

Институт за рударство и металургију
Зелени булевар 35, п.ф.152
19210 Бор, Србија



Mining and metallurgy Institute
Zeleni bulevar Str. 35, POB 152
19210 Bor, Serbia

Тел: +381 (0) 30-432-299 *Фах: +381 (0) 30-435-175 * Е-Mail: institut@irmbor.co.rs Žiro račun: 150 – 453 - 40

**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
Научно веће Института**

ОВДЕ

ПРЕДМЕТ: ЗАХТЕВ ЗА ВАЛИДАЦИЈОМ И ВЕРИФИКАЦИЈОМ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (Сл. Гласник РС 38/2008, Прилог 2) обраћамо се Научном већу Института за рударство и металургију Бор са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом

Мерни претварач електричне снаге

автора:

Др Драган Миљковић, дипл.инж.ел.
Др Радојле Радетић, дипл.инж.ел.
Др Виша Тасић, дипл.инж.ел.
Маријана Павлов, дипл.инж.ел.
Др Владимир Деспотовић, дипл.инж.ел.
Др Дарко Бродић, дипл.инж.ел.
Владан Миљковић, дипл.инж.ел

Техничко решење Мерни претварач електричне снаге (M82 – индустриски прототип) је резултат реализације пројекта при Министарству за период 2011-2014, бр. ТР33037 – Развој и примена дистрибуираног система надзора и управљања потрошњом електричне енергије код великих потрошача.

За чланове Комисије предлажемо:

1. Проф. Др Зоран Стевић, редовни професор ФЕПН Београд
2. Проф. Др. Мирољуб Јевтић, редовни професор Факултет техничких наука К. Митровица

У Бору, 15.11.2013.

У име аутора:

Драган Р. Миљковић



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35
Тел:(030) 436-826; факс:(030)435-175; E-mail:institut@irmbor.co.rs



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ
Број: XVI/7.4.
Од 04.12.2013. године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XVI-ој седници одржаној дана 04.12.2013. године донело:

*ОДЛУКУ
о покретању поступка за валидацијом и верификацијом
техничког решења и именовању рецензената*

I

На захтев др Драгана Миливојевића, научног сарадника Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Мерни претварач електричне снаге*“, и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. проф.др Зоран Стевић, редовни професор ФЕПН Београд
2. проф.др Мирољуб Јевтић, редовни професор Факултета техничких наука Косовска Митровица

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

Др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.
Научни саветник





ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35

Тел:(030)436-826;факс:(030)435-175;E-mail:institut@irmbor.co.rs



**ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ
(M82 – ИНДУСТРИЈСКИ ПРОТОТИП)**

MERNI PRETVARAČ ELEKTRIČNE SNAGE

Bor, 2013.

1. Naslov i Evidencijski broj projekta:

**RAZVOJ I PRIMENA DISTRIBUIRANOG SISTEMA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE POTROŠNjom
ELEKTRIČNE ENERGIJE KOD VELIKIH POTROŠAČA**

Evidencijski broj Ugovora TR33037 (2011-2014.)

1. Rukovodilac: Dragan R. Milivojević, Institut za rudarstvo i metalurgiju

2. Organizacija koordinator:

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU U BORU

3. Organizacije učesnici:

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU U BORU
TEHNIČKI FAKULTET U BORU

4. Korisnik:

RTB BOR, FBC MAJDANPEK,
ENERGANA TIR D.O.O., BOR, IRM BOR

5. Naziv tehničkog i razvojnog rešenja:

MERNI PRETVARAČ SNAGE

6. Autori:

Dr Dragan Milivojević dipl.inž.el.

Dr Radojle Radetić dipl.inž.el.

Dr Viša Tasić dipl.inž.el.

Marijana Pavlov dipl.inž.el.

Dr Vladimir Despotović dipl.inž.el.

Dr Darko Brodić, dipl.inž.el.

Vladan Miljković, dipl.inž.el.

7. Oblast na koju se tehničko i razvojno rešenje odnosi:

ELEKTRONIKA I TELEKOMUNIKACIJE

1. UVOD

Za merenje električnih veličina koriste se prema principu rada mehanički i elektronski, a prema načinu prikazivanja analogni i digitalni instrumenti. Danas su primeni dominantni elektronski, digitalni instrumenti, mada u obrazovnim laboratorijama i dalje prevlađuju mehanički, analogni merni uređaji [1].

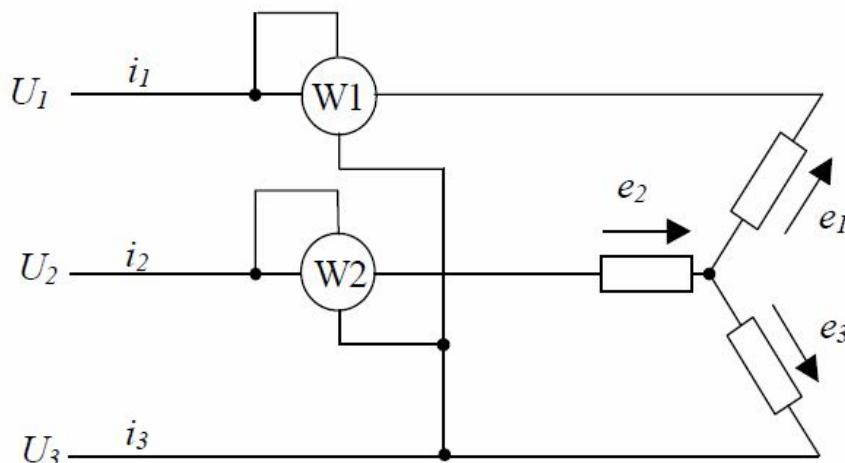
Merenje aktivne snage naizmenične struje vrši se vatmetrima, za laboratorijska merenja koriste se elektrodinamički (klase 0,1; 0,2; 0,5), a za industrijska merenja indukpcioni (klase 1; 1,5; 2,5 ; 5). Danas u upotrebi prevladavaju elektronski instrumenti.

Merenja električne snage u trofaznim sistemima može da se vrši:

- jednofaznim vatmetrom,
- pomoću dva jednofazna vatmetra (Aronova sprega),
- pomoću tri jednofazna vatmetra,
- trofaznim vatmetrom.

Merenje snage trofaznog sistema jednim jednofaznim vatmetrom nije uobičajeno za iole tačnija merenja. Ako se primeni potrebno je paziti da se obezbedi fazni napon što približniji stvarnom uz proveravanje simetrije napona i struja, što nije lako ostvariti u praksi.

Trofazna merenja u trofaznim sistemima bez nultog voda se mogu obaviti metodom dva ili tri vatmetra. Zbog očigledne prednosti vezane za broj instrumenata i očitavanja, obično se vrši sa dva vatmetra. Principijelna šema veze instrumenata pri merenju prikazana je na slici 1.



Slika 1. Način veze dva vatmetra u trofaznom sistemu bez nultog voda

2. PROBLEMATIKA I STANJE U OBLASTI MERENJA ELEKTRIČNE SNAGE

Merenje električne energije i snage vrši se sa ciljem dobijanja relevantnih informacija o proizvodnji, distribuciji i potrošnji energije, kao i o vremenskoj raspodeli snage. Za efikasnu proizvodnju i optimalnu potrošnju, potrebno je vršiti kontinualna merenja u realnom vremenu, kako bi moglo da se utiče na te procese [2].

U tu svrhu koriste se mnogi uređaji opštijeg ili posebnog tipa. Poslednjih godina razvijaju se i proizvode i kompletni nadzorni sistemi, a neki od njih imaju i upravljačke funkcije. Pošto energija može da se dobije integraljenjem snage u posmatranom vremenskom periodu, posebna pažnja poklanja se merenju snage. Danas su u primeni dominantni elektronski, digitalni instrumenti. Zavisno od zahteva tačnosti merenja, namene, komercijalnih i drugih uslova biraju se adekvatni uređaji.

Radi ilustracije aktuelnog stanja u ovoj oblasti biće nevedeni neki od mnogobrojnih uređaja komercijalno raspoloživih na tržištu.

Kanadska kompanija ACCUENERGY¹ između ostalog nudi i uređaj tipa Acuvim-II Synopsis². To je vrlo precizni kontinualni merač snage i energije sa mogućnošću izračunavanja faktora snage i merenja i analize viših harmonika na sistemima srednjeg i niskog napona. Prenosnog je tipa i može samostalno da obavlja sve funkcije, ne samo merenja, već i upravljanja, zavisno od izbora konfiguracije. S obzirom da podržava računarske komunikacije, podesan je za rad u mreži gde predstavlja jedan od čvorova distribuiranog nadzorno-kontrolnog sistema.

MINEL AUTOMATIKA A.D. Beograd³ razvila je sopstveno rešenje merenja energije i smanjenja električne snage potrošača tipa, KOS (Kontroler vršne snage). Vrši merenje električne energije i maksimalne snage u toku obračunskog perioda, koristeći izlazne impulse električnog brojila, te zato predstavlja vrlo ekonomičan uređaj. Može da kontroliše vrednosti 15-minutne snage u odnosu na zadate granice i da signalizira prekoračenja u odnosu na veći broj kriterijuma.

ENERGOBULL u saradnji sa Naučno tehnološkim parkom iz Novog Sada⁴ realizovao je mikroprocesorski merni uređaj za merenje električnih veličina u trofaznim i monofaznim sistemima, DSP MP1. Uredaj se ugrađuje u merne ćelije transformatora i osim merenja snage i energije, može da prati i uklopnja stanja. Poseduje optički komunikacijski interfejs i može da se priključi na nadređeni računar kako bi prosledio podatke merenja, a moguće je i daljinska kalibracija uređaja. Osim aktivne i reaktivne snage, meri cosφ i frekvenciju.

Nevedeni su samo nekoliki uređaji za merenje električne snage iz jednog širokog spektra ovakvih jedinica, kako bi se ilustrovala velika potreba za ovim i sličnim merenjima i to ne samo u delu optimizacije potrošnje, već i za efikasniju proizvodnju i bolju distribuciju energije.

Pošto se u Institutu za rудarstvo i metalurgiju već duže vremena radi na razvoju sopstvenog nadzorno-kontrolnog sistema, za njegovu primenu u oblasti elektroenergetike bilo je potrebno razviti vlastite merne pretvarače snage, prilagođene konkretnim karakteristikama objekata (konzumne i pogonske trafostanice) i specifičnim zahtevima ulaznih modula sistema.

3. SUŠTINA, OPIS I KARAKTERISTIKE TEHNIČKOG REŠENJA

Za realizaciju mernog pretvarača snage izabrana je metoda Aronove spege.

U trofaznom trožičnom sistemu (bez nultog provodnika) zbir struja jednak je nuli, pa je:

$$p = u_R i_R - u_S (i_R + i_T) i_S + u_T i_T = u_{RS} i_R + u_{TS} i_R \quad (1)$$

Pri tome je trenutna vrednost aktivne snage:

$$p = u_R i_R + u_S i_S + u_T i_T \quad (2)$$

Uzimajući u obzir i fazorski dijagram na slici 1, gornja relacija se može napisati i preko efektivnih vrednosti napona i struja.

¹ <http://www.accuenergy.com>

² <http://www.accuenergy.com/?discography=acuvim-ii-series&gclid=CP20qZOe9bkCFeXMtAodxFgAfO>

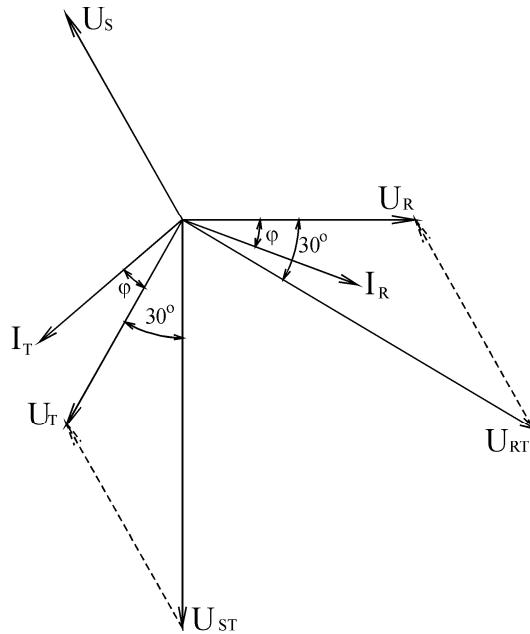
³ MINEL AUTOMATIKA A.D. Beograd, Milutina Milankovića 1, 11070 Beograd

⁴ http://MPS/merni_pretvarac.mht

Ako je opterećenje simetrično, na sličan način može se meriti i reaktivna snaga. Uvažavajući sve ovo aktivna i reaktivna snaga se mogu izraziti kao:

$$P = U_{RT} I_R \cos(30^\circ - \varphi) + U_{ST} I_S \cos(30^\circ + \varphi) = P_1 + P_2 \quad (3)$$

$$Q = \sqrt{3} [U_{RT} I_R \cos(30^\circ - \varphi) - U_{ST} I_S \cos(30^\circ + \varphi)] = \sqrt{3}(P_1 - P_2) \quad (4)$$



Slika 2. Fazorski dijagram napona i struja za slučaj Aronove sprege

Prema zahtevima korisnika, pretvarač je projektovan za nazivni napon od 100 V i nazivnu struju od 0,1 A (indirektno merenje snage preko mernih transformatora).

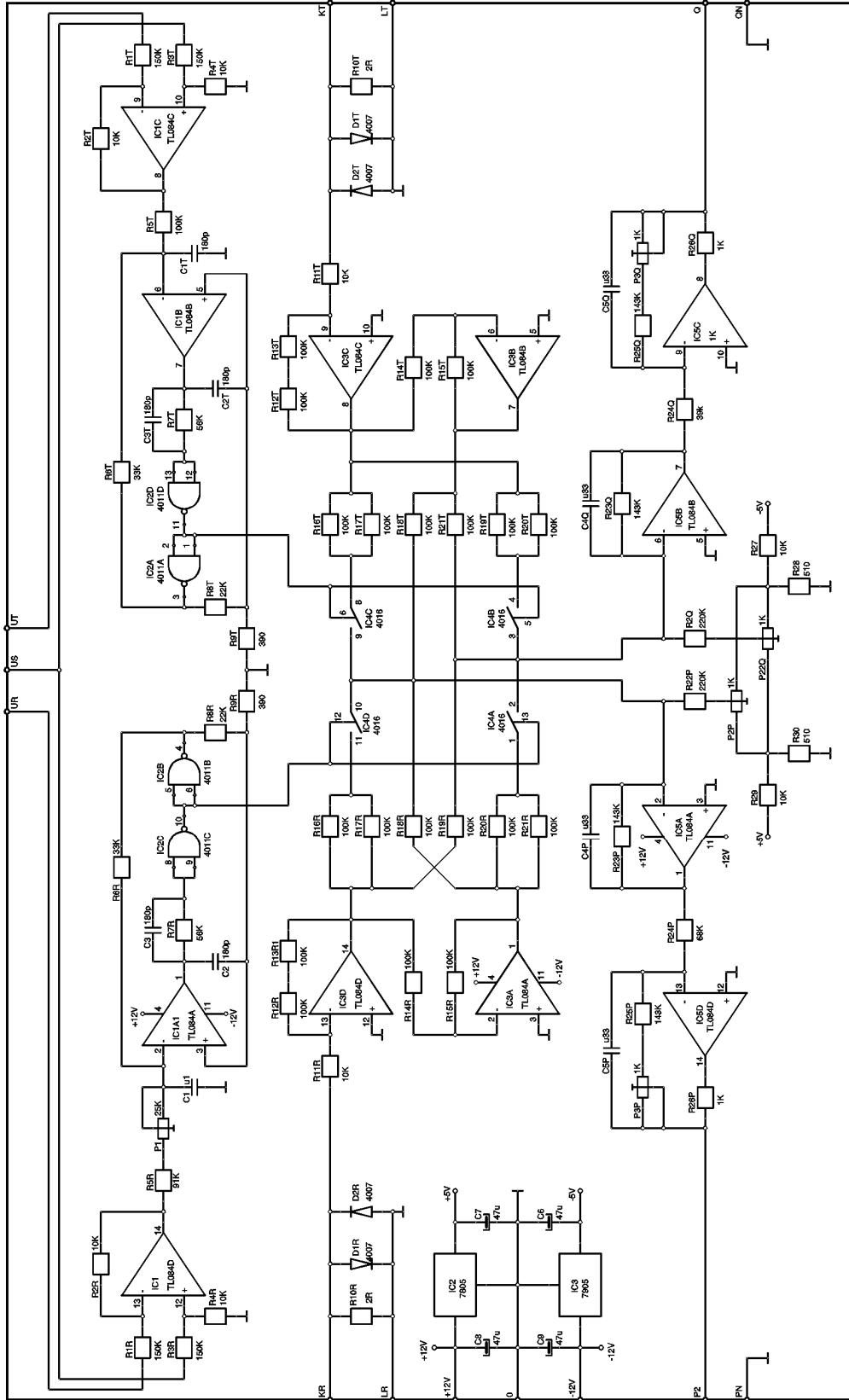
3. 1. Princip rada pretvarača

Snaga je proizvod napona i struje, tako da je potrebno ostvariti funkciju množenja ove dve veličine. U ovom slučaju postiže se dvostrukom modulacijom. Prva modulacija je impulsno širinska i ona se ovde vrši naponom [3]. Dobijeni impulsi se zatim modulišu visinski. Visinu impulsa definiše struja. Srednja vrednost dobijenog signala je onda proporcionalna proizvodu ove dve veličine, odnosno snazi [4]. Da bi se detaljnije opisao princip rada razvijenog pretvarača snage, potrebno je koristiti električnu šemu. Prikazana je na slici 3.

Kola IC1A(B), Slika 3, sa po dva invertora grade Goldbergove impulsno širinske modulatore (PWM), sa trajanjima pizitivnog (t_+) i negativnog (t_-) impulsa definisanim ulaznim naponima. Srednje vrednosti napona tokom periode jednog impulsa (pin 4 kola IC 2B i pin 3 istog kola) su:

$$u_4 = U_{REF} \frac{t_{+RS} - t_{-RS}}{t_{+RS} + t_{-RS}} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} u_{RS} \quad (5)$$

$$u_3 = U_{REF} \frac{t_{+TS} - t_{-TS}}{t_{+TS} + t_{-TS}} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} u_{TS} \quad (6)$$



Slika 3. Električna šema mernog pretvarača snage

Odavde proizilazi:

$$\frac{t_{+RS} - t_{-RS}}{t_{+RS} + t_{-RS}} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{u_{RS}}{U_{REF}} \quad (7)$$

$$\frac{t_{+TS} - t_{-TS}}{t_{+TS} + t_{-TS}} = \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{u_{TS}}{U_{REF}} \quad (8)$$

Struje se uvode na šant otpornike R10, dobijeni napon pojačava na IC3 i zatim vodi na analogne prekidače. Prekidačima se upravlja širinski modulisanim impulsima iz Goldbergovog modulatora. Izlazni napon iz analognih prekidača je sada modulisan i visinski (strujom) i širinski (naponom). Potrebno je još njegovo usrednjavanje (filtriranje) da bi se dobio analogni napon proporcionalan snazi. Sve ovo se radi dva puta (u skladu sa Aronovom vezom) i tako se dobija snaga u trofaznom sistemu.

Za aktivnu snagu ove struje se sabiraju a za reaktivnu oduzimaju i množe sa $\sqrt{3}$.

Izlazni naponi na P i Q izlazima su respektivno:

$$u_P = R_{10} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{2R_{23P}}{R_{16}} \frac{R_{25P}}{R_{24P}} \left(\frac{t_{+RS} - t_{-RS}}{t_{+RS} + t_{-RS}} i_R + \frac{t_{+TS} - t_{-TS}}{t_{+TS} + t_{-TS}} i_S \right) \quad (9)$$

$$u_Q = R_{10} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{2R_{23Q}}{R_{16}} \frac{R_{25Q}}{R_{24Q}} \left(\frac{t_{+RS} - t_{-RS}}{t_{+RS} + t_{-RS}} i_R - \frac{t_{+TS} - t_{-TS}}{t_{+TS} + t_{-TS}} i_S \right) \quad (10)$$

Zamenom gornjih vremena u ovu jednačinu dobija se:

$$u_P = R_{10} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{2R_{23P}}{R_{16}} \frac{R_{25P}}{R_{24P}} \left(\frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{u_{RS} i_R}{U_{REF}} + \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{u_{TS} i_S}{U_{REF}} \right) \quad (11)$$

$$u_Q = R_{10} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{2R_{23Q}}{R_{16}} \frac{R_{25Q}}{R_{24Q}} \left(\frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{u_{RS} i_R}{U_{REF}} - \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{u_{TS} i_S}{U_{REF}} \right) \quad (12)$$

Posle sređivanja dobija se:

$$u_P = 2 \frac{R_{10}}{U_{REF}} \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{R_{23P}}{R_{16}} \frac{R_{25P}}{R_{24P}} (u_{RS} i_R + u_{TS} i_T) \quad (13)$$

$$u_Q = 2 \frac{R_{10}}{U_{REF}} \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{R_{23Q}}{R_{16}} \frac{R_{25Q}}{R_{24Q}} (u_{RS} i_R - u_{TS} i_T) \quad (14)$$

Kondenzatori C4 i C5 usrednjavaju napone o na izlazu. Proizvodi napona i struja u zagradi su odgovarajuće trenutne aktivnih snaga. Njihove srednje vrednosti su aktivne snage. Sada se može pisati:

$$U_P = 2 \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{R_{10}}{U_{REF}} \frac{R_{23P}}{R_{15}} \frac{R_{25P}}{R_{24P}} (P_{RS} + P_{TS}) = k_P P \quad (15)$$

$$U_Q = 2 \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{R_{10}}{U_{REF}} \frac{R_{23Q}}{R_{15}} \frac{R_{25Q}}{R_{24Q}} \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} (P_{RS} - P_{TS}) = k_Q Q \quad (16)$$

Dakle dobijene srednje vrednosti napona proporcionalne su snagama. Koeficijenti proporcionalnosti su:

$$k_p = 2 \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{R_{10}}{U_{REF}} \frac{R_{23P}}{R_{15}} \frac{R_{25P}}{R_{24P}} \quad (17)$$

$$k_Q = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{R_2}{R_1} \frac{R_6}{R_5} \frac{R_{12} + R_{13}}{R_{11}} \frac{R_{10}}{U_{REF}} \frac{R_{23Q}}{R_{15}} \frac{R_{25Q}}{R_{24Q}} \quad (18)$$

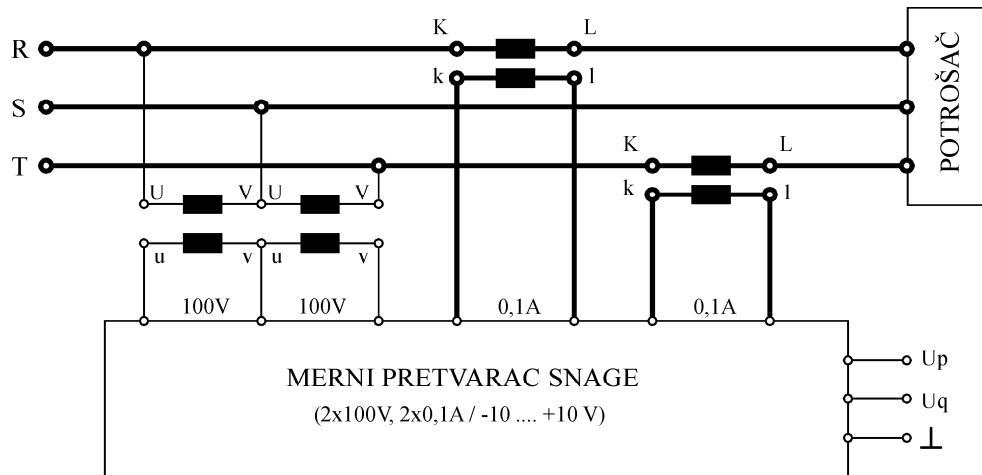
Pri nazivnim vrednostima napona i struja, maksimalne vrednosti ovih snaga su $P_{MAX}=17,3W$ i $Q_{MAX}=17,3VAr$. Za maksimalni izlazni napon od 10 V, koeficijenti proporcionalnosti su:

$$k_p = k_Q = \frac{U_{P,MAX}}{P_{MAX}} = \frac{10}{17,3} = 0,577V/W \text{ (ili } V/VAr) \quad (19)$$

Koeficijen k_Q treba da bude manji od koeficijenta k_p 1,73 puta. Grubo, to je postignuto smanjenjem otpornika R_{24Q} u odnosu na smanjenjem R_{24P} sa 68 na 39 kΩ. Fina podešenja dobijaju se podešavanjem trimer potenciometara P_{3P} i P_{3Q} . Za vrednosti elemenata prema šemici i $U_{REF}=5$ V, potrebno je da se potenciometri podese na vrednosti $R_{P3P}=13$ kΩ i $R_{P3Q}=12$ kΩ.

Pošto se P_{RS} i P_{TS} sabiraju, merenje aktivne snage ne zavisi od redosleda faza.

Kod merenja reaktivne snage vrši se oduzimanje, tako da se za ispravno merenje mora voditi računa o redosledu faza. Na slici 4 prikazan je način veze mernog pretvarača.

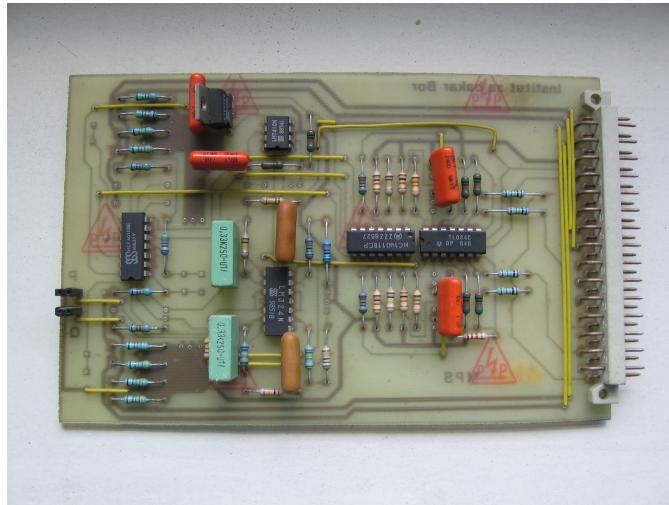


Slika 4. Veza mernog pretvarača za merenje snage u trofaznom sistemu

3.2. Realizovani merni pretvarači snage

Za potrebe projekta napravljene su dve varjante mernog pretvarača snage.

Prva varjanta je namenjena mernoj stanici i konstrukcionalno je prilagođena njenom načinu priključenja evropski format i 31 pinski konektor. Kako bi se izbegli problemi sa vađenjem kartica u radu merne stanice (otvaranje sekundarnih kola strujnih mernih transformatora nije dozvoljeno), u okviru merne stanice napravljeno je kolo za zatvaranje ovih struja.

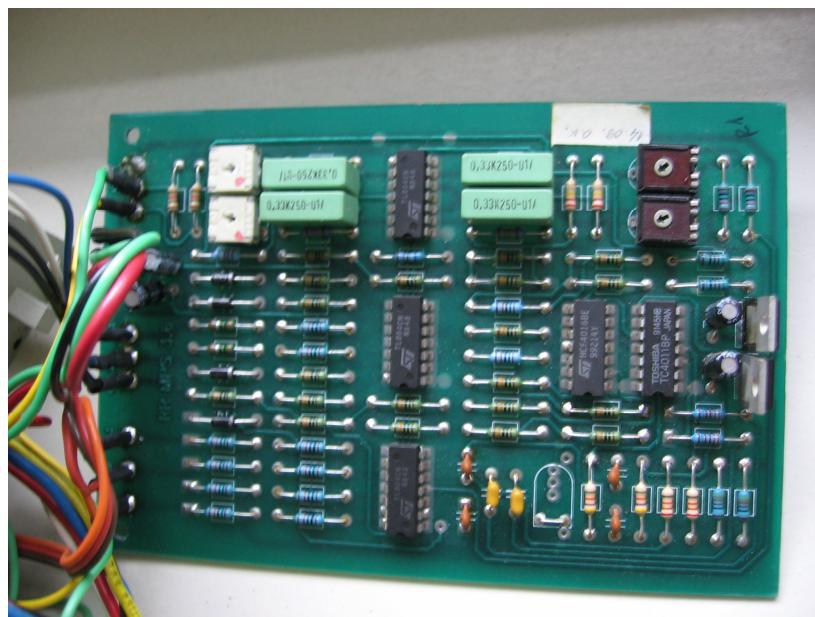


Slika 5. Merni pretvarač snage – verzija za ugradnju u mernu stanicu

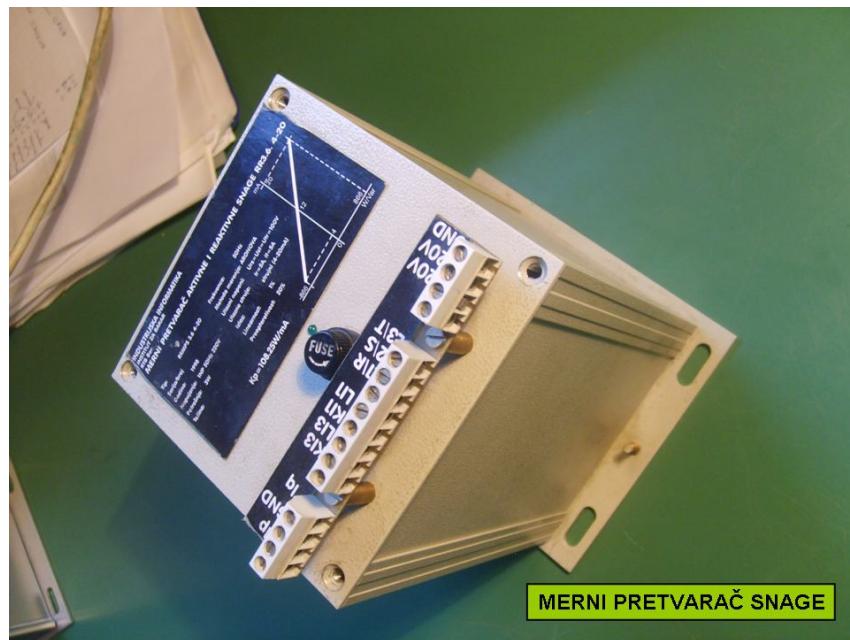


Slika 6. Merni pretvarači snage u mernoj stanici

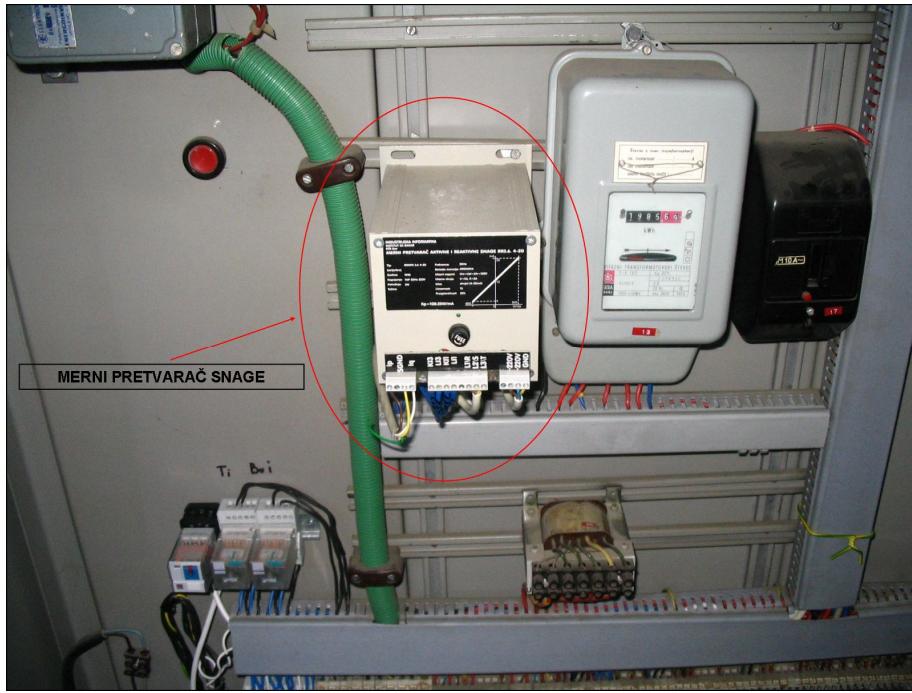
Druga varjanta pretvarača je razvijena za merni pretvarač snage kao samostalni uređaj, koji sebi sadrži i jedinicu za napajanje, strujne merne transformatore i pretvarač napona u struju kojim se obezbeđuju strujni izlazi za aktivnu i reaktivnu snagu.



Slika 7. Nova verzija mernog pretvarača snage – štampana ploča sa elementima



Slika 8. Merni pretvarač snage – samostalna jedinica



Slika 9. Merni pretvarač snage ugrađen u čeliju trafostanice

3.3. Podešavanje mernog pretvarača snage

Za podešenje pretvarača potrebno je imati odgovarajući trofazni napon 100 V i dve struje (galvanski odvojene), vrednosti 0,1 A. Dalje je potrebno imati i odgovarajući etalonski vatmetar.

Podešavanje se vrši u koracima.

1. Prvo treba podesiti nule. Ukinuti i napone i struje na svim ulazima i potenciometrima P2P i P2Q podesiti da naponi na izlazima UP i UQ budu jednaki nuli.
2. Dovesti nazivni napon UST i nazivnu struju IT, na njihove ulaze. Izmeriti izlazni napon na UP. Zatim isti napon i struju dovesti na ulaze faze R i potenciometrom P1 podesiti da se na izlazu UP dobije isti napon. Ovim je podešena jednakost množenja za oba množača.
3. Za konačnu vrednost konstanti kP i kQ treba dovesti nazivne napone na odgovarajuće ulaze i na isti način priključiti i etalonski vatmetar. Potenciometrima P3P i P3Q podesiti da naponi UP i UQ ovog pretvarača odgovaraju vrednostima merenja etalonskog vatmetra.

Druga mogućnost podešavanja je sa jednosmernim naponima i strujama.

Dovođenjem na ulaz jednosmernog napona URS=100V i struje IR=0,1 A na izlazima treba da se dobiju naponi UPR=5,00V i UQR=8,66V.

Istovremenim dovođenjem ovih napona i struja na oba ulaza, na izlazima treba da se dobiju naponi UPR=10,00V i UQR=0V. Ovde struje moraju biti istog smera, tako da se moraju imati dva odvojena strujna izvora. Ako bi se ista struja dovela na ulaz faze R i odvela sa ulaza faze T (IR=0,1 A, IT=-0,1 A), na izlazima bi trebale da se dobiju naponi UPR=0,00V i UQR=17,32V (zasićenje).

Ovaj način je manje pouzdan i treba ga primeniti samo izuzetno, (ako ne postoji drugi način).

Napomena: Za tačan rad kod jednosmernog napona važno je da referentni naponi (UREF) budu međusobno jednak UREF= ± 5,00V.

4. ZAKLJUČAK

Već dugi niz godina u Institutu za rudarstvo i metalurgiju u Boru jedna grupa istraživača radi na projektima optimizacije potrošnje električne energije kod velikih potrošača [5, 6]. Za te potrebe razvijeni su sopstveni nadzorni sistemi. RTB Bor preuzima električnu energiju od isporučioca u konzumnim trafostanicama. Nadzorni sistemi vrše permanentna merenja aktivne i reaktivne snage u celijama svih konzumnih trafostanica i u ponekoj pogonskoj.

Kao osnova mernog (kontrolisanog) sistema koriste se merni pretvarači snage [7] . U primeni su obe vrste pretvarača. U toku višegodičnje eksploracije, merni pretvarači snage pokazali su veoma dobru pouzdanost i stabilnost u radu. Greška merenja zadovoljava industrijske standarde i manja je od ukupne greške mernog sistema (0.5%). Pošto se radi o elemntima instaliranim u objektima bez posade, vrlo je važna raspoloživost ovih uređaja i reproduktivnost rezultata merenja [8]. Praksa je pokazala da merni pretvarači trajno zadržavaju svoje podešene karakteristike, a otkazi su veoma retki (0.2 godišnje).

Ako se Projekat TR33037 sproveđe do kraja, očekuje se obuhvatanje kontrolnim sistemima većeg broja pogonskih trafostanicama, a samim tim i dalja ugradnja mernih pretvarača snage.

LITERATURA

- 1.** Harry N. Norton, *Handbook of Transducers*, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ 07632, 1998, p. 554
- 2.** G.C. Barney, *Intelligent Instrumentation*, Prentice Hall International, 66 Wood Lane End, Hemel Hempstead, HP2 4RG (UK), 1988. p. 457
- 3.** C. W. Taylor, *Explaining Reactive Power*, IEEE Spectrum, Vol. 36, No. 6, June 1999.
- 4.** T. J. E. Miller, *Reactive Power Control in Electric Systems*, Willey, 1983.
- 5.** D. R. Milivojevic, V. Tasic, V. Despotovic, A. Ignjatović, *An Example of Influence on Reduction of Electrical Energy Costs*, Proceedings of XLI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2006, May 2006, Sofia, Bulgaria, pp. 406-409.
- 6.** V. Tasic, D. R. Milivojevic, M. Pavlov, V. Despotovic, *Reducing the Costs of Electricity in the Copper Mining and Smelting Complex RTB Bor (Serbia) by Using of the Distributed Control System*, Proceedings of 33rd International Convention on Information and Communication Techology, Electronics and Microelectronics MIPRO 2010, Opatija, Croatia, May 2010, pp. 98-101.
- 7.** M.Pavlov, V.Despotovic, D.R.Milivojevic, V.Tasic, D.Brodic, *Overview of Electrical Energy Costs in Metallurgical Plants of Copper Mining and Smelting Complex Bor*, 43rd International October Conference, Kladovo, Serbia, October 12-15, 2011. Procedings ISBN 978-86-80987-87-3, pp.51-54
- 8.** V.Despotović, V.Tasić, D.R.Milivojević, A.Ignjatović, *Power Consumption Control System in Copper Tubes Factory – Majdanpek*, Proceedings of XLI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2006, 29.6.-01.7.2006, Sofia, Bulgaria, Proceedings: ISBN0-10: 954-9518-37-X, ISBN-13: 978-954-9518-37-5, pp. 403-406.

**Предмет: Мишљење о испуњености критеријума
за признање техничког решења**

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“, бр. 38/2008) рецензент проф. др Зоран Стевић дипл. инж. ел. оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: „Мерни претварач електричне снаге“ развијен у оквиру пројекта „РАЗВОЈ И ПРИМЕНА ДИСТРИБУИРАНОГ СИСТЕМА НАДЗОРА И УПРАВЉАЊА ПОТРОШЊОМ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ КОД ВЕЛИКИХ ПОТРОШАЧА – ТРЗ3037“

**Драган Миливојевић, Радојле Радетић, Виша Тасић, Маријана Павлов,
Владимир Деспотовић, Дарко Бродић, Владан Мильковић**

Категорија техничког решења: индустријски прототип – М82

Образложение

Рецензентска комисија је утврдила да је предложено решење урађено за потребе РТБ Бор.

Субјект који решење користи је: РТБ Бор, Електролиза ТИР-а, ФБЦ Мајданпек

Субјект који је решење прихватио је: Институт за рударство и металургију Бор, РТБ Бор.

Резултати су верификовани од стране Научног већа Института за рударство и металургију Бор.

Предложено решење се користи на следећи начин: **Мерни претварачи електричне снаге уgraђuju сe у мерном колу секундара трансформаторских станица. Електрични сигнали еквивалентни активној и реактивној снази ћелије (одвода) воде сe на улазе мерних уређaja.**

Област на коју се техничко решење односи је: Електротехника и метрологија.

Проблем који се техничким решењем решава је: Перманентно мерење активне и реактивне електричне снаге сваке од секундарних ћелија трафостанице. У мерном систему се врши интеграљење измерене снаге у временском домену и добија се утрошена енергија.

Стање решености тог проблема у свету је следеће:

За мерење снага користе се многи уређаји општијег и посебног типа. Последњих година развијају се и производе и комплетни надзорни системи, који могу да имају не

само надзорне, већ и управљачке функције. У примени су, углавном електронски и дигитални мeraчи. Постоји већи број страних, а и понеки домаћи произвођач сличних уређаја.

Суштина техничког решења састоји се у:

Ради се о мерним претварачима снаге који користе Аронову спрегу за мерења у трофазним системима. Захваљујући претежно симетричним оптерећењима, конструкција ових модула је значајно поједностављена, чиме се, осим стабилности и поузданости у раду, постужу и значајне финансијске уштеде у реализацији.

Каррактеристике предложеног техничког решења су:

Ови уређаји остварени су у две варијанте. Прва је прилагођена уградњи у мерне станице и као излаз има напонски сигнал пропорционалан тренутној снази у опсегу од 0 до 5V. Остварен је систем заштите, тако да њихова замена не проузрокује негативне последице у мерном колу тафостанице.

Друга варијанта претварача реализована је као комплетан самостални модул и уградије се у секундарне ћелије, а као излаз генерише једносмерни струјни сигнал од 4 до 20 mA пропорционалан активној, односно реактивној снази.

Резултат је реализован у Институту за рударство и металургију у Бору и примењује се код корисника наведених у пратећој документацији.

Могућности примене предложеног техничког решења су следеће:

Мерни претварач снаге је пројектован и остварен за мерење активне и реактивне снаге трофазних система и може да се угради у мерно коло секундарних ћелија трафостанице, тако да његов излазни сигнал може да се користи за мерење у реалном времену и апсолутно је подесан за надзорне и управљачке мерне системе.

На основу свега наведеног рецензент је оценио да резултат научноистраживачког рада под називом "Мерни претварач електричне снаге" развијен у оквиру Проекта РАЗВОЈ И ПРИМЕНА ДИСТРИБУИРАНОГ СИСТЕМА НАДЗОРА И УПРАВЉАЊА ПОТРОШЊОМ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ КОД ВЕЛИКИХ ПОТРОШАЧА – ТР33037, представља ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ – индустриски прототип, које као научни резултат поред стручне компоненте карактерише значајан развојни и научноистраживачки допнос.

Рецензент:


Проф. Др Зоран Стевић, дипл.инж.ел.

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитатном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“, бр. 38/2008) рецензент *проф. др Мирољуб Јевтић дипл.инж.ел.* оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: „Мерни претварач електричне снаге“ развијен у оквиру пројекта „РАЗВОЈ И ПРИМЕНА ДИСТРИБУИРАНОГ СИСТЕМА НАДЗОРА И УПРАВЉАЊА ПОТРОШЊОМ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ КОД ВЕЛИКИХ ПОТРОШАЧА – ТР33037“

Драган Миливојевић, Радојле Радетић, Виша Тасић, Маријана Павлов, Владимира Деспотовић, Дарко Бродић, Владан Миљковић

Категорија техничког решења: индустриски прототип – M82

Образложение

Рецензентска комисија је утврдила да је предложено решење урађено за потребе РТБ Бор.

Субјект који решење користи је РТБ Бор, Електролиза ТИР-а, РБМ, ФБЦ Мајданпек

Субјект који је решење прихватио је: Институт за рударство и металургију Бор, РТБ Бор.

Резултати су верификовани од стране Научног већа Института за рударство и металургију Бор.

Предложено решење се користи на следећи начин: *Мерни претварачи електричне снаге пројектован је и реализован тако да може перманентно да мери актуелну вредност активне и реактивне снаге. Излазни електрични сигнал из претварача води се у аквизициони мерни уређај и прослеђује на даљу обраду.*

Област на коју се техничко решење односи је: Електротехника и метрологија.

Проблем који се техничким решењем решава је: *Овим уређајем се врши објективно континуално мерење електричне снаге тако да се добија њена тренутна вредност подесна за праћење у реалном времену.*

Стање решености тог проблема у свету је следеће: *У примени су разни модули за мерење снаге. Неки од њих су концептирани за трајни рад и уградију се у мерном колу ћелија трафостанице, или у напојном колу агрегата (потрошача или генератора). Постоје и савременија решења која представљају преносне мрнне уређаје и користе се за привремена и повремена мерења на терену.*

Суштина техничког решења састоји се у: Остварени мерни претварач снаге представља поуздану варијанту мерног модула који за мерење електричне снаге у трофазним системима користи Аронову спрегу. Пошто се ради о релативно симетричним оптерећењима, модул је значајно упрошћен, али је задржасао веома добре карактеристике за потребе индустријских мерења. Остварен је у две варијанте, тако да је применљив и у специјалним условима већ постојећих аквизиционих система, али може да се приклучи и на улазе стандардног PLC-а.

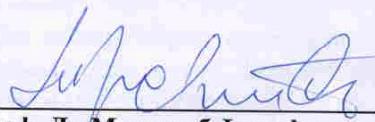
Карактеристике предложеног техничког решења су: Мерни претварач снаге се натаја, или из мерне станице (варијанта за уградњу), или користи сопствени модул, ако је самостална верзија. Прва варијанта као излаз има напонски сигнал од 0 до 5V пропорционалан тренутној снази, док је излазни сигнал самосталне јединице једносмерна струја 4 до 20 mA. Уграђују се у мерном колу ћелије трафостанице, или у напојном колу потрошача, али су обезбеђени везама за кратак спој као заштиту од прекида струјног кола.

Резултат је реализован у Институту за рударство и металургију у Бору и примењује се код корисника наведених у документацији.

Могућности примене предложеног техничког решења су следеће: Мерни претварач снаге може да се примењује свуда где је потребно мерити електричну снагу, активну и реактивну. Верзија за самосталну уградњу снабдевена је струјним трансформатором, тако да не захтева нека посебна прилагођења.

Имајући у виду већ речено, а на основу достављене документације и потврда о коришћењу мерног претварача у пракси, рецензент је оценио да резултат научноистраживачког рада под називом "Мерни претварач електричне снаге" развијен у оквиру Пројекта Развој и примена дистрибуираног система надзора и управљања потрошњом електричне енергије код великих потрошача – ТР33037, представља научни резултат Техничко решење – индустријски прототип (M82).

Рецензент:



Проф. Др Мирољуб Јевтић, дипл.инж.ел.



**RUDARSKO TOPIONIČARSKI BASEN BOR GRUPA
TOPIONICA I RAFINACIJA BAKRA BOR DOO
ELEKTROLIZA**

19210 Bor, Đorđa Vajferta 20-26, Srbija
Telefon/Fax: 030/427-471

www.tirbor.com

e-mail: elzatirbor@open.telekom.rs

Dokaz o primeni tehničkog rešenja

Potvrđujem da je u Elektrolizi TIR RTB Bor u primeni monitorski sistem za praćenje procesa proizvodnje i energetske slike pogona koji je realizovan u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor. Kao deo tog sistema u trafo stanicu Elektrolize instalirani su merni pretvarači snage, razvijeni i proizvedeni u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor.

U Boru, 15.11.2013.



Upravnik Elektrolize

Dragan Jovanović, dipl. ing.



Fabrika Bakarnih Cevi A.D.

Majdanpek

Fabrika bakarnih cevi AD
Industrijska zona bb
19250 Majdanpek
Srbija

Telefon: 030/453-082
453-065
Fax: 030/453-092
E-mail: fbcm@fbc.rs

Matični broj : 07269609
Šifra delatnosti: 27442
PIB: 101949790
Žiro račun: 205-45487-09

PREDMET Dopis
Br. 01/14
Majdanpek 13.01.2014.

**Institut za rudarstvo i metalurgiju
Bor**
Zeleni bulevar 35, p.f.152
19210 Bor, Srbija
PIB: 100627146

Potvrda o primeni tehničkog rešenja IRM-Bor

Potvrđujem da je u Fabrici bakarnih cevi AD Majdanpek u primeni monitorski sistem za praćenje el.energije koji je realizovan u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor. Kao deo tog sistema u TS Fabrike bakarnih cevi Majdanpek instalirani su merni pretvarači snage, razvijeni i proizvedeni u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor.

Tehnički Direktor:
Slobodan Krajčić



www.fbc-m.com



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35
Тел:(030) 436-826;факс:(030)435-175;E-mail:institut@irmbor.co.rs



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО

И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

НАУЧНО ВЕЋЕ

Број: XIX/7.

Од 09.05.2014.године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на XIX-ој седници одржаној дана 09.05.2014. године донело:

ОДЛУКУ
о прихватују техничког решења

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Мерни претварач електричне снаге*“, аутора: др Драгана Миливојевића, др Радојла Радетића, др Више Тасића, Маријане Павлов-Кагадејев, др Владимира Деспотовића, др Ђарка Бродића и Владана Миљковића, и мишљења рецензентата и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватују наведеног техничког решења.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.
Научни саветник

