

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: Visokonaponski visokofrekventni transformator snage 60kVA (Projekat sa ev. br. ZS007: Razvoj i primena visokonaponske visokofrekventne ekološke opreme za otklanjanje aerozagadženja u industriji i elektroprivredi-rukovodilac projekta: prof. dr Slobodan N. Vukosavić).

Autori:

Prof. dr Slobodan N., Vukosavić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu
Dr Željko Despotović, Institut "Mihajlo Pupin"-Beograd
Obrad Đorđević dipl.inž, Elektrotehnički fakultet u Beogradu

Kategorija tehničkog rešenja: M(82) - industrijski prototip

OBRAZLOŽENJE

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

Subjekt koji rešenje koristi: TE "Morava" Svilajnac

Predloženo rešenje je urađeno: 01.06.2009 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 elektrofiltrarskog 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:

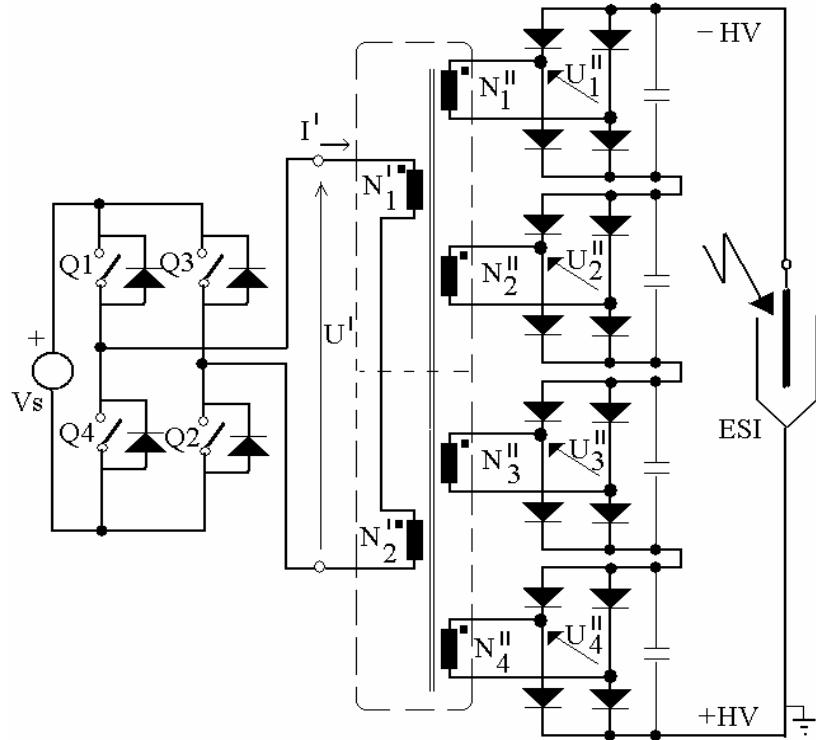
Visokofrekventno napajanje elektrostatičkih filtera omogućuje značajne uštede u površini elektroda, količini ugrađenog čelika, električnoj energiji i efikasnije izdvajanje čestica dima i pepela. Jedna od ključnih komponenti visokofrekventnog (VF) energetskog pretvarača je visokonaponski visokofrekventni (VNVF) energetski transformator podizač napona. Njegova realizacija zahteva rešavanje čitavog niza stručnih i tehničkih problema, za koje u naučnoj i stručnoj javnosti još uvek nema primerenog rešenja. U radu transformatora pri VF primenama postoje problemi degradacije dielektrika usled dielektoforeze, prisutne usled velike brzine promene električnog polja. Pored ovoga, projektovanje feritnog jezgra za transformator velike snage je skopčano sa problemima usled prisustva pozitivnog temperaturnog koeficijenta gubitaka snage u jezgru.

Stanje rešenosti problema u svetu:

U proteklim godinama je ostvaren relativno mali napredak topologije tiristorskog konvertora u kombinaciji sa 50Hz-nim VN transformatorom. Tu se prvenstveno misli na nemogućnost njene primene za rad na visokim učestanostima i pri značajnim snagama [1-2]. Tako je konvencionalni dizajn VN transformatora za 50Hz/60Hz postao manje atraktivno rešenje. Pomenuta topologija veoma robusna i jednostavna, ali ima nekoliko značajnih mana: mali kvalitet ulazne struje, nizak faktor snage, spori odziv, nisku efikasnost izvora napajanja, značajne dimenzije, težinu a stoga i veliku cenu. U novije vreme se intenzivno radi na primeni prekidačkih izvora napajanja prilagođenih za aplikacije u ESI postrojenjima. Novi prekidački izvori obezbeđuju dramatično različite performanse i fizičke karakteristike od konvencionalnih tiristorskih izvora napajanja ESI [3]. Ključna komponenta u ovim sistemima predstavlja VNVF transformator. On mora biti dimenzionisan tako da se pobuđuje naponskim izvorom iz H- mosnog pretvarača. Ovim se postiže značajna fleksibilnost uz korišćenje strategije naponske kontrole tj. kontrole širine impulsa ili faznog pomeraja. Elektrostatički i termički stres su prihvatljivi sa stanovišta napona i snage. Dimenzionisanje VN transformatora pri pomenutim visokim učestanostima se značajno razlikuje od konvencionalnih metoda. Postoji nekoliko problema koji su detaljno analizirani u [4] a odnose se na: zahteve izolacije, parazitne elemente, gubitke u magnetnom jezgru i disipacija topline, efekat korone i ispravljanje napona. VN transformatori za ove aplikacije su tipično prenosnog odnosa 100:1 do 200:1, zavisno od zahtevanog izlaznog napona.

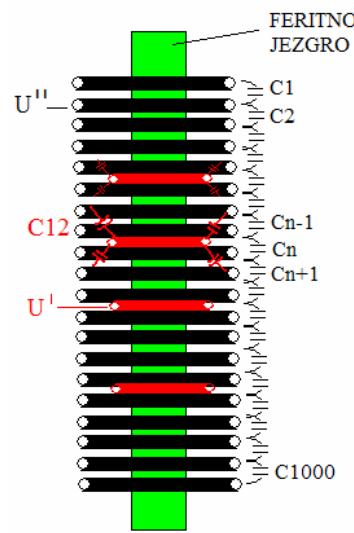
Suština tehničkog rešenja:

Prototip VNVF transformatora koji se u ovom tehničkom rešenju razmatra je predviđen za pobudu punotalasnog VF ispravljača i projektovan je da ima modularni dizajn kako bi se mogao koristiti za različite naponske nivoe u postrojenjima elektrostatičkih izdvajača (ESI). On sadrži dva primarna kalema vezana na red i četiri sekundarna kalema, od kojih svaki ima zasebni diodni ispravljački most kao što je prikazano na Sl.1.



Sl.1. VNVF transformator sa četiri sekundarna namotaja za pobudu ESI

Obzirom da je VNVF transformator ustvari podizač napona, potrebno je obezbediti dovoljan izolacioni nivo između primarnog i sekundarnog namotaja kako bi se izbegao električni probaj. Stoga, elektromagnetna sprega između primara i sekundara neće biti tako kruta kao u konvencionalnim 50Hz-nim transformatorima. Ovo rezultuje preslikavanje parazitnih induktivnosti na primarnu stranu što može uticati na transparentnost maksimalne snage transformatora. Dakle postoji kompromis između izolacionog rastojanja i rasipne induktivnosti. Takođe veliki broj navojaka koji se zahtevaju na sekundaru, prouzrokuju veoma visoku vrednost distribuiranog kapaciteta kao što pokazuje Sl.2. Ova vrednost se preslikava na primarnu stranu tako što se množi sa kvadratom prenosnog odnosa transformatora i nije zanemarljiva [5-6]. Ovaj parazitni kapacitet prouzrokuje parazitnu struju između primarnog i sekundarnog namotaja, što rezultuje značajno smanjenje efikasnosti transformatora.



Sl.2. Parazitne kapacitivnosti VNVF transformatora

Korona pražnjenja koja su česta pojava u ESI sistemima mogu ozbiljno uticati na rad i životni vek VNVF transformatora. Bilo kakva oštra izbočenja ili uglovi mogu dovesti do pojačanja nehomogenosti električnog polja i shodno tome dovesti do pojave interne korone u njihovoj okolini. Ova korona je drugačijeg porekla od one koja se ima na elektrodama ESI i može dovesti do stvaranja visoko reaktivnih molekula koji mogu usloviti degradaciju izolacije, električnog probaja i nastajanja nepoželjnog električnog luka. Da bi se osiguralo podjednako deljenje napona iskorišćen je kapacitivni delitelj. Imajući u vidu ove činjenice VNVF transformator za napajanje ESI je dimenzionisan prema sledećim tehničkim zahtevima:

- Primarni napon: $U' = 600V$ (pravougaoni talasni oblik)
- Sekundarni napon : $U'' = 4x15kV$
- Pravidna snaga : $P=60kVA$
- Prekidačka učestanost: $f=10kHz$

Zbog zahteva za visokom učestanošću, odlučeno je da se koristiti kompozicija više feritnih jezgara. Kako bi se prilagodio smeštaj šest kalemova (dva za NN stranu i četiri za VN stranu) korišćeno je jezgro sa pravougaonim poprečnim presekom. Postignuto je dobro uklapanje feritnih sekacija. Kako bi se osigurali niski gubici, gustina fluksa tj. indukcija je bila ograničena na $B_{max} \leq 200mT$.

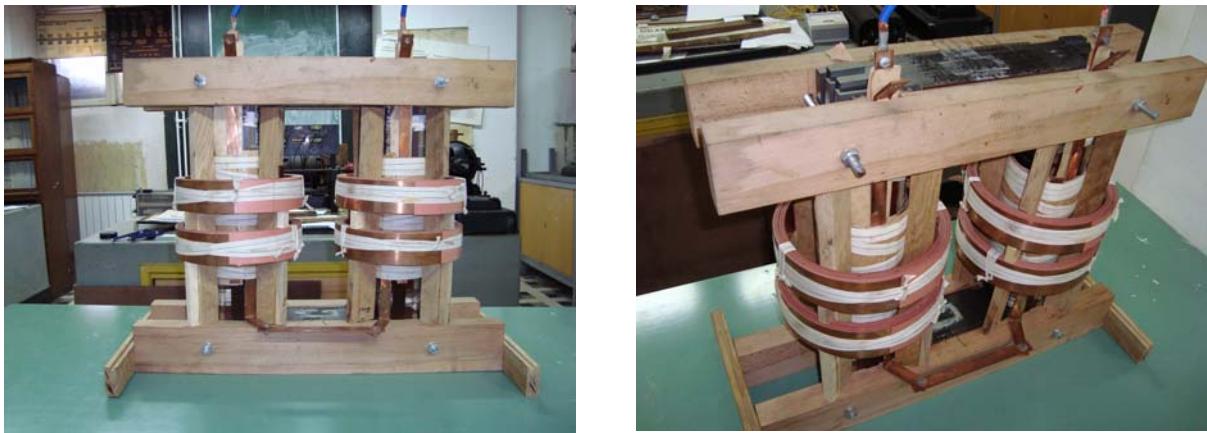
Osim izolacionog materijala za kalemove namotaja potrebno je bilo definisati izolacioni medijum u koji se smešta VNT zajedno sa pripadajućim VF ispravljačem. Jasno je da sekundarni

namotaji trebaju biti dovoljnih dimenzija kako bi se sprečio preskok sa njihove površine na feritno jezgro transformatora ili pak na primarni namotaj. Pored ovoga predviđena je i dovoljna debljina namotaja VN da bi se sprečio proboj kroz izolaciju. Proboj se uvek događa kada površina dejstva električnog polja postane veća od bilo čvrstih delova ili enkapsulacije koja ga okružuje. Moguće je napraviti poboljšanja pri nižim vrednostima polja, koja se tiču fizičkih i hemijskih nehomogenosti na površini kao i same geometrije. Iako je podatak za najmanje 1kV/mm relativno pouzdan, njega je teško postići za dobro kontrolisane uslove površine. Po *Rowlandu* i *Nicholsu* sigurnosni napon za ovakve aplikacije je $15\text{kV}/10\text{mm}$ [7] tj. odnosno ova vrednost napona je potrebna za održavanje svog proboga ("otporni luk u termoplastičnoj masi"). Radi sigurnosti, usvojena je vrednost za dielektričnu čvrstoću odnosno jačinu polja 5kV/mm .

U razmatranje za izolacioni medijum su uzeti u obzir veći broj tipova transformatorskih ulja. Transformatorska ulja su pored izolacionih svojstava dobar medijum za transport topote. U uslovima idealne prirodne konvekcije koeficijent prenosa je približno $95\text{W/m}^2\text{K}$, što je ekvivalentno forsiranom hlađenju sa vazduhom sa brzinom toka približno 25m/s . Za razvoj prototipa ulje izaziva nekoliko različitih problema. Ulje treba ukloniti sa površine svih komponenti. Nečistoće u ulju imaju tendenciju da akumuliraju tačke visoke divergencije polja, tj. tako da najkritičnije tačke nastaju usled dielekstroforeze [8], a to može dovesti do internih odnosno lokalnih proboga u ulju.

Pored ovoga tokom projekta je izvršena i detaljna elektrostatička analiza. U cilju sprečavanja divergencije električnog polja, postavljeni su na krajevima namotaja specijalni prstenovi. Na ovaj način je maksimalno polje na unutrašnjoj strani prstena ograničeno takođe na 5kV/mm .

Projektovani transformator je sastavni deo VNVF napajanja ESI postrojenja na TE "Morava". Transformator je testiran u ogledima praznog hoda i kratkog spoja na *Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu* u *Laboratoriji za mikroprocesorsko upravljanje energetskim pretvaračima i pogonima*. Na Sl.3 je dat izgled kompozicije transformatorskog feritnog jezgra i namotaja (VN strane i NN strane) razvijenog prototipa transformatora, pre postavljanja u uljni izolacioni medijum transformatorskog suda. Transformatorsko jezgro je fiksirano sa drvenim jarmom. Obezbeđeno je potrebno sigurnosno rastojanje između primara i sekundara.



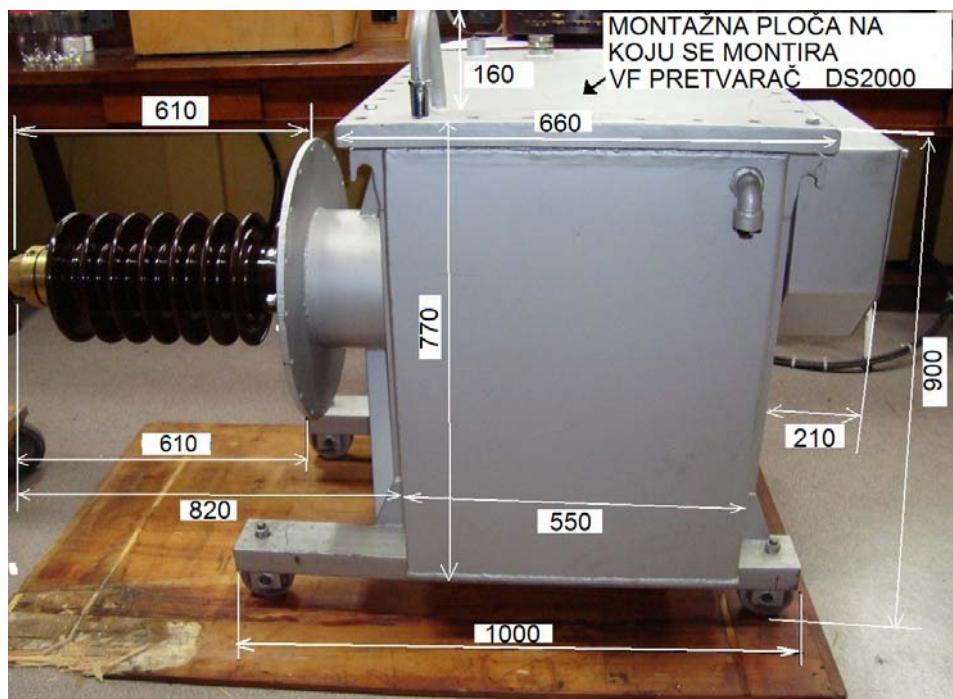
Sl.3. Izgled VNVF transformatora 60kVA pre stavljanja u izolacioni medijum od ulja

Nakon postavljanja u transformatorski sud izvršeno je punjenje transformatorskog suda izolacionim uljem tipa NYNAS 3000. Izgled unutrašnjosti transformatorskog suda u koji se smeštaju VN ispravljač i VNVF transformator, nakon punjenja izolacionim medijumom je dat na Sl.4

Izgled i dimenzije transformatorskog suda u kojem su smešteni VNVF transformator i VN ispravljač su prikazani na Sl.5. U prostor dimenzija $550\text{mm} \times 770\text{mm} \times 420\text{mm}$ je smešten VFVN transformator prividne snage 60kVA zajedno sa VN ispravljačem.



Sl.4. Izgled transformatorskog suda i njegove unutrašnjosti nakon stavljanja VNPF transformatora 60kVA u izolacioni medijum



Sl.5. Izgled i dimenzije suda sa VNPF transformatorom i VN ispravljačem ;prividna snaga uređaja $S=60\text{kVA}$;date dimenzije su u milimetrima

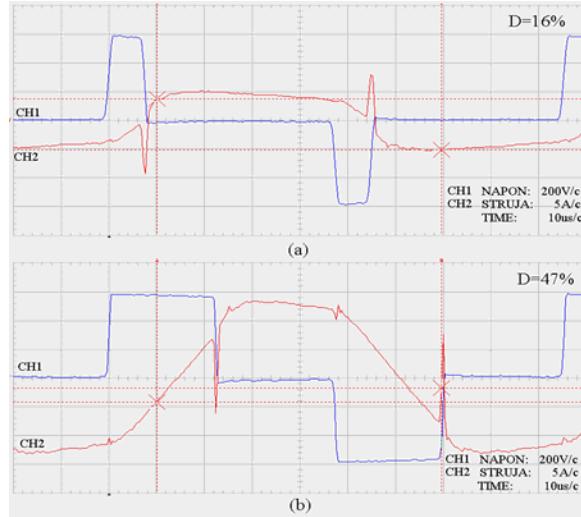
TESTIRNJE VNPF TRANSFORMATORA- eksperimentalni rezultati

Testiranje i verifikacija karakteristika razvijenog prototipa VNPF transformatora je ostvarena u ogledima praznog hoda, kratkog spoja i termičkim ispitivanjima

(a) ogled praznog hoda

Ogled praznog hoda je ostvaren pri različitim vrednostima širine naponskih impulsa na redno vezanim primarnim (NN) namotajima. Sva četiri sekundarna namotaja su bila otvorena.

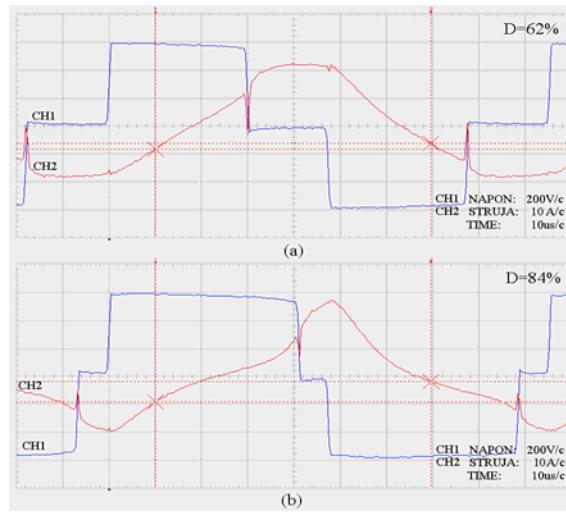
Podešavanje radne učestanosti pretvarača i širine naponskih impulsa je ostvareno posredstvom IGBT pretvarača sa H-mostom i preko referentnih ulaza pripadajućeg DSP kontrolera: zadavanje širine naponskih impulsa preko ulaza D_{ref} [%], dok je zadavanje učestanosti ostvareno preko ulaza f_{ref} [kHz].



S1.6. Ogled praznog hoda pri pobudnoj učestanosti 10kHz,

(a) D=16% , (b) D=47%

Na S1.6 su prikazani talasni oblici struje i napona na primaru VNVF transformatora za slučaj praznog hoda, pri učestanosti od 10kHz i za dve različite širine naponskih impulsa: za slučaj na S1.6(a) *duty-cycle* je iznosio D=16% dok je za slučaj na S1.6(b) iznosio D= 47% . Na S1.7 su prikazani isti odzivi za veće vrednosti širine impulsa. Na S1.7(a) su dati snimci za D=62% dok su na S1.7(b) dati snimci za D=84%.



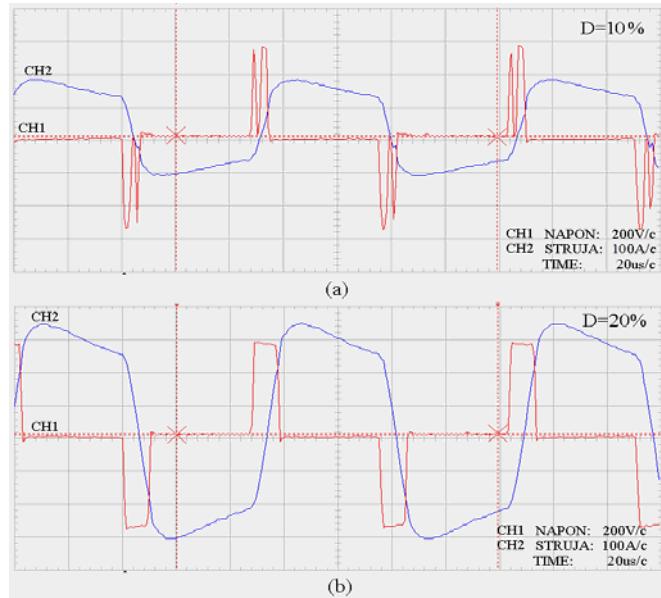
S1.7. Ogled praznog hoda; f=10kHz, (a) D=62% , (b) D=84%

Sa ovih snimaka se jasno vidi da je induktivnost magnećenja VNVF transformatora $L\mu=600\mu H$. Zapaža se da pri širini impulsa D=84%, jezgro transformatora blago ulazi u magnetno zasićenje.

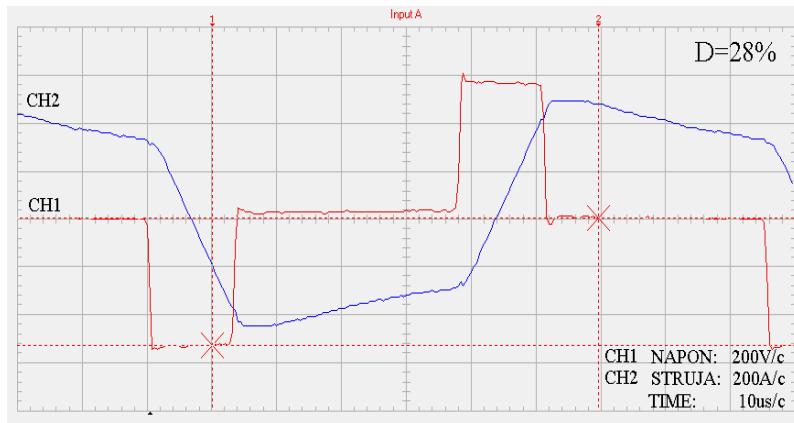
(b) ogled kratkog spoja

Ogled kratkog spoja je ostvaren pri različitim vrednostima širine naponskih impulsa na primaru , pri kratko spojena sva četiri namotaja sekundara.

Na Sl.8 su prikazani talasni oblici struje i napona na primaru VNVF transformatora pri kratkom spoju, pri učestanosti od 10kHz i za dve različite širine naponskih impulsa: za slučaj na Sl.8(a) *duty-cycle* je iznosio D=11% dok je za slučaj na Sl.8(b) iznosio D= 20%. Na Sl.9 su dati isti talasni oblici ali pri višem naponu, odnosno D=28%.



Sl.8. Ogled kratkog spoja; f=10kHz, (a) D=11% , (b) D=20%



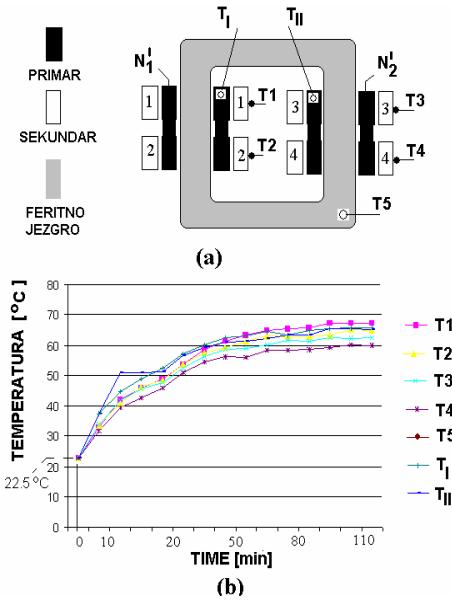
Sl.9. Ogled kratkog spoja ; f=10kHz, D=28%

Na osnovu ovih merenja je određena induktivnost kratkog spoja $L_k=18\mu H$. Takođe zapaža se da se za vrednost D=11% ima kratak spoj pri nominalnoj struci, tako da je napon kratkog spoja $u_k \approx 10\%$.

(c) merenje porasta temperatura magnetnog kola i namotaja

U test procedurama praznog hoda i kratkog spoja su obavljena i merenja porasta temperature magnetnog jezgra odnosno namotaja primara i sekundara. Raspored mernih tačaka na transformatoru je prikazan na Sl.10(a). Kao merni senzori su korišćeni Pt100 temperaturni davači

sa pripadajućim transmiterima. Izmerena promena temperature u pojedinim tačkama je data na Sl.10(b).



Sl.10. Merenje porasta temperature karakterističnih tačaka VNVF transformatora; (a)-raspored mernih tačaka, (b)-porast temperature pojedinih tačaka

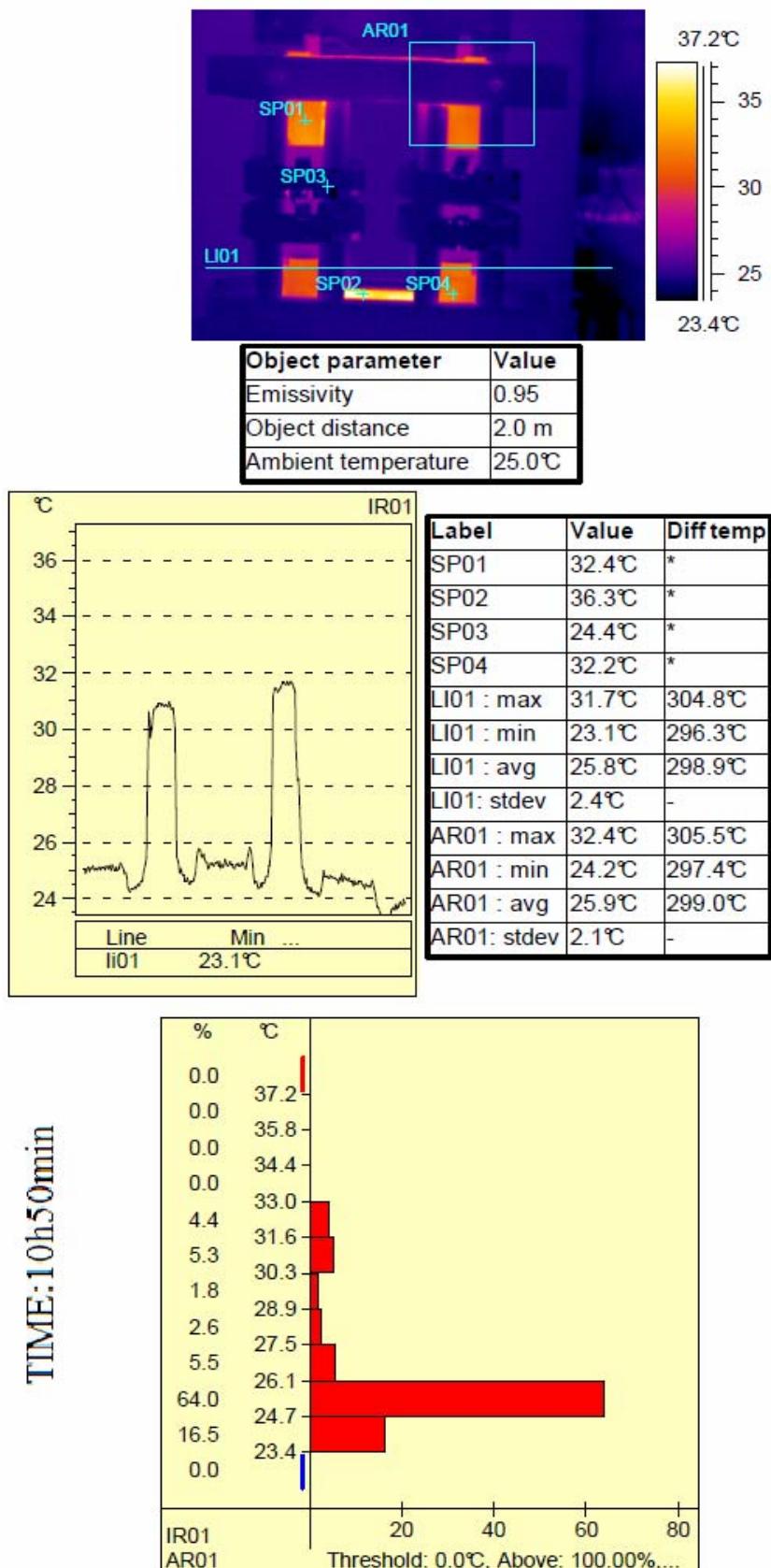
Merenje je ostvareno pri PWM naponskoj pobudi na primaru VNVF transformatora sa amplitudom napona $U_m=560V$. Učestanost pravougaonih naponskih impulsa pri ovom testu je iznosila $f=10kHz$. Ambijentalna temperatura pre početka testiranja je iznosila $T_{amb}=22.5^{\circ}C$, koliko je iznosila i temperatura izolacionog uljnog medijuma u transformatorskom sudu.

U ogledu praznog hoda je merena temperatura T₅ magnetnog jezgra. Jedan temperaturni merni senzor je bio postavljen na spoljnoj površini gornjeg dela magnetnog kola, dok je drugi bio postavljen u središnjem delu na donjoj strani magnetnog kola. Merena temperatura T₅ je ustvari dobijena kao srednja vrednost ovih izmerenih vrednosti. U ogledu kratkog spoja su merene temperature svakog od namotaja primara T_I i T_{II}, kao i temperature T₁-T₄ na sva četiri kratko spojena sekundara kao što prikazuje Sl.10(b). Pored pomenutih veličina u ovom testu su na osnovu izmerenih porasta temperature svakog od namotaja i magnetnog kola su procenjeni gubici kratkog spoja odnosno gubici praznog hoda. Dobijene su vrednosti gubitaka praznog hoda od $P_{yo}=550W$ kao i gubitaka kratkog spoja od $P_{yk}=1550W$.

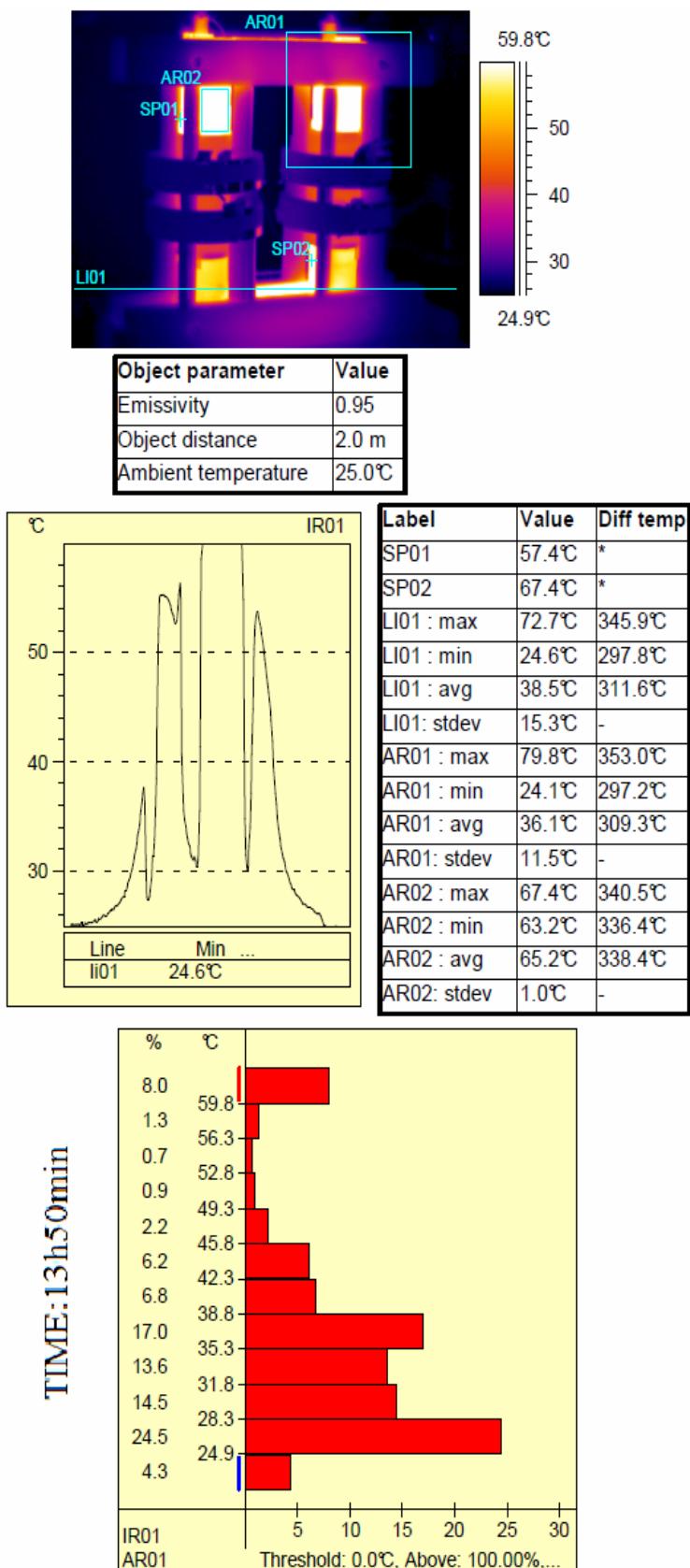
Projektovanje feritnog jezgra za transformator velike snage, kao što je ovde slučaj je skopčano sa problemima usled prisustva pozitivnog temperaturnog koeficijenta gubitaka snage u jezgru, što stvara mogućnost lokalnog pregrevanja, koje u trajnom radu može dovesti do pucanja jezgra i narušavanje strukture magnetnog kola. Stoga je u okviru ovih eksperimentalnih ispitivanja i testiranja pored termičkih proračuna i ispitivanja na NN i VN namotajima, posebna pažnja posvećena termovizijskom snimanju kako magnetnog feritnog jezgra tako i namotaja. Stoga će u nastavku biti dati neki rezultati dobijeni u ogledu praznog hoda (termovizijska merenja magnetnog jezgra).

Na Sl.11 je data kompletna termovizijska slika VNVF transformatora u praznom hodu u četiri karakteristične tačke (SP01, SP02, SP03, SP04) i u presecima AR01 i LI01 nakon 15min od uspostavljanja režima praznog hoda (vreme: 02.05.2009 god.-10h50min). Snimanje termovizijske slike je ostvareno sa udaljenosti 2m i pri ambijentalnoj temperaturi od $T_{amb}=25^{\circ}C$.

Na Sl.12 je data kompletna termovizijska slika VNVF transformatora za karakteristične tačke (SP01, SP02) i u presecima AR01, AR02 i LI01 nakon 3h: (vreme:02.05.2009 god.-10h50min). Snimanje termovizijske slike je ostvareno sa udaljenosti 2m i pri ambijentalnoj temperaturi od $T_{amb}=25^{\circ}C$.



Sl.11. Termovizijsko snimanje VNVF transformatora nakon 15min od uspostavljanja ogleda praznog hoda ;
TIME:02.05.2009-10h50min



Sl.12. Termovizijsko snimanje VNLF transformatora nakon 3h rada u praznom hodu; TIME:02.05.2009-13h50min

Na osnovu ovih snimanja je utvrđeno da termovizionska slika odgovara rezultatima dobijenim snimanjem temperaturne vremenske promene koja je prikazana na Sl.10. Konstatovano je da je srednja temperatura magnetnog kola sačinjenog od feritnog materijala N27 (proizvodnje *Siemens*) nakon puna 3h rada u praznom hodu pri efektivnoj vrednosti struje praznog hoda $I_{no}=20A$, iznosila oko $60^{\circ}C$. Takođe je utvrđeno da je temperaturna raspodela u samom jezgru ravnomerna i da nema vrućih tačaka što je veoma bitno sa stanovišta njegovog lokalnog pregrevanja i narušavanja njegove strukture.

Karakteristike predloženog tehničkog rešenja su sledeće:

Na osnovu eksperimentalnih rezultata su dobijene tehničke performanse realizovanog prototipa VNVF transformatora:

napon primara:	$0.6kV$ (<i>PWM impulsi</i>)
napon sekundara:	$60kV AC$
naponski prenosni odnos:	$1:100$
radna učestanost:	$10kHz$
napon kratkog spoja:	10%
magnetna indukcija:	$\leq 200mT$
gubici praznog hoda:	$600W$
gubici kratkog spoja:	$1600W$
porast temperature namotaja u odnosu na ambijent ($T_{amb}=25^{\circ}C$):	$60^{\circ}C$
porast temperature magnetnog kola u odnosu na ambijent ($T_{amb}=25^{\circ}C$):	$70^{\circ}C$

Mogućnosti primene predloženog tehničkog rešenja:

Razvijeni prototip je u eksploataciji na postrojenju elektrostatičkih izdvajača čestica dima i čadi na TE "Morava". On bi u narednom periodu mogao biti ključna komponenta VNVF ekološke opreme za opremanje domaćih TE i industrijskih postrojenja ESI (cementare, čeličane, toplane) i shodno tome značajna komponenta u redukciji aerozagadženja. Pored primene u sistemima odvajaju čadi i letećeg pepela gde su se ESI su se pokazali efikasnim ($>99.5\%$) razvijeni prototip bi mogao biti ključna komponenta u VF sistemima za odvajanje i taloženje čvrstih produkata u tehnološkim procesima *desumporizacije* i *denitrifikacije*. Inače na redukciji ovih aero-zagađivača se u svetu intenzivnije radi u poslednjih nekoliko godina. Od mogućih tehnoloških postupaka za redukciju SO₂ treba pomenuti klasične hemijske postupke poput termalne oksidacije i regenerativne apsorpcije, kao i postupak krečnjak - kreč. Najnovija istraživanja se odnose na tretman otpadnih gasova u sistemima sa neuravnoteženom nisko-temperaturnom plazmom gde bi takođe VNVF

transformator mogao naći primenu. Treba napomenuti da postoji izuzetna zainteresovanost poljske firme RAFAKO za primenu ovog proizvoda u njihovim ESI sistemima odvajanja dima i čadi, kao i sistemima desumporizacije i denitrifikacije. Nekoliko puta predstavnici ove firme bili prisutni kako u okviru laboratorijskih ispitivanja tako i na eksploracionim ispitivanjima u TE "Morava".

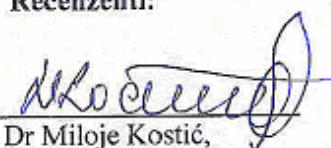
LITERATURA:

- [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.Verma 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] R.Reyes, B.Wallgren, A.Wramdemark, "A Novel and Versatile Switched Mode Power Supply for ESPs", *Proceedings of the International Conference-Electrostatic Precipitators*, 1998, Kyongju, Korea.
- [4] John.C. Fothergill, Philip W.Devine and Paul W. Lefley "A Novel Prototype Design for a Transformer for High Voltage, High Frequency, High Power Use", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol.16, No.1, January 2001, pp.89-98.
- [5] M A. Perez, "A new topology for high voltage, high frequency transformers," IEEE, 0-7803-2482-X/95, 1995.
- [6] H. Takano, "Feasible characteristic evaluations of resonant inverter linked DC-DC power converter using high voltage transformer parasitic components," in *Power Electronics and Variable Speed Drives*: IEE, Sept. 23-25, 1996, pp. 525-533.
- [7] S. M. Rowland and I. V. Nichols, "Effects of dry-band arc current on ageing of self-supporting dielectric cables in high fields," *IEE Proceedings Science, Measurement and Technology*, vol. 143, no. 1, pp. 10-14, Jan.1996.
- [8] H. A. Pohl, *Dielectrophoresis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

MIŠLJENJE RECENZENATA

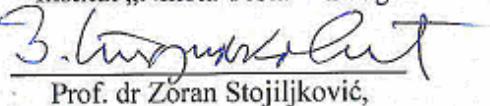
Autori tehničkog rešenja Slobodan Vukosavić, Željko Despotović i Obrad Đorđević su jasno prikazali i obradili kompletну strukturu tehničkog rešenja. Na osnovu svega navedenog recenzenti su ocenili da tehničko rešenje pod nazivom: " Visokonaponski visokofrekventni transformator snage 60kVA" predstavlja 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,

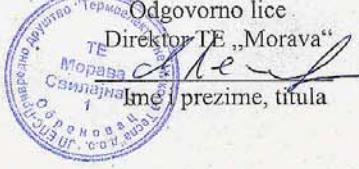
Viši naučni saradnik

Institut „Nikola Tesla“ - Beograd

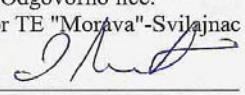

Prof. dr Zoran Stojiljković,

Elektrotehnički fakultet - Beograd

PRILOG-1: Mišljenje participanta (korisnika uređaja)

 ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ ЈП ЕПС-Привредно друштво "Термоелектране Никола Тесла" д.о.о. Обреновац ТЕ Морава Свилајнац Број: 8621 30 -03- 2011 20 год.	ОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ БЕОДРАГ 2011 РЕЧИСТВО № 715 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 B E O G R A D		
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 elektrofiltrarskom 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 aerozagadenja u industriji i elektroprivredi"-evidencijski 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 izdvajača na TE "Morava": 1. VNVF napajanje sa pripadajućim VNVF transformatorom i 10kHz-nim rezonantnim IGBT AC/DC pretvaračem 3x0.4kV, 50Hz/70kVDC, prvidne sage 70kVA, sa LC-rezonantnim međukolom. 2. VNVF napajanje sa pripadajućim VNVF transformatorom (novi industrijski prototip) i 10kHz-nim rezonantnim IGBT AC/DC pretvaračem 3x0.4kV, 50Hz/70kVDC, prvidne snage 70kVA sa inherentnim LC parametrima u samom VNVF transformatoru 3. Strujno regulisani AC/DC IGBT pretvarač 3x0.4kV, 50Hz/70kVDC, prvidne snage 70kVA u kombinaciji sa postojećim 50Hz-nim transformatorima (<i>retrofit</i> napajanje).		
Praktično realizovana napajanja su puštena u eksploracioni 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 kompletним 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 izdvajača na TE "Morava".		
Odgovorno lice Direktor TE „Morava“  Ime i prezime, titula 		
Број регистрације: БД 102822/2006 ГИБ: 101217456 Рачун: 205-13550-81 Комерцијална банка АД Београд ТЕ МОРАВА 35210 Свилајнац, Ђуре Ђаковића 63 Тел.: 035/321-152; Факс: 035/312-304 Е-mail: direktor@temorava.com		

PRILOG-2: Potvrda o eksploraciji tehničkog rešenja od strane korisnika

<p>ЈП ЕПС-Привредно друштво "Термоелектране Никола Тесла" д.о.о. Обреновац ТЕ Морава Свилајнац Број: 2053/4 10 -06 - 2011 20. год.</p>	<p>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</p> <p>ИНСТИТУТ „МИХАЈЛО ПУПИН“ Dr. Željko Despotović 11160 БЕОГРАД Улица Волгина 15.</p> <p>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 elektrofiltrarskom 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 aerozagadenja u industriji i elektroprivredi"-evidencioni broj TR-21007</p> <p>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.</p> <p>U okviru datog projekta je realizovano tehničko rešenje-industrijski prototip "Visokonaponski visokofrekventni transformator snage 60kVA" (čiji su realizatori Prof. dr. Slobodan Vukosavić - ETF, Dr Željko Despotović -Institut "M.Pupin", Obrad Đorđević -ETF). Tehničko rešenje je realizovano u periodu 01.04.2008-01.06.2009 godine. Tehničko rešenje je integralni deo postrojenja elektrostatičkih izdvajača na TE "Morava"-Svilajnac. Tehničko rešenje je u eksploracionoj primeni na TE "Morava"-Svilajnac počev od 01.06.2009 godine.</p>
<p>Odgovorno lice: Direktor TE "Morava"-Svilajnac  Dragan Nešić, dipl.cl.inž</p> <p></p>	
<p>Број регистрације: БД 102822/2006 ПИБ: 101217456 Рачун: 205-13550-81 Комерцијална банка АД Београд</p> <p>ТЕ МОРАВА 35210 Свилајнац, Ђаковића 63 Тел.: 035/321-152; Факс: 035/312-304 E-mail: direktor@temorava.com</p>	