

Dejan Šteković
HEP - ODS SEKTOR ZA VOĐENJE SUSTAVA
Služba za procesne sustave i telekomunikacije
Odjel za procesne sustave i telekomunikacije Istok
dejan.stekovic@hep.hr

Josip Jozinović
HEP - ODS SEKTOR ZA VOĐENJE SUSTAVA
Služba za procesne sustave i telekomunikacije
Odjel za procesne sustave i telekomunikacije Istok
josip.jozinovic@hep.hr

Matija Babić
HEP - ODS ELEKTRA VINKOVCI
Služba za realizaciju investicijskih projekata i pristup
mreži
matija.babic@hep.hr

STANDARD IEC61850 - PRIMJER PRIMJENE U SEKUNDARNOM SUSTAVU TRAFOSTANICE TS 35/10(20)KV ŽUPANJA 1

SAŽETAK

U referatu su prikazane bitne odrednice i doprinos IEC61850 standarda u automatizaciji elektroenergetskog postrojenja. U uvodnom dijelu opisan je tijek nastanka IEC61850 standarda, te njegova povezanost za komunikacijsku mrežu i sustave unutar trafostanice. Kratko je opisano postrojenje TS 35/10(20)kV Županja 1 od nastanka do današnjih dana. Prikazan je primjer primjene standarda IEC61850 u revitalizaciji 10(20)kV postrojenja uz opis prednosti korištenja GOOSE poruka, kao jednog od najvažnijih benefita standarda IEC61850.

Ključne riječi: IEC61850 standard, interoperabilnost, HEP LAN/WAN mreža, GOOSE poruke

STANDARD IEC61850 – AN EXAMPLE OF THE APPLICATION IN THE SECONDARY SYSTEM OF SUBSTATION TS 35/10(20)kV ŽUPANJA 1

SUMMARY

Essential determinants and contribution of standard IEC61850 in automation of electric power plant are shown in the report. The introductory section describes the evolution of the IEC61850 standard, its connection to the communication network and the systems within the transformer substation. A short description of evolution of TS 35/10 (20) kV Županja 1 facility is given from the very beginning until today. Also, an example of the application of IEC61850 standard in the revalorization of 10(20)kV plants is presented, describing the advantages of using GOOSE messages as one of the most important benefits of the IEC61850 standard.

Key words: IEC61850 standard, interoperability, HEP LAN/WAN network, GOOSE messages

1. UVOD

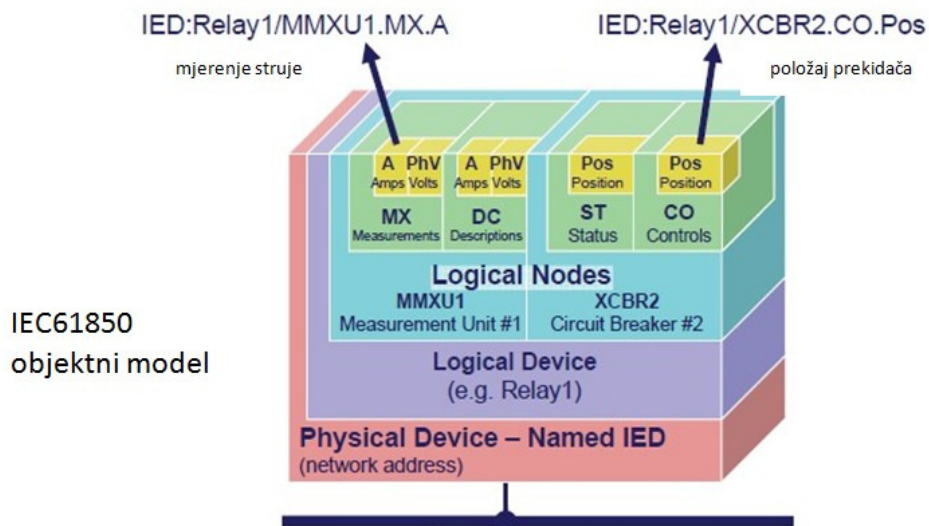
Tijekom proteklog desetljeća "digitalizacija" u proizvodnim procesima je rasla po eksponencijalnoj uzlaznoj krivulji. Komunalna, industrijska, komercijalna, pa čak i potrošačka kućanstva preobražavaju sve aspekte svog života u digitalnu domenu. Očekuje se da će svaki komad opreme, svaki spremnik, svaki prekidač, pa čak i svaka žarulja imati neku vrstu nadzora, odnosno kontrole. Kako bi mogli upravljati velikim brojem uređaja i omogućiti komunikaciju između različitih uređaja, potreban je novi komunikacijski model. Taj je model razvijen i standardiziran kao IEC 61850. Komunikacija je uvijek imala ključnu ulogu u realnom vremenu vođenja elektroenergetskog sustava. U početku, telefon je korišten za komunikaciju, kao i za slanje naredbi za obavljanje manipulacija u trafostanicama. Daljinska stanica temeljena na komunikaciji putem telefonske linije bila je korištena još u 1930-ima i bile su u stanju pružiti nadzor i upravljanje za nekoliko uređaja. Budući da su digitalne komunikacije postale održivom opcijom 1960-ih, sustavi za prikupljanje podataka (DAS - daljinska stanica) instalirani su kako bi automatski prikupili mjerne podatke iz trafostanica. Budući da je širina komunikacijskog kanala ograničena, DAS komunikacijski protokoli optimizirani su za rad preko komunikacijskih kanala niske propusnosti. "Trošak" ove optimizacije bio je vrijeme koje je trebalo konfigurirati, mapirati i dokumentirati na mjesto različitih bitova podataka primljenih protokolom. Prelaskom u digitalno doba, doslovno tisuće analognih i digitalnih podataka postaju dostupni u jednom inteligentnom elektroničkom uređaju (IED - eng. Intelligent Electronic Device), a komunikacijska širina pojasa više ne postaje ograničavajući faktor. Ključna komponenta komunikacijskog sustava je sposobnost opisa iz podataka i usluga (komunikacijske funkcije koje IED obavlja). Ostali "ključni" zahtjevi uključuju [1]:

- 1) visoku brzinu rada inteligentnog elektroničkog uređaja (numeričkog releja),
- 2) mrežnu infrastrukturu,
- 3) visoku raspoloživost,
- 4) zajamčeno vrijeme isporuke,
- 5) temeljeno na standardu,
- 6) interoperabilnost više proizvođača,
- 7) podršku za uzorkovanje podataka napona i struje,
- 8) podršku za prijenos datoteka,
- 9) automatsko konfiguriranje,
- 10) podršku za sigurnost.

S obzirom na gore navedene zahtjeve, rad na izradi komunikacijske arhitekture "nove generacije" započela je UCA (Utility Communication Architecture) 1988. godine. Rezultat njihovog rada bio je profil "preporučenih" protokola za različite slojeve koje je propisala Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO) kao referentni model za otvoreno povezivanje sustava (OSI model). Ova arhitektura rezultirala je definicijom "profila" protokola, modela podataka i definicija usluga je postala poznata kao UCA. Koncepti i temeljni radovi u UCA postali su temelj za rad međunarodnog tehničkog odbora IEC/TC57 u radnim skupinama 10, 11 i 12 koji su rezultirali međunarodnim standardom IEC61850 - vezanim za komunikacijske mreže i sustave u trafostanicama. Dakle, IEC61850 postaje objektno orijentirani standard za automatizaciju trafostanice koji definira:

- 1) standardizirana imena,
- 2) standardizirano značenje podataka,
- 3) standardizirane aspekte usluge,
- 4) standardiziran model ponašanja uređaja,
- 5) mapiranje apstraktnih usluga i modela na specifične protokole za upravljanje i nadzor, zaštitu te mjerene pretvornike.

IEC61850 definira stroga pravila za realizaciju interoperabilnosti između funkcija i uređaja koji se koriste za zaštitu, upravljanje, nadzor i automatizaciju u trafostanici, neovisno o njihovim proizvođačima. Interoperabilnost upravo podrazumijeva da dva ili više numeričkih releja (IED) jednog ili više proizvođača međusobno razmjenjuju informacije, koje se koriste za izvođenje različitih funkcija u automatizacijskom sustavu trafostanice. Glavni doprinos IEC61850 standarda je definiranje objektnog modela za kompletnu opremu u trafostanici. Osnovni pomak IEC61850 standarda ostvaren je na planu objektnog modeliranja, odnosno raščlanjivanja kompleksnih struktura na manje cjeline (slika 1.) [2].



Slika 1. shema pojednostavljenog logičkog modela [2]

2. POSTROJENJE TS 35/10(20)kV Županja 1

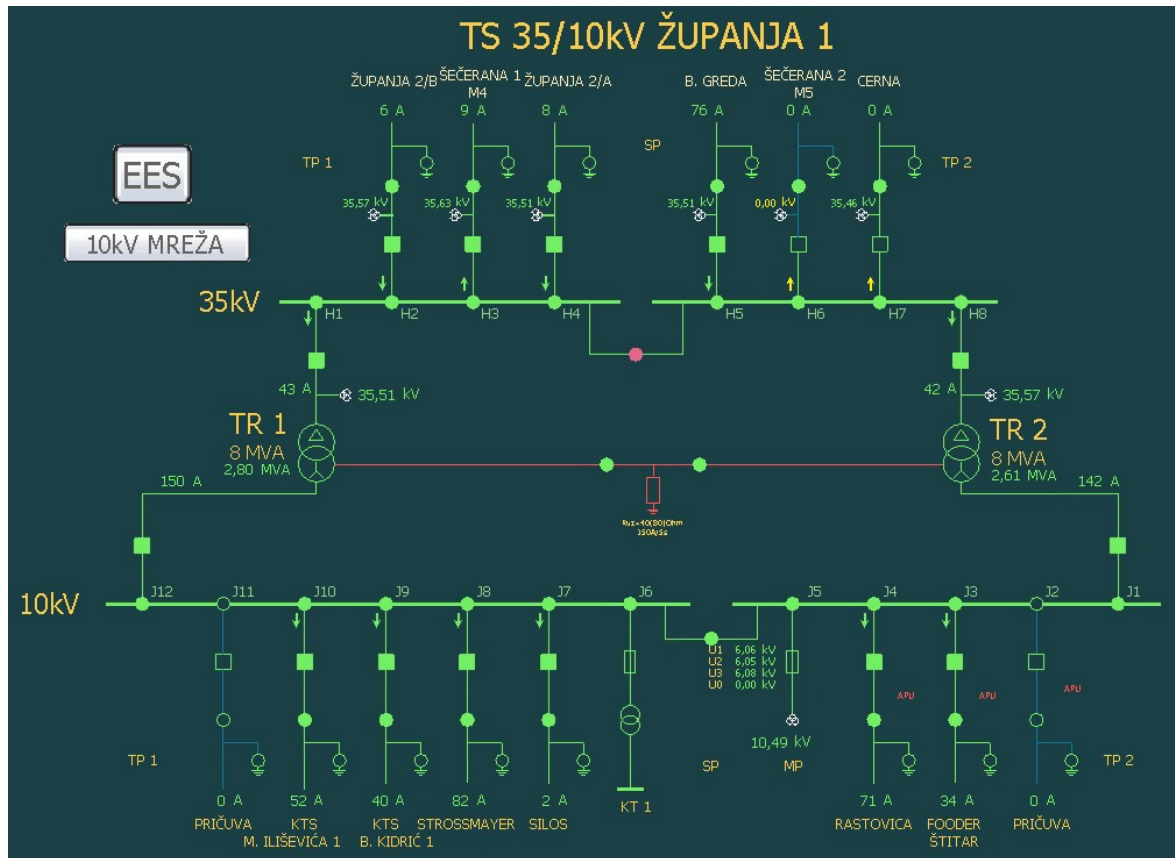
Trafostanica TS 35/10(20)kV Županja 1 (slika 2) izgrađena je davne 1965. godine u vrijeme elektrifikacije područja naselja Županja i raspolagala je s dva energetska transformatora od 4MVA.



Slika 2. trafostanica TS 35/10(20)kV Županja 1 - rekonstrukcija

Tijekom 2005. godine revitaliziran je sekundarni dio postrojenja tj. izvršena je zamjena elektromehaničkih releja s numeričkim relejima. Komunikacijsko povezivanje u SCADA sustav ostvareno je tek izgradnjom optičke infrastrukture i povezivanja lokacije u HEP LAN/WAN mrežu. 2010. godine postrojenje je povezano u novi SCADA sustav Elektre Vinkovci (ABB Network manager). Komunikacija na razini stanice tj. između numeričkih releja i kontrolnog komunikacijskog uređaja (KKU) se odvijala samo putem standarda IEC61870-5-103 i MODBUS, dok se komunikacija prema dispečerskom centru odvija putem IEC61870-5-104. 2017. godine obavili su se veliki zahvati na rekonstrukciji kompletne trafostanice koji su uključivali

radove na građevinskom dijelu, izmjenu primarnog dijela postrojenja (energetski transformatori od 4MVA zamijenjeni su s novim energetskim transformatorima od 8MVA – slika 3) i izmjenu vezanu za sekundarno postrojenje. U sekundarnom postrojenju odlučeno je da će se izvršiti zamjena numeričkih releja samo na 10(20)kV dijelu postrojenja, a da će se njihova nova komunikacija odvijati putem IEC61850 standarda, a ne putem IEC61870-5-103.



Slika 3. jednopolna shema postrojenja TS 35/10(20)kV Županja 1

2.1. KOMUNIKACIJSKA PETLJA PUTEM IEC61850 - 10(20)kV POSTROJENJE TS ŽUPANJA 1

Osnovu sustava zaštite postrojenja niže naponske razine čine numerički releji s mogućnošću komuniciranja prema dispečerskom centru i međusobno po staničnoj procesnoj LAN sabirnici mreže standardom IEC61850. Centralni preklopnik za IEC61850 smješten je u ormaru zaštite (slika 4.), a releji povezani s njim ostvaruju sljedeće funkcije [3]:

- funkcija trofazne nadstrujne zaštite sa podesivim vremenom,
- funkcija trofazne kratkospojne zaštite sa podesivim vremenom,
- funkcija zemljospojne zaštite sa podesivim vremenom,
- funkciju usmjerene osjetljive zemljospojne zaštite sa podesivim vremenom,
- funkciju automatskog ponovnog uklopa APU,
- funkcija podnaponske zaštite,
- funkcija nadnaponske zaštite,
- funkcija podfrekventne zaštite,
- funkcija nadfrekventne zaštite,
- funkcija lokatora kvara,
- blokade na razini polja,
- brojanje isklopa prekidača po vrstama prorade zaštite i sumarno arhiviranje,
- funkciju zaštite od zatajenja prekidača,
- funkcija nadzora isklonog kruga,

- lokalno i daljinsko upravljanje prekidačem,
- lokalna signalizacija prorada svih zaštita po vrstama i stanja releja,
- mjerenje struja, napona, frekvencije, radne i jalove energije,
- kontrola i zapis unutarnjeg kvara releja,
- komunikacijsko sučelje za interaktivni rad s uređajem,
- stražnji sistemski port za komunikaciju po IEC61850.



Slika 4. preklopnik za IEC61850 u postrojenju

Na LAN preklopnik poslovne HEP WAN mreže (slika 5), u istom VPN okruženju spojen je i novi preklopnik za međuvezu releja zaštite niže naponske razine postrojenja. Na ovaj način ostvaruje se komunikacija KKR računala po IEC61850 standardu s relejima zaštite u 10(20)kV poljima, dok je u isto vrijeme omogućen i servisni pristup svim relejima putem SMS petlje. Na ovaj način osigurana je servisna dostupnost releja zaštite u postrojenju s neke od udaljenih lokacija, a sigurnost komunikacije osigurana je kreiranjem zasebne procesne VPN mreže na preklopniku WAN mreže u postrojenju.

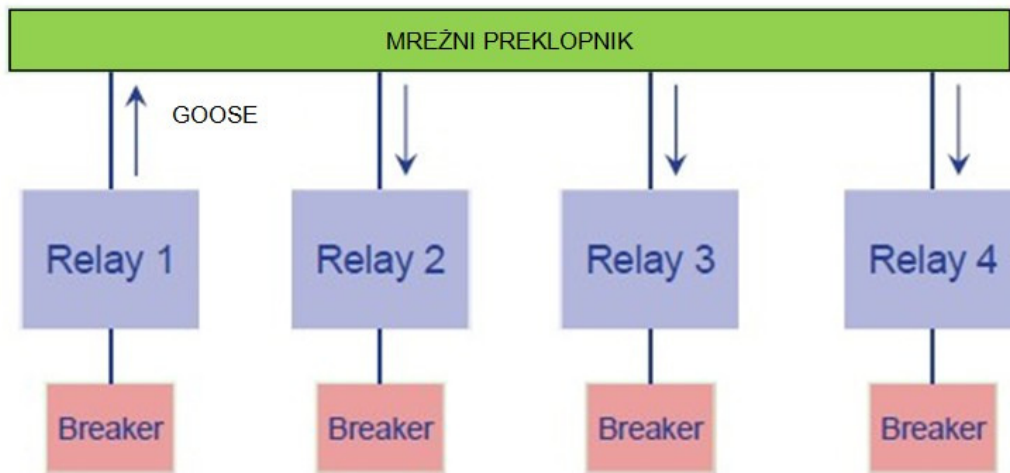


Slika 5. preklopnik HEP WAN mreže u postrojenju

2.2. IEC61850 mrežna arhitektura - korištenje GOOSE poruke

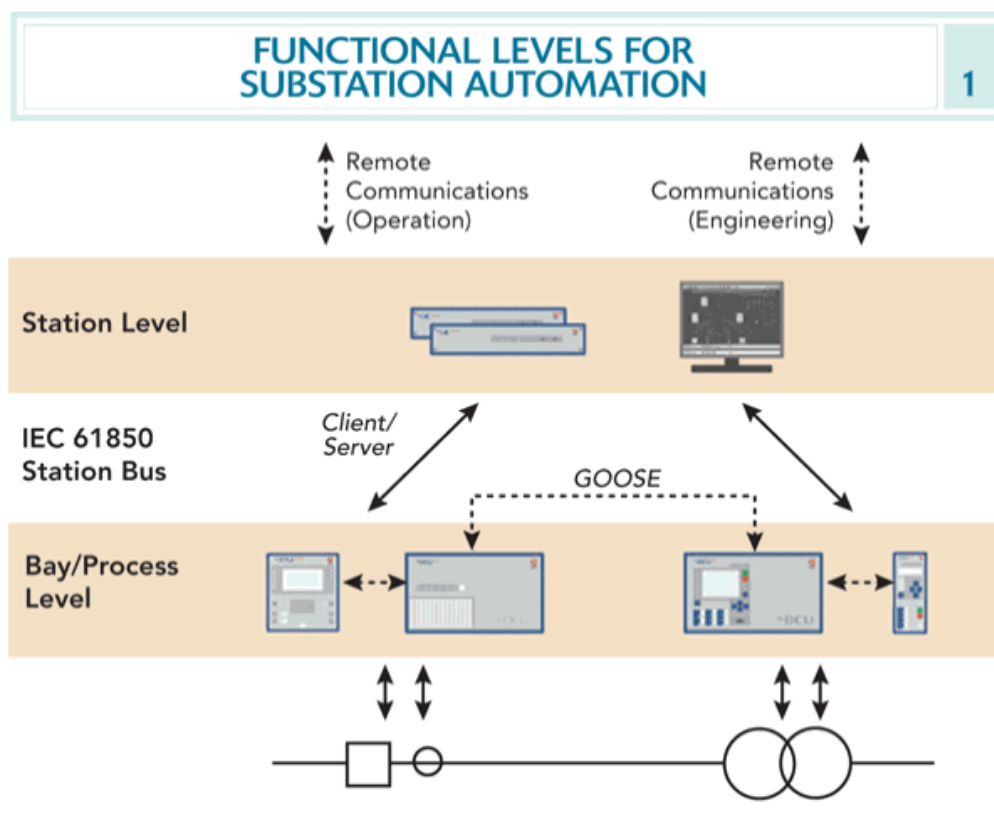
GOOSE poruke (Generic Object Oriented Substation Event - Općenito objektno orijentiran događaj) predstavljaju jedan od najvažnijih noviteta standarda IEC61850. GOOSE poruke su jako brzi prijenosi promjene neke varijable ili mjerne veličine iz nekog uređaja u bilo koji drugi ili više njih. Takve poruke sadrže razne vrijednosti podataka, koji se šalju više puta u intervalima, te se tako omogućuje da vrlo velikom brzinom (svega nekoliko ms) poruke budu s velikom vjerojatnošću proslijeđene do cilja. Preduvjet za ostvarenje brze međusobne komunikacije je nova komunikacijska arhitektura tj. prenošenje informacija putem ethernet mreže bez dodatnog fizičkog ožičavanja. GOOSE poruke nisu adresirane od pošiljatelja prema primatelju, one se šalju u mrežu s identifikacijom pošiljatelja i poruke, no bez adrese isporuke. Svi uređaji na istoj komunikacijskoj sabirnici (u ovom slučaju procesnoj LAN sabirnici) "vide" poruku i u ovisnosti o poruci tj. njezinoj važnosti odlučuju za sebe trebaju li "pogledati" sadržaj (slika 6). Budući da IEC61850

teži cilju da oprema za istu namjenu različitih proizvođača sadrži međusobnu interoperabilnost, ovo predstavlja jedan od najvažnijih benefita standarda IEC61850 [4].



Slika 6. IEC61850 mrežna arhitektura [2]

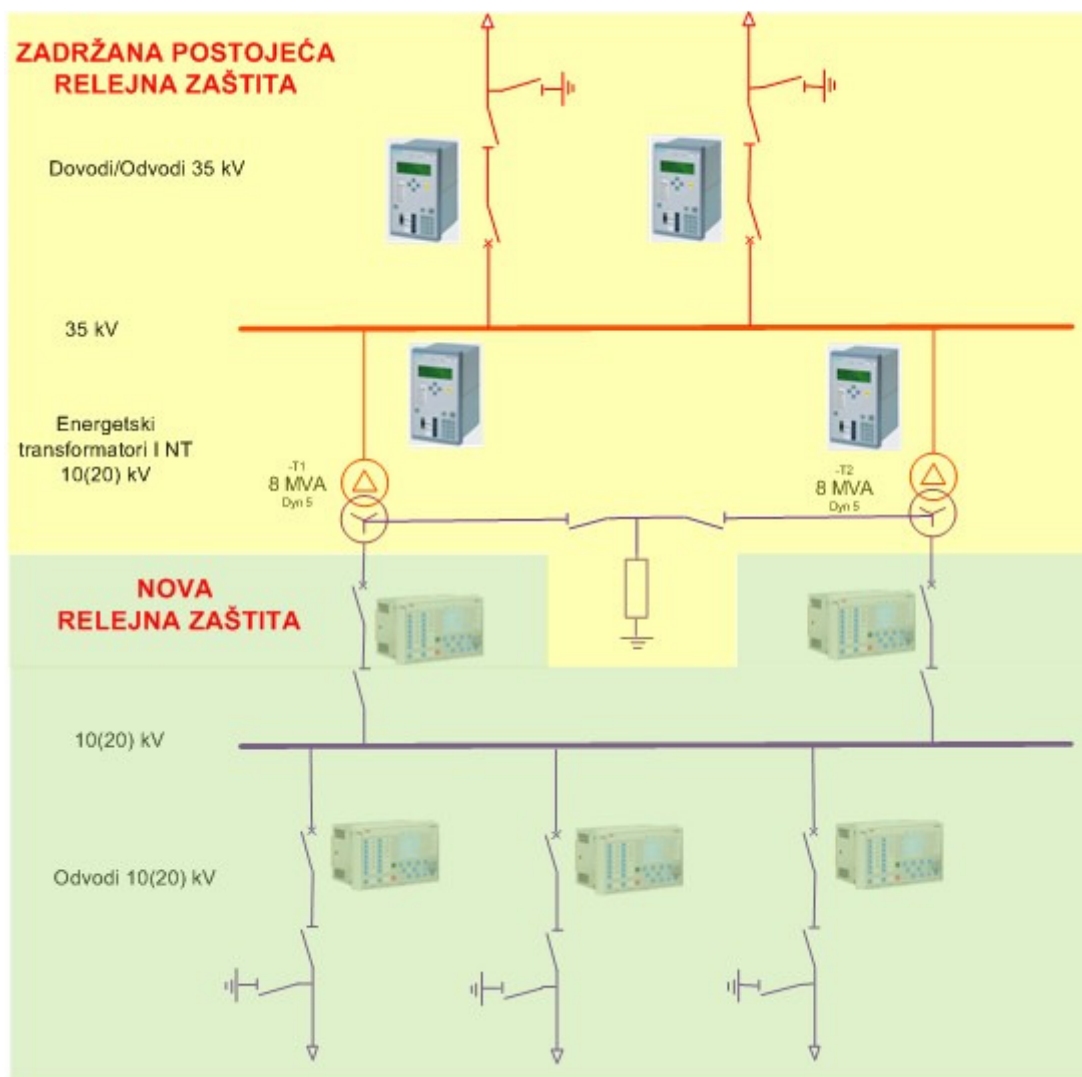
Dakle, GOOSE se poruka s jednog numeričkog zaštitnog uređaja proslijeđuje prema svim ostalim uređajima koji se nalaze na istoj komunikacijskoj sabirnici, a u ovisnosti o njezinom sadržaju samo neki uređaji kojima će ona biti bitna, prihvatiti će ju, te će odraditi određenu zaštitnu funkciju [2]. Opisana komunikacija odvija se unutar stanične LAN procesne sabirnice za IEC 61850 (IEC 61850 Station Bus) - slika 7.



Slika 7. IEC 61850 Stanična procesna LAN sabirnica

2.3. PRIMJER UPOTREBE GOOSE PORUKA NA RELEJIMA - 10(20)kV POSTROJENJE U TS 35/10(20)kV ŽUPANJA 1

Rekonstrukcija TS 35/10(20) kV Županja 1 zamišljena je i realizirana u najvećoj mjeri kao zahvat za povećanjem instalirane snage, te kao priprema postrojenja 10kV za prelazak na rad s naponom 20kV. Stoga je razumljivo da je u projektnom rješenju, sa tehno-ekonomske strane u postrojenju 35kV zadržana postojeća relejna zaštita Siemens SIPROTEC 4, dok je u postrojenju 10(20)kV zbog nove koncepcije postrojenja zamijenjena relejna zaštita (slika 8). Relejna zaštita za postrojenje 10(20)kV trebala je sukladno projektnom rešenju imati mogućnosti razmjene informacija na razini stanične informacijske sabirnice „IEC61850 Station bus“, putem GOOSE poruka. Za potrebe rekonstrukcije TS 35/10(20) kV Županja 1 odabrani su terminali polja REF620 iz serije Relion proizvođača ABB, koji su se pokazali kao tehno-ekonomski najbolje rješenje.



Slika 8. koncept zamjene relejne zaštite

GOOSE poruke u TS 35/10(20) kV Županja 1 korištene su za realizaciju funkcija uvjetne zaštite sabirnica, te funkcije zaštite od zatajenja prekidača u odvodima 10(20)kV. Zaštita sabirnica se kod 10(20)kV mreža koje imaju radijalno napajanje ostvaruje GOOSE porukama tako da nadstrujni članovi nadzorno-zaštitnih jedinica u odvodima svojim startom blokiraju rad brzog nadstrujnog člana u dovodnom transformatorskom polju. U slučaju TS 35/10(20) kV Županja 1, uvjetna zaštita sabirnica realizirana je u dva sloja, i to kao zaštita sabirnica od kratkih spojeva i zaštita sabirnica od jednopolnih kvarova.

U slučaju zaštite sabirnica od kratkih spojeva nadstrujni članovi u odvodima svojim startom (PHLPTOC1 Start) blokiraju rad kratkospojne zaštite u polju dovoda sa transformatora. Ovim rješenjem je omogućeno nisko i vremenski kratko podešenje kratkospojne zaštite (PHHPTOC1) u dovodima sa transformatora

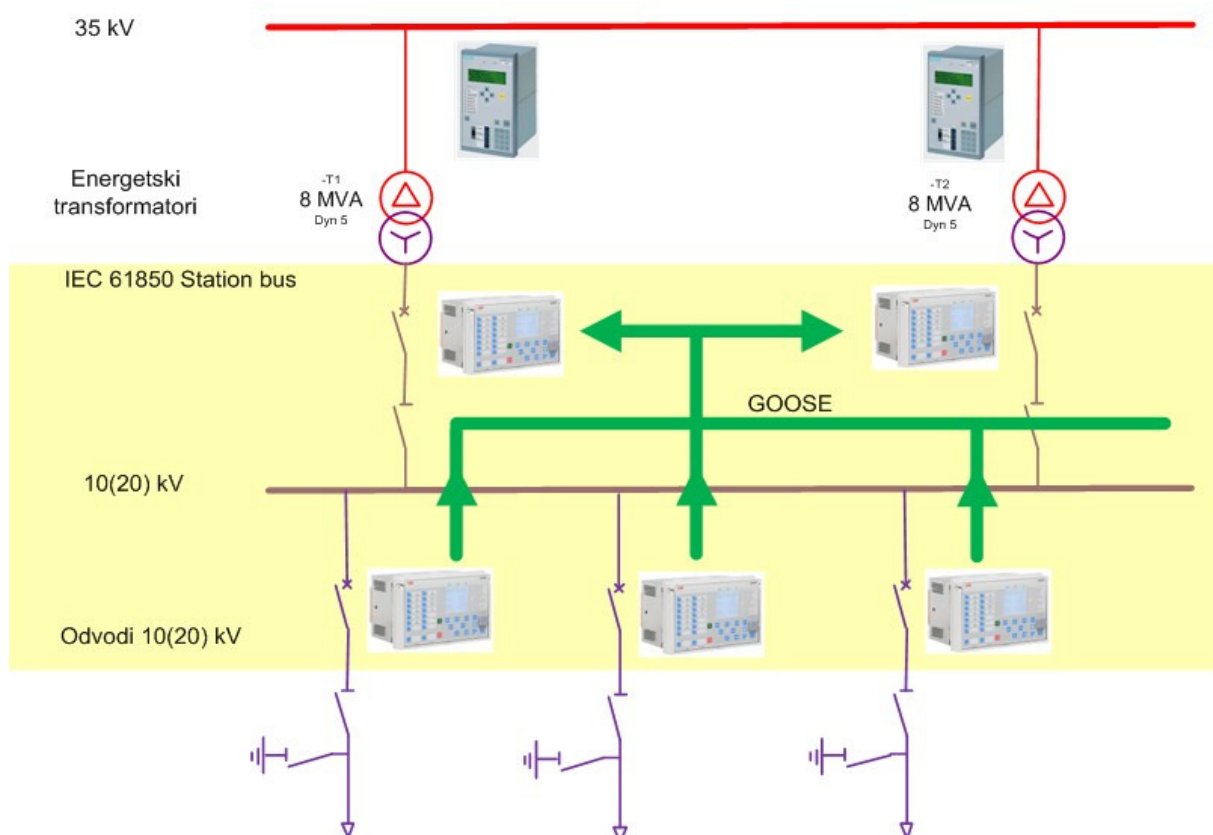
8MVA, koje bi bilo aktivno samo u slučaju da nije aktivan niti jedan nadstrujni član u odvodima 10(20)kV, što je i smisao zaštite sabirnica (slika 9).

2017-12-13	06:27:38	III	SOPN Deleted					blokada nadstrujnog člana u vodnom transformatorskom polju
08:29:04	ŽUPANJA 1	10kV	TRAFO POLJE 1	BLOKADA I>	PRORADA			
08:29:04	ŽUPANJA 1	10kV	TRAFO POLJE 2	BLOKADA I>	PRORADA			
08:29:04	ŽUPANJA 1	10kV	RASTOVICA	STRUJA	Kritično-Vrlo visoko	200.00	A	
08:29:04	ŽUPANJA 1	10kV	TRAFO POLJE 1	BLOKADA I>	NESTANAK			
08:29:04	ŽUPANJA 1	10kV	TRAFO POLJE 2	BLOKADA I>	NESTANAK			
08:40:12	ŽUPANJA 1	VRATA TS			OTVORENA			
08:40:16	ŽUPANJA 1	VRATA TS			ZATVORENA			

blokada nadstrujnog člana u dovodnom transformatorskom polju

Slika 9. primjer blokade rada kratkospojne zaštite u polju dovoda s transformatora

U slučaju zaštite sabirnica od jednopolnih kvarova (slika 10), nadstrujni članovi zemljospojne zaštite u odvodima svojim startom (EFLPTOC1 Start) blokiraju rad zaštite od jednopolnih kvarova u polju dovoda sa transformatora (EFLPTOC1 Block). Ova se zaštita dijelom podudara s već ranije realiziranom rezervnom relejnom zaštitom od jednopolnih kvarova koja je implementirana unutar zaštite otpornika za uzemljenje NT 10(20)kV, međutim ona ima veće područje djelovanja, jer pokriva i sabirnice 10(20) kV koje zaštita otpornika ne vidi, a obzirom na opisane blokade, moguće je koristiti i podešenje s kratkim vremenskim zatezanjem čime bi se umanjila šteta u slučaju eventualnog sabirničkog kvara. Ovim rješenjem je omogućeno vremenski kratko podešenje zaštite od jednopolnih kvarova (EFLPTOC1) u dovodima s transformatora 8MVA, koje bi bilo aktivno samo u slučaju da nije aktivan niti jedan nadstrujni član u odvodima 10(20) kV.



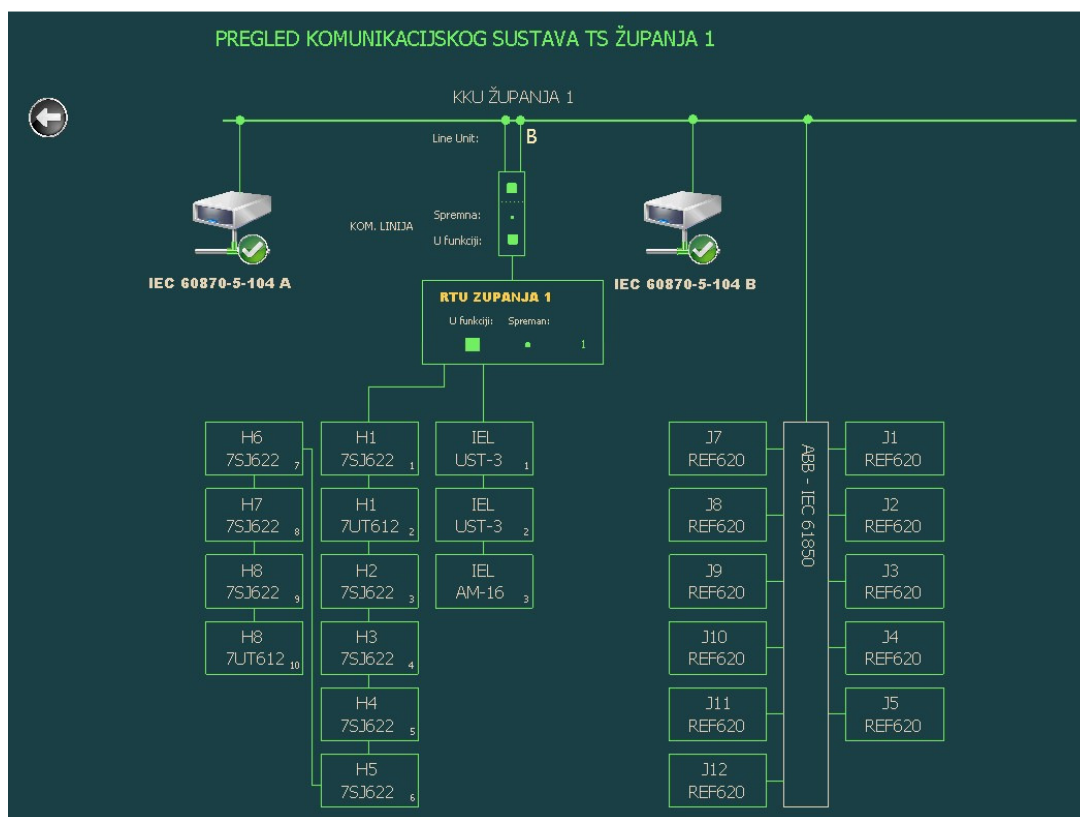
Slika 10. blok shema razmjene GOOSE poruka u postrojenju 10(20) kV

Po generiranju naloga za isklon prekidača, može se dogoditi da prekidač iz nekog razloga ne isklupi. Razlozi otkaza prekidača mogu biti različiti, od prekida linije prema isklonnom svitku do kvara u samom prekidaču. Da bi se napajanje mjesta kvara ipak prekinulo, aktivira se funkcija za zaštitu od otkaza prekidača (CCBRBF1) čija je zadaća da kontrolira da li se isklon po izdavanju naloga realizirao te ako

2.4. SCADA SUSTAV ELEKTRE VINKOVCI - standard IEC61850

The diagram illustrates a SCADA system architecture for a power distribution network. At the top left, a SCADA unit is connected to a central cloud labeled "HEP-LAN". Below the cloud, a network of IEC 61850 and IEC 104 communication protocols is shown. The IEC 61850 network connects the SCADA unit to a series of IEC 61850 PREKLOPNIK (circuit breakers) labeled J01 through J12. The IEC 104 network connects the SCADA unit to a MREŽNI PREKLOPNIK (network switch) and a LKKU (load shedding control unit). The LKKU is connected to a MODBUS interface, which in turn connects to a series of terminal units labeled H01 through H05. An Alarmni monitor (alarm monitor) is also connected to the MODBUS interface. The diagram shows a complex interconnection of these components, representing a typical SCADA system for power distribution.

9



Slika 12. komunikacijska blok shema na ekranskom prikazu za SDV TS 35/10(20)kV Županja 1

3. ZAKLJUČAK

Standard IEC61850 je zasnovan na procesnoj (komunikacijskoj) sabirnici (LAN, optika) koja nudi veliku fleksibilnost krajnjem korisniku. Osim što se omogućava prijenos podataka u smjeru SCADA sustava, ista sabirnica se koristi i za servisni pristup svim relejima putem SMS petlje. Na ovaj način smanjeno je brojno fizičko ožičavanje, a korištenjem GOOSE poruka za izmjenu podataka ethernet mrežom smanjeni su troškovi montaže i ispitivanja, te je automatski povećana pouzdanost sustava. Budući da IEC61850 teži cilju da oprema za istu namjenu različitih proizvođača sadrži međusobnu interoperabilnost, ovo predstavlja jedan od najvažnijih benefita standarda IEC61850. Na primjeru revitalizacije 10(20)kV postrojenja TS 35/10(20)kV Županja 1, korištene su prednosti GOOSE poruka kod funkcija zaštite sabirnica od jednopolnih kvarova i kratkih spojeva, te funkcija zaštite prekidača od zatajenja.

4. LITERATURA

- [1] Drew Baigent, Mark Adamiak, Ralph Mackiewicz: IEC 61850 Communication Network and Systems in substations
- [2] Ralph Mackiewicz: IEC 61850 Technical Overview, SISCO, 2011
- [3] Mario Perić, Dario Lovreković: Tehnička dokumentacija za izvođenje zamjene opreme SDV-a u TS 35/10(20)kV Županja 1, HEP - ODS, 2017.
- [4] Ralph Mackiewicz: Technical Overview and Benefits of the IEC 61850 Standard for Substation Automation