

Zadatak 1: Trofazni sinhroni generator sa cilindričnim rotorom sledećih podataka: $S_n = 15$ MVA, $U_n = 10,5$ kV, $f = 50$ Hz, sprega namotaja statora - Y, $R = 0,15 \Omega$, $X_\gamma = 1,3 \Omega$, $X_a = 5,7 \Omega$, radi nominalno opterećen pri faktoru snage:

- a) $\cos\varphi = 0,8$ (ind.), b) $\cos\varphi = 1$, c) $\cos\varphi = 0,8$ (kap.).

Za svaki od navedenih režima rada nacrtati vektorski dijagram električnih sila i izračunati struju statora, zajedničku elektromotornu silu, elektromotornu silu usled pobude (ems praznog hoda) i ugao opterećenja.

Rešenje:

Vektorski dijagram električnih sila sinhronog generatora sa cilindričnim rotorom (turbogenerator) crta se na osnovu sledećih jednačina:

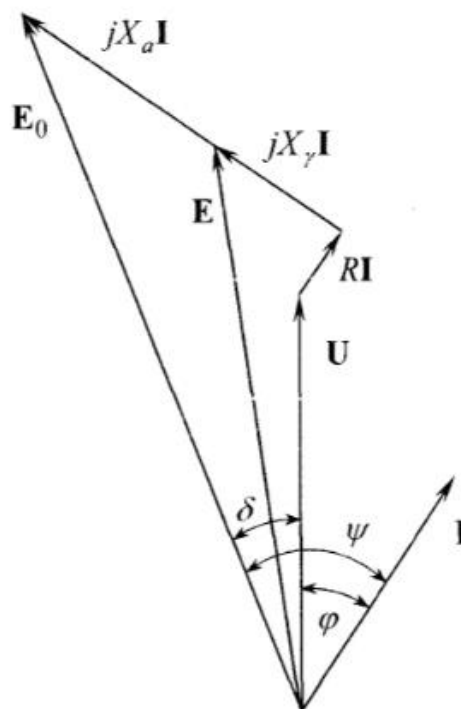
$$\mathbf{E} = \mathbf{U} - \mathbf{E}_R - \mathbf{E}_\gamma = \mathbf{U} + \mathbf{RI} + jX_\gamma\mathbf{I}$$

$$\mathbf{E}_0 = \mathbf{U} - \mathbf{E}_R - \mathbf{E}_\gamma - \mathbf{E}_a = \mathbf{U} + \mathbf{RI} + jX_\gamma\mathbf{I} + jX_a\mathbf{I} = \mathbf{U} + \mathbf{RI} + jX_s\mathbf{I}$$

$$U_{nf} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{10,5 \cdot 10^3}{1,73} = 6069 [\text{V}]$$

$$I = I_{nf} = I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{15 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3} = 824,8 [\text{A}]$$

a) Na osnovu vektorskog dijagrama električnih sila za induktivno opterećenje prikazanog na slici 1.1.a dobija se da je:



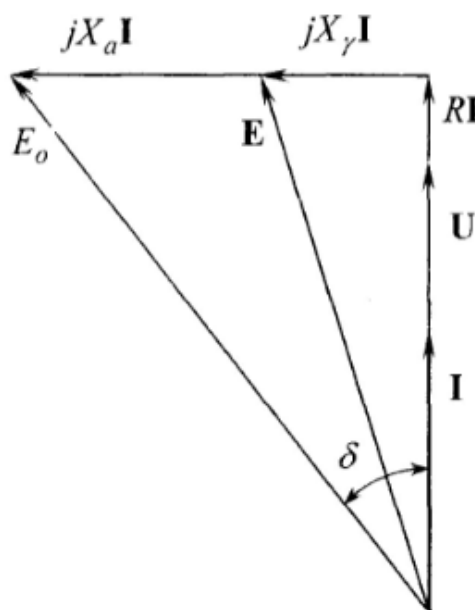
Slika 1.1.a

$$\begin{aligned}
 E &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (U \sin \varphi + X_\gamma I)^2} = \\
 &= \sqrt{(6069 \cdot 0,8 + 0,15 \cdot 824,8)^2 + (6069 \cdot 0,6 + 1,3 \cdot 824,8)^2} = \\
 &= \sqrt{(4855,2 + 123,72)^2 + (3641,4 + 1072,24)^2} = \sqrt{4978,92^2 + 4713,64^2} = \\
 &= \sqrt{24789644,37 + 22218402,05} = 6856,24 [\text{V}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_0 &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (U \sin \varphi + X_\gamma I + X_a I)^2} = \\
 &= \sqrt{(6069 \cdot 0,8 + 0,15 \cdot 824,8)^2 + (6069 \cdot 0,6 + 1,3 \cdot 824,8 + 5,7 \cdot 824,8)^2} = \\
 &= \sqrt{(4855,2 + 123,72)^2 + (3641,4 + 1072,24 + 4701,36)^2} = \sqrt{4978,92^2 + 9415^2} = \\
 &= \sqrt{24789445,2 + 88642225} = 10650,44 [\text{V}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta &= \psi - \varphi = \arcsin \frac{U \sin \varphi + X_s I}{E_0} - \arccos 0,8 \\
 &= \arcsin \frac{6069 \cdot 0,6 + 1,3 \cdot 824,8 + 5,7 \cdot 824,8}{10650,44} - \arccos 0,8 = \\
 &= \arcsin \frac{3641,4 + 1072,24 + 4701,36}{10650,44} - \arccos 0,8 = \\
 &= \arcsin \frac{9415}{10650,44} - \arccos 0,8 = \arcsin 0,884 - \arccos 0,8 = \\
 &= 62,13^\circ - 36,87^\circ = 25,26^\circ
 \end{aligned}$$

- b) Na osnovu vektorskog dijagrama električnih sila za aktivno opterećenje ($\cos \varphi = 1$) prikazanog na slici 1.1.b dobija se:



Slika 1.1.b

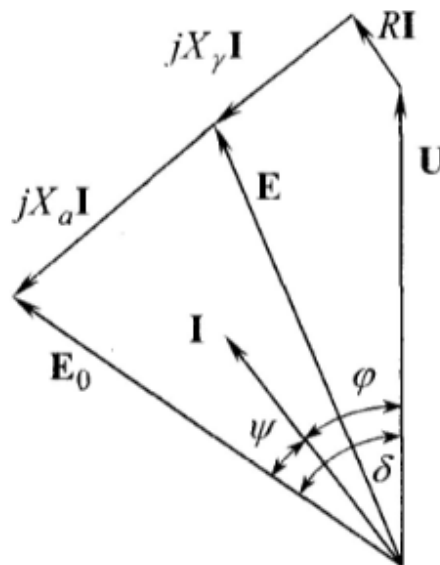
$$\begin{aligned}
E &= \sqrt{(U + RI)^2 + (X_\gamma I)^2} = \\
&= \sqrt{(6069 + 0,15 \cdot 824,8)^2 + (1,3 \cdot 824,8)^2} = \\
&= \sqrt{(6069 + 123,72)^2 + 1072,24^2} = \sqrt{6192,72^2 + 1072,24^2} = \\
&= \sqrt{38349781 + 1149698,618} = 6284,86[\text{V}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_0 &= \sqrt{(U + RI)^2 + (X_s I)^2} = \sqrt{(U + RI)^2 + (X_\gamma I + X_a I)^2} = \\
&= \sqrt{(6069 + 0,15 \cdot 824,8)^2 + (1,3 \cdot 824,8 + 5,7 \cdot 824,8)^2} = \\
&= \sqrt{(6069 + 123,72)^2 + (1072,24 + 4701,36)^2} = \sqrt{6192,72^2 + 5773,6^2} = \\
&= \sqrt{38349781 + 33334456,96} = 8466,65[\text{V}]
\end{aligned}$$

$$\varphi = 0$$

$$\begin{aligned}
\delta &= \psi - \varphi = \arcsin \frac{X_s I}{E_0} = \arcsin \frac{X_\gamma I + X_a I}{E_0} \\
&= \arcsin \frac{1,3 \cdot 824,8 + 5,7 \cdot 824,8}{10650,44} = \\
&= \arcsin \frac{1072,24 + 4701,36}{10650,44} = \\
&= \arcsin \frac{5773,6}{10650,44} = \arcsin 0,542 \\
&= 38,83^\circ
\end{aligned}$$

c) Na osnovu vektorskog dijagrama električnih sila za kapacitivno opterećenje prikazanog na slici 1.1.c dobija se:



Slika 1.1.c

$$\begin{aligned}
E &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (U \sin \varphi - X_\gamma I)^2} = \\
&= \sqrt{(6069 \cdot 0,8 + 0,15 \cdot 824,8)^2 + (6069 \cdot 0,6 - 1,3 \cdot 824,8)^2} = \\
&= \sqrt{(4855,2 + 123,72)^2 + (3641,4 - 1072,24)^2} = \sqrt{4978,92^2 + 2569,16^2} = \\
&= \sqrt{24789644,37 + 6600583,11} = 5602,70[\text{V}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_0 &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (X_s I - U \sin \varphi)^2} = \\
&= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + ((X_\gamma I + X_a I) - U \sin \varphi)^2} = \\
&= \sqrt{(6069 \cdot 0,8 + 0,15 \cdot 824,8)^2 + ((1,3 \cdot 824,8 + 5,7 \cdot 824,8) - 6069 \cdot 0,6)^2} = \\
&= \sqrt{(4855,2 + 123,72)^2 + (5773,6 - 3641,4)^2} = \sqrt{4978,92^2 + 2132,2^2} = \\
&= \sqrt{24789445,2 + 4546276,84} = 5416,25[\text{V}]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta &= \varphi + \psi = \varphi + \arcsin \frac{X_s I - U \sin \varphi}{E_0} = \varphi + \arcsin \frac{(X_a I + X_\gamma I) - U \sin \varphi}{E_0} = \\
&= 36,87^\circ + \arcsin \frac{(1,3 \cdot 824,8 + 5,7 \cdot 824,8) - 6069 \cdot 0,6}{10650,44} = \\
&= 36,87^\circ + \arcsin \frac{5773,6 - 3641,4}{10650,44} = \\
&= 36,87^\circ + \arcsin \frac{2132,2}{10650,44} = 36,87^\circ + \arcsin 0,2 = 36,87^\circ + 11,54^\circ \\
&= 48,41^\circ
\end{aligned}$$

Zadatak 2: Trofazni sinhroni generator sa istaknutim magnetnim polovima (hidrogenerator) sledećih podataka: $S_n = 10$ MVA, $U_n = 10$ kV, $f = 50$ Hz, sprega namotaja statora - Y, $R = 0,2 \Omega$, $X_\gamma = 1 \Omega$, $X_{aq} = 5 \Omega$, $X_{ad} = 9 \Omega$, priključen je na mrežu konstantnog napona (kruta mreža) $U_M = 10$ kV i radi nominalno opterećen sa faktorom snage:

- a) $\cos \varphi = 0,6$ (ind.), b) $\cos \varphi = 1$, c) $\cos \varphi = 0,6$ (kap.).

Za svaki od navedenih režima rada nacrtati vektorski dijagram električnih sila i struja i izračunati struju statora, zajedničku elektromotornu silu, elektromotornu silu usled pobude (ems praznog hoda), ugao opterećenja i uzdužnu i poprečnu komponentu struje statora, struju trolnog kratkog spoja na priključcima generatora i napon koji bi se imao na priključcima generatora u slučaju naglog rasterećenja (prazan hod).

Rešenje:

$$I = I_{nf} = I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = 577,35 [\text{A}]$$

$$U_{nf} = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{10 \cdot 10^3}{1,73} = 5773,5 [\text{V}]$$

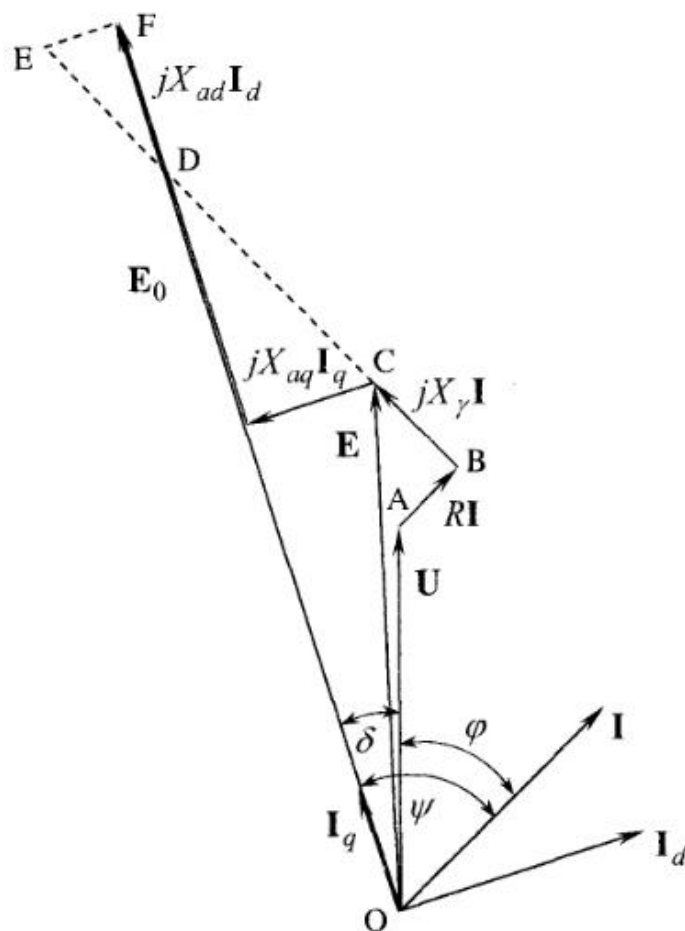
$$X_d = X_\gamma + X_{ad} = 1 + 9 = 10 \Omega$$

$$X_q = X_\gamma + X_{aq} = 1 + 5 = 6 \Omega$$

Vektorski dijagram električnih sila sinhronog generatora sa istaknutim polovima (Blondelov dijagram) crta se na osnovu jednačina:

$$\mathbf{E}_0 = \mathbf{U} + R\mathbf{I} + jX_\gamma\mathbf{I} + jX_{ad}\mathbf{I}_d + jX_{aq}\mathbf{I}_q$$

- a) Vektorski dijagram električnih sila za induktivno opterećenje prikazan je na slici 2.1.a1, odakle je:



Slika 2.1.a1

$$I = I_{nf} = 577,35 [\text{A}]$$

$$U = U_{nf} = 5773,5 [\text{V}]$$

$$\cos \varphi = 0,6 (\text{ind.})$$

$$\begin{aligned}
E &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (U \sin \varphi + X_r I)^2} = \\
&= \sqrt{(5773,5 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot 577,35)^2 + (5773,5 \cdot 0,8 + 1 \cdot 577,35)^2} = \\
&= \sqrt{(3464,1 + 115,47)^2 + (4618,8 + 577,35)^2} = \sqrt{3579,57^2 + 5196,15^2} = \\
&= \sqrt{12813321,38 + 26999974,82} = 6309,78 [\text{V}]
\end{aligned}$$

$$E_0 = v \cdot \overline{OD} + v \cdot \overline{DF}$$

$$\begin{aligned}
v \cdot \overline{OD} &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (U \sin \varphi + X_q I)^2} = \\
&= \sqrt{(5773,5 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot 577,35)^2 + (5773,5 \cdot 0,8 + 6 \cdot 577,35)^2} = \\
&= \sqrt{(3464,1 + 115,47)^2 + (4618,8 + 3464,1)^2} = \sqrt{3579,57^2 + 8082,9^2} = \\
&= \sqrt{12813321,38 + 65333272,41} = 8840 [\text{V}]
\end{aligned}$$

$$\sin \psi = \frac{U \sin \varphi + X_q I}{v \cdot \overline{OD}} = \frac{5773,5 \cdot 0,8 + 6 \cdot 577,35}{8840} = 0,9143$$

$$v \cdot \overline{DF} = (X_d - X_q) I \sin \psi = (10 - 6) \cdot 577,35 \cdot 0,9143 = 2111,5 [\text{V}]$$

$$E_0 = 8840 + 2111,5 = 10951,5 [\text{V}]$$

$$\delta = \psi - \varphi = 66,1^\circ - 53,13^\circ = 12,97^\circ$$

$$I_d = I \sin \psi = 577,35 \cdot 0,9143 = 527,87 [\text{A}]$$

$$I_q = I \cos \psi = 577,35 \cdot 0,405 = 233,84 [\text{A}]$$

Sa modifikovanog Blondelovog dijagrama slika 2.1.a2 dobijaju se sledeće jednačine:

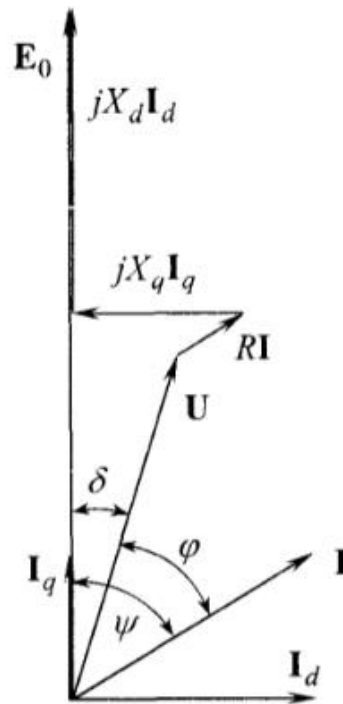
$$E_0 = U \cos \delta + RI_q + X_d I_d$$

$$X_q I_q = U \sin \delta + RI_d$$

odakle se dobija da je:

$$I_d = \frac{E_0 X_q - U X_q \cos \delta - UR \sin \delta}{X_d X_q + R^2}$$

$$I_q = \frac{E_0 R + U X_d \sin \delta - U R \cos \delta}{X_d X_q + R^2}$$



Slika 2.1.a2

Za kratak spoj je $U = 0$, pa su struje tada:

$$I_{dk} = \frac{E_0 X_q}{R^2 + X_d X_q} = \frac{10951,5 \cdot 6}{0,2^2 + 10 \cdot 6} = 1094,4 [\text{A}]$$

$$I_{qk} = \frac{E_0 R}{R^2 + X_d X_q} = \frac{10951,5 \cdot 0,2}{0,2^2 + 10 \cdot 6} = 35,5 [\text{A}]$$

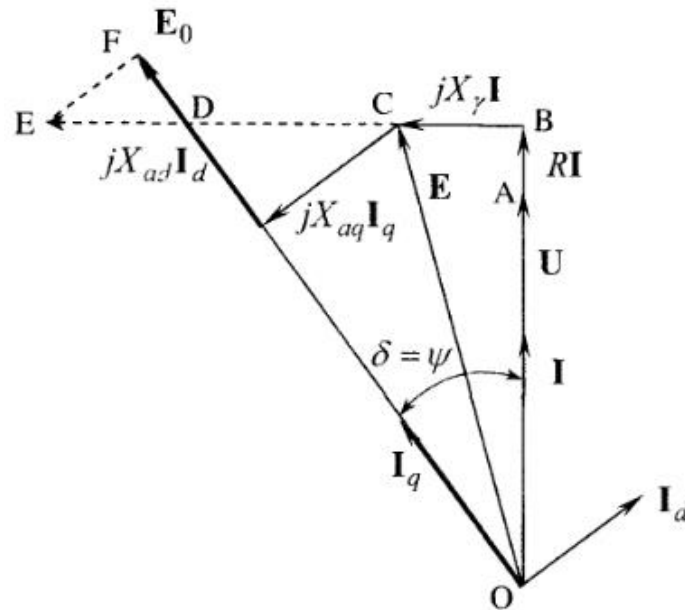
$$I_k = \sqrt{I_{dk}^2 + I_{qk}^2} = \sqrt{1094,4^2 + 35,5^2} = 1095 [\text{A}]$$

Napon praznog hoda, odnosno napon prilikom naglog rasterećenja je:

$$U_{0l} = \sqrt{3} \cdot U_0 = \sqrt{3} \cdot E_0 = \sqrt{3} \cdot 10951,5 = 18969 [\text{V}]$$

$$\text{b) } \cos \varphi = 1 \quad I = I_{nf} = 577,35 [\text{A}] \quad U = U_{nf} = 5773,5 [\text{V}]$$

Blondelov dijagram za aktivno opterećenje prikazan je na slici 2.1.b, odakle je:



Slika 2.1.b

$$E = \sqrt{(U + RI)^2 + (X_\gamma I)^2} = \sqrt{(5773,5 + 0,2 \cdot 577,35)^2 + (1 \cdot 577,35)^2} =$$

$$= \sqrt{5888,97^2 + 577,35^2} = \sqrt{34679967,66 + 333333,02} = 5917,2 [\text{V}]$$

$$v \cdot \overline{OD} = \sqrt{(U + RI)^2 + (X_q I)^2} = \sqrt{(5773,5 + 0,2 \cdot 577,35)^2 + (6 \cdot 577,35)^2} =$$

$$= \sqrt{5888,97^2 + 3464,1^2} = \sqrt{34679967,66 + 11999988,81} = 6832,27 [\text{V}]$$

$$\psi = \arcsin \frac{X_q I}{v \cdot \overline{OD}} = \arcsin \frac{6 \cdot 577,35}{6832,27} = \arcsin 0,507 = 30,47^\circ$$

$$v \cdot \overline{DF} = (X_d - X_q) I \sin \psi = (10 - 6) \cdot 577,35 \cdot 0,507 = 1170,9 [\text{V}]$$

$$E_0 = v \cdot \overline{OD} + v \cdot \overline{DF} = 6832,27 + 1170,9 = 8003,2 [\text{V}]$$

$$\delta = \psi = 30,47^\circ$$

$$I_d = I \sin \psi = 577,35 \cdot 0,507 = 292,7 [\text{A}]$$

$$I_q = I \cos \psi = 577,35 \cdot 0,862 = 497,6 [\text{A}]$$

$$I_{dk} = \frac{E_0 X_q}{R^2 + X_d X_q} = \frac{8003,2 \cdot 6}{0,2^2 + 10 \cdot 6} = 799,8 [\text{A}]$$

$$I_{qk} = \frac{E_0 R}{R^2 + X_d X_q} = \frac{8003,2 \cdot 0,2}{0,2^2 + 10 \cdot 6} = 26,6 [\text{A}]$$

$$I_k = \sqrt{I_{dk}^2 + I_{qk}^2} = \sqrt{799,8^2 + 26,6^2} = 800,2[\text{A}]$$

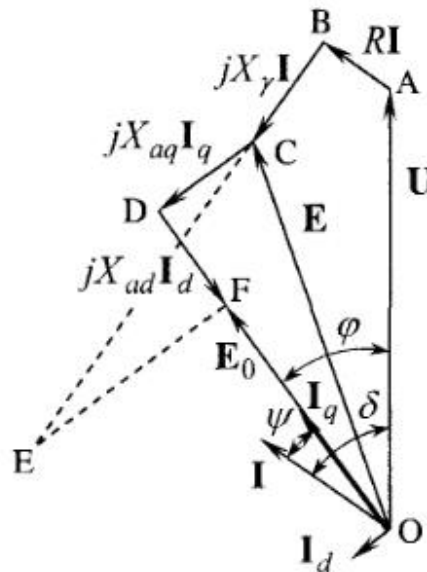
$$U_{0l} = \sqrt{3} \cdot U_0 = \sqrt{3} \cdot E_0 = \sqrt{3} \cdot 8003,2 = 13861,9[\text{V}]$$

c) $\cos \varphi = 0,6$ (kap.)

$$I = I_{nf} = 577,35[\text{A}]$$

$$U = U_{nf} = 5773,5[\text{V}]$$

Blondelov dijagram za kapacitivno opterećenje prikazan je na slici 2.1.c, odakle je:



Slika 2.1.c

$$\begin{aligned} E &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (U \sin \varphi - X_\gamma I)^2} = \\ &= \sqrt{(5773,5 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot 577,35)^2 + (5773,5 \cdot 0,8 - 1 \cdot 577,35)^2} = \\ &= \sqrt{(3464,1 + 115,47)^2 + (4618,8 - 577,35)^2} = \sqrt{3579,57^2 + 4041,45^2} = \\ &= \sqrt{12813321,38 + 16333318,1} = 5398,8[\text{V}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v \cdot \overline{OD} &= \sqrt{(U \cos \varphi + RI)^2 + (U \sin \varphi - X_q I)^2} = \\ &= \sqrt{(5773,5 \cdot 0,6 + 0,2 \cdot 577,35)^2 + (5773,5 \cdot 0,8 - 6 \cdot 577,35)^2} = \\ &= \sqrt{(3464,1 + 115,47)^2 + (4618,8 - 3464,1)^2} = \sqrt{3579,57^2 + 1154,7^2} = \\ &= \sqrt{12813321,38 + 1333332,09} = 3761,2[\text{V}] \end{aligned}$$

$$\psi = \arcsin \frac{U \sin \varphi - X_q I}{v \cdot \overline{OD}} = \arcsin \frac{5773,5 \cdot 0,8 - 6 \cdot 577,35}{3761,2} = \arcsin 0,307 = 17,88^\circ$$

$$v \cdot \overline{DF} = (X_d - X_q) I \sin \psi = (10 - 6) \cdot 577,35 \cdot 0,307 = 709[\text{V}]$$

$$E_0 = v \cdot \overline{OD} - v \cdot \overline{DF} = 3761,2 - 709 = 3052,2 [\text{V}]$$

$$\delta = \varphi - \psi = 53,13^\circ - 17,88^\circ = 35,25^\circ$$

$$I_d = I \sin \psi = 577,35 \cdot 0,307 = 177,25 [\text{A}]$$

$$I_q = I \cos \psi = 577,35 \cdot 0,9517 = 549,46 [\text{A}]$$

$$I_{dk} = \frac{E_0 X_q}{R^2 + X_d X_q} = \frac{3052,2 \cdot 6}{0,2^2 + 10 \cdot 6} = 305 [\text{A}]$$

$$I_{qk} = \frac{E_0 R}{R^2 + X_d X_q} = \frac{3052,2 \cdot 0,2}{0,2^2 + 10 \cdot 6} = 10,3 [\text{A}]$$

$$I_k = \sqrt{I_{dk}^2 + I_{qk}^2} = \sqrt{305^2 + 10,3^2} = 305,2 [\text{A}]$$

$$U_{0l} = \sqrt{3} \cdot U_0 = \sqrt{3} \cdot E_0 = \sqrt{3} \cdot 3052,2 = 5286,6 [\text{V}]$$

Zadatak 3: Za sinhroni turbogenerator čija je sinhrona reaktansa $x_s = 1,5$ r.j. odrediti analitičke izraze i nacrtati spoljne karakteristike za nominalnu pobudnu struju $i_p = 2,2$ r.j. i struju indukta u intervalu $I = (0 - 1,47) I_n$ za sledeće faktore snage:

- a) $\cos \varphi = 0,8$ (ind.), b) $\cos \varphi = 1$, c) $\cos \varphi = 0,8$ (kap.).

Aktivna otpornost i zasićenje se zanemaruju.

Rešenje:

Spoljna karakteristika je kriva koja pokazuje kako se menja napon na krajevima generatora u funkciji struje opterećenja pri stalnoj pobudnoj struji, pri stalnom faktoru snage i pri stalnoj brzini obrtanja, tj.:

$$U = f(I) \quad \text{pri} \quad I_p = \text{const}, \quad \cos \varphi = \text{const} \quad \text{i} \quad n = n_n$$

Polazeći od vektorskih dijagrama električnih sila turbogeneratora za odgovarajuće faktore snage i imajući u vidu da je $i_p \approx e_0$, dobijaju se sledeći analitički izrazi:

- a) $\cos \varphi = 0,8$ (ind.)

$$u = -0,9 \cdot i + \sqrt{4,84 - 1,44 \cdot i^2}$$

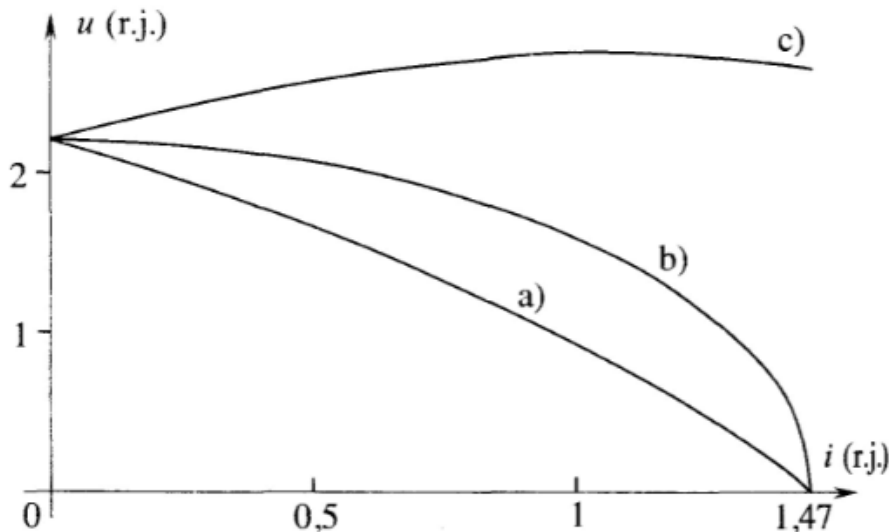
b) $\cos\varphi = 1$

$$u = \sqrt{4,84 - 2,25 \cdot i^2}$$

c) $\cos\varphi = 0,8$ (kap.)

$$u = 0,9 \cdot i + \sqrt{4,84 - 1,44 \cdot i^2}$$

Odgovarajuće karakteristike prikazane su na slici 3.1.



Slika 3.1.

Zadatak 4: Jednofazni sinhroni generator sledećih podataka: $x_\gamma = 0,2$ r.j., $x_a = 0,6$ r.j. i $r \approx 0$, priključen je na mrežu čiji je napon jednak nominalnom naponu generatora. Zanemarujući aktivnu otpornost i zasićenje odrediti analitičke izraze za karakteristiku regulacije pri faktoru snage:

a) $\cos\varphi = 0,5$ (ind.), b) $\cos\varphi = 1$, c) $\cos\varphi = 0,5$ (kap.).

Odrediti po tri tačke za svaku od karakteristika i prikazati ih tabelarno. Na istom dijagramu nacrtati u razmeri sve tri karakteristike.

Rešenje:

Karakteristika regulacije (ili karakteristika pobudne struje) je kriva koja pokazuje kako se menja pobudna struja generatora u funkciji struje opterećenja, pri stalnom naponu, stalnom faktoru snage i nominalnoj brzini obrtanja, tj.:

$$I_p = f(I) \text{ pri } U = const, \cos\varphi = const \text{ i } n = n_n$$

Analitički izrazi, za odgovarajuće faktore snage:

a) $\cos\varphi = 0,5$ (ind.)

$$i_p = \sqrt{1 + 1,386 \cdot i + 0,64 \cdot i^2}$$

b) $\cos\varphi = 1$

$$i_p = \sqrt{1 + 0,64 \cdot i^2}$$

c) $\cos\varphi = 0,8$ (kap.)

$$i_p = \sqrt{1 - 1,386 \cdot i + 0,64 \cdot i^2}$$

Tabelarno prikazane vrednosti traženih tačaka pojedinih karakteristika su:

a)

i (r.j.)	0,4	0,8	1,2
i_p (r.j.)	1,287	1,587	1,893

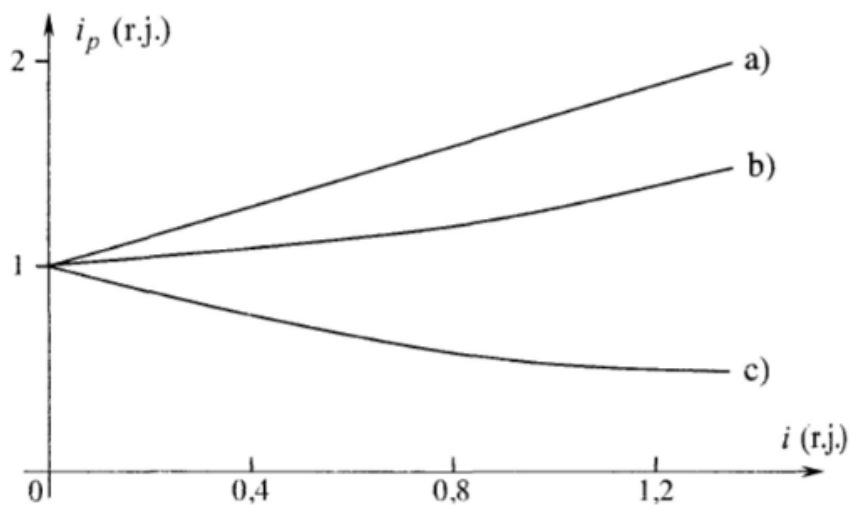
b)

i (r.j.)	0,4	0,8	1,2
i_p (r.j.)	1,050	1,187	1,386

c)

i (r.j.)	0,4	0,8	1,2
i_p (r.j.)	0,740	0,548	0,508

Odgovarajuće karakteristike regulacije prikazane su na slici 4.1.



Slika 4.1.

Zadatak 5: O trofaznom sinhronom generatoru poznati su sledeći podaci: $S_n = 540$ kVA, $U_n = 6,3$ kV, $2p = 30$, $f = 50$ Hz, sprega namotaja statora - Y, $\cos\varphi_n = 0,8$, $R_{(75^\circ\text{C})} = 1,58 \Omega$. Podaci o pobudnoj mašini (budilici) koja se nalazi na osovini generatora su: $U_p = 46$ V, $I_{pn} = 160$ A, $\eta_p = 0,9$, gubici u gvožđu statora iznose $P_{Fe} = 3,1$ kW, mehanički gubici su 1 % a dopunski gubici 0,5 % nominalne aktivne snage.

Odrediti stepen iskorišćenja i moment na osovini generatora za nominalni režim rada.

Rešenje:

Stepen iskorišćenja definisan je odnosom korisne i utrošene snage generatora:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + \sum P_\gamma} = \frac{S \cos\varphi}{S \cos\varphi + (P_{Cua} + P_{Fe} + P_{fv} + P_p + P_d)}$$

$$P_n = S_n \cos\varphi = 540 \cdot 0,8 = 432 \text{ kW}$$

$$I = I_{nf} = I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{540 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 10^3} = 49,5 \text{ [A]}$$

$$P_{Cuan} = 3 R I_{nf}^2 = 3 \cdot 1,58 \cdot 49,5^2 = 11,6 \text{ kW}, \quad P_{Fe} = 3,1 \text{ kW}$$

$$P_{pn} = \frac{U_p I_{pn}}{\eta_p} = \frac{46 \cdot 160}{0,9} = 8,18 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,005 \cdot P_n = 0,005 \cdot 432 = 2,16 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} P_{n1} &= P_n + (P_{Cuan} + P_{Fe} + P_{fv} + P_{pn} + P_d) = \\ &= 432 + (11,6 + 3,1 + 4,32 + 8,18 + 2,16) = \\ &= 461,36 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\eta_n = \frac{P_n}{P_{n1}} = \frac{432}{461,36} = 0,936 = 93,6 \%$$

$$n = \frac{60 f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{15} = 200 \text{ ob/min}$$

Nominalni moment na osovini generatora je:

$$M_n = \frac{P_{n1}}{\Omega_n} = \frac{P_{n1} \cdot 60}{2\pi n} = \frac{461,36 \cdot 10^3 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} = 22030 \text{ Nm}$$

Zadaci za vežbanje

Zadatak 6: Trofazni sinhroni turbogenerator spregnut u zvezdu priključen je na mrežu napona $U_n = 6,3$ kV i opterećen strujom $I = 250$ A pri induktivnom faktoru snage $\cos\varphi = 0,85$. Zajednička (rezultantna) elektromotorna sila tada iznosi $E = 6,65$ kV. Odrediti reaktansu rasipanja i ugao između elektromotorne sile i napona. Aktivnu otpornost zanemariti. Nacrtati vektorski dijagram električnih sila.

Zadatak 7: Trofazni sinhroni hidrogenerator snage $S_n = 60$ MVA, napona $U_n = 17,3$ kV, učestanosti $f = 50$ Hz i sprege - Y, nominalno je opterećen pri faktoru snage $\cos\varphi = 0,8$ (ind.). Elektromotorna sila usled pobude tada iznosi $E_0 = 19$ kV, a ugao između nje i struje opterećenja je $\psi = 60^\circ$. Aktivna otpornost faze namotaja statora je $R = 0,3$ Ω . Odrediti uzdužnu i poprečnu sinhronu reaktansu datog generatora. Nacrtati Blondelov dijagram električnih sila za dati slučaj.

Zadatak 8: Pri ispitivanju jednofaznog sinhronog generatora dobijeno je u kratkom spoju $I_k = 100$ A pri pobudnoj struji $I_p = 2,5$ A, a u praznom hodu napon $U = 500$ V sa istom pobudnom strujom. Odrediti analitički izraz spoljne karakteristike generatora za faktor snage $\cos\varphi = 1$ i nacrtati njen oblik.

Zadatak 9: Za trofazni sinhroni hidrogenerator sledećih sinhronih reaktansi: $x_d = 0,824$ r.j. i $x_q = 0,611$ r.j. odrediti analitički izraz za karakteristiku regulacije za faktor snage $\cos\varphi = 0,8$ (ind.). Generator je priključen na mrežu nominalnog napona, a aktivna otpornost i zasićenje se zanemaruju.

Zadatak 10: Sinhrona impedansa trofaznog sinhronog turbogeneratora, sa pobudnim generatorom na istoj osovini, iznosi $Z_s = (0,3+j4,8)$ Ω . Generator napaja opterećenje od $P = 10$ MW pri linijskom naponu $U_l = 11$ kV. Elektromotorna sila usled pobude tada iznosi $E_0 = 8660$ V. Namot statora je spregnut u zvezdu, gubici u gvožđu statora su $P_{Fe} = 105$ kW, mehanički gubici su $P_{fv} = 75$ kW a gubici pobude $P_{\gamma p} = 120$ kW.

Odrediti za dati režim rada ugao opterećenja, struju statora, faktor snage, prividnu snagu, utrošenu aktivnu snagu i stepen iskorišćenja.