UPRAVLJANJE ELEKTROMOTORNIM POGONIMA
2. međuispit 2008.

1. Zadani podaci su:
$P_n = 3{,}7$ kW
$U_n = 380$ V
$n_n = 705$ r/min
$f_n = 50$ Hz
$M_{pr}/M_n = 4{,}26$
$M_t = 40$ Nm
- spoj Y; skalarno upravljanje U/f metodom u otvorenoj petlji

(a)

$$p = \frac{60 f_s}{n_s} = \frac{60 \cdot 50}{750} = 4$$

$$M_n = \frac{30 P_n}{n_n \pi} = \frac{30 \cdot 3700}{705 \cdot \pi} = 50{,}1169 \text{ Nm}$$

Na linearnom dijelu momentne karakteristike vrijedi (karakteristike vidjeti u **(b)** dijelu zadatka):

$$\frac{M_n}{M_t} = \frac{s_n}{s_t} \rightarrow s_t = s_n \frac{M_t}{M_n}$$

Nazivno klizanje iznosi:

$$s_n = \frac{n_s - n_n}{n_s} = \frac{750 - 705}{750} = 0{,}06$$

Brzina vrtnje iznosi:

$$n_t = n_s(1 - s_t) = 750 \cdot \left(1 - 0{,}06 \cdot \frac{40}{50{,}1169}\right) = 714{,}084 \ {}^{\text{r}}/_{\text{min}}$$

(b)

$$\frac{M_n}{M_{pr50}} = \frac{2}{\frac{s_n}{s_{pr50}} + \frac{s_{pr50}}{s_n}} = \frac{2}{x + \frac{1}{x}} \rightarrow x + \frac{1}{x} = 8{,}52 \rightarrow x_{1,2} = 4{,}26 \pm \sqrt{17{,}1476}$$

Odabire se rješenje $x = 4{,}26 - \sqrt{17{,}1476} = 0{,}119$ iz čega se dobije prekretno klizanje za $f = 50$ Hz:

$$s_{pr50} = \frac{s_n}{0{,}119} = \frac{0{,}06}{0{,}119} = 0{,}5041$$

Vrijedi:

$$\frac{M_{pr50}}{M_{pr70}} = \left(\frac{f_{70}}{f_{50}}\right)^2 = 1{,}96 \rightarrow M_{pr70} = \frac{M_{pr50}}{1{,}96} = \frac{4{,}26 M_n}{1{,}96} = 108{,}9275 \text{ Nm}$$

$$\frac{M_t}{M_{pr70}} = \frac{2}{\frac{s_{t70}}{s_{pr70}} + \frac{s_{pr70}}{s_{t70}}} = \frac{2}{x + \frac{1}{x}} \rightarrow \frac{40}{108{,}9275} = \frac{2}{x + \frac{1}{x}}$$

Odabire se rješenje $x = 0{,}1903$ iz čega se dobije klizanje za $f = 70$ Hz:

$$s_{t70} = 0{,}1903 s_{pr70}$$

Vrijedi:

$$s_{pr50} f_{50} = s_{pr70} f_{70} \rightarrow s_{pr70} = s_{pr50} \frac{f_{50}}{f_{70}}$$

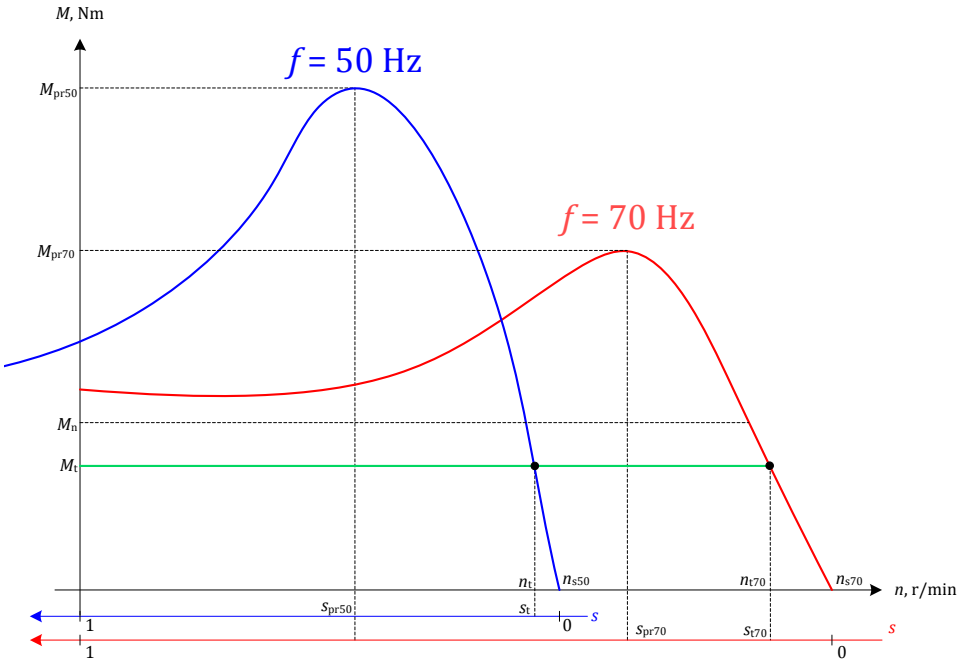
To se ubaci u jednadžbu iznad pa slijedi:

$$s_{t70} = 0{,}1903 s_{pr50} \frac{f_{50}}{f_{70}} = 0{,}1903 \cdot 0{,}5041 \cdot \frac{50}{70} = 0{,}0685$$

Slijedi da je iznos brzine za novu frekvenciju jednak:

$$n_{t70} = n_{s70}(1 - s_{t70}) = \frac{60 \cdot 70}{4}(1 - 0{,}0685) = 978{,}0756 \ {}^{\mathrm{r}}/_{\mathrm{min}}$$

(c)



(d) Predavanja.

2. (a) Struja statora je:

$$i_s = \frac{2}{3}(i_{sa} + a i_{sb} + s^2 i_{sc}) = \frac{2}{3}\left(11{,}47 - e^{j\frac{2\pi}{3}} \cdot 19{,}92 + e^{j\frac{4\pi}{3}} \cdot 8{,}45\right) = 19{,}9962\angle -54{,}9976° \text{ A}$$

Vrijednosti α i β komponenata struja statora su:

$$i_{s\alpha} = i_{sa} = 11{,}47 \text{ A}$$

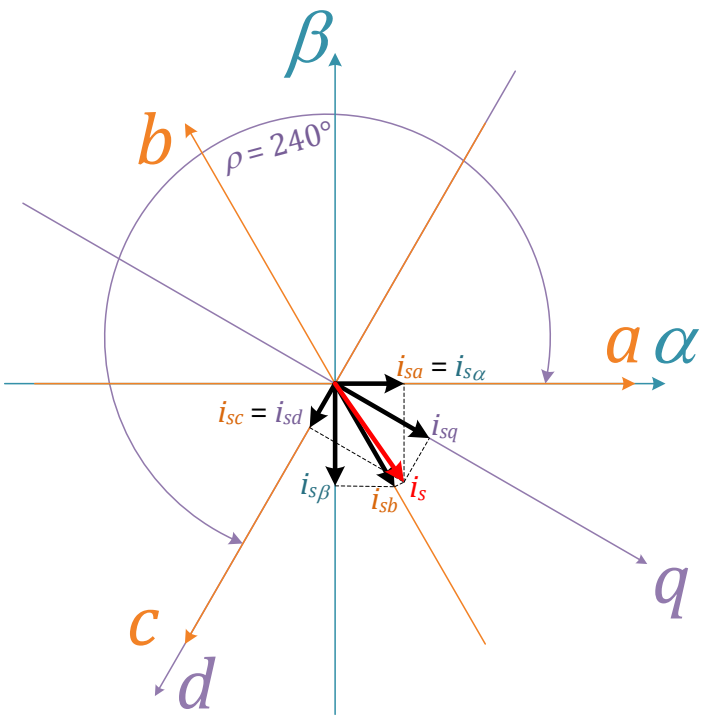
ili

$$i_{s\alpha} = 19{,}9962 \cos(-54{,}9976°) = 11{,}47 \text{ A}$$

$$i_{s\beta} = 19{,}9962 \sin(-54{,}9976°) = -16{,}3794 \text{ A}$$

$$i_{sd} = i_{sc} = 8{,}45 \text{ A}$$

$$i_{sq} = 19{,}9962 \sin(360° - 54{,}9976° - 240°) = 18{,}123 \text{ A}$$



(b) Predavanja.

(c) Komponenta momenta je struja i_{sq} tako da struja i_{sd} ostaje ista, a i_{sq} se poveća za 20%:

$$i_{sdref} = 8{,}45 \text{ A}$$

$$i_{sqref} = 1{,}2 i_{sq} = 1{,}2 \cdot 18{,}123 = 21{,}7476 \text{ A}$$

(d) Predavanja.

3. Zadani podaci su:
$u_a = -367{,}05$ V
$u_b = 268{,}7$ V
$u_c = 98{,}35$ V
$T_s = 0{,}2$ ms
$U_{DC} = 600$ V

Vrijedi:

$$u_{s\alpha} = u_{sa} = -367{,}05 \text{ V}$$

$$u_{s\beta} = \frac{u_{sb} - u_{sc}}{\sqrt{3}} = \frac{268{,}7 - 98{,}35}{\sqrt{3}} = 98{,}3516 \text{ V}$$

Također je:

$$\vartheta = \text{arctg}\left(\frac{u_{s\beta}}{u_{s\alpha}}\right) = \text{arctg}\left(\frac{98{,}3516}{-367{,}05}\right) = 165°$$

Slijedi da se referentni vektor napona u_{ref} nalazi u V. sektoru. Za svaki kratki period T_s srednja vrijednost na izlazu iz izmjenjivača treba biti jednaka srednjoj vrijednosti referentnog vektora napona u_{ref}:

$$\frac{1}{T_s}\int_0^{T_s} u_{ref}\,dt = \frac{1}{T_s}\int_0^{T_3} u_3\,dt + \frac{1}{T_s}\int_{T_3}^{T_3+T_4} u_4\,dt$$

$$\frac{1}{T_s}\cdot u_{ref}\cdot(T_s - 0) = \frac{1}{T_s}\cdot u_3\cdot(T_3 - 0) + \frac{1}{T_s}\cdot u_4\cdot(T_3 + T_4 - T_3)$$

$$u_{ref} = u_3\frac{T_3}{T_s} + u_4\frac{T_4}{T_s}$$

$$u_{s\alpha} + ju_{s\beta} = \left(-\frac{U_{DC}}{3} + j\frac{U_{DC}}{\sqrt{3}}\right)\frac{T_3}{T_s} - \frac{2U_{DC}}{3}\frac{T_4}{T_s} = -\frac{U_{DC}}{3}\frac{T_3}{T_s} - \frac{2U_{DC}}{3}\frac{T_4}{T_s} + j\left(\frac{U_{DC}}{\sqrt{3}}\frac{T_3}{T_s}\right)$$

$$u_{s\alpha} = -\frac{U_{DC}}{3}\frac{T_3}{T_s} - \frac{2U_{DC}}{3}\frac{T_4}{T_s}$$

$$u_{s\beta} = \frac{U_{DC}}{\sqrt{3}}\frac{T_3}{T_s}$$

Iz druge jednakosti slijedi:

$$T_3 = \frac{\sqrt{3}u_{s\beta}}{U_{DC}}T_s = \frac{\sqrt{3}\cdot 98{,}3516}{600}\cdot 0{,}2 = 0{,}0568 \text{ ms}$$

Iz prve jednakosti slijedi:

$$T_4 = \frac{-3u_{s\alpha}T_s - U_{DC}T_3}{2U_{DC}} = \frac{-3\cdot(-367{,}05)\cdot 0{,}2 - 600\cdot 0{,}0568}{2\cdot 600} = 0{,}1551 \text{ ms}$$

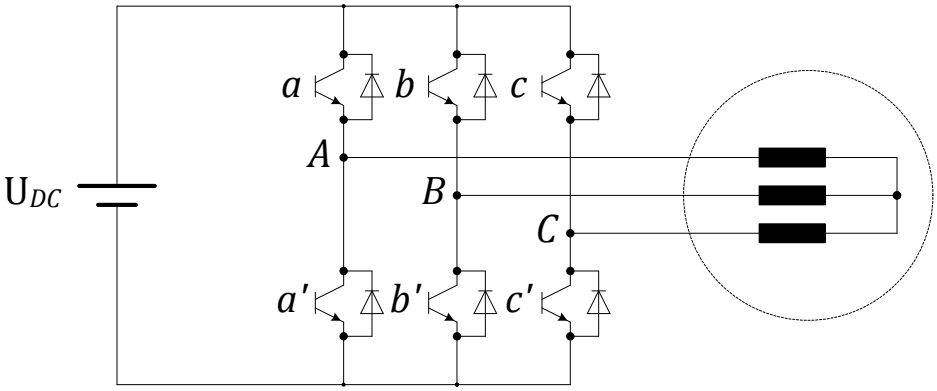
Nije zadovoljen uvjet $T_3 + T_4 = 0{,}2119\ \text{ms} \leq T_s = 0{,}2\ \text{ms}$ pa zadanu vrijednost referenetnog napona nije moguće prikazati s dva susjedna aktivna vektora.
U vektoru u_3 vrijedi $a = 0$, $b = 1$ i $c = 0$. U vektoru u_4 vrijedi $a = 0$, $b = 1$ i $c = 1$. Zato su vremena vođenja pojedinih tranzistora:

$$t_a = 0\ \text{ms}$$

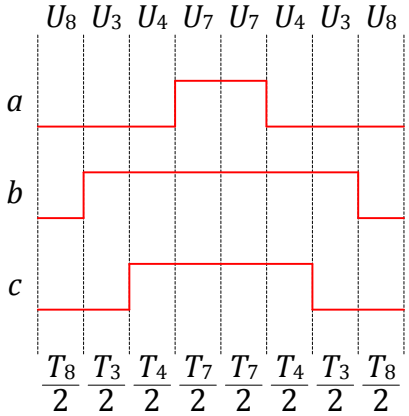
$$t_b = T_3 + T_4 = 0{,}2119\ \text{ms}$$

$$t_c = T_4 = 0{,}1551\ \text{ms}$$

(b) Izmjenjivač sa sklopkama prikazan je na slici ispod.



(c) Kada bi zadanu vrijednost referentnog napona bilo moguće prikazati sa dva susjedna aktivna vektora, valni oblici upravljačkih signala bi izgledali:



(d) Maksimalna vrijednost referentnog napona može biti:

$$|u_{ref}|_{max} = \frac{U_{DC}}{\sqrt{3}} = \frac{600}{\sqrt{3}} = 346{,}41\ \text{V}$$