

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

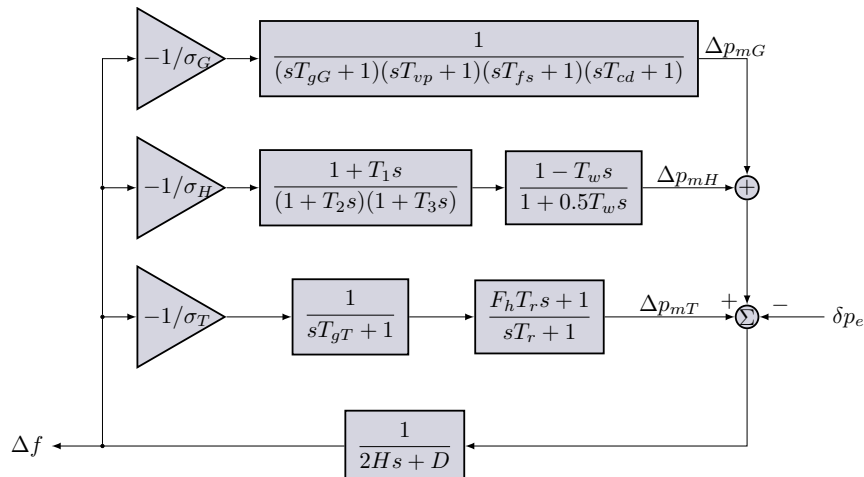
Konstanta tromosti otočnog sustava iz prvog dijela zadatka može se aproksimirati izrazom:

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

gdje su: α_G , α_H i α_T udjeli sinkroniziranih plinskih elektrana, hidroelektrana, odnosno termoelektrana; $H_G = 3$ s, $H_H = 4$ s i $H_T = 8$ 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 reagiraju tek nakon nekoliko sekundi.

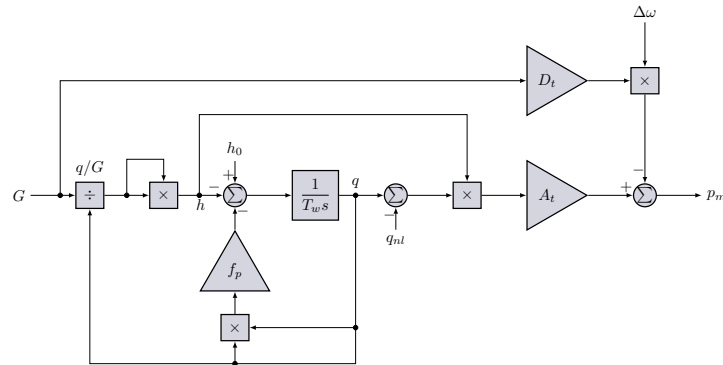
(8 bodova)



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

Zadatak 2

Na slici 2 zadan je nelinearni dinamički model hidroturbine u s -domeni. Potrebno je definirati sve ulaze, izlaze i varijable stanja ovog modela te matematički formulirati zadani dinamički model u kontinuiranoj vremenskoj domeni. (5 bodova)



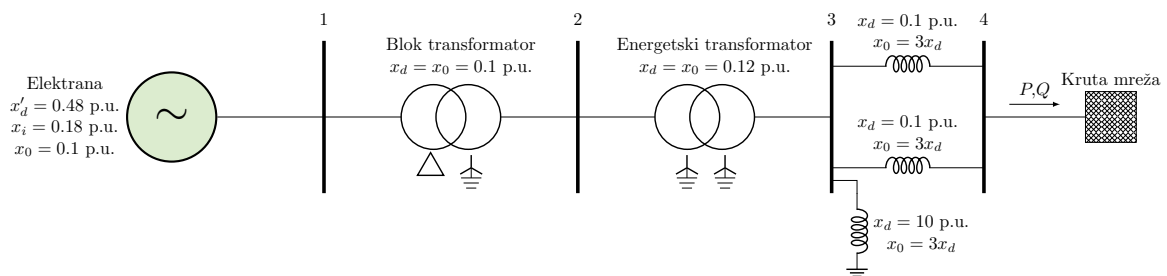
Slika 2: Nelinearni dinamički model hidroturbine

Zadatak 3

Neka elektrana spojena je na krutu mrežu preko blok-transformatora, energetskog transformatora i dvostrukog dalekovoda prema slici 3. U čvorištu 3 ugrađena je prigušnica koja regulira napon u čvorištu 3. Agregat u naduzbuđenom 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 3 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.

(15 bodova)



Slika 3: 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:

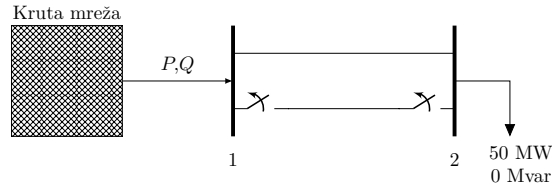
- kapacitet kondenzatorske baterije po fazi ako je kondenzatorska baterija spojena u spoj zvijezda;
- kapacitet kondenzatorske baterije po fazi ako je kondenzatorska baterija spojena u spoj trokut;
- promjenu snage kondenzatorske baterije za slučajeve a) i b) ako se napon mreže smanji za 5%.

(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 4)? 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: $R = 0.05 \Omega/\text{km}$, $L = 1.553$ mH/km, $C = 10.73$ nF/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)

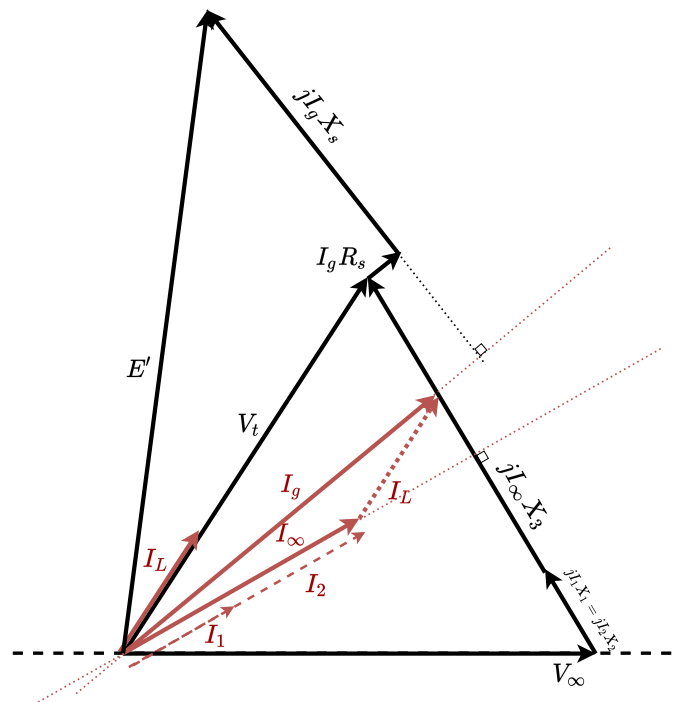


Slika 4: Prijenos snage preko dalekovoda

Zadatak 6

Na slici 5 prikazan je fazorski dijagram sustava sinkronog generatora spojenog s krutom mrežom. Nacrtajte shemu strujnog kruga koji opisuje zadani fazorski dijagram te označite sve veličine i elemente ovog sustava. **Dodatno pojašnjenje:** $I_\infty = I_1 + I_2$, gdje su I_∞ , I_1 i I_2 fazori.

(8 bodova)



Slika 5: Fazorski dijagram sustava iz zadatka 6

Zadatak 7

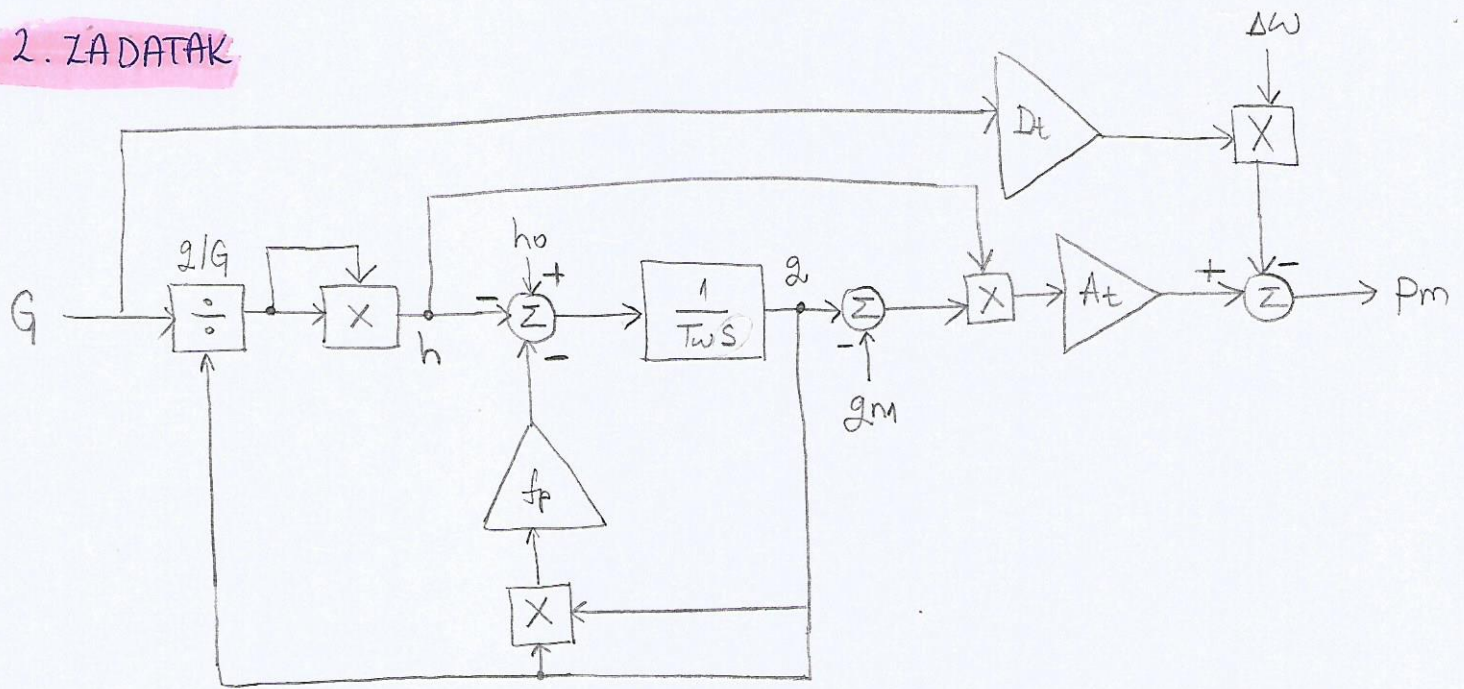
Skicirajte i objasnite utjecaj regulacijske energije potrošača na a) maksimalno odstupanje frekvencije, b) brzinu promjene frekvencije, c) vrijednost frekvencije u stacionarnom stanju nakon poremećaja.

(2 boda)

JIR 2019./2020.

1. ZADATAK = LJIR 1. ZADATAK (drugi brojci)

2. ZADATAK



ULAZI: $G, h_0, g_m, \Delta\omega$

IZLAZI: P_m

VARIJABLE STANJA: q

$$-GD_t\Delta\omega + hA_t(q - g_m) = P_m$$

$$T_w \frac{dq}{dt} = h_0 - h - q^2 f_p \rightarrow \frac{dq}{dt} = \frac{1}{T_w} [h_0 - h - q^2 f_p]$$

$$h = \left(\frac{q}{G} \right)^2$$

3. ZADATAK = LJIR 3. ZADATAK

4. ZADATAK = LJIR 4. ZADATAK

5. ZADATAK = LJIR 5. ZADATAK

6. ZADATAK

