

SISTEM DALJINSKOG UPRAVLJANJA U ED ELEKTROŠUMADIJA KRAGUJEVAC

S.Biočanin, ED Centar doo Kragujevac ED Elektrošumadija Kragujevac, Srbija¹
M.Stevanović, ED Centar doo Kragujevac ED Elektrošumadija Kragujevac, Srbija
B.Vitas, DV Engineering, Srbija

UVOD

Na području ogranka ED Centar doo ED Elektrošumadija Kragujevac na teritoriji opština Kragujevac, Batočina, Rača, Lapovo i Knić upravlja se elektroenergetskim sistemom iz dispečerskog centra u Kragujevcu. Za upravljanje i nadzor visokonaponskih objekata 110 kV i 35 kV koristi se SCADA sistem opisan u ovom radu.

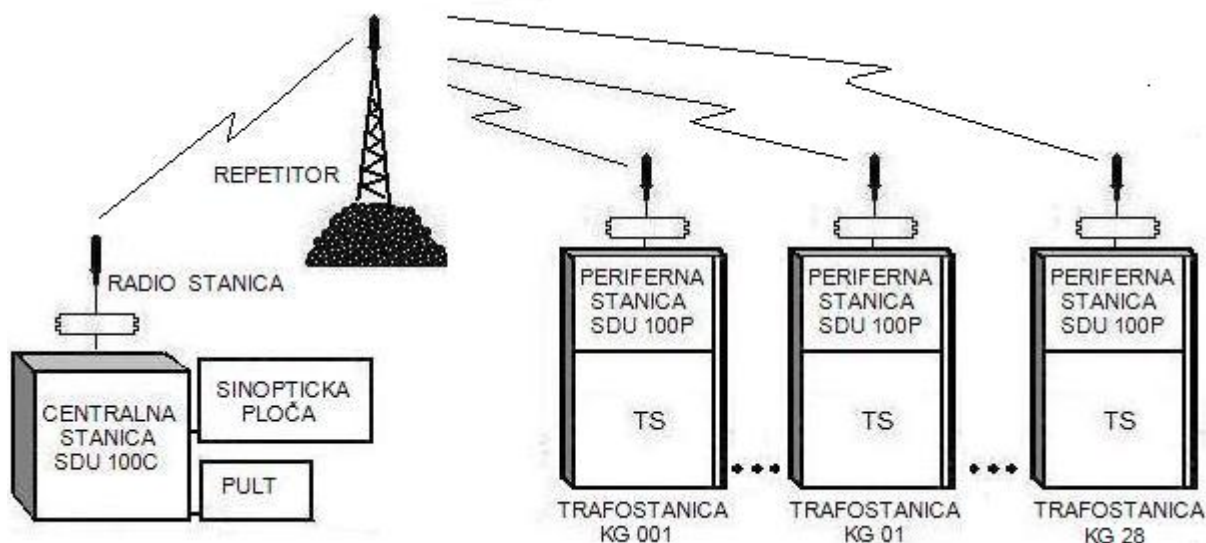
Za nadzor i upravljanje 10 kV mrežom koriste se dva sistema: SCADA sistem za prikupljanje podataka i upravljanje stubnim prekidačima i rastavljačima sa prenosnim putem preko radio mreže i miniskada za stubne javljače signalizacije i riklozere sa prenosnim putem preko GSM mreže. Za upravljanje tarifom i javnim osvetljenjem grada Kragujevca koristi se radio telekomandni sistem sa dva emisiona mesta.

OPIS SISTEMA DALJINSKOG UPRAVLJANJA SDU-100 ELEKTROŠUMADIJA KRAGUJEVAC

Sa izgradnjom sistema daljinskog upravljanja započelo se krajem sedamdesetih godina. Osnovano je odeljenje za sistem daljinskog upravljanja i više timova radilo je na prilagođavanju objekata. Elektrošumadija se odlučila za sistem daljinskog upravljanja SDU-100 imajući u vidu protivrečne zahteve kao što su cena, ekonomičnost održavanja, jednostavnost, pouzdanost, široko temperaturno područje rada, modularnost i fleksibilnost u proširivanju do maksimalnog kapaciteta.

U sistem je uključeno devetnaest transformatorskih stanica i to šest 110/35 kV, dvanaest 35/10 kV i jedna 10/0.4 kV. Ukupan broj signalizacija u sistemu je oko 1800, komandi oko 600, a merenjima se prenose struje transformatora. U centru upravljanja postavljen je uređaj SDU-100/C preko koga se upravlja radom sistema. Uređaj je povezan sa komandnim pultom i sinoptičkom pločom dužine oko 10m, na kojoj je predstavljena jednopolna šema mreže sa svim potrebnim podacima i sa koje se može upravljati čitavim sistemom. Prenos podataka se ostvaruje na jednom semiduplexnom radiokanalnu sa zvezdastom konfiguracijom.

¹ Slađana Biočanin, ED Centar doo Kragujevac ED Elektrošumadija Kragujevac, Slobode 7, tel.034/307329



Slika1. Blok šema SDU

Rad sistema

Upravljanje sistemom SDU-100 vrši se iz centra slanjem odgovarajućih poruka u digitalnom obliku u periferne stanice. Koristi se asinhroni način prenosa, a svaka poruka sastoji se od niza FSK impulsa. Dužina pojedinih poruka nije fiksna nego zavisi od smjera i vrste poruke kao i od broja signalizacija odnosno daljinskih merenja koja se prenose.

Svaka poruka započinje kodnom kombinacijom koja označava početak poruke, slede adresa periferne stanice, organizaciona reč koja definiše da li se šalje komanda, signalizacija ili merenje, sadržaj poruke i završava se kodnom kombinacijom koja označava kraj poruke.

Efektivno trajanje komandne poruke iznosi 440ms. Maksimalno efektivno vreme trajanja signalizacije poruke (svih 100 signalizacija) iznosi 2sec, a svih 10 merenja iznosi 3 sek.

U celom sistemu u datom trenutku može biti aktiviran samo jedan predajnik, što znači da nije moguće prekinuti poruku koja se upravo prenosi. Za vreme slanja poruke iz centra ili iz periferne stanice ne može započeti predaja ili slanje poruke iz neke druge periferne stanice.

Prenos signalizacija i daljinskih merenja je cikličan. Uređaj SDU100/C u centru šalje po zadatom redosledu poruke kojima zahteva od pojedinih perifernih stanica slanje signalizacija, odnosno daljinskih merenja. Kada periferna stanica primi pripadajuću adresu, inicira se njen odgovor.

Pojedinim signalizacijama, za koje je vreme prenosa u cikličnom načinu rada predugačko, dodeljuje se status hitne signalizacije. Vreme od pojave hitne signalizacije u perifernoj stanici do njenog prijema u centru iznosi najviše 6 sek. Unutar ciklusa predviđeni su pojedini vremenski intervali u kojima se može spontano javiti periferna stanica u kojoj se pojavila hitna signalizacija. Pojava hitne signalizacije u centru izaziva akustički i optički alarm. Operater u centru mora kvitirati tu signalizaciju, a centralna stanica automatski šalje potvrdu prijema hitne signalizacije u periferiju.

Telekomande se šalju komandnim tasterima na sinoptičkoj ploči i to jednim za uključenje, a jednim za isključenje energetskih prekidača (čija kombinacija zamenjuje komandno-potvrđni prekidač). Istovremeno može se slati samo jedna telekomanda. Radi osiguranja prenosa i izvršenja komanda se šalje u dva koraka, kao pripremna i kao izvršna. U oba koraka vrši se komparacija komande u perifernoj stanici i u centralnoj stanici kao validacija pre izvršenja. Za vreme slanja komande prekida se ciklus prozivanja. Posle izvršenja komande, periferna stanica šalje u centar sva signalizaciona stanja iz postrojenja.

Pouzdanost sistema

Kod koncipiranja sistema SDU-100 pošlo se od pretpostavke da će sistem raditi u otežanim uslovima eksploatacije, odnosno komunikacioni putevi na nekim lokacijama biće izloženi smetnjama s obzirom

da sistem pokriva relativno široko geografsko područje, a istovremeno treba da zadovolji visoke zahteve u pogledu pouzdanosti rada.

U postupku prenosa između periferne stanice i centra upravljanja podaci su zaštićeni od uticaja smetnji na nekoliko načina. Osnovna zaštita podataka postignuta je upotrebom zaštitnog koda sa Hemingovom distancom $d=4$, koji omogućava korigovanje jedne greške i detekciju dve greške u svakom prenesenom znaku. U slučaju detekcije greške koja ne može biti korigovana, primljena poruka se poništava i prenos se ponavlja.

Prilikom konstrukcije uređaja vodilo se računa o primeni kvalitetnih komponenti. Uređaji su rađeni u tehnologiji CMOS integrisanih kola, uz minimalno korišćenje LSI komponenti. Periferne stanice rade u temperaturnom opsegu od od -20°C do $+70^{\circ}\text{C}$ i ne zahtevaju nikakvo dodatno grejanje, dok su uređaji u centru predviđeni za rad na sobnoj temperaturi.

Informacije koje se prenose sistemom daljinskog upravljanja

Signalizacije

Prenose se položajne signalizacije sabirničkih rastavljača prvog i drugog sistema sabirnica, izlaznih rastavljača i noževa za uzemljenje, signali uključenog i isključenog prekidača. Signalizacije zaštita po naponskim nivoima: zemljospojna, prekostrujna i kratkospojna, diferencijalna, buholc, preopterećenje izvodnih ćelija i druge signalizacije zaštita. Signalizacije obaveštenja: nestanak napona za signalizaciju, zaštitu i napon za navijanje prekidača, minimalni napon 110 V, nestanak napona 220 V, otvorena vrata trafostanice, otvorena vrata ćelije, isključena daljinska komanda, pojava zemljospoja, itd.

Signalizacije iz perifernih stanica šalju se u centar u toku cikličnog prozivanja. Periferna stanica u kojoj je nastala hitna signalizacija prekida ciklus prozivanja i spontano se javlja, šaljući u centar sva signalizaciona stanja. Ukoliko periferna stanica nije od centra dobila potvrdu da je primljena hitna signalizacija, slanje se ponavlja određeni broj puta u određenom vremenskom periodu. Ispad prekidača na bilo kom polju smatra se bitnom informacijom u pogledu prekida pri snabdevanju potrošača i njemu je dodeljen status hitne signalizacije. Signalizacije se prenose u centar i svaki put kada se u periferiji primi i izvrši izvršna komanda.

Komande

Predviđena su tri načina komandovanja energetskim prekidačima: mehanički, lokalno (sa ormana u polju ili sa komandnosignalizacione ploče u jednoj od prostorija objekta) i daljinski. Daljinski se šalju komande uključenja i isključenja energetskog prekidača i komanda poništavanja memorijskih signalizacija na objektu. Rastavljačima se ne komanduje, jer ne poseduju elektromotorne pogone.

Lokalno i daljinsko upravljanje prekidačima međusobno se isključuje. U svakom objektu postavljen je prekidač IDK (isključenje daljinske komande) kojim se uključuje ili isključuje daljinska komanda. Za to vreme sistem daljinskog upravljanja šalje signalizacije i merenja po ustaljenoj radnoj proceduri.

Kod prenosa komandi razlikujemo tri vrste zaštite: prenesenih informacija, energetskog sistema i čoveka. Zaštita informacije vezana je za način rada informacionog sistema SDU100. Druga vrsta zaštite ima za svrhu da zaštiti sam energetski objekat od oštećenja. Koristeći blokadu uključenja prekidača preko kontakata rastavljača i noževa za uzemljenje nije moguće izvršenje komande ako nisu ispunjena signalizaciona stanja rastavljača i noža za uzemljenje tog polja. Treća vrsta zaštite odnosi se na zaštitu osoblja koje interveniše u TS. Ni u kom slučaju se daljinska komanda ne sme izvršiti ako je bilo koje polje otvoreno, bez obzira da li je prekidač IDK isključen ili ne. Otvaranjem vrata ćelije (polja) automatski se isključuje mogućnost izvršenja daljinske komande.

Merenja

U sistemu se prenose merenja struja transformatorskih izvoda na nižoj naponskoj strani.

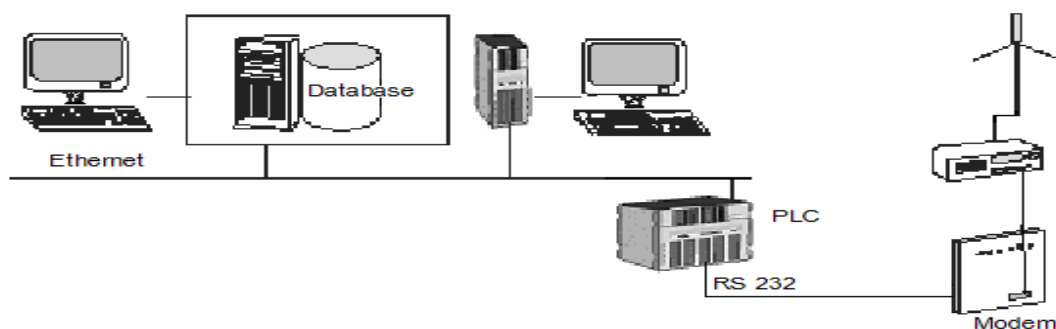
SCADA SISTEM

Prvi korak u rekonstrukciji sistema daljinskog upravljanja bio je zamena centralne stanice. Vodilo se računa da postojeća oprema u trafostanicama kao i prenosni put mogu da se iskoriste i kasnije postupno zamene. Periferne stanice u objektima su zadržane, kao i način funkcionisanja sistema i

prethodno opisani principi prenosa i formati poruka, tako da nije bilo potrebno prilagođenje na objektima.

U dispečerskom centru ugrađena je SCADA koja je zadovoljila tražene zahteve kao što su otvorenost za nadogradnju i mogućnost kreiranja vlastitih programskih modula, modularna izgradnja i povezanost, upotreba standardnih u svetu priznatih rešenja, dobra podrška sistemu, jak program za statističke proračune i dijagrame i kompatibilnost sa velikim brojem renomiranih svetskih proizvođača PLC-ova. Sinoptička ploča i centralna stanica zamenjene su novim sistemom upravljanja koji obuhvata:

1. PC računar sa SCADA programom
2. Programabilni Logički Kontroler
3. Modem
4. Rezervno napajanje



Slika 2. Blok šema novog sistema upravljanja

Dva PC računara su preko Ethernet-a međusobno povezana tako da formiraju dva radna mesta. Na istu mrežu vezan je sa svojom IP adresom PLC. On je preko RS 232 interfejsa povezan na modem koji podržava postojeći protokol SDU-100. Modem se direktno veže na radio-stanicu SDU.

PLC se sastoji od napajačkog modula, modula centralnog procesora i modula serijskog interfejsa. Vršiti redovno pozivanje perifernih stanica u određenim ciklusima. Preko Ethernet modula dobija podatke od SCADA-e, zahtev za komandovanje prekidačima ili zahtev za prekoredni upit i prosleđuje ih modemu. Primljene podatke iz perifernih stanica analizira i prosleđuje računaru.

Modem podatke preuzete od PLC-a analizira i pretvara u oblik prikladan za prenos preko radio-stanice. On ujedno upravlja prijemom i predajom radio-stanice za vreme prenosa. U procesu prijema analizira ispravnost podataka i prosleđuje ih preko RS 232 interfejsa u PLC.

Arhitektura sistema

SCADA postavljena u dispečerskom centru je klient/server sistem sa tro nivovskom strukturom:

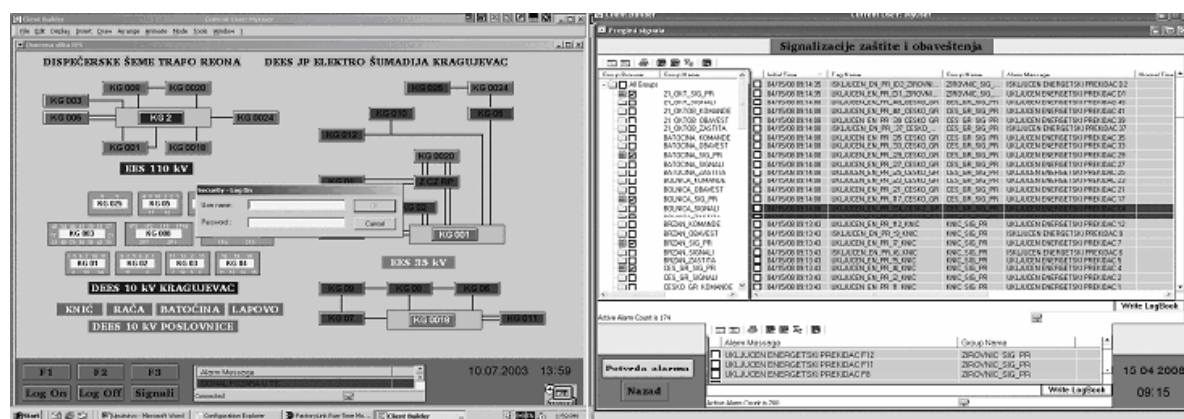
1. Nivo korisnika
2. Obrada podataka
3. Skladištenje podataka

Prvi nivo je okrenut prema korisniku sistema. U klient/server strukturi on predstavlja klienta i ima nekoliko funkcija. Sadrži grafički korisnički interfejs preko koga operater komunicira sa sistemom. Omogućava konekciju na server radi izrade aplikacija. Održavanje i razvoj sistema vrše se pomoću dva razvojna alata koji se nalaze na klient računaru, Client Builder-a za klient aplikacije i Configuration Explorer-a za server aplikacije. Client Builder je alat za pravljenje korisničkog interfejsa. Omogućava grafički prikaz svih elemenata sistema kojim se upravlja. Jednom kreirani elementi se čuvaju u biblioteci i mogu se ponovo koristiti, a sadrži i biblioteku standardnih elemenata. Podržava integrisani dizajn mod i mod rada aplikacije što minimizira ciklus razvoja aplikacije i omogućava korisničkom interfejsu da bude brz i konstruktivan. Configuration Explorer daje prikaz u obliku stabla slično kao Windows Explorer. To omogućava hijerarhijski prilaz servera sistema, OPC servera, aplikacija i taskova. Pomoću Configuration Explorer-a kreiraju se taskovi koji obavljaju određene poslove kao što su čitanje i pisanje podataka prema eksternim uređajima, čuvanje podataka,

alarmiranje, generisanje izveštaja u okviru aplikacije. Održavanje i razvoj aplikacija na serveru, preko ovog alata, vrši se sa svakog klient računara koji ima ovlašćenje za to. Drugi nivo je server sistema. Na njemu se nalaze server aplikacije, on obrađuje podatke i obezbeđuje informacije za nivo klienta. Na ovom nivou nalazi se i baza podataka realnog vremena. Ona skladišti podatke unete sa tastature, dobijene obradom ili iz eksternih uređaja. Ovako unetim podacima pristupaju taskovi, koji međusobno komuniciraju čitajući i upisujući podatke u bazu, a ne direktno, što omogućava komunikaciju sa drugim aplikacijama i razvoj sopstvenih taskova. Treći nivo služi za skladištenje podataka. U sistem je uključena relaciona baza podataka.

Korisnički intrefejs

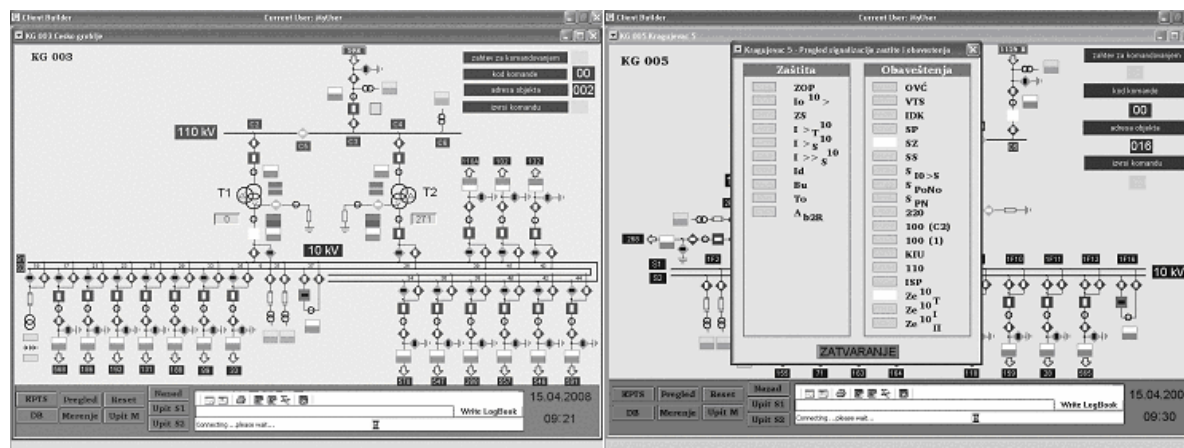
Posle startovanja SCADA programa pojavljuje se osnovni panel sa slike 3 levo. Dispečer popunjava polja za korisničko ime, šifru i prijavljuje se na sistem pod svojim imenom što mu omogućava obavljanje operacija za koje ima ovlašćenje. Alarmna linija daje prikaz poslednjeg alarma, opomene ili poruke. Tasterom **Signali** poziva se panel sa slike 3 desno koji daje prikaz alarmnih linija.



Slika 3. Korisnički interfejs-osnovni panel i prikaz alarmnih linija

Alarmi su razdvojeni po grupama. Postoje grupe signali prekidača, signali rastavljača i noževa za uzemljenje, signali zaštite, signali obaveštenja i komande. Svaki od objekata ima ove grupe signala. Prikaz može biti za sve objekte ili samo za pojedine, određene grupe signala, što se bira označavanjem kućice ispred tražene grupe signala u levom delu ekrana. U desnom delu ekrana ispisuju se signali koji stižu sa objekata, opomene i poruke, vreme njihovog nastanka, potvrde i nestanka kao i ime trenutno prijavljenog operatera.

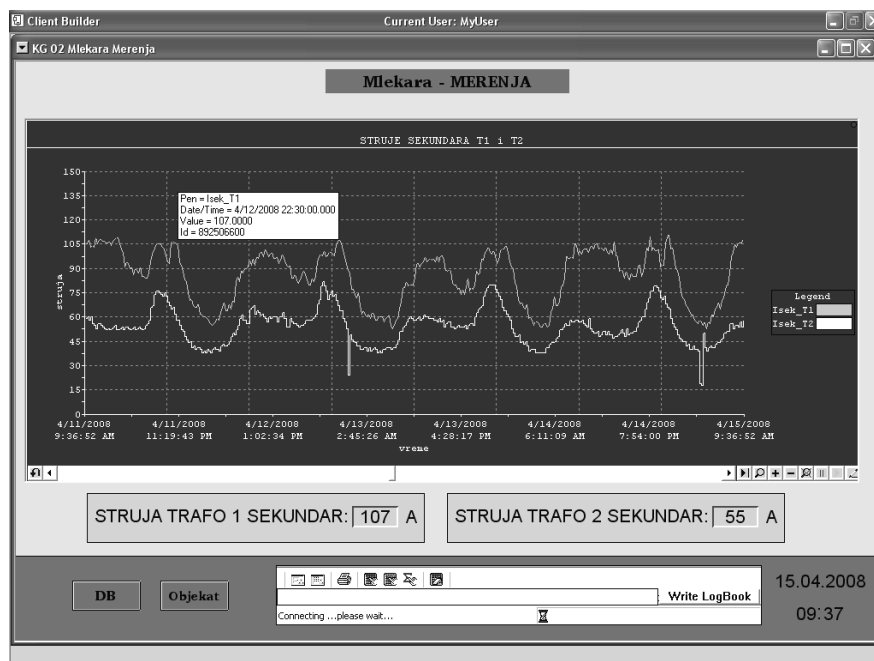
Iz osnovnog panela tj. blok šeme EES, pritiskom na određeni taster, dobija se grafički prikaz objekata uključenih u sistem, kao na slici 4 levo. On pruža uvid u signalizaciju položaja energetskih prekidača, sabirničkih i izlaznih rastavljača i noževa za uzemljenje. Svaka promena na objektu izaziva promenu simbola na šemi. Hitne signalizacije stižu nezavisno od ciklusa prozivanja, praćene su zvučnim signalom i pojavom crvenog kruga na osnovnom panelu pored oznake objekta sa koga signal dolazi. Resetovanje zvučnog signala vrši se klikom na crveni krug.



Slika 4. Grafički prikaz objekta i signalizacija zaštite i obaveštenja

Ostale signalizacije stižu sa ciklusom prozivanja ili prekorednim upitom pomoću tastera **Upit S**. Signalizacije zaštite i obaveštenja za određeni objekat dobijaju se klikom na taster **Pregled** otvaranjem panela kao na slici 4 desno. Kvitiranje memorisanih signalizacija na objektu vrši se tasterom **KPTS**.

Pored grafičkog prikaza svake ćelije nalazi se prozor za ispis merenja. Trenutno mere se struje jedne faze za svaki trafo na objektu i te vrednosti prikazuju se u prozorima pored trafo ćelija. Prozivanje merenja vrši se sa ciklusom, a prekoredni upit tasterom **Upit M**. Tasterom **Mernja** dobija se panel kao na slici 5. On daje grafički prikaz promene merene veličine u vremenu. Koordinate na prikazu su lako promenljive po obe ose a klikom na tačku dijagrama dobijaju se vrednosti merene veličine i vremena. Tabelarni prikaz dobija se klikom na taster **DB**.



Slika 5. Grafički prikaz merenja

Komandovanje energetskim prekidačima vrši se iz panela objekta. Klikom na simbol prekidača kojim se želi komandovati pojavljuje se prozor za dijalog. Posle biranja željene operacije i potvrde operatera šalje se pripremna komanda. Periferija šalje potvrdu i tek tada se potvrdom operatera šalje izvršna komanda. Ukoliko je vreme za potvrdu isteklo ili se javila greška u prenosu dobija se poruka da komanda nije izvršena. Posle uspešno izvršene komande javlja se alarm i simbol prekidača se menja shodno izvršenoj operaciji.

Svi događaji koji se dese u sistemu beleže se u bazi podataka realnog vremena. Pregled baze se dobija tasterom **DB**.

Izveštaji

SCADA, na osnovu baze podataka realnog vremena, kreira izveštaje koji se čuvaju na disku, štampaju, obrađuju u drugim aplikacijama ili u XML formatu koriste preko Interneta.

Takođe je moguće koristiti Microsoft Access ili Excel za kreiranje izveštaja ili izvoziti podatke u neku bazu.

U dispečerskom centru ED Elektrošumadije se svakog dana u 6.00h formira izveštaj o događajima za prethodnih 24 sata. U Excel tabeli nalaze se podaci o vremenu uključenja i isključenja ćelija, vremenu ispada ćelija, zaštitama koje su pri tome delovale, drugim manipulacijama na objektima kao i eventualnim problemima u sistemu. Potrebni podaci o događajima na pojedinim objektima filtriranjem izdvajaju se iz ove table.

Podaci se takođe eksportuju u relacionu bazu. Dnevni izveštaji čuvaju se u bazi i po potrebi rekonstruišu.

Povezivanje sa perifernim uređajima i drugim aplikacijama

Preko programskog modula EDI (External Device Interface) povezuju se periferni uređaji, RTU uređaji preko odgovarajućeg protokola na bazu podataka realnog vremena. Pojedini periferni uređaji mogu imati različite protokole komunikacije. Povezivanje na druge SCADA sisteme ili na druge poslovne aplikacije ostvaruje se preko OPC Servera (OLE for Process Control). SCADA program može da funkcioniše kao OPC Server ili kao OPC Client ili kao oba. To omogućava povezivanje na druge Windows aplikacije koje podržavaju OPC komunikaciju, kao npr. DSP ili slični programski paketi koji su nadogradnja na akvizicione programe. U takvoj vezi SCADA-DSP svi podaci koji se dobijaju u SCADA-i su transparentni i prenose se u DSP automatski gde se ažuriraju i obrađuju.

DALJI RAZVOJ SISTEMA

Radi održavanja i povećanja funkcionalnosti SDU pored redovnog održavanja potrebna je i stalna dogradnja i modernizacija sistema. U narednom periodu planirano je uključivanje u sistem renovirane trafostanice KG 01 Stanovljansko polje. Pri rekonstrukciji trafostanice ugrađena je i nova mikroprocesorska oprema za zaštitu i upravljanje. Stanični računar u objektu potrebno je povezati sa SCADA sistemom u Dispečerskom centru.

Trafostanice koje se nalaze na teritorijama poslovnica takođe su uključene u sistem. Daljinsko komandovanje vrši se iz DC-a u Kragujevcu. Osoblje u poslovnici nema bez direktnog ulaska u objekat mogućnost upravljanja kao ni informacije o stanju sistema. Planira se postavljanje SCADA sistema u svakoj od četiri poslovnice. One bi bile identične kao u DC, ali bi pokrivale objekte na svojoj teritoriji.

Zamena opreme u perifernim stanicama planira se u sklopu renoviranja pojedinih objekata. Kao prenosni put i dalje će biti zadržana radio-mreža, ali će talasni opseg od 2m biti zamenjen sa 0.7m zbog poboljšanja funkcionalnosti i usklađivanja sa zakonskim odredbama. Sistem omogućava prilagođenje na druge prenosne puteve kada se steknu tehnički uslovi, pa se razmatra i postepen prelazak na optički prenosni put.

U toku je povezivanje SCADA sistema sa DMS-om, a trebalo bi izvršiti integraciju svih sistema koji se bave upravljanjem i praćenjem pojedinih delova EES na konzumnom području.

ZAKLJUČAK

Višegodišnje iskustvo u eksploataciji SDU na području ED Elektrošumadije Kragujevac pokazuje da je uvođenje tog sistema ispunilo postavljene ciljeve, omogućavajući tokom niza godina efikasan daljinski nadzor i upravljanje objektima elektroenergetskog sistema, optimizaciju rada i racionalnije korišćenje sredstava.

U vreme brzog tehnološkog razvoja potrebna je stalna modernizacija sistema, planski razvoj, uvođenje sistema koji mogu da se integrišu kao i ulaganje u obuku kadrova.

Postojeća SCADA sa integrisanom relacionom bazom podataka, OPC podrškom i klient/server arhitekturom predstavlja dobru nadogradnju sistema. Povezivanjem sa drugim aplikacijama i sistemima upravljanja srednje naponskom mrežom dobio bi se celovit i efikasan sistem upravljanja.

LITERATURA

1. RIZ-IETA,1987,Tehnička dokumentacija izvedenog stanja Sistema daljinskog upravljanja Elektrošumadije Kragujevac
2. United States Data Corporation, 2002, FactoryLink Documentation Set
3. Vitas B, 2004, Korisničko uputstvo za rukovanje sistemom daljinskog upravljanja Elektrošumadije Kragujevac