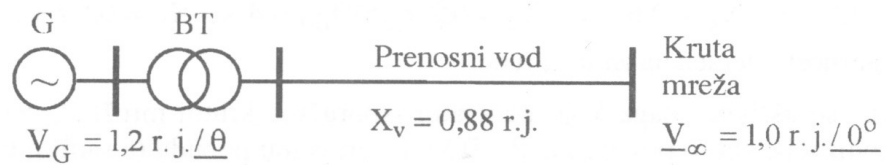


Zad 1.

Naći graničnu aktivnu snagu prenosa koju u stacionarnom stanju može isporučiti turbogenerator u krutu mrežu, na koju je vezan posredstvom blok-transformatora i prenosnog voda, shodno jednopolnoj šemi prikazanoj na slici dolje. Svi neophodni podaci za proračun dati su takođe na slici.



$$X_d = 0,5 \text{ r.j.}; X_T = 0,12 \text{ r.j.}$$

Rješenje:

Struja prenosnog sistema za napon krute mreže postavljen u realnu osu $\underline{V}_\infty = V_\infty / 0^\circ$ i napon generatora $\underline{V}_G = V_G / \theta$ je:

$$\underline{I} = \frac{\underline{V}_G - \underline{V}_\infty}{j(X_T + X_v)} = \frac{1,2e^{j\theta} - 1,0}{j1,0}$$

Fazna elektromotorna sila iza sinhronne reaktanse generatora je:

$$\underline{E}_f = \underline{V}_G + jX_d \underline{I} = 1,2e^{j\theta} + j0,5 \frac{1,2e^{j\theta} - 1,0}{j1,0} = (1,8 \cos \theta - 0,5) + j1,8 \sin \theta$$

Granična prenosna snaga ima se kada je $\arg\{\underline{E}_f\} = 90^\circ$, tj. kada je $\text{Re}\{\underline{E}_f\} = 0$, odakle je:

$$1,8 \cos \theta^{\text{gr}} - 0,5 = 0, \text{ odnosno } \theta^{\text{gr}} = 73,87^\circ$$

Onda je:

$$\underline{V}_G = V_G / \theta^{\text{gr}} = 1,2 \cos \theta^{\text{gr}} + j1,2 \sin \theta^{\text{gr}} = (0,332 + j1,152) \text{ r.j.} = 1,199 \text{ r.j.} / \underline{73,87^\circ};$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{E}_f - \underline{V}_G}{jX_d} = (1,152 + j0,668) \text{ r.j.};$$

$$\underline{E}_f = \underline{V}_G + jX_d \underline{I} = j1,728 \text{ r.j.} = 1,728 \text{ r.j.} / 90^\circ$$

Granica prenosa sa stanovišta statičke stabilnosti je:

$$p^{\text{gr}} = \frac{E_f V_\infty}{X_d + X_T + X_v} = 1,152 \text{ r.j.}$$

Zad 2.

Posmatra se sinhrona mašina sa istaknutim polovima, čiji su osnovni parametri: $X_d = 1,0$ r. j.; $X_q = 0,6$ r. j.; $X'_d = 0,3$ r. j., gde je otpornost namotaja statora zanemarljiva. Mašina je direktno vezana na krutu mrežu, čiji je napon $U_\infty = 1,0$ r. j. i u koju se isporučuje aktivna snaga $P = 0,5$ r. j., pri faktoru snage $\cos \varphi = 0,8_{\text{ind}}$. Odrediti elektromotornu silu iza tranzijentne reaktanse i izraz za karakteristiku snaga-ugao za sledeća dva slučaja:

- Zanemarujući efekat isturenosti polova.
- Uvažavajući efekat isturenosti polova. Za ovaj slučaj odrediti granični ugao i graničnu aktivnu snagu generatora preko uslova nenegativnosti koeficijenta sinhronizacione snage.

Rješenje:

Ugao faktora snage je $\varphi = \arccos 0,8 = 36,87^\circ$, a kompleksna snaga koja se isporučuje od generatora u krutu mrežu:

$$\underline{S} = \frac{P}{\cos \varphi} / \varphi = 0,625 \text{ r. j.} / 36,87^\circ.$$

Struja pre kvara, izražena u [r.j.], za fazor napona \underline{V}_∞ u faznoj osi, bila je:

$$\underline{I} = \frac{\underline{S}^*}{\underline{V}_\infty^*} = \frac{\underline{S}^*}{U_\infty} = 0,625 \text{ r. j.} / -36,87^\circ.$$

- Elektromotorna sila iza tranzijentne reaktanse kada se zanemari efekat isturenosti polova je (u sistemu [r.j.] fazne i linijske elektromotorne sile i naponi su jednaki):

$$\underline{E}'_f = \underline{V}_\infty + jX'_d \underline{I} = (1,15 + j0,1125) \text{ r. j.} = 1,156 \text{ r. j.} / 5,59^\circ.$$

Kriva snaga-ugao u tranzijentnom periodu data je jednačinom:

$$P = P_e = \frac{E'_f U_\infty}{X'_d} \sin \delta = 3,853 \sin \delta \quad [\text{r. j.}].$$

- Kada se uvažava isturenost polova rotora, početni ugao snage u stacionarnom stanju (odnosno ugao q-ose),

$$\delta_0 = \arctg \frac{X_q I \cos \varphi}{V_\infty + X_q I \sin \varphi} = 13,761^\circ.$$

Stacionarna elektromotorna sila u q-osi pri konstantnoj pobudi onda je

$$E_{qf} = V_\infty \cos \delta_0 + X_d I \sin(\varphi + \delta_0) = 1,455 \text{ r. j.}$$

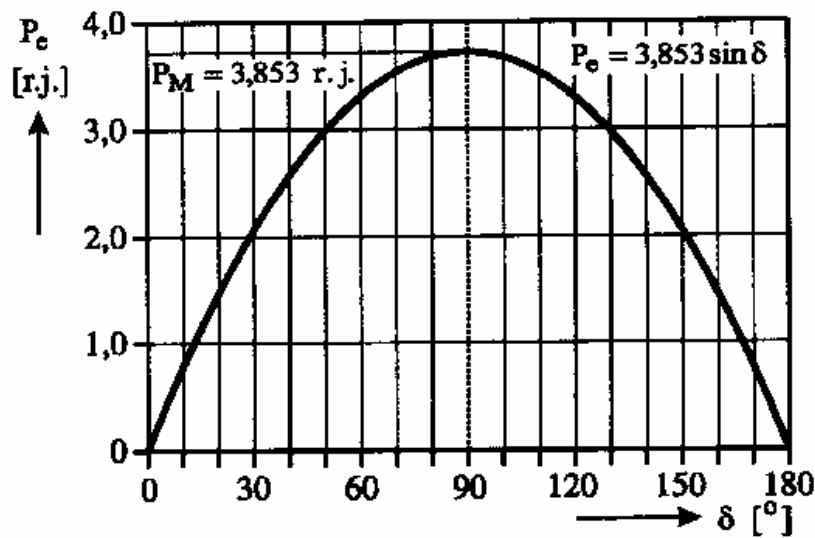
Elektromotorna sila u poprečnoj q-osi u tranzijentnom periodu E'_{qf} je

$$E'_{qf} = \frac{X'_d E_q + (X_d - X'_d) V_\infty \cos \delta_0}{X_d} = 1,116 \text{ r. j.}$$

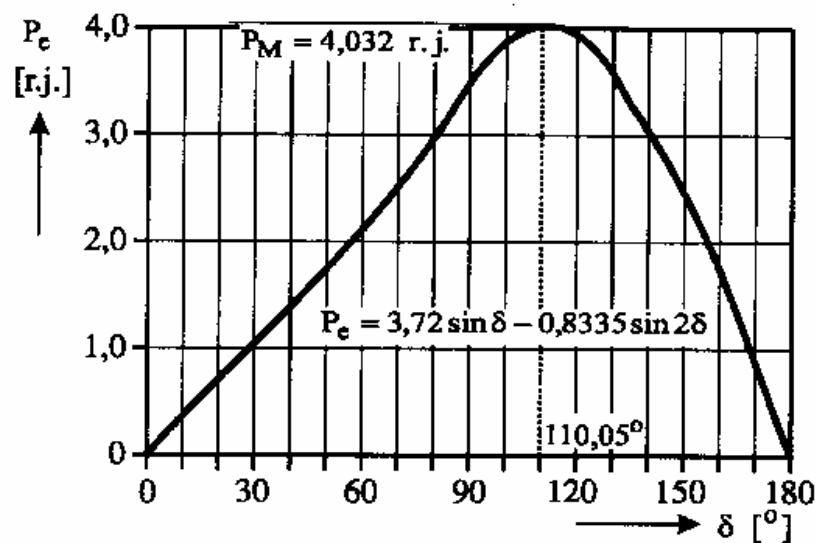
Onda jednačina snaga-ugao ima formu

$$P = P_e = \frac{E'_q U_\infty}{X'_d} \sin \delta + \frac{U_\infty^2}{2} \cdot \frac{X'_d - X_q}{X'_d X_q} \sin 2\delta = 3,72 \sin \delta - 0,8335 \sin 2\delta.$$

Na sl. a i b prikazane su karakteristične krive snaga-ugao u tranzijentnom periodu



a. Zanemaren efekat isturenosti polova



b. Uvažen efekat isturenosti polova

Izraz za koeficijent sinhronizacione snage je:

$$P_s = \frac{dP_e}{d\delta} = 3,72 \cos \delta - 1,667 \cos 2\delta.$$

Granični ugao stabilnosti nalazi se iz uslova $P_s = 0$, odnosno iz transcendentne jednačine:

$$3,72 \cos \delta^{gr} - 1,667 \cos 2\delta^{gr} = 0,$$

koja se posle zamene $\cos 2\delta^{gr} = \cos^2 \delta^{gr} - \sin^2 \delta^{gr} = 2 \cos^2 \delta^{gr} - 1$, svodi na jednačinu:

$$3,72 \cos \delta^{gr} - 1,667(2 \cos^2 \delta^{gr} - 1) = 0,$$

odnosno, posle sređivanja na kvadratnu jednačinu po $\cos \delta^{gr}$:

$$-3,334 \cos^2 \delta^{gr} + 3,72 \cos \delta^{gr} + 1,667 = 0;$$

ili, posle preuređenja na:

$$\cos^2 \delta^{gr} - 1,116 \cos \delta^{gr} - 0,5 = 0,$$

čije je rešenje:

$$\cos \delta^{gr} = 0,558 \pm \sqrt{0,558^2 + 0,5} = 0,558 \pm 0,901.$$

Fizički prihvatljivo rešenje ima se za $\cos \delta^{gr} = -0,343$, odakle je:

$$\delta^{gr} = 110,045^\circ,$$

na osnovu kojeg se nalazi granična (maksimalna) vrednost aktivne snage generatora:

$$P^{gr} = P_e(\delta^{gr} = 110,045^\circ) = 4,032 \text{ r. j.}$$