

PRAKTIČNA ISKUSTVA U IMPLEMENTACIJI IEC 61850 PROTOKOLA U RAZLIČITIM ELEKTROENERGETSKIM OBJEKTIMA

V.Nešić „Institut Mihajlo Pupin“ Srbija
G.Konečni „Institut Mihajlo Pupin“ Srbija
D.Glišić „Institut Mihajlo Pupin“ Srbija

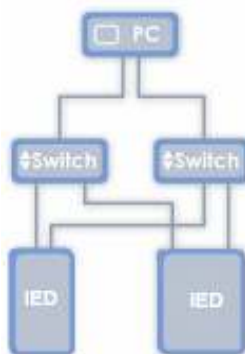
UVOD

Krajem 2008. i početkom 2009. godine, puštene su u rad dve trafo-stanice u sistem daljinskog upravljanja i to TS 110/6/6 kV u daljem tekstu TS_1 i TS 35/10 kV u daljem tekstu TS_2. Ovaj rad, sa vremenske distance od godinu dana, daje osvrt kako na brzinu i efikasnost implementacije daljinskog upravljanja u ova dva objekta tako i na razloge takvih rezultata. Rad posebno obrađuje sledeće teme:

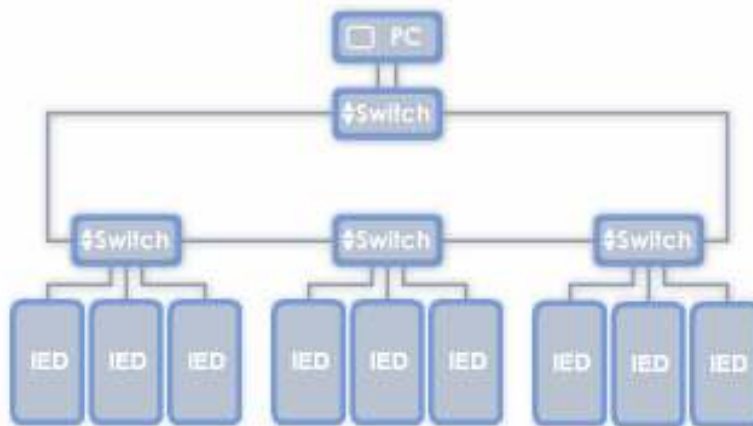
- načine povezivanja IED uređaja sa SCADA sistemima i analizu redundansi,
- praktična iskustva iz implementacije IEC 61850 protokola u TS_1 i TS_2,
- šeme povezivanja IED uređaja u SCADA sistem u TS_1 i TS_2 i
- analizu angažovanja ljudstva u implementaciji IEC 61850 u odnosu na implementacije nekih drugih protokola.

Načini povezivanja IED uređaja sa SCADA sistemima i analiza redundansi

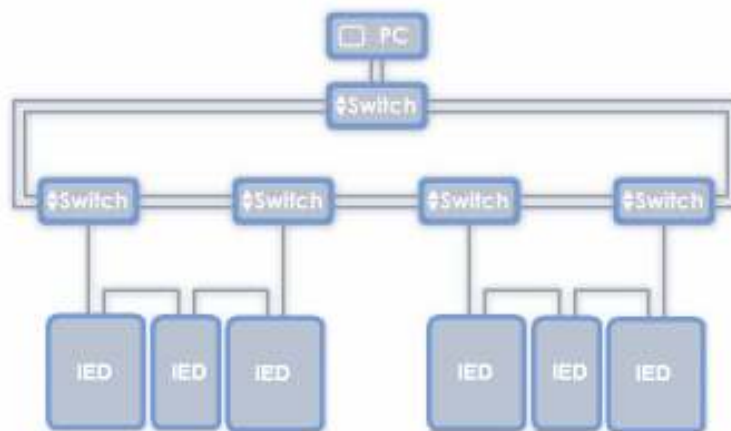
Pretpostavljamo da su čitaoci ovog teksta već upoznati sa činjenicom da postoje dve osnovne topologije mreža koje se primenjuju u trafo-stanicama, i to topologija zvezde i topologija prstena. U nastavku dajemo jednu topologiju redundantne zvezde, jednu topologiju prstena sa lokalnim zvezdama i jednu topologiju duplog optičkog prstena sa lokalnim prstenovima.



Slika 3 redundantna zvezda



Slika 4 Topologija prstena sa lokalnim zvezdama



Slika 5 Topologija duplog optičkog prstena sa lokalnim prstenovima i redundantnim svičevima

Topologija zvezde se primenjuje uglavnom na mrežama sa manjim brojem IED uređaja. Ono što je dobro u ovoj topologiji jeste to da prestanak rada jednog IED uređaja ne utiče na pad performansi rada drugih IED uređaja. Nedostatak ove topologije je u tome što bi prestanak rada sviča izazvao prestanak rada kompletne mreže – isto je slučaj sa prestankom rada mrežne karte. Topologija obične zvezde zapravo ima redundansu nula. Potpuno je druga priča topologija redundantne zvezde koja tek tada omogućava potpunu redundansu. Jedini problem u topologiji redundantne zvezde predstavlja veliki broj pre svega optičkih mrežnih priključaka i velika dužina optičkih kablova.

Na slici 4. je dat prikaz možda najkorišćenije topologije kada su u pitanju trafo-stanice, naročito visokonaponske trafo-stanice. U osnovi je to topologija prstena između svičeva, sa malim lokalnim mrežama koje su u topologiji zvezde. Postoji više varijacija na temu gde sada lokalne zvezde mogu da budu redundantne a optička veza prstena između svičeva dupla. Ukoliko se želi povećati redundantnost prvog sviča koji dolazi direktno sa PC-a, potrebno je da jedna mrežna karta bude na jednom sviču a druga mrežna karta na drugom novododatom sviču.

Na trećoj slici je prikazana topologija duplog optičkog prstena sa lokalnim prstenovima koji imaju redundantne svičeve. Ovoj topologiji se može dodati još jedan redundantni svič koji se nalazi direktno ispod PC-a.

Svaka od ovih topologija ima svoje prednosti i mane, ali se može izvući jedan opšti zaključak da je redundantna zvezda dobro rešenje za mreže manjeg kapaciteta dok se povećanjem broja IED uređaja raste potreba za uvođenjem dvostrukog prstena. Ukoliko nemate dovoljno sredstava za redundantne uređaje bolje je rešenje sa optičkim prstenom. Ovako iskonfigurisana topologija mreže kao optičkog prstena treba da ima detekciju prekida koja se prosleđuje SCADA sistemu, kako bi u slučaju prestanka rada nekog od elemenata mreže (optike ili sviča) služba održavanja mogla da zameni element koji je prestao da radi.

Switch kao jedna od osnovnih komponenti u mrežnoj komunikaciji u mrežama koje se koriste u EEO mora da bude industrijskog tipa, robusan u svakom pogledu, redundantnog napajanja, sa odličnim karakteristikama (brzinama) detekcije promene topologije na samoj mreži koristeći posebne protokole kao što su STP (Spanning Tree Protocol), RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) i drugi.

Praktična iskustva iz implementacije IEC 61850 protokola u TS_1 i TS_2

Ove dve trafo-stanice, iako na prvi pogled potpuno različite po tipu i složenosti, iz ugla daljinskog upravljanja imaju mnogo više sličnosti nego što bi se na prvi pogled reklo.

- Prva sličnost je bazirana pre svega na implementaciji istih protokola između RTU-ova i zaštitnih uređaja u ovom slučaju IED-ova i to sa IEC 61850 protokolom.
- Druga sličnost je tip protokola između RTU i SCADA sistema i to po IEC 60870-5-101 protokolu.
- Treća sličnost je tip hardverskih uređaja počev od mrežnih komponenti kao što su svičevi, optički kablovi, zaštitni IED uređaji, RTU-ovi i SCADA sistemi (MMI-evi i SCADA serveri).
- Implementatorske ekipe zadužene za konfigurisanje daljinskog upravljanja na RTU i SCADA sistemima.

Osnovne razlike na ove dve implementacije su bile:

- Različit broj zaštitnih IED uređaja. U implementaciji na TS_1 bilo je 50 IED uređaja, dok je u TS_2 bilo 30.
- Zaštitarske ekipe koje su bile zadužene za implementaciju kako zaštitnih funkcija tako i konfigurisanju komunikacionih parametara za zaštitne uređaje.
- Šeme komunikacionih veza.

Već te 2008. godine bilo je jasno da je implementacija po IEC 61850 protokolu podložna greškama ako se signali unose ručno. Ruku na srce, to nikada i nije bila preporuka ovog standarda, ali smo zbog razlika u tumačenju Standarda od strane nekih velikih firmi, bili u nemogućnosti da implementiramo potpuni automatizam konfigurisanja.

Glavni kamen spoticanja uvek je bio zapravo preslikavanje IEC 61850 protokola u IEC 870-5-101 protokol. Pored toga, postoje i različiti načini konfigurisanja IED uređaja, tako da čim se pomene GGIOxx praktično ste osuđeni na ručni unos podataka sa više ili manje automatizma u različitim GUI aplikacijama.

Svima je već poznato da IEC 61850 predstavlja jedan modul-orijentisani protokol, gde je svaki signal opisan jednom strukturom, i na osnovu same poruke moguće je odrediti njegovo fizičko značenje (npr. da li je reč o signalizaciji rastavljača, prekidača ili uzemljivača). Za razliku od njih, kod simbol-orijentisanih protokola konačno tumačenje nekog signala je tek na kraju – kada taj signal sa nekim brojem stigne na SCADA server onda on dobija zapravo i svoje pravo fizičko značenje.

Ova prednost ima svoju cenu a to je značajno veći protok (throughput) signala kod IEC 61850 protokola, pa se zahtevaju mnogo brže komunikacione linije. I tu sada dolazimo do ključnog mesta koji ovaj protokol izdvaja u odnosu na do sada komercijalne protokole u samoj TS kao što su IEC 870-5-103, SPA, NEO, DNP3, ModBus i drugi. Kod svih ovih drugih protokola osnovni komunikacioni port je zapravo serijska veza, bila ona u formatu RS 232, RS 485, ili RS 422 u optičkoj ili električnoj realizaciji. Serijska veza u odnosu na mrežnu komunikaciju na duže staze je već izgubila rat. Tu su mnoge stvari na strani mreže kao što je redundantnost sistema, konfigurabilnost, prenošenje brzih GOOSE poruka, koje zamenjuju veliki broj žičenja. Jedino što je možda još uvek na strani serijske veze je cena hardverske opreme, ali i to će trajati još samo neko vreme dok se ne poveća broj firmi koje se bave proizvodnjom visoko kvalitetne optičke mrežne opreme.

Želim da naglasim još jednom da u gornjem pasusu sve prednosti koje su navedene nisu prednosti jednog IEC 61850 protokola u odnosu na IEC 670-5-103, SPA, NEO i DNP3, već su to prednosti mrežnih komunikacionih linija u odnosu na serijske. Ono što zapravo jeste prednost IEC 61850 protokola u odnosu na druge jeste dalja tipizacija podataka u odnosu na tehnološku oznaku u projektu kao što je položajna signalizacija prekidača, rastavljača i tako dalje. Ova stroga tipizacija je zapravo omogućila kompletne opise TS-e po svim IED uređajima po strogo predviđenim šemama XML-a u formi SCD i SCL fajlova.

Krajem 2008. i početkom 2009. godine mi smo već imali implementacije IEC 61850 protokola koje su ručno bile unošene u tekstualnom formatu gde je u vremenu implementacije zapravo najviše bilo slovnih grešaka. Implementacija ovog protokola je tada u pravom smislu te reči zahtevala oštro oko naročito kada je trebalo praviti razliku između nule kao broja i velikog slova O. Radi bolje ilustracije u prilogu dajemo izgled jednog konfiguracionog fajla koji je neophodan za učitavanje u našem RTU uređaju od svega tri signala. Važna napomena je da je za bilo kakvo preslikavanje potrebno iz svake IEC 61850 strukture izvući kvalitet, vrednost i vremensku markicu. Primetite da se u primeru dole krik pojavljuje tri puta. Kao što se može primetiti, ovde postoji i značajna redundansa, ali je u tom

vremenskom periodu ovo bila zvanična distribucija naših konfiguracionih fajlova po IEC 61850 protokolu.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE LCC SYSTEM ".commander.dtd">
<LCC Name="RTL">
  <RCC Name="Siprotec">
    <CommStat>10003</CommStat>
    <Association>
      <Name>l1</Name>
      <LocalAr>local</LocalAr>
      <RemoteAr>sip_K03</RemoteAr>
      <AssocRetryTime>5</AssocRetryTime>
      <KeepaliveTimeout>0</KeepaliveTimeout>
    </Association>
    <DataValues>
      <DVal><Reference>K03_7SJCTRL/kikGGIO1$ST$SPCSO1</Reference><Type>SinglePoint</Type></DVal>
      <DVal><Reference>K03_7SJCTRL/komGGIO1$ST$SPCSO1</Reference><Type>SinglePoint</Type></DVal>
      <DVal><Reference>K03_7SJCTRL/lokalGGIO1$ST$SPCSO1</Reference><Type>SinglePoint</Type></DVal>
    </DataValues>
    <Points>
      <Point><Map>2300</Map><ValueReference>K03_7SJCTRL/kikGGIO1$ST$SPCSO1</ValueReference></Point>
      <Point><Map>2301</Map><ValueReference>K03_7SJCTRL/komGGIO1$ST$SPCSO1</ValueReference></Point>
      <Point><Map>2302</Map><ValueReference>K03_7SJCTRL/lokalGGIO1$ST$SPCSO1</ValueReference></Point>
    </Points>
    <DataSets>
      <DSet Name="LLN0$ST" LD="K03_7SJCTRL">
        <DVal Name="K03_7SJCTRL/kikGGIO1$ST$SPCSO1"/>
        <DVal Name="K03_7SJCTRL/komGGIO1$ST$SPCSO1"/>
        <DVal Name="K03_7SJCTRL/lokalGGIO1$ST$SPCSO1"/>
      </DSet>
    </DataSets>
    <ReportControlBlocks>
      <URCB>
        <RptId>K03_7SJCTRL/LLN0$RP$urcbA01</RptId>
        <Reference>K03_7SJCTRL/LLN0$RP$urcbA01</Reference>
        <DSReference>K03_7SJCTRL/LLN0$ST</DSReference>
        <Triggers>200</Triggers>
        <Integrity>10000</Integrity>
      </URCB>
      <URCB>
        <RptId>K03_7SJEXT/LLN0$RP$urcbA01</RptId>
        <Reference>K03_7SJEXT/LLN0$RP$urcbA01</Reference>
        <DSReference>K03_7SJEXT/LLN0$ST</DSReference>
        <Triggers>200</Triggers>
        <Integrity>10000</Integrity>
      </URCB>
    </ReportControlBlocks>
  </RCC>
</LCC>

```

Slika 1. Izgled jednog konfiguracionog fajla od svega 3 signala po IEC 61850 protokolu

Kako bi smo smanjili mogućnost greške, a pošto je u samim konfiguracionim fajlovima postojala odgovarajuća redundansa, za konfigurisanje smo uveli odgovarajuće formule iz Excel-a tako da smo od zaštitara i konfiguratora IED uređaja tražili fajl ovakvog formata:

Red broj	Šema delovanja	Tip sig.	Opis	Naziv signala	Adresa u uređaju
1	10kV - K03	BI	KIK	alarm	K03_7SJ ctrl/kikGGIO1/SPCSO1
2	10kV - K03	BI	Upravljanje lokalno	alarm	K03_7SJ ctrl/lokalGGIO1/SPCSO1
3	10kV - K03	BI	Lokalno komandovanje prekidačem	alarm	K03_7SJ ctrl/komGGIO1/SPCSO1

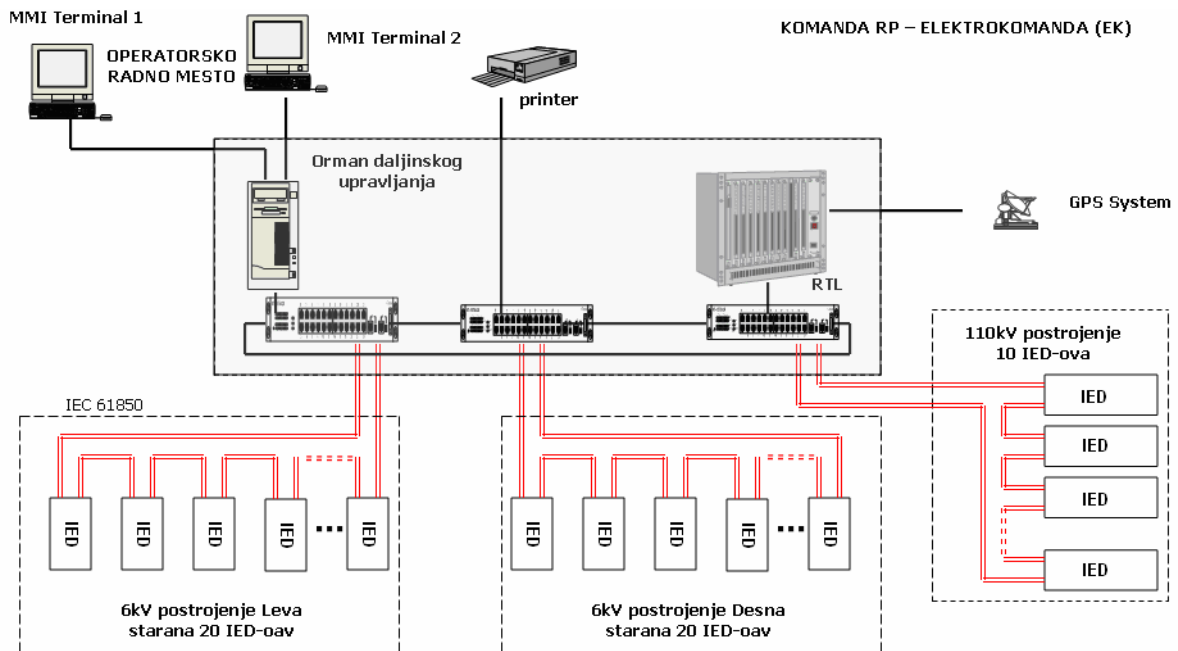
Slika 2. Skraćeni prikaz jednog xls fajla kao tip exporta iz IED uređaja

Ovaj „izlazni“ fajl iz IED uređaja je korišćen kao ulazni fajl za drugi šablon koji je napravljen u Excel formatu. Preko različitih formula iz ovog Excel šablona dobija se fajl koji je prikazan na slici 1. Upotrebom ove tehnologije značajno se smanjio broj grešaka prilikom konfiguracije i cela procedura je značajno ubrzana. U praksi je primećeno da je promena konfiguracije iz nekih alata koje koriste IED

uređaji, koji su inače potpuno automatizovani, trajala kraće nego procedura ovakvog poluautomatizma na našim RTU uređajima. Ipak u mesecima koji su sledili nakon ove implementacije uloženi su značajniji naponi na razvoju konfiguracionih alata za IEC 61850 protokol, tako da se danas koristi alat koji je potpuno automatizovan.

Šeme povezivanja IED uređaja u SCADA sistem u TS_1 i TS_2

U nastavku dajemo komunikacione šeme povezivanja IED uređaja u SCADA sistem daljinskog upravljanja za TS_1. Šemu povezivanja IED uređaja TS_2 smo izostavili jer je potpuno ista kao i ova šema s tom razlikom što ne postoje tri lokalna optička prstena nego samo dva. Takođe ne postoje tri sviča nego samo dva.



Slika 6. Blok šema povezivanja u TS_1

Ovakva topologija predstavlja jedno rešenje sa dobrim odnosom cena/performance. Ispoštovana je preporuka od strane proizvođača IED uređaja da se ne stavlja više od 30 uređaja u jedan optički prsten. Pored toga postoji jedan glavni prsten, koji integriše sve svič uređaje i tri lokalna optička prstena. Ovakva topologija mreže služi pre svega za pravljenje redundanse optičkih prenosnih puteva. Ukoliko bi se želelo dalje raditi na redundansi prenosnih puteva, potrebno bi bilo uvođenje još svič uređaja i to pre svega na sviču na koga se vezuje RTU i SCADA server. Iz ugla daljinskog upravljanja nije problematična topologija mreže kada je u pitanju brzina prenosa informacija od IED uređaja do SCADA sistema, pošto su sve ključne poruke po IEC 61850 preotokolu sa vremenskom markicom. Nešto je sasvim drugo kada su u pitanju brze GOOSE poruke između IED uređaja, ali to nije bilo od interesa nama kao implementatorima daljinskog upravljanja, pa u ovom radu izostaje dublja analiza ove problematike. Između lokalnog SCADA servera i RTU je LAN mreža i izabran je komunikacioni protokol IEC 870-5-101 preko UDP-a. TS_1 za razliku od TS_2 trenutno nije puštena u sistem daljinskog upravljanja, ali u nekoj budućnosti i to je u planu. Izbor IEC 870-5-101 protokola za komunikaciju između RTU-a i SCADA sistema je bio pre svega zbog kompatibilnosti sa svim dosadašnjim instalacijama u Srbiji i ovaj protokol pruža odlične performanse kada su u pitanju istovremena komunikacija po redundantnim prenosnim putevima kao što je radio veza i digitalna linija.

Analiza angažovanja ljudstva u implementaciji IEC 61850 u odnosu na implementacije nekih drugih protokola

Implementacija daljinskog upravljanja u TS_1 trajala je skoro dva meseca, dok je ona u TS_2 trajala svega nedelju dana. Ovde se pod implementacijom podrazumeva ukupno vreme tokom kojeg je bila

potrebna podrška za sisem daljinskog upravljanja na terenu. Glavni razlog za ovakvu drastičnu razliku u vremenu implementacije daljinskog upravljanja leži u razlici pristupa konfigurisanju zaštitnih uređaja u ova dva slučaja. U svakom sistemu daljinskog upravljanja, glavni faktor koji utiče na produženje rokova završetka implementacije predstavljaju izmene i proširenja prethodno dogovorenih lista signala. Svaka izmena u konfiguraciji tipova, broja i naziva signala podrazumeva vremenski zahtevan posao propagiranja tih izmena na svim nivoima sistema daljinskog upravljanja, čak i u situacijama kada su izmene poznate i dogovorene.

Konkretno, u slučaju TS_2, prvo su iskonfigurisani IED uređaji i pripremljene su liste signala sa prevodima za daljinsko upravljanje. RTU i SCADA serveri su iskonfigurisani po ovim šemama i ekipa za daljinsko upravljanje je izvršila grube testove (prorade prekidača i rastavljača, komande i merenja). Sam proces testiranja je obavljan bez prisustva ekipe za daljinsko upravljanje, gde je ekipa daljinskog upravljanja na kraju unela samo ispravke koje su uočene za vreme testiranja. Ovo bi ujedno i bio neki idealan plan puštanja u daljinsko upravljanje po bilo kom protokolu, pa i po IEC 61850.

Potrebno je napomenuti da smo mi iz nekih dosadašnjih iskustava uspevali da pustimo u sistem daljinskog upravljanja i po dve trafo-stanice za dan, sa angažovanjem od samo dva čoveka, pod uslovom da su liste signala konačne i svi konfiguracioni fajlovi unapred pripremljeni. U ovo vreme nije uračunato razvlačenje svih potrebnih komunikacionih elemenata, optike, svičeva raznih pretvarača RS-232 u RS-485 ili optiku.

Da bi se maksimalno smanjio period implementacije puštanja u daljinski nadzor i upravljanje trafo-stanice potrebno je prvo da zaštitarske ekipe završe parametriranje zaštitnih uređaja. Nakon toga konfiguracioni fajlovi od zaštitnih uređaja se predaju ekipi koja konfigurise RTU uređaje i SCADA servere i slike za MMI-eve. Pored toga ovo parametriranje treba uporedo pratiti sa slanjem ekipe koja ima zaduženje da fizički postave sve potrebne uređaje za daljinsko upravljanje i nadzor. Ako se u potpunosti ispoštuje ova procedura, moguće je očekivati da TS bude puštena u SCADA sistem za svega par dana.

ZAKLJUČAK

Nove tehnologije kao što su optički mrežni prenosni putevi, sigurno predstavljaju budućnost daljinskog upravljanja kako od DC-a do TS-a tako i u samoj TS. Ova tehnologija je još uvek skuplja u odnosu na klasičnu serijsku tehnologiju daljinskog upravljanja u TS, ali može se očekivati dalji pad cena svih relevantnih elemenata mrežne komunikacije, gde će na kraju i poslednji razlog za neimplementaciju ove tehnologije nestati. Pored toga potrebno je sačekati dalji razvoj GUI aplikacija za rad sa konfiguracionim SCL i SCD fajlovima namenjenih za IEC 61850 protokol, gde bi drastično trebalo da se smanji vreme prilikom učitavanja i apdejtovanja projekta. Iz implementacionog ugla gledano, nema značajnijih razlika između ove dve tehnologije (serijske i mrežne), ali sa tehnološkog gledišta neminovan je prelazak na mrežnu optičku tehnologiju. Potrebno je takođe ulagati i u brze mrežne prenosne puteve od DC-a do TS-a i to možda pre nego u same mrežne prenosne puteve u samoj TS. Jedino dobrim prenosnim putevima od DC-a do TS-a moguć je prenos velike količine podataka kao što su *disturbance recording* i drugih konfiguracionih fajlova samih IED uređaja.

LITERATURA:

- 1. Ethernet & IEC 61850 - Koncepti, implementacija, puštanje u rad od 21.05.2007.g.

Kontakt informacije autora

Vladimir Nešić: vladmir.nesic@automatika.imp.bg.ac.yu

mob: 063/106-75-41