1. задатак

(1.1) Индуктивност побудног намотаја се одређује према следећем изразу:

$$L_p = \frac{N_p^2}{R_\mu},$$

при чему је N_p број навојака побудног намотаја а R_μ отпорност магнетског кола, која се одређује према изразу

$$R_\mu = \frac{2 \cdot \delta}{\mu_0 \cdot S},$$

Где је δ ваздушни зазор а S површина попречног пресека испод главних полова. Ова површина једнака је

$$S = W \cdot L = \frac{D}{2} \cdot \alpha \cdot L,$$

тако да је магнетска отпорност:

$$R_\mu = \frac{4 \cdot \delta}{\mu_0 \cdot D \cdot L \cdot \alpha}.$$

На основу горњих релација добија се да је индуктивност побудног намотаја:

$$L_p = \frac{N_p^2 \cdot \mu_0 \cdot D \cdot L \cdot \alpha}{4 \cdot \delta}.$$

(1.2) Отпорност арматурног намотаја који има две паралелне гране једнака је половини отпорности једне од паралелних грана, дакле,

$$R_a = \frac{N_R R_1}{4},$$

где је N_R укупан број проводника а R_1 отпорност једног проводника. Отпорност R_1 се одређује као:

$$R_1 = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{S_{Cu}} = \frac{1}{56 \cdot 10^6} \cdot \frac{50 \cdot 10^{-2}}{10 \cdot 10^{-6}} = 0.000893\Omega.$$

Отпорност арматурног намотаја је:

$$R_a = 0.028576\Omega.$$

2. задатак

Комбинујући израз за електромагнетски момент,

$$M_{em} = k_m \cdot \Phi_{p,nom} \cdot I_a$$

и једначину напонске равнотеже за арматурни намотај,

$$U_{nom} = k_e \cdot \Phi_{p,nom} \cdot \Omega_m + R_a \cdot I_a$$

добија се израз за механичку карактеристику мотора:

$$M_{em} = \frac{k_m \cdot \Phi_{p,nom} \cdot U_{nom}}{R_a} - \frac{k_e \cdot k_m \cdot \Phi_{p,nom}^2}{R_a} \cdot \Omega_m.$$

Потребно је одредити коефицијенте $k_e\Phi_{p,nom}$=$k_m\Phi_{p,nom}$. Коефицијенте одређујемо на основу података за номинални режим рада. Номинална вредност електромоторне силе мотора једнака је E_{nom}=U_{nom}-R_aI_{nom}=$k_e\Phi_{nom}\Omega_{nom}$=220–2.5·16=180 V.Одавде је $k_e\Phi_{nom}$=E_{nom}/Ω_n=180/180=1 Wb.

Заменом нумеричких података наведених у задатку добија се израз за природну механичку карактеристику овог мотора:

$$M_{em}\left[Nm\right]=88-0.4\cdot\Omega_m\left[\frac{rad}{s}\right]$$

<u>(2.1) Брзина идеалног празног</u> хода представља вредност роторске брзине при нултој вредности електромагнетског момента:

$$\Omega_o=\Omega_m\left(M_{em}=0\right)=220\frac{rad}{s}.$$

<u>(2.2) Полазни моменат.</u> На основу претходног израза се одређује полазни моменат који МЈСС развоја при нултој брзини ротора:

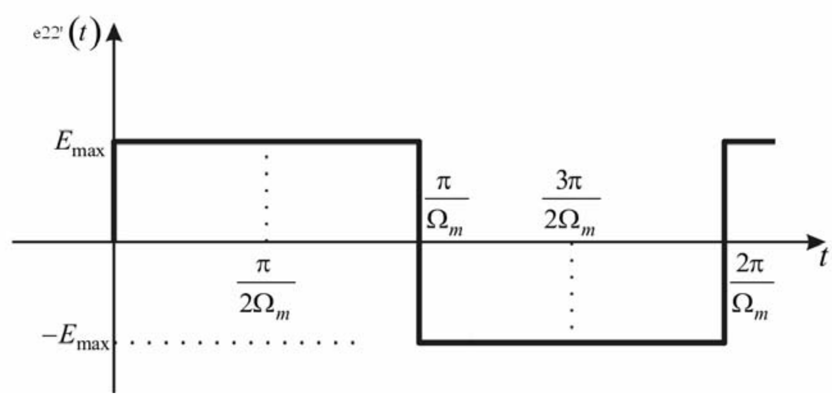
$$M_{pol}=M_{em}\left(\Omega_m=0\right)=88Nm.$$

<u>(2.3) У устаљеном стању</u> електромагнетски момент машине једнак је моменту оптерећења, $M_{em}=M_{opt}$, па је

$$88-0.4\cdot\Omega_1=6\Rightarrow\Omega_1=200\frac{rad}{s}$$

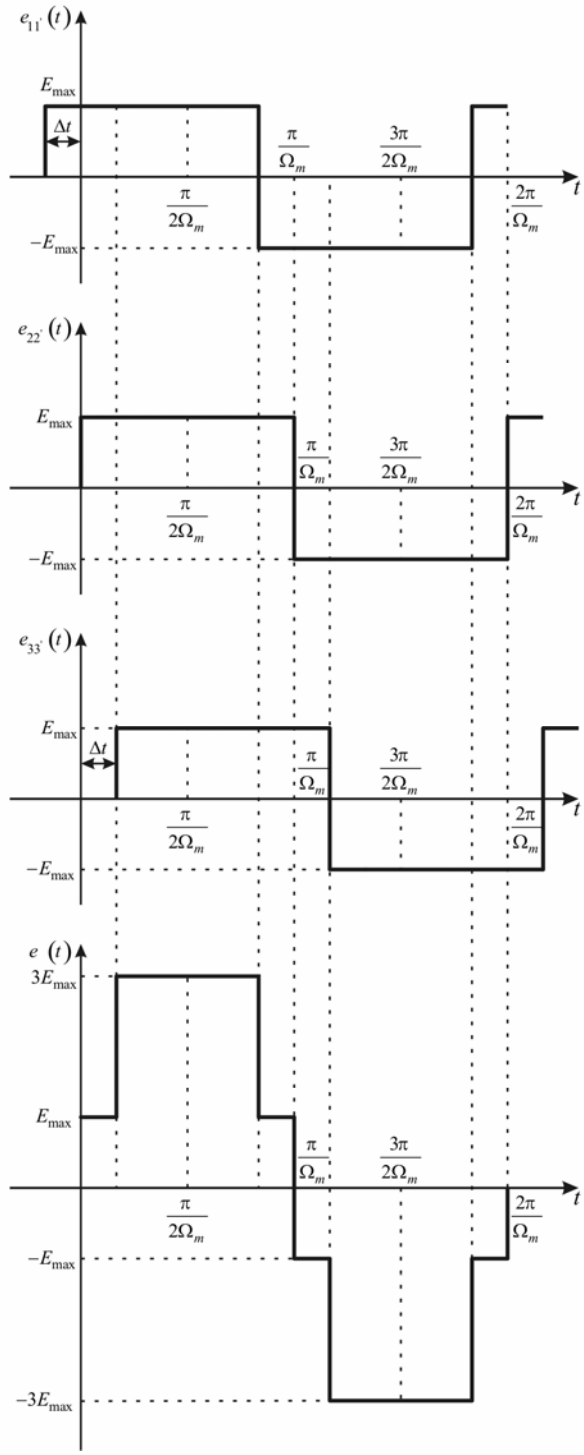
<u>3. задатак</u>

(3.1) У сваком навојку (11' или 22' или 33') индукује се електромоторна сила амплитуде E_{max} = $(D/2)\Omega_mB_{max}L$. Према условима задатка, облик електромоторне силе у навојку 22' је дат на следећој слици



(у решењу је потребно дати и одговарајуће образложење и поступак у коме се услови дати у тексту задатка користе за добијање датог облика е.м.с.)

(3.2) Постоје укупно три навојка која су повезана на ред, па се њихове електромоторне силе збрајају, $e(t)=e_{11'}(t)+e_{22'}(t)+e_{33'}(t)$. Просторни померај оса навојака доводи до временског помераја од Δt=π/6/Ω_m између електромоторних сила навојака. Збрајање померених е.м.с. је дато на следећој слици



(у решењу је потребно дати и одговарајуће образложење и поступак у коме се услови дати у тексту задатка користе за добијање датог облика е.м.с.)

(3.2) Ефективне вредности напона статорског намотаја на временском интервалу од једног обртаја ротора је:

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{\Omega_m}{2\pi} \cdot \left[2 \cdot \left(\int_0^{\frac{\pi}{6\Omega_m}} E_{\max}^2 \mathrm{d}t + \int_{\frac{\pi}{6\Omega_m}}^{\frac{5\pi}{6\Omega_m}} \left(3 \cdot E_{\max}\right)^2 \mathrm{d}t + \int_{\frac{5\pi}{6\Omega_m}}^{\frac{\pi}{\Omega_m}} E_{\max}^2 \mathrm{d}t \right) \right]} = E_{\max} \cdot \sqrt{\frac{19}{3}}$$

Израчунавање је једноставније уколико се уочи да је квадрат електромоторне силе једнак $(3E_{max})^2$ током две трећине периода $T = 2\pi/\Omega_m$, док је квадрат е.м.с. једнак $(E_{max})^2$ током једне трећине периода. Тако је

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{\frac{T}{3} E_{\max}^2 + \frac{2T}{3} 9E_{\max}^2}{T}} = \sqrt{\frac{1}{3} E_{\max}^2 + \frac{2}{3} 9E_{\max}^2} = E_{\max} \cdot \sqrt{\frac{19}{3}} = \frac{D}{2} \Omega_m B_m L \sqrt{\frac{19}{3}}$$

4. задатак

Моменат се одређује као извод енергије магнетског спрежног поља W_m по померају ротора θ_m. Према условима задатка, густина магнетске енергије у зазору је

$$w_m(\theta) = \frac{1}{2\mu_0} \cdot \left(B_{Sm} \sin(\theta) + B_m \sin(\theta - \theta_m) \right)^2$$

Укупна енергија магнесткoг поља је:

$$W_m = \int_V w_m(\theta) dV \ ,$$

Где је V укупна запремина ваздушног зазора, $dV = L \cdot \frac{D}{2} \delta \cdot d\theta$ елементарна запремина, стога је

$$W_m = L \cdot \frac{D}{2} \cdot \delta \int_0^{2\pi} w_m(\theta) d\theta \, ,$$

$$W_m = L \cdot \frac{D}{4\mu_0} \cdot \delta \int_0^{2\pi} \left(B_{Sm} \sin(\theta) + B_m \sin(\theta - \theta_m) \right)^2 d\theta$$

Сређивањем горњег израза добија се:

$$W_m = L \cdot \frac{D}{4\mu_0} \cdot \delta \left\{ \int_0^{2\pi} B_m^2 \sin^2(\theta - \theta_m) d\theta + \int_0^{2\pi} B_{Sm}^2 \sin^2(\theta) d\theta + \int_0^{2\pi} 2 \cdot B_m \cdot B_{Sm} \sin(\theta) \cdot \sin(\theta - \theta_m) d\theta \right\}$$

Решавањем горњих интегала добија се израз за за енергију магнетског поља:

$$W_m = L \cdot \frac{D}{4\mu_0} \cdot \delta \cdot \pi \left[B_m^2 + B_{Sm}^2 + 2 \cdot B_m \cdot B_{Sm} \cdot \cos(\theta_m) \right]$$

Моменат се одређује као:

$$M = \frac{dW_m}{d\theta_m} = \frac{d}{d\theta_m} \left\{ L \cdot \frac{D}{4\mu_0} \cdot \delta \cdot \pi \left[B_m^2 + B_{Sm}^2 + 2 \cdot B_m \cdot B_{Sm} \cdot \cos(\theta_m) \right] \right\},$$

$$M = -L \cdot \frac{D}{2\mu_0} \cdot \delta \cdot \pi \cdot B_m \cdot B_{Sm} \cdot \sin(\theta_m)$$

$$M_{MAX} = L \cdot \frac{D}{2\mu_0} \cdot \delta \cdot \pi \cdot B_m \cdot B_{Sm}$$

<u>5. задатак</u>

<u>КЊИГА ИЗ ЕМ, питање 2.40. , решење се налази у књизи</u>

<u>Одговор (2.40):</u>

Веза густине N_{sm} и броја навојака N_N је одређена релацијом

$$N_N = \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} \left| N_S^{'}(\theta) \right| R \, \mathrm{d}\theta = 2R \, N_{S\max} ,$$

у којој R представља полупречник ротора. Максимални флукс који се може имати у једном навојку једнак је производу површине $S = \pi RL$ полукружне површи која се ослања на навојак начињен од два дијаметрална супротна проводника, и средње вредности таласа магнетске индукције $B(\theta)$, $B_{sr} = 2B_m/\pi$. Максимална вредност флукса једнака је $\Phi_m = 2B_m LR$.

У случају када је намотај статора концентрисан, флукс статора може имати вршну вредност $\Psi_1 = 2B_m LRN_N$. Ова вредност се достиже за ротор у положају $\theta_m = \pi/2$, када вектор роторског флукса лежи на оси статорског намотаја.

Ако су навојци статора расподељени простопериодично, са густином проводника датом релацијом $N_S^{`}(\theta) = N_{sm}\cos(\theta)$, флукс Ψ_2 који у намотају статора стварају стални магнети ротора у случају да је ротор постављен у положај $\theta_m = \pi/2$ износи

$$\psi_2 = \int\limits_{-\pi/2}^{+\pi/2} \Phi(\theta)\,\mathrm{d}\,N = \int\limits_{-\pi/2}^{+\pi/2} \left\{ \int\limits_{\theta}^{\theta+\pi} RLB_m \cos(\xi - \pi/2)\,\mathrm{d}\,\xi \right\} RN_S'(\theta)\,\mathrm{d}\,\theta =$$

$$= \int\limits_{-\pi/2}^{+\pi/2} \left\{ \int\limits_{\theta}^{\theta+\pi} RLB_m \sin(\xi)\,\mathrm{d}\,\xi \right\} RN_{S\max} \cos(\theta)\,\mathrm{d}\,\theta =$$

$$= \frac{RN_{S\max}}{2} \int\limits_{-\pi/2}^{+\pi/2} \left\{ \int\limits_{\theta}^{\theta+\pi} \Phi_m \sin(\xi)\,\mathrm{d}\,\xi \right\} \cos(\theta)\,\mathrm{d}\,\theta$$

$$= \frac{RN_{S\max}\Phi_m}{2} \int\limits_{-\pi/2}^{+\pi/2} \{2\cos(\theta)\} \cos(\theta)\,\mathrm{d}\,\theta =$$

$$= R\Phi_m \frac{N_N}{2R} \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} B_m LRN_N = \frac{\pi}{4} \psi_1$$

Дакле, у случају да су проводници статора расподељени простопериодично, флукс статора је $\pi/4$ пута мањи.