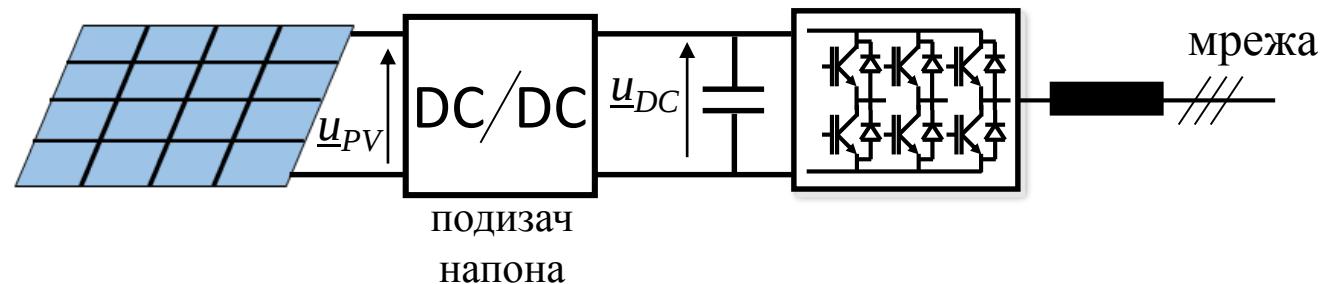


ПРИМЕНА ПРЕТВАРАЧА ПОВЕЗАНОГ НА МРЕЖУ

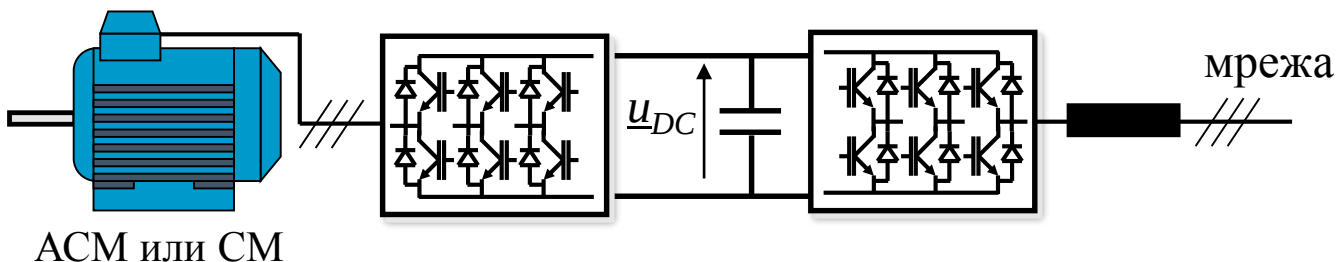
- кола без извора/понора у једносмерном колу:
(VAr компензатор и активни филтар)



- кола са једносмерним извором/понором:
(фото-напонски генератор, уређај са акумулатором, ...)



- двоструки претварач у примени код погона:
(са рекуперативним кочењем или производњом)



- двоструки претварач као елемент среге две мреже:
(HVDC, LVDC, спрежни елемент микромреже,
дистрибутивни трафо. на бази претварача (*PEDT*), ...)

