

Milan Milunović, dipl. ing.
HEP ODS d.o.o., Elektra Zagreb
milan.milunovic@hep.hr

Branimir Gabrić, dipl. ing.
HEP ODS d.o.o., Elektra Zagreb
branimir.gabric@hep.hr

PRIJENOS MJERNIH I TOPOLOŠKIH PODATAKA IZ SCADA SUSTAVA U GIS SUSTAV „ELEKTRA“ ZAGREB

SAŽETAK

Zbog same svoje prirode, dispečerski centar zahtijeva najsvježije i najtočnije informacije o SN i VN mreži. Odnedavna je sustav daljinskoga upravljanja i nadgledanja tehnički i informatički bitno unaprijeđen. Time se otvaraju mogućnosti povezivanja spomenutoga SCADA sustava sa sustavima kojima je potrebna informacija o trenutnome stanju mreže. Jedan od takvih sustava je i GIS sustav.

Ideja je da korisnik GIS sustava može dohvatiti najsvježiju shemu trafostanice te biti informiran o najnovijim mjernim vrijednostima koje SCADA sustav dohvaća. Također, korisnik GIS sustava mora imati uvid u uklopna stanja mreže te trenutnu opterećenost transformatora, linija i sabirnica.

U našem radu će se opisati postupak povezivanja SCADA i GIS sustava, načini dohvata shema, mjerenih vrijednosti i uklopnih stanja iz SCADA sustava, njihova prilagodba i prikaz u GIS sustavu. Također će se opisati problemi s kojima smo se susreli kada smo softversku izvedbu poveznice dvaju sustava smjestili u sferu poslovne računarske mreže. Opisat ćemo način kako smo pokušali zaobići spomenute probleme da bi GIS korisnik što manje čekao zahtijevane podatke, a i da SCADA sustav bude što manje opterećen.

Ključne riječi: SCADA, GIS, mjerne vrijednosti

TRANSFERRING MEASUREMENT VALUES AND TOPOLOGY DATA FROM SCADA SYSTEM INTO GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM OF „ELEKTRA ZAGREB“

SUMMARY

It is in the very nature of dispatch operation centre to have the most actual and accurate information about MV and HV networks. Since not long ago the system of watching and remote controlling has been improved and upgraded in both hardware and software. Hereby, there are many opportunities of connecting SCADA system with the systems that are demanding actual information about network topology and network measurements. One of these systems is Geographical Information System.

In this article it will be described methodology of binding SCADA and GIS system. It will be referred how circuit topology data, measurements, feeder switches state, status of electrically connected circuit segments (energized or deenergized) are fetched from SCADA system and then converted and represented again in GIS system. Furthermore, it will be mentioned the problems that we encountered when the software realisation of binding was put in the surroundings of real business network. Finally, it will be described how were above mentioned problems bypassed so that the GIS client's waiting time is optimally reduced together with the minimal load of SCADA system.

Key words: SCADA, GIS, measurement values

1. UVOD

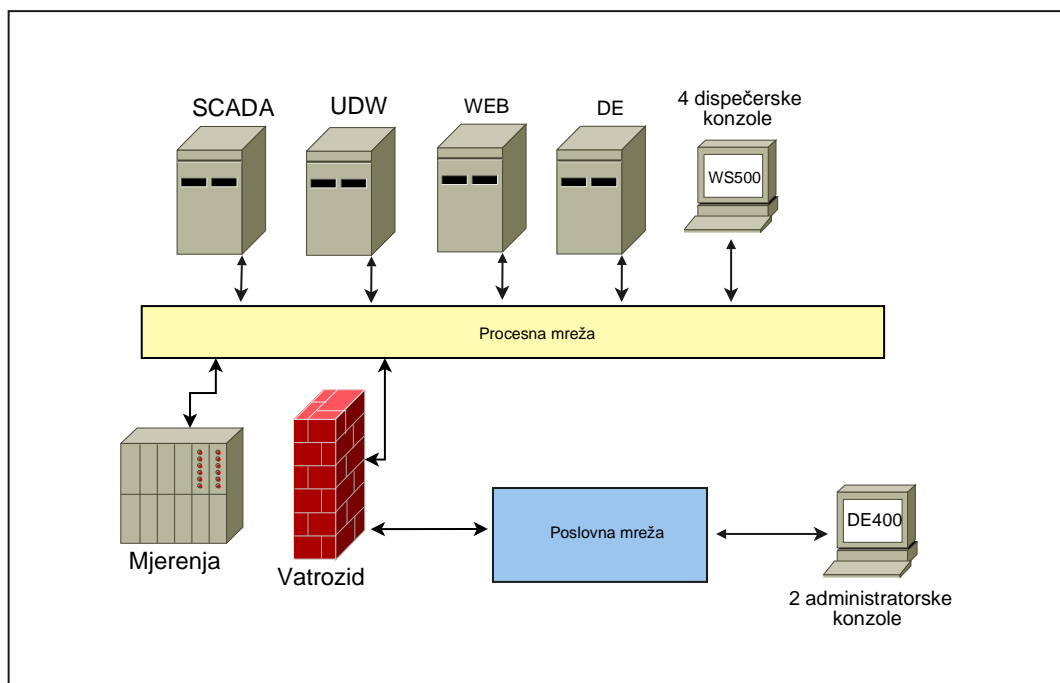
U ovom uratku će se ukratko opisati naš pokušaj povezivanja dvaju tehničkih sustava. Riječ je o vrlo ažurnom, ali i zatvorenom SCADA sustavu te o Geografskom informacijskom sustavu, sustavu kojemu može pristupiti široki krug korisnika. Najprije će se dva sustava zasebno opisati, a potom će se u osnovnim crtama objasniti dosad razvijena i ujedno trenutna tehnička izvedba poveznice dvaju sustava. Nadalje, u zasebnoj poglavlju će se iznijeti dosadašnji rezultati rada te će se predložiti buduća vizija poveznice SCADA-GIS.

2. SCADA SUSTAV

2.1. Osnovno o SCADA sustavu

Prije dvije godine u našem distribucijskom centru obnovljen je sustav za daljinsko praćenje i upravljanje. Sustav je informatički i računarno moderniziran. Riječ je o SCADA/DMS (engl. *Supervisory Control and Data Acquisition/Distribution Management System*) sustavu švedske firme **ABB**. Svoj rad sustav zasniva na nekoliko brzih *Alpha* poslužitelja baziranih na *Tru64 Unix* operacijskom sustavu. Pouzdanost rada se temelji na pratećim poslužiteljima koji u slučaju kvara vodećih poslužitelja uskaču i mijenjaju njihovu ulogu. Procesni sustav je zaseban sustav i iz sigurnosnih razloga odvojen je od poslovne mreže.

2.2. Ustrojstvo procesne SCADA mreže u DP Elektra Zagreb.



Slika 1. Shematski prikaz procesne mreže

Dakle, redom kako je prikazano Slikom 1.: riječ je o SCADA (*Alpha*) poslužitelju koji dohvaća mjerne vrijednosti iz procesa. To brzo računalo dohvaća preko 13.000 mjernih vrijednosti i indikacija, sprema ih u posebnu bazu podataka koja radi u stvarnom vremenu (*Avanti real-time database*), vrši proračune procesnih vrijednosti (vrijednosti koje se proračunavaju iz mjerenih, a ovise o topologiji mreže), vodi brigu o stanju indikacija, obavlja dinamičko bojanje mreže te sve ostale napredne proračune potrebne za različite analize (npr. proračun kratkoga spoja, proračuni tokova snaga itd.) Podaci se iz *Avanti* baze prikazuju na 4 glavne dispečerske konzole te na dvije administratorske konzole. Kako bi dispečer na svojoj upravljačkoj konzoli dobio grafički prikaz VN ili SN mreže, sa svim mjerenim podacima

te da bi njome mogao daljinski upravljati, brine se Windows aplikacija *WS500* (v. Sliku 2.) Spomenuti se program nalazi instaliran na svim konzolnim računalima i dohvaća podatke iz *Avanti* baze sa SCADA poslužitelja.

Podaci iz *Avanti* baze ne ostaju dugo pohranjeni već se o pohrani mjerenih podataka brine poslužitelj-skladišnik (*UDW – Utility Data Warehouse*) također baziran na *Tru64 Unix* operacijskom sustavu. Ogromna količina podataka (mjerene vrijednosti, KRD liste, liste alarma, stanja indikacija) se svakih 10 sekundi pohranjuju u povijesnu bazu podataka (*Oracle*).

Konačno, važno je spomenuti još dva poslužitelja koja su pak bazirana na *Windows Server 2003* operacijskom sustavu. Jedan poslužitelj (*Data Engineering* poslužitelj tj. administratorski poslužitelj) služi za pohranu informacija o topologiji mreže (*Oracle*), a drugi server je *WEB* poslužitelj koji omogućuje krajnjem korisniku pristup informacijama o mreži i mjerenim vrijednostima preko *IS500 web* sučelja (surogat *WS500* u *Java* izvedbi). O sigurnosti se brine hardverski vatrozid (*Firewall*) [1].

3. GIS

Sustav je temeljen na *GE Smallworld 4.1* platformi tvrtke *General Electric*. Njime su obuhvaćeni svi dijelovi elektroenergetske mreže i katastarskih podataka. Pri tome postoji podjela na elemente eksternog GIS-a (nadzemni vodovi, kabeli, trafostanice, ormarići...), te elemente internog GIS-a (interni svijet) odnosno elemente jednopolnih shema postrojenja (trafostanica, rasklopišta, nadzemnih ormarića...)

Zahvaljujući svojim potencijalima i dostatnom stupnju otvorenosti, moguće je ostvariti komunikaciju i (ili) prijenos potrebnih podataka iz svih dijelova ostalih informatičkih cjelina, bilo poslovnih ili tehničkih. Pri tome je neophodno voditi računa o hijerarhiji sustava, dakle prijenosu podataka iz drugih cjelina gdje se ti podaci nose i održavaju na **nivou neupitne točnosti**. U slučaju blok sheme SN mreže, jednopolnih shema postrojenja **do nivoa sabirnica 0,4kV** te mjerenja svih relevantnih električkih parametara mreže unutar postrojenja, SCADA sustav nadređen je svim ostalim tehničkim sustavima.

Drugim riječima, ovaj fond podataka potrebno je samo vizualizirati u GIS sustavu, a svaka promjena je pod strogom ingerencijom SCADA sustava. **Od sabirnica 0,4 kV** na niže shematika s pripadajućim atributima u području je nadležnosti GIS-a.

U sljedećem poglavlju će se opisati postupak povezivanja dvaju sustava.

4. POVEZNICA IZMEĐU SCADA I GIS SUSTAVA

4.1. Zašto je potrebno ostvariti poveznicu

SCADA sustav u potpunosti zadovoljava dispečerske potrebe daljinskoga nadziranja i upravljanja. Upravo iz toga razloga SCADA sustav mora biti najažurniji sustav u čitavome distribucijskome pogonu. Naime, kako bi dispečer mogao neometano obavljati svoj posao, topologija i jednopolne sheme prikazane u programskom paketu *WS500* moraju oslikavati stvarno stanje na terenu.

Dolazi se do zaključka da bi se topologija i uklopna stanja mreže te mjerene vrijednosti iz procesa trebali prenijeti i iskoristiti van dispečerskog centra za potrebe daljnje analize. Jedan od sustava koji omogućuje širok i sveobuhvatan pristup inženjerima drugih odjela je upravo Geografski informacijski sustav – GIS.

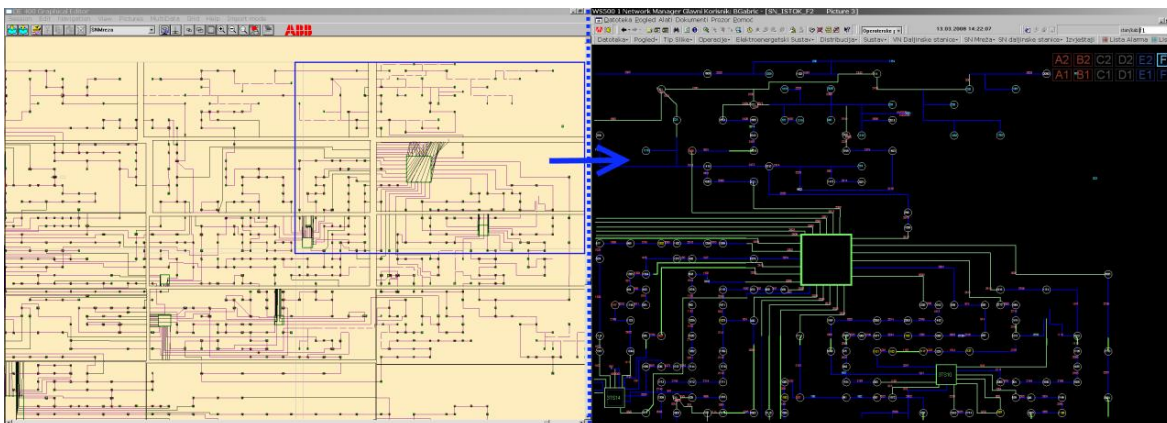
Međutim, dohvat podataka potrebnih za daljnje analize, planiranje mreže i sl., bitno je otežan. Naime, spomenuto *web* sučelje *IS500* je nepraktično izvedeno i teško uporabljivo za izvoz podataka, također uz sustav ne dolazi nijedan program čija je namjena povezati SCADA sustav s vanjskim sustavom, u ovom slučaju s GIS-om. Međutim *ABB* je osigurao dostupnost svih podataka o sustavu u obliku relacijskih baza podataka (*Oracle*) kojima se može lagano pristupiti.

Pred nama je bio zadatak iz spomenutih baza podataka dohvatiti topologiju VN i SN mreže iz SCADA sustava te je prebaciti u GIS. U idućim poglavljima bit će opisan postupak dohvata topologije i mjerenih podataka te njihova rekonstrukcija u GIS-u.

4.2. Dohvat podataka iz SCADA sustava

4.2.1. Dohvat topologije mreže i jednopolnih shema

Dispečer određenu VN stanicu, daljinske stanice ili ogranke SN mreže na svojoj konzoli u programskom paketu *WS500* vidi u obliku **slika**. Slika je „fotografirani“ ograničeni segment neograničenog radnog prostora za unos topologije i tehničkih informacija mreže (*DE 400* programski paket). To se može vidjeti na sljedećoj slici (Slika 2.)



Slika 2. *DE 400* (lijevo) i *WS500* (desno), ilustracija slike u SCADA sustavu (plavi pravokutnik).

Promjene u topologiji unosi sistemski administrator koristeći *DE 400* programski paket, prikazan na Slici 2. (instaliran na dva administratorska računala). Nakon što je siguran da su učinjene promjene valjane, administrator dopušta da se promjene s *DE* poslužitelja preslikaju na aktivni *Alpha* poslužitelj tj. promjene postaju vidljive dispečeru.

SCADA sustav informacije o svim slikama čuva u *Oracle* bazi na *DE* serveru. Riječ je o 6 tablica koje će u nastavku biti pojašnjene (Tablica I.).

Tablica I. *Oracle* tablice koje opisuju slike SCADA sustava

Naziv <i>Oracle</i> tablice	Opis tablice
PICTURE_HEADER	Tablica u kojoj su pohranjene sve okvirne informacije o slikama poput naziva slike (npr. 3TS11, 4TS28...), položaj slika u radnom prostoru i sl. Ostale spomenute tablice ("PIC_" tablice) su u relaciji s ovom tablicom.
PIC_TEXT_OBJ_EXT	Tablica u kojoj se nalaze svi tekstualni statički objekti. Navode se koordinate elemenata u pripadajućoj slici, vrsta, veličina i boja fonta te sam tekstualni sadržaj objekta.
PIC_VALUE_OBJ_EXT	Ova je tablica slična prethodnoj tablici. Razlika je u tome što ova tablica opisuje dinamičke tekstualne objekte tj. mjerene i procesne vrijednosti.
PIC_SYMBOL_OBJ_EXT	Opisuje tip i položaj gradivnog topološkog elementa (prekidač, rastavljač, transformator i sl.)
PIC_DRAWING_PRIMITIVE_EXT	Navedeni su nazivi svih topoloških spojnica (sabirnice, kabeli...) i broj njihovih pregiba.
PIC_DRAWING_PRIM_COORD_EXT:	Koordinate pregiba spojnica.

4.2.1.1. Dohvat jednopolnih shema VN stanica

Postavlja se 6 SQL upita za svaku VN stanicu u mreži koji dohvaćaju podatke iz spomenutih „PIC_“ tablica. Naime, svaka VN stanica ima odgovarajuću istoimenu sliku u SCADA sustavu. Nadalje, podaci se obrađuju i pohranjuju u neutralni CSV (*Comma Separated Values*) format datoteke u odgovarajućoj mapi na računalu. Složenost algoritma je N (N =broj VN stanica).

4.2.1.2. Dohvat jednopolnih shema SN stanica

Dohvaćanje jednopolnih shema SN stanica je bitno složeniji, a time i dugotrajniji postupak. SN mreža je prikazana (preko 2.500 stanica) sa 12 slika. Svaka slika SN mreže u sebi sadrži oko 200 SN stanica. Dio SN mreže je prikazan Slikom 2. Za svaku je sliku najprije potrebno napraviti popis stanica koje globalna slika sadrži, a potom slijedi 6 SQL upita za svaku pronađenu SN stanicu u globalnoj slici. Kao i u prethodnom slučaju, podaci se obrađuju i pohranjuju u datoteke. Složenost algoritma je $2N$ ($N=200$, vrijedi za samo jednu sliku).

U budućnosti će se iz spomenutih slika dohvaćati i podaci o međusobnoj povezanosti stanica u SN mreži te će se u GIS-u moći rekonstruirati logička topološka shema.

4.2.2. Dohvat mjerenih podataka

Kako bi uz jednopolnu shemu VN stanice (v. Sliku 1.) bile prikazane aktualne mjerene vrijednosti (struje, naponi i snage) potrebno je pristupiti ili *real-time Avanti* bazi na glavnom SCADA poslužitelju ili pak povijesnoj bazi podataka (*Oracle*) na *Data Warehouse* poslužitelju (skladišnik podataka na Slici 1.)

Odlučili smo se za povijesnu bazu na *Data Warehouse* poslužitelju kako bi dohvat mjerenih podataka bio što manje „invazivan“ postupak. Glavni SCADA poslužitelj je „mozak“ čitavoga sustava i nije preporučljivo oduzimati mu procesorsko vrijeme.

Za potrebe projekta napravljene su odgovarajuće tablice u povijesnoj *Oracle* bazi u kojima se svakih sat vremena zapisuju sve mjerene vrijednosti. Riječ je o usrednjenim 60 minutnim intervalima.

Dakle, kada GIS korisnik zatraži VN stanicu u 12 sati i 35 minuta, sve mjerene veličine u traženoj stanici (struje, naponi i snage) imaju usrednjenu vrijednost unutar vremenskog intervala od 11 – 12 sati.

4.3. Opis dohvata podataka iz CSV datoteka te rezultata SQL upita u GIS-u

Kao što je ranije navedeno, podaci SCADA sustava nalaze se u *real - time Avanti* bazi te povijesnoj (*Data Warehouse* poslužitelj) *Oracle* bazi. Organizacija podataka vezanih uz topologiju postrojenja primjerena je potrebama *DE 400*, odnosno *WS500* alata i nije moguće prenositi sheme postrojenja van SCADA sustava niti jednom standardnom procedurom. Da bi ovo bilo moguće napisana je zasebna *Win32* aplikacija koja dohvaća podatke o topologiji postrojenja i sprema ih u prije navedenih 6 tablica po svakom postrojenju (Slika 4.)

Tek nakon ovog koraka moguće je unutar GIS-a rekonstruirati sheme postrojenja. Za ovu svrhu napisan je niz programskih rutina u *Magik* programskome jeziku. Pri tome se separatno vrši prijenos:

- a) transformatora,
- b) sabirnica,
- c) prekidača,
- d) rastavljača,
- e) spojnih vodova te
- f) tekstualnih oznaka.

Kad je riječ o mjerenjima, potrebno je naglasiti da SCADA generira ili mjerne ili tzv. procesne vrijednosti električkih parametara. Procesne vrijednosti su rezultat numeričke analize unutar elektroenergetske mreže, a adekvatno su rješenje za slučaj kada ne postoje rezultati mjerenja. Bilo da je riječ o jednom ili drugom izvoru podataka vezanih uz mjerenja, moguće ih je pročitati iz povijesne *Oracle* baze.

4.4. Izvedba u okruženju poslovne mreže

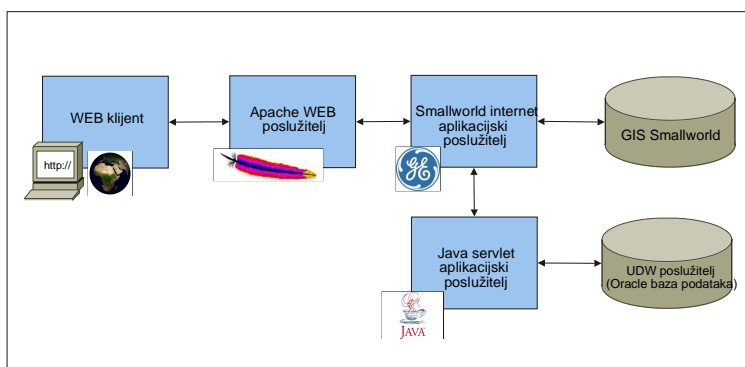
Dohvat preko 2.500 jednodolnih shema SN stanica, te preko 40 složenih jednodolnih shema VN stanica iziskuje dosta vremena te bitno opterećuje DE server koji za vrijeme radnoga vremena služi administratoru za unošenje promjena u sustavu te se ne smije dopustiti ometanje održavanja baze.

Stoga se postupak dohvaćanja podataka za potrebe GIS-a odvija svaki dan u ranim jutarnjim satima. Cjelokupni dohvat jednodolnih shema i topologije mreže potrebno je izvesti samo prvi put. Svaki idući put se dohvaćaju samo one stanice u kojima je zamijećena promjena.

Dinamika osvježavanja jednodolnih shema postrojenja razlikuje se od dinamike osvježavanja mjernih podataka.

Osvježavanje, tj. prijenos mjernih podataka prema GIS-u odvija se u trenutku upita korisnika i to na dva načina:

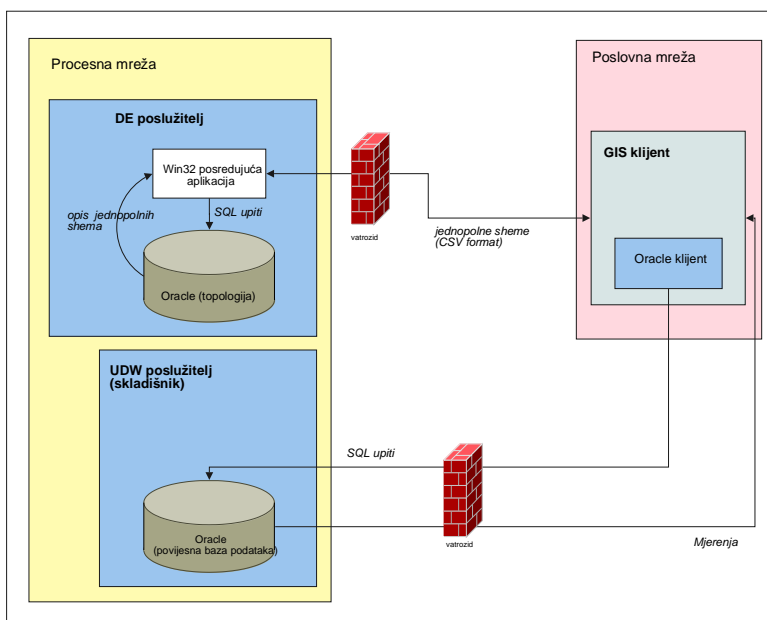
- g) *Magik* programskim rutinama te
- h) *Java servlet* rutinama (Slika 3.)



Slika 3. Opis korištenja *Java servlet* rutina [2]

Pri tome je konekcija na *Oracle* pomoću *Magik* jezika preferirani oblik komunikacije u standardnim procedurama rada s GIS sustavom. Međutim, želimo li podatke o mjernim vrijednostima u trenutku upita *Web (Intranet)* korisnika GIS-a, vrlo solidno rješenje je primjena *Java servlet* aplikacijskog poslužitelja, odnosno *Java servlet* programskih rutina.

Trenutna izvedba poveznice dvaju sustava ilustrirana je Slikom 4.

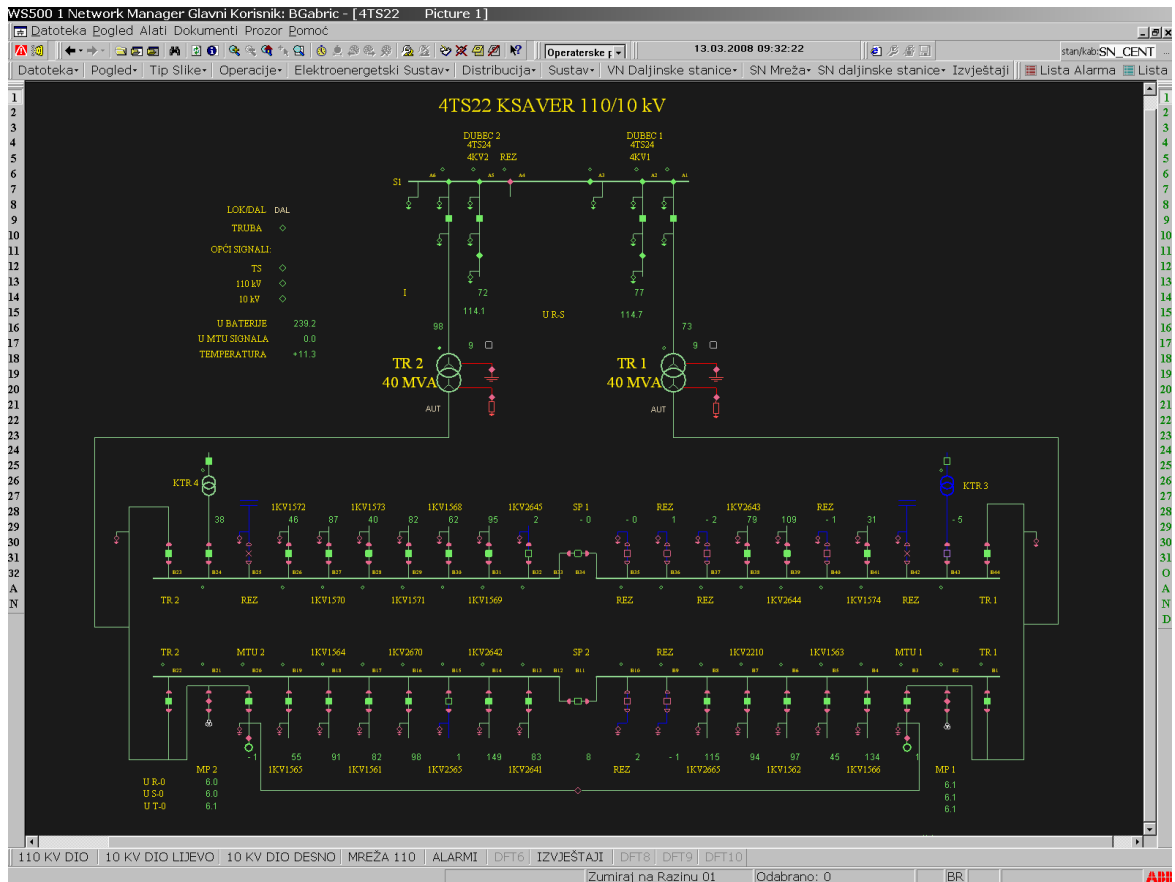


Slika 4. Izvedba poveznice SCADA-GIS u okruženju poslovne mreže

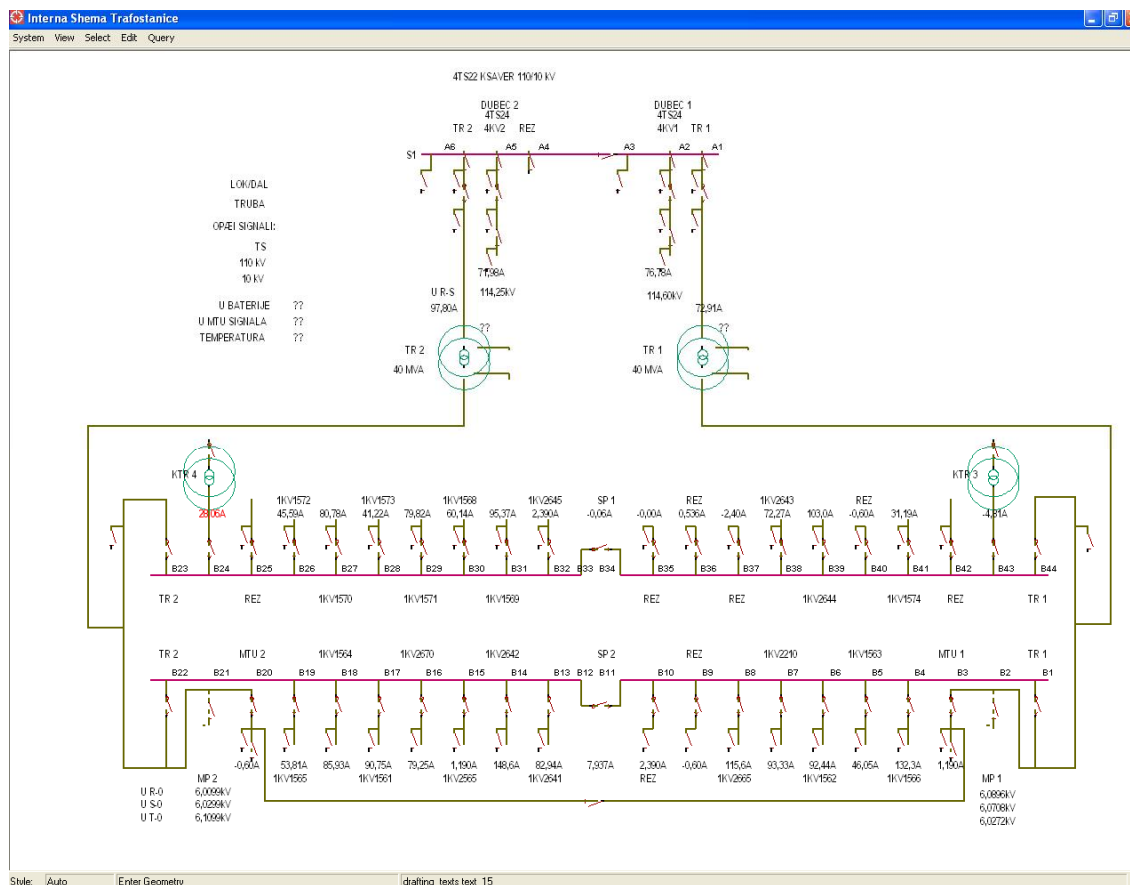
5. REZULTATI

Na sljedećim grafičkim priložima vidljive su jednopolne sheme trafostanice **4TS22** Ksaver na **WS500** (SCADA) i **G/S-u**. (Slike 5. i 6.)

Naglašavamo da se prijenos podataka o topologiji jednopolne sheme ne odvija u trenutku upita, dok se pri prijenosu podataka o mjerenjima čitaju 60 minutne srednje vrijednosti. Otuda potječu i razlike u mjernim vrijednostima vidljive na jednoj i drugoj jednopolnoj shemi. Naime, na **WS500** shemi prikazane su trenutne vrijednosti!



Slika 5. Prikaz stanice **4TS22** u **WS500**



Slika 6. Prikaz stanice 4TS22 u GIS sustavu

Radi bolje preglednosti nekoliko je mjerenih vrijednosti prikazano u usporedbenoj Tablici II.:

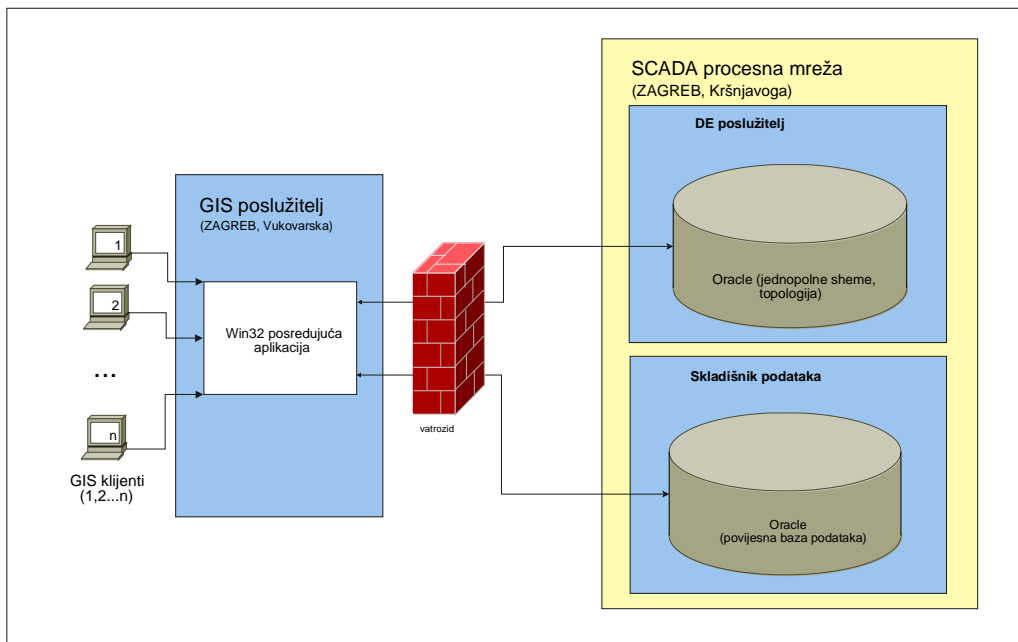
Tablica II. usporedba trenutnoga i usrednjenoga mjerenja

Naziv mjerenja	WS500 (trenutno stanje u 9:32:22)	GIS (usrednjeno 8-9 sati)
ZG 4TS22 10 KV 1KV1570 STRUJA	87,32 A	80,78 A
ZG 4TS22 10 KV 1KV1573 STRUJA	40,81 A	41,22 A
ZG 4TS22 10 KV 1KV1566 STRUJA	134,59 A	132,36 A
ZG 4TS22 110KV TR 1 STRUJA	73,01 A	72,91
ZG 4TS22 110KV TR 2 STRUJA	98,22 A	97,80

Za dohvatiti mjerene podatke iz povijesne baze (UDW poslužitelja) u GIS sustav bilo je potrebno **922 ms**. Za ucrtati mjerene vrijednosti na odgovarajuće koordinate potrebno je dodatnih 3-5 sekundi; ukupno **4-6** sekundi.

6. BUDUĆNOST

Buduća izvedba poveznice SCADA i GIS sustava će veliku pozornost obratiti na mrežnu sigurnost. Kao što se može i vidjeti na Slici 7., GIS klijenti će „razgovarati“ samo s Win32 aplikacijom (ili .NET aplikacijom) koja će jedina imati pravo biti propuštena kroz vatrozid procesa SCADA mreže. Također, osim mjerenih vrijednosti, iz povijesne baze podataka će se dohvaćati i trenutna uklopna stanja mreže te trenutna opterećenost linija i sabirnica. A kada se govori o dohvatima jednodolnih shema i topologije mreže iz SCADA sustava, ideja ostaje nepromijenjena; kako bi se smanjili zahtjevi na SCADA sustav, topologija i jednodolne sheme će se dohvaćati u ranim jutarnjim satima.



Slika 7. buduća izvedba poveznice SCADA i GIS sustava

7. ZAKLJUČAK

Novije informatičke tehnologije omogućuju olakšani pristup i prijenos podataka između strateških informatičkih sustava elektrodistribucije. Ključni podaci o elektroenergetskim postrojenjima postaju pristupačni potrebama planiranja, projektiranja i kontrole mreže.

Dosadašnji naponi rezultirali su prijenosom jednodolnih shema postrojenja i mjerenja unutar postrojenja. Na temelju ovih iskustava planiramo realizirati i prijenos blok (jednodolne) sheme SN mreže prema GIS-u, a kako bi ostvarili zadovoljavajući stupanj hijerarhijskog pretraživanja na temelju nadležnosti SCADA sustava nad ključnim podacima elektroenergetske mreže DP Elektra Zagreb.

Pridruživanjem mjerenja po strujnim krugovima na niskom naponu, na jednom mjestu će se ostvariti neophodno potrebna integracija relevantnih podataka o topologiji i mjerenjima unutar postrojenja.

Zahvaljujući web funkcionalnosti GIS projekta, ovi podaci postaju pristupačni najširem krugu korisnika uz minimalna potrebna ulaganja.

LITERATURA

- [1] „Sustav daljinskog vođenja za distribucijska područja Zagreb, Split, Rijeka i Osijek“ - projekt, Končar-Inženjering za energetiku i transport d.d., rujna, 2004
- [2] Z. Špehar, M. Milunović, M. Glagolić „Oracle baza podataka prostornih informacijskih sustava, primjer iz prakse: Povezivanje Tehničkog i Geografskog IS u HEP Distribucija d.o.o. DP Elektra Zagreb“, HROUG, Umag, 2003.