

METROLOŠKO OBEZBEĐENJE INDUSTRIJSKE BAŽDARNICE BROJILA ELEKTRIČNE ENERGIJE PRIMENOM VIRTUELNE INSTRUMENTACIJE

Božidar Dimitrijević, Dragan Živanović, Ivana Randelović, *Elektronski fakultet u Nišu*

Sadržaj – U radu je prikazan deo programa virtuelne instrumentacije za metrološko obezbeđenje automatske baždarnice u proizvodnji elektronskih brojila električne energije, koji je razvijen na Elektronskom fakultetu u Nišu u okviru projekta Ministarstva za nauku i životnu sredinu. Za razliku od baždarnica ovog tipa, ovim rešenjem se metrološka podrška sa etalon brojiлом zamenjuje primenom automatske procedure overe brojila na bazi virtuelne instrumentacije, konkretno LabVIEW 7.1. Virtuelni instrument, posredstvom 8-kanalne D/A kartice (PCI NI 6713) obezbeđuje protokolom definisane parametre napona, struje i faze poređenjem generisanih i merenih vrednosti ovih parametara i automatskom korekcijom njihove greške do potrebnog nivoa tačnosti date klase brojila. Konvertovane vrednosti parametara napona i struje izmerene sa akvizicionom A/D karticom ED428 u povratnoj sprezi koriguju se za vrednost utvrđene greške na bazi unetih koeficijenata mernih pretvarača. Merna nesigurnost postavljanja parametara napona i struje zavisi od stabilnosti koeficijenata mernih pretvarača (strujnih šantova i naponskih delitelja) i stabilnosti referentnih napona primenjenih konvertora u akvizicionim karticama.

1. UVOD

Usavršavanjem kalibracionih sistema u masovnoj proizvodnji brojila električne energije primenom savremenih informacionih tehnologija automatizuje se proces kalibracije i testiranja gotovih proizvoda, što direktno utiče na smanjenje ukupnih troškova za obezbeđenje nivoa kvaliteta, odnosno na smanjenje pojedinačne cene proizvedenih brojila. Poznata rešenja brojnih proizvođača nude različite varijante kalibratora snage i energije, odnosno etalon brojila visoke klase tačnosti kao metrološka podrška baždarnica u akreditovanim laboratorijama i proizvodnji brojila, ili u elektrodistributivnim centrima [1,2,3]. Nove tendencije u projektovanju i realizaciji automatskih baždarnica su sistemi kod kojih se metrološko obezbeđenje kalibracije umesto skupih etalon brojila ili kalibracionih standarda snage i energije ostvaruje na principu samokalibracije na bazi referentnih standarda. U svetu se razvijaju različiti sistemi ove vrste sa konačnim ciljem potpune automatizacije procedure kalibracije brojila [4].

U okviru realizacije dela tehnološkog projekta na Elektronskom fakultetu u Nišu razvijen je prototip automatske baždarnice elektronskih brojila koja se proizvode u fabrici Ei "Profesionalna elektronika" u Nišu [5]. Projektovana i realizovana automatska baždarnica obezbeđuje potrebne uslove za proizvodnju elektronskih brojila prema savremenim zahtevima domaćeg i ino tržišta, smanjenje troškova procesa kontrole i overe brojila u proizvodnji uštedom u vremenu i potrebnoj radnoj snazi i održavanje potrebnog nivoa kvaliteta, pouzdanosti i odgovarajuće klase tačnosti brojila. Suštinski deo ovakvog

rešenja je aplikacija i razvoj virtuelne instrumentacije na bazi softverskog paketa LabVIEW [6] kojim se obezbeđuju automatski rad baždarnice i neophodna ispitivanja u skladu sa preporukama nadležnih institucija i propisanim metrološkim standardima [7].

U ovom radu prikazana je hardverska konfiguracija perifernih komponenta za procesiranje odgovarajućih električnih signala, primenom 8-kanalne mikroracunarske kartice PCI NI 6713 za racunarsko generisanje referentnih napona i struja i merno-akvizicione kartice PCI NI ED428 za merenje parametara generisanih referentnih napona i struja [8,12]. Naponskim i strujnim pojačavačima i naponskim i strujnim transformatorima obezbeđuju se signali odgovarajuće amplitude za testiranje brojila. Potrebne vrednosti amplitude i faza generisanih napona i struja, softverski se postavljaju i koriguju u granicama dozvoljene tačnosti na bazi izmerenih vrednosti izlaznih napona, struja i faza posredstvom povratne regulacione petlje u proceduri samokalibracije. Vrednosti napona i struja prilagođene ulazima u povratnoj petlji, obezbeđuju se kalibracionim mernim pretvaračima (otporni naponski delitelji i strujni šantovi).

2. KARAKTERISTIKE I PRELIMINARNI ZAHTEVI

Projektovana racunarska baždarnica ispunjava sve potrebne zahteve za automatsko testiranje i kalibraciju serije (2x10) brojila postavljenih na stativu sa potrebnim konektorima za napajanje i komunikaciju, kao na slici 1.



Sl.1.

Program proizvodnje fabricke Ei "Profesionalna elektronika" Niš obuhvata seriju od četiri generacije razvijenih brojila koja zadovoljavaju poznate propisane standarde za ovu vrstu proizvoda ((IEC6060, IEC6107, IEC61036/61268, DIN 43857) i to:

1. Elektronsko brojilo aktivne i reaktivne električne energije, klase 1 i 2 (3), tip TE3/TP3/TQ3/JE1xxxx, u verziji monofaznih-trofaznih i jednotarifnih-dvotarifnih u kolima sa direktnim i transformatorskim priključkom;

2. Digitalno brojilo aktivne i reaktivne električne energije za direktni i transformatorski priključak, tipa DPSP 3xxRxU;
3. Digitalno brojilo aktivne električne energije, tipa DBSP 3dxAx;
4. Digitalno višetarifno brojilo sa signal procesorom za trofazni sistem napajanja (DBSP) bazirano na RISC tehnologiji sa ugrađenim portovima za komunikaciju (IR, opto ili RS232/485).

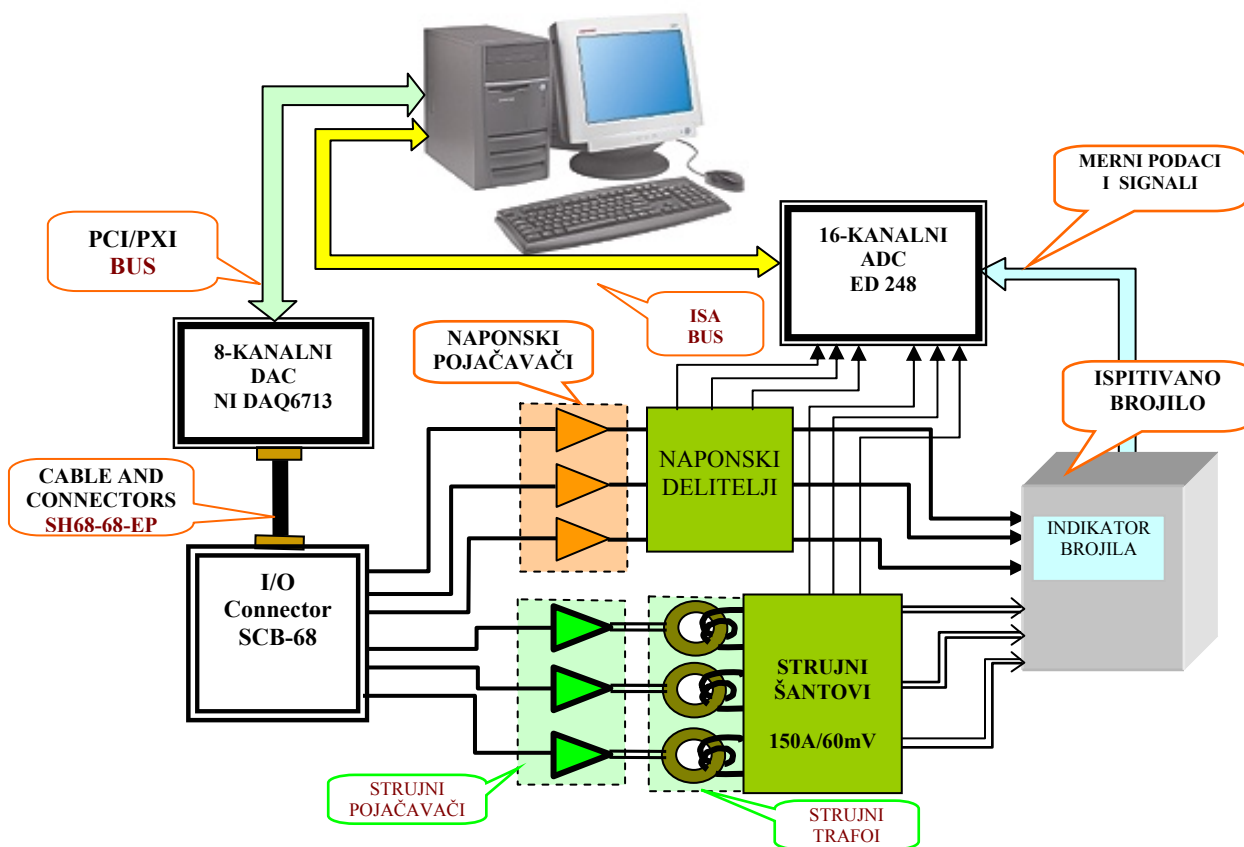
Kod baždarnica sa etalon brojilom, ili kalibratorom snage i energije, tačnost postavljanja potrebnih parametara napona i struja, odnosno referentne energije se ne kontroliše. Međutim, stabilnost ovih parametara tokom kalibracije brojila, koja je uslovima ispitivanja brojila i propisana, ako se ne kontroliše, može biti od uticaja na određivanje klase brojila. Računarski sistem u postupku kalibracije ovde ima pasivnu ulogu u metrološkom obezbeđenju referentne snage, odnosno energije, jer se računarnom ostvaruje funkcija komutacije između energetskog bloka i ispitivanih brojila sa etalon brojilom i merenje broja impulsa koji se dobijaju sa pojedinih brojila, a koji predstavljaju jediničnu meru utrošene energije.

U realizovanom rešenju automatske baždarnice, softver virtuelne instrumentacije ima aktivnu ulogu, ne samo u funkcionalnom obezbeđenju propisanog protokola kalibracije seta brojila, već i u obezbeđenju potrebne tačnosti referentnih parametara napona i struje, tako da predstavlja bitan element metrološke podrške baždarnice bez neophodne primene etalon brojila. Pored toga, protokolom je omogućeno predhodno automatsko testiranje funkcionalne ispravnosti svakog brojila (status ide/ne ide), što se u izveštaju nakon testiranja posebno evidentira.

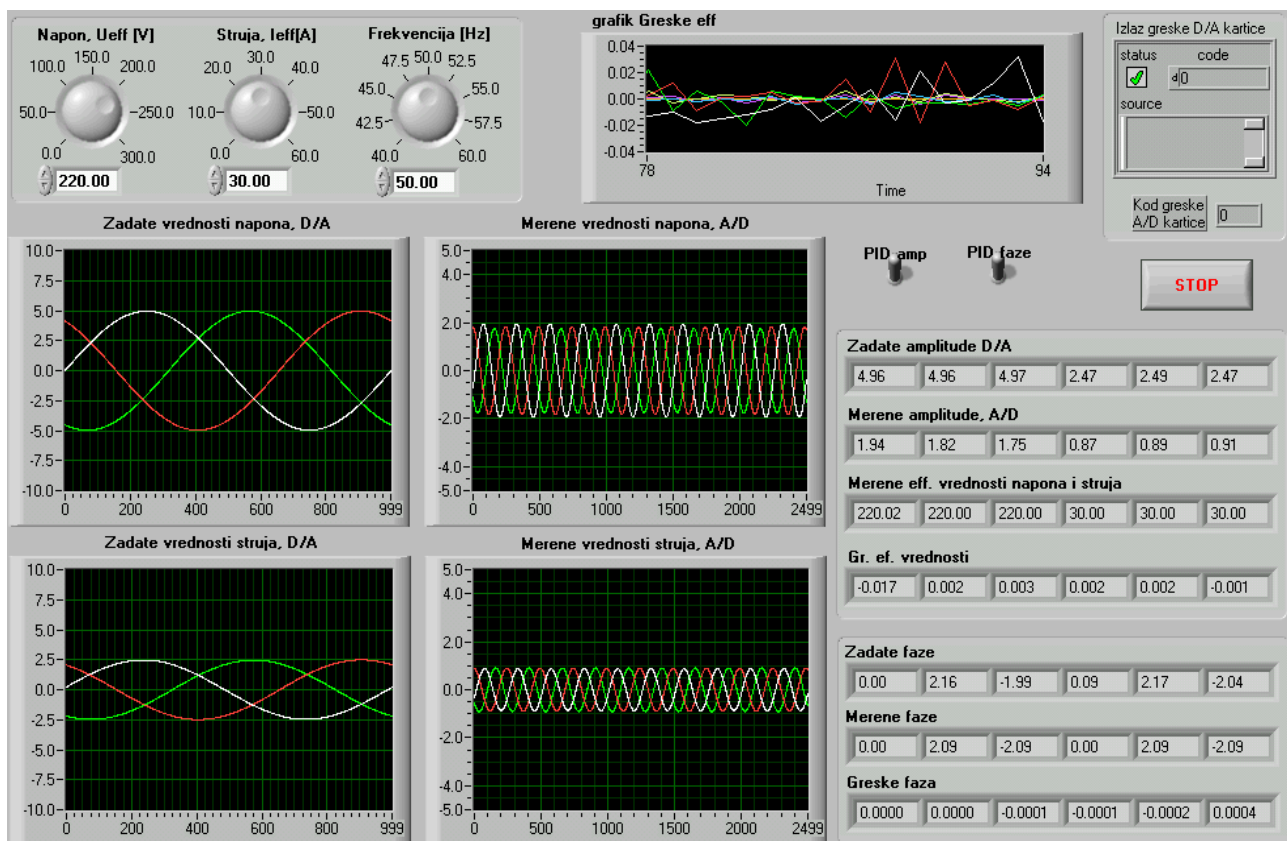
Hardver realizovanog prototipa sastoji se iz osnovne kompjuterske konfiguracije, akvizicionih kartica PCI NI DAQ 6713 i ISA ED428 sa pratećim interfejsom, parovi naponskih pojačavača (tri za napone i tri za struje), naponskog delitelja, strujnih transformatora i mernih šantova (150A/60mV). Uz sistemski softver PC (Win98), razvijen je aplikativni softver za obezbeđenje automatske funkcije prototipa baždarnice i kalibracije pojedinih ključnih mernih modula za generisanje, merenje i samotestiranje postavljenih vrednosti napona, struja i faza. Sa ispitivanog brojila dobijaju se merni podaci u vidu broja impulsa u jedinici vremena (frekvencija impulsa) koji predstavlja merenu električnu energiju i podaci o statusu ispitivanog brojila. Ključni rezultati ovog rada odnose se na razvoj hardversko-softverskih elemenata i alata za metrološko obezbeđenje postavljenih veličina primenom metoda automatske samokalibracije na bazi virtuelne instrumentacije.

Modularni elementi blok šeme sa slike 2. obezbeđuju sledeće funkcionalne sistemske uređaje:

- Programabilni generator napona i struja (simulator distributivne električne mreže) koji generiše tri naponska izlaza (U_R, U_S, U_T), tri strujna izlaza (I_R, I_S, I_T) i test izlaz (informacija o generisanoj električnoj energiji etalonskog tipa klase tačnosti 0,1;
- Računar tipa IBM PC, Intel (R) Celeron 1GHz, 128MB (RAM) sa periferijskim karticama PCI NI 6713 i PC ED428 i aplikativnim softverom LabVIEW, koji obezbeđuje komunikaciju između korisnika i sistema, objedinjuje i upravlja delovima sistema, pravi bazu podataka o rezultatima baždarenja iz koje se izdaju periodični izveštaji, kao i izveštaji na nivou serije i omogućava arhiviranje rezultata baždarenja svakog brojila u svim tačkama protokola;



Sl. 2.



Sl.3.

- Stepen za kondicioniranje izlaznih napona i struja (pojačavači i transformatori) i merni moduli sa kalibracionim prenosnim koeficijentima;
- Stativ sa ramom za (2x10) mesta za povezivanje i ispitivanje brojila različitog tipa i gabarita, pri čemu je svako ispitno mesto opremljeno mehanizmom za držanje i upravljanje optočitačkom glavom, lokalnim indikatorom greške i konektorom preko koga može da se ostvari RS232 interfejs između ispitivanog brojila i PC-a.

Deo ključnih standarnih tehničkih zahteva automatske baždarnice elektronskih brojila dati su u referenci [9], dok se kompletni tehnički zahtevi mogu videti u publikovanom dokumentu Komitet Evropske Unije pod nazivom "The Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Measuring Instruments [7].

3. PRINCIP RADA

Izlazna informacija sa strujnih šantova kao i sa AC delitelja, preko analogno-digitalnih konvertora (ADC) se vraća računaru gde se vrši korekcija parametara ispitivanih elektronskih brojila. Korišćenjem višekanalne mikroracunarske kartice PCI NI 6713 za računarsko generisanje referentnih napona i struja [8], obezbeđuje se osam digitalno/analognih izlaznih kanala sa rezolucijom od 12 bita i tačnošću postavljanja od 0.5LSB, dok je postavljanje izlaznih napona analognih mernih kanala u granicama od $\pm 10V$.

Koristeći razvojnu aplikaciju softverskog paketa virtualne instrumentacije LabVIEW [6], generišu se naponi i struje za kalibraciju trofaznih brojila, kao što je prikazano na front panelu, slika 3. Talasni oblici napona i struja se dobijaju iz D/A kartice NI PCI 6713 [8], a zatim se odgovarajućim naponskim i strujnim pojačavačima dobijaju signali odgovarajuće amplitude za testiranje brojila. Merni pretvarači obezbeđuju informacije o trenutnim vrednostima napona i

struja prilagođene ulazima A/D kartice ED428, odnosno u opsegu $\pm 10V$, [12]. Na bazi izmerenih vrednosti napona i faza, u petlji se vrši regulacija, tj. proračun novih vrednosti koje D/A kartica generiše, sa ciljem da se dobiju željene vrednosti amplitude i faza generisanih napona i struja.

4. OPIS PROGRAMSKE PODRŠKE

U radu je dat opis dela programske podrške koji generiše trofazne signale za kalibraciju brojila. Na slici 3. dat je front panel korisničkog interfejsa. On dopušta korisniku da zadaje efektivne vrednosti napona i struja, kao i frekvenciju generisanih signala. Bira se i da li se vrši PID regulacija amplitude i faza, ili će se generisati unapred proračunate vrednosti, odnosno bez regulacije. Na graficima su prikazani talasni oblici generisanih i merenih signala, generisane i merene vrednosti amplitude i faza signala, kao i proračunate efektivne vrednosti na bazi unetih koeficijenata mernih pretvarača za sve kanale, i odgovarajuća odstupanja merenih efektivnih vrednosti u odnosu na zadate. Na posebnom grafiku u gornjem delu su data odstupanja efektivnih vrednosti u vremenu.

D/A ktrica NI PCI 6713 [8] vrši kružno generisanje napona za sve kanale na bazi unapred učitanih vrednosti odmeraka, koje drži u internom baferu. Prilikom izračunavanja ovih odmeraka vođeno je računa da se generiše tačno jedna perioda signala, i da su faze svih 6 kanala u skladu sa zahtevom trofaznog generisanja. Bitna osobina ove D/A kartice je duplo baferovanje uzoraka za generisanje, što omogućava izmenu uzoraka u toku rada, bez diskontinuiteta u generisanju signala.

A/D kartica ED428 [12] akvizira u realnom vremenu svih 6 generisanih talasnih oblika. Biblioteka funkcija "Extract_Single_Ton_information.vi" vrši analizu akviziranih napona i određuje sve harmonijske komponente signala. Zatim se određuju faze i efektivne vrednosti glavnog harmonika. Na taj način, dodatni harmonici i šumovi dobijeni

akvizicijom ne utiču na tačnost regulacije generisanih signala. Regulacija amplituda i faza signala se vrši u okviru bloka PID regulatora. U programu se odvijaju 12 PID regulacione petlje istovremeno, nezavisno za svih 6 amplituda i 6 faza. PID regulatori izjednačavaju zadate i merene vrednosti amplituda ili faza, koristeći koeficijente P , I i D zadate u programu ($P=0,2$, $I=2$ i $D=0,01$).

Tačnost generisanih signala u povratnoj petlji zavisi od tačnosti merenja trenutnih vrednosti napona i struja, koje se dobijaju pomoću eksternih mernih pretvarača napona i struja. Ovako dobijene vrednosti u sledećoj iteraciji, odnosno pri sledećem izvršavanju petlje glavnog programa, se koriste u PID regulatorima da bi se odredilo odstupanje od željenih vrednosti napona i struja.

Akvizirani i generisani talasni oblici iz D/A kartice NI PCI 6713 su u opsegu $\pm 10V$, dok su zadate vrednosti i realno generisani signali iza pojačavača u opsegu do 300V i 60A. U programu su definisani koeficijenti koji vrše skaliranje. Ovi koeficijenti su dobijeni u procesu kalibracije pojačavača, šantova i naponskih delitelja pomoću eksternog kalibratora METRAtop 53 [11], upravljano računom.

5. ZAKLJUČAK

Primenom razvojne aplikacije softerskog paketa virtuelne instrumentacije LabVIEW mogu se generisati naponi i struje za kalibraciju trofaznih brojila. Talasni oblici napona i struja se dobijaju iz D/A kartice NI PCI 6713 kao i signali odgovarajuće amplitude za testiranje brojila. Merni pretvarači obezbeđuju informacije o trenutnim vrednostima napona i struja prilagođene ulazima A/D kartice ED428. Na bazi izmerenih vrednosti napona i faza, u petlji se vrši regulacija, sa ciljem da se dobiju željene vrednosti amplituda i faza generisanih napona i struja. Tačnost generisanih signala u povratnoj petlji zavisi od tačnosti merenja trenutnih vrednosti napona i struja. Prave merene vrednosti napona i struja se dobijaju posle množenja sa koeficijentima K_m , tako da mereni rezultati budu u skladu sa zadatim efektivnim vrednostima reda 220V i do 60A. Ovako dobijene vrednosti u sledećoj iteraciji, tj. pri sledećem izvršavanju petlje glavnog programa, se koriste u PID regulatorima da bi se odredilo odstupanje od željenih vrednosti napona i struja. Kontrolno-vizuelni deo u skladu sa zahtevima korisnika razvijen je u okviru front panela virtuelnog instrumenta a odgovarajući izveštaji sa potrebnim podacima ispitivanja i statusa brojila se štampaju u odgovarajućem formatu.

LITERATURA

- [1] Cronin L. B., Electrical measurement accreditation of automated calibration systems.
- [2] Fluke Corporation, Using the 6100A Electrical Power Standard to calibrate energy meters, Application Note.
- [3] Power and Energy Calibration Standard - Rotek Model 8100, *New products from IEEE I&M Magazine*, pp. 78, December 2004.
- [4] Fully Automatic Energy Meter Calibration, System Century Controls, 28/2, 2nd Main Road, Seshadripuram, Bangalore 560 020, India.

- [5] Katalog proizvoda Ei "Profesionalna elektronika" Niš, 2004.
- [6] LabVIEW, User's Manual, National Corporation, USA, 2000.
- [7] Commission of the European Communities, "The Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Measuring Instruments", COM (2000) 560final, pp. 83-88, Brussels, September 19, 2000.
- [8] DAQ 6711/6713/6715 User Manual, National Corporation, USA, 2003.
- [9] Dimitrijević B., Randelović I., Rančić M., "Metrological Support of Electronic Energy Meters Production", *ICEST 2004, Conference proceedings*, pp. 541-544, 16-19 June 2004.
- [10] Dimitrijević B., Randelović I., Rančić M., "Procedura automatskog testiranja PCI-NI 6713 DAQ kartice", *XVIII Konferencija za ETRAN*, tom III, str.316-319, Čačak, 6-10 jun, 2004.
- [11] Benchtop Multimeter and Calibrator, Operating Instructions, Gossen Metrawat Camillebaur, Germany, 2001.
- [12] Višefunkcionalni ISA modul za akviziciju podataka, merenje i upravljanje, ED428, Electronic Design, Beograd.

Abstract – This paper presents a part of the virtual instrumentation program used for metrological support of automated gauger of energy meters within the project carried out at the Faculty of Electronic Engineering of Niš, with a support of Ministry of Science, Technologies and Development. Unlike other gaugers of the similar type, the metrological support for the standard electric meter is substituted in this realization by using automated procedure for electric meter calibration based on the virtual instrumentation, i.e. LabVIEW 7.1. Virtual instrument, provides parameters of voltages, currents and phases, defined by protocol, by means of 8 channels DAC card (PCI NI 6713) intercomparing the generated and the measured values of the parameters and automatically correcting the generated values until the desired accuracy class is achieved. The converted values of voltage and current parameters measured by acquisition ADC ED 428 in the feedback are corrected for the values of the obtained errors based on the preset values of the measured transducer coefficients. The measurement uncertainty of the voltage and current parameters settings depends both on the measurement transducers coefficients stability (current shunts and voltage dividers) and the reference voltages stability of the convertors in the acquisition cards.

METROLOGICAL SUPPORT OF INDUSTRIAL GAUGER OF ENERGY METERS USING VIRTUAL INSTRUMENTATION

Božidar Dimitrijević, Dragan Živanović, Ivana Randelović