

TEHNIČKO REŠENJE

(Bitno poboljššan postojeći proizvod ili tehnologija)

Naziv: OPTIMIZACIJE PARAMETARA UREĐAJA ZA NAPAJANJE I REGULACIJU ELEKTROSTATIČKOG FILTERA BLOKA A6 U TE "NIKOLA TESLA A"

Autori: Ilija Stevanović, Rajko Prole, Mladen Ostojić, Darko Jevtić, Sava Dobričić, Slobodan Josifović, Dušan Arnautović

Urađeno za: Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”

Korisnik: Elektroprivreda Srbije, TE „Nikola Tesla A“

Datum primene rešenja: jun, 2012.

Rešenje primenjuje: Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”

Verifikacija rezultata: Elektrotehnički institut „Nikola Tesla”

Način korišćenja: Koristi se za optimizaciju parametara regulaciju napona na elektrofilteru bloka A6 u TENT A.

1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi

Tehničko rešenje se odnosi na oblast elektrotehnike koja se bavi sistemima automatskog upravljanja, podešavanjem parametara regulatora, optimizacijom parametara regulatora i izborom optimalnih vrednosti. Glavni kriterijumi za optimizaciju su ispunjenje ekoloških zahtevi koji se postavljaju pred savremene termoelektrane koje sagorevaju ugalj.

2. Problem koji se tehničkim rešenjem rešava

Optimalno podešavanje rada elektrofiltera zahteva dosta vremena i strpljenja. Prvo je potrebno izvršiti analizu postojećih parametara i karakteristika elektrofiltera kako bi se upoznale njegove funkcije i mogućnosti i uočile, eventualne, nelogičnosti u njegovom radu.

Zatim je potrebno izvršiti varijaciju parametara koji mogu da utiču na poboljšanje karakteristika i pratiti efekte te varijacije a zatim odrediti optimalnu vrednost menjanog parametra.

U toku nekog dužeg vremenskog perioda (npr. nekoliko dana ili čak meseci) pratiti situaciju na elektrofilteru, i uočiti dugotrajne efekte koji se odražavaju na povećanju efikasnosti rada elektrofiltera i, ako je potrebne, uraditi određene korekcije.

3. Stanje rešenosti problema u svetu

Ekološki zahtevi za povećanje efikasnošću čišćenja dimnog gasa u elektranama i toplanama koje sagorevaju samleveni ugalj su poslednjih godina u svetu doveli do istraživanja, razvoja i primene elektrofilterskih postrojenja sa znatno povećanom efikasnošću rada. Nekadašnji kriterijum za sadržaj letećih čestica u dimnom gasu na izlazu iz dimnjaka je bio $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ da bi u sadašnje vreme njegova vrednost spuštena na $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ sa tendencijom daljeg sniženja do $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ u narednim godinama. Efekat je ostvaren povećanjem zapremine elektrofiltra pri rekonstrukciji elektrofilterskih postrojenja, poboljšanjem regulacije struje i napona u elektrofilteru, razvojem novih vrsta napajanja i optimizacijom raspoloživih resursa.

Vrsta i obim preduzetih mera je zavisio od načina realizacije određenog elektrofilterskog postrojenja, njegove životne dobi, tehničke mogućnosti za realizaciju, isplativosti, raspoloživih novčanih sredstava i dr. U skladu sa tome na različitim objektima primenjivana su različita rešenja, ali je ukupni obim mera koje se mogu preduzeti za poboljšanje rada elektrofiltera poznat.

4. Objašnjenje suštine tehničkog rešenja

U cilju optimizacije parametara regulatora u sistema napajanja i regulacije elektrofiltera na bloku A6 u TENT-u izvršena je provera efikasnosti postojećih podešenja snimanjem statičkih i dinamičkih karakteristika elektrofiltera.

Nakon analize stanja konstatovano je da je potrebno izvršiti određene korekcije u podešenjima. Izvršene su promene parametara koje detektuju varnicu u elektrofilteru, promenjeno je ograničenje napona na sekcijama, konstatovano je da redukciju napona pri otresanju elektroda ne treba vršiti, stavljena je u funkciju regulacija po broju proboja u minuti i optimizacija potrošnje elektrofiltera.

Posle višemesečnog uspešnog rada sa novim parametrima uočeno je da pojedine sekcije rade sa nižim radnim karakteristikama od nominalnih. Nakon analize stanja i izvršenih dodatnih merenja otkriven je mehanički problem u elektroodnom sistemu koji je u zastoju bloka otklonjen.

Optimizacijom parametara regulatora elektrofiltra dobijena je veća efikasnost čišćenja dimnog gasa i povećana energetska efikasnost smanjenjem njegove potrošnje.

5. Detaljan opis tehničkog rešenja sa karakteristikama

PODEŠENJE REGULATORA PRI PUŠTANJA U RAD

Elektrofilter bloka A6 u TENT-u se sastoji od 16 sekcija. Ove sekcije se međusobno razlikuju po snazi ali su bitni parametri za regulaciju jednaki. Zbog toga je u narednoj tabeli, kao ilustracija, prikazano samo podešenje parametara regulatora u prvoj sekciji u vreme puštanja uređaja u rad.

PODEŠENJE REGULATORA NA SEKCIJI JE111

Podešavanje regulatora u kontinualnom režimu rada

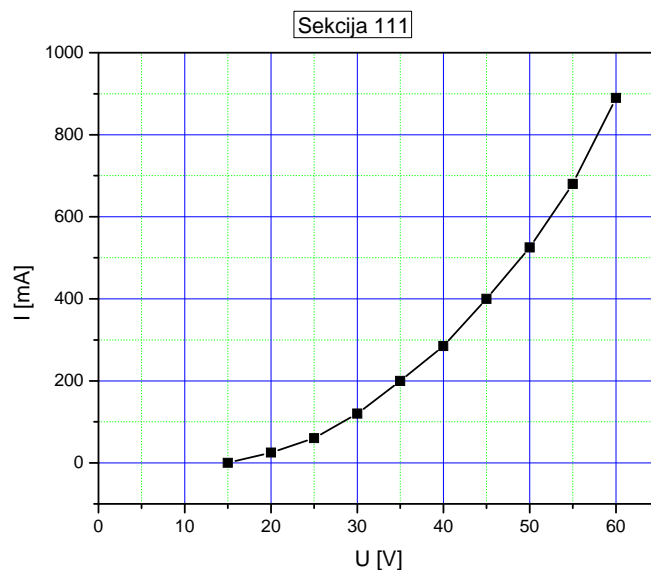
Vrednost parametra	Opis parametra
mod=2	kontinualni režim rada
Kp=-0.04	proporcionalno pojačanje
Ki=0.01	integralno dejstvo
Kv=0.04	lokalno dejstvo
Iref=60%	stabilizacija reference(% Inom)
Rb=5%	brza promena reference(% Inom)
Rs=0.1%	spora promena reference(% Inom)
Tq=6	vreme smirenja (* 10ms)
Ts=4	vreme stabilizacije (* 10ms)
Lldc=100%	limiter Idc(% Inom)
LUdc=70%	limiter Udc(% Unom)
Llac=230A	limiter Iac(amper)
deltaU=10%	detekcija varnice(% Unom)
Rv=20%	suzbijanje varnice(% Inom)
deltaldc=5%	detekcija luka(% Inom)
deltaUdc=10%	detekcija luka(% Unom)
deltalac=5%	detekcija luka(% Llac)
Inom=800mA	nominalna struja
Unom=100kV	nominalni napon
m=300	prenosni odnos transformatora
ID=1	modbus adresa sekcije
mT=30	minimalni ugao vođenja
MT=165	maksimalni ugao vođenja

Podešavanje regulatora u intermitentnom režimu rada

Vrednost parametra	Opis parametra
mod=3	intermitentni režim rada
Ton=28	period vođenja(* 10ms)
Toff=2	period pauze(* 10ms)
Rpov=50%	vrednost posle pauze(% Inom)
n=3	broj koraka povratka posle pauze

Statičke UI karakteristike elektrofiltera

Na slici 1 je prikazana UI karakteristika prve sekcije elektrofiltera izmerena prilikom puštanja uređaja u rad. Sa slike se vidi da je maksimalni napon od 60kV ostvaren pri 900mA. Karakteristika je snimljena pri radu elektrofiltera na vazduh, bez dimnog gasa. Vrednost napona pri kojem dolazi do proboja između elektroda bez dimnog gasa je veća nego što je to slučaj sa dimnim gasom i zavisi od temperature gasa, vlažnosti, pritiska u filteru, količine i veličine čvrstih materija i dr.



Slika 1. UI karakteristika sekcije 111

Dinamičke karakteristike elektrofiltera

U okviru postupka utvrđivanja dinamičkih karakteristika elektrofiltera izvršeni su sledeći radovi na upravljačkim uređajima sekcija elektrofiltera bloka A6 u TENT-u:

1. Proverena su trenutna podešenja regulatora na svim sekcijama
2. Izvršena je priprema za snimanje dinamičkih karakteristika elektrofiltera
3. Snimljeni su odzivi sistema regulacije napona elektrofiltera na pojedinim sekcijama pri sledećim uslovima:
 - Rad regulatora u kontinualnom režimu
 - Rad regulatora u intermitentnom režimu
 - Detekcija i reagovanje na varnicu
 - Detekcija i reagovanje na električni luk

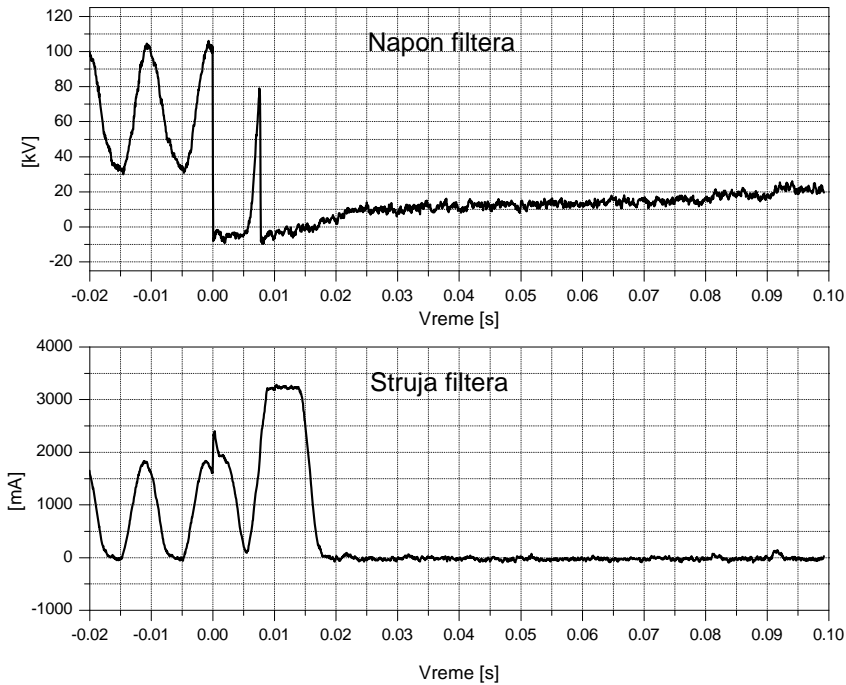
Veličine koje su oscilografisane su:

- Jednosmerni napon elektrofiltera
- Jednosmerna struja elektrofiltera
- Naizmenična struja elektrofiltera

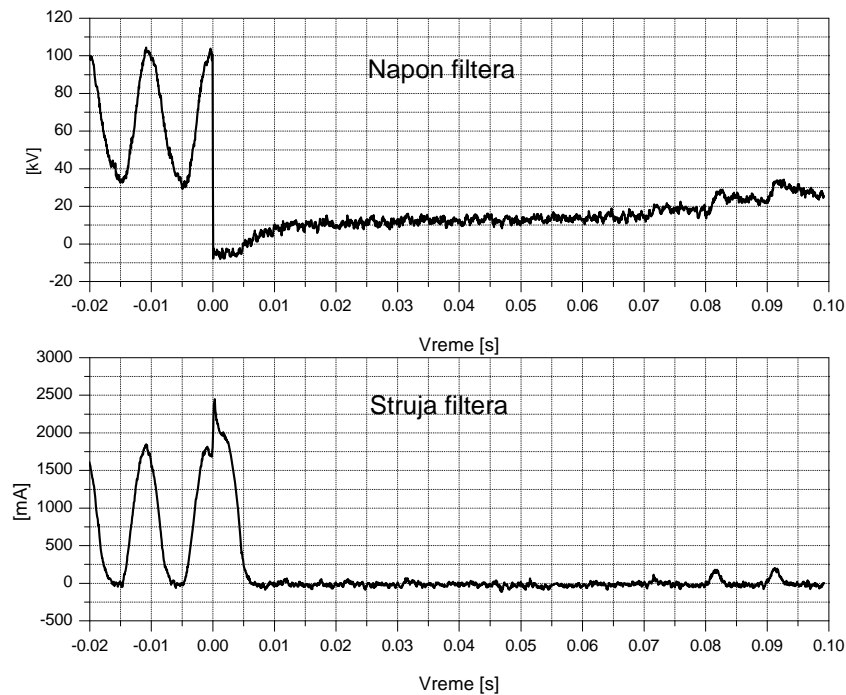
Na slikama 1 i 2 dati su vremenski odzivi elektrofiltera u kontinualnom režimu pri pojavi električnog luka i varnice. Prikazani su jednosmerni napon i jednosmerna struja elektrofiltera. Posle pojave električnog luka potrebno je da regulator napravi pauzu u vođenju tiristora što se vidi na slici 1. Kod detekcije varnice sa slike 2 pojavljuje se pauza u vođenju tiristora kao kod detekcije luka zbog čega je potrebno povećati nivo prorade električnog luka, a smanjiti nivo prorade električne varnice.

Na slikama 3 i 4 prikazano je ponašanje elektrofiltera u intermitentnom radu. Elektrofilter normalno vodi 28 pulseva napona, a zatim pravi pauzu od 2 pulsa da bi ponovo

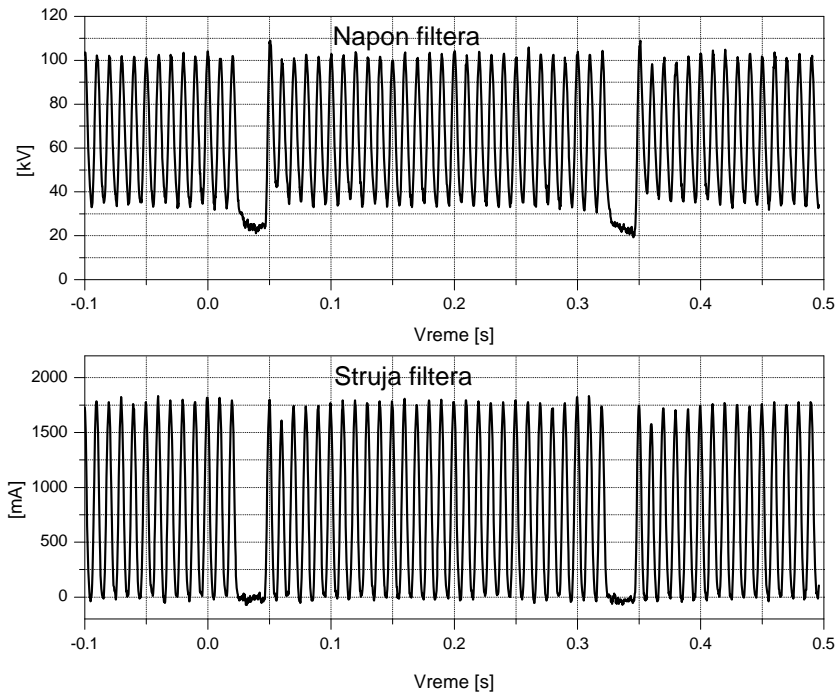
nastavio sa radom u ovim ciklusima. Na slici 5 prikazan je odziv elektrofiltera pri električnom luku u intermitentnom režimu rada pri čemu je pored jednosmernog napona elektrofiltera prikazana i primarna struja. Na slikama se vidi da se pri pojavi luka primarna struja povećala dva puta.



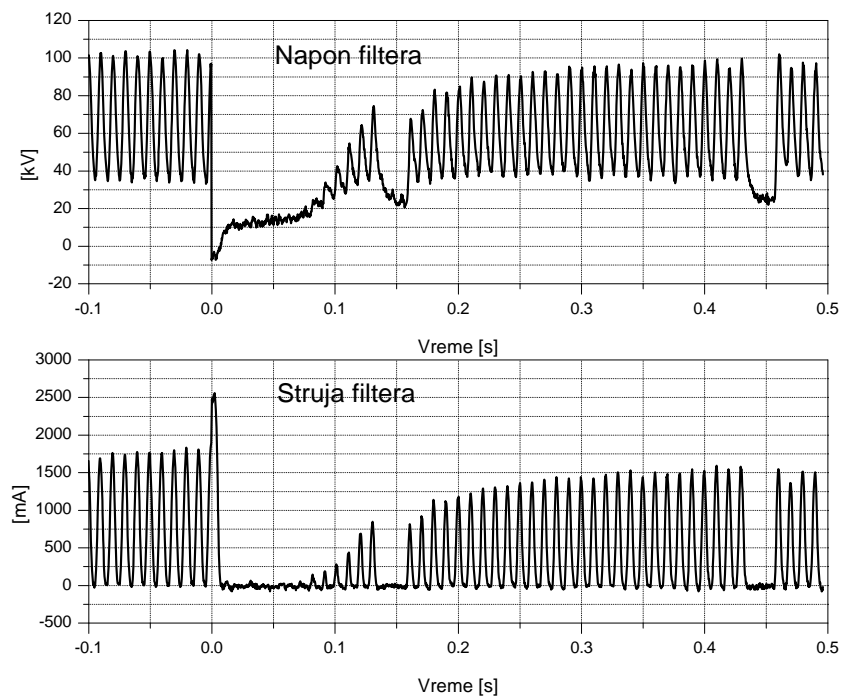
Slika 1. Električni luk u elektrofilteru u kontinualnom režimu



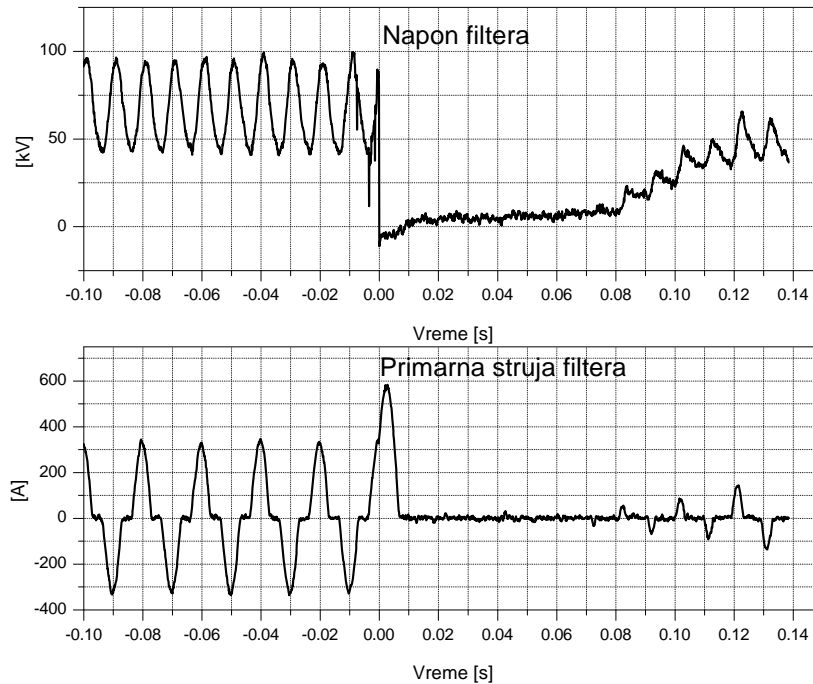
Slika 2. Električna varnica u elektrofilteru u kontinualnom režimu



Slika 3. Rad elektrofiltera u intermitentnom režimu bez pojave električnog luka



Slika 4. Rad elektrofiltera u intermitentnom režimu posle pojave električnog luka



Slika 5. Rad elektrofiltera u kontinualnom režimu
posle pojave električnog luka

PODEŠENJE REGULATORA U VREME OPTIMIZACIJE

Pri optimizaciji parametara regulatora napona elektrofiltera bloka A6 u TENT-u izvršene su sledeće radnje:

1. Proverena su trenutna podešenja regulatora na svim sekcijama
2. Povećana je osetljivosti detekcije varnice smanjenjem vrednosti propada napona na koji algoritam reaguje,
3. Samanjeno je umanjeneje reference kao reakcija na detektovanje varnice,
4. Povećani su parametri koji služe za detekciju varnice (U_{DC} , I_{DC} , I_{AC})
5. Prepodešen je limiter napona elektrofiltera tako da je napon na izlaznim sekcijama podešen na 80%, a na ostalim na 70%. Ograničenje struje je zadržano na 100%.
6. U intermitentnom režimu je podešen parametar koji definiše nivo napona na koji se vraća elektrofilter posle pauze u intermitenciji (podešen na 0,7)
7. Redukcija napona odnosno struje pri otresanju elektroda se ne vrši i zadržana je vrednost reference struje na 100%.
8. Uključenje optimizacije potrošnje je isprobano ali nije uključeno pošto je signal koji dolazi iz PLC-a kao rezultat optimizacionog algoritma imao vrednost 20% što je nerealno mala vrednost.
9. Stavljena je u funkciju regulacija po broju proboja u minuti.
10. Zaštita od kratkog spoja je prepodešena promenom nivoa napona reagovanja zaštite sa 5kV na 15kV.

PODEŠENJE REGULATORA NA SEKCIJI JE111

Podešavanje regulatora u kontinualnom režimu rada

Vrednost parametra	Opis parametra
mod=2	kontinualni režim rada
Kp=-0.04	proporcionalno pojačanje
Ki=0.01	integralno dejstvo
Kv=0.04	lokalno dejstvo
Iref=60%	stabilizacija reference(% Inom)
Rb=10%	brza promena reference(% Inom)
Rs=0.2%	spora promena reference(% Inom)
Tq=6	vreme smirenja (* 10ms)
Ts=4	vreme stabilizacije (* 10ms)
Lldc=100%	limiter Idc(% Inom)
LUdc=70%	limiter Udc(% Unom)
Llac=230A	limiter Iac(amper)
deltaU=8%	detekcija varnice(% Unom)
Rv=10%	suzbijanje varnice(% Inom)
deltadc=10%	detekcija luka(% Inom)
deltaUdc=15%	detekcija luka(% Unom)
deltalac=10%	detekcija luka(% Llac)
Inom=800mA	nominalna struja
Unom=100kV	nominalni napon
m=300	prenosni odnos transformatora
ID=1	modbus adresa sekcije
mT=30	minimalni ugao vođenja
MT=165	maksimalni ugao vođenja
Pg=20	broj proboja /min
r=0.025%	brzina spore promene reference
kratak spoj	
U ₀ =15% (15kV)	
I ₀ =50%	
t=20s	

Podešavanje regulatora u intermitentnom režimu rada

Vrednost parametra	Opis parametra
mod=3	intermitentni režim rada
Ton=28	period vođenja(* 10ms)
Toff=2	period pauze(* 10ms)
Rpov=0.7%	vrednost posle pauze(% Inom)
n=3	broj koraka povratka posle pauze

Dodatna merenjima na elektrofilteru

Kada su se stvorili uslovi, na poziv stručnog osoblja iz TENT-a predstavnici Instituta „Nikola Tesla“ su izvršili uvid u stanje, merenja i analizu na elektrofilteru bloka A6 u TENT-u.

Uočen je problem u radu elektrofiltera bloka A6 koji se sastojao u radu elektrofiltera sa smanjenim vrednostima struja u pojedinim sekcijama.

Prikupljeni su i prezentirani podaci koji su dobijeni na SCADA-i o vrednostima napona i struja u pojedinim sekcijama elektrofiltera. Iz ovih podataka je vidljivo da su srednje vrednosti struja koje su zabeležene na SCADA-i na sekcijama 2, 13 i 14 imale manje vrednosti 20-tak posto. To se posebno odnosilo na sekciju 2 koja je imala srednje vrednosti struja manje i do 30%.

U vreme uvida u stanje jedino je sekcija 2 i dalje imala malu vrednost struje. Pregledana su podešenja regulatora na sekcijama i nisu uočeni problemi u regulaciji. Sve sekcije su radile bez ograničenja struje i napona elektrofiltera. Na sekciji 2 je bilo mnogo više proboja pa je regulator smanjio struju što je ispravna reakcija na uočenu smetnju. Snimljene su statičke karakteristike na sekcijama 2, 5 i 10 i upoređene sa stanjem pri puštanju uređaja u rad. U sekciji 2 je bila znatno manja struja pri jednakom naponu na elektrodama.

Konstatovano je da je problem mehaničke prirode u elektrodnom sistemu i da ga treba otkloniti kada blok bude u zastoju.

Uključenja je optimizacija potrošnje električne energije. Signal koji dolazi iz PLC-a kao rezultat optimizacionog algoritma podešen je na vrednost 90%.

ИЗВЕШТАЈ РЕЦЕНЗЕНТА

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

(Битно побољшан постојећи производ или технологија-М84)

Назив: ОПТИМИЗАЦИЈЕ ПАРАМЕТАРА УРЕЂАЈА ЗА НАПАЈАЊЕ И РЕГУЛАЦИЈУ ЕЛЕКТРОСТАТИЧКОГ ФИЛТЕРА БЛОКА А6 У ТЕ "НИКОЛА ТЕСЛА А"

Техничко решење „Оптимизације параметара уређаја за напајање и регулацију електростатичког филтера блока А6 у ТЕ "Никола Тесла А" аутора: **Илије Стевановића, Рајка Прола, Младена Остојића, Дарка Јевтића, Саве Добричића Слободана Јосифовића и Душана Арнаутовић** представља значајан допринос у погледу повећања ефикасности рада електростатичких филтера.

Постојећи електрофилтер на блоку А6 у ТЕ „Никола Тесла А“ је након реконструкције био у раду са параметрима регулације који су били подешени у току пуштања уређаја у рад 2010. године.

Овом оптимизацијом извршена је анализа подешених параметара, одређени су параметри који се могу оптимизовати, извршена је њихова промена и утврђени ефекти побољшања. Добијени резултати указују на потребу за оваквом активношћу како на овом електрофилтеру тако и осталим електрофилтерима у Електропривреди Србије. Примењени метод рада може да послужи за сличне активности и на другим електрофилтерима.

Дакле, извршеном оптимизацијом параметара регулатора електрофилтера битно је побољшан постојећи производ (електрофилтер) што се одразило на његову функционалност, поузданост и ефикасност.

У Београду, 28.01.2013.

Рецензент:



Др Нинел Чукалевски, дипл. инж.

ИЗЈАВА

Овом изјавом потврђујемо да је Електротехнички институт „Никола Тесла“ закључно са јуном 2012. године извршио

ОПТИМИЗАЦИЈУ ПАРАМЕТАРА УРЕЂАЈА ЗА НАПАЈАЊЕ И РЕГУЛАЦИЈУ ЕЛЕКТРОСТАТИЧКОГ ФИЛТЕРА БЛОКА А6 У ТЕ "НИКОЛА ТЕСЛА А"

Изјава се даје искључиво за потребе пријаве техничког решења у оквиру пројекта Интегралних и интердисциплинарних истраживања под насловом „Смањење аерозагађења из термоелектрана у ЈП Електропривреда Србије“, чији је евиденциони број пројекта ИИИ42010 код Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У Обреновцу, 25.01.2013. године



Директор за производњу
енергије ПД ТЕНТ

Ђубица Михаиловић
Ђубица Михаиловић, дипл. инж.

**ПРИВРЕДНО ДРУШТВО
"ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ НИКОЛА ТЕСЛА" д.о.о.**

11500 ОБРЕНОВАЦ
Богољуба Урошевића
Црног 44
www.tent.rs
e-mail: tent@tent.rs

Централа: 011/8755-011
Директор: 011/8755-012
Факс: 011/8755-500
ТЕ "Никола Тесла А"
Директор: 011/8755-501
Факс: 011/8755-502

ТЕ "Колубара"
11563 ВЕЛИКИ ЦРЉЕНИ
Централа: 011/8162-153
Директор: 011/8123-320
Факс: 011/8124-860
e-mail: tekolubara@tek.rs

ТЕ "Морава"
35210 СВИЛАЈНАЦ
Директор: 035/321-152
Факс: 035/312-304
e-mail: director@morava.com
komercijala@temorava.com

ТЕ "Никола Тесла Б"
11500 ОБРЕНОВАЦ
Централа: 011/8111-200
Директор: 011/8111-201
Факс: 011/8111-209
e-mail: tent@tent.rs