

HITRA: SUVREMENI DIGITALNI TURBINSKI REGULATOR

Krunoslav Horvat, Davor Linarić, Vedran Bakarić
Brodarski institut, Av. V. Holjevca 20, 10020 Zagreb
e-mail: kruno@hrbi.hr, ldavor@hrbi.hr, bakaric@hrbi.hr

Sažetak: U ovom radu dan je kratki osvrt na program hrvatskog inovacijskog tehnološkog razvitka (HITRA). U sklopu ovog programa prihvaćen je i odobren razvoj i izrada prototipa turbinskog regulatora koji je predstavljen u nastavku.

Ključne riječi: HITRA, turbinski regulator

1. HITRA

Hrvatski inovacijski tehnološki razvitak (HITRA) pokrenut je od strane Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske. Svrha programa je da mobilizira znanstveno-istraživačke potencijale i ljudske resurse u Hrvatskoj na stvaranju i uvođenju naprednih tehnologija u gospodarstvo koje će rezultirati poslovnim uspjehom, tj. gospodarskim razvojem i rastom. Naime, zbog sustavnog slabljenja sektora industrijskih istraživanja (istraživanja u cjelokupnom gospodarskom proizvodnom sektoru) udio u financiranju cjelokupnog znanstvenoistraživačkog rada u Hrvatskoj iznosi 0,3% BDP što je prema procjenama OECD-a alarmantno stanje (1995 godine Češka 0,75%, Danska 1,1%, SAD, Japan, Švedska i Koreja preko 2%). Iz tog razloga gospodarski instituti zapošljavaju svega 6% do 8% istraživača u Hrvatskoj. U razvijenim zemljama taj je iznos jednak 40% do 70% (U Europskoj uniji 50%, a u zemljama OECD 65%). Stoga je Uprava za tehnologiju Ministarstva znanosti i tehnologije uputila prijedlog Vladi RH hrvatskog inovacijskog tehnološkog razvitka u kojem se naglašava korištenje resursa sveučilišta i javnih instituta za potrebe tehnološkog razvitka Hrvatske.

Program obuhvaća dva podprograma:

1.1. TEhnološki iSTraživačko-razvojni projekti (TEST)

Svrha je smanjivanje tehnološkog zaostajanja Hrvatske za svijetom kroz suradnju znanstvenog sektora s industrijom i ostalim gospodarskim subjektima na istraživanju i razvoju tehnologija koji imaju značajan gospodarski potencijal.

Cilj je unaprijediti suradnju znanstvene zajednice (znanstvenike i istraživače) i gospodarstvenike u pogledu rješavanja konkretnih tehnoloških, proizvodnih i poslovnih problema radi plasmana proizvoda na tržište, te praćenja možebitnog prijenosa najnovijih tehnoloških saznanja, metoda i tehnika. Kao krajnji rezultat očekuje se oživljavanje istraživanja u gospodarstvu, odnosno osnaživanje postojećih i nastanak novih istraživačko-razvojnih jezgri u industriji korištenjem domaćih znanstveno-istraživačkih potencijala.

Očekivani rezultati:

a) **Kratkoročni** – brza i učinkovita potpora postojećim i podfinanciranim primijenjenim i razvojnim istraživanjima te stimuliranje znanstvenika na pokretanje novih tehnoloških istraživačko-razvojnih projekata koji mogu potaknuti dodatna ulaganja industrijskih i ostalih gospodarskih poduzeća.

b) **Dugoročni** – trajna suradnja javnog znanstvenoistraživačkog i gospodarskog sektora; sustavni razvoj industrijskih istraživanja; smanjivanje tehnološkog jaza Hrvatske i svijeta; podizanje opće tehnološke razine gospodarstva, tj. unapređenje postojećeg stanja tehnike i tehnologije; stvaranje novih proizvodnih/poslovnih programa, industrijskih i gospodarskih grana, te sektora i dr.

Korisnici programa su nositelji i predlagatelji projekata. Nositelji projekata mogu biti: sve pravne osobe upisane u Upisnik znanstveno-istraživačkih pravnih osoba MZT-a; sve pravne osobe upisane u Upisnik visokih učilišta MZT-a; znanstvenici i istraživači posredstvom registriranih znanstvenoistraživačkih i znanstvenonastavnih ustanova i jedinica. Predlagatelji projekata mogu biti nositelji projekata iz pret-

hodnog stavka te gospodarska poduzeća i ostale pravne osobe ako je nositelj projekta jedna od gore navedenih pravnih osoba.

1.2. RAZVOJ NA ZNANJU UTEMELJENIH PODUZEĆA (RAZUM)

Svrha Programa je poticanje razvoja na znanju utemeljenih poduzeća i tehnologijsko osuvremenjivanje poduzeća razvijanjem postojećih i/ili uvođenjem novih proizvodnih i uslužnih programa, prvenstveno uključivanjem domaćih znanstvenoistraživačkih resursa sa sveučilišta i javnih instituta. Učinkovitost programa mjeri se razinom ostvarenom tržišnog uspjeha poduzeća. Neki od kratkoročnih ciljeva su pokretanje i razvijanje novih poduzeća temeljem novih ili značajno unaprijeđenih tehnologija, te razvijanje tzv. akademskog poduzetništva; tehnologijsko osuvremenjivanje postojećih poduzeća itd. Neki od srednjeročnih ciljeva su podizanje opće tehnologijske razine gospodarstva tj. unapređenje postojećeg stanja tehnike i tehnologije te poticanje stvaranja novih proizvodnih programa/industrijskih grana; razvoj konkurentne prednosti u međunarodnim razmjerima; priprema domaćih poduzeća za sudjelovanje u međunarodnim programima za razvoj novih tehnologija; privlačenje stranih fondova itd.

Korisnici ovog Programa mogu biti: potencijalni poduzetnici, odnosno hrvatski državljani koji žele osnovati novo poduzeće u Hrvatskoj temeljem razvoja ili uvođenja novog proizvoda ili tehnologija; poduzeća koja imaju sjedište u Hrvatskoj, u pretežitom su privatnom vlasništvu i upravljački su neovisna od drugih poduzeća.

Potrebno je također napomenuti da je program HITRA prvi program Vlade koji direktno potiče i financira znanje, ideje u funkciji gospodarskog razvoja. Program HITRA je pilot program koji se razvija kao komplementaran program ostalim Vladinim nastojanjima da revitalizira gospodarstvo, posebno u domeni malog i srednjeg poduzetništva, ali i pruža mogućnost poduzetnicima da direktno surađuju s fakultetima i institutima kroz ova dva podprograma.

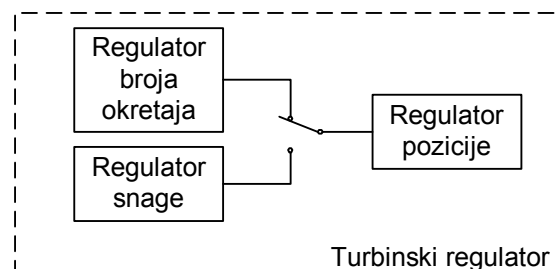
2. UVOD U TURBINSKI REGULATOR

Turbinski regulator razvijen u Brodarskom institutu jedini je turbinski regulator razvijen u Hrvatskoj. Razne inačice regulatora instalirane su na hidroelektranama HE Miljacka (4 regulatora), HE Gojak (1), HE Sklope (1) i HE Zavrelje (1). Međutim, regulator nije ponuđen tržištu

drugim firmama ili poduzetnicima nego ga je instalirao samo Brodarski institut. S obzirom da je osnovna namjena Brodarskog instituta prije svega razvoj uređaja i opreme, a ne i njihova ugradnja pojavila se potreba za pripremu regulatora za mogućnost ugradnje istog posredstvom drugih firmi ili poduzetnika. S obzirom na iskustva stečena dosadašnjim radom na turbinskoj regulaciji općenito upotrebom programa HITRA, tj. podprograma TEST izradio bi se prototip turbinskog regulatora prilagođenog za ugradnju od strane nekog poduzeća. Stoga će se ponuditi više inačica regulatora, kako hardverskih tako i softverskih, ovisno o potrebama za pojedine elektrane (agregate).

3. MINIMALNA KONFIGURACIJA TURBINSKOG REGULATORA

Minimalna konfiguracija turbinskog regulatora je konfiguracija u kojoj su sadržane sve funkcije koje su potrebne da bi regulator mogao izvoditi funkciju turbinske regulacije. Ovakav regulator u minimalnoj konfiguraciji zadovoljava međunarodne norme i preporuke (hrvatske ne postoje) (ISO/IEC recommendation 308, IEC 61362).



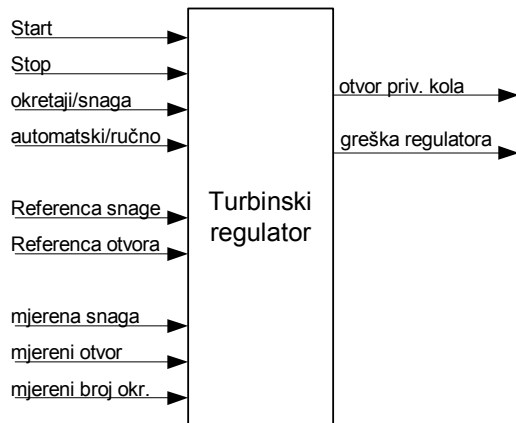
Slika 1: Minimalna konfiguracija turbinskog regulatora

Signali koji se razmjenjuju s okolinom su sljedeći:

- nalog za start
- nalog za stop
- nalog za regulaciju po broju okretaja ili regulaciju po snazi
- nalog za automatsko ili ručno upravljanje
- referenca otvora
- referenca snage
- mjereni signal snage
- mjereni signal broja okretaja
- mjereni signal otvora privodnog kola
- otvor privodnog kola
- greška regulatora.

Posljednja dva signala su izlazni

Signali turbinskog regulatora prikazani su na slici 2. Ova konfiguracija u potpunosti zadovoljava osnovnu funkciju turbinskog regulatora, a to je regulacija otvora, broja okretaja ili radne snage ovisno o zadanim ulazima regulatoru. Međutim, da bi se poboljšala robusnost, kvaliteta rada, upravljivost itd. dodaju se na minimalnu konfiguraciju napredne funkcije turbinskog regulatora. Naravno, te funkcije zahtijevaju određene hardverske i softverske resurse.



Slika 2: Signali turbinskog regulatora (minimalne konfiguracija)

4. NAPREDNE FUNKCIJE TURBINSKOG REGULATORA

Napredne funkcije turbinskog regulatora dijele se u više grupa funkcija i to: funkcije za povećanje kvalitete rada, funkcije za povećanje robusnosti rada, funkcije za daljinsko vođenje, funkcije za lokalno vođenje, funkcije za upravljanje pogonima kojima su dio sustava turbinske regulacije, itd.

4.1. Funkcije za povećanje kvalitete rada

U ove funkcije ubrajaju se funkcija za automatsko prepoznavanje i prelazak iz rada u izoliranom sustavu na elektroenergetski sustav i obratno te funkcija regulacije po nivou. Primjer funkcije za automatski prelazak iz rada u izoliranom sustavu i obratno detaljnije je objašnjen u radovima (2), (3) i (4). Funkcija regulacije po nivou često se primjenjuje kao nadogradnja turbinskog regulatora, osobito na elektranama s relativno malim udjelom u ukupnom iznosu snage nekog elektroenergetskog sustava. Ovakvu nadogradnju turbinskih regulatora Brodarski institut realizirao je na HE Miljacka i na HE Zavrelje. Na ovu nadogradnju može se uvezati i upravljanje ulaznim uređajem.

4.2. Funkcije za povećanje robusnosti rada

Ova grupa funkcija ugrađuje se u turbinski regulator zbog prijelaznih režima rada u koje se ubrajaju i režimi uzrokovani greškama u sustavu turbinske regulacije ili promjenama uzrokovanih vanjskim utjecajem. Funkcije koje se koriste u slučaju pojave greške u sustavu turbinske regulacije su:

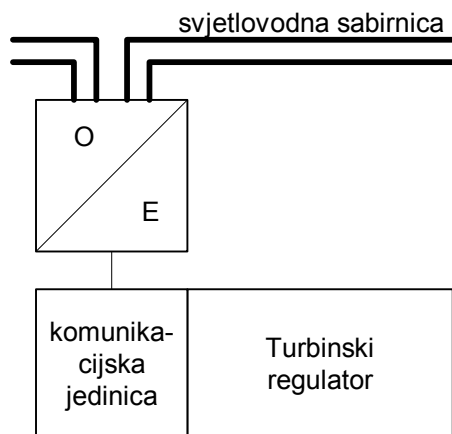
- funkcija za otkrivanje neispravnosti rada u sustavu pozicioniranja privodnog kola te prilagodba na rad u uvjetima kada je neispravan senzor tj. ispravan je aktuatorski dio
- funkcija za otkrivanje greške u sustavu regulacije snage i prilagodba estimacijom snage u slučaju da je neispravan senzor snage
- funkcija za otkrivanje greške u sustavu mjerenja broja okretaja i prilagodba na kvar sustava u takvim uvjetima rada.

Funkcija koja reagira na posljedice vanjskih utjecaja na rad sustava turbinske regulacije je:

- funkcija za adaptaciju sustava turbinske regulacije kod ispada generatorskog prekidača. Namjena ove funkcije je vraćanje agregata na nazivni broj okretaja prilikom ispada generatorskog prekidača, kada je mehanička snaga puno veća od električne jer agregat nije priključen na sabirnice elektroenergetskog sustava, kako ne bi došlo do pobjega agregata.

4.3. Funkcije za daljinsko i lokalno vođenje sustava turbinske regulacije

Usko su povezane s hardverom. Za daljinsko vođenje koriste se komunikacijski procesori (s komunikacijskim protokolima) koji su spojeni na procesni LAN elektrane. Poželjno je da su sabirnice LAN-a izvedene uz pomoć svjetlovođa kako bi se izbjegli problemi s elektromagnetskom kompatibilnošću jer je opće poznata činjenica da su elektrana kao takva i sustavi koji je čine bogati izvori elektromagnetskih smetnji. Za lokalno upravljanje koriste se Operaterski paneli koji su također povezani s turbinskim regulatorom uz pomoć procesnih sabirnica. Procesne mreže (ili općenito računarske) koriste se za povezivanje sustava zbog svojih prednosti u odnosu na klasično ožičenje (npr. smanjenje ožičenja, održavanja, interoperabilnost, jednostavna proširljivost, ...).



Slika 3: Spajanje turbinskog regulatora na LAN elektrane

4.4. Kronološka registracija događaja i sinkronizacija vremena

S obzirom da se u sustavu turbinske regulacije pojavljuje, kao i u svim složenijim sustavima vođenja i upravljanja, mnoštvo događaja potrebno ih je kronološki registrirati kako bi se u slučaju pojave kvara mogao isti kvar lakše detektirati ili ukloniti. Zadatak sustava turbinske regulacije je da kvar detektira i tako olakša otklanjanje istog. S obzirom da je bitno i vrijeme pojave kvara te redosljed pojave potrebno je svakom događaju pridijeliti i realno vrijeme i tako taj podatak postaje podatak u realnom vremenu. Sinkronizacija samog regulatora izvodi se najčešće (gotovo uvijek) preko procesnog LAN-a elektrane.

4.5. Funkcije za povezivanje turb. reg. i sinkronizatora



Slika 4: Povezivanje sinkronizatora i turbinskog regulatora

Sinkronizator i turbinski regulator povezuju se preko signala kao što je pokazano na slici 4. Turbinski regulator daje nalog za start sinkronizacije i stop (u slučaju nekog događaja koji odstupa iz automatske sekvence i zahtjeva

prekid sinkronizacije). Sinkronizator daje naloge za povećanjem ili smanjenjem broja okretaja turbinskom regulatoru, te u slučaju neopretilnosti signal kvar sinkronizatora.

4.6. Funkcije za vođenje pogona direktno vezanih uz turbinsku reg.

Ovisno o veličini elektrane i količini pogona (tj. procesa) na elektrani, turbinski regulator često puta preuzima ulogu vođenja tih pogona. To su slijedeće funkcije:

- upravljanje hidrauličnim agregatom - budući da je hidraulični agregat usko vezan uz turbinski regulator gotovo uvijek se vođenje i nadzor hidrauličkog agregata obavlja turbinskim regulatorom
- upravljanje predturbinskim zatvaračem – slično kao i kod hidrauličnog agregata i kod predturbinskog zatvarača turbinski regulator gotovo uvijek preuzima vođenje i nadzor istog
- upravljanje ulaznim uređajem – usko je vezano uz regulaciju razine koju također obavlja turbinski regulator pa je također nužno zbog smanjenja kaskadiranja da upravlja i ulaznim uređajem
- nadzor temperature ležajeva – vezano je uz turbinu pa se često puta uvodi u sustav upravo kao dodatna funkcija turbinskog regulatora
- hlađenje ležajeva – nadgradnja funkcije nadzora temperature vođenjem pumpi za hlađenje ležajeva
- upravljanje visokotlačnim pumpama – prilikom starta nedovoljno je podmazivanje ležajeva, a ovaj problem posebno je izražen kod agregata s vertikalno postavljenom osovinom, visokotlačna pumpa osigurava potrebno podmazivanje i time štiti ležaj
- monitor brzine – s obzirom da turbinski regulator zbog regulacije brzine mora imati precizan podatak o brzini, kao nadgradnja funkcije mjerenja brzine uvodi se monitor brzine koji daje diskretne (binarne) informacije, ovisno o trenutnoj brzini agregata
- kočenje agregata – kako je monitor brzine ugrađen u turbinski regulator tako se pojedini signali monitora brzine podešavaju tako da se omogući vođenje sustava mehaničkog kočenja turbine
- upravljanje sustavom uzbude i električnog kočenja – slično kočenju agregata, vezano je uz iznos brzine agregata te se i to upravljanje izvodi preko monitora brzine s jasno definiranim razinama okidanja pojedinih izlaza

5. HARDVERSKA IZVEDBE

Ocjena isplativosti pojedinog tipa hardvera provest će se kroz tri osnovne faze razvoja i eksploatacije turbinskog regulatora, a usporedit će se razvoj vlastitog hardvera procesne jedinice (mikrokontroler) ili kupnja programabilnih logičkih kontrolera (PLJ – engl. PLC Programmable Logic Controller).

5.1. Razvoj

- mikrokontroler
 - naglasak na razvoju hardvera
 - skuplja izvedba od PLJ
 - teža nadogradnja – ponovni razvoj hardvera
 - manje raspoloživih komunikacijskih protokola
 - posebna pozornost na EMC
 - potrebno ishodaenje certifikata (atesta)
- PLJ
 - nepotreban razvoj hardvera
 - jeftinija izvedba od mikrokontrolera
 - lakša nadogradnja – dodatni moduli
 - mnoštvo komunikacijskih protokola
 - provjerena EMC kompatibilnost
 - atestirani proizvod

5.2. Proizvodnja (serijska-masovna)

Ovisi o količini regulatora koji će se implementirati na hidroelektranama.

- mikrokontroler
 - jeftinija za masovnu proizvodnju
 - potreban pogon za proizvodnju
- PLJ
 - skuplja za masovnu proizvodnju
 - za izradu dovoljna radionica

5.3. Eksploatacija (održavanje)

- mikrokontroler
 - ovisnost o proizvođaču hardvera (proizvođač je obično manja firma)
 - teže održavanje
 - manje raspoloživih pričuvnih dijelova na tržištu
 - nema garancije za osiguranje pričuvnih dijelova kroz duže razdoblje
- PLJ
 - ovisnost o proizvođaču hardvera (velika korporacija)
 - lakše održavanje
 - mnoštvo raspoloživih pričuvnih dijelova iz više izvora
 - garancija s obzirom na masovnost komponenata za osiguranje pričuvnih dijelova kroz duže vrijeme

6. ZAKLJUČAK

6.1. O Programu HITRA

Uvođenjem pilot Programa hrvatskog inovacijskog tehnologijskog razvitka MZT RH pokazala je jasnu namjeru za povećanjem tehnologijskih dostignuća ove države, te dala osnovne smjernice i potporu kako znanstvenicima tako i poduzetnicima. Naglasila je važnost prije svega hrvatskog proizvoda i hrvatske pameti te to dvoje pokušala zbližiti. U praksi je zapravo primijenila dobro poznat model razvijenih zemalja. Jer upravo sve razvijene zemlje kretale su se, a i dan danas funkcioniraju na takav način.

6.2. O turbinskom regulatoru

Sustav turbinske regulacije jedan je od vitalnih sustava hidroelektrana. Napretkom tehnologije moguća su uz neznatno veća hardverska ulaganja znatna poboljšanja rada sustava turbinske regulacije, osobito robusnosti i kvalitete regulacije. Isto tako, korištenjem masovnih standardnih komponenata u velikim poslovnim sustavima kao što je Hrvatska elektroprivreda pojednostavljuje se održavanje sustava u cjelini i snizuju se značajno troškovi održavanja.

7. LITERATURA

(1) Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, HITRA – zbirka programskih dokumenata, 2002, ISBN: 9536755-05-X.

(2) Strah B., Regulacija vodnih turbina s prilagodбом na kvarove u sustavu pozicioniranja lopatica, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 2000

(3) Strah B., Milneršić Z., Tićak L., Horvat K., Kuljača O., Novi turbinski regulator na HE Sklope, Zbornik radova četvrtog simpozija o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema, pp. 381-384, CIGRE, Cavtat 2000.

(4) Horvat K., Linarić D., Borović B., Model sustava regulacije brzine vrtnje agregata na HE Sklope, Zbornik radova petog simpozija o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema – Grupa 38 – Analiza i tehnika EES-a, pp. 91-100, CIGRE, Cavtat 2001.

(5) Strah B., Kuljača O., Horvat K., Korlević D., Novi turbinski regulator na HE "Miljacka", Zbornik radova trećeg simpozija o sustavu vođenja elektroenergetskog sistema, pp. 63-66, CIGRE, Cavtat 1998.