

Zadatak 1

Dio 1

Za otočni elektroenergetski sustav plinske elektrane (G), hidroelektrane (H) i parne termoelektrane (T) sa slike 1 potrebno je dizajnirati sustav primarne regulacije frekvencije s obzirom na sljedeće zahtjeve:

- sve elektrane ravnomjerno sudjeluju u regulaciji frekvencije i pri najgorem poremećaju odstupanje frekvencije u ustaljenom stanju mora biti $\Delta f_{\infty} < \pm 200$ mHz;
- parna termoelektrana pokriva bazno opterećenje i radi na 100% maksimalne snage, regulacijska energija se dijeli između plinske elektrane i hidroelektrane u omjeru 1:2 tako da pri najgorem poremećaju odstupanje frekvencije u ustaljenom stanju mora biti $\Delta f_{\infty} < \pm 200$ mHz;

Ovaj otočni sustav povezan je HVDC interkonekcijskim vodom s puno većim sustavom iz kojeg uvozi energiju koju ne može namiriti lokalnom proizvodnjom. Parametri otočnog sustava su: konstanta tromosti iznosi 5 s, nema regulacijske energije potrošača, a najgori poremećaj je ispad interkonekcijskog voda kojim otočni sustav gubi 0.2 p.u. uvezene snage.

Dio 2

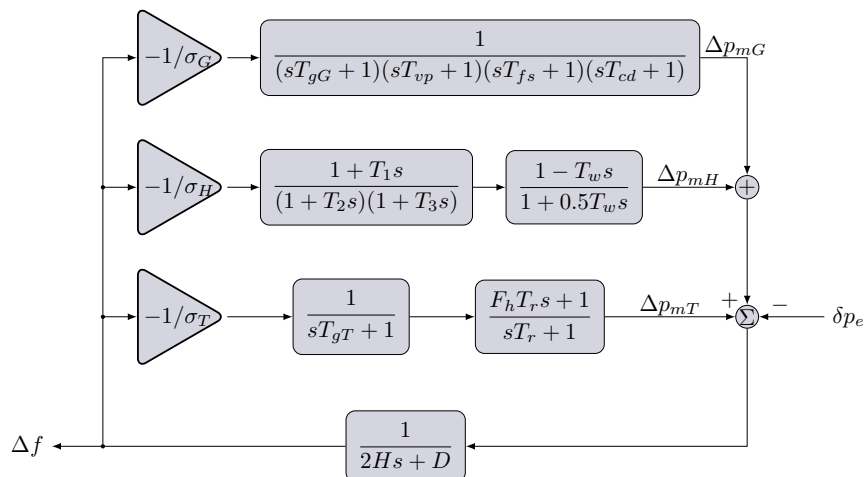
Konstanta tromosti otočnog sustava iz prvog dijela zadatka može se aproksimirati izrazom:

$$H = \alpha_G H_G + \alpha_H H_H + \alpha_T H_T,$$

gdje su: α_G , α_H i α_T udjeli sinkroniziranih plinskih elektrana, hidroelektrana, odnosno termoelektrana; $H_G = 2$ s, $H_H = 3$ s i $H_T = 6$ s su ukupne konstante tromosti pojedinih tipova elektrana. Ako otočni sustav radi s 50% termoelektrana, 25% hidroelektrana i 25% plinskih elektrana, potrebno je izračunati:

- koliko smije iznositi maksimalni udio vjetroelektrana u ovom sustavu ako one zamjenjuju termoelektrane i ako je uvjet da se maksimalni početni RoCoF ograniči ispod 1 Hz/s za najgori poremećaj? Vjetroelektrane ne doprinose konstanti tromosti.
- Za udio vjetroelektrana iz podzadatka a) i 75% najgoreg poremećaja, nakon koliko vremena nastupa prvi stupanj podfrekvencijskog rasterećenja ako je on podešen na 49.2 Hz? Pretpostavite da su turbinski regulatori dovoljno spori i da reaguju tek nakon nekoliko sekundi.

(12 bodova)



Slika 1: Model EES-a s plinskom termoelektranom (G), hidroelektranom (H) i parnom termoelektranom (T)

Zadatak 2

Nacrtajte blok dijagram dinamičkog sustava opisanog jednadžbama (1)–(3), gdje su T , K , P_m , E' , U , X , T_t , R , P^* i D_1 , D_2 konstante, a P_m , δ i ω varijable stanja.

$$\frac{1}{K} \frac{d\delta}{dt} = (\omega - 1) \quad (1)$$

$$T\omega \frac{d\omega}{dt} + (D_1 + D_2)(\omega - 1) = P_m - \frac{E'U}{X} \sin \delta \quad (2)$$

$$T_t \frac{dP_m}{dt} + P_m = P^* - \frac{1}{R}(\omega - 1) \quad (3)$$

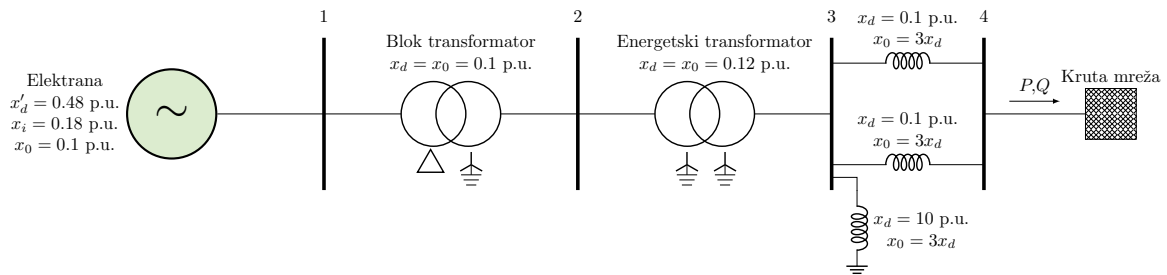
(3 boda)

Zadatak 3

Neka elektrana spojena je na krutu mrežu preko blok-transformatora, energetskog transformatora i dvostrukog dalekovoda prema slici 2. U čvorištu 3 ugrađena je prigušnica koja regulira napon u čvorištu 3. Agregat u nadzbuđenom režimu rada u mrežu predaje snagu $P = 0.9$ p.u. pri $\cos \varphi = 0.95$. Napon krute mreže iznosi $1\angle 0^\circ$ p.u. Na početku jednog od dva paralelna voda nastaje dvopolni kratki spoj sa zemljom. Potrebno je 1) odrediti kritični kut uklanjanja kvara i 2) nacrtati nadomjesnu shemu sustava sa slike 2 te odrediti izraz i skicirati krivulje za prijenos električne snage između elektrane i krute mreže za slučajeve:

- prije nastanka kratkog spoja;
- tijekom kratkog spoja;
- nakon isključenja voda u kvaru.

(18 bodova)



Slika 2: Spoj elektrane s krutom mrežom

Zadatak 4

Isprojektirajte kondenzatorsku bateriju kojom se želi kompenzirati jalova snaga trofaznog asinkronog motora pri nazivnom naponu tako da motor radi s $\cos \varphi = 0.95$ ind. prema mreži. Parametri motora su: $U_n = 10$ kV, $f_n = 50$ Hz, $S_n = 10$ MVA, $\cos \varphi_n = 0.7$. Potrebno je odrediti:

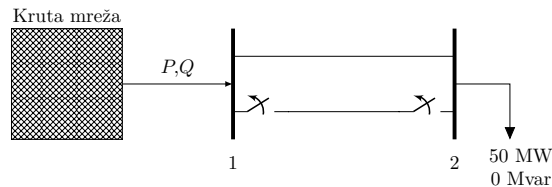
- kapacitet kondenzatorske baterije po fazi ako je kondenzatorska baterija spojena u spoj zvijezda;
- kapacitet kondenzatorske baterije po fazi ako je kondenzatorska baterija spojena u spoj trokut;
- promjenu snage kondenzatorske baterije za slučajeve a) i b) ako se napon mreže smanji za 5%.

(6 bodova)

Zadatak 5

U slabo opterećenim visokonaponskim mrežama regulacija napona može se vršiti isključivanjem dalekovoda. Za koliko se promjeni napon sabirnice 2 ako se isključi jedan dalekovod (Slika 3)? Pri oba dalekovoda uključena, kruta mreža u dvostruki dalekovod injektira $P = 50.4$ MW i apsorbira $Q = 63.5$ Mvar. Ako se jedan dalekovod isključi, kruta mreža u dalekovod injektira $P = 50.6$ MW i apsorbira $Q = 27.8$ Mvar. Napon krute mreže iznosi 220 kV. Parametri voda su sljedeći: $R = 0.05 \Omega/\text{km}$, $L = 1.553 \text{ mH}/\text{km}$, $C = 10.73 \text{ nF}/\text{km}$. Parametri su izraženi po fazi za jedan dalekovod. Napon krute mreže iznosi 220 kV. Duljina dalekovoda je 200 km. Frekvencija sustava je 50 Hz.

(6 bodova)



Slika 3: Prijenos snage preko dalekovoda

Zadatak 6

Obrazložite kako bi estimirali konstantu tromosti EES-a u kojem su konstrukcijski podaci o elektranama nepoznati. Na raspolaganju su vam sva mjerenja iz dispečerskog centra.

(2 boda)

Zadatak 7

Skicirajte i objasnite utjecaj konstante tromosti na a) maksimalno odstupanje frekvencije, b) brzinu promjene frekvencije, c) vrijednost frekvencije u stacionarnom stanju nakon poremećaja.

(3 boda)