

TEHNIČKO REŠENJE

(Bitno poboljšan postojeći proizvod, kategorija M84)

Regulator pobude DARP-20 agregata A1 i A2 u TE "Kolubara A"

Autori: Đorđe Stojić, Milan Milinković, Slavko Veinović, Dušan Joksimović, Nemanja Miložić, Ilija Klasnić, Dušan Arnautović

Urađeno za: Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"

Korisnik: Termoelektrana "Kolubara A", EPS, Srbija

Datum puštanja uređaja u rad: 2.3.2015.

Rešenje primenjuje: Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"

Verifikacija rezultata: Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"

Način korišćenja: Regulator DARP-20 predstavlja uređaj sa upravljačkim funkcijama, kao i sa funkcijom energetskog pojačavačkog stepena baziranog na tranzistorskom izlaznom stepenu, objedinjenim u jedinstvenu celinu. Uređaj služi za regulaciju pobude sinhronog generatora sa budilicom u pobudnom kolu generatora.

1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi

Tehničko rešenje pripada oblasti primarne regulacije sinhronih generatora sa budilicama u kolu pobude generatora. Novi kvalitet, u poređenju sa postojećim rešenjima u okviru navedene razvojne celine, predstavlja činjenica da su u okviru jedinstvenog uređaja realizovane upravljačko-zaštitne funkcije karakteristične za pobudni sistem, zajedno sa novim vidom izlaznog pojačavačkog stepena baziranom na impulsno širinski kontrolisanim tranzistorskim pretvaračem. Na taj način omogućena je primena uređaja u pobudnim sistemima generatora sa budilicom u kome je energetski stepen regulatora pobude napajan jednosmernim naponom.

2. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava

Pobudni sistemi sinhronih generatora, uključujući generatore sa budilicama u kolu pobude, neretko podrazumevaju odvojenu realizaciju upravljačkog i izlaznog pojačavačkog stepena. Ipak, u slučajevima pobude malih generatorskih jedinica, sa ili bez budilice, od posebnog je interesa mogućnost integracije pojačavača snage i upravljačke elektronike u jedinstvenu celinu. U tom smislu, u okviru tehničkog rešenja je prikazana realizacija pobude sinhronog generatora sa tranzistorskim pojačavačkim stepenom i upravljačkim stepenom u kome su objedinjene regulacione, zaštitne i komunikacione funkcije karakteristične za pobudne sisteme. Takođe, u okviru uređaja su implementirane funkcije korisne pri regulaciji pobude agregata u malim hidroelektranama - regulator reaktivne snage, kao i regulator faktora snage generatora.

3. Stanje rešenosti problema u svetu

U ponudi postoje uređaji za pobudu sinhronih generatora sa tranzistorskim izlaznim stepenom, ali sa, u poređenju sa novim uređajem, manje ulazno-izlaznih signala neophodnih za uklapanje uređaja u sistem upravljanja agregatom, kao i sa manjim brojem različitih tipova i

različitog broja kanala komunikacije od uređaja ka nadređenim upravljačkim i nadzornim sistemima. Takođe, za razliku od postojećih novi uređaj omogućava rad sa različitim topologijama izlaznog tranzistorskog energetskog pretvarača, sa radom u širem opsegu izlaznih snaga.

4. Objašnjenje suštine tehničkog rešenja

U poređenju sa postojećim, novo unapređeno rešenje predstavlja verziju regulatora pobude sa objedinjenim regulacionim, komunikacionim, zaštitnim funkcijama, kao i funkcijom energetskog pojačavača, u kojoj je izlazni energetski stepen realizovan u formi tranzistorskog pretvarača. Takođe, implementirana je pretvaračka tranzistorska struktura koja omogućava paralelno povezivanje više uređaja, koji bi na taj način predstavljali međusobno redundantne jedinice u radu sa vrućom rezervom.

5. Detaljan opis tehničkog rešenja sa karakteristikama

U okviru regulatora pobude sinhronih generatora postoji više različitih funkcionalnih celina: energetski pretvarač, merni pretvarači, regulator, upravljanje i zaštita. Pomenute funkcionalne celine potrebno je projektovati u skladu sa tehničkim karakteristikama predmetnog sinhronog generatora, kao i u skladu sa opštim specifikacijama karakterističnim za pobude sinhronih generatora.

Tehničko rešenje predstavlja sistem regulacije pobude agregata A1 i A2 u TE „Kolubara A“ u Lazarevcu. U pomenutim slučajevima pobudni sistem agregata uključuje i jednosmerne budilice, sa izlaznim stepenom regulatora pobude priključenim u pobudno kolo budilice. U tom slučaju izvršnu regulacionu veličinu upravljačkog sistema predstavlja napon pobude budilice, koji generiše izlazni tranzistorski stepen regulatora pobude. Takođe, energetski stepen regulatora pobude napojen je sa izlaznim naponom jednosmerne pilot budilice.

Osnovni doprinos tehničkog rešenja sastoji se u tome što je uređaju pobude sinhronog generatora sa objedinjenim upravljačkim, komunikacionim i zaštitnim funkcijama dodat i izlazni pretvarački stepen realizovan u tranzistorskoj tehnologiji, u obliku koji omogućava paralelno povezivanje više redundantnih pobudnih sistema.

U nastavku opisana je struktura pobudnog sistema, zajedno sa prikazom karakteristika svih funkcionalnih celina implementiranih u okviru sistema.

5.1. Opis sistema pobude

Predmetni sistem pobude predstavlja regulisani energetski pretvarač za napajanja glavne budilice generatora. Izlazni stepen pobude napaja se pomoću jednosmerne pilot budilice, koja predstavlja generator jednosmerne struje sa sopstvenom paralelnom pobudom. Izlazni napon pomoćne budilice pri nominalnoj brzini agregata iznosi 100 V, te i tranzistorski pretvarački stepen treba da bude projektovan u skladu sa ovim naponom napajanja.

Sistemi pobuda predstavljaju regulisane izvore napajanja pobudnog namotaja glavne budilice sinhronog generatora. Potrebna energija za sistem pobude se preuzima iz pomoćne budilice. Pomoćna budilica predstavlja generator jednosmerne struje sa sopstvenom paralelnom pobudom. Glavna budilica, sa druge strane, predstavlja generator jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom, čiji je izlaz priključen u pobudno kolo generatora.

Oba sistema pobude agregata A1 i A2 realizovani su u dvokanalnoj izvedbi, u formi dva identična redundantna uređaja u paralelnom radu, gde prilikom kvara na kanalu u radu dolazi do automatskog prelaska na redundantni rezervni kanal, bez značajnih promena vrednosti regulisanih veličina agregata. Na ovaj način povećana je pouzdanost i raspoloživost pobudnog sistema, gde oba redundantna kanala imaju identična podešenja statičkih i dinamičkih karakteristika regulacije pobude.

Razmeštaj opreme sistema pobude je sledeći:

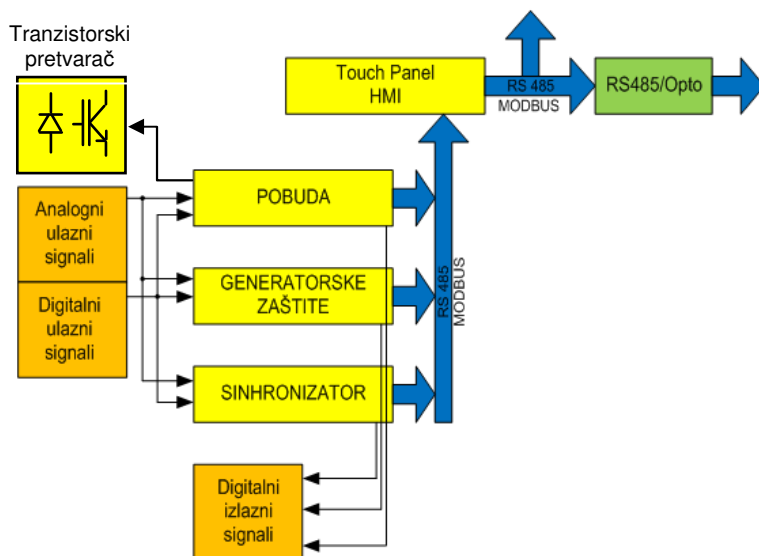
- u komandnoj prostoriji elektrane je smešten ormar u kojem se nalaze novi regulatori sistema pobuda agregata A1 i A2 sa pratećom opremom,
- u boksovima, na koti ispod generatora, se nalazi deo energetske opreme sistema pobude (prekidač demagnetizacije, otpornici za demagnetizaciju, priključna mesta ka energetskom delu sistema pobude, priključna mesta mernih krugova...).

Ormar sistema pobude agregata A1 i A2 se sastoji iz dva međusobno spojena dela. U levom delu (gledano spređa) se nalaze regulatori napona oba pobudna sistema sa pratećom komandno-signalnom opremom i priključnim mestima ka drugim sistemima, dok se u desnom delu se nalazi oprema za sistem akvizicije signala sa upravljačkim panelom sistema.



Sl. 1. Izgled prednje strane ormara pobude

Na Slici 2 dat je prikaz blok šeme upravljačkog sistema zajedno sa novim regulatorima pobude agregata.



Sl. 2. Upravljački sistem agregata sa integrisanim sistemom pobude

Regulator pobude u zajedničkom reku uključuje sledeće funkcionalne celine:

- digitalni regulator sa objedinjenim upravljačkim, zaštitnim i signalizacionim funkcijama,
- blok mernih pretvarača,
- blok digitalnih ulaza i digitalnih izlaza,
- komunikacioni blok, koji omogućava dve galvaniski izolovane serijske veze po industrijskom fildbas protokolu Modbus RTU sa nadređenim upravljačkim SCADA sistemom, kao i sa komandnim tač panelom ugrađenom u okviru ormana pobude,
- blok tranzistorskog pojačavača koji služi za pobuđivanje glavne budilice.

Karakteristike ulazno-izlaznih kartica su:

- naponski merni AC ulazi u opsegu 100V / 50Hz,
- strujni merni AC ulazi u opsegu 1A,
- digitalni ulazi 24V,
- digitalni izlazi 24V,
- sinhronizacioni AC naponski ulaz u opsegu od 0 do 100V,

Komandovanje sistemom pobude se vrši sledećim komandama:

- pobuda više/niže,
- izbor režima rada

Signalizacija sistema pobude:

- opomena u sistemu pobude,
- kvar u sistemu pobude

Izlazni tranzistorski stepen ima sledeće karakteristike:

- ulazni napon stepena 100 VDC,

- izlazna napon u opsegu 0-100 VDC,
- maksimalna izlazna struja 30 A.

5.2. Režimi rada regulatora

U okviru regulatora pobude definisano je pet režima rada:

- automatski režim,
- rezervni režim,
- test režim,
- režim regulacije reaktivne snage,
- režim regulacije faktora snage.

5.2.1. Automatski režim rada

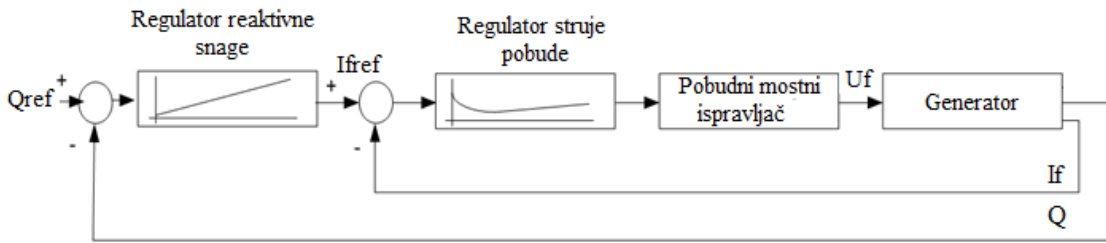
U okviru automatskog režima rada regulatora vrši se automatska regulacija napona statora generatora. Realizovan je u formi sekvencijalnog PI regulatora, sa efektivnom vrednošću statorskog napona kao ulaznom i komandom impulsne širinske modulacije kao izlaznim signalom.

5.2.2. Ručni režim rada

Ručni režim rada se aktivira automatski u slučaju gubitka merenja statorskog napona generatora, kada regulator automatski prelazi na rezervnu regulaciju struje pobude generatora. Rezervni regulator je realizovan u formi sekvencijalnog PI regulatora

5.2.3. Regulacija reaktivne snage

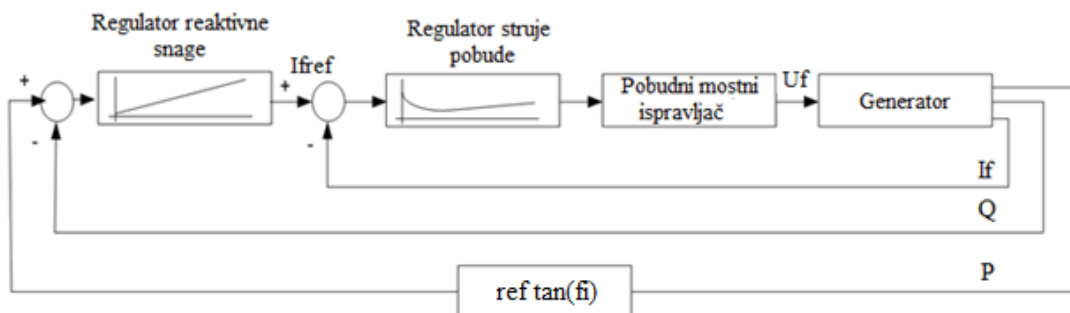
Šema regulacije reaktivne snage prikazana je na slici 3. Ona je realizovana u formi kaskadnog regulatora, čiju unutrašnju petlju predstavlja regulator struje pobude, dok spoljnu petlju predstavlja inkrementalni regulator reaktivne snage, čiji izlaz predstavlja referenca struje pobude dok mu ulaz predstavlja signal greške reaktivne snage. Referentna vrednost reaktivne snage zadaje se direktno pomoću komandnog SCADA sistema ili preko upravljačkog tač panela.



Sl. 3. Blok dijagram regulatora reaktivne snage

5.2.4. Regulacija faktora snage

Regulacija faktora snage generatora takođe ima formu kaskadnog regulatora, čiju unutrašnju petlju predstavlja regulator struje pobude, dok spoljnu petlju predstavlja integralni regulator reaktivne snage. Referentna vrednost reaktivne snage proračunava se na osnovu trenutne vrednosti aktivne snage i zadate referentne vrednosti tangensa ugla snage. Šema sistema za automatsko upravljanje faktorom snage generatora u zatvorenoj povratnoj sprezi data je na slici 4.



Sl. 4. Blok dijagram regulatora faktora snage

Tehničke karakteristike uređaja DARP-20:

Nominalni napon regulatora pobude:.....	60 V
Nominalna struja pobude budilice:.....	5 A
Napon napajanja upravljačke elektronike.....	24 V
Snaga napajanja upravljačke elektronike:.....	40 W
Opseg promene pobudnog napona:	0 - 150 V
Opseg promene pobudne struje:.....	0 - 15 A
Merenje napona statora :.....	0 - 150 V
Merenje struje pobude	0 - 10 A
Merenje struje statora	0 - 2 A
Zaštite:.....	prekostrujna, prenaponska
Komunikacija:.....	RS 232, Modbus RTU preko RS 485
Radna temperatura:	0 ÷ 70 °C
Relativna vlažnost vazduha:.....	do 90%
Stepen zaštite :	IP20

6. Realizacija tehničkog rešenja

Tehničko rešenje je primenjeno, odnosno, ugrađeno kao deo primarne regulacione opreme agregata A1 i A2, u okviru TE "Kolubara A", EPS, Srbija.

7. Mogućnosti primene tehničkog rešenja

Kod generatora manjih snaga pored primarne regulacije napona, neophodno je implementirati i regulatore reaktivne snage, odnosno faktora snage agregata. Otuda, bez obzira na vrednost napona statora generatora, regulator će, pri regulaciji faktora snage, na osnovu trenutne vrednosti aktivne snage i zadate referentne vrednosti tangensa ugla snage regulisati trenutnu vrednost reaktivne snage. Pored primene na agregatima većih snaga sa jednosmernom i naizmjeničnom budilicom, predložene rešenje je moguće upotrebiti i u slučajevima manjih agregata sa rotacionom beskontaktnom pobudom, kakvi se često sreću u slučajevima agregata ugrađenih u malim hidroelektranama.



Електротехнички Институт
„Никола Тесла“
Косте Главинића бр. 8А
11000 Београд

За Немања Милојчић

ПРИВРЕДНО ДРУШТВО

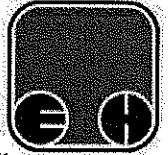
ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ

НИКОЛА ТЕСЛА д.о.о.

11500 Обреновац, Богољуба Урошевића Црног 44

Тел: 011/875-50-11; Факс: 011/875-55-00

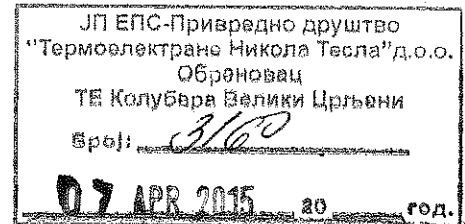
<http://www.tent.rs>



Огранак ТЕ „Колубара“

11563 Велики Црљени 3. Октобра 146

Тел: 011/8162-320; Факс: 011/8121-063



Предмет:

ИЗЈАВА

Овом изјавом потврђујемо да је Електротехнички институт "Никола Тесла" а.д. из Београда развио, пројектовао, израдио и пустио у рад следеће уређаје:

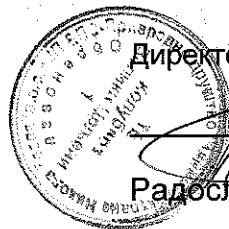
1. Систем побуде агрегата А1
2. Систем побуде агрегата А2

Уређаји су реализовани на основу уговора бр. 02/4421 од 15.9.2014.(26585 од 12.09.2014 год) год. Уређаји су пуштени у рад у октобру (агрегат А2) и децембру (агрегат А1) 2014. године.

За ТЕ "Колубара А"

Одговорно лице:

Иван Митровић, дипл.инж.ел.



Директор ТЕ

Радослав Милановић, дипл.инж

У Великим Црљенима, 7.4.2015. год.

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA

Regulator pobude DARP-20 kućnih agregata A1 i A2 u TE "Kolubara A"

(Bitno poboljšan postojeći proizvod, kategorija M84)

U okviru prikaza tehničkog rešenja obuhvaćen je opis pobude sinhronih generatora agregata A1 i A2 u TE „Kolubara A“, generatora sa jednosmernom budilicom sa nezavisnom pobudom. Regulator predstavlja celinu u okviru koje su realizovane upravljačke, zaštitne i signalizaciono-komunikacione funkcije tipične za sistem pobude generatora. Uređaj je realizovan kao kompaktna celina, koja omogućava rad sa tranzistorskim pojačavačkim stepenima različitih snaga i topologija. U poređenju sa postojećim uređajima slične namene, uređaj omogućava rad sa širim skupom ulazno-izlaznih signala, kao i sa više različitih tipova industrijskih komunikacionih protokola sa nadređenim upravljačkim sistemom.

Zajedno sa standardnim regulacionim funkcijama - upravljanjem statorskim naponom generatora i strujom pobude budilice, u regulatoru su realizovane i funkcije regulacije reaktivne snage i faktora snage agregata. Takođe, izlazni pojačavački stepen je projektovan tako da omogućava i paralelan rad više međusobno redundantnih regulatora pobude, čime je povećan stepen pouzdanosti i raspoloživosti sistema pobude generatora.

U Beogradu, 11.5.2015. godine

Recenzent



Dr Tomislav Šekara, vanredni profesor

RECENZIJA TEHNIČKOG REŠENJA

Regulator pobude DARP-20 agregata A1 i A2 u TE "Kolubara A"

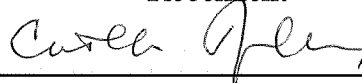
(Bitno poboljšani postojeći proizvod, kategorija M84)

Tehničko rešenje unapređeni tip regulatora pobude sinhronog generatora sa budilicom, ugrađen na agregatima A1 i A2 u TE „Kolubara A“. U okviru regulatora realizovane su tipične upravljačko-zaštitne funkcije, kao i energetski tranzistorski pojačavački stepen, koji omogućava paralelan rad više međusobno redundantnih jedinica. Uređaj predstavlja kompaktnu upravljačku celinu, koja omogućava rad sa integrisanim stepenima energetskih pretvarača različitih snaga i različitih topologija. U poređenju sa postojećim rešenjima, uređaj omogućava rad sa proširenim skupom ulazno-izlaznih signala, kao i sa više različitih tipova komunikacije sa nadređenim upravljačko-nadzornim sistemom.

Tehničko rešenje obuhvata detaljan opis karakteristika ulazno-izlaznih signala, regulacionih funkcija, kao i uređaja kao celine.

U Beogradu, 11.5.2015. godine

Recenzent



Dr Stevica Graovac, vanredni profesor

11 JUN 2015

200 god.
BEOGRAD

**ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ИНСТИТУТ
„НИКОЛА ТЕСЛА“ - НАУЧНО ВЕЋЕ**

МИШЉЕЊЕ СТРУЧНОГ ТЕЛА

Техничко решење „Регулатор побуде DARP-20 агрегата А1 и А2 у ТЕ "Колубара А"“

Аутори: др Ђорђе Стојић, Милан Милинковић, Славко Веиновић, мр Душан Јоксимовић, Немања Милојичић, Илија Класнић, др Душан Арнаутовић

Категорија техничког решења: М84

Научно веће Електротехничког института „Никола Тесла“ је на 48. седници одржаној 09.06.2015. године дало позитивно мишљење на рецензије проф. др Томислава Шекаре (ЕТФ Београд) и проф. др Стевице Граовца (ЕТФ Београд) техничком решењу аутора др Ђорђа Стојића, Милана Милинковића, Славка Веиновића, мр Душана Јоксимовића, Немање Милојичића, Илије Класнића и др Душана Арнаутовића под насловом „Регулатор побуде DARP-20 агрегата А1 и А2 у ТЕ "Колубара А"“. Научно веће прихвата процењени ранг техничког решења М84 (аутори су поднели доказе у виду две потписане рецензије и овереног мишљења корисника ЈП ЕПС-ПД ТЕНТ), у складу са „Правилником о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача“ од 21. марта 2008. године.

Београд,
11.06.2015.



Председник Научног већа Института,

Др Александар Николић, научни сарадник