

# Nadgradnja SDNU – digitalni osciloskop

Miroslav Lazić, Miodrag Skender, Dragana Petrović, Ivan Lazić

Sektor energetske elektronike

IRITEL a.d. BEOGRAD

Beograd, Srbija

[mlazic@iritel.com](mailto:mlazic@iritel.com), [skender@iritel.com](mailto:skender@iritel.com), [titelac@iritel.com](mailto:titelac@iritel.com), [ilazic@iritel.com](mailto:ilazic@iritel.com)

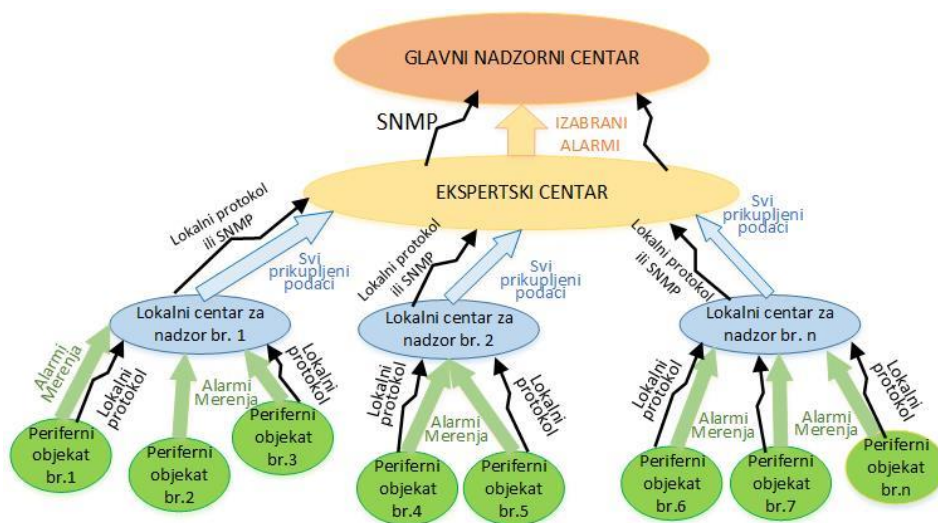
**Sažetak**—Sistem za daljinski nadzor i upravljanje (SDNU) se proizvodi i montira kod raznih korisnika duže od 15 godina. U tih petnaest godina je modifikovan, pre svega, prema novim zahtevima kupaca. Pored toga, pojava novih komponenti je omogućila brži prenos podataka te je prilagođavan i hardver i softver SDNU. Brz prenos podataka je omogućio i nadgradnju sistema tako da korisnik u realnom vremenu prati oblik veličina koje se mere na udaljenom objektu. Ova funkcija je nazvana „digitalni osciloskop“ i omogućava korisniku da prati oblike merenih veličina na udaljenom objektu i na osnovu toga proceni ispravnost uređaja koji se nadzire.

**Ključne riječi**—daljinski nadzor; osciloskop; merenje napona; merenje struje

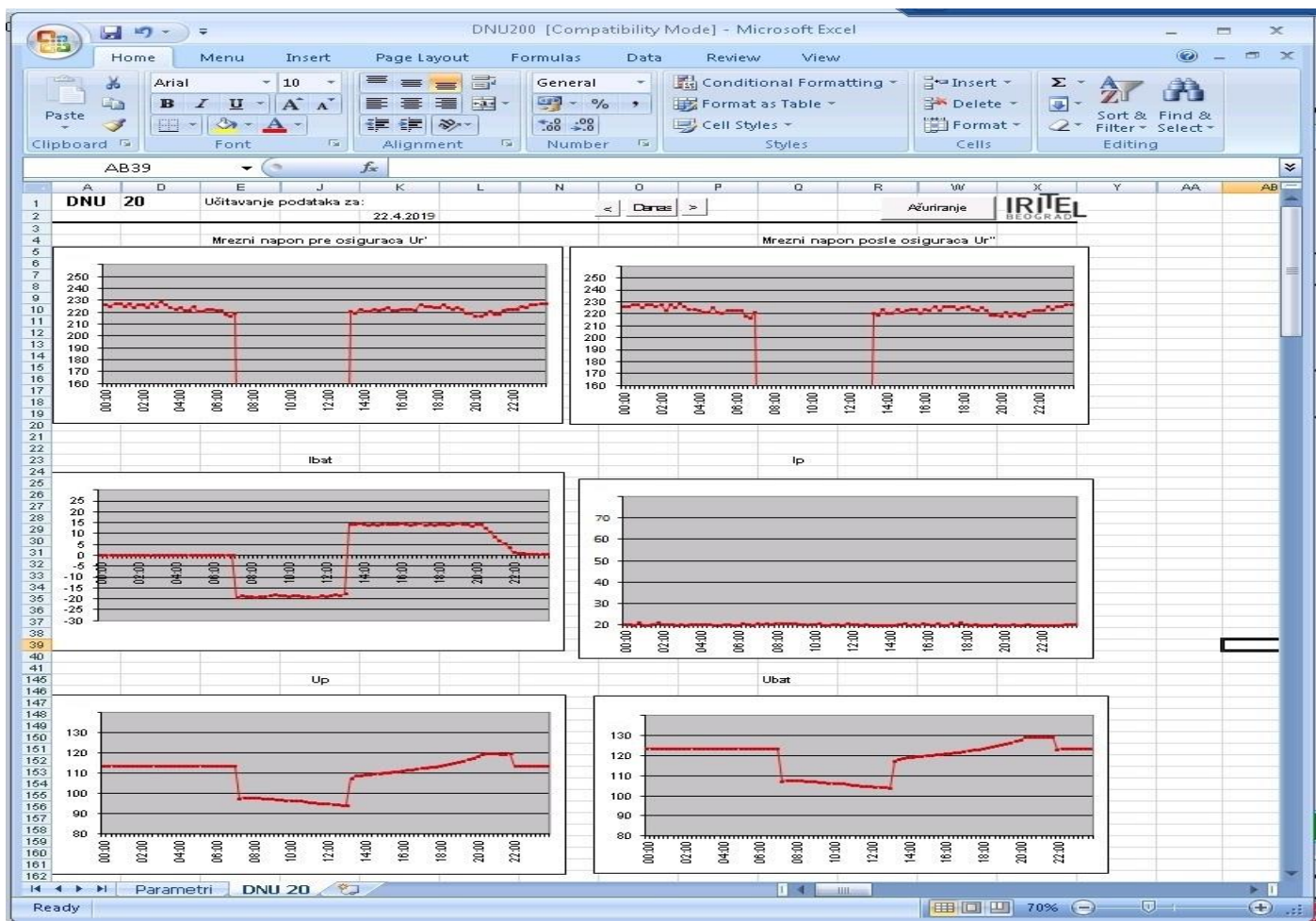
## I. UVOD

Daljinski nadzor i upravljanje omogućava nadzornim službama da prate rad udaljenih uređaja. Rasprostranjeni su kod velikih sistema kao što su telekomunikacione i elektroprivredne kompanije. Kod takvih kompanija, na jednog

zaposlenog u službi održavanja bude po nekoliko desetina pa i stotina perifernih uređaja, često veoma udaljenih od centra održavanja. Sistem za Daljinski Nadzor i Upravljanje - SDNU je razvijen pre više od petnaest godina. Sistem se sastoji od perifernih uređaja (čiji broj može biti neograničen) i hijerarhijski organizovane nadzorne službe. Dobra raspodela funkcija između perifernog uređaja i centra za nadzor je dovela do toga da su korisnici prihvatili SDNU kao meri i kontrolni sistem. Danas je montirano oko 700 perifernih uređaja i formirano oko 50 nadzornih centara. Periferni uređaji prikupljaju podatke o setu merenih veličina svake sekunde, a šalju ih u nadzorni centar bar jednom u petnaest minuta. Na osnovu prikupljenih podataka, u centru za nadzor se crtaju dijagrami na kojima se prikazuju sve veličine koje se mere. Na Sl.1 je prikazan način organizovanja SDNU, a na Sl. 2 dijagrami prikazani u nadzornom centru za neke od merenih veličina. Izmerene veličine prikazane na Sl. 2 dobijene su od perifernog uređaja DNU24. DNU24 meri definisane veličine svake sekunde i prosleđuje ih u centar za nadzor svakih 15 minuta. [1-3]



Slika 1. Organizacija SDNU



Slika 2. Dijagrami merenih veličina

## II. SDNU U ENERGETSKOJ ELEKTRONICI

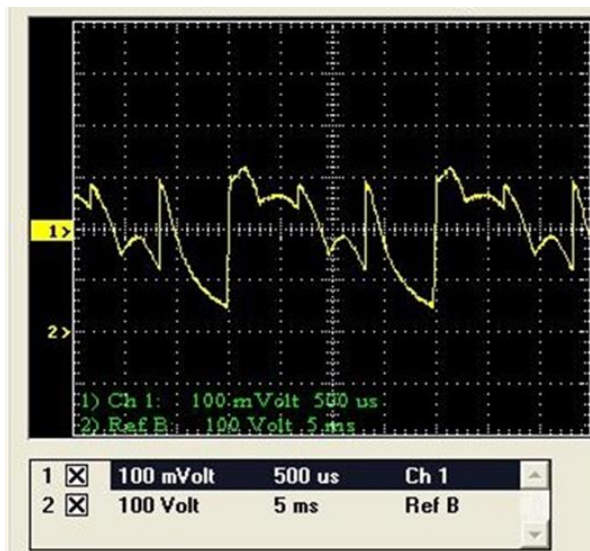
SDNU se najčešće koristi za nadzor uređaja energetske elektronike. Ispravljačka postrojenja su osnovni element energetske elektronike. Rezervni izvor napajanja, akumulatorske baterije, vezuju se paralelno sa izlaznim naponom ispravljača, paralelno sa potrošačima. Opisani način povezivanja garantuje neprekidnost pri prelasku sa osnovnog na rezervni izvor napajanja. Međutim, zbog isparavanja elektrolita, akumulatorske baterije se često nalaze u zasebnoj prostoriji. Sa potrošačima su povezane preko relativno dugačkih kablova i preko razvodnog ormana sa osiguračima. Konfiguracijom kod koje su baterije paralelno vezane sa ispravljačem obezbeđuje se neprekidnost, ali ovakva konfiguracija ima značajan nedostatak. Praktično, baterije prikrivaju neispravan rad ispravljača. Ukoliko je ispravljač neispravan (statičke i dinamičke karakteristike nisu u skladu sa deklariranim vrednostima) to se neće otkriti merenjem analognim kao ni digitalnim voltmetrima. Naizmenična komponenta u izlaznom naponu i izlaznoj struji se ne vidi ni na

dijagramima prikazanim na Sl. 2. Međutim, neispravan rad ispravljača biće uzrok skraćenog veka trajanja baterija.

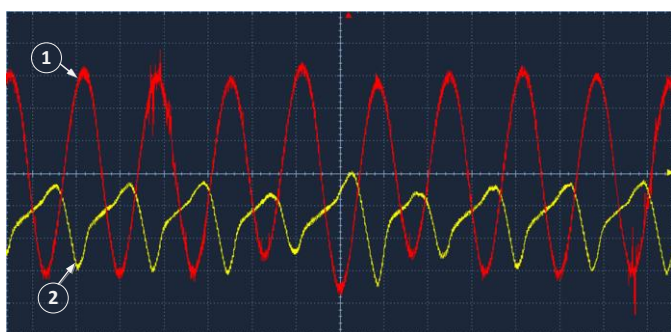
U slučaju da se baterije odvoje od potrošača (zbog kapacitivne probe ili otkaza osigurača) može doći do havarije i otkaza potrošača koji su povezani na ispravljačko postrojenje. Na Sl. 3 je prikazan oblik napona na jednom ispravljaču koji nema karakteristike u skladu sa propisom. Nominalna vrednost izlaznog napona je 220 V. Dijagram je snimljen kada su baterije odvojene od ispravljača. Dijagram je snimljen digitalnim osciloskopom, na kanalu 2 tako da je vrednost napona podešena na 100 V/podeoku.

Naizmenična komponenta u izlaznom naponu je oko 270 V, a maksimalna vrednost napona oko 320 V. Ovakva pojava može uzrokovati otkaz potrošača.

Da bi se predupredile havarije neophodno je meriti naizmeničnu komponentu izlaznog napona kada su prisutne baterije. Na Sl. 4 je prikazana naizmenična komponenta u izlaznom naponu i izlaznoj struji jednog ispravljača pri čemu su baterije bile povezane u električno kolo.



Slika 3. Izlazni napon ispravljača sa odvojenim baterijama



Slika 4. Naizmenična komponenta u izlaznom naponu i izlaznoj struji

Dijagram na Sl. 4 je snimljen osciloskopom u toku kontrole ispravnosti ispravljača. Grafik označen brojem 1 predstavlja izlazni napon, a grafik označen brojem 2 naizmeničnu komponentu u izlaznoj struji. Osciloskop je podešen tako da je merenje napona 1 V / podeoku, a struja 5 A / podeoku. Sa grafika se može primetiti da je naizmenična komponenta napona vrednosti od približno 8 V od vrha do vrha, a naizmenična komponenta struje je oko 18 A mereno od maksimalne do minimalne tačke. Ispravljač je na svom izlazu generisao jednosmerni napon nominalne vrednosti 220 V.

Standardima je predviđeno da se naizmenična komponenta u izlaznom naponu meri bez povezanih baterija u ispravljačkom postrojenju. Pojava naizmenične komponente koja je daleko veća od dozvoljene standardima i to pri merenju sa povezanim baterijama je indikator ozbiljnih neispravnosti u ispravljačkom postrojenju. Sugerise na neispravan rad ispravljača pre svega izlaznog filtra, ali i povećanu otpornost u baterijskom sklopu. Neophodna je intervencija službi održavanja.

Ovakve podatke nije bilo moguće dobiti sa postojećim rešenjem DNU24, pa se pristupilo razvoju novog rešenja koje

će omogućiti praćenje naizmenične komponente u izlaznom naponu iz udaljenog centra za nadzor.

### III. NADGRADNJA DNU24

DNU24 odmerava i obrađuje signale na 1 sekundu. Za praćenje rada isključivo jednosmernih sistema u stacionarnom stanju to je dovoljno. Sa povećanjem frekvencije odmeravanja dobijaju se podaci u širem propusnom opsegu. Ti podaci sadrže značajne informacije o kvalitetu sistema.

U radu je opisana nadgradnja DNU24 dodavanjem jednog hardversko-softverskog modula koji bi imao funkciju udaljenog digitalnog osciloskopa. Modul bi omogućio vizualizaciju talasnih oblika električnih signala u realnom vremenu bez prekida rada sistema. Na osnovu merenja amplitude, faze i frekvencije signala mogu se izračunati dodatni parametri kao što su faktor snage, spektralna gustina snage i harmonijska izobličenja. Na taj način se mogu dobiti parametri koji kvalitativno bolje opisuju rad sistema. Praćenjem i ekspertskom analizom performansi sistema tokom perioda eksploatacije moguće je preventivno delovati i preduprediti otkaz sistema.

Modul DNU-Digitalni Osciloskop (DNU-DO) nema funkciju mrežnog ili udaljenog osciloskopa opšte namene kakvi se mogu naći na tržištu, već je prilagođen zahtevima snimanja signala na uređajima energetske elektronike koji rade na niskim frekvencijama. Tipična primena bi bila praćenje ulaznih i izlaznih napona i struja ispravljača. Parametre za digitalizaciju signala treba izabrati tako da se obezbedi kontinualni prenos podataka (*live streaming*) preko postojećeg sistema SDNU. Minimalistički zahtevi omogućuju da DNU-DO bude jednostavan i jeftin uređaj koji će uprkos tome imati potreban nivo kvaliteta za ovakvu primenu.

DNU-DO treba da ima dva galvanski izolovana kanala, jedan kanal za prikaz napona, a drugi za prikaz struje.

Signali koji će se snimati imaju osnovni harmonik 50 Hz ili 100 Hz. Ako se propusni opseg uređaja definiše tako da uključuje 11-ti harmonik, to će biti 1100 Hz. Ako se usvoji da je frekvencija odmeravanja 16 puta veća od širine propusnog opsega, to će biti 17.6 kHz. Izbor rezolucije A/D konvertora zavisi od željenog odnosa signal / šum kvantizacije (S / N).

$$S / N \text{ kvantizacije} = \text{Broj bita} * 6 \text{ dB}$$

$$\text{Greška po amplitudi} = 1 / (2 \exp(\text{Broj bita})).$$

DNU-DO treba da ima dva galvanski izolovana kanala, jedan kanal za prikaz napona, a drugi za prikaz struje.

U tabeli 1 prikazane su vrednosti signal/šum kvantizacije i amplitudske greške u odnosu na rezoluciju A/D konvertora.

TABELA 1. AMPLITUDSKA GREŠKA RAZLIČITIH REZOLUCIJA A/D KONVERTORA

Rezolucija A/D konvertora	S/N [dB]	Amplitudska greška [%]
8 bita	48	0.4
10 bita	60	0.1

Za primenu u elektroenergetskom okruženju, gde je visok nivo elektromagnetnih smetnji, dovoljna je rezolucija A/D konvertora od 8 bita.

Na osnovu ovoga sledi da za kontinualni prenos 2 kanala treba obezbediti brzinu prenosa 35.2 KByte/s. To se uklapa u brzinu prenosa koju DNU24 može da ostvari korišćenjem UDP/IP protokola.

Da bi talasni oblici signala mogli da se grafički prikažu u SDNU aplikaciji, potrebno je prilagoditi signale svakog od kanala. Konfiguracioni podaci se čuvaju u EEPROM.

- *Slabljenje sonde*

Za naponsku sondu može se birati slabljenje 1:1, 1:10 i 1:100.

Za strujnu sondu se definiše pojačanje izraženo u A/V. Sonda sa Hall-ovim senzorom koja se koristi na DNU24 je tipično opsega 0-100 A i daje napon 0-5 V.

- *AC / DC sprege*

Postoji mogućnost izbora da li je na ulazu kanalnog pojačavača uključen filter koji blokira jednosmernu komponentu signala.

- *vremenska baza (sekunda / podeok)*

Podešavanje vremenske baze: rezolucija 1,5 ms/div i 10 ms/div. Najveća dužina memorijskog bafera za smeštaj podataka je potrebna ako se izabere /div. To daje ukupno vreme akvizicije signala od 100 ms, odnosno potreban je bafer od 3.52 KByte.

- *Rezolucija po vertikalnoj osi (volt / podeok)*

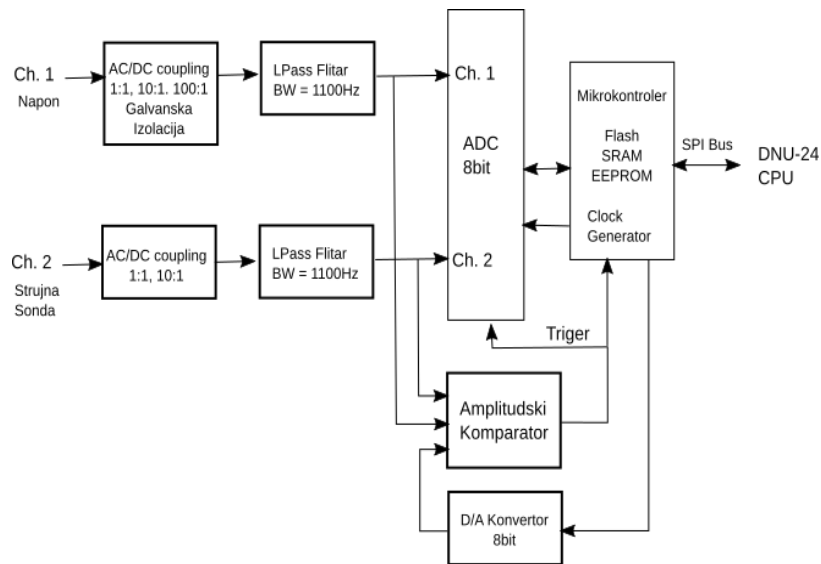
Podešavanje rezolucije duž vertikalne ose: 0,1 V/div i 0,5 V/div. Uz korišćenje odgovarajućih sonde moguće je komforno snimiti signale čije su amplitude od 1-500 V.

- *Triger*

Postoji mogućnost izbora kanala koji će se koristiti za trigerovanje sekvence koja se snima i relativni nivo signala u odnosu na napon pune skale.

Na slici 5 je prikazana uprošćena blok šema DNU-DO. Sonde za snimanje napona i struje su priključene na kanal 1 i kanal 2 respektivno. Ulazni sklop za prilagođenje impedanse ima i funkciju galvanske izolacije na kanalu 1. Na kanal 2 dolazi signal sa strujne sonde koji je već izolovan od mase uređaja koji se snima. Pojačanje jednosmerne vrednosti signala može se potisnuti izborom AC sprege koja uključuje filter propusnik visokih učestanosti sa graničnom frekvencijom reda 0.5 Hz. Ova mogućnost je važna kod snimanja naizmenične komponente signala superponiranog na visoki jednosmerni napon.

Sklop za generisanje trigera je naponski komparator čiji prag korisnik setuje preko mikrokontrolera i D/A konvertora. A/D konvertor simultano digitalizuje signale na oba kanala. Trenutak započinjanja konverzije i frekvenciju odmeravanja definiše mikrokontroler. Digitalizovane signale mikrokontroler preko SPI magistrale šalje centralnom procesoru koji ih prosleđuje do udaljenog centra za nadzor.



Slika 5. Sklop Blok šema DNU –DO

#### IV. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan postupak nadgradnje sistema za nadzor i upravljanje SDNU. SDNU je već opšte prihvaćen, ali se na terenu pojavila potreba da se u realnom vremenu prate oblici izlaznog signala. Oblik izlaznog signala potrebno je pratiti kod sistema energetske elektronike kod kojih je akumulatorska baterija paralelno vezana sa potrošačima. Takva konfiguracija može izazvati katastrofalne havarije ukoliko se prekine veza sa baterijama. Da bi se sprečila neregularnost u radu, neophodno je pratiti oblik izlaznog napona ispravljačkog postrojenja.

Dodatkom Modula DNU-Digitalni Osciloskop, mogu se pratiti oblici signala na ulazu i izlazu ispravljača i preventivnom intervencijom sprečiti potencijalne havarije. Parametre za digitalizaciju signala treba izabrati tako da se obezbedi kontinualni prenos podataka preko postojećeg sistema SDNU. Minimalistički zahtevi omogućuju da DNU-DO bude jednostavan i jeftin uređaj koji će imati potreban nivo kvaliteta za ovakvu primenu.

#### LITERATURA

- [1] D. Petrović, B. Jovanović, M. Lazić, Organization of remote monitoring and control, Proceedings of 5rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2018, Palić, Serbia, June 11 – 14, 2018, ISBN 978-86-7466-752-1 pp. 833-836.
- [2] D. Petrović, M. Lazić, Z. Cvejić, B. Jovanović, D. Jekić, Organizacija neprekidnog napajanja mobilnih telekomunikacionih objekata, ISBN

978-99938-624-2-8, ENS 1-12, Vol. 13, p. 118-121 Infoteh Jahorina 19. mart - 21. mart 2014.

- [3] M. Lazić, D. Petrović, B. Jovanović, Ž. Kovačević, B. Spremo, Centralizacija sistema za daljinski nadzor i upravljanje SDNU, ISBN 978-99938-624-2-8, KST 2-4, Vol. 11, p. 286-290 Infoteh Jahorina 21-23.03.2012.

#### ABSTRACT

The remote monitoring and control system (SDNU) has been installed by various users for more than 15 years. In those fifteen years, it was primarily upgraded in order to satisfy new customer requirements. Development of new components enabled faster data processing that opened possibilities of the installation of new features into the SDNU. The module presented in this paper realizes the function of the simple digital oscilloscope. This device supports two probes with live data streaming over SDNU communication services. Sampling rate of 17.6KSamples/s is sufficient for good enough graphical presentation of voltages and currents found at the low frequency rectifiers. Expert analysis of these waveforms can provide significant conclusions about the performance of the system and prevent its failure.

#### **SDNU UPGRADE WITH OSCILLOSCOPE FEATURE**

Miroslav Lazić, Miodrag Skender, Dragana Petrović, Ivan Lazić