

GOOSE KOMUNIKACIJA GOOSE COMMUNICATION

Dajana Cvijić, Zoran Stojanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U radu su prikazani osnovni principi modelovanja u okviru IEC 61850 protokola i GOOSE komunikacija kao poseban dio samog protokola. Osim samog modelovanja podataka, prikazana je i GOOSE komunikacija između zaštitnih uređaja - releja. Opisana je i ispitana jedna primjena GOOSE komunikacije, koja se odnosi na blokadu zaštitnih funkcija releja, čime je ujedno dokazana njena funkcionalnost i prednosti ovakvog vida komunikacije.

Ključne reči: IEC 61850, GOOSE komunikacija

Abstract – In this paper modelling within IEC 61850 protocol and GOOSE communication as special part of this protocol is presented. Except modelling, GOOSE communication between protective devices – relays is shown. One application, related to blocking of protection functions, of GOOSE communication is described and tested. In this way, functionality of GOOSE communication and its advantages are proven.

Keywords: IEC 61850, GOOSE communication

1. UVOD

Uvođenjem mikroprocesorskih i multifunkcionalnih zaštitnih uređaja – releja počelo je digitalno doba elektroenergetskih sistema. Na samom početku, prikupljanje informacija bilo je “offline”, odnosno nije bilo moguće uživo pratiti status rasklopne opreme i mjerenja. Međutim, unaprijeđenjem inteligentnih elektronskih uređaja IED-a (IED – Intelligent Electronic Device) i njihovih komunikacionih komponenti, omogućeno je uživo (“real-time”) praćenje i upravljanje elektroenergetskim postrojenjima. Ranih devedesetih godina, razni proizvođači su predstavili IED-e sa integriranim komunikacionim protokolima.

Velike razlike u načinu realizacije komunikacionih protokola među proizvođačima izazvale su pojavu novog problema, gdje je bilo teško ostvariti međusobnu komunikaciju ovih uređaja. Da bi se ovaj problem riješio, 2004. godine je nastao međunarodni standard danas poznat kao IEC 61850. Osim što je postao standardni komunikacioni protokol u elektroenergetici, IEC 61850 je postao i standard za dizajn i implementaciju upravljačkog sistema (SAS – Substation Automation System) u elektroenergetskim objektima.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Zoran Stojanović, vanr. prof.

U okviru IEC 61850 protokola postoji:

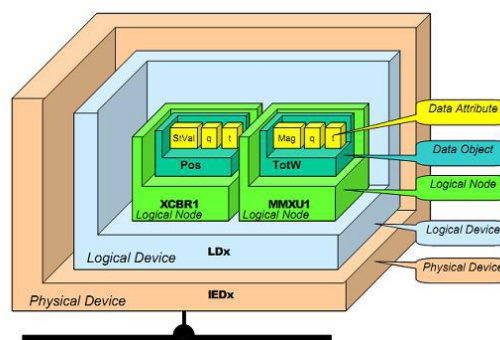
- vertikalna ili klijent-server komunikacija za koju se koristi protokol proizvođačkih specifikacionih poruka – MMS (*Manufacturing Message Specification*);
- horizontalna komunikacija za koju se koriste generički objektno orijentisani događaji GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*), koja je ujedno i tema ovog rada.

U nastavku rada će biti opisana osnovna struktura IEC 61850 protokola, osnovni principi rada GOOSE komunikacije i njena primjena, kao i rezultati praktičnog rada. Praktični dio rada zasniva se na podešenju i ispitivanju GOOSE komunikacije između zaštitnih uređaja – releja.

2. IEC 61850 PROTOKOL

Protokoli, korišćeni prije nastanka IEC 61850 protokola, definisali su kako se bajtovi podataka prenose žicom. Međutim, ti protokoli nisu definisali organizaciju podataka u smislu primjene. Ovakav pristup zahtijevao je od inženjera da ručno podešavaju objekte i mapiraju ih na promjenljive vezane za elektroenergetski sistem, ulazno izlazne module, itd. IEC 61850 protokol je jedinstven. Osim što definiše način prenosa podataka žicom, on definiše i način (model) na koji se organizuju podaci vezani za uređaje u elektroenergetskim sistemima.

Na ovaj način, postignuta je velika ušteda vremena u smislu organizacije i pripreme podataka potrebnih za podešenje objekata sistema. Organizacija, odnosno modelovanje podataka, u okviru ovog protokola prikazano je na slici 1.



Slika 1. Modelovanje podataka u okviru IEC 61850 protokola

Komponente jednog podatka u okviru IEC 61850 protokola su:

- fizički uređaj,
- logički uređaj LD (*Logical Device*),
- logički čvor LN (*Logical Node*),
- podatak koji opisuje objekat DO (*Data Object*),
- atribut podatka DA (*Data Attribute*).

Fizički uređaj (PD – *Physical Device*) je uređaj koji se povezuje na mrežu. Fizički uređaj se opisuje sa njegovom IP adresom. U okviru jednog fizičkog uređaja može da postoji jedan ili više logičkih uređaja. Logički uređaj (LD – *Logical Device*) dozvoljava fizičkom uređaju da se ponaša kao “gateway” za više uređaja, pri čemu on postaje konzentator podataka. IEC 61850 protokol ne definiše kako fizički uređaj treba da bude podijeljen u logičke uređaje. Logički uređaj grupiše logičke čvorove. Logički čvorovi (LN – *Logical Node*) su “folderi” koji sadrže podatke koji opisuju objekte DO (*Data Objects*). Obavezni logički čvorovi u okviru jednog logičkog uređaja su:

- LLN0, koji sadrži uobičajena pitanja (podatke) vezane za logički uređaj,
- LPHD, koji sadrži uobičajena pitanja (podatke) vezane za fizički uređaj.

Osim ova dva, mora postojati najmanje još jedan logički čvor. Logički čvorovi se sastoje od definisanog seta podataka koji opisuju objekte (DO-*Data Objects*). Podatak koji opisuje objekte je instanca (promjenljiva) vezana za klasu podataka (CDC-*Common Data Classes*). Atribut podatka (DA-*Data Attribute*) u sebi sadrži stvarne vrijednosti podatka. Svaki objekat koji opisuje podatak u sebi sadrži najmanje 3 atributa:

- vrijednost (npr. *stVal*),
- kvalitet (q),
- vrijeme (t).

Atributi su opisani sa funkcionalnim ograničenjima (*Functional Constraint*).

Jezik za opis podešenja transformatorske stanice SCL (SCL=Substation Configuration description Language) koristi se da opiše mogućnosti IED-a i omogućava razmjenu informacija između alata za podešenje IED-a različitih proizvođača. SCL je jezik zasnovan na XML-u. Postoje 4 različita tipa SCL:

- SSD (Substation Specification Description),
- SCD (Substation Configuration Description),
- ICD (IED Capability Description),
- CID (Configured IED Description).

Set podataka (*data set*) sadrži kolekciju referenci na objekte. On ne sadrži objekte koji opisuju podatke već reference na funkcionalno ograničene objekte ili funkcionalno ograničene attribute. Ove reference su članovi seta podataka i definišu podatke, koji treba da se prenesu kroz izvještaj. Članovi seta podataka, kao i njihov redoslijed, moraju biti poznati i klijentu i serveru. Set podataka može sadržati reference iz različitih logičkih čvorova.

Proizvodnja izvještaja i njihov prenos su kontrolisani pomoću kontrolnih blokova za izvještaje RCB (*Report Control Block*). RCB sadrži sve informacije neophodne za proizvodnju izvještaja i definisan je svojim atributima

(dodijeljeni set podataka, opcije za aktivaciju, opciona polja). Dodijeljeni set podataka definiše koji podaci će se prenositi, a opcije za aktivaciju definišu kada će se podaci prenositi.

U GOOSE komunikaciji, slanje podataka zasniva se na setovima podataka i GOOSE upravljačkim blokovima. Set podataka definiše koji podaci se koriste i šalju kao GOOSE poruke. GOOSE upravljački blok GCB povezuje set podataka i njegove attribute sa stvarnim podacima.

3. GOOSE KOMUNIKACIJA

GOOSE predstavlja generičke objektno orijentisane događaje. Cilj GOOSE-a je da zamijeni konvencionalnu žičanu logiku za razmjenu informacija između releja sa razmjennom informacija pomoću komunikacionih protokola. GOOSE se koristi u automatizaciji transformatorskih stanica za brzu horizontalnu komunikaciju između zaštitnih releja. GOOSE se može koristiti za direktnu razmjenu podataka, npr. razmjena informacija o blokadnim uslovima između zaštitnih releja. Prema IEC 61850-8-1 standardu, GOOSE koristi „izdavač/pretplatnik“ profil, gdje se informacije između uređaja razmjenjuju korišćenjem ethernet „multicast“ poruka. Poruka je „slika“ poslatog IEC 61850 seta podataka, koji je definisan u konfiguraciji [1]. Podešenje horizontalne komunikacije sastoji se iz podešenja GOOSE upravljačkih blokova (GCB) i podešenja GOOSE ulaza. Kao rezultat dobija se standardni fajl u formatu SCL fajla, koji opisuje konfiguraciju sistema i koristi se za zaštitne releje.

Razmjena informacija pomoću GOOSE poruka uspostavlja se koristeći specifičan GSE (Generic Substation Event = Generički događaj u transformatorskoj stanici) model. Ovaj model omogućava brzu i pouzdanu razmjenu informacija (ulaznih i izlaznih vrijednosti podataka). GSE model predstavlja efikasan metod za simultan prenos podataka (istih generičkih informacija) prema više različitih fizičkih uređaja koristeći „multicast“ servis. Prema standardu, GSE model odnosi se na razmjenu vrijednosti kolekcije atributa podataka. Standard definiše dva različita tipa poruka koja koriste GSE model. GSSE (Generic Substation State Event = Generički događaj u transformatorskoj stanici vezan za promjenu stanja) tip poruke ima mogućnost prenosa informacije o promjeni stanja, što znači parove bitova. GOOSE tip poruke može da prenese širok opseg atributa podataka organizovanih u set podataka. Osnovna razlika između ova 2 tipa poruka je da GSSE obezbjeđuje jednostavnu listu statusa, dok GOOSE obezbjeđuje fleksibilnu kombinaciju informacija organizovanih u set podataka. Prema tome, za GOOSE komunikaciju moraju biti definisane informacije koje treba da se prenesu. Kao što je već spomenuto u prethodnom poglavlju, razmjena podataka zasniva se na „izdavač/pretplatnik“ mehanizmu [2].

Praktično gledano, ovo znači da određen GOOSE upravljački blok (GCB) mora biti podešen za svaku GOOSE poruku. Ovaj upravljački blok sadrži informacije koje su potrebne za prenos seta podataka. GOOSE upravljački blok određuje MAC adresu (Media Access Control) za izvor i destinaciju GOOSE poruke. Odredišna adresa GOOSE poruke sadrži „multicast“ MAC adresu, dok izvorišna adresa GOOSE poruke sadrži „unicast“

MAC adresu. Prva tri okteta su definirana IEEE standardom i to su 01-0C-CD za GOOSE i GSSE poruke. Četvrti oktet MAC adrese definiše tip poruke. Vrijednost 01 koristi se za GOOSE poruke. Konačno, posljednja 2 okteta koriste se za pojedinačno adresiranje različitih tipova poruka. Specifični trocifreni heksadecimalni VLAN (Virtual Local Area Network) identifikacioni broj (broj lokalne virtualne mreže) također je dio GCB-a u opsegu od 000 do FFF. Ovo se koristi za identifikaciju VLAN-a u kom GOOSE poruka treba da se prenese. Prioritet GOOSE poruke može biti određen specifičnim VLAN prioritetskim brojem, koji je decimalna vrijednost u opsegu od 1 do 7. Poruke sa prioritetskom od 1 do 3 smatraju se porukama niskog prioriteta, dok se poruke sa prioritetskom od 4 do 7 smatraju porukama visokog prioriteta. Još jedan dio GOOSE upravljačkog bloka je i identifikacioni broj aplikacije APPID (Application identity number). Ovo je jedinstveni heksadecimalni broj za slanje GCB-a u okviru mreže. On određuje set podataka i GOOSE poruku. APPID ima heksadecimalni opseg od 0000 do 3FFF. Da bi se osiguralo primanje GOOSE poruke, ona se šalje više puta u brzim intervalima [2].

Neke od prednosti GOOSE komunikacije su sledeće:

- značajna ušteda u prostoru zbog smanjenja signala koji treba da se prenose žičano,
- smanjenje troškova za instalaciju postrojenja,
- konstantan nadzor GOOSE komunikacije omogućava brzo pronalaženje i rješavanje problema u slučaju nestanka komunikacije,
- proširenje sistema za automatizaciju, npr. dodavanjem novih IED-a, ne zahtjeva dodatno žičenje između releja ili izmjene postojećih ožičenja,
- itd.

U zavisnosti od izvedbe postrojenja, postoje različite primjene GOOSE komunikacije:

- blokada manipulacije rasklopnom opremom,
- blokada zaštitnih funkcija,
- zaštita od otkaza prekidača,
- zaštita od električnog luka,
- aktiviranje zapisa o snimljenom poremećaju.

4. PODEŠENJE I ISPITIVANJE GOOSE KOMUNIKACIJE IZMEĐU RELEJA

Za ispitivanje GOOSE komunikacije u laboratorijskim uslovima korišćeni su ABB releji serije 615: RED615 i REF615, kao i OMICRON CMC356 test set za ispitivanje zaštitnih uređaja - releja. Izgled testnog okruženja prikazan je na slici 2.

Prvi korak u podešenju releja je podešenje trenutnih neusmjerenih prekostrujnih zaštita koje su u ovim relejima označene kao PHIPTOC1 zaštite. Obje zaštite podešene su tako da imaju jednake vrijednosti struje prorade i vremenska zatezanja. Kako se relej REF615 koristi kao relej koji služi za zaštitu izvodnih polja, a RED615 kao relej za zaštitu dovodnog polja, važno je da se spriječi djelovanje releja RED615 prije releja REF615 u slučaju kada oba releja vide jednake struje kvara, a kvar se nalazi na izvodnom polju releja REF615. U slučaju

kada bi relej RED615 djelovao prije releja REF615, bez napajanja bi ostala sva izvodna polja iako je kvar detektovan na samo jednom polju.



Slika 2. Izgled testnog okruženja za ispitivanje GOOSE komunikacije

Da bi se neželjeno djelovanje zaštite spriječilo, koristi se blokada trenutne neusmjerene prekostrujne zaštite, realizovana kao GOOSE poruka. Osim GOOSE poruke, blokada će biti realizovana i žičano preko jednog digitalnog ulaza, da bi se izvršila uporedna analiza žičanih signala i signala realizovanih kao GOOSE poruka.

Žičana blokada realizovana je direktnim povezivanjem digitalnog izlaza releja REF615, koji je prethodno softverski povezan sa signalom pobude trenutne neusmjerene prekostrujne zaštite, na digitalni ulaz releja RED615. Ovaj digitalni ulaz kasnije se vezuje na *BLOCK* ulaz funkcionalnog bloka zaštite, čime mu je dodjeljena funkcionalnost blokade.

Da bi se uvela i GOOSE blokada u funkcionalni blok zaštite, potrebno je definisati GOOSE signale. Sva podešenja GOOSE funkcionalnosti rade se u PCM600 softveru. Prvi korak u definisanju GOOSE signala je kreiranje seta podataka, koji treba da sadrži informaciju o pobudi trenutne neusmjerene prekostrujne zaštite. Ovaj atribut se u okviru datog fizičkog uređaja može pronaći kao *LD0.PHIPTOC1.Str.general*. Osim ovog, setu podataka može se dodijeliti i signal prorade trenutne neusmjerene prekostrujne zaštite označen kao *LD0.PHIPTOC1.Op.general*, u cilju praćenja signala. Nakon što je set podataka kreiran, kreira se GOOSE upravljački blok sa parametrima definisanim u prethodnom poglavlju, a zatim se taj GCB dodjeljuje releju RED615. Nakon što su podaci dodjeljeni releju RED615, oni se mogu na odgovarajući način i iskoristiti. Da bi se GOOSE podaci mogli koristiti potrebno ih je "primiti" *GOOSERCV* blokom. U ovom slučaju koristi se *GOOSERCV_BIN* blok, koji služi za primanje digitalnih podataka, odnosno statusa. Kada su blokovi kreirani za svaki signal, oni se u okviru *Singal Matrix* alata povezuju sa prethodno definisanim signalima iz seta podataka. Na ovaj način je u potpunosti dodjeljena funkcionalnost GOOSE signalima.

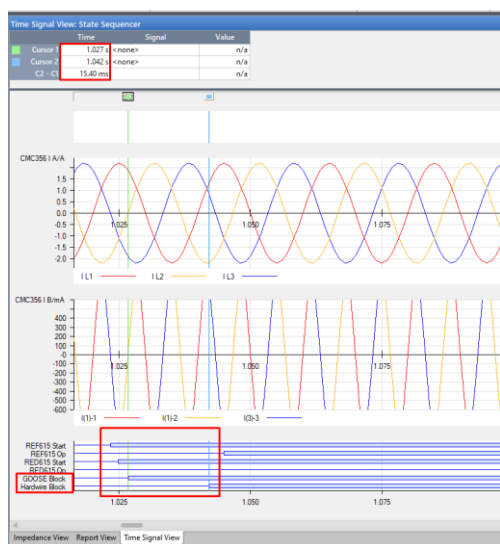
Ovako definisani signali sada se koriste dalje za blokadu zaštite (slika 3), povezivanje sa LED lampicama i na digitalne ulaze bloka *RDRE*, koji se odnosi na zapise o snimljenim poremećajima.



Slika 3. Funkcionalni blok trenutne neusmjerene prekostrujne zaštite sa blokadama

Za ispitivanje funkcionalnosti podešene GOOSE blokade korišćen je CMC356 test set sa odgovarajućim *State Sequencer* alatom. U okviru ovog alata podešena su tri stanja. U prvom stanju injektuju se nominalne struje za oba releja, u drugom stanju injektuju se struje kvara i poslednje stanje je ponovo stanje sa nominalnim strujama. Tokom stanja kvara posmatraju se vremenski signali koji se odnose na digitalne ulaze test seta CMC356. Na digitalne ulaze test seta povezani su signali pobude i prorade neusmjerene prekostrujne zaštite sa oba releja, signal GOOSE blokade i signal žičane blokade.

Na slici 4 prikazani su odzivi vremenskih signala tokom stanja kvara.



Slika 4. Vremenski odzivi signala tokom stanja kvara

Sa slike 4 uočava se da su oba releja dobila signal pobude zaštite približno u isto vrijeme, a 20 ms nakon pojave struje kvara. 2 ms nakon pojave signala pobude zaštite releja REF615 aktiviran je signal GOOSE blokade, što je rezultovalo time da nema prorade zaštite releja RED615. Prorada zaštite za relej REF615 desila se 40 ms nakon pojave struje kvara, što je u skladu sa podešenjem releja. Osim GOOSE blokade, prisutna je i žičana blokada, koja se pojavila 18ms nakon pojave signala pobude zaštite na releju REF615.

Da bi se izvršila uporedna analiza, kursorima su obilježeni trenuci pojave blokada i izračunata je vremenska razlika od 15.4 ms.

Ovim testom je ne samo dokazana funkcionalnost podešene GOOSE zaštite već i njena prednost u odnosu na žičanu blokadu.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu ukratko je objašnjen princip modelovanja podataka u okviru IEC61850 protokola, a zatim i GOOSE komunikacija kao poseban dio samog protokola.

Da bi se opisana funkcionalnost GOOSE komunikacije dokazala, u praktičnom dijelu rada podešena je i ispitana GOOSE komunikacija između dva zaštitna uređaja – releja, a na primjeru blokade zaštitnih funkcija.

Kako cilj rada nije samo dokazivanje funkcionalnosti već i prednosti GOOSE komunikacije, izvršena je uporedna analiza žičanog i GOOSE signala. Kako je za realizovanje žičane blokade neophodno korišćenje dodatnih digitalnih ulaza i izlaza, njihovo žičenje, ispitivanje i prostor koji zauzimaju predstavljaju značajnu manu u odnosu na GOOSE signal realizovan softverski. Osim toga, relej je GOOSE signal „primio“ 15.4 ms prije žičanog signala, u čemu se ogleda još jedna prednost ovog načina razmjene signala.

Uvođenjem IEC 61850 protokola, kao i GOOSE komunikacije, pojavljuju se značajne mogućnosti za unaprijeđenje IED-a i samih sistema automatskog upravljanja.

6. LITERATURA

- [1] ABB, „615 Series IEC 61850 Engineering Guide“, https://library.e.abb.com/public/63c98d28e525f279c1257b2f0054c237/RE_615_IEC61850eng_756475_EN_g.pdf (pristupljeno u septembru 2020.)
- [2] Jukka Piirainen, „Applications of horizontal communication in industrial power networks“, Tampere University of Technology, 2010.

Kratka biografija:



Dajana Cvijić rođena je u Tesliću 1995. godine. 2013. godine je upisala Fakultet tehničkih nauka, studijski program Energetika, elektronika i telekomunikacije. Na studijama se opredijelila za smjer Elektroenergetika – Elektroenergetski sistemi i diplomirala 2017. godine. Master studije upisala je 2017. godine.



Zoran N. Stojanović rođen je 22.07.1979. godine u Požarevcu. Doktorsku disertaciju pod nazivom "Usmereni releji bazirani na digitalnom faznom komparatoru" odbranio je 11.06.2012. godine na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Oblasti naučnoistraživačkog rada kojima se do sada bavio su relejna zaštita, razvodna postrojenja i monitoring i dijagnostika visokonaponskih postrojenja.