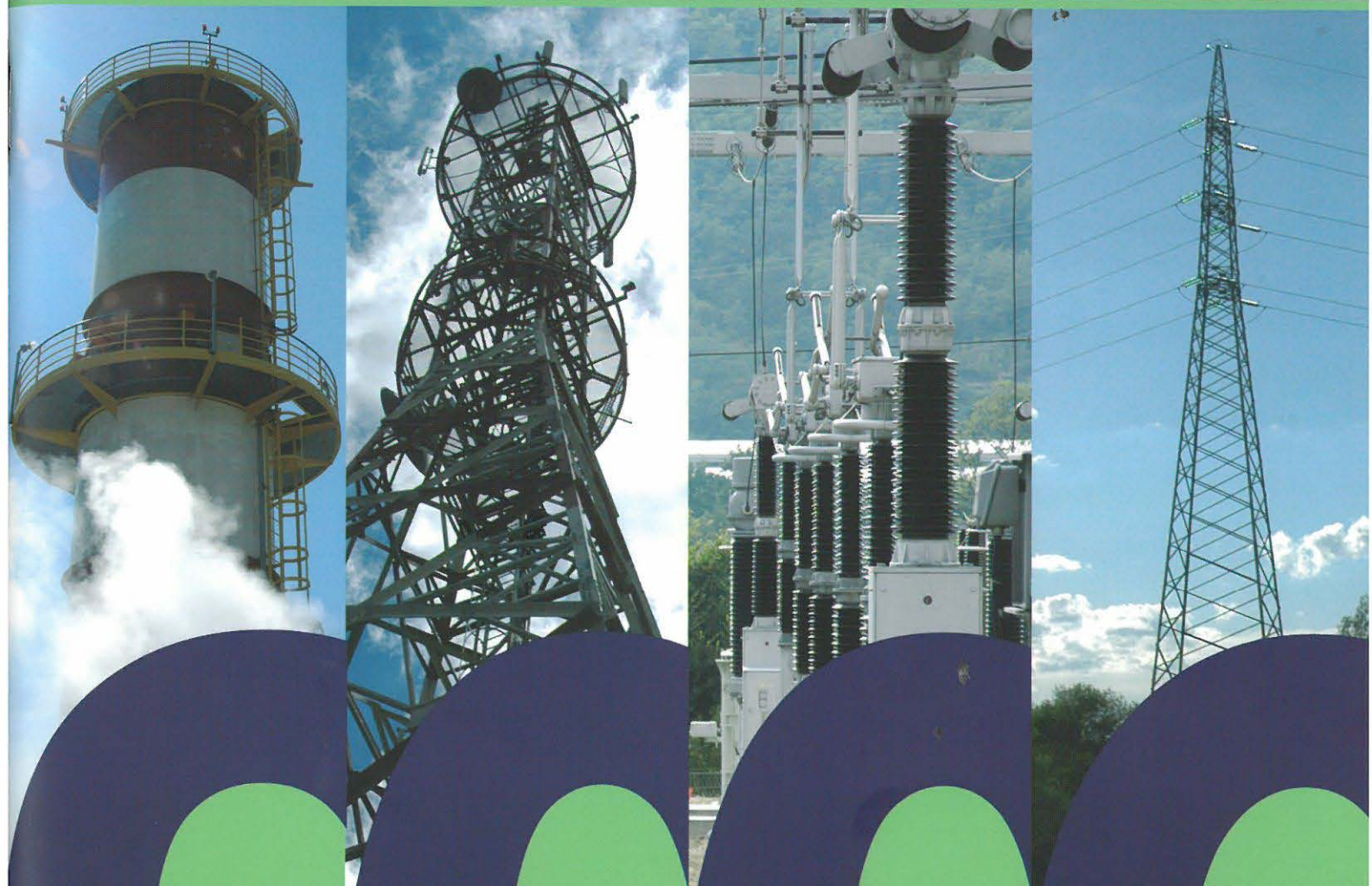




elektroenergetika

ČASOPIS ZA PROIZVODNJU, PRIENOS, DISTRIBUCIJU I KORIŠTENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

ISSN 1334-8590, Godina II.



2006

ISSN 1334 - 8590



9 771334 859008

4

Prosinac 2005.

Elektroenergetika

Časopis za proizvodnju, prijenos, distribuciju i korištenje električne energije

Glavni urednik

Josip Moser, dipl. ing.

Izvršni urednik

dr. sc. Srđan Skok

Predsjednik uređivačkog odbora

prof. dr. sc. Božo Udovičić, akademik

Uređivački odbor

Davor Mladina dipl. ing.,
prof. dr. sc. Jura Simunić,
prof. dr. sc. Stjepan Car, Marijan Kalea dipl. ing.,
mr. sc. Vitomir Komen, dr. sc. Ranko Goić,
Nenad Lihtar dipl. ing., Srećko Nuić dipl. ing.,
Marko Lovrić dipl. ing.,
mr. sc. Božo Filipović Grčić,
dr. sc. Damir Šljivac.

Lektor

Fikret Cacan

Za izdavača

Nenad Lihtar

Marketing i propaganda

Erna Lojna Lihtar

Pretpлата

Željka Muža
Romina Roginić

Grafička priprema

KIGEN d.o.o., Zagreb

Grafičko oblikovanje

Damir Brčić
Igor Gorkić
Hrvoje Vražić

Fotografije na naslovnici

Ivan Sušec

Tisak

GZH d.o.o., Zagreb

ISSN 1334-8590

Godišnja pretplata za RH: 240,00kn + PDV
Godišnja pretplata za inozemstvo: 45 EUR

Časopis izlazi 4 puta godišnje.
Žiro račun: 2484008-1100684258

Rukopisi, slike i ostali prilozi se ne vraćaju.
Ni jedan dio časopisa ne smije se reproducirati ni u kojem obliku bez pismenog odobrenja Redakcije.

Izdavač

KIGEN

Kigen d.o.o.

Fancevljev prilaz 5

10000 Zagreb

tel.: ++ 385 (0)1 660 51 51

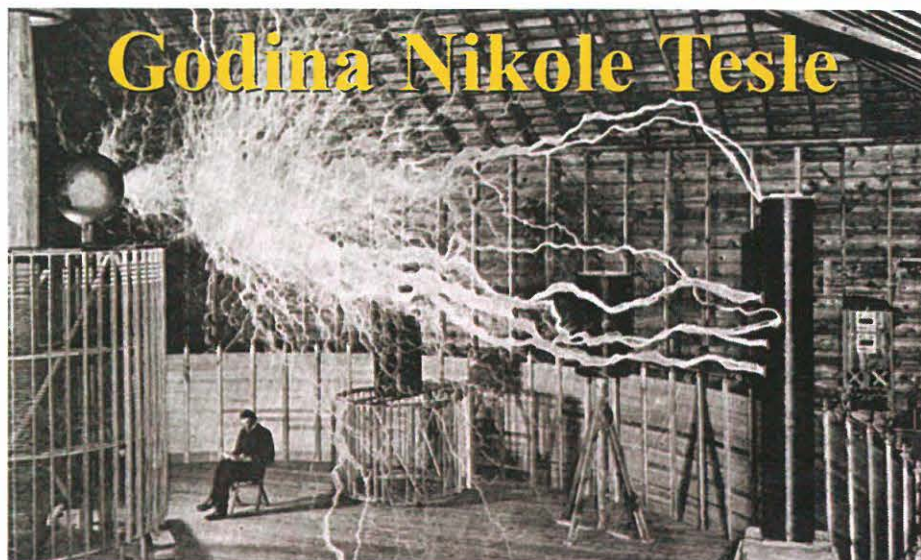
faks: ++ 385 (0)1 667 38 05

e-mail: kigen@kigen.hr

http://www.kigen.hr

Broj 4/2005. (8)

Godina II

**STRUČNI SKUPOVI**

7. savjetovanje HO CIGRÉ6

PRIJENOST

Karakteristične izvedbe dalekovoda 110 kV, 220 kV i 400 kV nazivne naponske razine18

RAD POD NAPONOM

Sustav upravljanja kvalitetom kod izvođenja radova pod naponom27

AUTOMATIZACIJA

Razvoj uređaja za daljinski nadzor kvalitete električne energije33

SAJMOVI

SASO – nezaobilazno mjesto susreta gospodarstvenika37

NOVE KNJIGE

Božo Udovičić: Elektroenergetski sustav39

IZVORI ENERGIJE

Opća i pojedinačna svojstva nekonvencionalnih izvora energije41

ZAKONSKA REGULATIVA

Pravilnik o stručnom ispitu te upotpunjavanju i usavršavanju znanja osoba koje obavljaju poslove graditeljstva43

NAZIVLJE

Termini iz Pravilnika o stručnom ispitu te upotpunjavanju i usavršavanju znanja osoba koje obavljaju poslove graditeljstva47

IZ POVIJESTI

Nikola Tesla – nepravedno zaboravljeni genij ispred svog i našeg vremena48

SAJMOVI

CeBIT 2006. Hannover55

Hannoverski sajam 2006.56

Međunarodni sajam za arhitekturu i tehniku, Frankfurt na Majni57

Svjetski sajamovi i izložbe59

VIJESTI

.....64

Krunoslav BIČANIĆ,
Igor KUZLE,
Tomislav TOMIŠA

Razvoj uređaja za daljinski nadzor kvalitete električne energije

Uvod

U novije se vrijeme sve više važnosti pridaje značajkama kvalitete električne energije što ima za posljedicu sve učestaliju upotrebu uređaja za nadzor iste, koji djelomice ili u potpunosti nadziru parametre valnog oblika i iznosa napona određenih normom EN 50160 [1]. Upotreba takvih sustava u Hrvatskoj posljedica je integracijskih procesa Europske Unije i prilagođavanja europskim normama i standardima usvojenim za napajanje potrošača. Zahtjevi koje postavljaju norme na elektroničke uređaje za mjerenje kvalitete električne energije nisu jednostavni te značajno poskupljuju konstrukciju predmetnih uređaja. Stoga su za uspostavljanje učinkovitog sustava praćenja parametara kvalitete električne energije potrebna razmjerno velika financijska sredstva, pogotovo ako se nadzor obavlja na više mjesta kao što je to slučaj u elektrodistribucijskom sustavu. Kvalitetom električne energije u užem smislu smatra se zadovoljavajući oblik napona napajanja. Norma EN 50160 odnosi se na kvalitetu električne energije (dalje, kvaliteta napona) na mjestu predaje kupcu, a vrijedi za niske i srednje napone.

S ciljem da se izgradi sustav za nadzor kvalitete napona koji bi zadovoljavao što je moguće veći broj zahtjeva norme EN 50160 uz što nižu cijenu istog, uz omogućavanje daljinskog očitavanja parametara (zbog smanjenja troškova očitavanja i smanjenja faktora ljudske pogreške), na Zavodu za visoki napon i energetiku razvijen je uređaj koji je dio sustava za nadzor kvalitete napona.

Opis razvijenog sustava

Sustav se sastoji od centralnog računala za prikupljanje i obradu podataka, GSM-modula za daljinski prijenos podataka te posebno razvijenog uređaja za mjerenje i

obradu signala kvalitete (dalje, uređaja) koji se ugrađuje na mjernom mjestu.

Centralno računalo

Centralno PC računalo s operacijskim sustavom Windows obavlja zadaću pohranjivanja i off-line obrade podataka daljinski prikupljenih iz mjernih uređaja. Glede uspostave sustava nadzora predviđeno je da centralno računalo komunicira s više mjernih uređaja za nadzor kvalitete napona.

GSM modul

GSM modul služi za prijenos podataka od uređaja do centralnog računala (dalje, računala) prema zahtjevu korisnika ili na automatski zahtjev računala. Odabran je jedan od standardnih GSM-modula koji su dostupni na tržištu. Karakteriziraju ga brzine prijenosa podataka do 14400 bps, priključak na računalo standardnim 9-pinski priključkom i RS232C-vezom, napon napajanja od 8 do 36 V DC, mala potrošnja energije i jednostavna ugradnja. Modul je pogodan za predmetnu primjenu zbog mogućnosti autonomnog rada. Prije povezivanja treba ga ugoditi pomoću računala. Ugađanje se obavlja AT-komandama bilo kojim terminalnim programom koji može komunicirati s perifernim uređajima serijskim komunikacijskim portom RS232C (COM-priključak). Nakon ugađanja sustav može uspostaviti i održa-

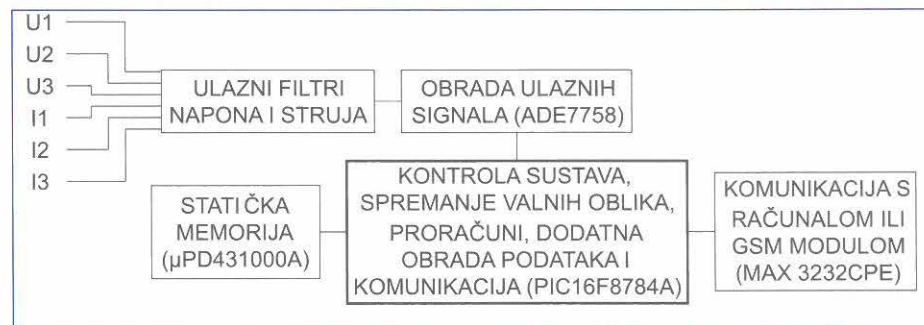
vati vezu na unaprijed određenoj brzini prijenosa podataka. Podaci se prenose uobičajenim formatom podataka „1, 8, 1“ (1 startni bit, 8 bitova podataka i 1 stop bit). Isti GSM-modul rabi se i za daljinski mjerni uređaj. Prekidom veze od strane GSM-modula priključenog na računalo modul priključen na mjerni uređaj automatski prekida prijenos podataka i čeka uspostavu ponovnog poziva.

Uređaj za kontrolu kvalitete napona

S obzirom na to da uspostava sustava nadzora predviđa ugradnju daljinskih mjernih uređaja na više mjesta u elektrodistribucijskoj mreži, pristupilo se razvoju uređaja, koji je osnova sustava za nadzor kvalitete napona, sa ciljem da se troškovi sklopovlja svedu na najmanju moguću mjeru.

Osnovni parametri koje uređaj mora nadzirati sukladno normi EN 50160 u sustavima za javnu distribuciju električne energije:

- vrijeme pojave propadanja napona i njegovo trajanje,
- vrijeme pojave nestanka napona i njegovo trajanje,
- vrijeme pojave nadvišenja napona i njegov iznos,
- vrijeme pojave naponskih "pikova" i njihov iznos,
- odstupanja od nazivne frekvencije,
- analiza harmonika napona.

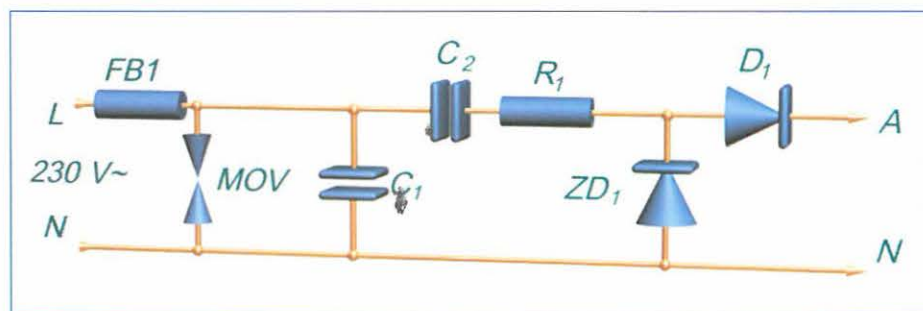


▲Slika 1. Blok-shema uređaja za kontrolu kvalitete napona

Sklopovsku osnovu uređaja čini integrirani mjerni podsustav za pretvorbu signala i čitanje valnog oblika koji je podržan mikrokontrolerom za lokalnu obradu i pohranu prikupljenih signala, a napajanje uređaja izvedeno je bestransformatorskim sklopom iz mjerenog napona. Blok shema mjernog uređaja prikazana je na slici 1.

Tijekom razvoja uočeno je da značajke korištenog mikrokontrolera omogućuju proširenje osnovne funkcionalnosti na:

- snimanje srednje vrijednosti faznog napona tijekom cijelog dana svakih 30 sekunda u svim fazama,
- snimanje srednje vrijednosti fazne struje tijekom cijelog dana svakih 30 sekunda u svim fazama,
- praćenje iznosa jalove snage tijekom cijelog dana.



▲Slika 2. Ispravljački dio

Proširenjem funkcionalnosti osiguralo se snimanje srednje vrijednosti radne i jalove snage tijekom cijelog dana.

Bestransformatorsko napajanje je ono čiji se rad temelji na neposrednoj pretvorbi izmjeničnog mrežnog napona 230 V u istosmjerno napajanje napona 5 V (u ovom slučaju, a može biti i neki drugi napon) za potrebe napajanja sustava. Napajanje se sastoji od ispravljačkog dijela i regulatora napona.

U ispravljačkom dijelu (slika 2) fazni se napon kroz feritni prsten FB1 dovodi na odvodnik prenapona MOV1 i kondenzator C1. Takva konfiguracija sprečava prolaz mogućih prenapona i napona visokih frekvencija u uređaj i na taj način osigurava napajanje od prolaska nepoželjnih impulsa smetnja koji su nepoželjni u uređajima digitalnog karaktera (mikrokontroleri, tranzistorski uređaji i drugi digitalni sklopovi). Napon se zatim poluvalno ispravlja i smanjuje na iznos od oko 15 V kombinacijom C2, R1 i zener-diodom ZD1. Napon koji se dobije na izlazu praktički je pravokutnog oblika.

Takav sklop ugrađuje se u sve tri faze te se točka „A“ svih ispravljačkih dijelova spaja na točku „A“ regulatora napona (slika 3). Točke „N“ svih dijelova međusobno su galvanski povezane. Poluvalovi napona koje osiguravaju ispravljački dijelovi pune elektrolitski kondenzator C3 iz kojega se napon dalje propušta kroz regulator napona na čijem se izlazu dobije istosmjerni napon od 5 V pogodan za napajanje ostalih dijelova uređaja. Feritni prsten FB4 služi za blokiranje visokih frekvencija koje bi mogle neutralnim vodičem dospjeti u uređaj. Snaga koja je osigurana na ovaj način je oko 4 W.

Koncept bestransformatorskog napajanja je u uporabi zbog smanjenja dimenzija i cijene uređaja. Nedostatak primijenjenog koncepta napajanja je nepostojanje gal-

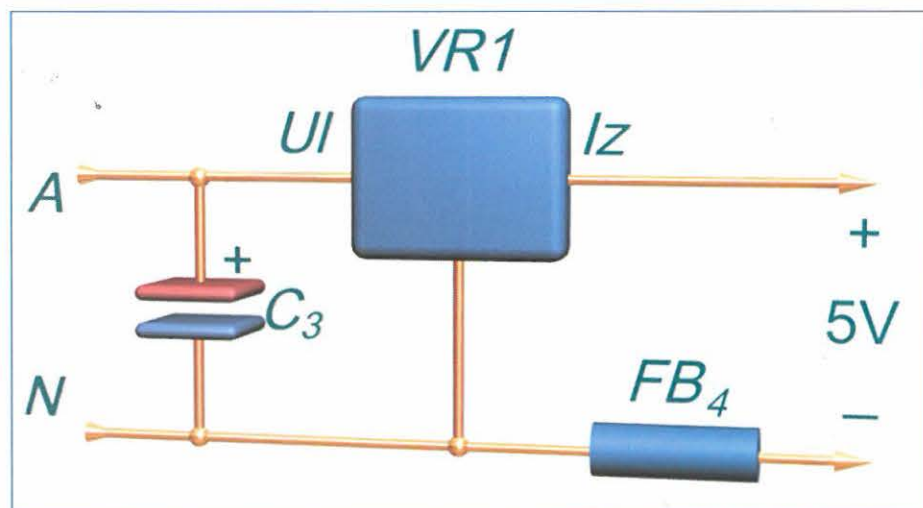
vanskog odvajanja od elektroenergetske mreže što zahtijeva oprez pri korištenju sklopa.

Podsustav za pretvorbu signala i čitanje valnog oblika sastoji se od integriranog sklopa ADE7758 i ostalih pasivnih elemenata potrebnih za filtriranje valnih oblika signala napona i struja. Iskorišteni sklop ADE7758 je ponajprije namijenjen

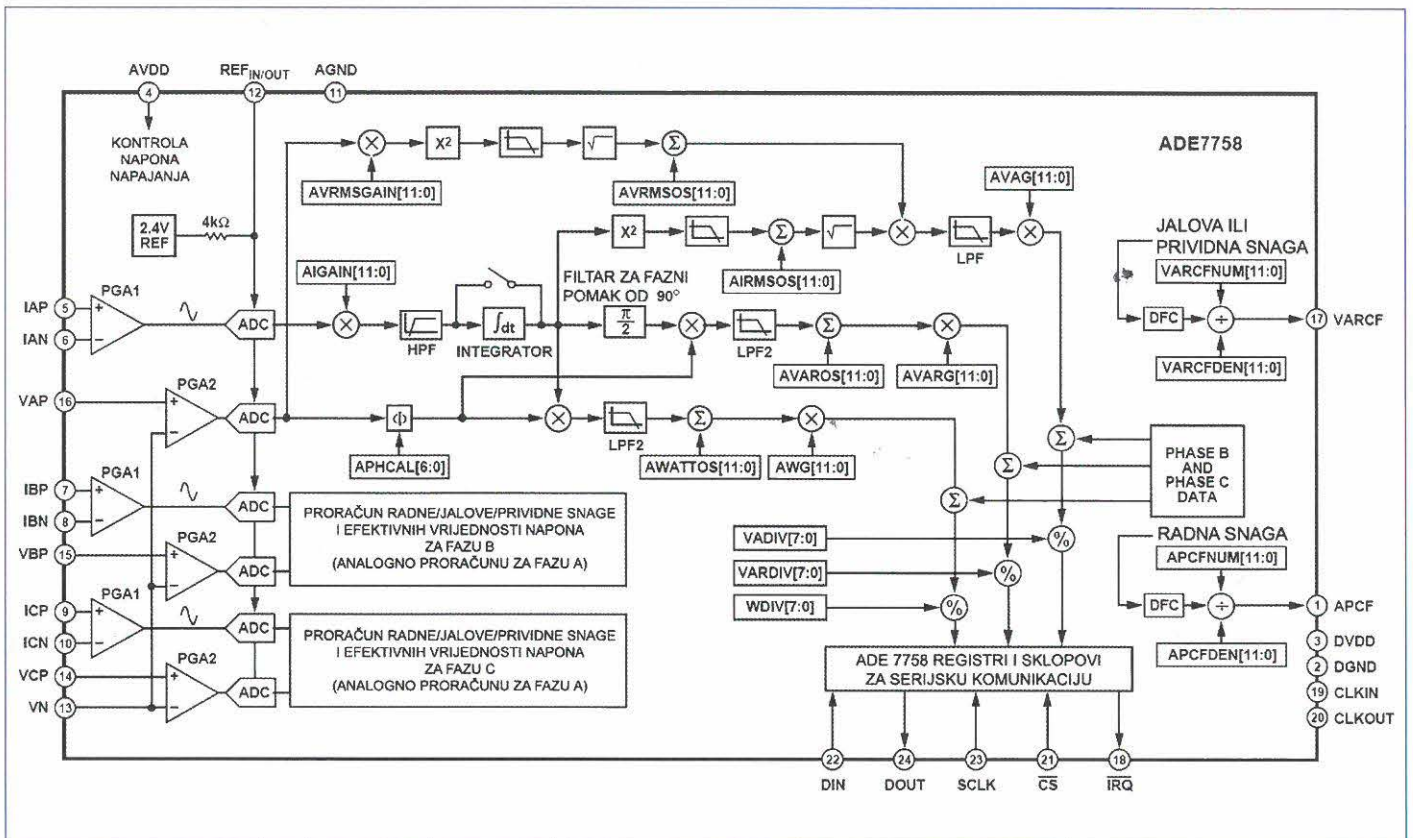
mjerenju potrošnje električne energije, no njegova interna koncepcija omogućuje mjerenje efektivnih vrijednosti napona i struja u sve tri faze. U njega su ugrađeni „sigma-delta“ analognodigitalni (u daljnjem tekstu „A/D“) pretvornici, tri naponska i tri strujna ulaza s ugrađenim niskom i visokom propusnim digitalnim filtrima, te pojačalima na svakom ulazu s pojačanjem od 1x, 2x ili 4x. U strujnim granama postoji i digitalni integrator za pretvorbu signala kojeg na svom izlazu daju strujni pretvornici sa zračnom jezgrom tzv. Rogowskyjevi svici. Integrator se po potrebi može premostiti te se na ulaze strujnih grana u tom slučaju mogu priključiti standardni strujni transformatori. Na strujne ulaze može se dovesti signal mjerenja struje i sa shunta. Svi mjerni signali dovode se na ulaze preko antialias filtara (pasivni RC filtri s gornjom graničnom frekvencijom od oko 860 kHz u ovom slučaju) zbog oblikovanja signala i filtriranja visokofrekvencijskih smetnja koje utječu na A/D-pretvorbu signala. Izvornu blok-shemu integriranog podsustava prikazuje slika 4.

Najvažnije značajke razvoja uređaja, ugrađene u predmetni integrirani sklop su:

- dojava propadanja napona za pojedinu fazu ispod neke određene vrijednosti,
- dojava nestanka napona u pojedinoj fazi,
- dojava pojave prenapona i njegov iznos,
- iznos efektivne vrijednosti napona napajanja u pojedinoj fazi,
- mjerenje frekvencije,
- mogućnost očitavanja trenutačne vrijednosti valnog oblika napona ili struja u bilo kojem kanalu.



▲Slika 3. Regulator napona



▲Slika 4. Integrirani podsustav

Zadnja značajka omogućuje analizu harmonika čitanjem trenutačnih vrijednosti valnog oblika u pojedinoj fazi. Učestalost očitavanja prema Nyquistovu teoremu mora biti najmanje dvostruko veća od najvišeg harmonika čija se vrijednost želi izmjeri-

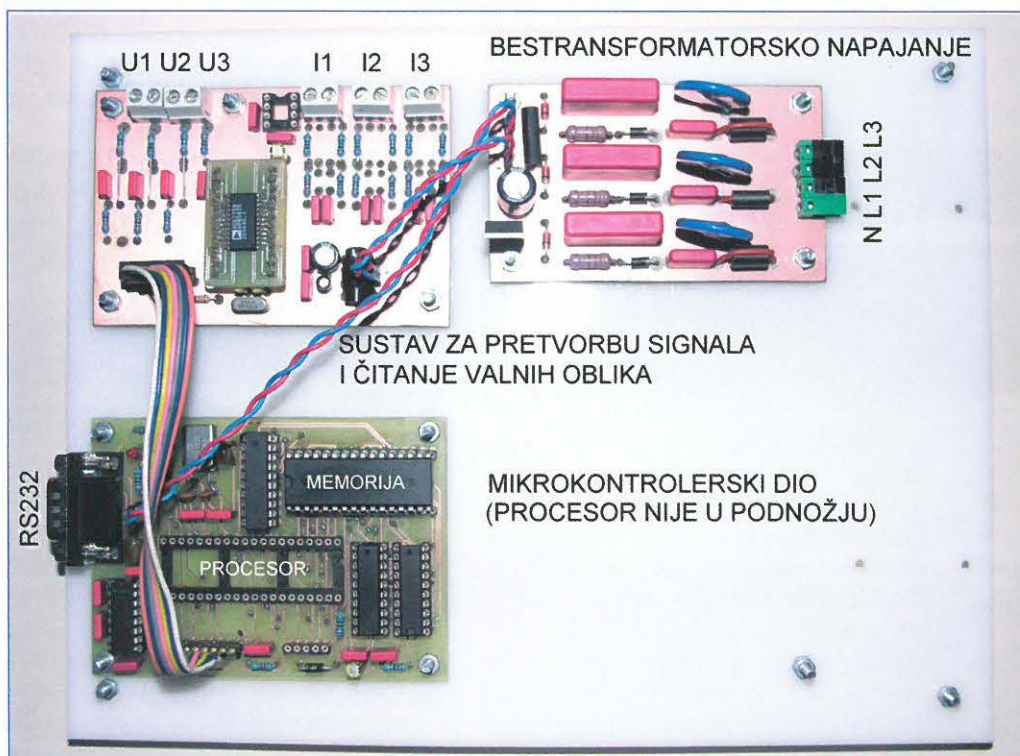
ti nakon primjene diskretnih Fourierovih transformacija na snimljeni valni oblik. Budući da je gornja granična frekvencija digitalnog nisko propusnog filtra fiksno određena na iznos od 260 Hz za potrebe mjerenja električne energije, najviši har-

monik napona koji se može točno izmjeriti je petog reda. Brzina čitanja trenutačnih vrijednosti postavljena je na 6500 očitavanja u sekundi.

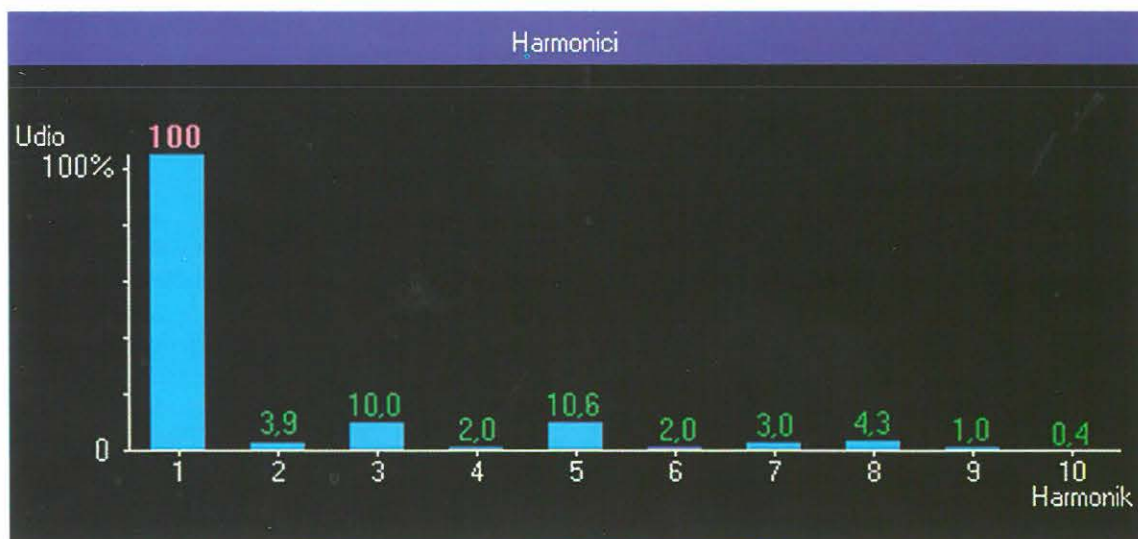
Svi navedeni parametri i mjerne veličine zapisuju se u posebne registre integranog kruga i dostupni su serijskom komunikacijom SPI (engl. *Serial Port Interface*) uz brzinu prijenosa podataka od 10 Mbps. Dojave propadanja i nestanka napona, pojave prenapona i sl. prenose se u mikrokontrolerski sustav prekidnom linijom (engl. *interrupt line*).

Mikrokontrolerski dio za obradu i spremanje prikupljenih signala i valnih oblika sastavljen je od:

- RISC (engl. *Reduced Instruction Set Computer*) mikrokontrolera PIC-serije,
- statičke memorije μ PD431000A kapaciteta 128 kB, brzine pristupa podacima 70 ns,
- dijela za serijsku komunikaciju GSM-modemom izvedenog integriranim sklopom serije MAX3232.



▲Slika 5. Razvijeni uređaj



▲ Slika 6. Analiza harmonika napona napajanja

Mikrokontroler ima funkciju preuzimanja i obrade mjernih veličina od integriranog sklopa ADE7758 te spremanje očitanih veličina u memoriju zajedno s vremenom očitavanja, odnosno, spremanje valnih oblika zajedno s vremenom početka snimanja. Osim navedenog, u njemu se obavlja proračun srednjih efektivnih vrijednosti napona i struja te srednjih vrijednosti jalove snage svakih 30 sekunda. Ti se podaci zatim pohranjuju u memoriju.

Memorija je podijeljena na tri bloka za spremanje različitih vrsta podataka (veličine su izražene u bajtovima – oznaka „B“):

- 1. blok (63360 B): spremanje podataka srednjih mjernih vrijednosti i frekvencije u formatu: vrijeme (7 B), naponi sve tri faze (6 B), struje sve tri faze (6 B), jalova snaga (3 B) i frekvencija (2 B),
- 2. blok (37632 B): spremanje valnih oblika napona svake faze svakih 30 minuta (48 snimaka u blokovima od 130 B za svaku fazu s vremenskim zapisom),
- 3. blok (27900 B): snimanje događaja (propadi napona, nestanak napona, itd.) Spremljeni podaci neposredno se prenose serijskom vezom putem GSM modula na računalo na daljnju obradu. Zbog potrebe bilježenja vremena programski je realiziran sustav za točno vrijeme, tzv. programski RTC.

Točnost spremljenih podataka od najvećeg je značenja za daljnju obradu na računalo. Zbog toga, je bilo potrebno odabrati komunikacijski protokol koji bi osigurao zadovoljavajuću sigurnost i ispravnost prijenosa podataka GSM-

modulima. U konačnici odabran je protokol MODBUS kojim se osigurava provjera ispravnosti poslanih podataka. Na slici 5 predočena je fotografija prototipa razvijenog uređaja.

Za off-line obradu podataka razvijena je posebna programska podrška koja služi za ugađanje GSM modula, podešavanje uređaja (daljinski ili lokalno), prihvatanje podataka iz uređaja, spremanje podataka u bazu podataka (Microsoft Access) te prikaz snimljenih podataka.

Najvažniji dio programa za obradu je analiza harmonika snimljenih valnih oblika, budući da sadržaj harmonika u mrežnom naponu najbolje pokazuje utjecaj opreme potrošača i distributera na kvalitetu električne energije. Primjer analize harmonika načinjen obradom daljinski prikupljenih podataka prikazan je na slici 6.

Zaključna razmatranja

Uz mnogobrojne pokušaje da se razviju različiti uređaji za nadzor i kontrolu te posebno za potrebe automatizacije, cijena se uvijek postavljala kao krajnji limitantni čimbenik. Preuzimanjem europskih norma funkcionalnost, u smislu omogućavanja praćenja brojnih parametara, dolazi u prvi plan kada je riječ o kvaliteti električne energije. Iako noviji uređaji, najčešće potrošačka oprema, podnose sve veće nestabilnosti i nepravilnosti valnog oblika napona napajanja to ne znači nužno da će trend takvog razvoja uzrokovati nepotrebnost normiranja i nadziranja parametara koji definiraju kvalitetu električne energije. Danas je u uporabi vrlo velik broj skupih uređaja (medicinska dijagnostika, speci-

jalni alatni strojevi, industrija preciznih uređaja itd.) koji za svoj ispravan rad zahtijevaju određenu kvalitetu električne energije (konstantan nazivni napon, minimalan manji udjel harmonika u naponskom valnom obliku). Osim toga, tržišno nadmetanje među isporučiteljima električne energije postrožiti će zahtjeve za povećanjem kvalitete isporučene električne energije i kontinuirano

praćenje njezinih pokazatelja s obzirom na to da će cijena isporučene energije ovisiti i o njevoj kvaliteti. Da bi se to omogućilo, bit će neophodno u elektroenergetski sustav ugrađivati sve veći broj uređaja za daljinski nadzor kvalitete električne energije.

Literatura

- [1] CENELEC (<http://www.cenelec.org>): EN 50160; „Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems“, studeni, 1999.
- [2] CENELEC: BTTF 68-6(SG) Rev. 1; “Draft Guide to the application EN 50160”, siječanj, 1999.
- [3] IEC (<http://www.iec.ch>): 61000-4-30; “Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods”, veljača 2003.
- [4] ANALOG DEVICES (<http://www.analog.com>): “ADE7758 – Poly Phase Multifunction Energy Metering IC with per Phase Information”, 2004.
- [5] MICROCHIP (<http://www.microchip.com>): “PIC16F87X, Data Sheet, 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH, Microcontrollers”, 2001.
- [6] NEC (<http://www.nec.com>): “MOS INTEGRATED CIRCUIT μ PD431000A”, 2000.
- [7] MODBUS.ORG (<http://www.modbus.org>): “MODBUS Application Protocol Specification”, ožujak, 2002.
- [8] Siemens AG (<http://www.siemens.com>): Cellular Engine TC35 Terminal, studeni, 2003. ■

Autori su djelatnici FER-a