

Goran Leci
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d.,
Zagreb
goran.leci@koncar-ket.hr

Ivo Muslim
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d.,
Zagreb
ivo.muslim@koncar-ket.hr

Ivan Vukić
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d.,
Zagreb
ivan.vukic@koncar-ket.hr

Morana Babić
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d.,
Zagreb
morana.babic@koncar-ket.hr

ISKUSTVA IZ PRIMJENE IEC 61850 U SUSTAVU AUTOMATIZACIJE TRANSFORMATORSKE STANICE

SAŽETAK

Standard IEC 61850 je razvijen od strane radnih grupa 10, 11 i 12 međunarodnog tehničkog odbora 57 (IEC TC 57) krajem 2001. godine na temeljima tehničkog izvještaja IEEE TR 1550 objavljenog 1999. godine. Autori standarda vođeni su idejom da ostvare pojednostavljenu integraciju objekata, funkcija i informacija u sustavu automatizacije postrojenja. Točna i brza razmjena informacija između svih sudionika unutar postrojenja je jedna od važnijih činjenica za siguran i pouzdan pogon sustava. Dramatično poboljšanje integracije podataka u sustav automatizacije i snižavanje ukupne cijene inženjeringa, ispitivanja i održavanja s ciljem produženja životnog vijeka postrojenja su samo neki od mnogih ciljeva standarda IEC 61850. Nadalje, očekuje se i snižavanje troškova izgradnjom jedinstvene komunikacijske infrastrukture pomoću primjene standardnih tehnologija poput Ethernet-a i TCP/IP.

Standard IEC 61850 se razlikuje od drugih po tome što koristi objektni model za definiranje objekata i funkcija postrojenja, servise za grupiranje podataka i slanje prema nadređenom centru te razmjenu bilo koje vrijednosti na razini stanice poput slanja uzoraka mjerenja analognih vrijednosti. Primjena modela omogućava korištenja opreme različitih proizvođača i njihovu jednostavniju integraciju. U članku će se prezentirati uočeni nedostaci i obrazložiti predložena i realizirana rješenja.

Također, bit će navedene buduće smjernice razvoja standarda, s posebnim osvrtom na aktualne rezultate istraživanja u svijetu, kao što su razmjena međustaničnih GOOSE poruka za potrebe blokada, slanja prorada zaštita itd. Dosadašnja iskustva pokazuju da je potrebno definirati dugoročno rješenje po pitanju komunikacije za potrebe zaštite i upravljanja, ali i šire. U članku će biti prezentirana iskustva zasnovana na nekoliko domaćih i jednoj stranoj trafostanici s različitim proizvođačima sekundarne opreme gdje je korištena vertikalna i horizontalna komunikacija u skladu s IEC 61850 standardom.

Ključne riječi: IEC 61850, GOOSE poruke, interoperabilnost

IEC 61850 IMPEMENTATION EXPERIENCES IN SUBSTATION AUTOMATION

SUMMARY

Standard IEC 61850 is developed by working groups 10, 11 and 12 International Technical Committee 57 (IEC TC 57) at the end of year 2001 on basis Technical Report IEEE TR 1550 published in year 1999. Authors were leaded with idea to achieve simplified object integration, functions and information in substation automation. Precise and fast information exchange among participants inside

substations is one of the most important issues for safe and reliable system. Dramatic data integration enhancement inside substation automation and cost reducing total price for engineering, commissioning and maintenance with objective prolong substation lifetime are only few of many objectives of standard IEC 61850. Besides, it is expected and an additional cost reducing erection of unique communication infrastructure with Ethernet technology and TCP/IP help.

Difference from IEC 61850 and others is fact that object model for object definition and substation functions, data grouping and sending services toward higher control center and any value inter station exchange like a sampled analogue measured value sending. Model application unleashes the use of different equipment producers and its simplified integration. In the article detected disability, suggested and realized solutions with explanations will be presented.

It will be indicated future IEC 61850 improvement guidelines as well, with special accent on actual worldwide research results such as inter station exchange GOOSE messages for blocking, trip commands sending needs etc. Since experiences show that there is need to define long term solution for control and protection communication needs and wider. In the article experiences based on several domestic and foreign substations with different producers secondary equipment realized with horizontal and vertical communication help accordance to IEC 61850 will be presented.

Key words: IEC 61850, GOOSE messages, interoperability

1. UVOD

Smanjenje varijacija korištenih komunikacijskih protokola je od ključnog značaja za mala tržišta kao što je Hrvatska, kako za proizvođače opreme tako i za krajnje korisnike. Prednost korištenja standardnog protokola na razini trafostanice u odnosu na postojeća dosadašnja rješenja je međusobna povezivost i proširivost sustava s proizvodima drugih proizvođača. Standardizacijom staničnog komunikacijskog protokola rješavaju se dosadašnji problemi primjene opreme različitih proizvođača u okviru istog sekundarnog sustava postrojenja.

Kako standard IEC 61850 može biti različito tumačen od strane pojedinih proizvođača opreme, a što implicira otvorenost sustava jednog proizvođača prema drugima, još uvijek treba voditi računa o tome kojim programskim paketima će biti moguć inženjering sustava različitih proizvođača. U pripremno-edukacijskoj fazi projekta moguće je doći do neophodnih informacija koje će spriječiti kasnije probleme.

Najlakši način opisivanja novog standarda je da ga se promatra kao komunikaciju koja se sastoji od dva dijela: od jezika i od načina na koji se prenosi. Dakle, jezik je standard IEC 61850, a prenosi se putem Etherneta, kao i mnogo drugih TCP/IP kompatibilnih protokola. Najveće dobiti od novog standarda su interoperabilnost, odnosno mogućnost razmjene podataka između inteligentnih numeričkih uređaja jednog ili više različitih i korištenja za njihove vlastite funkcije. Standard podržava različite filozofije i dopušta slobodni razmještaj funkcija – konfiguraciju uređaja.

Pojednostavljeno, funkcija će raditi jednako bez obzira na izvedbu Ethernet mreže, bila ona centralizirana ili decentralizirana petlja ili zvijezda. Dugoročno, standard tek treba pokazati sve svoje prednosti, odnosno mora biti u stanju pratiti razvoj komunikacijske tehnologije kao i razvoj novih zaštitnih funkcija u samim uređajima te druge funkcije zahtijevane sustavom automatizacije trafostanice.

Standard IEC 61850 je uveo objektno orijentirani model za stvarne elemente postrojenja i nazvao ih logičkim čvorištima, kao osnovnu jedinicu sustava. Logički čvor je standardizirana funkcionalna grupa podataka čije se ime sastoji od četiri znaka.

U osnovi, postoje dvije vrste logičkih čvorova. Prvi logički čvor predstavlja skup podataka unutar staničnog sustava automatizacije postrojenja. Primjeri za navedene čvorove su nadstrujna zaštita PTOC ili mjerenje napona MMXU. Drugi tip čvora predstavlja skup podataka izvan odnosno na razini procesa postrojenja. Na primjer za energetske transformator to je logički čvor imena YPTR ili za prekidač logički čvor oznake XCBB. Logički čvorovi predstavljaju grupu podataka vezanih za određenu opremu koju predstavljaju u postrojenju, odnosno vezu između virtualnog i stvarnog svijeta [1].

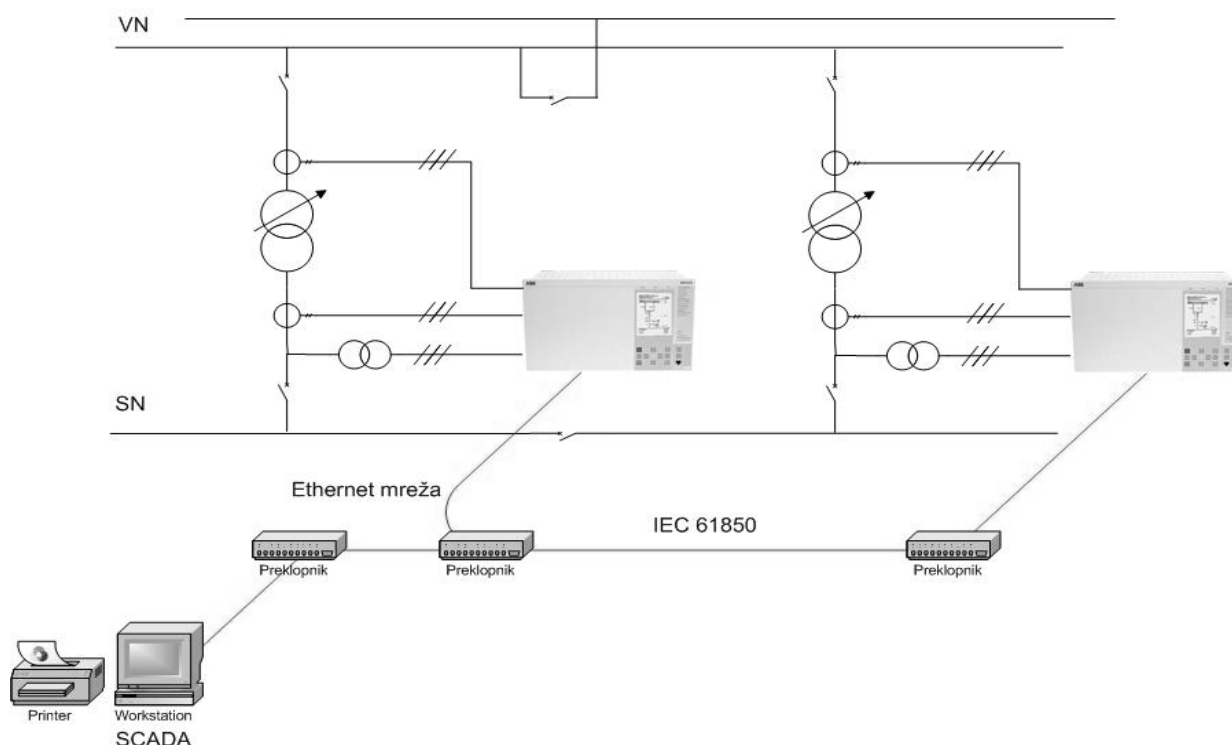
2. POGONSKA ISKUSTVA IZ PRIMEJNE STANDARDA IEC 61850

U novim postrojenjima na područjima za koje su nadležna prijenosna područja Osijek, Rijeka i Zagreb kao dijelovi HEP OPS d.o.o. primijenjeni su inteligentni numerički uređaji koje karakterizira sukladnost sa standardom IEC61850 kojim se definiraju informacijske karakteristike sekundarnog sustava elektroenergetskog postrojenja. Osnovu sekundarnog sustava novih trafostanica čine numeričke jedinice koje trajnom komunikacijom međusobno održavaju funkcionalnu vezu posredstvom GOOSE poruka, kao i sa staničnim računalima na razini trafostanice posredstvom izvještaja. Za potrebe međusobnih blokada sklopnih aparata koriste se GOOSE poruke umjesto standardnog rješenja sa žičanim blokadama. Sama procedura izrade blokada podrazumijeva različite vrste programiranja i konfiguriranja, korištenje specifičnih programskih alata i vještina. Kao i drugdje, i u konkretnom sekundarnom postrojenju se pojavljuju uređaji koji ne pripadaju istoj generaciji karakterističnoj za najveći broj uređaja. Kako se u postrojenju nalaze uređaji koji u svom osnovnom tehnološkom rješenju nisu IEC61850 kompatibilni, izvršena su prilagođenja uz pomoć uređaja za konverziju protokola. Osim za potrebe ostvarivanja blokadnih uvjeta, GOOSE poruke se koriste i za slanje podataka o položaju aparata iz mjerno-sekcijskog polja te stanja zaštitnih automata naponskih mjernih krugova za potrebe funkcije provjere sinkronizma u sklopu uređaja zaštite dalekovoda.

2.1. Paralelna regulacija napona energetske transformatora

Paralelna regulacija napona energetske transformatora je ostvarena razmjenom binarnih i analognih GOOSE poruka između regulatora napona dvaju transformatora u skladu s IEC 61850-8-1 i IEC 61850-9-1. Kao primjer navodimo rješenje u jednoj od realiziranih trafostanica u kojoj su instalirana dva regulacijska transformatora snage 20MVA, prijenosnog omjera 110/20kV, grupe spoja YNd5. Svako transformatorsko polje sadržava nekoliko inteligentnih numeričkih uređaja u funkciji zaštite i automatizacije.

Glavnina zaštitnih funkcija kao i funkcija za kontrolu napona integrirane su u jednom uređaju. Pošto transformatori mogu raditi u paraleli, realizirana je mogućnost automatskog prelaska u paralelni režim upravljanja regulacijom, a kontrola rada regulacije zasnovana je na praćenju kružne struje (Slika 1).



Slika 1. Princip rada paralelne regulacije napona uz pomoć GOOSE poruka

Funkcija regulacije napona je izvedena u skladu s IEC 61850. Regulacija napona u standardu je opisana s dva logička čvora: YLTC i ATCC. Oba se nalaze u svakom od numeričkih uređaja. Logički čvor YLTC predstavlja mehanizam regulacijske preklapke. Obuhvaća zadaće kao što su čitanje položaja

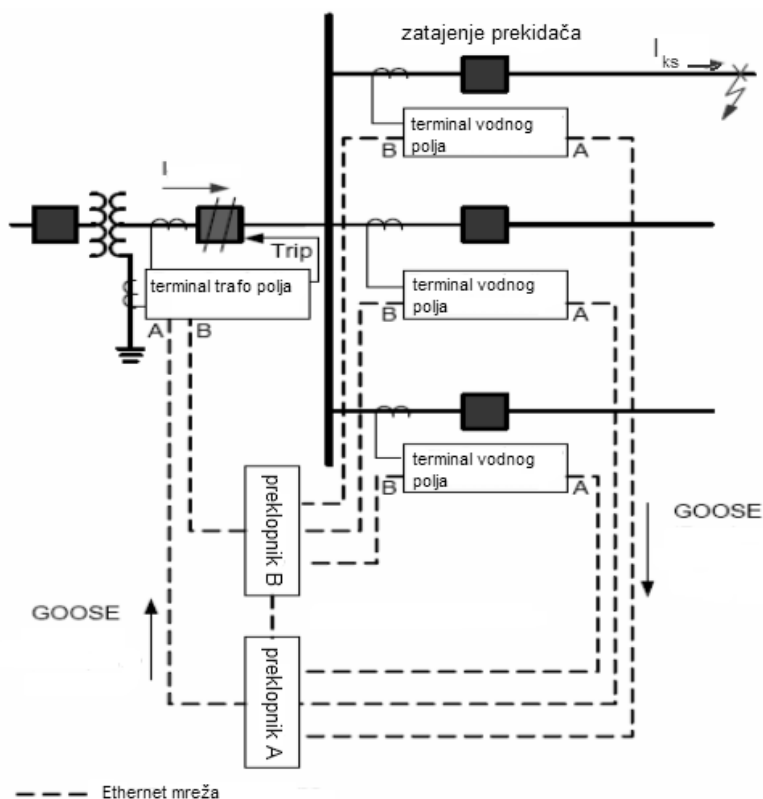
preklopke, nadzor rada regulacijske preklopke te izdavanja upravljačkih naloga "više-niže". Logički čvor ATCC predstavlja sam regulator i integrira funkcionalnost kao što su mjerenje i nadzor napona, podešavanje vremena prorade regulatora, kompenzaciju pada napona na udaljenim potrošačima, odabir aktualnog podešenja, mjerenje vrijednosti cirkularne struje itd. Za rad transformatora u paraleli nužna je izmjena podataka između numeričkih uređaja o izmjerenoj vrijednosti struja, izmjerenim vrijednostima napona, karakteristikama tereta, aktualnom položaju regulacijske preklopke, eventualnim blokadnim uvjetima, odabranom mjestu upravljanja itd.

Nažalost, za sada standard nije zaživio u punoj mjeri, djelomično zato što je u nekim dijelovima preslobodno definiran. Zbog toga je došlo do relativnih razlika u tumačenju standarda kod proizvođača numeričkih uređaja. Na primjer, nije moguće bez posebnih dorada povezati sa GOOSE porukama opremu različitih proizvođača. Nadalje, ne postoji univerzalni programski alat za izradu programskih blokada između numeričkih releja različitih proizvođača.

Djelomično zbog same filozofije standarda, koji je prepustio proizvođaču opreme da sam razvija programski alat, bez naputka kako program na kraju treba izgledati i koje karakteristike imati. Osim problema s horizontalnom komunikacijom, postoji i relativni problem s vertikalnom komunikacijom. Problemi su vezani uglavnom u definiranju izvještaja i podešavanjima istih za potrebe daljinskog vođenja sustava. Djelomično je i problem u tome što ne postoji zahtjev za dobivanjem KEMA certifikata za SCADA-e. Dakle, ako se koristi SCADA-a jednog proizvođača, a upravljačka jedinica od drugoga, može doći do problema s izvještajima te slanjima komandi prema aparatima, pošto standard ne previđa potrebu za testiranje SCADA-e od nezavisne ustanove KEMA ili odgovarajuće.

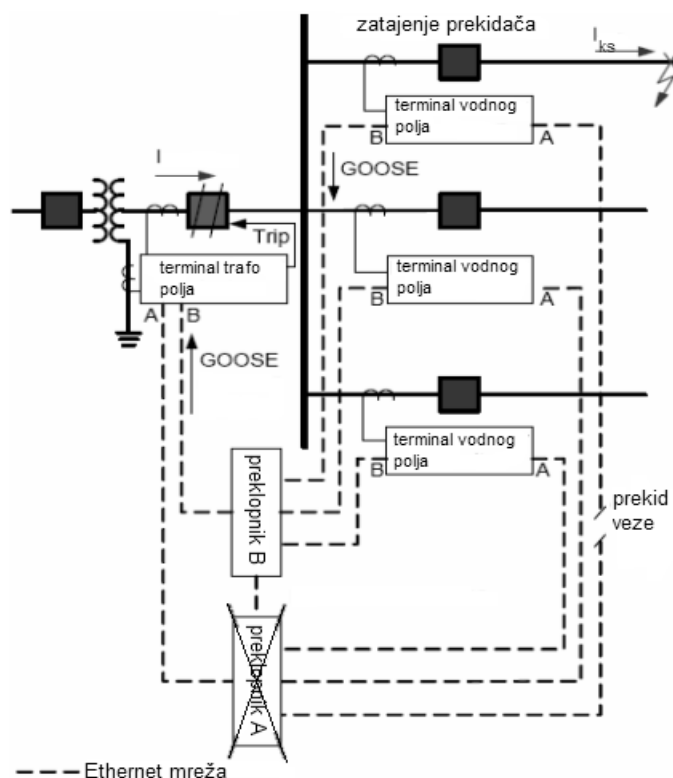
2.2. Zaštita od zatajenja prekidača

Svrha zaštite od zatajenja prekidača je minimiziranje štete u sustavu i na drugoj opremi za vrijeme kvarova u kojima prekidač ostane zatvoren nakon dobivanja naloga od strane releja za isključivanje odnosno ne izvrši svoju primarnu funkciju isključenja polja. Drugim riječima, kada se kvar pojavi na vodnom polju, relej šalje nalog za isključivanje svom pripadajućem prekidaču. Ako se prekidač ne otvori u određenom vremenskom razdoblju, relej šalje nalog za isključivanje prema prekidaču u nadređenom transformatorskom polju, odnosno na prekidač sekundara transformatora. Navedeni nalozi se šalju uz pomoć GOOSE poruka.



Slika 2. Implementacija zaštite od zatajenja prekidača s GOOSE porukama

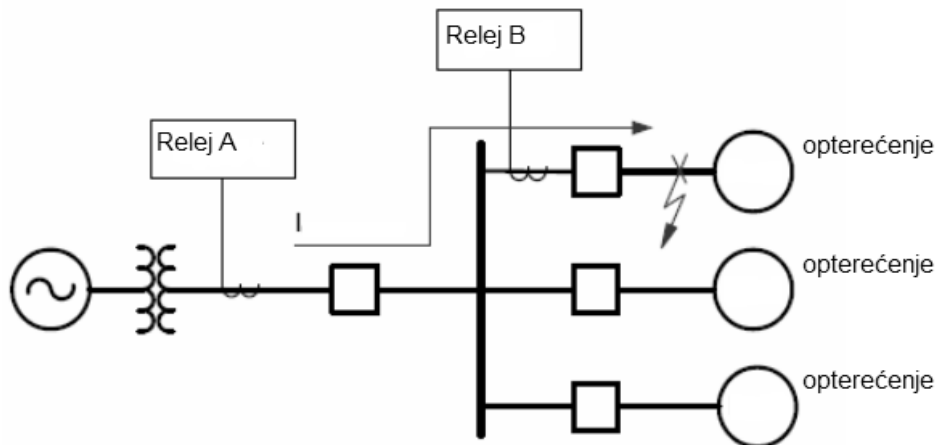
Releji su spojeni na redundantnu Ethernet mrežu s ciljem osiguranja pouzdanosti prijenosa informacije odnosno naloga za isključivanje prekidača. Korištenje redundancije je izrazito bitno i korisno za zaštitu od zatajenja prekidača iz razloga za zahtjevom o sigurnom i pouzdanom razmjeni GOOSE poruke putem mreže. Dakle, ako se slučajno jedan od preklopnika pokvari ili ostane bez napajanja ili dođe do kvara na mediju za prijenos podataka, odnosno optici, s redundancijom smo na sigurnoj strani za potrebe zaštite od zatajenja prekidača. Pogotovo iz razloga što se ne čeka potvrda o primljenoj informaciji od strane pošiljatelja, nego pošiljatelj šalje niz uzastopnih poruka bez provjere o njihovom prihvatu.



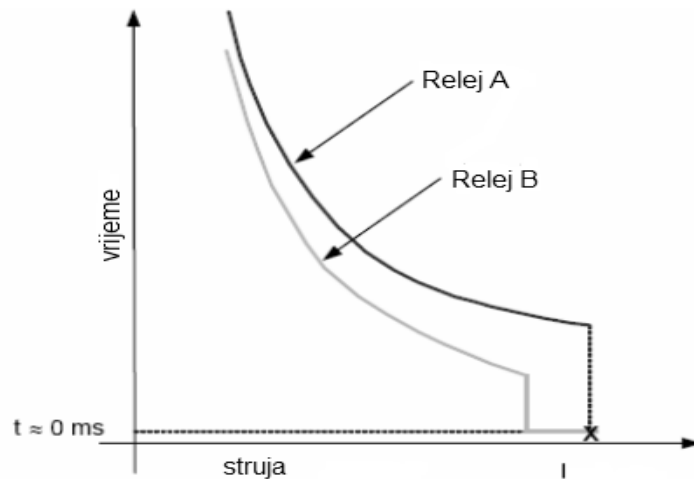
Slika 3. Zaštita od zatajenja prekidača u slučaju prekida optike ili kvara na preklopniku

2.3. Uvjetna zaštita sabirnica

Uvjetna zaštita sabirnica vrlo brzo čisti kvarove na sabirnicama, poboljšava sigurnost osoblja, minimizira kvarove i produžava radni vijek opreme. Uvjetna zaštita sabirnica zahtijeva informacije između transformatorskog polja i vodnih polja putem Ethernet mreže. Bliski kvarovi na vodnim poljima se otklanjaju vrlo brzo sa pripadnim trenutnim članom nadstrujne zaštite.

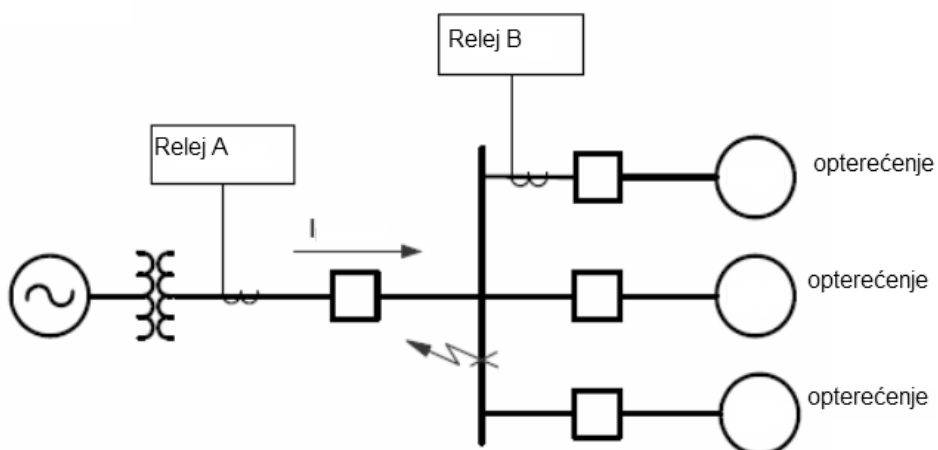


Slika 4. Prikaz kvara u vodnom polju

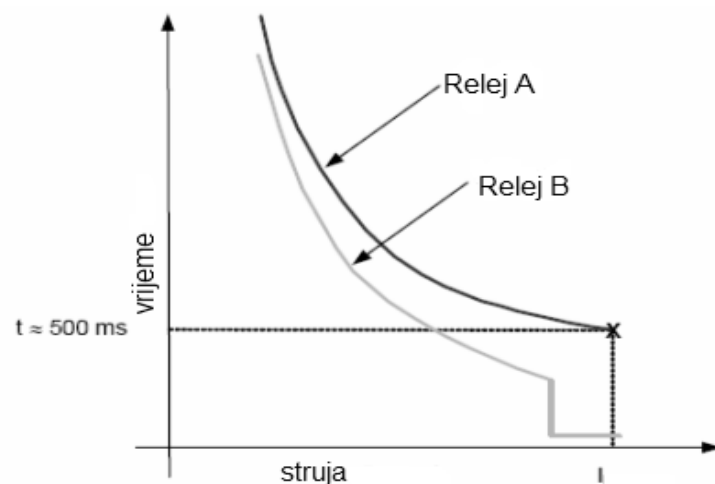


Slika 5. Vremenski prikaz odrade releja u vodnom i transformatorskom polju za kvar u vodnom polju

U tradicionalno koordiniranim shemama, nadstrujni član u transformatorskom releju je vremenski i vrijednosno odmaknut od onog iz vodnog polja, zbog ostavljanja vremena za proradu zaštita u vodnim poljima. Korištenje žice kao medija za prijenos blokade za potrebe uvjetne zaštite sabirnica dovelo je do problema da moramo imati dovoljni vremenski odmak za podešenje zaštite u slučaju kvara na vodnim poljima, odnosno da ne bi došlo do neželjene prorade zaštite u transformatorskim poljima te nestanka napona na sabirnicama.

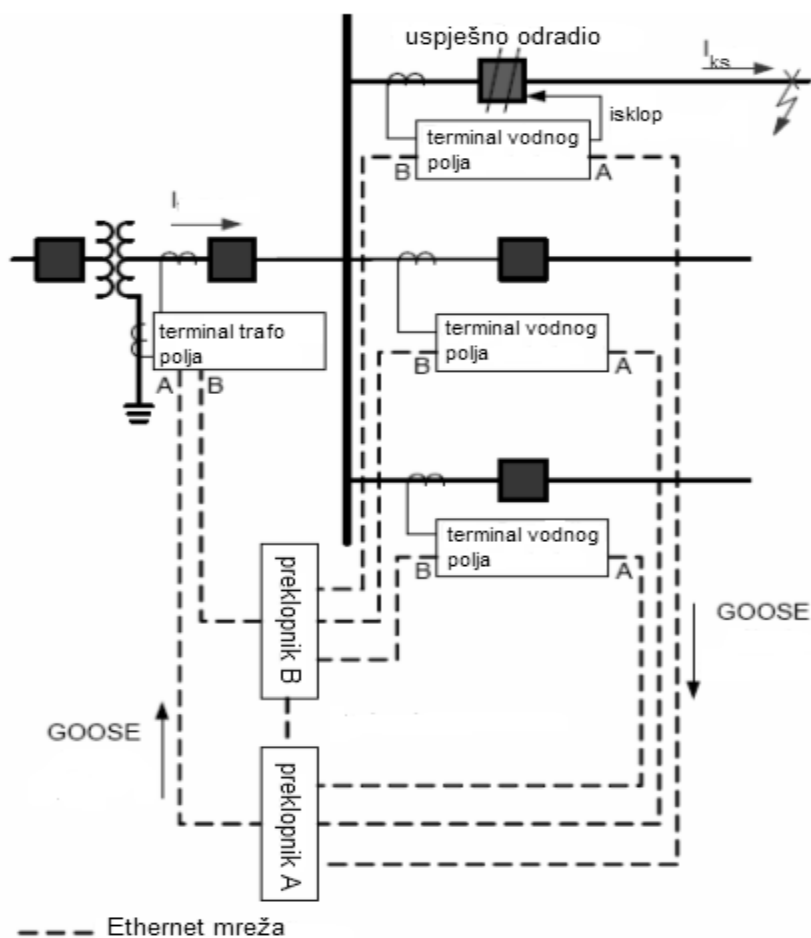


Slika 6. Prikaz kvara na sabirnici



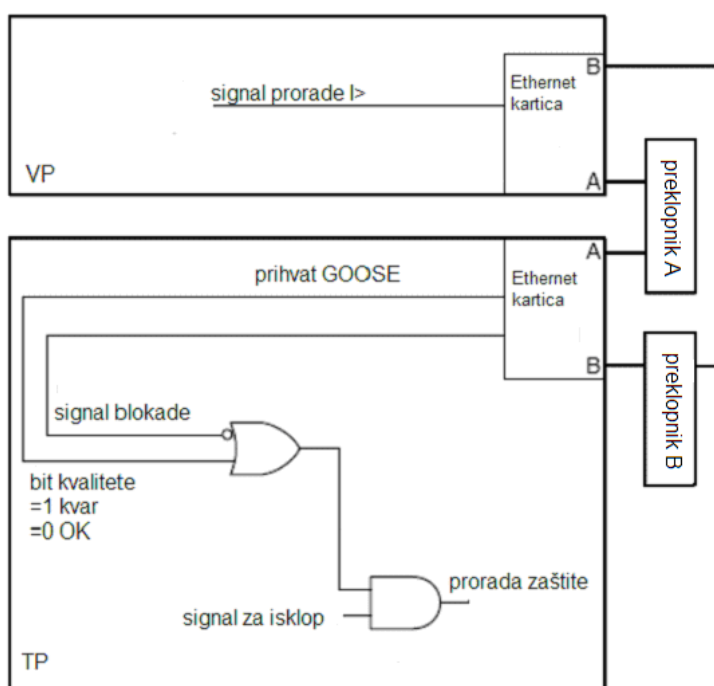
Slika 7. Vremenski prikaz odrade releja u vodnom i transformatorskom polju za kvar na sabirnici

Navedeni vremenski razmak od 500 ms je prevelik te bi ga trebalo skratiti na kraće vrijeme od na primjer 100 ms. Na blok shemi u releju za zaštitu sekundara transformatora koristi se nadstrujni element s konstantnim podešenjem vremena za detektiranje kvarova na sabirnicama. Vremenski odmak je podešen na 100 ms. Radi blokiranja navedenog vremenskog člana u slučaju kvara na vodnim poljima, relej iz vodnog polja šalje signal za blokiranje nadstrujnog člana u transformatorskom polju, sve dok postoje uvjeti za detekciju kvara na vodnom polju signal je aktivan. Za tu svrhu koristimo GOOSE poruku.



Slika 8. Poruka iz vodnog polja blokira proradu brzog vremenskog člana u transformatorskom polju

Razmjena GOOSE poruka je bazirana na uzastopnoj razmjeni informacija. Ako se jedna ili više vrijednosti promijene unutar GOOSE poruke, spremnik za slanje informacija se obnavlja i nove vrijednosti se odmah šalju primateljima na mreži. Ako nema promjena u određenom vremenskom razdoblju, GOOSE poruke se osvježavaju u određenim intervalima koji se definiraju s Max time, odnosno maksimalno dopuštenim vremenom koje dozvoljava da određena poruka bude aktivna na mreži sa zatečenim vrijednostima informacija. Dakle, to je vrijeme između GOOSE poruka s promjenama i GOOSE poruka bez promjena informacija odnosno njihovih vrijednosti. Releji koji prima GOOSE poruku zna maksimalno vrijeme od očekivane poruke, pa može detektirati je li GOOSE poruka primljena u tom maksimalnom očekivanom vremenu te na taj način signalizirati da postoji kvar u komunikaciju između releja. Unutar strukture IEC 61850 protokola postoji specifična varijabla koja ima ulogu provjere ispravnosti razmjene informacija. Ta varijabla se zove Message Quality (Bit kvalitete). Navedeni bit se ne prenosi sa samom GOOSE porukom, nego se stvara i kontrolira unutar releja koji prima GOOSE poruku. Dakle, svaka poruka koja se šalje nekom drugom releju ima bit kvalitete. Bit kvalitete osigurava sigurnu razmjenu informacija unutar GOOSE poruke te signalizira kvar kod primanja GOOSE poruke. Navedeno koristimo u primjeni blokade trenutnog člana nadstrujne zaštite u releju u transformatorskom polju u slučaju kvara na komunikaciji, jer takva bi situacija stvorila nekoordiniranu uvjetnu zaštitu sabirnica između vodnih polja i transformatorskog polja.



Slika 9. Logika prorade zaštite u transformatorskom polju

Kada navedena situacija nastane, koordinacija između nadstrujnih zaštita prelazi na tradicionalni način rada s dužim vremenskim odmakom.

3. ZAKLJUČAK

Automatizacija trafostanice uzimajući u obzir standard IEC 61850 zasnovan na procesnoj sabirnici nudi mnoge dobrobiti krajnjem korisniku. Značajna dobrobit je snižavanje troškova održavanja trafostanice za vrijeme eksploatacije. Na tržištu je zastupljeno više proizvođača koji nude rješenja zasnovana na procesnoj sabirnici. Pojedina rješenje se razlikuju između proizvođača zbog različite filozofije pristupa rješavanju zahtjeva spram krajnjeg proizvoda.

Jedna od važnijih aktivnosti koja se planira u bližoj budućnosti je uporaba standarda IEEE 1588, standarda za sinkronizaciju vremena na razini procesa unutar postrojenja. IEEE 1588 je standard koji podržava visoku točnost sinkronizacije uređaja putem komunikacijske infrastrukture, odnosno Ethernet. Planira se primjena standarda za sinkronizaciju vremena za daljinske decentralizirane ulazno-izlazne

jedinice. Dakle, čim se stvore navedeni preduvjeti, možemo očekivati optimizaciju sustava i njegove arhitekture u radikalnijoj mjeri i najvećoj mogućoj fleksibilnosti u automatizaciji postrojenja do sada.

Pretpostavka potpune interoperabilnosti između opreme različitih proizvođača te mogućnost kombiniranja iste na istom postrojenju u stvarnosti još nije u potpunosti ostvarena. Nužno je izvršiti pritisak na proizvođače opreme i sustava u smislu preciznijeg dogovaranja oko detalja koji su trenutno ograničavajući i onemogućuju fleksibilniju primjenu standarda IEC 61850 sa stajališta integratora i korisnika postrojenja.

LITERATURA

- [1] IEC 61850-3 Communication networks and systems in substations – part 3 General requirements, siječanj 2002.