

Datum: 22.04.2010. god.

Predmet: Mišljenje o ispunjenosti kriterijuma za priznanje tehničkog rešenja

Na osnovu dostavljenog materijala, u skladu sa odredbama *Pravilnika o postupku i načinu vrednovanja, i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača*, koji je doneo Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj Republike Srbije ("Službeni glasnik RS", br. 38/2008) **recenzenti: : Dr Miloje Kostić - Viši naučni saradnik u Elektrotehničkom institutu „Nikola Tesla“ i Prof.dr Zoran Stojiljković, profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, su ocenili da su ispunjeni uslovi za priznanje svojstva tehničkog rešenja sledećem rezultatu naučnoistraživačkog rada:**

NAZIV: Univerzalni elektronski modul za merenje struje i napona elektrostatičkih izdvažača (Projekat sa ev. br. ZS007: Razvoj i primena visokonaponske visokofrekventne ekološke opreme za otklanjanje aerozagađenja u industriji i elektroprivredi-rukovodilac projekta: prof. dr Slobodan N. Vukosavić).

Autori: Slobodan N., Vukosavić, Željko Despotović, Obrad Đorđević

Kategorija tehničkog rešenja: M(82) - industrijski prototip

OBRAZLOŽENJE

Recenzentska komisija je utvrdila da je predloženo rešenje urađeno za *P.D. Termoelektreane "Nikola Tesla" Obrenovac d.o.o., TE "Morava" Svilajnac.*

Subjekt koji rešenje koristi: *TE "Morava" Svilajnac*

Predloženo rešenje je urađeno: 01.10.2009 godine.

Subjekt koji je rešenje prihvatio i primenjuje: *TE "Morava" Svilajnac, takođe postoji interes poljske firme RAFAKO za primenu tehničkog rešenja*

Rezultati su verifikovani na sledeći način, tj. od strane sledećih tela:

Odeljenje za ekologiju i zaštitu životne sredine TENT

Odeljenje za održavanje elektrofiltarskog postrojenja TE "Morava" Svilajnac

Predloženo rešenje se koristi na sledeći način: *Integralni je deo postrojenja za elektrostatičko izdvajanje čestica iz dimnih gasova u TE "Morava" Svilajnac.*

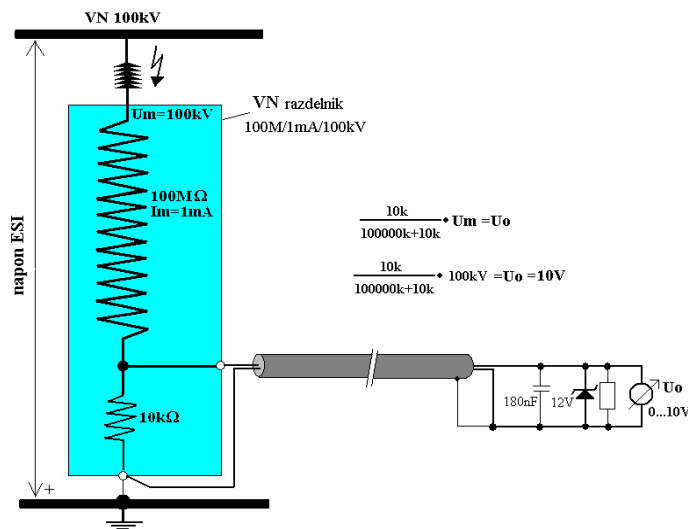
Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi je *Energetske tehnologije, ekologija.*

Problem koji se tehničkim rešenjem rešava:

Tehničko rešenje predstavlja elektronski modul za merenje visokog napona na elektrodama elektrostatičkih izdvažača (ESI) i merenje trenutne vrednosti struje kojom se one napajaju. Standardni opseg promene napona na ESI je 0-100kV, dok je standardni opseg struja kojim se napajaju ESI 0-1A. Razvijeni elektronski modul je integrisan u transformatorski sud ispunjen uljem, u kojem se nalaze visokonaponski ispravljač i visokonaponski visokofrekventni (VN VF) transformator. Elektronski modul je ustvari merni pretvarač kojim se omogućava merenje struje i napona ESI pri čemu se na izlazu dobijaju naponski signali u opsegu 0-10V. Ovi signali se koriste za prikazivanje trenutnih vrednosti struje i napona ESI, ali i kao sastavni deo povratne sprege u regulacionom kolu VF pretvarača kojim se napaja ESI. Rešenje je primenjeno na elektrofiltarskom postrojenju na TE "Morava" i merni modul je ugrađen u transformatorski sud VN VF ispravljača. Predložena metoda je univerzalna u tom smislu što se može primeniti za bilo koji tip VN VF ispravljača.

Stanje rešenosti problema u svetu:

Standardno se problem merenja visokog napona ESI rešava otporničkim razdelnikom [1-2], pri čemu je razdelnik sastavljen od dva otpornika kao što prikazuje Sl.1. Gornji kraj VN otpornika je vezan preko VN izolatora na VN kraj (standardno 100kV za većinu ESI). Standardna vrednost ovog otpornika je 100MΩ, a nominalna struja 1mA. Otpornik koji je postavljen ka uzemljenom kraju elektroda ESI je značajno manje vrednosti i sa njega se vrši merenje napona na ESI prema odnosu razdelnika koji je dat na Sl.1. Sa otpornika 10kΩ se vodi naponski signal oklopljenim ("širmovanim") kablom do mernog instrumenta.



Sl.1. Konvencionalno merenje VN na elektrodama ESI

U svetu se ovaj problem VN merenja rešava prema principskoj šemi koja je data na Sl.1. Jedna od najpoznatijih firmi koja proizvodi VN razdelnike napona je *North Star High Voltage* koja se sa svojim proizvodnim programom predstavlja na internet sajtu <http://highvoltageprobes.com/high-voltage-probes.html>. U proizvodnom programu se susreću dva tipa VN sondi odnosno Vn razdelnika napona: tip PVM i VD koji pokrivaju sve zahteve VN merenja na ESI. Pored ovog proizvođača na tehnološkom tržištu su zastupljeni VN razdelnici firme *Jeanel Technology Services*, koji se mogu videti na sajtu www.jeanel.com. Tipičan izgled jednog VN razdelnika sa pripadajućim transmierom je dat na Sl.2.



(a)

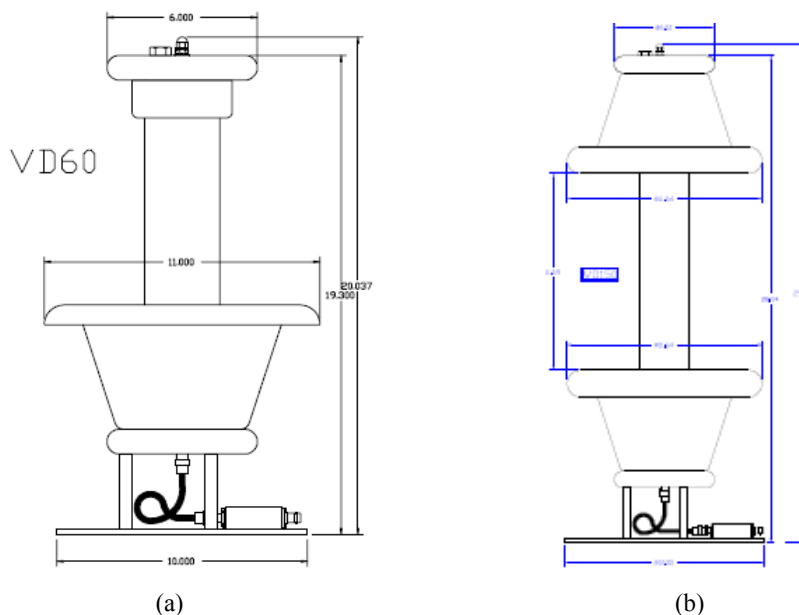


(b)

Sl.2. VN merni sistem firme Jeanel (a) VN razdelnik, (b) transmier

Ostali proizvođači nude slična rešenja. Uglavnom su prenosni odnosi razdelnika 1:1000 ili 1:2000 i u tom slučaju se koristi odgovarajući transmier koji normalizuje signal visokog napona ESI na nivo 0-10V.

Svi ovi sistemi se odlikuju značajnim dimenzijama, a stoga i cenom. Pored ovoga oni zahtevaju specijalne uslove za montažu zbog svog specifičnog oblika kao što pokazuje Sl.3.



Sl.3. VN razdelnici firme North Star high Voltage, (a) tip VD60 za 60kV, (b) tip VD150 za 150kV

U nekim slučajevima se jednosmerni napon ESI tj. napon negativne elektrode meri preko VN otpornika od $80\text{M}\Omega$ (ili $265\text{M}\Omega$ zavisno od proizvođača) koji zajedno sa otpornikom od $6,8\text{k}\Omega$ formira razdelnik napona. VN otpornik je napravljen od niza na red povezanih otpornika od $1\text{M}\Omega$, 6kV . Obično se nalazi u ulju u kotlu energetske jedinice transformator/ispravljač. Moguće je rešenje i sa samostalnim VN otpornikom koji se nalazi izvan posude sa uljem [3]. Na Sl.4 je prikazan spoljni izgled samostalnog VN otpornika koji je ugrađen u elektrofilteru bloka A5 u TE “Kolubara A” (realizacija Instituta „N.Tesla”-Beograd. Slika pod a) prikazuje kompletan stub sa otpornikom, a pod b) štampane ploče sa lancem otpornika koje se smeštaju u ovaj stub ili u kotao transformatora.



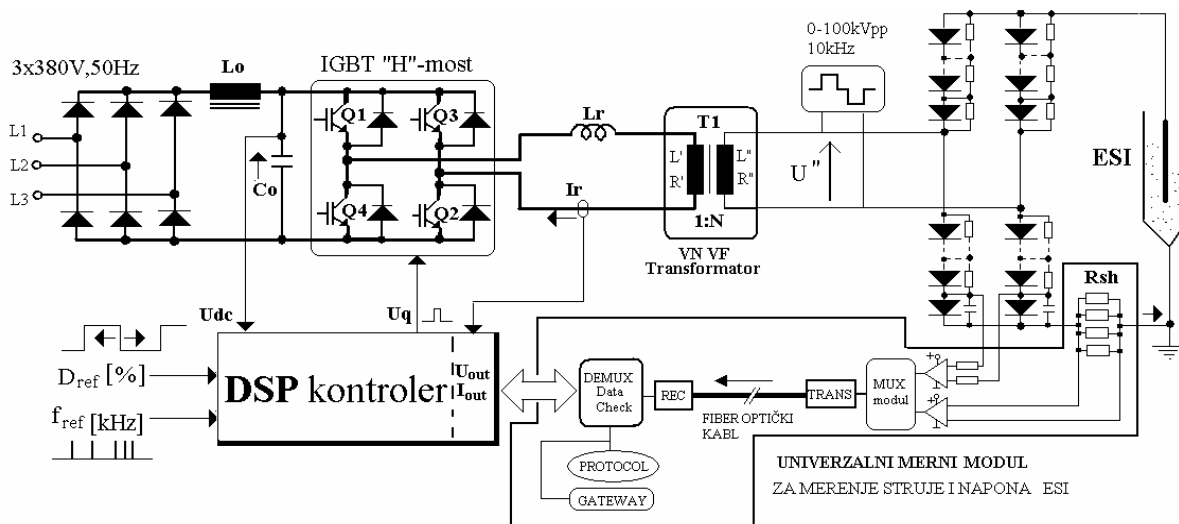
Sl.4. Spoljni izgled samostalnog VN otpornika za merenje napona

Signal dobijen na razdelniku napona se dovodi u zaseban elektronski sklop (optički predajnik smešten na transformatoru/ispravljaču ili u ormanu za upravljanje) koji obezbeđuje da se, preko U/f konverzije, optičkog kabla i f/U konverzije u optičkom prijemniku koji se nalazi u reku elektronike,

signal napona prenese na mikroprocesorski (DSP) modul u obliku naponskog signala vrednosti 0-10V. Primena visokonaponskih merenja u novije vreme dobija na značaju u sistemima za dijagnozu ESI u realnim radnim uslovima. Ovi sistemi se takođe baziraju na VN razdelnicima napona koji su opisani u [4], sa jasno naznačenim dinamičkim osobinama i pouzdanošću njihovog korišćenja u realnim eksploatacionim uslovima.

Sušтина tehničkog rešenja:

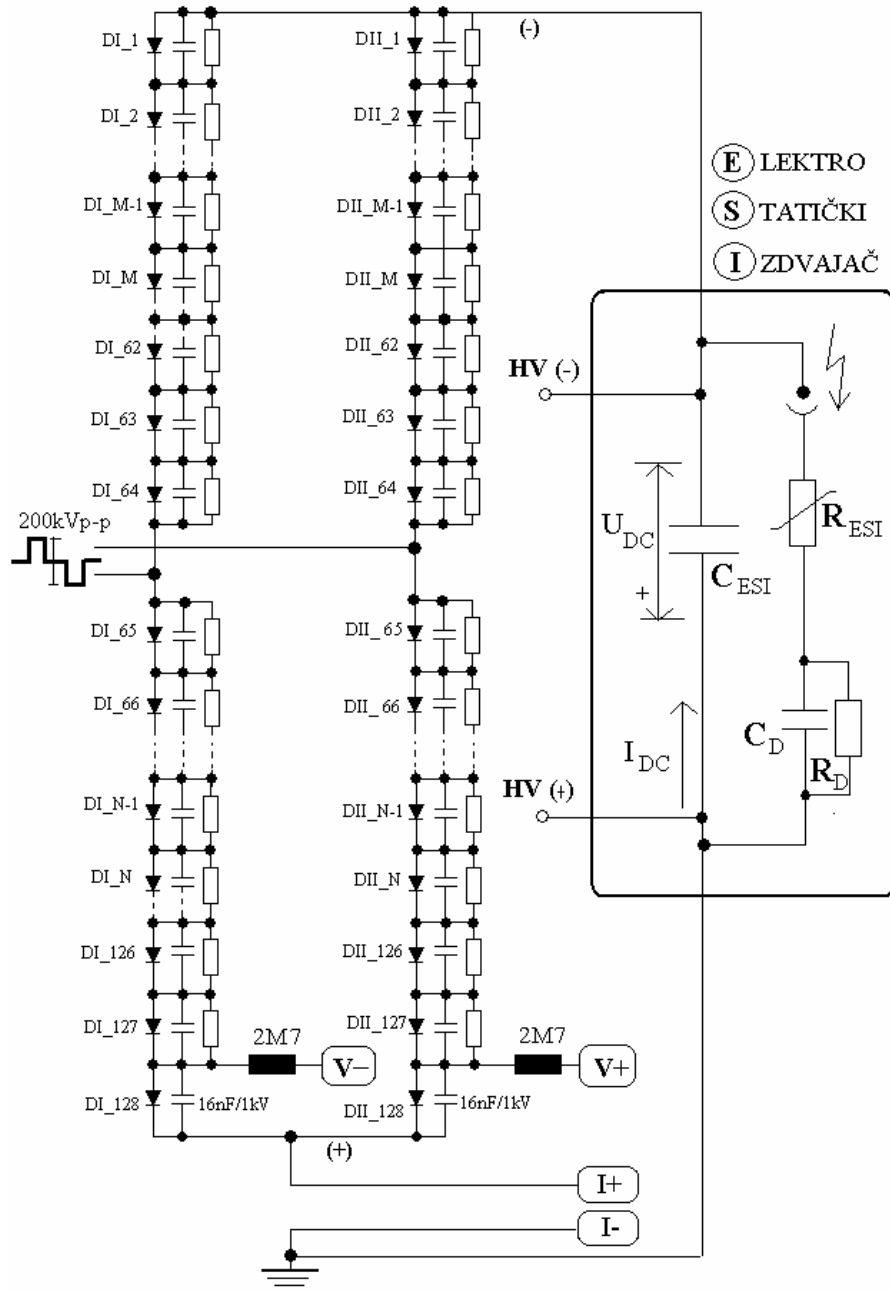
Realizovano tehničko rešenje predstavlja kompaktni i integrisani elektronski modul za merenje trenutne vrednosti struje i napona ESI napajanih iz VF pretvarača. Kao jedan od glavnih ciljeva je bio, osmisliti pouzdan sistem za merenje trenutnog napona i struje. Obzirom da se radi o merenju na visokom naponu, javila se potreba da se radi zaštite izvede neka vrsta galvanske izolacije merenja. Takođe, jedan od zahteva je bila i eliminacija uticaja spoljnih signala na merenja, obzirom da je struja ESI relativno mala veličina, kao i da klasičan žični prenos nije moguć na veće daljine. Dodatni zahtev je nametnula praktična primena sistema za prenos merenja kako na bliske udaljenosti (~ 1 metar) tako i na duže (reda 100 metara pa i više). Stoga je kao sistem za prenos informacija izabran fiber-optički sistem. Osnovna struktura merenja je da se ono sastoji od „visokonaponskog“ i „niskonaponskog“ dela. Visokonaponski deo čine izlazni napon ESI, skaliran impulsno preko naponskog razdelnika inherentno ugrađenog u diodni VN most i izlazna struja ESI filtra koja se dovodi direktno sa nulta 0-50 mV, kao što je prikazano na Sl.5.



Sl.5. Principalska šema visokonaponskog merenja struje i napona ESI

Rešenje za optički prenos, slično kao u [3], omogućava korišćenje samo jednog fiber vlakna za prenos proizvoljnog broja veličina i podataka. Multiplex predajna jedinica je zasnovana na mikrokontroleru, koji pored A/D konverzije vrši i generisanje kontrolni podataka za proveru ispravnosti (CRC), samokontrolu dela za napajanje, temperaturnu zaštitu, kontrolu nivoa ulaznih veličina, a po potrebi se jednostavno može proširiti radi merenja dodatnih veličina. Prenos informacija je jednosmeran, u pravcu od predajne ka prijemnoj jedinici. Prenos podataka je ostvaren putem jedne varijante PLM (*pulse length* modulacije) odnosno često nazivanom i digitalni PWM. Informacija se prenosi u vidu dužine impulsa, gde svaki impuls kraći od 2 μ s predstavlja digitalnu nulu, impuls između 4-8 μ s digitalnu jedinicu, a izostanak impulsa u periodu dužem od 32 μ s predstavlja stop bit. Pauza između impulsa je uvek veća od 4 μ s. Paketi su organizovani u obliku 16 bit-a + stop bit. Iako protok bita varira, ova veza ostvaruje propusni opseg reda 12 KB/s, sto u praksi omogućava prenos dva 10-bitna merenja brzinom oko 3 ks/s, što predstavlja dovoljan propusni opseg za merenje napona i struje ESI. Prijemnik je takođe zasnovan na mikrokontroleru i

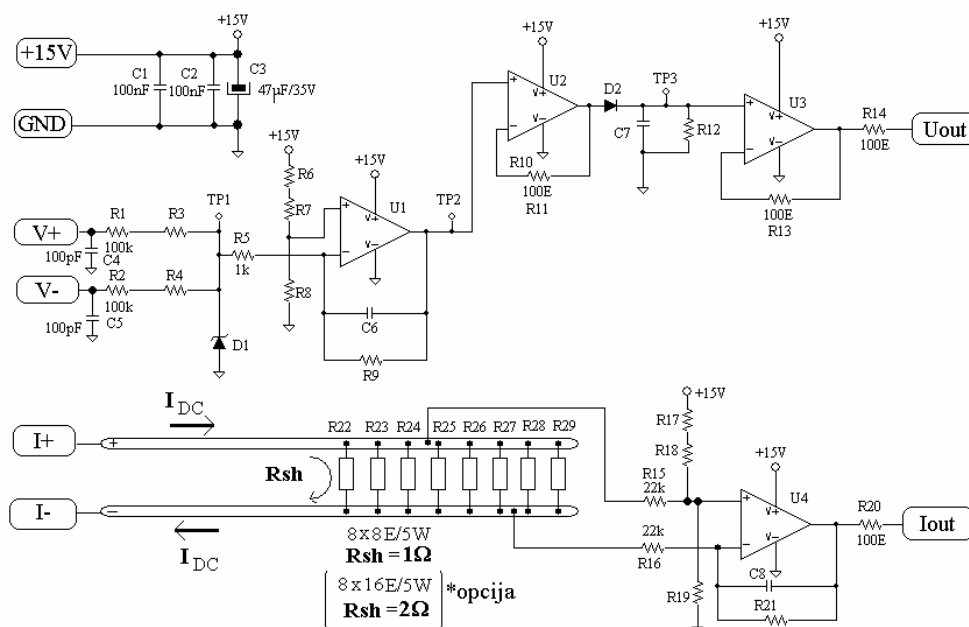
on ustvari predstavlja demodulator. Pored ovoga on vrši i kontrolu primljenih podataka (putem CRC-a utisnutog u digitalni stream) poseduje i "sample and hold" logiku za prevazilaženje nasumičnih grešaka ili pak signalizira kvar sistema merenja u slučaju da broj grešaka u jedinici vremena premaši određeni prag. Predajna i prijemna jedinica su zasnovane na mikrokontrolerima, a takođe moguće je povećati broj merenih veličina na uštrb propusnog opsega. Na Sl.6 je dat VN deo elektronskog modula i rešenje analognog mernog sistema koji predstavlja suštinski doprinos ovog tehničkog rešenja.



Sl.6. Visokonaponski deo elektronskog modula za merenje struje i napona ESI

Umesto konvencionalnog razdelnika za skaliranje visokog napona je iskorišćen razdelnik inherentno ugrađen u visokonaponski diodni ispravljač, obzirom da se paralelno svakoj od redno vezanih dioda dodaje po jedan RC član za izjednačenje inverznog napona na njima. U suštini kapacitivni razdelnik je dominantan tako da se sa poslednjih dioda u nizu DI₁₂₈ i DII₁₂₈ preko

visoko-omskih otpornika izdvajaju signali koji se preko priključaka V+ i V- , respektivno vode u analogni merni sklop. Slično važi i za struju koja se sa visokonaponskog diodnog mesta uvodi na analogni merni sklop preko priključaka I+ i I-. Sam ESI kao što je prikazan a Sl.6 predstavlja izrazito nelinearno opterećenje.

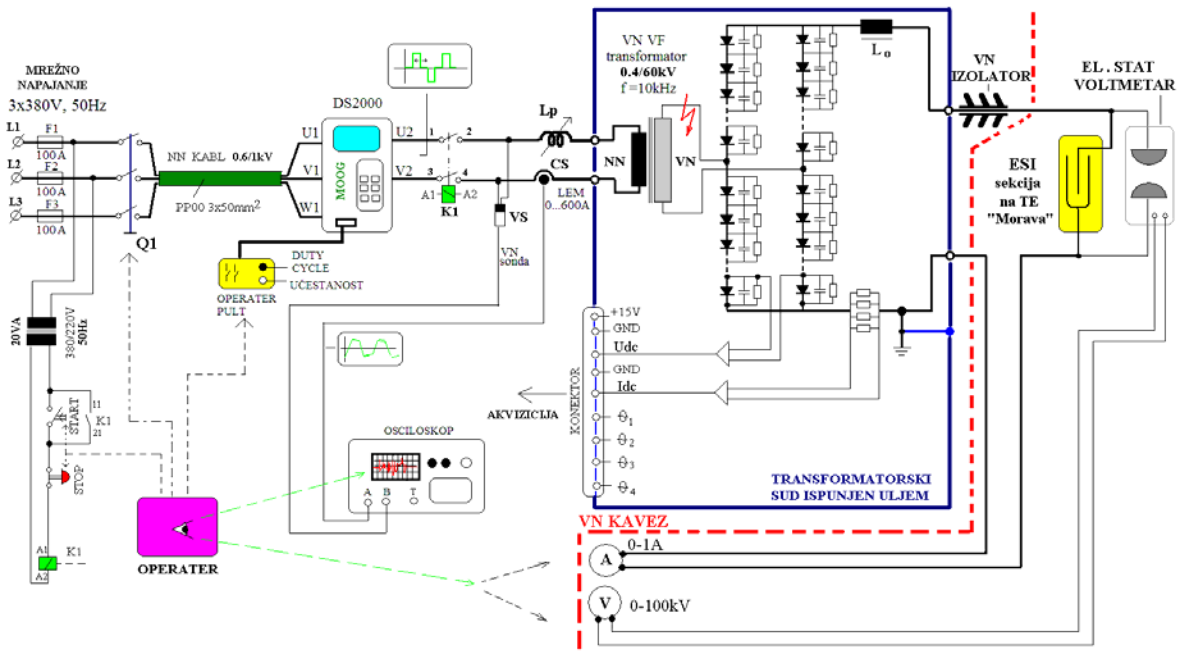


Sl.7. Analogni deo za merenje struje i napona ESI

Na Sl.7 je prikazan analogni merni sklop razvijenog modula za merenje struje i napona ESI. Ovaj sklop se napaja naponom +15VDC eksterno. Takođe na ovaj sklop se dovode signali sa razdelnika iz VN diodnog mosta V+ i V-, signal struje takođe sa VN diodnog mosta preko priključaka I+ i I-. Izlazni signali su normalizovane izmerene vrednosti struje i napona u obliku naponskih signala $V(Vout)$ i $V(Iout)$. Ulazni naponski signali V+ i V- se dovode na pojačavač greške koga čini operacioni pojačavač U1 i njemu pripadajući otpornici. Ovi signali se sumiraju na invertujućí ulaz operacionog pojačavača U1, preko otpornika R3-R5 kao što je prikazano na Sl.7. Dioda D1 služi za ograničenje naponskog signala u test tački TP1. Pored ovoga ona obezbeđuje potiskivanje negativnih napona. Referentna vrednost napona za pojačavač greške se dobija preko otpornog razdelnika koga čine otpornici R6-R8. Ova vrednost je podešena na $U_{ref}=5V$ i ona se preslikava na izlaz kada je ulazni naponski signal jednak 0. Ova vrednost se vodi na neinvertujućí ulaz operacionog pojačavača U1. Propusni opseg i dinamičke karakteristike pojačavača greške su određene paralelnom vezom otpornika R9 i kondenzatora C6. Ova paralelna veza se vodi sa izlaza pojačavača greške (test tačka TP2) na invertujućí ulaz U1. Izlaz iz pojačavača greške se vodi preko sprege sa veoma velikom ulaznom impedansom realizovano sa operacionim pojačavačem U2 na detektor vršne vrednosti napona koga čine dioda D2 i paralelna veza C7 i R12. Signal sa detektora vršne vrednosti se vodi preko baferskog kola sa operacionim pojačavačem U3 na izlazne priključke preko otpornika R14. Slično opisanom se vrši i merenje signala struje koja dolazi preko priključaka I+ i I- na štampanu ploču. Otporni šant se sastoji od 8 paralelno vezanih otpora vrednosti 8Ω , maksimalno dozvoljene snage disipacije 5W za svaki otpornik ponaosob, tako da je njegova ekvivalentna vrednost $R_{sh}=1\Omega$. Signal sa otpornog šanta se vodi na pojačavač greške koga čini operacioni pojačavač U4 sa pripadajućim otpornicima. Propusni opseg i dinamičke karakteristike ovog pojačavača greške su određene paralelnom vezom otpornika R21 i kondenzatora C6. Ova paralelna veza se vodi sa izlaza pojačavača greške na invertujućí ulaz U4. Signal sa pojačavača greške U4 se preko otpornika R20 na izlazne priključke.

Eksperimentalni rezultati

Na Sl.8 je prikazana šema eksperimentalnih ispitivanja na VN mernom modulu. Ispitivanja i testiranja su obavljena u realnim eksploatacionim uslovima na postrojenju ESI na TE "Morava". Ukratko će biti opisan kompletni eksperimentalni sistem koji je formiran u sklopu navedenog postrojenja ESI a u cilju verifikacije rada i testiranja mernog modula.

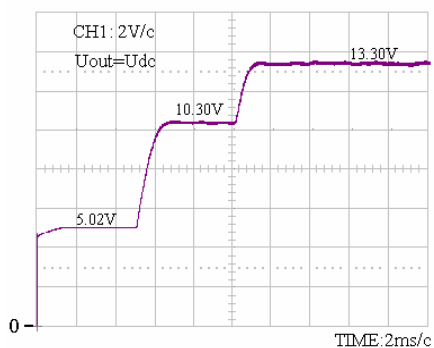


Sl.8. Eksperimentalni sistem za testiranje i verifikaciju mernog modula na ESI postrojenju na TE "Morava"

Za pobudu primara VN VF transformatora je korišćen IGBT pretvarač snage prividne snage 120kVA. Napajanje IGBT pretvarača je ostvareno iz trofazne mreže 0.4kV/50Hz NN kablom $3 \times 50 \text{mm}^2$. Kao zaštita od kratkog spoja se koriste osigurači F1-F3. Uključenje mrežnog napajanja se ostvaruje prekidačem Q1. IGBT pretvarač sadrži sve potrebne strujne i naponske zaštite. Izlazni napon ovog pretvarača je pravougaoni promenljive učestanosti (0-20kHz) i promenljivog „duty-cycle“ (0-100%). Podešavanje ovih parametara se ostvaruje preko pulta koji je pod kontrolom operatera. Kontaktor K1 služi za priključenje opterećenja pretvarača (primar VN VF transformatora) preko promenljive prigušnice L_p . Upravljački namotaj kontaktora se napaja iz 220V/50Hz preko komandnih tastera START/STOP i kola sa samo-držanjem. Ovi tasteri su takođe pod kontrolom operatera. Sva merenja trenutnih vrednosti odnosno merenja signala struje i napona u dinamičkim režimima su vršena na osciloskopu koji je galvanski odvojen od ostatka sistema. Na osciloskopu su pored merenja napona i struje primara VN VF transformatora, vršena merenja izlaznog napona i izlazne struje na priključcima elektrodnog sistema ESI. Kao *senzor napona* je korišćena VN sonda VS za 2.5kV sa ugrađenim kondenzatorskim razdelnikom. Kao *senzor struje*-CS je korišćen LEM modul za 600A. VN deo ispravljača je preko *provodnog izolatora* vezan na opterećenje (elektrodni sistem ESI sekcije). Tipične vrednosti ekvivalentne otpornosti jedne od sekcija ESI su iznosile oko $68 \text{k}\Omega$, dok su ekvivalentne vrednosti kapaciteta iznosile oko 25-30nF. VN deo je fizički odvojen preko uzemljenog VN kaveza (*zastora*), kojim je obezbeđena sigurnost rada operatera u slučaju da dođe do eventualnog preskoka. Akvizicija i merenja karakterističnih veličina na VN delu su ostvarena opisanim elektronskim modulom potopljenog u uljni medijum u kojem se nalaze transformator i diodni ispravljač. Prema Sl.8 ovim merenjem se dobijaju DC napon i struja na izlazu VN ispravljača. Signali koji se dobijaju na ovaj način su referisani prema analognoj masi koja je

vezana na kraj za uzemljenje. Pored toga merene su i temperature u pojedinim tačkama magnetnog kola, namotaja primara i sekundara transformatora, kao i samog uljanog medijuma. Obezbeđeno je i vizuelni monitoring napona i struje na izlazu ispravljača, elektrostatičkim voltmetrom 0-100kV tačnosti 1% i ampermetrom sa kretnim kalemom 0-1A tačnosti 0.5%.

U eksperimentu je zadat postepeni porast napona na elektrodnom sistemu ESI od 0-60kV. Verifikacija VN merenja na ESI je data na Sl.9. Osciloskopski snimak porasta napona na izlaznim priključcima mernog modula $U_{out}=U_{dc}$ je dat na Sl.9(a). Tabela prikazuje izmerene vrednosti napona na elektrostatičkom voltmetru i napona na izlazu mernog modula su dati na Sl.9(b).



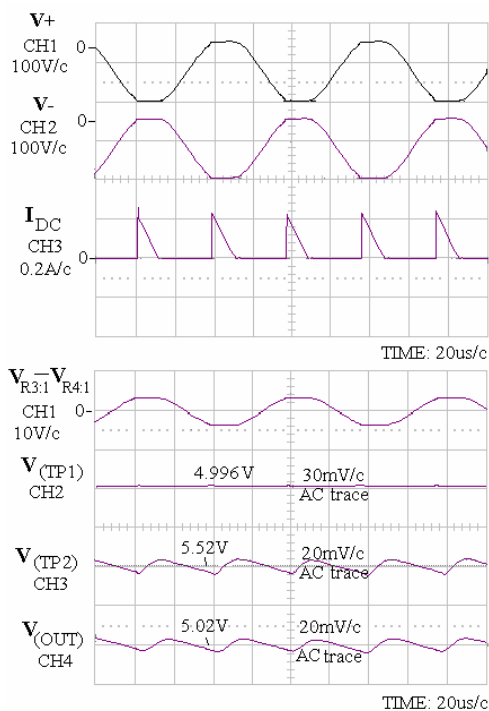
(a)

NAPON NA EL.STATIČKOM VOLTMETRU (kV)	NAPON NA IZLAZNIM PRIKLJ. MODULA $U_{out}=U_{dc}$ (V)
3.00	5.02
35.20	10.30
53.50	13.30

(b)

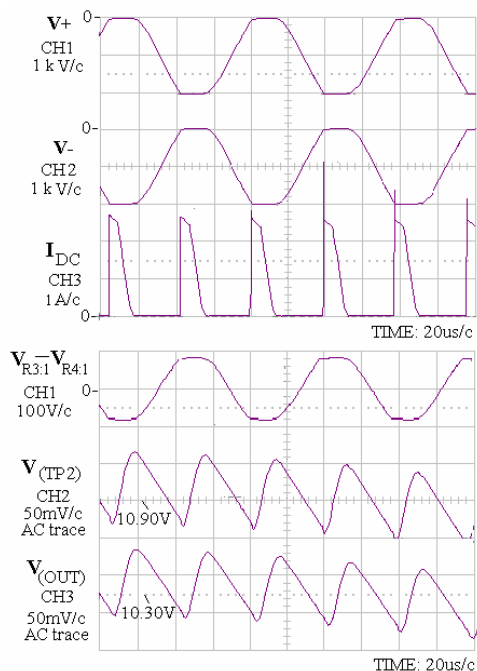
Sl.9. Verifikacija VN merenja na ESI; (a)-osciloskopski snimak porasta napona na elektrodama ESI, (b)-izmerene vrednosti napona na ESI i izlazni mernim priključcima modula u stacionarnom režimu

U upravljačkom delu IGBT konvertora je izvršen postepeni porast napona na elektrodama ESI i to za tri vrednosti širine naponskih impulsa napona primara VNVF transformatora, odnosno za tri vrednosti koeficijenta radnog režima IGBT pretvarača tj. "duty cycle"- δ : $\delta_1=5\%$, $\delta_2=25\%$ i $\delta_3=40\%$. Učestanost IGBT pretvarača je podešena na 12.5kHz. Pri ovim uslovima su i dobijene vrednosti koje su prikazane na Sl.9. Za svaki od ovih opsega napona u stacionarnom režimu su prikazani talasni oblici izmerenih struja i napona na elektrodama jedne sekcije ESI postrojenja.

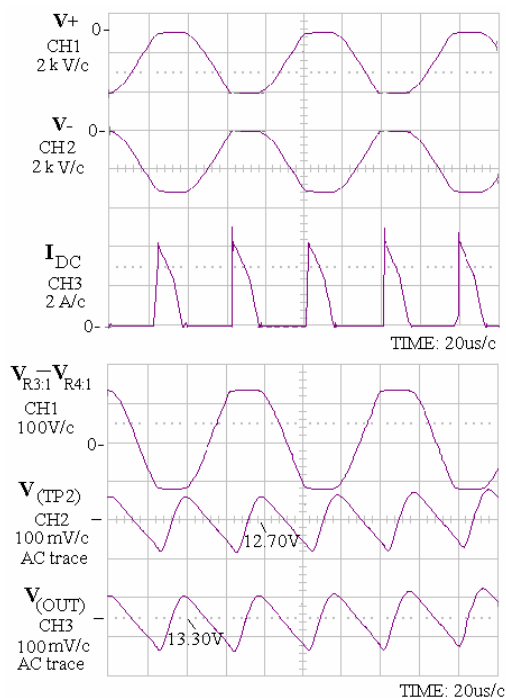


Sl.10. Osciloskopski snimci u karakterističnim test tačkama mernog modula u stacionarnom režimu pri naponu od 3kV na elektrodama ESI; koeficijent radnog režima IGBT pretvarača $\delta_1=5\%$.

Na Sl.10 su prikazani osciloskopski snimci talasnih oblika struje i napona za slučaj koeficijenta radnog režima IGBT pretvarača tj. "duty cycle"- $\delta_1=5\%$. Uspostavljen je napon od 3kV na elektrodama ESI. Napon na izlaznim priključcima mernog modula je iznosio 5.02V.



Sl.11. Osciloskopski snimci u karakterističnim test tačkama mernog modula u stacionarnom režimu pri naponu od 35.2kV na elektrodama ESI; koeficijent radnog režima IGBT pretvarača $\delta_2=25\%$.



Sl.12. Osciloskopski snimci u karakterističnim test tačkama mernog modula u stacionarnom režimu pri naponu od 53.5kV na elektrodama ESI; koeficijent radnog režima IGBT pretvarača $\delta_3=40\%$.

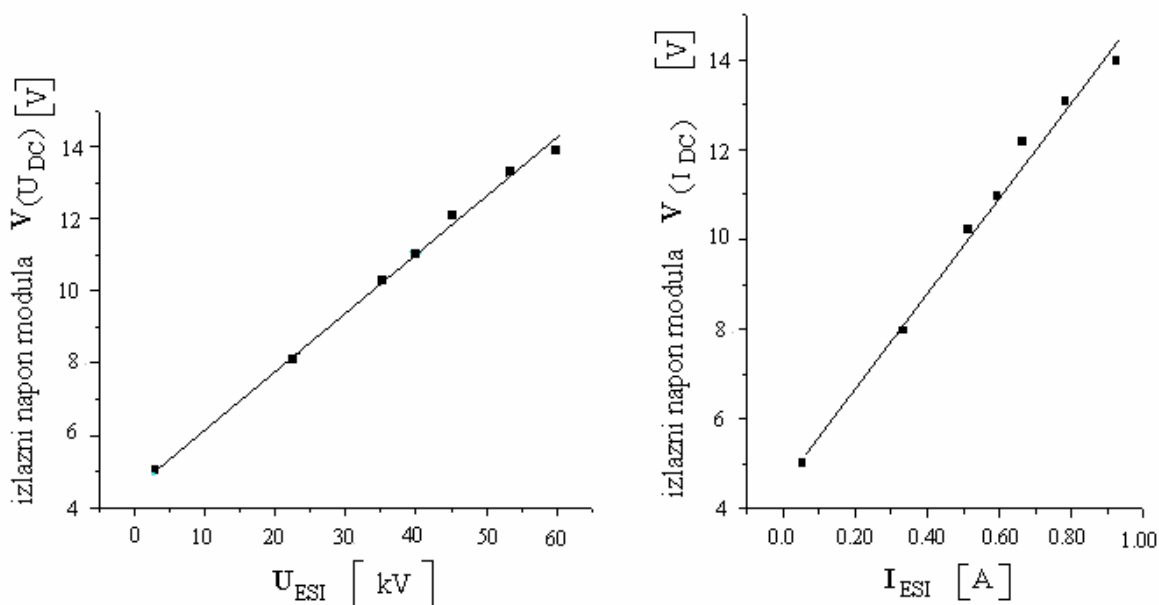
Na Sl.11 su prikazani osciloskopski snimci talasnih oblika struje i napona za slučaj koeficijenta radnog režima IGBT pretvarača tj. "duty cycle"- $\delta_2=25\%$. Uspostavljen je napon od 35.2kV na elektrodama ESI. Napon na izlaznim priključcima mernog modula je iznosio 10.30V. Na Sl.12 su prikazani osciloskopski snimci talasnih oblika struje i napona za slučaj koeficijenta radnog režima IGBT pretvarača tj. "duty cycle"- $\delta_3=40\%$. Uspostavljen je napon od 35.2kV na elektrodama ESI. Napon na izlaznim priključcima mernog modula je iznosio 13.30V.

Pored ovih merenja su izvršena merenja u stacionarnom režimu pri čemu je naponskim PWM impulsima IGBT pretvarača podešen opseg promene napona na izdvačaju u opsegu 0-60kV. Merene su srednje vrednosti napona i struje ESI. Dobijene vrednosti su sređene tabelarno, kao što je prikazano u Tabeli I.

Napon na ESI izmeren elektrostatičkim voltmetrom	Napon V(U _{dc}) izmeren na priključcima Elektronskog mernog modula	Napon V(I _{dc}) izmeren na priključcima Elektronskog mernog modula	Struja I _{dc} Izmerena na ampermetru sa kretnim kalemom
(kV)	(V)	(V)	(A)
3.00	5.02	5.05	0.05
22.50	8.10	8.00	0.33
35.20	10.30	10.25	0.51
40.00	11.05	11.00	0.59
45.25	12.10	12.20	0.66
53.50	13.30	13.10	0.78
60.00	13.90	14.00	0.92

Tabela I- Prikaz rezultata merenja pri testiranju elektronskog mernog modula za merenje struje i napona ESI

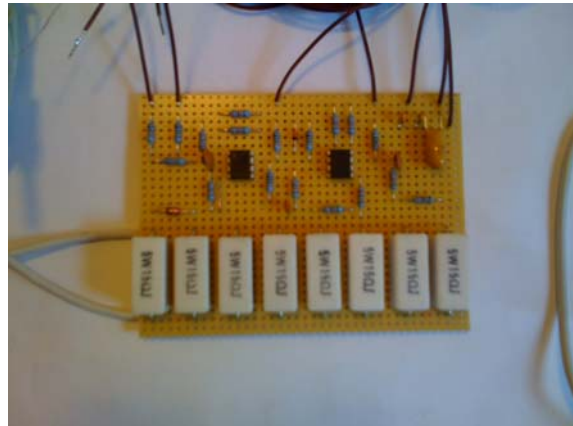
Na osnovu tabelarno sređenih rezultata su prikazane zavisnosti $V(U_{DC}) = F1(U_{ESI})$ i $V(I_{DC}) = F2(I_{ESI})$ grafički kao što je prikazano na Sl.13. Sa ovih grafičkih zavisnosti se vidi da se postiže veoma dobra linearnost mernog elektronskog modula za merenje napona i struje ESI.



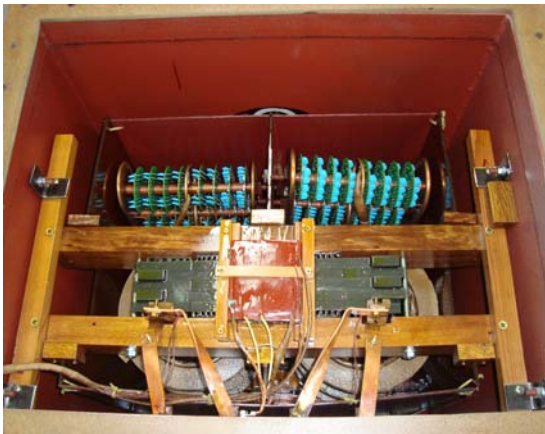
Sl.13. Grafički dobijene zavisnosti izmerenih naponskih signala mernog elektronskog modula za merenje napona i struje ESI, (a)- zavisnost $V(U_{DC}) = F1(U_{ESI})$, (b)-zavisnost $V(I_{DC}) = F2(I_{ESI})$

Izgled mernog modula

U ovom odeljku su dati izgled, način i eto ugradnje razvijenog mernog elektronskog modula za merenje napona i struje ESI.



Sl.14. Izgled štampane pločice mernog elektronskog modula za merenje napona i struje ESI pre zalivanja



(a)



(b)

Sl.14. Način montaže i mesto ugradnje mernog elektronskog modula za merenje napona i struje ESI, (a)-ugradnja u transformatorski sud VNVF ispravljača za pobudu ESI, (b)-izgled mernog modula nakon zalivanja



Sl.15. Način montaže i mesto ugradnje mernog elektronskog modula za merenje napona i struje ESI-pogled sa gornje strane transformatorskog suda

Karakteristike predloženog tehničkog rešenja su sledeće:

Napajanje : ±15VDC/0.2VA

Ulazni napon: 0-60kV DC (opciono 0-100kV DC) sa inherentnog razdelnika u VN diodnom mostu

Ulazna struja: 0-1A DC (pulsirajuća DC za opseg učestanosti 0-50kHz)

Izlazni signali

STRUJA: naponski signal 0-10V, opciono :strujni signal 4-20mA(0-20mA)

NAPON: naponski signal 0-10V, opciono: strujni signal 4-20mA(0-20mA)

Tačnost merenja: < 2%

Stepen zaštite: IP68

Dimenzije modula: 100x100x20mm

Temperaturni opseg: -25°C do +100°C

Relativna vlažnost: 98%

Mogućnosti primene predloženog tehničkog rešenja:

Razvijeni modul ima mogućnost primene na VNVF postrojenjima ESI. Njegova primena se odnosi na sisteme za merenje i akviziciju veličina na VN delu ESI (napona i struje), ali i kao integralni deo povratne sprege VNVF digitalnih kontrolera za regulaciju napona, struje i broja preskoka u vremenu na elektrodnim sistemima elektrostatičkih izdvajača kao i u sistemima energetske pretvarača za napajanje elektro-filtarskih postrojenja nezavisno od tipa postrojenja (čelične, cementare, elektrane i sl. postrojenja). Modul je prvenstveno namenjen za merenja u regulacionim krugovima u kolima elektrostatičkih izdvajača i kontinualni monitoring trenutnih vrednosti napona i struja na elektrodama ESI. Prednost ovog modula u odnosu na konvencionalne VN razdelnike je modularan dizajn, značajno manje dimenzije, bolja otpornost na spoljašnje uticaje i značajno bolja pouzdanost.

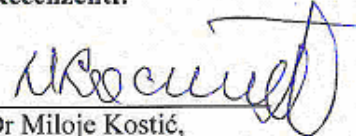
LITERATURA:

- [1] K. Parker, "*Electrical operation of electrostatic precipitators*", The Institution of Electrical Engineers, London, 2003.
- [2] N.V.P.R Durga Prasad, T.Lakshminaray, J.R.K Narasimham, T.M.Verman and C.S.R Kirshnam Raju, "Automatic Control and Management of Electrostatic Precipitator", *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol.35, No.3, May/June 1999, pp.561-567.
- [3] S.Dobričić, I.Stevanović, R.Prole, D.Jevtić, "Primena optike u merenju visokonaponskih veličina kod elektrostatičkih filtera", 29 Savetovanje YUKO Cigre-rad R B4-06, Zlatibor, 31 maj-06 jun 2009.
- [4] M.Koralun, "High Voltage Measurements in Electrostatic Precipitator Energizing Circuit", *Journal of Electrostatics*, Vol.23, April 1989, pp.293-301. Special Issue Electrostatics 1989.

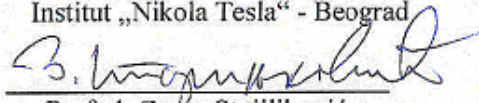
MIŠLJENJE RECENZENATA

Autori tehničkog rešenja Slobodan Vukosavić, Željko Despotović, i Obrad Đorđević su jasno prikazali i obradili kompletnu strukturu tehničkog rešenja. Na osnovu svega navedenog recenzenti su ocenili da tehničko rešenje pod nazivom: "**Univerzalni elektronski modul za merenje struje i napona elektrostatičkih izdvajča**" predstavlja rezultat koji pored stručne komponente pruža originalni naučnoistraživački doprinos. Sa zadovoljstvom predlažemo da se opisano tehničko rešenje prihvati kao tehničko rešenje u kategoriji M82-industrijski prototip.

Recenzenti:




Dr Miloje Kostić,
Viši naučni saradnik
Institut „Nikola Tesla“ - Beograd



Prof. dr Zoran Stojiljković,
Elektrotehnički fakultet - Beograd

PRIOLOG-1: Mišljenje participanta (korisnika uređaja)



ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ


ЈП ЕПС-Привредно Друштво
"Термоелектране Никола Тесла" д.о.о.
Обреновац
ТЕ Морава Свилајнац
Број: 862/1
30-03-2011 20 год.

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
Београд
31. MAR 2011
УМБЕНО:

СФ. КД	Б. Р. О. Ј	ПРИЛОГ	ВРЕДНОСТ
	715		

C. Vukosavić

**ПРИВРЕДНО ДРУШТВО
ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ
НИКОЛА ТЕСЛА Д.О.О.**
11500 Обреновац, Богољуба Урошевића Црног 44
Тел.: 011/875-50-11; Факс: 011/875-49-55
www.jptent.com



**Elektrotehnički fakultet – Univerzitet u Beogradu
Prof.dr.Slobodan Vukosavić
BEOGRAD**

Mišljenje participanta (korisnika rezultata) projekta o realizaciji i primenjenim rezultatima projekta TR-21007

U okviru programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, za period 01.04.2008-31.12.2010 god. na elektrofiltarskom postrojenju u TE "Morava"-Svilaјnac su uspešno primenjeni rezultati predviđeni u dve godine istraživanja na projektu "Razvoj i primena visokonaponske visokofrekventne ekološke opreme za otklanjanje aerozagadenja u industriji i elektroprivredi"-evidencioni broj TR-21007A

Rukovodilac: prof. Dr Slobodan Vukosavić
Realizatori: Elektrotehnički fakultet Beograd, Institut "M.Pupin"- Beograd, Institut "N.Tesla"- Beograd.

Trajanje projekta: 01.0.2008-31.03.2010.

U okviru ovog Projekta su razvijena tri potpuno nova tipa visokonaponskog visokofrekventnog (VNVF) AC/DC napajanja za potrebe postrojenja elektrostatičkih izdvaјača na TE "Morava":

1. VNVF napajanje sa pripadajućim VNVF transformatorom i 10kHz-nim rezonantnim IGBT AC/DC pretvaračem 3x0.4kV, 50Hz/70kVDC, prividne sage 70kVA, sa LC-rezonantnim međukolom.
2. VNVF napajanje sa pripadajućim VNVF transformatorom (novi industriјski prototip) i 10kHz-nim rezonantnim IGBT AC/DC pretvaračem 3x0.4kV, 50Hz/70kVDC, prividne snage 70kVA sa inherentnim LC parametrima u samom VNVF transformatoru
3. Strujno regulisani AC/DC IGBT pretvarač 3x0.4kV, 50Hz/70kVDC, prividne snage 70kVA u kombinaciji sa postojećim 50Hz-nim transformatorima (*retrofit* napajanje).

Praktično realizovana napajanja su puštena u eksploatacioni rad počev od 01.12.2009 godine. Mernim sistemom za merenje koncentracije čestica u dimnom gasu koji je postavljen u recirkulacionom vodu kvantitativno je pokazano značajno bolje čišćenje dimnih gasova u odnosu na postojeći 50Hz-ni sistem. Registrovani su takođe i kvalitativni efekti VF sistema (veća količina izdvojenog pepela i značajno manja gustina izlaznog dimnog gasa u odnosu na 50Hz-ni sistem). Tokom dosadašnjih eksperimentalnih ispitivanja je uočeno da se još značajniji efekti mogu postići usklađivanjem otresanja taložnih i emisionih elektroda sa radom pomenutih VNVF izvora napajanja. Tokom marta 2010 je izvršena montaža merne opreme proizvodnje DURAG za kontinualno merenje emisija u obe grane i dimnjaku postrojenja. Na osnovu ovoga su se stekli uslovi za kompletnim podešavanjem i optimizacijom VF postrojenja na TE "Morava" tako da su krajem 2010 godine pokazani konačni kvantitativni efekti i prednosti novog domaćeg VF sistema napajanja u odnosu na postojeći 50Hz-ni sistem. Pokazano je interesovanje predstavnika firme RAFAKO za novi sistem VNVF napajanja čiji su predstavnici u dva navrata posetili postrojenje elektrostatičkih izdvaјača na TE "Morava".

Odgovorno lice
Direktor TE „Morava“
[Signature]
Ime i prezime, titula

Број регистрације: БД 102822/2006
ПИБ: 101217456
Рачун: 205-13550-81 Комерцијална банка АД Београд

ТЕ МОРАВА
35210 Свилајнац, Ђуре Ђаковића 63
Тел.: 035/321-152; Факс: 035/312-304
E-mail: direktor@temorava.com

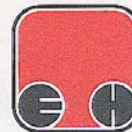
PRIOLOG-2: Potvrda o eksploataciji tehničkog rešenja od strane korisnika

 ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ

ЈП ЕПС-Привредно друштво
"Термоелектране Никола Тесла" д.о.о.
Обреновац
ТЕ Морава Свилајнац
Број: 2053/2
10-06-2011 20 год.

ПРИВРЕДНО ДРУШТВО
**ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ
НИКОЛА ТЕСЛА** Д.О.О.

11500 Обреновац, Богољуба Урошевића Црног 44
Тел.: 011/875-50-11; Факс: 011/875-49-55
www.jptent.com



ИНСТИТУТ „МИХАЈЛО ПУПИН“

Dr. Željko Despotović
11160 БЕОГРАД
Улица Volgina 15.

U okviru programa istraživanja u oblasti tehnološkog razvoja Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, za period 01.04.2008-31.12.2010 god. na elektrofiltarskom postrojenju u TE "Morava"-Svilajnac su uspešno primenjeni rezultati predviđeni u dve godine istraživanja na projektu

"Razvoj i primena visokonaponske visokofrekventne ekološke opreme za otklanjanje aerozagađenja u industriji i elektroprivredi"-evidencioni broj TR-21007

Rukovodilac: Prof. dr Slobodan Vukosavić

Realizatori: Elektrotehnički fakultet Beograd, Institut "M.Pupin"- Beograd, Institut "N.Tesla"- Beograd.

Trajanje projekta: 01.04.2008-31.03.2010.

U okviru datog projekta je realizovano tehničko rešenje-industrijski prototip **"Univerzalni elektronski modul za merenje struje i napona elektrostatičkih izdvača"** (čiji su realizatori Prof. dr. Slobodan Vukosavić -ETF, Dr Željko Despotović -Institut "M.Pupin", Obrad Đorđević -ETF). Tehničko rešenje je realizovano u periodu 01.07.-01.10.2009 godine. Tehničko rešenje je integralni deo postrojenja elektrostatičkih izdvača na TE "Morava"-Svilajnac. Tehničko rešenje je u eksploatacionoj primeni na TE "Morava- Svilajnac počev od 01.10.2009 godine.

Odgovorno lice:

Direktor TE "Morava"-Svilajnac




Dragan Nešić, dipl.el.inž

Број регистрације: БД 102822/2006
ПИБ: 101217456
Рачун: 205-13550-81 Комерцијална банка АД Београд

ТЕ МОРАВА
35210 Свилајнац, Ђуре Ђаковића 63
Тел.: 035/321-152; Факс: 035/312-304
E-mail: direktor@temorava.com