

F. Zakersnik
Elektrana Šoštanj

ELEKTROHIDRAVLICNI TURBINSKI REGULATOR IN OTN-NAPRAVA

I. Regulirni krog moči

Regulacija moči ima nalogo:

1. držanje dejanske moči na željeni vrednosti;

$$MW_{\text{željena}} = MW_{\text{dejanska}}$$

2. držanje frekvenčnih nihanj v določenem območju;

$$Hz_{\text{željena}} = Hz_{\text{konst}} \pm \Delta Hz$$

3. preprečitev padca tlaka pod minimalno vrednost;

$$P_{\text{max}} > P_{\text{dej}} > P_{\text{min}}$$

K 1) Veliki skoki moči Δ (MW) ogrožajo kotel, zato ročno nastavljene željene vrednosti vodimo preko stika za vodenje željene moči. Naprava preprečuje nenadne skoke in željeno vrednost pridržano posreduje naprej. Gradient moči nastavljamo ročno. Željeno moč primerjamo z dejansko. Odstopanja med njima regulirajo turbinske ventile tako dolgo, dokler se dejanska moč ne izenači z željeno.

K 2) V primeru, da sta v mreži potrošnja in proizvodnja enaki, ostane frekvenca konstantna. Večja obremenitev znižuje frekvenco, manjša pa jo viša. Nihanja frekvence pa dovoljujemo v ozkih mejah. Za obdržanje nihanj f v teh mejah, moramo željeno moč tako korigirati, da se pri prenizki f turbinski ventili odpirajo, pri previsoki pa zapirajo.

K 3) Za stabilno delovanja kotla ne smemo dopustiti pasti tlak pod minimalno vrednost. Če pri povečanju obremenitve dosežemo ta minimalni tlak, moramo željeno moč tako dolgo zadržati, da si kotel opomore. Če je $P_{dej} \leq P_{želj}$, se mora proporcionalno zmanjšati željena moč. (Sl. 1)

Moč merimo z dvema neodvisnima sistemoma priključenima v Aronovem stiku. Merilnik moči dobiva informacijo od napetostnih in tokovnih transformatorjev na generatorskem odvodu. Za multipliranje veličin je uporabljen Hall-multiplikator. Po izbiri max vrednosti dejanske moči P , le-to vodimo na regulator moči. Razliko obeh merjenih dejanskih moči za več kot 5 % sporočamo.

Željeno moč P_k , nastavimo s pomočjo sklopa za nastavljanje željene vrednosti. Hitrost spreminjanja nastavljanja željene vrednosti omejuje stik za vodenje željene moči. V primerjavi s stikom za vrtiljaje vsebuje stik za vodenje željene moči k I-kanalu še P-kanal. Pri manjših spremembah željene vrednosti je karakteristika proporcionalna, pri večjih spremembah pa proporcionalno-integralna.

Temperaturno-okrovna naprava (OTN-naprava), opisana v drugem poglavju, omejuje delovanje stika za vodenje željene moči. Omejeno željeno moč označimo s P_k^* . OTN naj ne omejuje, to pomeni, da so vrednosti ΔV_{0e} in ΔV_{0T} , oziroma ΔV_{UT} večje od 10 kp/mm^2 . Z nastavljenim gradientom moči, deluje na regulator moči omejitvena željena moč P_k^* , ki ji sledi nastavitvev željene moči s proporcionalnim skokom 10 MW in največjim gradientom 20 MW/min. (Sl. 2)

Turbinski regulator ima vgrajen omejevalnik za max oddano moč. Z njim ščitimo TA pred preveliko obremenitvijo, ali pa omejujemo oddano moč na določeni vrednosti. Ta nastavitvena vrednost omejuje sumo vseh, na turb. regulator delujočih željenih vrednosti na nastavljeni nivo. Netlačna in nefrekvenčna odstopanja ne pripeljejo do prekoračitve mejne nastavljive moči. P_{kabs} .

S pomočjo P_{kabs} lahko agregat brez omejitve stika za vodenje željene moči, s tem tudi brez vpliva mrežnega regulatorja in OTN omejitve, hitro obremenimo ali pa razbremenimo. Obremenitev je možna le v primeru, če je že predtem vrednost željene moči P_k presegala P_{kabs} . Mejna željena moč deluje le na turbino in ne vpliva na kotlovska regulacijo.

Na turbinski regulator lahko priključimo nadrejeni mrežni regulator. P_{ko} omejuje zahtevano željeno moč mrežnega regulatorja. Spodnja meja določa željena moč P_k . Med tako postavljenima mejama lahko mrežni regulator poljubno regulira moč. Spremembe moči so omejene le s stikom za vodenje željene moči. Če je $P_k = P_{ko}$ nimamo mrežnega vpliva, maksimalno pa deluje mrežni regulator pri razliki $P_{ko} - P_k$.

Željeno moč P_{kop} kot funkcijo tlaka, tvori proporcionalen tlačni regulator. Regulator tlaka regulira turbinsko moč v odvisnosti od sprememb tlaka sveže pare. Pri povišanju obremenitve preprečuje prevelik padec tlaka. Izbiramo lahko dve pogonski stanji - tlačno ali pa mejno-tlačno regulacijo. Vpliv regulacije tlaka lahko izključimo. Pogonski stanji reguliranja tlaka izbiramo na pultu v komandi. Pri tlačni regulaciji, oddaja regulator tlaka, za obdržanje tlaka, vsaki spremembi tlaka Δp ustrezno željeno moč P_{kop} . Nastavljena željena moč P_k^* nima več pomena. S tlačno regulacijo prevzema turbina obremenitev, ki ji jo narekuje kotel. (Sl. 3)

Mejno-tlačna regulacija izkorišča akumulacijo energije v kotlu. Šele, ko prekoračimo določeno vrednost odstopanja tlaka sveže pare, tlačni regulator deluje na obdržanje mejnega tlaka sveže pare z vplivanjem "manjša željena moč" na regulator moči. Mejno-tlačna regulacija omogoča do dosežene mejne točke odstopka tlaka sveže pare majhne in hitre spremembe moči. Ob običajnih nastavitvah statike 4 - 6 % se mejni tlak skoraj ne doseže, seveda če kotlovska regulacija dovoljuje majhne spremembe tlaka.

Odvisnost moči od frekvence dosežemo z ustrezno zgraditvijo dodatne nastavitvene željene moči $P_{k\Delta f}$. Tvorimo jo s stikom za statiko. Stik odlikuje visoka linearnost in občutljivost v odvisnosti od sprememb frekvence, saj reagira že pri spremembah pod 5 mHz. P-del (statiko) lahko nastavljamemo med pogonom v stopnjah od 2,5 - 8 %.

Vse omenjene nastavitvene vrednosti moči sumiramo v regulatorju moči. Sumo omejuje dipdni vhod z mejno nastavitveno močjo. Regulator moči je izveden kot PI-regulator in omogoča dobro držanje zahtevane moči.

Moči odvisno, željeno vrednost odpiranja označimo z H_{k2} . Skupno z željeno vrednostjo odpiranja, kot funkcijo vrtiljajev H_{k1} , posreduje regulatorju odpiranja željeno vrednost odpiranja H_k .

Regulator moči tvori iz željenih vrednosti moči P_k^* in $P_{k\Delta f}$ željeno vrednost moči za kotel $P_k^{*-\Delta f}$.

II. OTN-naprava

OTN-naprava iz temperatur sten na turbini in pritiska pare podaja dovoljene spremembe obratovalnega stanja v vsaki točki obratovanja.

Iz računalniškega dela OTN-naprave, dobljeno dovoljeno območje sprememb obratovalnega stanja se uporablja za omejevalnik pri regulaciji moči turboagregata. S tem pridobimo avtomatičen zagon, zaustavitev in omejevalnik sprememb moči. Napetosti v materialu nastopajo kot napetosti iz pritiska pare ali pa sledijo temperaturnim razlikam. Svoj maksimum imajo za Curtisom.

Pri enookrovni izvedbi prevzame stena celotno razliko tlakov napram nivoju okolice. Iz tlaka za Curtisom rezultirajočo napetost podaja enačba σ_{pi} je enako $a \cdot p_i$, pri čemer je a konstanta odvisna od geometrije turbine. Pri znanem notranjem

premeru in podani tlačni razliki pada napetost v materialu z naraščajočo debelino stene v začetku hitro, nato pa počasneje.

Napetosti, ki jo povzročajo temperaturne diference, delimo v napetosti, ki sledijo stalni temperaturni porazdelitvi in so razliki temperatur znotraj in zunaj direktno proporcionalne in v napetosti, ki sledijo nestalnim temperaturnim porazdelitvam in lahko zavzemajo 1,7-kratno vrednost stalnih toplotnih napetosti.

Obdelava toplotnih napetosti je kompleksna, v steni ni stacionarne toplotne porazdelitve. Izračun toplotnih napetosti bi zahteval veliko merilnih mest. Računalniški del OTN-naprave pa obdela toplotne napetosti za poljubno stensko toplotno stanje dovolj točno z le tremi merilnimi mesti temperature. Referenčna merilna mesta temp. so v ohišju HZ-ventila in za Curtisom. Sprememba moči ima vedno za posledico spremembo temperature, ki se reflektira v temperaturi za Curtisom. Sprememba temperature sveže pare za 15°C deljuje na steno tako kot sprememba moči za 10 %. Napetosti v materialu kot funkcijo temperature izražamo na mestih največje obremenitve, na notranji in zunanji prirobnici. Na osnovi meritve moči sklepamo neposredno na tlak za Curtisom. Iz podanega tlaka lahko izračunamo napetosti na notranji in zunanji prirobnici. Toplotne napetosti in napetosti v zvezi s tlakom predstavljajo primerjalno napetost.

OTN-naprava je izvedena kot analogen računalnik. Naloga, ob dveh operacijah, sumiranju in množenju, je zgraditev funkcijskega odnosa. Karakteristiko dovoljene napetosti σ_{zul} kot funkcijo temperature notranje prirobnice θ_1 in tlaka za Curtisom p_1 v odvisnosti od moči P_{ist} zgradimo z diodnim stikom. Karakteristika je zgrajena s tangentnimi odseki, njihove dolžine so izbrane tako, da napake niso prevelike. Osnovni princip stika razložimo na funkciji $p_1 = f(P_{ist})$. (Sl. 4)

Iz primerjalne napetosti in dovoljene napetosti se tvorijo prosta napetostna območja $\Delta\sigma_{min}$ in $\Delta\sigma_{max}$. Dovoljene napetosti privedemo preko diodne izbire na stik za vodenje željene vrednosti tako, da manjša obeh dovoljenih območij $\Delta\sigma_{\epsilon}$ in $\Delta\sigma_{\tau}$ prevzame omejitev tako P kot I-dela. Dovoljeno področje

označeno z indeksom "o" podaja prosto območje ob višanju temperature (porast vrtljajev, moči, povisek temperature sveže pare), z indeksom "u" pa je označeno prosto področje, ki je na razpolago ob znižanju temperature.

Pri enookrovni turbini, izhajajoč iz stacionarnega stanja, je prosto območje pri dvigu obremenitve večje kot pri razbremenjevanju. Pri dvoookrovni turbini je pod enakimi pogoji prosto območje pri dvigu moči manjše.

Za obratovanje pod obremenitvijo nam znana prosta območja napetosti niso dovolj. Pri izračunu dovojenih območij spreminjanja moči ΔP_o oz. ΔP_u iz prostih območij napetosti upoštevamo:

- napetosti, ki jih povzroča notranji tlak sledijo brez zakasnitve spremembi tlaka. Najvišjo vrednost toplotne napetosti ppi podani skočni spremembi temperature pa dosežemo šele po nekem času. Ta čas je odvisen od koeficienta toplotne prestopnosti.
- Po doseženi temperaturni porazdelitlvi, ki povzroča najvišjo toplotno napetost, šele učinkuje delež skočne spremembe temperature (skočne spremembe moči), na temperaturno diferenco v okrovu.
- Dovoljena novi moči pripada napetost, ustrezno novemu tlaku.
- Dovoljena napetost sovpada pri novi moči ustrezni temperaturi materiala.

Znotraj prostih območij moči, lahko moč poljubno spreminjamo.

Iz merilnih veličin, računalniški del OTN-naprave v dveh ločenih kanalih - vhod, turbina - izračuna področja dovoljenih sprememb. (Sl. 5)

Z izbiro na pultu - vhod - vključimo kazalni inštrument OTN-naprave na območje vrtljajev. Za napuščenje turbine moramo izbrati tisti kanal, ki nam ob večanju vrtljajev daje enkrat zgornjo dovoljeno mejo, pri zmanjšanju vrtljajev pa spodnjo dovoljeno mejo spreminjanja vrtljajev.

Po sinhronizaciji se kazalni instrument avtomatično preklopi na območje moči. Meritev prevzame kanal - turbina, ki daje dovoljeno območje obremenitve iz napetosti v materialu merjenih s tipali na turbini. Kriterij za preklon kanalov dobimo iz meritve delovne moči. Pri ca. $P_{ist} = 1,5 \% P_n$ pride do preklopa.

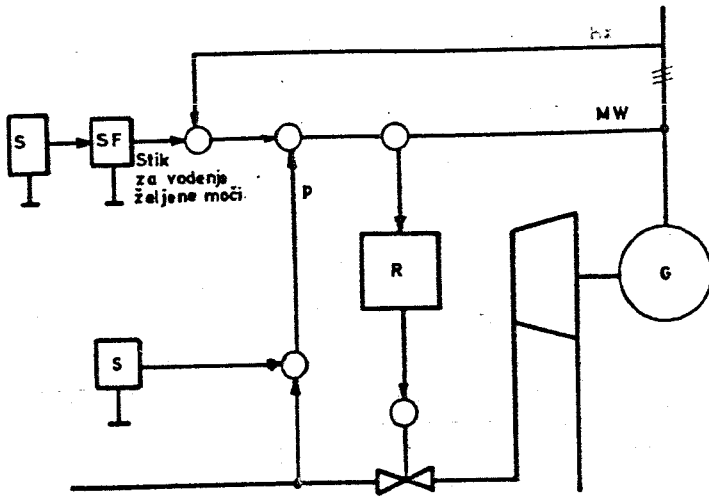
V delovanju - turbina - imamo tudi možnost kontrole napatostnih razmer v chišju hitrozapornega ventila. Med držanjem tipke, preklonimo kazalni instrument na kanal - vhod.

Za zagotovitev preglednosti delovanja OTN-naprave je vanjo vključena kontrola napak, ki lahko nastopijo izven računalniškega dela in možnost kontroliranja samega računalniškega stika. Zunanje napake vzbudijo v zaščitnem sklopu skupno sporočilo, OTN - motnja. Pojavi se rdeče polje na kazalnem instrumentu. Selektivno se na sklopu za zaščito sporoča obstoječa napaka, ki se lahko ugasne s kvitirno tipko, ko več ne obstoja.

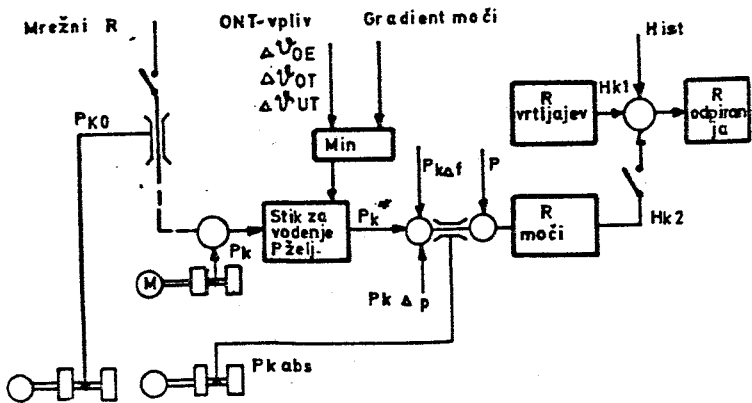
Za kontrolo notranjih napak, napak v samem računalniškem stiku, obstoja preskusni program. S proženjem tipke vključimo kanal, ki je pravkar v pogonu. Izhod naj bi podajal že prej nastavljenе vrednosti. V primeru neujemanja nastavljenih, iz računalniškega sklopa dobljenimi vrednostmi, pričnemo na merilnih sponkah iskati napako.

Uporabljena literatura:

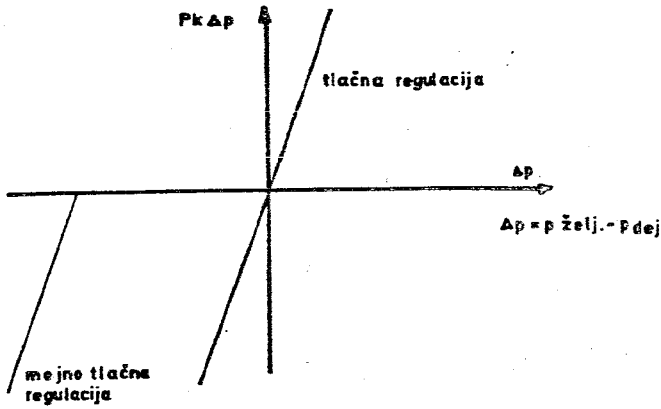
1. Elektrohydraulischer Dampfturbinenregler - KWU
2. Aufbau und Arbeitsweise des Wandtemperaturgerätes - Siemens



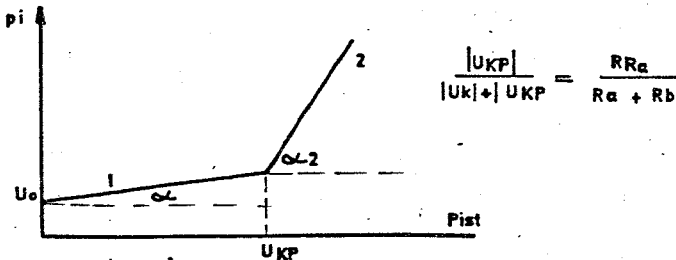
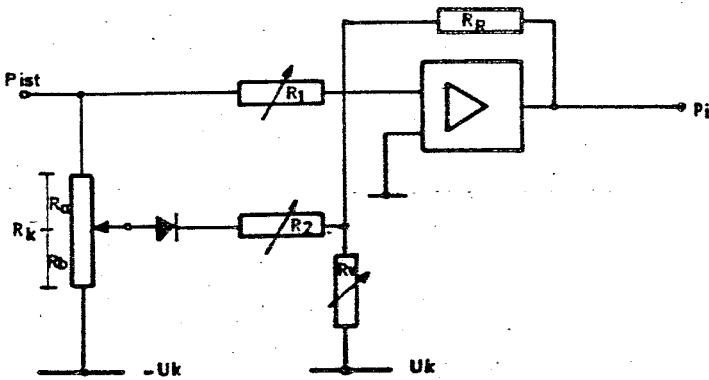
SLIKA 1 : Regulacija moći



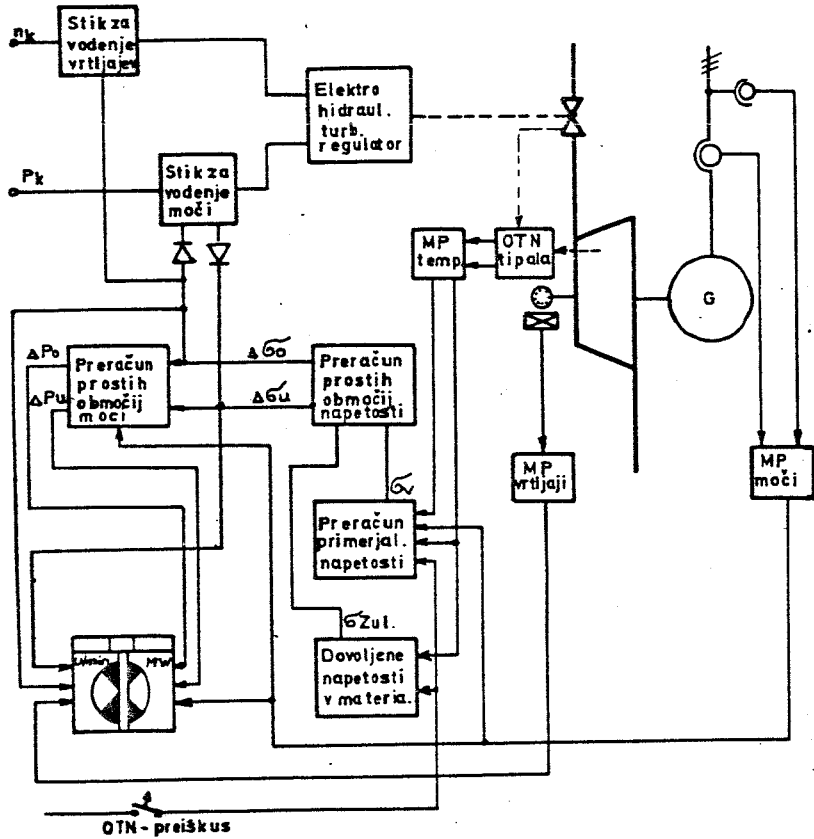
SLIKA 2 : Elektrohidraulični turb.regulator



SLIKA 3 : Tlačna regulacija



SLIKA 4 : Vezje funkcijskega odnosa



SLIKA 5 : Blok shema OTN-regulirnega kroga