

Tomislav Sinjeri
HEP ODS d.o.o. Elektra Koprivnica
tomislav.sinjeri@hep.hr

Alen Kolarek
HEP ODS d.o.o. Elektra Koprivnica
alen.kolarek@hep.hr

Berislav Kovač
HEP ODS d.o.o. Elektra Koprivnica
berislav.kovac@hep.hr

Bolfek Martin
HEP ODS d.o.o. Elektra Koprivnica
martin.bolfek@hep.hr

ISKUSTVA ELEKTRE KOPRIVNICA U UVOĐENJU MALIH TRAFOSTANICA U SUSTAV DALJINSKOG VOĐENJA

SAŽETAK

Referatom su prikazana različita rješenja u smislu korištene primarne i sekundarne opreme te komunikacijskih putova prilikom uvođenja transformatorskih stanica 10/0.4 kV u sustav daljinskog vođenja. Kao nadogradnja osnovnog sustava, referatom se prikazuju i dodatne funkcionalnosti poput mjerenja napona i opterećenja trafostanica, kao i signalizacija prolaska struje kvara. U posljednjem dijelu razmatraju se mogućnosti implementacije i ograničenja ovakvog sustava za ostvarenje nekih naprednih funkcija u bliskoj budućnosti.

Ključne riječi: SDV, RTU, digitalni radio, optika, mobilna mreža, estimacija stanja

INTRODUCING SMALL SUBSTATIONS INTO REMOTE CONTROL SYSTEM- ELEKTRA KOPRIVNICA'S EXPERIENCE

SUMMARY

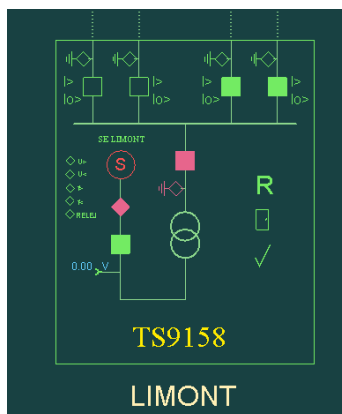
This paper shows different solutions regarding primary and secondary equipment as well as communication channels used when introducing substations 10/0.4 kV into remote control system. As an upgrade to a basic system, this paper presents some additional functionalities like voltage and transformer load measurements, as well as fault current signaling. In its last part the possibilities of implementing, as well as limitation of this system for the purpose of achieving some advanced functionalities in near future, is presented.

Key words: Remote control system, RTU, digital radio, fiber optics, cellular network, state estimation

1. UVOD

1.1. Definicije

S obzirom da će se dalje u referatu govoriti o sustavu daljinskog vođenja (dalje SDV) ili pak automatizaciji i sličnim pojmovima, potrebno je barem naznačiti što se pod tim pojmovima podrazumijeva. Sustav daljinskog vođenja je, u smislu ovog referata i u slobodnoj interpretaciji, sustav nadzora i upravljanja elektroenergetskim objektima, čiji je cilj, u konačnici, podizanje učinkovitosti energetskog sustava.



Slika 1. Prikaz TS 10/0.4 Limont i SE Limont uvedene u SDV kako je vidi dispečer

Konkretnije pak, uvesti „malu“ trafostanicu (dalje TS) u SDV znači, u najmanju ruku, prigraditi uređaje, najčešće upravljački element tj. RTU (engl. *remote terminal unit*) i komunikacijski element koji omogućuju upravljanje i nadzor stanja iz neke udaljene točke putem specijalizirane programske opreme - u ovom slučaju je to dispečerski centar s tzv. SCADA-om (zajednički termin programske podrške za nadzor, prikupljanje podataka i upravljanje).

TS je u SDV-u ako dispečer ima uvid u stanje upravljivih elemenata (najčešće prekidača ili rastavnih sklopki) i mogućnost upravljanja istima na srednje naponskom (dalje SN) sklopnom bloku. Slika 1. prikazuje trafostanicu i solarnu elektranu snage veće od 100 kW priključene na istu TS. U slučaju ove TS, u SDV su uvedena stanja rastavnih sklopki, stanje sklopke upravljanja (R), signalizacija vrata, stanje besprekidnog napajanja, mjerenje napona, stanje prekidača za odvajanje solarne elektrane, signalizacija prorade zaštita u funkciji isključenja elektrane te indikacija prolaska struje kvara.

1.2. Povijesni razvoj

Realizacija SDV-a u Elektri Koprivnica započeta je još krajem 80-ih godina te su do 2000. godine gotovo sve TS prijenosnog omjera 35/10 i 110/35 opremljene numeričkom zaštitom i uvedene u SDV.

Prirodni je nastavak, proširenje sustava s objektima na naponskom nivou 10 kV. 2001. godine u pogon su puštena dva rasklopna postrojenja 10 kV, dok je 2005. godine instalirano pet daljinski upravljivih rastavnih naprava (DURN).

Značajnije uvođenje trafostanica 10(20)/0.4 u SDV započeto je prije otprilike četiri godine. U tom je vremenu postupno uvedeno pedesetak trafostanica te se taj proces nastavlja i nadograđuje, ovisno ponajviše o dinamici promjene topologije SN mreže i priključenju značajnijih kupaca.

Osim gore spomenutih trafostanica, u SDV su uvedena i tri postrojenja na sučelju solarnih elektrana s mrežom, a kao svojevrsni pilot projekt, uveden je i jedan učinski rastavljač kod kojeg je ručni pogon zamijenjen motornim.

1.3. Problematika

S obzirom na velik broj trafostanica (oko 800), moraju se postaviti određeni kriteriji prilikom odabira onih koje će se uvoditi u SDV. Inženjer mora pronaći kompromis između broja uvedenih objekata i ukupnih troškova. Međutim, cilj ovog referata nije analiza troška i dobiti od implementacije takvog sustava jer bi takvo što bio solidan referat za sebe. Čitatelja zainteresiranog za taj aspekt automatizacije upućujemo na literaturu [1].

Oko 6 % ukupnog broja trafostanica trenutno je uvedeno u SDV. S obzirom na relativno male troškove implementacije sustava, osnovni kriteriji za odabir trafostanice prije svega su iskustveni - rukovoditelji pogona i dispečeri itekako su svjesni koji su najlošiji dijelovi mreže s aspekta učestalih kvarova i duljine popravka istih. Stoga bi njihovom prijedlogu trebalo dati prvenstvo, ali ga prema potrebi razmotriti i s drugih stajališta.

Neki od kriterija prilikom ovakvog iskustvenog odabira TS bili su:

- 1) lokacija objekta u mreži i broj kvarova u istoj,
- 2) mogućnost prespajanja mreže,
- 3) prihvatljivost postojećeg SN bloka ili zamjena istog,
- 4) građevinska mogućnost prihvata novog bloka,
- 5) potreba gradnje novog objekta za smještaj daljinski upravljivog bloka.

Za razliku od automatizacije TS 35/10(20) kV, veliki broj objekata na 10 kV naponskom nivou, odnosno njihova geografska rasprostranjenost, predstavlja problem prilikom odabira načina komunikacije s dispečerskim centrom. Problem se često svodi na kompromis između pouzdanosti i sigurnosti s jedne te visine ulaganja, brzine odziva, propusnosti i raspoloživosti s druge strane.

Referat je dalje strukturiran na sljedeći način: drugi dio daje tehnički opis sustava, treći dio opisuje svaku od komponenata sustava te iskustva u implementaciji s radom istih, četvrti dio analizira mogućnosti primjene sustava za realizaciju naprednih funkcija.

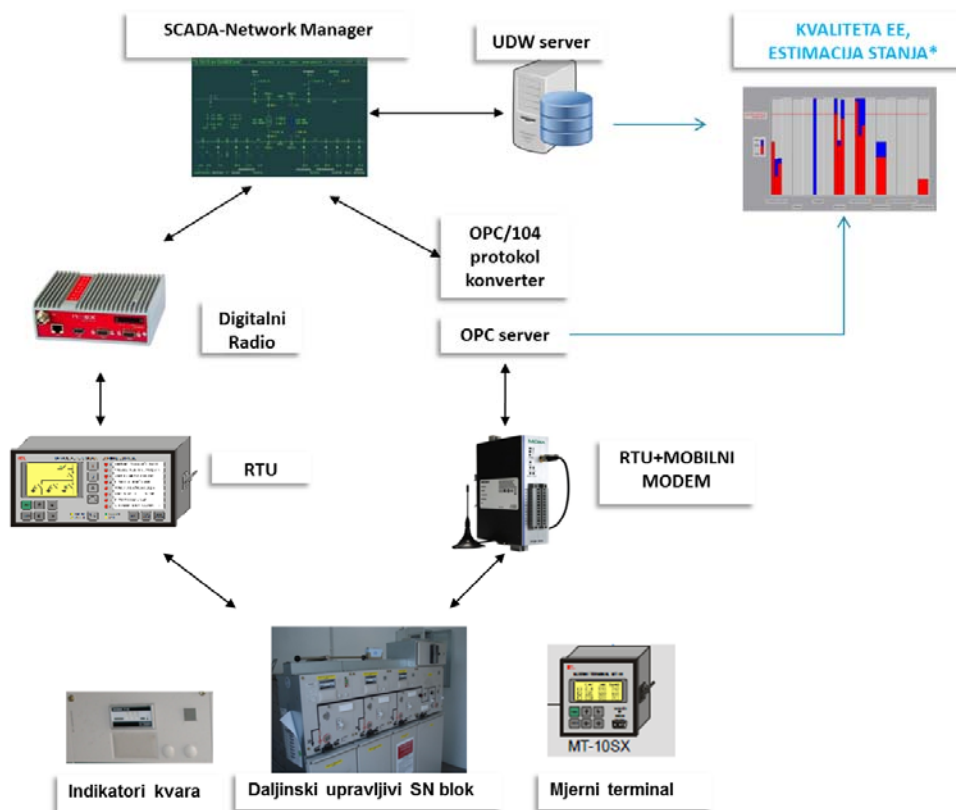
2. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

Slika 1. prikazuje shemu dvije različite varijante implementiranog sustava. Na shemi nisu prikazani različiti komunikacijski putovi. Sustav se u osnovi sastoji od tri razine.

Prvu čini SCADA sustav instaliran u dispečerskom centru. U jednoj varijanti SCADA razmjenjuje podatke s OPC poslužiteljem preko tzv. FEP managera. FEP je u osnovi protokol konverter koji, između ostalog, OPC DA 3.0 prevodi na SCADA-i razumljiv IEC 60870-5-104 protokol. FEP manager je sastavni dio ProzaNet SCADA aplikacije, proizvoda Končar KET-a, koji je zbog svojih prednosti instaliran u nekoliko dispečerskih centara na razini cijele Hrvatske i šire.

Na drugoj razini prve varijante nalazi se nadzorno upravljački uređaj, koji ujedno služi i kao modem mobilne mreže. Uređaj sadrži, ovisno o specifikaciji, različiti broj digitalnih, analognih i relejnih ulaza i izlaza koji se preko pomoćnih releja ili pak direktno spajaju na primarnu opremu.

Treću razinu čine primarna oprema (SN sklopni blok u većini slučajeva) te nadzorni i mjerni uređaji. Gotovo svi sklopni blokovi uvedeni u SDV sadrže i indikatore prolaska struje kvara na svakom vodnom polju koji se, kao posebni signali, uvode u SDV. Spomenuti nadzorni uređaj ima mogućnost povezivanja s drugim uređajima koji komuniciraju putem različitih verzija MODBUS protokola. Na taj je način ostvarena veza između mjernih terminala koji su standardni dio niskonaponskih sklopnih blokova i u pravilu se već nalaze u brojnim trafostanicama. Veza omogućuje, u ovoj varijanti putem OPC poslužitelja, slanje podataka o mjerenim veličinama poput napona, opterećenja transformatora i sl. u dispečerski centar. Mjerenja koja se pak šalju na OPC poslužitelj moguće je pohraniti direktno u neku proizvoljnu bazu podataka te na taj način izbjeći nepotrebno opterećenje SCADA sustava. Jednako tako postoji mogućnost povezivanja na tzv. UDW poslužitelj koji služi za pohranu podataka iz SCADA-e i njihove daljnje analize. Upravo će ove baze podataka dobivati još i više na značaju u narednom razdoblju kako bi se ostvarile dodatne funkcionalnosti.



Slika 2. Shema tehničkog rješenja sustava vođenja

U drugoj je varijanti, kao nadzorno upravljački element, uređaj koji komunicira po IEC 60870-5-104 protokolu i ne zahtjeva dodatnu konverziju protokola te se direktno povezuje sa SCADA-om. Povezivanje uređaja s trećom razinom gotovo je istovjetno onome iz prethodne varijante.

U drugoj varijanti prikazan je digitalni radio modem kao sredstvo komunikacije između dispečerskog centra i nižih razina. Važno je napomenuti da je moguće, ukoliko uređaji posjeduju potrebne mogućnosti, kombinirati bilo koji RTU i sredstvo komunikacije, a tom je prilikom potrebno samo izvršiti sitne preinake u konfiguraciji samih uređaja.

3. ISKUSTVA U IMPLEMENTACIJI I RADU SUSTAVA

3.1. Primarna oprema

Najčešće korištena primarna oprema, na području Elektre Koprivnica, SN su sklopni blokovi tipa Končar VDA i Siemens-ovi 8DJH (ili slični podtipovi). Implementacija sustava ovdje se svodi na ožičenje SN bloka koje je uz dostupnu dokumentaciju relativno jednostavno.

Od svih problema vezanih za rad sustava, najizraženiji su problemi bili oni vezani za rad primarne opreme. Od 45 do sada opremljenih blokova, na šest su se pojavili problemi koji su se odrazili na normalno funkcioniranje sustava. U jednom je slučaju bila riječ o krivom ožičenju, a u jednom o neispravnoj „špuli“. Ti se problemi primijete prilikom samog uvođenja u SDV i kao takvi, iako frustrirajući, lako se otklanjaju. U ostalim slučajevima problem se javio u povratnoj sprezi između upravljanja sklopkom i indikacije promjene stanja. Predmet upravljanja u SN bloku tropoložajna je rastavna sklopka, čijim položajem upravlja motorni pogon. U slučaju da motorni pogon promjeni položaj sklopke, a shodno tome

se, zbog mehaničkog kvara, ne promjeni položaj na signalnoj sklopki istog aparata, dispečer neće dobiti indicaciju promjene položaja, što može biti iznimno problematično. Stoga je uvijek dobro ugraditi neke dodatne provjere kako bi se dodatno povećala sigurnost u slučaju zatajenja primarne opreme. Primjer dobre prakse je da dispečeri prilikom svake manipulacije dodatno provjeravaju promjene u iznosu struja na početku 10 (20) kV izlaza iz 35/10 TS. Mjerenje iznosa struja po vodnim poljima u samoj TS kojom se manipulira, uvođenje signala naponskih indikatora, samo su neke od mogućnosti kako dodatno povećati sigurnost te istovremeno proširiti mogućnosti sustava.

U svakom slučaju, kvalitetnim održavanjem i pravovremenim pregledom moguće je bilo kakve nepravilnosti u radu svesti na minimum. Elektra Koprivnica razvila je posebne protokole za ispitivanje rada ovog dijela SDV-a, a održavanje svih uvedenih objekata obavlja se jedanput godišnje.

Jedan od objekata koji je na sličan način uveden u SDV je i učinski rastavljač na čiji je ručni pogon prigraden motorni (slika 3.)



Slika 3. Motorni pogon prigraden rastavljaču i pripadajuća sekundarna oprema

Načelno, od šire primjene ovakvog rješenja se odustalo. Dogradnju motornog pogona je fizički teško izvesti zbog pripasivanja pogonskog mehanizma rastavljača. I nakon toga, na uspješan rad rastavljača značajno utječu vremenski uvjeti.

Kao što je i prije kratko spomenuto u tri su slučaja u SDV uvedeni i elementi na sučelju solarnih elektrana s mrežom. I opet je način realizacije sustava sličan, mijenjaju se samo upravljački elementi (slika 4). Prekidači za odvajanje se lako nadograđuju sa signalnim sklopkama i motornim pogonima.



Slika 4. Niskonaponski ormar na sučelju solarne elektrane „Limont“ na mrežu

3.2. KOMUNIKACIJSKI KANALI

Najveći broj daljinski upravljivih TS (10/0.4) s dispečerskim centrom komunicira preko mobilne mreže u vlasništvu različitih telekomunikacijskih operatera. Prednost ovakve vrste komunikacije svakako je pokrivenost signalom – rijetka su područja gdje signal nije dostupan, tako da ne postoji potreba provjere dostupnosti signala kao što je to slučaj za neke druge oblike komunikacije. Cijena ove vrste komunikacije, posebno kada se uzme u obzir da svu nadogradnju i održavanje sustava radi treća strana, svakako je velika prednost. No u činjenici da smo prepušteni na milost i nemilost telekomunikacijskih operatera leži i najveći nedostatak ove vrste komunikacije.

Usprkos spomenutim nedostacima veći broj stanica opremljeno je ovim komunikacijskim kanalom. Opravdanje nalazimo u činjenici kako su koristi od automatizacije na 10 kV nivou prije svega u poboljšanju efikasnosti distribucijskog sustava, a ne okosnica sustava, kao što su to trafostanice višeg naponskog nivoa, gdje se ovakav vid komunikacije ne smije prakticirati. Određeni manji broj stanica, koje su se pokazale kao točke kojima se često upravlja i koje igraju značajnu ulogu u brzjoj detekciji kvara, u skoroj će budućnosti biti opremljene digitalnom radio vezom, koja svoju najveću prednost temelji na raspoloživosti s obzirom da je u infrastruktura u našem vlasništvu. Ipak, s obzirom rastuću potrebu za uvođenjem sve većeg broja objekata u SDV, a sve to zbog naglog razvoja novih tehnologija poput elektromobilnosti i sve većeg broj obnovljivih izvora na mreži, izvjesno je da će mobilni tip komunikacije dobivati na značaju [2].

U četiri godine rada možemo zaključiti da ovaj vid komunikacije ponaša i bolje od očekivanja. Zabilježen je jedan veći pad čitavog sustava uzrokovan problemom nastalim kod telekomunikacijskih operatera. Objekti su bili nedostupni svega 4 sata, a s obzirom da u to vrijeme nije bilo nikakvih nepogoda, niti jedan od objekata nije se ionako u to vrijeme ni koristio. U vrijeme božićnih i novogodišnjih praznika, kada je opterećenje energetskog i komunikacijskog sustava najizraženije, nije zabilježen niti jedan ispad ili smanjenje funkcionalnosti sustava.

Komunikacijski put četiriju trafostanica realiziran je preko 5 GHz Wi-Fi point to point konekcije. Za realizaciju ove vrste komunikacije potrebno je instalirati odgovarajuće antene i pripadajuću mrežnu komponentu. Prednosti ove vrste komunikacije su rad u nelicenciranom pojasu, velika propusnost i male latencije. Najveći nedostatak leži u činjenici da se povezivanje može ostvariti ukoliko je ispunjen uvjet optičke vidljivost između dvije točke koje su predmet povezivanja, iako to često nije i dovoljan uvjet. Tom se problemu može, u nekim prilikama, doskočiti uporabom repetitora, ali općenito govoreći nismo našli veći broj lokacija gdje bismo lako ostvarili ovaj vid povezivanja. Drugi nedostatak svakako je rizik sa sigurnosnog aspekta jer je oprema koja se koristi široko dostupna i relativno jeftina. U literaturi se često sugerira da se ovaj vid komunikacije više koristi kao okosnica za povezivanje svojevrstnih koncentratora nego za direktno upravljanje.

Samo jedna TS 10/0.4 povezana je putem optike i to samo iz razloga što u stanici prethodno postojao neiskorišten optički kabel. Ova vrst komunikacijskog medija, iako najboljih karakteristika, teško da će, obzirom na cijenu, naći široku primjenu u automatizaciji na 10 kV naponskom nivou. Eventualno bi nekakav zajednički poslovni model u kojem bi sudjelovalo nekoliko komunalnih poduzeća, telekomunikacijskih operateri ili netko drugi mogao opravdati ovakvu investiciju, ali nemamo saznanja ni o kakvom projektu ovoga tipa.

Digitalnu radio vezu licenciranog spektra odlikuje relativno niska latencija i sama cijena komunikacijske opreme, te robusnost i raspoloživost. O manama još uvijek ne možemo pričati s obzirom da su nam iskustva limitirana (instalirana tek dva uređaja). Potencijalna prepreka za brzu i širu implementaciju sustava birokratske je naravi u smislu ishođenja dozvola od strane HAKOM-a.

3.3. Mjerenja

Prilikom nabavke nadzorno upravljačkog uređaja trebalo bi se povesti računa i odabrati onaj koji nudi mogućnost povezivanja s drugim, već postojećim uređajima u objektu. Prije svega se to odnosi na već prije spomenute mjerne terminale, ali i brojila.

Prilikom nabave niskonaponskih sklopnih blokova trebalo bi kupovati mjerne terminale koji imaju mogućnost komunikacije u realnom vremenu, putem nekih od protokola koje onda mora podržavati i RTU. Na taj način se podiže vrijednost čitavog sustava i postavljaju se temelji za ostvarivanje nekih naprednijih funkcija u budućnosti. Ovi uređaji su najčešće tzv. S klase sa stajališta uređaja za mjerenje kvalitete električne energije. Uređaji omogućuju očitavanje najrazličitijih parametara napona poput ukupnog harmonijskog izobličenja, propada, prenapona i sl. Ukoliko bi se postojeća komunikacijska veza iskoristila i za prijenos ovih i drugih parametara, a u svrhu uspostave sustava kontrole kvalitete el. energije barem na razini TS, trebalo bi izbjeći prijenos ovih parametara direktno u SCADA-u, već u zasebnu bazu

podataka. Isto tako, trebalo bi razmotriti mogućnost da se određeni parametri očitavaju na mjesečnoj ili tjednoj razini, te da se obrada signala prepusti samom uređaju, a konkretni izvještaji prenose u bazu. Naša je pak preporuka da se u SCADA-u u realnom vremenu prenose podaci o ukupnoj vrijednosti napona, radne i jalove snage. Veličine su to koje će za prvu ruku poslužiti za ostvarivanje naprednijih funkcija.

Ukoliko se kao komunikacijski put koristi mobilna mreža, treba povesti računa da vremensko uzorkovanje mjerenja određuje i količinu prijenosa podataka, a samim time, ovisno o tarifnom modelu i ukupnu cijenu koja se telekomunikacijskih operateru plaća po SIM kartici.

Ukoliko u određenom objektu ne postoji mogućnost instalacije mjernog terminala, a mjerenje snage u realnom vremenu bi bio vrijedan podatak, uvijek se mogu iskoristiti impulsni izlazi brojila, koji se mogu povezati na, primjerice, digitalni ulaz na RTU uređaju i uz manju prilagodbu (konstante i sl.) može se dobiti iznos snaga u svim smjerovima. Ovo je zgodan slučaj kod kupaca na srednjem naponu, gdje često zbog malog prostora u TS, ne postoji mogućnost ugradnje mjernog terminala, ali zato postoji brojilo koje se može iskoristiti. Prilikom izbora RTU-a dobro je pogledati da se isti može sinkronizirati s NTP poslužiteljem u procesnoj mreži jer je u implementaciji funkcija bitno da se sva raspoloživa mjerenja dohvaćaju u istom trenutku.

4. NAPREDNE FUNKCIJE

Trenutna problematika distribucije jest, između ostalog, povećani udio distribuiranih izvora energije na mreži. Literatura, ali i relativno jednostavni proračuni na konkretnim slučajevima, pokazuju jasnu korelaciju između povećanja udjela distribuiranih izvora i povećanja gubitaka u mreži. Smanjenje gubitaka u mreži moguće je, primjerice, uvođenjem nekog vida kontrole ovih izvora i promjenom konfiguracije mreže.

Na tržištu već postoje aplikacije pod zajedničkim nazivom ADMS (Advanced distribution management system) koje obuhvaćaju cijeli niz modula za efikasno upravljanje distribucijskom mrežom. Osnovni preduvjet za učinkovitu implementaciju takvog sustava je upravljivost energetskim objektima odnosno stupanj uvedenosti objekata u SDV.

S ovog aspekta jasno je kako je uvođenje mjerenja u SDV od velike koristi. Naime, većina aplikacija ADMS sustava radi određenu procjenu opterećenja svake od TS, kako bi se dobio što bolji uvid u stanje sustava. U tom slučaju, mjerenja u realnom vremenu, ovisno o njihovoj poziciji u mreži, značajno doprinose poboljšanju preciznosti istih aplikacija. Stoga bez obzira koje će se ADMS funkcionalnosti sutra primjenjivati, dobra procjena i stvarna mjerenja konzuma kupaca ili pak proizvodnje elektrana, će uvijek imati značajnu ulogu.

5. ZAKLJUČAK

Živimo u zanimljivo vrijeme, općenito, ali i u smislu razvoja i vođenja distribucijske mreže. Punionice električnih vozila, mikromreže, sustavi pohrane el. energije, i dr. samo su neke od novina koje su vidljive na horizontu, a koje će imati snažnog utjecaja na paradigmu kojom se služimo danas prilikom vođenja sustava. Primjenom određenih naprednih metoda, ne nužno iz područja samo „klasične“ energetike, moguće je ne samo doskočiti ovim problemima već od potencijalne neprilike napraviti priliku.

U vidu nadolazećih promjena, automatizacija u dubini mreže dobivat će sve više na značenju. Iako je danas zbog iznimno brzog razvoja tehnologije teško procijeniti hoće li karakteristike nekog sustava zadovoljavati potrebe sutrašnjice, ipak treba promišljati o postavljanju temelja koji bi se mogli iskoristiti u budućnosti.

Ovim referatom nastojali smo opisati vlastita iskustva u razvoju jednog takvog sustava i naša promišljanja proizašla na temelju tih iskustava, a da tom prilikom damo neki konkretan savjet kolegama koji će se tek upustiti u ovaj proces.

6. LITERATURA

- [1] J. Northcote-Green, R. Wilson, "Control and automation of electrical power distribution systems", Taylor & Francis Group, 2007.
- [2] V.C. Gungor, F.C. Lambert, "A survey on communication networks for electric system automation", Computer Networks, Volume 50, Issue 7, 15 May 2006, Pages 877–897