

РЕШЕЊА ДРУГОГ КОЛОКВИЈУМА ИЗ ПРЕДМЕТА ЕЛЕКТРИЧНЕ МАШИНЕ

Решење 1. задатка:

Трофазни статорски намотај могуће је заменити двофазним који би имао $N_{\alpha\beta} = mN_{abc}$ навојака. Фазни напони двофазног еквивалента биће $u_{\alpha\beta} = m u_{abc}$. Инваријантност F_S налаже да се у намотајима двофазног еквивалента имају струје $i_{\alpha\beta} = (3/2) \cdot (i_{abc}/m)$. Очување односа напона и струје тражи да u_{abc}/i_{abc} буде једнако $u_{\alpha\beta}/i_{\alpha\beta}$ тако да је

$$\frac{u_{\alpha\beta}}{i_{\alpha\beta}} = \frac{m u_{abc}}{(3/2)(i_{abc}/m)} = \frac{2m^2}{3} \frac{u_{abc}}{i_{abc}} = \frac{u_{abc}}{i_{abc}}$$

$$\Rightarrow m = \sqrt{\frac{3}{2}} \Rightarrow K_U = K_I = K_\psi = \sqrt{\frac{2}{3}}$$

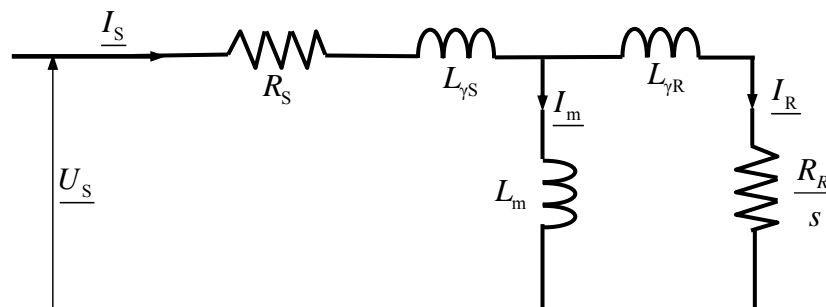
Дакле, замену трофазне машине двофазном могуће је обавити тако да она има $(3/2)^{0.5}$ пута више навојака. Њени напони, струје и флуксеви могу се добити Кларкином трансформацијом оригиналних величина у abc домену, и то тако да се све величине трансформишу на исти начин ($K_U = K_I = K_\psi$). Сprovedена трансформација је инваријантна по импеданси, индуктивности, магнетопобудној сили и снази. Амплитуде флукса у намотајима α и β , амплитуде и ефективне вредности струја и напона су $(3/2)^{0.5}$ пута веће од одговарајућих величина у оригиналном abc домену. Присуство ирационалног броја $(3/2)^{0.5}$ у прорачунима је разлог да значајан број аутора избегава Кларкину трансформацију са коефицијентом $K = (2/3)^{0.5}$.

Решење 2. задатка:

Решења и одговори су дати на предавањима, а могу се наћи и у уџбенику, одељак 4.50, као и одговор на питање 4.24.

Решење 3. задатка

Заменска шема асинхроног мотора за устаљена стања има следећи облик:



У задатку занемарена је отпорност статорског намотаја R_s .

Номинална вредност синхроне брзине, $n_{s,n}$, износи:

$$n_{s,n} = f_{s,n} \cdot 60 = 3000 \frac{ob}{min}.$$

Синхрона брзина у rad/s износи:

$$\Omega_{s,n} = n_{s,n} \cdot \frac{\pi}{30} = 314.16 \frac{rad}{s}.$$

Пошто је машина двополна важи:

$$\omega_{s,n} = \Omega_{s,n} = 314.16 \frac{rad}{s}.$$

Ефективна вредност номиналног фазног напона је:

$$U_n = \frac{400}{\sqrt{3}} V.$$

Отпорност роторског намотаја у $[\Omega]$ је:

$$R_R = R_R [r.j.] \cdot \frac{U_n}{I_{nom}} = 1.44 [\Omega].$$

Ефективна вредност струје празног хода је:

$$I_0 = \frac{I_{nom}}{2} = 4 A.$$

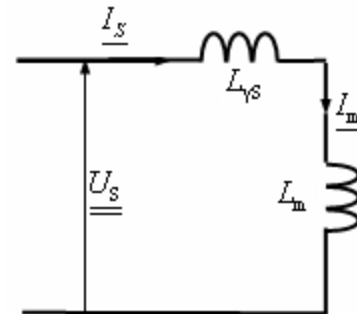
Ефективна вредност полазне струје је:

$$I_{pol} = 5 \cdot I_{nom} = 40 A$$

Користећи податке о брзини обртања ротора ($n_m = 2700 \text{ ob/min}$) и номиналној вредности синхроне брзине ($n_{s,n} = 3000 \text{ o/min}$) може се израчунати вредност релативног клизања за дати режим рада мотора:

$$s = \frac{n_{s,n} - n_m}{n_{s,n}} = 0.1.$$

Сопствена индуктивност статорског намотаја L_S се одређује на основу огледа празног хода ($s = 0$) користећи измерену струју празног хода ($I_0=4A$) која постоји у једној фази статорског намотаја номинално напајаног ($U_n, f_{s,n}$), неоптерећеног асинхронног мотора. Како вредност R_R/s тежи бесконачности, може се констатовати да се струја ротора у огледу празног хода може занемарити, па струја магнетисања одговара струји празног хода. Заменска шема се састоји од редне везе индуктивности расипања статора и индуктивности магнетисања што се може видети на слици поред. Сопствена индуктивност статорског намотаја L_S представља збир индуктивности расипања статора и индуктивности магнетисања, $L_S = L_{\gamma S} + L_m$. Ефективна вредност струје празног хода на основу еквивалентне шеме се рачуна као:



$$I_0 = \frac{U_n}{\omega_{S,n} \cdot (L_m + L_{\gamma S})} = \frac{U_n}{2 \cdot \pi \cdot f_{S,n} \cdot L_S},$$

одакле се одређује сопствена индуктивност статорског намотаја:

$$L_S = \frac{U_n}{2 \cdot \pi \cdot f_{S,n} \cdot I_0} = 183.776 \text{ mH}.$$

Еквивалентну индуктивност расипања $L_{\gamma e} = L_{\gamma S} + L_{\gamma R} = 2 \cdot L_{\gamma S} = 2 \cdot L_{\gamma R}$ могуће је израчунати на основу ефективне вредности полазне струје ($I_{\text{pol}} = 40\text{A}$) и познате вредности роторске отпорности R_R . При том израчунавању је занемарена струја магнетисања (погледати текст задатка). Ефективна вредност полазне струје је:

$$I_{\text{pol}} = \frac{U_n}{\sqrt{R_R^2 + (\omega_{S,n} \cdot L_{\gamma e})^2}}.$$

Из горње једначине се може одредити еквивалентна индуктивност расипања $L_{\gamma e}$ као:

$$L_{\gamma e} = \frac{\sqrt{(U_n / I_{\text{pol}})^2 - R_R^2}}{\omega_{S,n}} = 17.79 \text{ mH}.$$

Индуктивности расипања статорског и роторског намотаја су:

$$L_{\gamma S} = L_{\gamma R} = \frac{1}{2} \cdot L_{\gamma e} = 8.895 \text{ mH}$$

Индуктивности магнетисања L_m се одређује као $L_m = L_S - L_{\gamma S}$ и њена вредност је:

$$L_m = 174.881 \text{ mH}$$

Одређивање фактора снаге $\cos(\varphi)$ за режим рада који је дефинисан брзином обртања ротора $n_m = 2700 \text{ ob/min}$:

Фактор снаге се може израчунати као количник реалног дела и модула укупне импедансе која се "види" са статорских прикључака асинхроне машине.

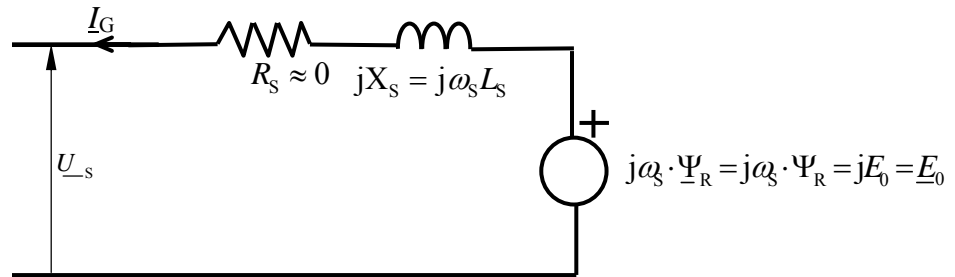
$$\underline{Z}_{ul} = j2 \cdot \pi \cdot f_{S,n} \cdot L_{\gamma S} + \frac{j2 \cdot \pi \cdot f_{S,n} \cdot L_m \cdot \left(j2 \cdot \pi \cdot f_{S,n} \cdot L_{\gamma R} + \frac{R_R}{s} \right)}{\frac{R_R}{s} + j2 \cdot \pi \cdot f_{S,n} \cdot (L_m + L_{\gamma R})} = (12.28 + j8,5184) \Omega \Rightarrow Z_{ul} = 14.94 \Omega$$

Фактор снаге задати режим рада је:

$$\cos(\varphi) = \frac{\text{Re}(\underline{Z}_{ul})}{Z_{ul}} = 0.8219 \text{ (инд.)}.$$

Решење 4. задатка

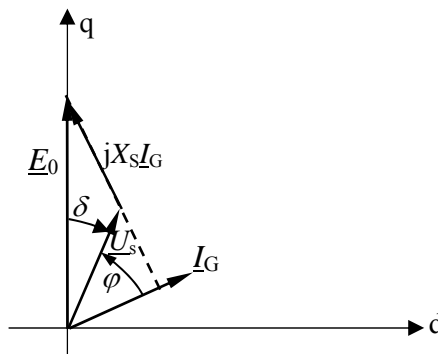
У складу са генераторским режимом рада, усваја се и референтни смер статорске струје, такав да је струја усмерена ка крајевима статорских прикључака, што је приказано на заменској шеми испод:



У овом задатку за амплитуду фазора струје статорског намотаја I_G , статорског напона \underline{U}_s и електромоторне силе празног хода усвајају се ефективне вредности фазних величина:

- Ефективна фазна вредност статорског напона: $U_s = \frac{6000}{\sqrt{3}} V$.
- Ефективна фазна вредност електромоторне силе празног хода: $E_0 = \frac{10288}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{3}} V$.
- Ефективна фазна вредност струје статора генератора: $I_G = 500 A$.

Познавајући фазни став између статорског напона и струје и полазећи од претпоставке да машина ради као генератор, може се нацртати фазорски дијаграм.



Одређивање синхроне реактансе, X_s :

Ако се уочи правоугли троугао приказан на фазорском дијаграму, и за њега напише Питагорина теорема, могуће је одредити вредност синхроне реактансе:

$$E_0^2 = (U_s \cdot \cos \varphi)^2 + (U_s \cdot \sin \varphi + X_s \cdot I_G)^2 \Rightarrow X_s = \frac{\sqrt{E_0^2 - (U_s \cdot \cos \varphi)^2} - U_s \cdot \sin \varphi}{I_G} = 2.15 \Omega$$

Одређивање угла снаге, δ :

$$\left. \begin{aligned} \cos(\varphi + |\delta|) &= \cos(\varphi - \delta) = \frac{U_s \cdot \cos \varphi}{E_0} = 0.659 \Rightarrow \varphi - \delta = 48.71^\circ \\ \varphi &= \arccos(0.8) = 36.87^\circ \end{aligned} \right\} \delta = -11.84^\circ.$$

Дигресија:

Угао снаге се сматра позитивним онда када фазор напона предњачи електромоторној сили. Имајући у виду овако дефинисан референтни смер угла снаге, угао снаге дат на слици је негативне вредности, што је рачунски и потврђено. Негативни предзнак угла снаге δ представља потврду да у датом режиму машина ради као генератор.

Решење 5. задатка:

Овај задатак је решаван на табли. Решење се може наћи у уџбенику, одељак 5.52, питање 5.10, одговор 5.10.