



FER

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
F A K U L T E T
ELEKTROTEHNIKE
I RAČUNARSTVA
Z A V O D Z A
ELEKTROSTROJARSTVO
I AUTOMATIZACIJU

TEORIJA ELEKTRIČNIH STROJEVA I TRANSFORMATORA

Zadaci za vježbu:

PROTJECANJA

Autori:

Prof. dr. sc. **Zlatko Maljković**

Stjepan Stipetić, dipl. ing.

Doc. dr.sc. **Damir Žarko**

Zagreb, studeni 2009.

- 1.1. Kolika mora biti amplituda sinusno raspoređenog protjecanja jednoga od faznih namota trofaznog 6-polnog stroja ako treba postići okretno polje indukcije u rasporu amplitude 0,9 T, a zračni je raspor 10 mm? Kolika je brzina vrtnje okretnog protjecanja ako je frekvencija faznih struja 50 Hz?

$$2p = 6$$

$$B_m = 0,9 \text{ T}$$

$$\delta = 10 \text{ mm}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Rješenje:

$$n = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = \boxed{1000 \text{ o/min}}$$

$$R'_{m\delta} = \frac{1}{\Lambda'_\delta} = \frac{\delta}{\mu_0} = \frac{\delta}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}} \doteq 800 \cdot 10^3 \cdot \delta$$

$$\Theta_\delta = B_\delta \cdot R'_{m\delta} \doteq 800 \cdot 10^3 \cdot \delta \cdot B_\delta$$

Za magnetsku indukciju od 1 T u zračnom rasporu potrebno za svaki milimetar zračnog raspora po 800 A uzbuđenog protjecanja.

$$\Theta_\delta \doteq 800 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 = 7200 \text{ A (amperzavoja)}$$

Okretno protjecanje Θ_δ , stvoreno pulzirajućim protjecanjima triju faznih namota ima 3/2 veću amplitudu od protjecanja faznog namota Θ_{If} .

Dakle:

$$\Theta_{If} = \frac{2}{3} \Theta_\delta = \frac{2}{3} \cdot 7200 = \boxed{4800 \text{ A}}$$

Protjecanje stvaraju amperzavoji. Isti učinak primjerice daje 1000 zavoja kojima teče struja jakosti 1 A, ili 100 zavoja kojima teče struja jakosti 10 A. ($\Theta = NI$).

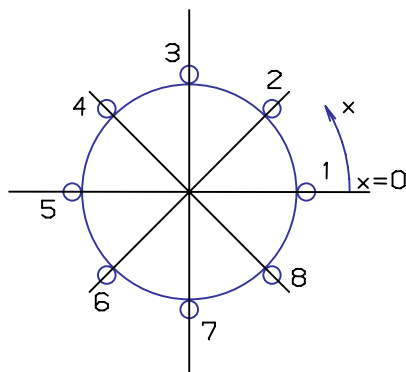
- 1.2. Kolika mora biti amplituda sinusno raspoređenog protjecanja jednoga od faznih namota trofaznog 10-polnog stroja ako treba postići okretno polje amplitude indukcije u rasporu 1,2 T, a zračni je raspor 5 mm? Kolika je brzina vrtnje okretnog protjecanja ako je frekvencija faznih struja 60 Hz?

$$\boxed{n = 720 \text{ o/min}}$$

$$\boxed{\Theta_{If} = 3200 \text{ A}}$$

1.3. U zračnom rasporu stroja indukcija je prostorno raspoređena prema izrazu $B = 0,9 \sin(\pi x/0,32)$ T. Na rotoru duljine 0,5 m nalazi se 8 simetrično raspoređenih vodiča prema slici. Razmak između susjednih vodiča na obodu rotora je 0,16 m. Rotor se vrti brzinom 1000 o/min.

- Izvedite izraz za inducirani napon u jednom vodiču u ovisnosti o položaju i o vremenu.
- Koliki je maksimalni inducirani napon između krajeva namota dobivenog najpovoljnijim spojem svih 8 vodiča?



$$B = 0,9 \sin\left(\frac{\pi}{0,32} x\right) = 0,9 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x\right)$$

$$l = 0,5 \text{ m}$$

$$N = 8$$

$$n = 1000 \text{ r/min}$$

$$\tau_u = 0,16 \text{ m}$$

$$a) \quad E_1 = Blv = Bl\omega \frac{D}{2} = Bl \frac{n \cdot \pi D}{30 \cdot 2} = \frac{1}{60} BlnD$$

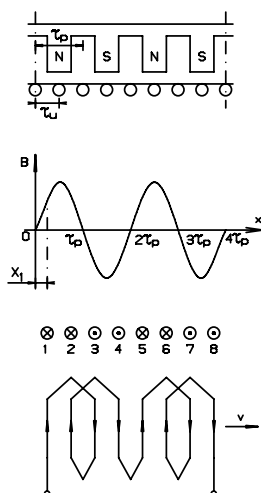
$$D\pi = N\tau_u = 8 \cdot 0,16 = 1,28 \text{ m}$$

$$D\pi = 2p\tau_p \Rightarrow 2p = \frac{D\pi}{\tau_p} = \frac{1,28}{0,32} = 4$$

$$E_1 = \frac{1}{60} \cdot 0,9 \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 1,28 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{0,32} x\right) = 9,6 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{0,32} x\right) = 9,6 \cdot \sin(9,82x)$$

$$\frac{\pi}{\tau_p} x = \frac{\pi}{\tau_p} vt = \frac{\pi}{\tau_p} \frac{D\pi n}{60} t = \frac{\pi}{0,32} \cdot \frac{1,28 \cdot 1000}{60} \cdot t = 209,4 \cdot t$$

$$\boxed{E_1 = 9,6 \cdot \sin(209,4 \cdot t)}$$



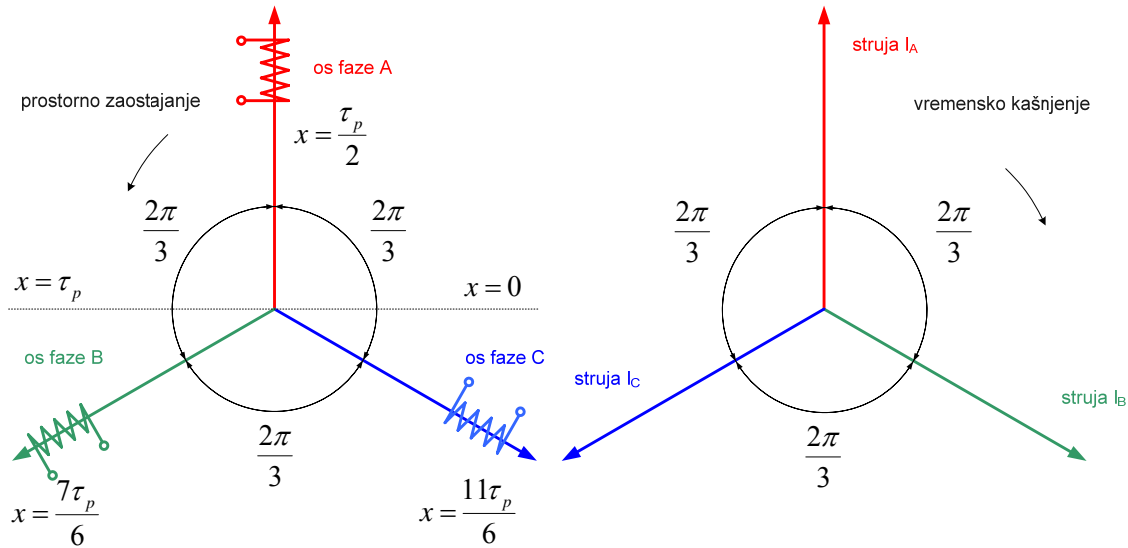
$$X_1 = \frac{\tau_u}{2} = \frac{\tau_p}{4}$$

$$E_m = NE_1 \quad (x = x_1)$$

$$E_m = 8 \cdot 9,6 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} \frac{\tau_p}{4}\right)$$

$$E_m = 8 \cdot 9,6 \cdot \sin\frac{\pi}{4} = \boxed{54,3 \text{ V}}$$

- 1.4. Za nacrtani raspored trofaznog namota i fazore struja treba nacrtati vektore komponenata direktnog i inverznog protjecanja za trenutak kad je struja faze C maksimalna.



Sl. 1. Raspored trofaznog namota i fazora struja i prostoru i vremenu

Rješenje:

Ako namotima A, B, C, prostorno pomaknutima za $2\pi/3$ (120°), teku izmjenične struje, vremenski pomaknute za $2\pi/3$ (120°). Kažemo da faza B prostorno zaostaje za fazom A, a struja i_B vremenski kasni za strujom i_A . U svakom se namotu stvaraju pulsirajuća protjecanja:

$$\Theta_{x,tA} = \Theta_{1A} \cos \omega t \sin \frac{\pi}{\tau_p} x$$

$$\Theta_{x,tB} = \Theta_{1B} \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$\Theta_{x,tC} = \Theta_{1C} \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \frac{4\pi}{3}\right)$$

koja se mogu rastaviti na dva okretna, direktno i inverzno.

$$\left. \begin{aligned} \Theta_{x,tA} &= \frac{1}{2} \Theta_1 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t\right) + \frac{1}{2} \Theta_1 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t\right) \\ \Theta_{x,tB} &= \frac{1}{2} \Theta_1 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t\right) + \frac{1}{2} \Theta_1 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{4\pi}{3}\right) \\ \Theta_{x,tC} &= \frac{1}{2} \Theta_1 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t\right) + \frac{1}{2} \Theta_1 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned} \right\} +$$

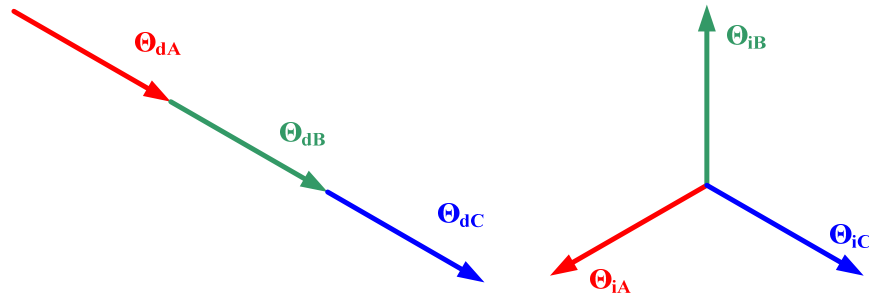
$$\sum \Theta_{x,tABC} = \Theta_d + \Theta_i = \frac{3}{2} \Theta_1 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t\right) + 0$$

Ukupno protjecanje je okretno i sastavljeno od 3 direktna protjecanja svake faze, koja su u svakom trenutku na istom položaju u prostoru, dok inverzno iščezava.

Direktna protjecanja rotiraju ulijevo, u pozitivnom, direktnom smjeru, a inverzna udesno, u negativnom, inverznom smjeru. Struja faze C je maksimalna u trenutku $\omega t = 4\pi/3$.

Vrijedi da ukupno direktno protjecanje prostorno gleda u smjeru upravo one faze u kojoj struja ima maksimalnu vrijednost, dakle u ovom slučaju, u smjeru faze C.

Položaji vektora direktnog i inverznog protjecanja svake faze posebno prikazani su na sljedećoj slici.



Sl. 2. Rješenje zadatka, položaj direktnih i inverznih komponenti vektora protjecanja

To se može pokazati matematički:

os faze A postavljena je prostorno u smjeru $x = \frac{\tau_p}{2}$

pulsirajuće protjecanje faze A u trenutku $\omega t = \frac{4\pi}{3}$ iznosi:

$$\Theta_{x,tA} = \Theta_1 \cos \frac{4\pi}{3} \sin \frac{\pi}{\tau_p} \frac{\tau_p}{2} = -0,5\Theta_1$$

os faze B postavljena je prostorno u smjeru $x = \frac{7\tau_p}{6}$

pulsirajuće protjecanje faze B u trenutku $\omega t = \frac{4\pi}{3}$ iznosi:

$$\Theta_{x,tB} = \Theta_1 \cos \left(\frac{4\pi}{3} - \frac{2\pi}{3} \right) \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} \frac{7\tau_p}{6} - \frac{2\pi}{3} \right) = \Theta_1 \cos \left(\frac{2\pi}{3} \right) \sin \left(\frac{\pi}{2} \right) = -0,5\Theta_1$$

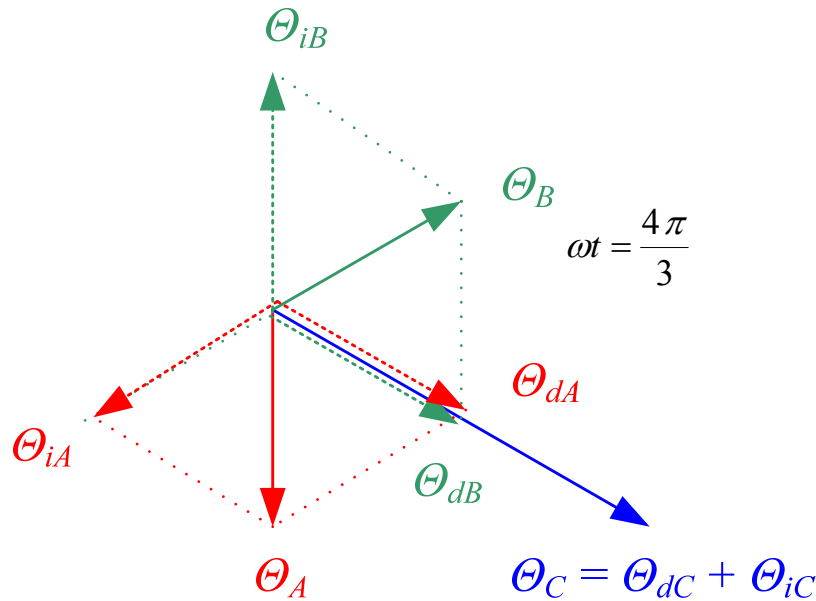
os faze C postavljena je prostorno u smjeru $x = \frac{11\tau_p}{6}$

pulsirajuće protjecanje faze C u trenutku $\omega t = \frac{4\pi}{3}$ iznosi:

$$\Theta_{x,tA} = \Theta_1 \cos \left(\frac{4\pi}{3} - \frac{4\pi}{3} \right) \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} \frac{11\tau_p}{6} - \frac{4\pi}{3} \right) = \Theta_1 \cos(0) \sin \left(\frac{\pi}{2} \right) = \Theta_1$$

Tako dobivamo stanje prikazano na sljedećoj slici. Iz njega se razabire smjer rezultantnog okretnog protjecanja. A svako pulsirajuće protjecanje može se rastaviti na dva okretna.

Primjerice, struja u fazi C stvara direktno i inverzno protjecanje koja gledaju u istom smjeru, struja u fazi B stvara direktno koje gleda u smjeru faze C, a inverzno u smjeru faze A.



Sl. 3. Položaj pulsirajućih protjecanja u zadanom trenutku

Isti dokaz moguće je sprovesti razlažući posebno inverzna i direktna protjecanja.

Sva 3 direktna protjecanja imaju konstantnu amplitudu $\frac{\Theta_1}{2}$, a gibaju se u prostoru istom brzinom gledajući uvijek u istom smjeru.

U trenutku $\omega t = 4\pi/3$ to je:

$$\frac{\pi}{\tau_p} x - \frac{4\pi}{3} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = \frac{11\tau_p}{6}, \text{ što je smjer osi faze C u prostoru.}$$

Sva 3 inverzna protjecanja imaju konstantnu amplitudu $\frac{\Theta_1}{2}$, a gibaju se u prostoru istom brzinom zadržavajući prostorni razmak od $4\pi/3$.

Za fazu A, u trenutku $\omega t = 4\pi/3$:

$$\frac{\pi}{\tau_p} x + \frac{4\pi}{3} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = -\frac{5\tau_p}{6} = \frac{7\tau_p}{6}, \text{ što je smjer osi faze B u prostoru.}$$

Za fazu B, u trenutku $\omega t = 4\pi/3$:

$$\frac{\pi}{\tau_p} x + \frac{4\pi}{3} - \frac{4\pi}{3} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = \frac{\tau_p}{2}, \text{ što je smjer osi faze A u prostoru.}$$

Za fazu C, u trenutku $\omega t = 4\pi/3$:

$$\frac{\pi}{\tau_p} x + \frac{4\pi}{3} - \frac{2\pi}{3} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x = \frac{11\tau_p}{6}, \text{ što je smjer osi faze C u prostoru.}$$

Ako se znade ponašanje direktnog i inverznog protjecanja, zadatak se rješava praktički jednim potezom, crtajući dijagram. Međutim zbog kompleksne prirode pojma okretnog polja sproveden je i egzaktn matematički dokaz koristeći i pulsirajuće i okretna protjecanja.

- 1.5. Jednofazni namot stvara sinusno raspoređeno pulsirajuće protjecanje amplitude 200A. Prikažite ga s dva okretna protjecanja. Gdje se nalaze i kolike su njihove amplitude u trenutku kada je struja u namotu

- a) maksimalna?
b) jednaka nuli?

a) direktno 0^0 , 100A, inverzno 0^0 , 100A

b) direktno $+90^0$, 100A, inverzno -90^0 , 100A

- 1.6. Obod statora 6-polnog trofaznog asinkronog motora označen je geometrijskim stupnjevima počevši od osi faze A. Gdje će se nalaziti amplituda osnovnog harmonika okretnog protjecanja u trenutku kada je struja:

- a) faze A maksimalna?
b) faze B maksimalna?
c) faze C 50% maksimalne?

Kut izraziti u geometrijskim i električnim stupnjevima.

Os (amplituda) protjecanja se nađe u osi namota uvijek u trenutku kada struja tog namota ima maksimalnu vrijednost.

a) $i_A = I_m = I\sqrt{2}$, $\alpha_g = \alpha_{el} = 0^\circ$

b) $i_B = I_m = I\sqrt{2}$, $\alpha_{el} = \frac{2\pi}{3} = 120^\circ$, $\alpha_g = \frac{1}{p}\alpha_{el} = \frac{1}{3}120 = 40^\circ$

c) $i_C = \frac{I_m}{2} = \frac{I\sqrt{2}}{2}$, $\alpha_{el} = \frac{2\pi}{2} = 180^\circ$, $\alpha_g = \frac{1}{p}\alpha_{el} = \frac{1}{3}180 = 60^\circ$

- 1.7. Koliki se napon inducira u vodiču na obodu stroja promjera 1 m i dužine željeza 1 m, uz amplitudu indukcije u rasporu 1 T, i brzinu vrtnje 100 o/min?

$$D = 1 \text{ m}$$

$$l = 1 \text{ m}$$

$$B = 1, \text{ T}$$

$$n = 100 \text{ o/min}$$

Rješenje:

$$E = Blv$$

$$v = \omega \frac{D}{2} = \frac{n\pi}{30} \frac{D}{2} = 5,24 \text{ m/s}$$

$$E_m = Blv = \boxed{5,24 \text{ V}}$$

$$E_{ef} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \boxed{3,7 \text{ V}}$$

- 1.8. U simetričnom trofaznom namotu asinkronog stroja teku, po amplitudi, nesimetrične trofazne struje sljedećeg vremenskog oblika:

$$i_A = 140 \cos \omega t \quad i_B = 100 \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \quad i_C = 100 \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

Ako je amplituda protjecanja faza s manjom strujom označena sa 100%, kolike su amplitude direktnog i inverznog protjecanja cijelog sustava? Izvedite izraz za rezultantno protjecanje.

$$\Theta_{x,t A} = \Theta_{t A} \sin \frac{\pi}{\tau_p} x = \Theta_A \cos \omega t \cdot \sin \frac{\pi}{\tau_p} x = \frac{\Theta_A}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right)$$

$$+ \frac{\Theta_A}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t \right)$$

$$\Theta_{x,t B} = \Theta_{t B} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \frac{2\pi}{3} \right) = \Theta_B \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \cdot \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \frac{2\pi}{3} \right) = \frac{\Theta_B}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right)$$

$$+ \frac{\Theta_B}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

$$\Theta_{x,t C} = \Theta_{t C} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \frac{4\pi}{3} \right) = \Theta_C \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \cdot \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \frac{4\pi}{3} \right) = \frac{\Theta_C}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right)$$

$$+ \frac{\Theta_C}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$\Theta_{x,t} = \Theta_{x,t A} + \Theta_{x,t B} + \Theta_{x,t C} = \frac{\Theta_A}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right) + \frac{\Theta_A}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t \right) + \frac{\Theta_B}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right) +$$

$$+ \frac{\Theta_B}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{4\pi}{3} \right) + \frac{\Theta_C}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right) + \frac{\Theta_C}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$\Theta_{x,t} = \left(\frac{\Theta_A}{2} + \frac{\Theta_B}{2} + \frac{\Theta_C}{2} \right) \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right) + \frac{\Theta_A}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t \right) + \frac{\Theta_B}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

$$+ \frac{\Theta_C}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$\Theta_{x,t} = \left(\frac{140}{2} + \frac{100}{2} + \frac{100}{2} \right) \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t \right) + \frac{140}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t \right) + \frac{100}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{4\pi}{3} \right)$$

$$+ \frac{100}{2} \sin \left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$\Theta_{x,t} = \Theta_d + \Theta_i = 170 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t\right) + 20 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t\right)$$

- 1.9. Zadane su struje u sve tri faze stroja. Koliko iznosi resultantno protjecanje?

$$i_A = 20 \cdot \cos \omega t, \quad i_B = 12 \cdot \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right), \quad i_C = 20 \cdot \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

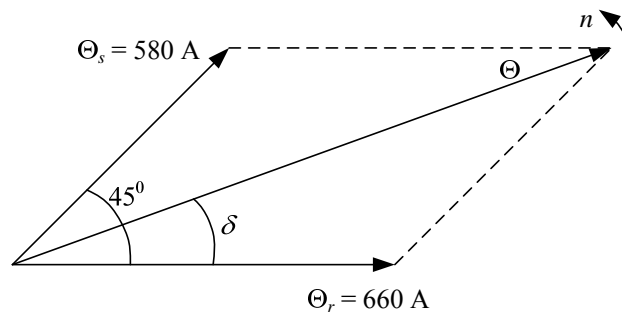
Prostorni pomak pojedinih faza je $i_A \Rightarrow 0 \quad i_B \Rightarrow \frac{2\pi}{3} \quad i_C \Rightarrow \frac{4\pi}{3}$.

$$\Theta_{x,t} = \Theta_d + \Theta_i = 26 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x - \omega t\right) + 4 \sin\left(\frac{\pi}{\tau_p} x + \omega t - \frac{\pi}{3}\right)$$

- 1.10. Koliko u postocima treba povećati protjecanje da bi zadržali istu indukciju u zračnom rasporu ako se zračni raspor poveća od 0,25 na 0,3 mm? Zanimariti zasićenje u željezu.

$$\left. \begin{aligned} \Theta &= H_\delta \delta = \frac{B}{\mu_0} \delta \\ \Theta' &= \frac{B}{\mu_0} \delta' \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\Theta' - \Theta}{\Theta} = \left(\frac{\Theta'}{\Theta} - 1 \right) = \frac{\frac{B}{\mu_0} \delta'}{\frac{B}{\mu_0} \delta} - 1 = \frac{\delta'}{\delta} - 1 = \frac{0,3}{0,25} - 1 = \boxed{0,2, \text{ tj. } 20\%}$$

- 1.11. Sinusno raspoređena protjecanja 2-polnog stroja unutarnjeg promjera statora $D = 0,466$ m i aksijalne duljine $l = 0,235$ m predložena su vektorima prema slici. Koliki moment razvija stroj? Da li radi kao generator ili motor? Zračni raspor je konstantne duljine $\delta = 1,5$ mm. Smjer vrtnje rotora je pozitivan.



$$\Theta = \sqrt{\Theta_r^2 + \Theta_s^2 - 2\Theta_r \Theta_s \cos 135^\circ} = \sqrt{660^2 + 580^2 - 2 \cdot 660 \cdot 580 \cdot \cos 135^\circ} = 1146 \text{ A}$$

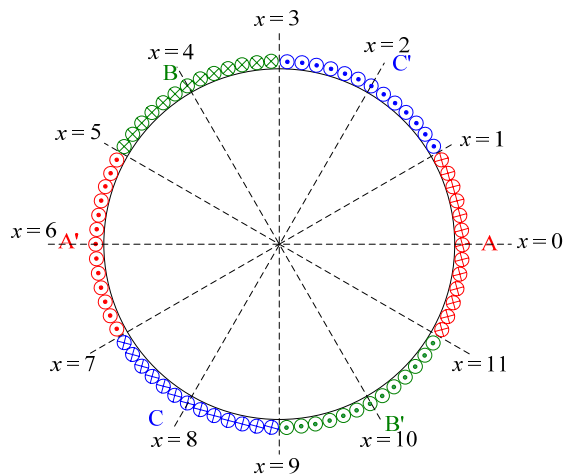
$$B = \frac{\mu_0}{\delta} \Theta = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{0,0015} \cdot 1146 = 0,96 \text{ T}$$

$$\delta = \arctan \frac{\Theta_s \sin 45^\circ}{\Theta_r + \Theta_s \cos 45^\circ} = \arctan \frac{580 \cdot \sin 45^\circ}{660 + 580 \cdot \cos 45^\circ} = 20,97^\circ$$

$$M_r = \frac{Dp\pi l}{2} B\Theta_r \sin \delta = \frac{0,466 \cdot 1 \cdot \pi \cdot 0,235}{2} \cdot 0,96 \cdot 660 \cdot \sin 20,97^\circ = 39 \text{ Nm}$$

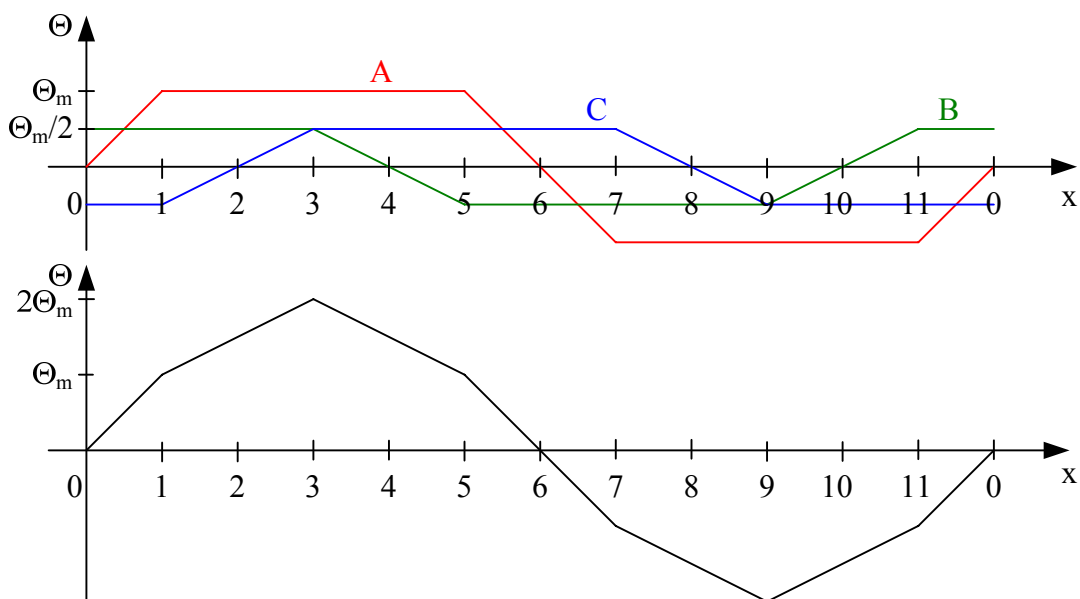
Smjer sile na rotor nastoji protjecanje rotora dovesti u os resultantnog protjecanja. Prema slici smjer djelovanja momenta se podudara sa smjerom vrtnje rotora, stoga stroj radi kao motor.

- 1.12. Trofazni namot zauzima obod stroja prema slici. Treba nacrtati protjecanje faza A, B i C te ukupno protjecanje u trenutku kada je struja faze A maksimalna. Pretpostavite da je struja jednoliko raspoređena unutar svake zone.



$$i_a = I_m \cos(\omega t), \quad i_b = I_m \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right), \quad i_c = I_m \cos\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)$$

$$t = 0 \Rightarrow i_a = I_m, \quad i_b = -\frac{I_m}{2}, \quad i_c = -\frac{I_m}{2}$$



- 1.13. Amplituda sinusno raspoređenog pulsirajućeg protjecanja jedne faze 3-faznog namota statora kad u njoj teče nazivna struja iznosi 250 A. Ako u sve 3 faze teku struje trofaznog sistema iznosa nazivne struje, kolika će biti amplituda okretnog protjecanja koje stvaraju?

$$\Theta_{\text{rez}} = 375 \text{ A}$$

- 1.14. Kolika je kutna brzina, a kolika brzina vrtnje (o/min) okretnog protjecanja 3-faznog 6-polnog namota napajanog iz mreže 50 Hz?

$$n = 1000 \text{ o/min}$$

$$\omega_m 104,72 \text{ rad/s}$$

- 1.15. Kolika je brzina vrtnje, a kolika kutna brzina okretnog polja 2-faznog 4-polnog stroja napajanog iz mreže 50 Hz?

$$n = 1500 \text{ o/min}$$

$$\omega_m 157,08 \text{ rad/s}$$

- 1.16. Amplituda sinusno raspoređenog pulsirajućeg protjecanja jedne faze 2-faznog namota statora iznosi 150 A. Ako u oba fazna namota teku 2-fazne struje isto tolikog iznosa, kakvo protjecanje rezultira, i kolika mu je amplituda?

$$\Theta_{\text{rez}} = 150 \text{ A}$$

- 1.17. U simetričnom 3-faznom namotu teku 3-fazne struje fazno razmaknute za 120° , ali je zbog nesimetrije napona mreže struja u jednoj fazi za 20% veća. Ako se amplituda protjecanja jedne faze s manjom strujom označi sa 100%, koliko je direktno i inverzno protjecanje čitavog sistema?

$$\Theta_d = 160 \%$$

$$\Theta_i = 10 \%$$

- 1.18. Ako označimo obod 6-polnog 3-faznog statora geometrijskim stupnjevima počev od osi faze 1, gdje će se nalaziti amplituda 3-faznog okretnog protjecanja u času kad je struja faze 1: a) maksimalna, b) nula, c) minimalna?

$$\text{a) } 0^\circ, \text{ b) } 30^\circ, \text{ c) } 60^\circ$$

- 1.19. Trofazni namot na statoru provrta 40 cm uzbuđen strujama frekvencije 50 Hz stvara okretno polje. Koliki put prevali amplituda okretnog protjecanja u rasporu kroz vrijeme potrebno da struja prijeđe 1 poluperiodu, ako je stroj: a) 2-polni, b) 6-polni?

$$\text{a) } \tau_p = 0,628 \text{ m}$$

$$\text{b) } \tau_p = 0,209 \text{ m}$$

1.20. Koliki je geometrijski kut koji prevale amplituda okretnog polja uzbuđenog strujama frekvencije 50 Hz u vremenu trajanja 1 periode struje, ako je stroj: a) 2-polni, b) 4-polni?

a) $\alpha_g = 360^\circ$

b) $\alpha_g = 180^\circ$

1.21. Ako sinkroni stroj radi s kutom opterećenja 40° , koliki je stvarni kut zakreta rotora (geometrijski kut opterećenja), ako je sinkrona brzina stroja 300 o/min, frekvencija 60 Hz?

$$\alpha_g = 3,3^\circ$$