

B4-00

GRUPA B4: HVDC I ENERGETSKA ELEKTRONIKA

IZVEŠTAJ STRUČNIH IZVEŠTILACA

V. KATIĆ*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
P. PEJOVIĆ, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd
SRBIJA I CRNA GORA

Studijski komitet B4 - Jednosmerni prenos i oprema energetske elektronike (STK B4) prezentira rezultate svoje aktivnosti - referate iz oblasti primene uređaja energetske elektronike u elektroenergetskim sistemima. Uspešan rad, bogata diskusija i veliko interesovanje, koje je ova problematika izazvala na prethodnim savetovanjima navele su ga da za XXVII Savetovanje JUKO CIGRE-a predloži tri preferencijalne teme:

1. Prenos jednosmernom strujom (HVDC) i fleksibilni sistemi naizmenečne struje (FACTS): Studije pogodnosti primene, Nove primene i projekti, uključujući povezanost sa okolinom, Upravljanje i komunikacija, Iskustva iz pogona.
2. Primene energetske elektronike i inovacije u novim oblastima: Distribuirani sistemi, Kvalitet električne energije (PQ), Distribuirana proizvodnja, Elektrane na vetar.
3. Sistemi energetske elektronike: Sistemi za besprekidno napajanje transformatorskih stanica, elektrana i dispečerskih centara, Energetski pretvarači i regulatori za elektroprivredna postrojenja, Statički kompenzatori, Konceptija, realizacija i ispitivanje opreme energetske elektronike, uključujući upravljanje i zaštitu.

Sudijski komitet je imenovao sledeće recenzente: dr Dušana Arnautovića, mr Marka Jankovića, Radovana Đorđevića, dipl. ing., mr Iliju Stevanovića, mr Aleksandra Nikolića i dr Žarka Jandu. Za svoje stručne izvestioce Studijski komitet je imenovao prof. dr Vladimira Katića i prof. dr Predraga Pejovića.

U predviđenom roku za prijem radova prispelo je ukupno 6 radova. Nakon recenzije i diskusije na Studijskom komitetu, svih 6 radova je prihvaćeno za izlaganje kao referati.

Studijski komitet je 5 referata svrstao u treću preferencijalnu temu, jedan u drugu, dok za prvu nije bilo prijava. U pripremanju ovog izveštaja stručni izvestioci su se koristili zapažanjima, komentarima i pitanjima recenzenata, na čemu im posebno zahvaljuju.

* Prof. dr Vladimir Katić, dipl.ing., Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

*Referat B4-01***REKONSTRUKCIJA SKLOPA ZA PARALELNI RAD ČOPERA 220 V/ 110 V 4kW U TE KOSTOLAC A**

Autori: dr Žarko Janda, dipl.ing., Blagota Jovanović, dipl.ing., Predrag Ninković, dipl.ing., Radovan Đorđević, dipl.ing., Dejan Žukovski, dipl.ing.

U radu je prikazana modifikacija sistema upravljanja dva tiristorska čopera spuštača napona, koji se nalaze u pogonu u TE Kostolac A 25 godina. Prvo je prikazana analiza rada jednog čopera u režimu rada sa prekidnom strujom i estimacija parametara PI regulatora na osnovu odziva izlaznog napona na step poremećaj struje tereta. Zatim je dalje prikazana analiza paralelnog rada dva čopera. Pokazano je da se u slučaju jednakih podešenja regulatora, jednakih vrednosti induktivnosti i jednakih vremena trajanja uključenog stanja tiristorskog prekidača, odziv razlike struja dva čopera na step poremećaj može regulisati sa P regulatorom. Tada razlika struja čopera u paralelnom radu ima dinamiku prvog reda definisanu samo pojačanjima PI regulatora, ako je pojačanje proporcionalnog regulatora razlike struja čopera dovoljno veliko. Na osnovu prikazane analize je napravljeno elektronsko kolo koje meri razliku struja čopera pomoću senzora sa Holovim elementom i deluje na reference napona oba čopera sa različitim znakom.

Na osnovu prikazane analize je projektovan, napravljen i ugrađen regulator koji izjednačava struju tereta dva čopera u paralelnom radu. Čoperi koji su modifikovani da dele struju u paralelnom radu se nalaze u pogonu 25 godina u TE Kostolac A.

Pitanja za diskusiju:

1. Kakvo unapređenje je postignuto sa opisanom rekonstrukcijom, s obzirom da su čoperi u radu već 25 godina?
2. Da li je testiran sistem za podelu struje između čopera u radu, u slučaju pojave skoka opterećenja?
3. Kakva je osetljivost sistema za podelu struje na smetnje unete spolja?
4. Kako se ponaša sistem za podelu struja, ako oba čopera rade u režimu sa neprekidnom strujom kroz induktivitete?

*Referat B4-02***REALIZACIJA STATIČKE PREKLOPKE SA DVA INVERTORSKA ULAZA**

Autori: Predrag Ninković, dipl.ing., Blagota Jovanović, dipl.ing., Radomir Janković, dipl.ing.

U radu je predstavljena realizacija jedne statičke preklopke sa dva invertorska ulaza snage 2 x 10 kVA, koja je namenjena za napajanje ventila, koji premošćavaju dotok sveže pare u postrojenju termoelektrane. Ozbiljni tehnički zahtevi su doveli do modifikacija standardnih rešenja na takav način da se dođe do pouzdanijeg sistema, koji je otporniji na efekte jakih tranzijenata sa strane potrošača. Prikazane su modifikacije u sistemu za napajanje, merenje znaka struje tereta, u sistemu za detekciju nestanka napona invertora, kao i u algoritmu za upravljanje statičkom preklopkom.

Upravljanje statičkom preklopkom je ostvareno mikroprocesorski, pri čemu je veliki deo programa posvećen otklanjanju potencijalnih šumova u ulaznom signalu.

Prikazana su i izvršena merenja prilikom ispitivanja na mestu montaže uređaja. Ustanovljeno je da statička preklopka radi pouzdano, kao i da su realizovana poboljšanja imala pozitivan efekat na podizanje performansi sistema.

Pitanja za diskusiju:

1. Obzirom na ograničenu brzinu odziva fazno spregnute petlje (PLL), kako se ponaša sinhronizacija invertora prilikom naglih promena opterećenja, kao na primer prilikom startovanja motora, budući da fazori izlaznog napona dobiju nagli fazni pomeraj?
2. Pri koliko dubokom propadu napona na izlazu statičke prelopke se još održava ravnomerna podela struje opterećenja između invertora?
3. Koje su prednosti u odnosu na prethodna rešenja?

Referat B4-03

MIKROPROCESORSKI REDUNDANTNI SINHRONIZATOR

Autori: mr Marko Janković, dipl.ing., Predrag Ninković, dipl.ing., mr Jasna Dragosavac, dipl.ing.

U radu je dat prikaz redundantnog mikroprocesorskog aktivnog automatskog sinhronizatora. Uređaj predstavlja modifikaciju ranije predloženog uređaja, koji je referisan na XXVI simpozijumu JUKO CIGRE. Automatski sinhronizator obezbeđuje automatsko priključivanje agregata na mrežu u trenutku izjednačavanja modula napona, učestanosti i faze napona generatora i mreže, odnosno svođenja njihove razlike u definisane granice, pri kojima ne dolazi do prevelikih elektromehaničkih naprezanja agregata, koje bi mogle dovesti do njegovog oštećenja ili isključenja sa mreže. Dve posebne sinhronizacione jedinice moraju da daju istovremeni nalog za uključenje prekidača kako bi do uključanja i došlo. Jedan od sinhronizatora predstavlja klasičnu sinhronizacionu jedinicu, dok drugi predstavlja proveru sinhronizacije (sinhro-ček). Pored dva sinhronizatora u uređaju se nalazi i nezavisna elektronika, bazirana na PLC-u, koja proverava ispravnost izbora režima rada i potrebnih uslova za sinhronizaciju i istovremeno razmenjuje neophodne informacije sa nadređenim sistemom upravljanja.

Moderno digitalno rešenje omogućava pouzdan rad uređaja i podešavanje svih parametara, koji su od interesa za rad uređaja. Komunikacija sa uređajem se obavlja putem serijske veze uz korišćenje PC računara. Na taj način se rešava problem neovlašćenog parametriranja uređaja, znatno pojednostavljuje sam process i čini ga udobnijim. Ovo je još jedan primer primene digitalne tehnike, odnosno veoma popularnog mikrokontrolera 80C535 za rešavanje problema u elektroenergetici. Međutim, veoma skromna literature, koju su autori koristili, kao i nedostatak pregleda stanja na tržištu, onemogućuje celokupno sagledanje doprinosa rada i njegovog značaja za stručnu javnost.

Pitanja za diskusiju:

1. Kakvo je ponašanje sinhronizatora u slučaju unutrašnjih kvarova uređaja, odnosno da li može doći do zadavanja pogrešnih komandi zbog kvara?
2. Kakve su mogućnosti proširenja funkcija sinhronizatora?
3. Da li postoji mogućnost integracije u postojeći sistem upravljanja?
4. Koliko je uređaj osetljiv na promene napona napajanja i smetnje unete spolja (preko napona napajanja i mernih signala) ?
5. Da li su granice usklađivanja parametara mreže i agregata unapređene u odnosu na postojeća rešenja?
6. Kolika je rezolucija frekvencije i da li je zadovoljavajuća?

**MIKROPROCESORSKO UPRAVLJANJE TIRISTORSKIM ISPRAVLJAČEM ZA
NAPAJANJE PLAZMATRONA**

Autori: mr Marko Janković, dipl. ing., Vladimir Vukić, dipl. ing., Sava Dobričić, dipl. ing., Rajko Prole, dipl. ing.

Korišćenje tehnologije plazme je poslednjih godina omogućilo primene novih tehničkih postupaka u mnogim oblastima industrije. Poseban značaj ima primena termičke plazme, prvenstveno za potrebe sinteze i nanošenja materijala, sagorevanja toksičnog otpada, zavarivanja i sečenja metala. Jedna od nestandardnih primena termičke plazme je njeno korišćenje za potpalu kotlova termoelektrana i održavanje rada kotla na tehničkom minimumu. Najveći značaj ovakve primene plazme predstavlja mogućnost starta kotla bez potpaljivanja mazutom, već direktnim paljenjem ugljene prašine pre ulaska u kotao, čime se obezbeđuju velike uštede derivata nafte.

U radu je prikazan sistem za regulaciju struje plazmatronskih elektroda za potpalu kotla termoelektrane. Opisane su ključne karakteristike termičke plazme, generisane na plazmatronskim elektrodama, kao i problemi vezani za održavanje stabilnosti električnog luka. Na osnovu objavljenih rezultata istraživanja vezanih za fiziku termičke plazme, zaključuje se da električni luk predstavlja termodinamički sistem sa složenom funkcijom raspodele temperatura i brzina čestica, što ga čini stohastičkim objektom upravljanja.

Razvijena je elektronika za upravljanje dvanaesto-pulsnim rednim tiristorskim mostom, zasnovana na mikrokontroleru Intel 80C196. Predstavljeni su rezultati ispitivanja regulatora na prototipu plazmatronskog postrojenja. Strujni regulator dvanaestopulsnog rednog tiristorskog ispravljača je pri radu na plazmatronskom postrojenju demonstrirao mogućnost upravljanja nelinearnim objektom sa stohastičkim i uniformnim poremećajima u toku rada. Adaptivnim dejstvom regulatora je postignuta mogućnost uspešnog prelaska iz režima starta u režim stacionarnog stanja. Omogućeno je zadavanje parametara regulatora, merenje struje i napona i očitavanje stanja sistema od šesnaest ispravljača preko centralnog računara, pomoću PROFIBUS DP protokola komunikacije.

Pored upotrebe prikazanog plazmatronskog sistema za potpalu kotla termoelektrana, moguće su njegove primene i za spaljivanje medicinskog i toksičnog otpada, bez potrebe za modifikacijama u upravljačkom i komunikacionom delu. Uz izmene programa, predstavljena elektronika se može upotrebiti i za upravljanje plazmatronskim elektrodama u metalurgiji, za sečenje i topljenje metala, kao i za sintezu jedinjenja silicijuma i ugljenika.

Rad sadrži veoma značajan praktičan doprinos pošto prikazuje sistem, koji omogućava veliku uštedu nafte pri radu termo bloka, naročito pri pokretanju kao i stabilizaciji plamena pri nailasku uglja lošijeg kvaliteta.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li se menja karakteristika elektroda u toku rada i kako to utiče na karakteristiku luka (da li je potrebna adaptacija parametara regulatora u toku rada)?
2. Šta se dešava u slučaju naglog gubitka pritiska vazduha na ulazu u elektrodu za generisanje plazme?
3. Da li su moguće i drugačije topologije energetskih pretvarača za napajanje plazmatrona sa boljim karakteristikama?

Referat B4-05

JEDNA PRIMENA ENERGETSKIH PRETVARAČA ZNAČAJNIJE SNAGE U EKSPLOATAACIONIM USLOVIMA PRISUTNIM NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA JP RB "KOLUBARA" IZ LAZAREVCA

Autori: Nenad Stevanović, dipl. ing, Milan Žigić, ing, Vladimir Radivojević, ing.

Rad prikazuje način rešavanja problema, koji su se javljali pri čestom startu niskonaponskih asinhronih motora snage 200 kW na pogonu pretovarne trake samohodnog transportera, na površinskim kopovima EPS JP RB »Kolubara«. Prvo je dat kratak opis problema prisutnih pri eksploataciji samohodnog transportera. Glavni pogon trake pokreću dva asinhrona motora. Transportna traka može da menja svoj nagib i često startuje pod punim opterećenjem. Prethodno rešenje napajanja motora je realizovano preko kontaktora sa zaštitom preko visokoučinskih osigurača i sa bimetalnim članom. Pokazalo se da je bimetalna zaštita veoma podložna promeni karakteristika. Zbog velike polazne struje ova dva motora moraju da startuju sekvencijalno, da bi se izbegao nedozvoljen pad napona, a to je nepovoljno za mehanički sistem. Analizirana su kao moguća rešenja:

- primena hidrodinamičke spojnice,
- primena kliznokolutnih asinhronih motora,
- primena frekventnog regulatora,
- primena tiristorskog podešavača napona sa mekim startom.

Izvršena je tehnička i ekonomska analiza i dati su relevantni pokazatelji. Odabrano je rešenje sa tiristorskim podešavačem napona sa mekim startom. U drugom delu rada su data pozitivna eksploataciona iskustva u radu.

Pitanja za diskusiju:

1. Sa priloženih oscilograma se vidi da je trajanje starta produženo sa 2 na 4,5 sec. Da li to smanjenje zaletnog momenta utiče na proces rada trake za dotur uglja?
2. Kakve su mogućnosti primene tiristorskih upuštača asinhronih motora kod VN kaveznih motora, s obzirom na stanje tehnologije?

Referat B4-06

VETROGENERATOR SA SINHRONOM MAŠINOM SA STALNIM MAGNETIMA UPRAVLJAN PUNOUPRAVLJIVIM PRETVARAČEM

Autori: mr Stevan Grabić, dipl. ing, Prof. dr Vladimir Katić, dipl.ing, Miodrag Sakić

U radu je modelovano upravljanje vetrogeneratorom sa sinhronim generatorom sa stalnim magnetima. Klasična struktura vektorske regulacije generatora u referentnom sistemu vezanom za položaj rotora mašine, proširena je predloženim izvorom reference elektromehaničkog momenta očitavanjem iz karakteristike vetrogeneratora. Model mehaničkog podsistema sastoji se od modela vetra i regulatora zakrenutosti krilaca turbine, koji su detaljno opisani. Model mehaničkog podsistema, sa modelom vetra i regulatora zakrenutosti krilaca, koji je opisan u radu, omogućio je razvoj algoritma upravljanja vetrogeneratorom. Punoupravljivi pretvarač omogućuje raspregnuto upravljanje po fluksu i momentu generatora.

Predloženi algoritam koristi karakteristiku turbine kao izvor za zadavanje reference momenta. Rezultati simulacija pokazuju da sistem u potpunosti ostvaruje odziv, koji se uobičajeno zahteva od izvora energije ovog tipa, pri promenama brzine vetra u radnom opsegu.

Pitanja za diskusiju:

1. Koji tipovi generatora su najpogodniji za primenu kod vetroelektrana?
2. Kako se ostvaruje stalnost izlaznog napona vetro-elektrane, s obzirom na promenljivost brzine vetra?
3. Kako be se sistem ponašao u uslovima nagle promene pravca duvanja vetra?

Informacija B4-07

REGULACIJA BRZINE POGONA RADNOG TOČKA ROTORNIH BAGERA

Autori: Mihajlo Ristić, dipl. ing, Nenad Stevanović, dipl.ing

Optimizacija kapaciteta rotornih bagera zahteva regulaciju brzine pogona radnog točka, koja se uglavnom ostvaruje primenom energetske elektronike. Prvi deo rada obrađuje rešenja koja su do sada realizovana na bagerima, a to je regulacija podsinhronom kaskadom. Ukazano je na nedostatke ovakvih rešenja. Drugi deo daje prikaze primene sredjenaponskih frekventnih regulatora i to u vidu integrisanog srednje-naponskog frekventnog regulatora i redno složenog više naponskog invertora. Oba rešenja su kratko diskutovana i potkrepljena pojedinim rezultatima merenja.

Pitanja za diskusiju:

1. Kakvo je stanje na našim površinskim kopovima u pogledu primene savremenih rešenja?
2. Šta je svrha rednog vezivanja tri energetske ćelije i kako ova složenost konstrukcije utiče na pouzdanost rada pogona?
3. Da li VF komponenta u naponu motora kod rešenja sa redno složenog više naponskog invertora utiče na termička stanja motora?