

Regulisanje rada vodnih turbine

Turbine se najčešće koriste za pogon generatora električne struje. Zahtevi potrošača električne struje odnose se pre svega na postojanost njene frekvencije.

Kod sinhronih generatora koji se uglavnom koriste u elektranama, frekvencija f naizmenične struje koju proizvodi generator računa se: $f = 60n/p$, pri čemu je n broj obrtaja (ob/min), p broj pari polova generatora. $f(Hz)$

Kod svih turbina osnovni zadatak je regulisanje broja obrtaja radnog kola, sa tačno utvrđenim tolerancijama koje dopušta električna mreža.

Diferencijalna jednačina koja opisuje rotaciono kretanje turbinskog radnog kola i svih elemenata koji su spojene sa njim (rotor generatora, spojnica, vratilo i dr.) glasi:

$$J \frac{d\omega}{dt} = Mt - M_G$$

J - moment inercije svih obrtnih delova turbine i generatora

$\frac{d\omega}{dt}$ - ugaono ubrzanje rotirajućih elemenata

Mt - aktivni pogonski moment turbine

M_G - kontramoment elektrogeneratora uvećan za sve otporne momente (u ležajevima, zaptivačima itd.)

Kako je M_G funkcija opterećenja električne, koja je stohastička, mora se u cilju održavanja

$\omega = const$ odnosno $\frac{d\omega}{dt} = 0$, neprestano regulisati aktivni pogonski moment turbine.

$$Mt = \frac{Pt}{\omega} = \frac{\rho Q g H \eta}{\omega} = \frac{Y \dot{\omega} \eta}{\omega} = K Q \eta H \quad \text{pri čemu je: } K = \frac{\rho g}{\omega}$$

Imajući u vidu da je Mt funkcija napora i protoka kroz turbine, jasno je da će regulisanje protoka Q odnosno napora H u nekim dozvoljenim granicama, biti u mogućnosti da zadovolji uslov $Mt \approx M_G$.

Kod hidrauličnih turbina, napor se relativno malo menja pa se broj obrtaja reguliše promenom protoka (menjanjem otvora pretkola). (to se primenjuje kod Fransisove, Kaplanove i akcijskih turbina).

Regulisanje frekvencije f električne struje koju proizvodi generator spregnut sa turbinom obično se vrši automatski. Pod automatskim regulatorom frekvencije f , odnosno broja obrtaja n radnog kola turbine, podrazumeva se merno regulaciona oprema kojom se meri predmetni broj obrtaja radnog kola, upoređuje sa zadatom vrednošću i formira upravljajuće dejstvo na regulacione organe (npr. lopatice).

Ukoliko turbina ima veći stepen samoregulacije tj. pravilno odabran moment inercije rotirajućih organa J , onda se zahtevi za kvalitetom regulacionog sistema turbine mogu svesti na minimum. Tako npr. ukoliko se stepen samoregulacije želi postići dodavanjem zamajca onda njegov moment inercije

$$J_z = \frac{P_{\max} T}{2\omega^2 \varepsilon_{\max}}$$

J_z - moment inercije zamajca (kgm^2)

P_{\max} - maksimalna snaga turbine

$T(s)$ - vreme za koje od trenutka startovanja, radno kolo turbine dostigne nominalnu ugaonu brzinu pri maksimalnoj snazi

$\omega(s^{-1})$ - nominalna ugaona brzina radnog kola

ε_{\max} - relativno dozvoljeno odstupanje radnog kola pri punom opterećenju u odnosu na nominalni režim rada. ε_{\max} je bezdimensionalna veličina

Regulisanje protoka kod reakcionih turbine vršise pomoću kola pretkola (spvodnog aparata) a kod Peltonovih turbine (akcijske) pomoću koplja i mlaznice.

Promene opterećenja nastaju nepredviđeno i zavise od toga kolika je snaga trenutno potrebna potrošačima električne energije. Turbine velike snage koriste se za dobijanje električne energije. Čovek ne može tako brzo da primeti promenu snage niti tako brzo posreduje kao mašine koje se nazivaju automatskim regulatorima broja obrtaja turbina.

Za regulisanje velikih turbina koriste se: brzinski, ubrzano-brzinski i elektronski automatski regulatori. Zavisno od toga da li dejstvuju tek pošto se promeni broj obrtaja ili u toku, ili je njihovo delovanje čisto električne prirode. Po pravilu se u indirektni, tj. ne otvaraju i ne zatvaraju prolaz za mlazni fluid nego upravljaju ventilima, mlaznicama i drugim spvodnim delovima preko posebnog klipnog motora nazvanog servo motorom koji se izlaže delovanju ulja pod pritiskom.

Od svakog regulatora se zahteva:

1. da brzo stupa u dejstvo i da je stabilan u radu – što će reći da mora turbinu dovesti u ustaljeno stanje posle promenjenog opterećenja i to za veoma kratko vreme koje se propisuje.
2. da regulator obezbedi pouzdan i trajan rad turbine

Zbog toga svaki regulator ima:

1. komandni deo (regulator u užem smislu)
2. servo motor (izvršni deo)
3. povratni mehanizam kojim se pojačava stabilnost regulisanja
4. niz uređaja potrebnih za paralelno sprezanje turbine i generatora električne struje
5. uređaj za zaštitu turbine u slučaju kvara

Nenad Obradović

Mašinski fakultet u Nišu

<http://www.masfak.info/>