

1. задатак – решење

Одређивање индуктивности:: најпре претпоставимо постојање константне струје I_S у статорском намотају, одредимо поље које та струја ствара у зазору, а потом флукс који поље ствара у самом намотају. Количник израчунатог флукса и статорске струје представља тражену индуктивност. Могуће је изразити магнетску индукцију у зазору као функцију угла θ , статорске струја и параметара машине:

$$B(\theta) = \mu_0 \cdot H(\theta) = \frac{\mu_0 \cdot D \cdot N'_{s,\max} \cdot I_S \cdot \cos \theta}{2 \cdot \delta}, \text{ где је } N_{S\max} = 100 [\text{m}^{-1}].$$

Пар наспрамних проводника статорског намотаја се налази у произвољном положају θ_1 у односу на референтну осу. Флукс у контури коју творе проводници је:

$$\Psi_{PP'}(\theta_1) = - \int_{\theta_1}^{\theta_1+\pi} B(\theta) \cdot L \cdot \frac{D}{2} d\theta = - \int_{\theta_1}^{\theta_1+\pi} L \cdot \frac{D}{2} \cdot \mu_0 \cdot \frac{D \cdot N'_{s,\max} \cdot I_S \cdot \cos \theta}{2 \cdot \delta} d\theta = L \cdot D^2 \cdot \frac{\mu_0}{2\delta} \cdot N'_{s,\max} \cdot I_S \cdot \sin \theta_1$$

Како је:

$$dN_{SS}(\theta) = N'_S(\theta) \cdot \frac{D}{2} d\theta = \frac{D}{2} \cdot N'_{s,\max} \cdot \sin \theta \cdot d\theta$$

добива се:

$$\Psi_S = \int_0^\pi \Psi_{PP'}(\theta_1) \cdot dN_{SS} = \int_0^\pi L \cdot D^2 \cdot \frac{\mu_0}{2\delta} \cdot N'_{s,\max} \cdot I_S \cdot \sin \theta_1 \cdot \frac{D}{2} \cdot N'_{s,\max} \cdot \sin \theta_1 \cdot d\theta_1 = \frac{\mu_0 \cdot \pi \cdot D^3 \cdot L \cdot N'^2_{s,\max} \cdot I_S}{8 \cdot \delta}.$$

тако да је

$$L_s = \frac{\Psi_S(I_R = 0)}{I_S} = \frac{\mu_0 \cdot \pi \cdot D^3 \cdot L \cdot N'^2_{s,\max}}{8 \cdot \delta} = 308,4 \text{ mH}.$$

Одређивање отпорности која даје највећу снагу

Снага дисипације зависи од ефективне вредности струје у отпорнику који је повезан са крајевима намотаја. Индукована електромоторна сила E , индуктивност намотаја L_S и екстерни отпорник чине електрично коло. Три наведена елемента кола су редно повезана. Ефективна вредност струје се може одредити као количник електромоторне силе и импедансе $R + jL\omega$. Најпре је потребно израчунати електромоторну силу која се индукује у намотају. Као први корак, одредити флукс контуре која се ослања на произвољан пар наспрамних проводника П и П'.

$$\Psi_{S1}(\theta, \theta_r) = \int_0^{\theta+\pi} B(\gamma, \theta_r) L \cdot \frac{D}{2} d\gamma = -B_{\max} L D \sin(\theta - \theta_r), \text{ где је } B_{\max} = 0,5 \text{ T}.$$

Угаоном померају $\Delta\theta$ одговара дужински померај по обиму зазора од $D \cdot \Delta\theta/2$. На том растојању налази се $dN = N'_S(\theta_1) D d\theta_1/2$ проводника при чему је $N'_S(\theta_1) = N_{s,\max} \sin \theta_1 = 100 \sin \theta_1$ подужна густина проводника,. У контури коју чине ти проводници јавља се флукс: $d\Psi_S(\theta_1) = \Psi'_S(\theta_1) dN$. Сада се укупан флукс може израчунати као интеграл елементарног дела флукса на интервалу унтеграције 0- π . Ако са Ψ'_S означимо укупан флукс који се индукује у намотају статора, а потиче од поља које постоји у зазору, има се:

$$\Psi_S(\theta_r) = \int_0^\pi \Psi_{S1}(\theta_1, \theta_r) N'_S(\theta_1) \frac{D}{2} d\theta_1 = -\frac{B_{\max}}{4} \pi L D^2 N'_{s,\max} \cos \theta_r,$$

$$e(\theta_r) = \frac{d\Psi_S(\theta_r)}{dt} = \frac{d\Psi_S(\theta_r)}{d\theta_r} \cdot \frac{d\theta_r}{dt} \Rightarrow e(\theta_r) = \frac{B_{\max}}{4} \pi L D^2 N'_{s,\max} \omega_r \sin \theta_r.$$

Стога је ефективна вредност електромоторне силе која се индукује у статорском намотају машине:

$$E_{\text{rms}} = \frac{B_{\max} \pi L D^2 N'_{s,\max} \omega_r}{4\sqrt{2}} = 694,2 \text{ V}.$$

Струја статора се може изразити на следећи начин:

$$I_{s,rms} = \frac{E_{rms}}{\sqrt{(R_{ext})^2 + (\omega_s L_s)^2}},$$

док се снага термогених губитака може одредити као:

$$P_{ext} = R_{ext} I_{s,rms}^2 = \frac{E_{rms}^2 R_{ext}}{(R_{ext})^2 + (\omega_s L_s)^2}.$$

Максимална снага термогених губитака се постиже у случају да је

$$R_{ext,max} = \omega_s L_s = 30,84 \, \Omega,$$

и износи:

$$P_{ext,max} = \frac{E_{rms}^2 R_{ext,max}}{(R_{ext,max})^2 + (\omega_s L_s)^2}.$$

2. задатак – решење

Како се ради о кратком интервалу у коме струја може превазићи номиналну, ограничење $I_s \leq I_{nom}$ не мора бити уважено. Према условима задатка, нема губитака у статору, тако да је снага на статорским прикључцима једнака производу момента и брзине. Израз за момент изотропне машине гласи $M(\delta) = 3EU_s \sin(\delta)/(X_s \Omega_s)$, где је δ угао снаге (тј. угао предњачења фазора статорског напона у односу на фазор електромоторне сила), док су E и U_s ефективне вредности фазног напона и електромоторне силе. Сходно томе, највећа снага ће се имати у режиму у коме је угао снаге једнак -90 степени, док је електромоторна сила једнака максималној вредности коју може имати.

$$U_s = 3464 \, \text{V}, \quad Z_B = 3464/750 = 4,62 \, \Omega, \quad X_s = Z_B = 4,62 \, \Omega, \quad \delta = -\pi/2, \quad E = E_{0,max} = 4500 \, \text{kV}, \quad \rightarrow \quad P_{e,max,1} = 3EU_s/X_s = 10,12 \, \text{MW}$$

3. задатак – (скица одговора узета из књиге *Електричне машине*)

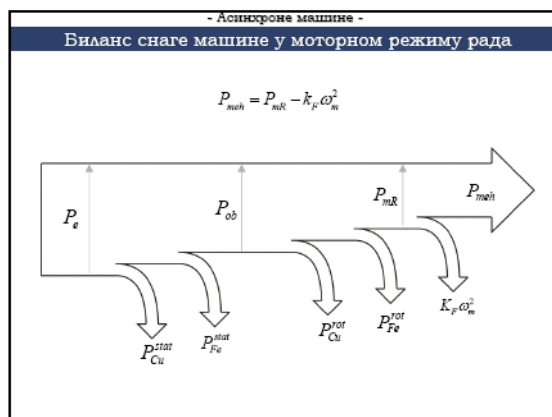
Ротор се обрће у непокретном магнетком пољу што проузрокује губитке услед хистерезиса и вихорних струја у роторским лимовима. Вихорне струје које постоје у ротору налазе се у пољу побудног флуksа. Интеракција магнетске индукције створене побудом и вихорних струја створених услед ротације доводи до генерисања силе и момента. Момент се опире кретању и једнак је $M_{Fe} = P_{Fe}/\Omega_n$. Када вратило не би било спрегнуто са радном машином, ротор би, под дејством кочног момента, постепено успоравао. Тада би губици у гвожђу ротора загревали ротор на рачун кинетичке енергије ротора $\frac{1}{2} J \Omega_n^2$.

4. задатак

Одговор на ово питање се може наћи у оквиру у књизи *Електричне машине*.

5. задатак

Одговор на ово питање се може наћи у оквиру слајдова који су достављени на предавању, као и у књизи *Електричне машине*. Слајд који даје одговор на питање дат је на слици:



За сваку компоненту губитака потребно је дати одговарајућу, приближну, формулу ($P_{Cu}^1 = 3 R_S I_S^2$, $P_{Cu}^2 = 3 R_R I_R^2$, $P_{Fe}^1 = K \psi_m^2 \omega_S^2$, $P_{Fe}^2 = K \psi_m^2 \omega_K^2$, за губитке у механичком подсистему, израз је дат на слици.) Међурезултати укључују снагу обртног поља и снагу која се из електричне претвара у механичку. За сваки од међурезултата потребно је записати одговарајућу вредност – једначину.