

ISPITIVANJE INTEROPERABILNOSTI ZAŠTITE RAZLIČITIH PROIZVOĐAČA U DIGITALNIM TRANSFORMATORSKIM STANICAMA

INTEROPERABILITY TESTING OF DIFFERENT MANUFACTURERS RELAY PROTECTION IN DIGITAL SUBSTATIONS

Nemanja VUKOB RAT, General Electric Vernova Grid Automation, Srbija

Marko GAMBERGER, Pro Integris, Hrvatska

Tomislav CANJUGA, Pro Integris, Hrvatska

KRATAK SADRŽAJ

U modernim elektroenergetskim sistemima sve je više zahteva za delimično ili potpuno uvođenje modernih relejnih uređaja za zaštitu i upravljanje sa tzv. Process Bus tehnologijom, kao posledica usvajanja novih znanja i tehnologija od strane kako proizvođača, tako i krajnjih korisnika. Takođe, zbog same prirode svih delova ove industrije, potpuno je uobičajeno da se u jednom objektu nalazi relejna oprema više proizvođača između koje mora postojati interoperabilnost u radu. U ovom radu je prikazano laboratorijsko ispitivanje pomenute interopeabilnosti dva proizvođača modernih mikroprocesorskih relejnih uređaja. Razmatrano je nekoliko mogućnosti i provereno alatima za ispitivanje relejne zaštite.

Ključne reči: Digitalne transformatorske stanice, Interoperabilnost, 61850.

ABSTRACT

In modern electric grids and systems requests for partial or full introduction of modern relay protection and control devices with Process Bus technology are beginning to rise, as a result of knowledge and technology developments with manufacturers and end users alike. Furthermore, because of the very nature of all parts of this industry, it is usual at a site to see several manufacturers of relay equipment between which a functioning interoperability must exist. This paper shows laboratory testing of interoperability between two manufacturers of modern microprocessor relay devices. Several possibilities were analyzed and verified by relay protection testing tools.

Key words: Digital Substations, Interoperability, 61850.

Nemanja Vukobrat, nemanja.vukobrat@ge.com

Marko Gamberger, marko.gamberger@prointegris.hr

Tomislav Canjuga, tomislav.canjuga@prointegris.hr

1. UVOD

Kako se u poslednje vreme često pominje, budućnost razvoja elektroenergetskih mreža je usmerena u nekoliko pravaca, između ostalog i digitalizacije (uvođenje digitalne tehnologije kako bi se povećala efikasnost troškova i zdravlje jednog sistema). Pomenuta digitalizacija je naročito primenjiva na objekte u elektroenergetskom sistemu uvođenjem modernih relejnih uređaja za zaštitu i upravljanje sa tzv. Process Bus tehnologijom. Zbog same prirode svih delova industrije elektroenergetike, potpuno je uobičajeno da se u jednom objektu nalazi relejna oprema više proizvođača između koje mora postojati interoperabilnost u funkcionisanju.

2. OPREMA DIGITALNE TRANSFORMATORSKE STANICE

U našoj laboratoriji određeni vremenski period smo imali na testiranju demo orman digitalne transformatorske stanice jednog proizvođača i releje za digitalne transformatorske stanice drugog proizvođača. Cilj testiranja je bio ispitati interoperabilnost i steći određena znanja i unaprediti postojeća.

Pomenuti demo orman (slika 1) se sastojao od sledećih uređaja:

- Dve sprežne jedinice sa po 2 seta struja i napona (2 logička uređaja), 16 binarnih izlaza, 12 binarnih ulaza i dva optička 100Mbps porta.
- Releji diferencijalne zaštite sabirnica sa Process Bus jedinicom (modulom) i 1588 PTP tehnologijom.
- Dva komunikaciona uređaja (eth. switch-a) sa dodatnom 1588 PTP tehnologijom.
- GPS časovnik sa dodatnom 1588 PTP tehnologijom.
- SCADA računar sa dodatnom 1588 PTP tehnologijom.



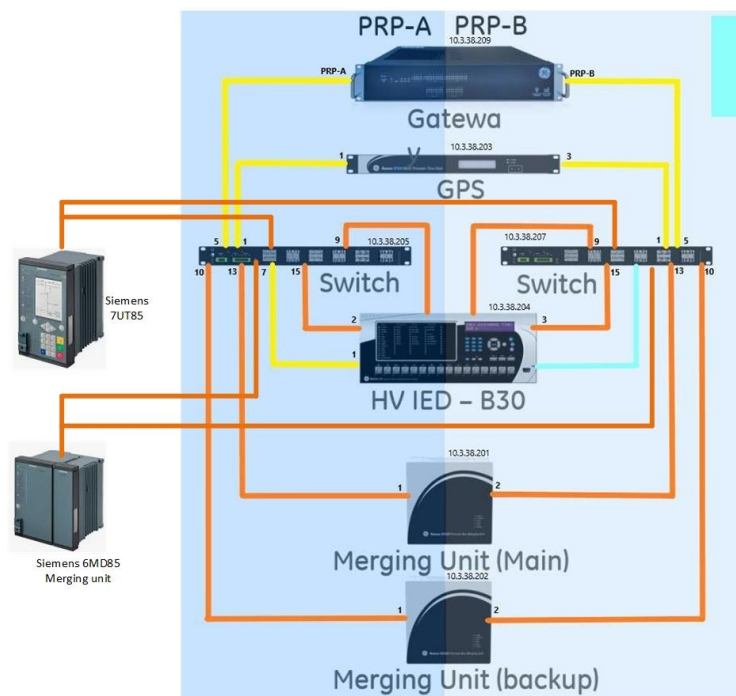
Slika 1 – demo orman digitalne transformatorske stanice

Dodatni releji za digitalne transformatorske stanice drugog proizvođača (slika 2) su bili sledeći:

- Jedna sprežna jedinice sa 1 setom struja i napona (1 logički uređaj), binarnim izlazima, binarnim ulazima i dva optička 100Mbps porta.
- Releji diferencijalne zaštite transformatora sa 1 setom struja i napona (analogni ulazi), Process Bus jedinicom (modulom) i 1588 PTP tehnologijom, binarnim izlazima, binarnim ulazima i dva optička 100Mbps porta.

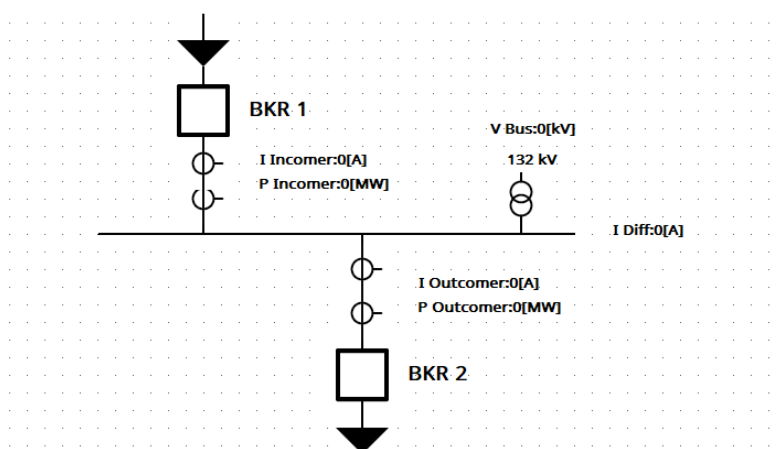


Slika 2 – dodatni releji digitalne transformatorske stanice



Slika 3 – mreža demo ormana digitalne transformatorske stanice i dodatnih releja

Na slici 3. je prikazana sva oprema koja se nalazi u pomenutom demo ormanu-u, arhitektura sistema kao i IP adrese i portovi putem kojih su ostvarene komunikacione veze, bilo optikom (narandžasta boja), bilo Ethernet kablom (žuta boja).



Slika 4 – Jednopolna šema „postrojenja” demo ormana

Kako je cilj ispitivanja bio provera interoperabilnosti releja nekoliko proizvođača, u relejnim uređajima i staničnom računaru je bila konfigurisana samo najosnovnija jednopolna šema, sa po jednim odvodnim, odnosno dovodnim poljem, sa jednostrukim neselektivnim sabirnicama, što se vidi na slici 4. Što se tiče zaštitnih funkcija i algoritama za rad sabirničke i drugih zaštita, nema nikakvih značajnih razlika u odnosu na iste kod klasičnih numeričkih releja (bez nove tehnologije).

Potrebno je napomenuti da interoperabilnost testirana samo za uputstvo za primenu standarda 61850-9-2LE zbog ograničenja određenog dela dostupne opreme (sprežnih jedinica starije generacije jednog proizvođača, kao i opreme za testiranje) i vremenske dostupnosti opreme i inženjera prilikom ispitivanja.

3. INTEROPERABILNOST

3.1 Početno povezivanje i prvi izazovi

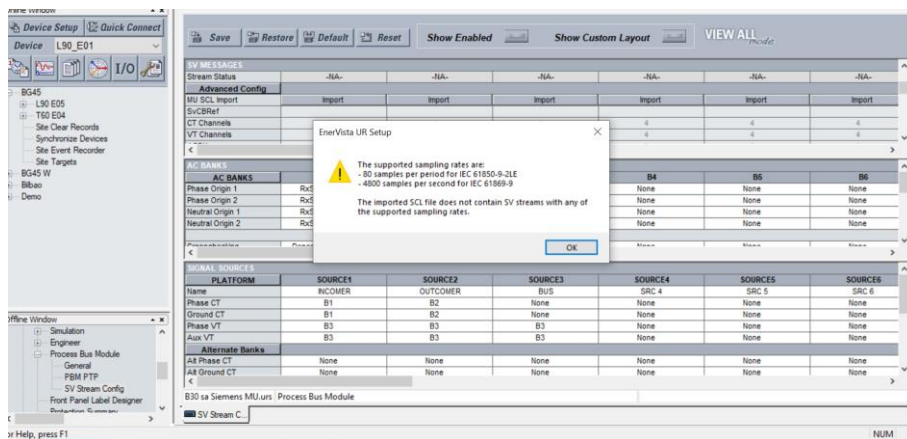
Posle uobičajnog fizičkog povezivanja pristupilo se funkcionalnom povezivanju opreme oba proizvođača. Izazovi prilikom funkcionalnog povezivanja su bili sledeći:

- Integracija opreme oba proizvođača vodeći računa o zahtevima u pogledu vrsta fajlova traženih od strane računarskih programa za podešavanje releja (*.CID, *.ICD,...).
- Pravilno odabiranje da li se sprežna jedinica povezuje sa relejom preko standarda IEC 61869 ili uputstva IEC 61850-9-2LE.
- Usled odabira rada preko uputstva IEC 61850-9-2LE zbog pomenutih ograničenja jednog dela opreme na terstiranju po pitanju standarda, moralo se više puta proveravati da li su sva podešenja u skladu sa pomenutim uputstvom (broj struja, napona, itd, slika 5)

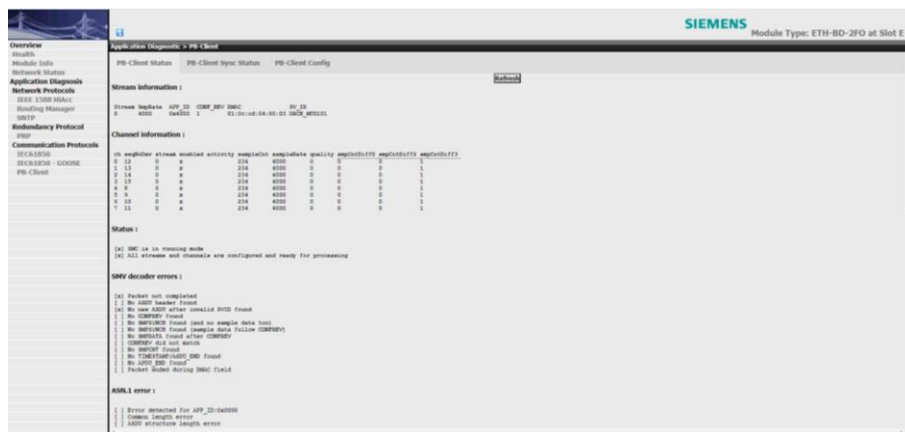
| | IEC 61850-9-2 LE | IEC 61869-9 |
|---------------------------------|------------------------|-------------------|
| • Fiber optic transmission | 100Base-FX full duplex | Same (+ 1Gbit/s) |
| • | ST or MTRJ, | Duplex LC or RJ45 |
| • Dataset | 4 I + 4 U | FSstUu |
| • Protection sampling rate | 80 samples per period | 4800 Hz |
| • Measurement sampling rate | 256 samples per period | 14400 Hz |
| • Protection comm. ASDU | 1 (=1400 bits) | 2 (=1500 bits)* |
| • Measurement comm. ASDU | 8 | 6 |
| • Synchronization | 1 pps | IEC 61588 |
| • Nb of "Nodes" (50% of load) | 7 at 60Hz/8 at 50Hz | around 14* |
| • Delay time* (td) (Protection) | none | 2 ms |
| • Delay time* (td) (Quality) | none | 10 ms |
| • Rated conformance* | none | a to d |

Slika 5 – poređenje dela zahteva između uputstva IEC 61850-9-2LE i standarda IEC 61869

Na slici 6 je prikazana jedna od poruka koja se pojavljivala zbog pogrešnih podešenja sprežnih jedinica oba proizvođača po pitanju standarda i po pitanju usklađenosti sa istih sa uputstvom IEC 61850-9-2LE kod računarskih programa za podešavanje releja.



Slika 6 – ispis poruke greške za tip standarda (SV sampling rate) kod računarskih programa za podešavanje releja

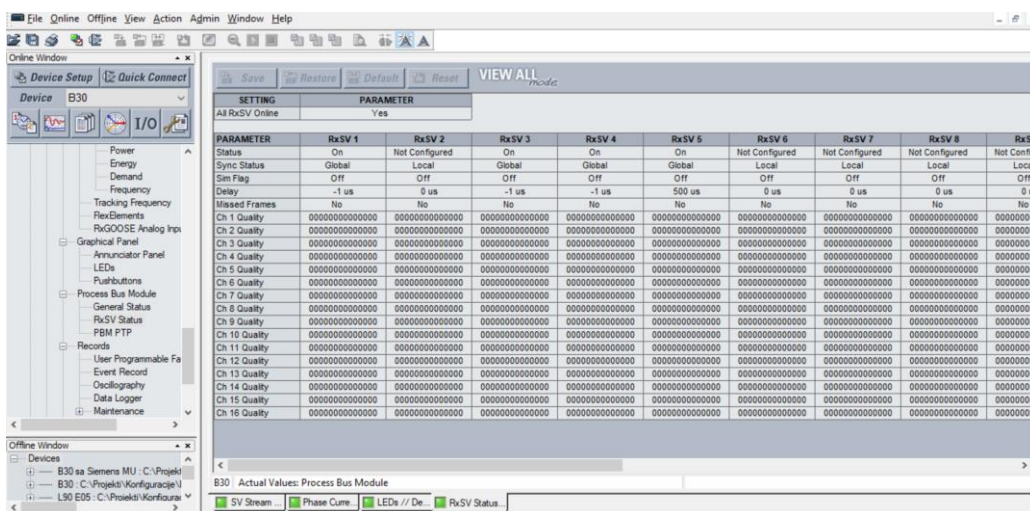


Slika 7 – ispis poruke greške kod računarskih programa za podešavanje releja

- kako je u podešavanjima sprežnih jedinica potrebno namestiti „logičku” MAC adresu za svaki tok struja i napona (SV stream), moralo se strogo voditi računa kako bi MAC adrese kod svih tokova struja i napona (ukupno pet iz tri sprežne jedinice) bile jednoznačne.

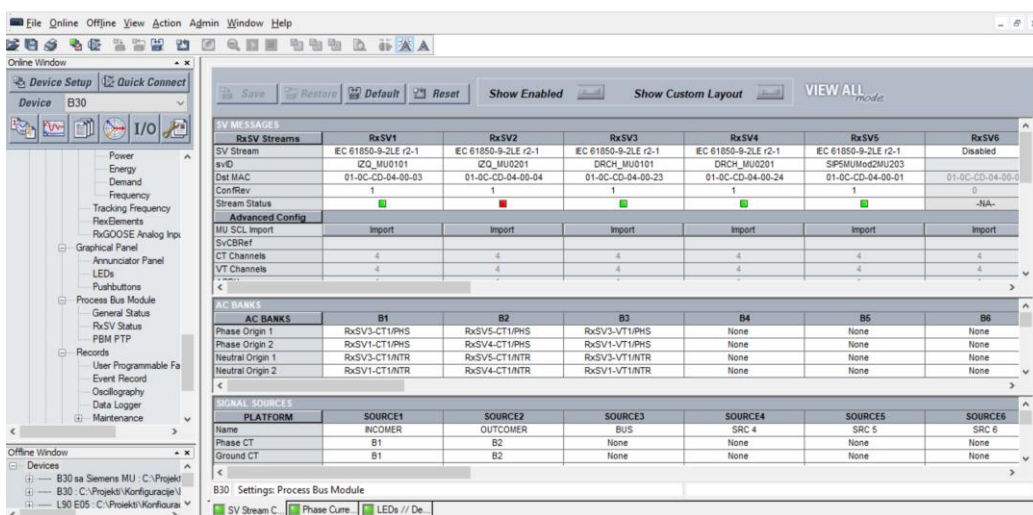
Na slici 7 vidimo upozorenje prilikom podešavanja diferencijalne zaštite transformatora jednog proizvođača gde je računarski program za podešavanje istog (releja) prepoznao problem sa dvostrukim (ponovljenim) MAC adresama usled čega pomenuti relej nije mogao čitati vrednosti struja i napona sa predviđene sprežne jedinice (toka). Kod drugog proizvođača nije bilo upozorenja jer se u razmatranje uzimalo i logičko ime toka koje se razlikovalo.

- nakon početnog podešavanja releja, releji i sprežne jedinice su bili u blokadi do uspostavljanja pravilnog rada GNSS časovnika, odnosno pronalaska satelitskog signala (slika 8). Na pomenutoj slici se može videti kako je 4 toka struja i napona sa ukupno tri sprežne jedinice od dva različita proizvođača sinhronizovano na GNSS časovnik.



Slika 8 – releji sinhronizovani preko GNSS sata

Na slici 9 se može videti kako je aktivno četiri toka struja i napona sa ukupno tri sprežne jedinice od dva različita proizvođača. Virtuelne LE diode označavaju ispravnost pomenuta četiri aktivna toka struja i napona.

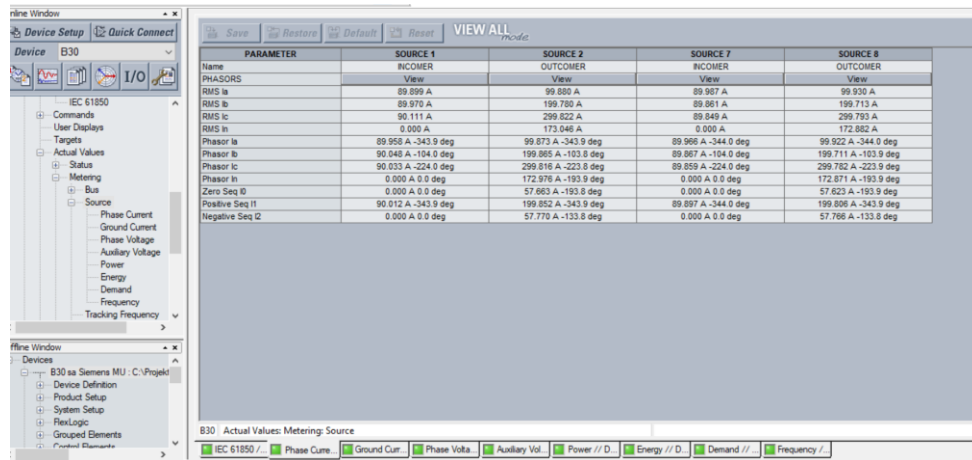


Slika 9 – prikaz rada sabirničkog releja sa preuzimanjem 4 toka struja i napona sa ukupno tri sprežne jedinice od dva različita proizvođača

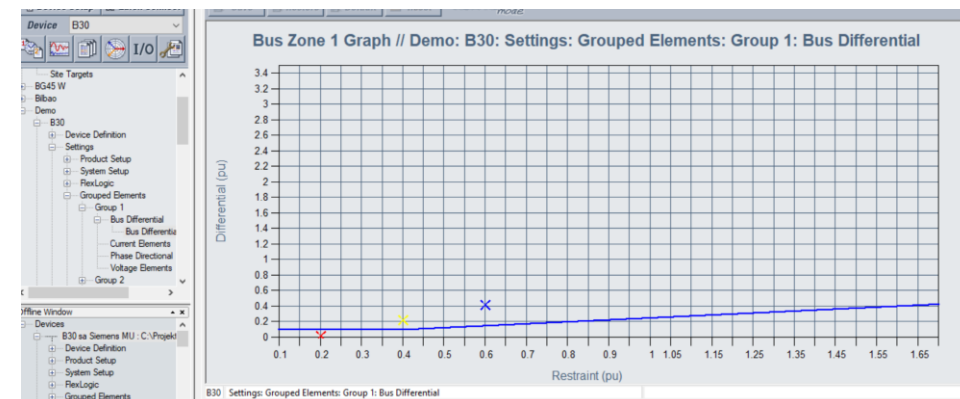
Potrebno je napomenuti da tokovi struja i napona pridruživani relejnim uređajima oba proizvođača učitavanjem CID fajla za svaki tok ponasob, ali zbog ograničenog vremena za ispitivanje nije se pristupilo doradi jedinstvenog SCD fajla.

Nakon uspešnog rešavanja prethodno nabrojanih početnih izazova i problema, preko ispitnog kofera je puštena struja kvara na releje oba proizvođača i sistem je radio kako je i zamišljeno. Kako je naglasak bio na testiranju interoperabilnosti dva različita proizvođača, za zadavanje struja kvara direktno (analogno) na strujne ulaze

sprežnih jedinica korišćen je samo osnovni modul računarskog programa uz ispitni kofer kako bi se proverila osnovna funkcionalnost zaštita kod sabirničkog odnosno transformatorsko diferencijalnog releja. Na slici 10 se mogu videti merene struje na diferencijalnoj zaštiti sabirnica jednog proizvođača, dok na slici 11 struje kvara sve tri faze u odnosu na krivu podešenja iste (diferencijalne zaštiti sabirnica).



Slika 10 – merene struje prilikom testiranja diferencijalne zaštiti sabirnica



Slika 11 – struje kvara sve tri faze u odnosu na krivu podešenja diferencijalne zaštiti sabirnica

3.2 Ispitivanja

Vršeno je više ispitivanja kako bi se proverila usaglašenost sa uputstvom IEC 61850-9-2LE, kao i simuliranje realnih problema prilikom rada digitalne transformatorske stanice.

3.2.1 Usaglašenost sa uputstvom IEC 61850-9-2LE je izvršena proverom sledećih podešavanja parametara:

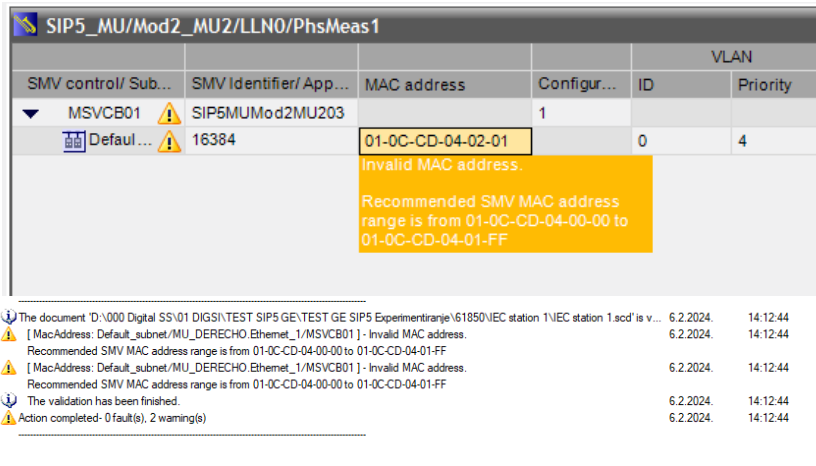
- provera da li je oznaka logičke MAC adrese van raspona predvidenih uputstvom. Vrednosti iz uputstva su date na slici 12 (grupa autora (1)).

Table B.1 – Recommended multicast addressing example

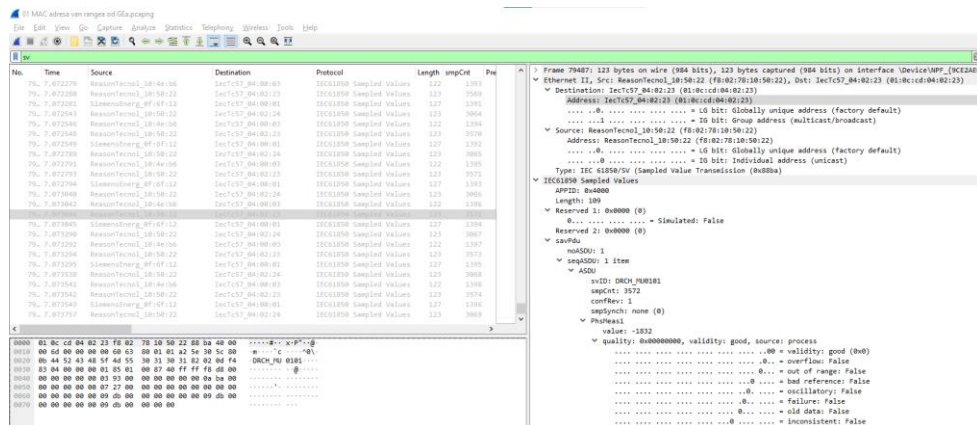
| Service | Recommended address range assignments | |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| | Starting address (hexadecimal) | Ending address (hexadecimal) |
| GOOSE | 01-0C-CD-01-00-00 | 01-0C-CD-01-01-FF |
| Multicast sampled values | 01-0C-CD-04-00-00 | 01-0C-CD-04-01-FF |

Slika 12 – raspon logičkih MAC adresa predvidenih uputstvom IEC 61850-9-2LE

Nakon promene logičke MAC adrese u softverskom paketu jednog proizvođača tako da pomenuta MAC adresa izlazi van raspona predvidenih uputstvom, pojavio se niz upozorenja u pomenutom softverskom paketu tako da nije bilo moguće uspostaviti pravilan rad sprežne jedinice (slika 13).

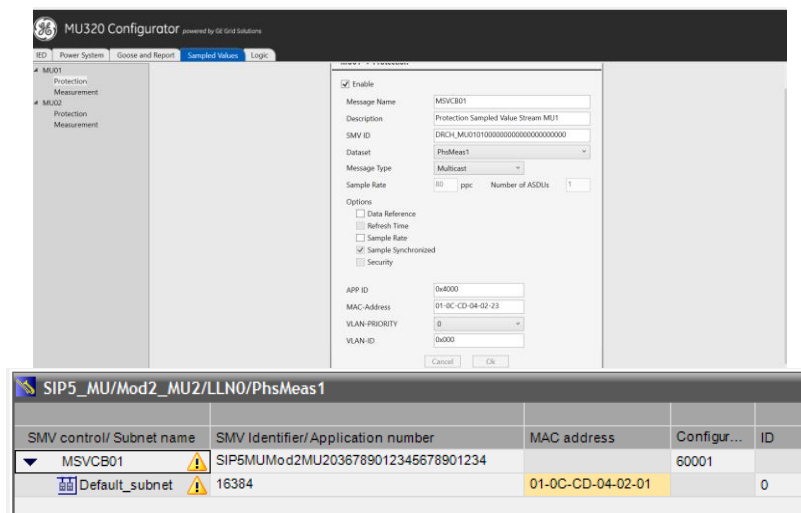


Slika 13 – upozorenja kod računarskog programa jednog proizvođača da je logička MAC adresa van raspona



Slika 14 – prikaz saobraćaja u mreži gde se vidi da je logička MAC adresa sprežne jedinice van raspona

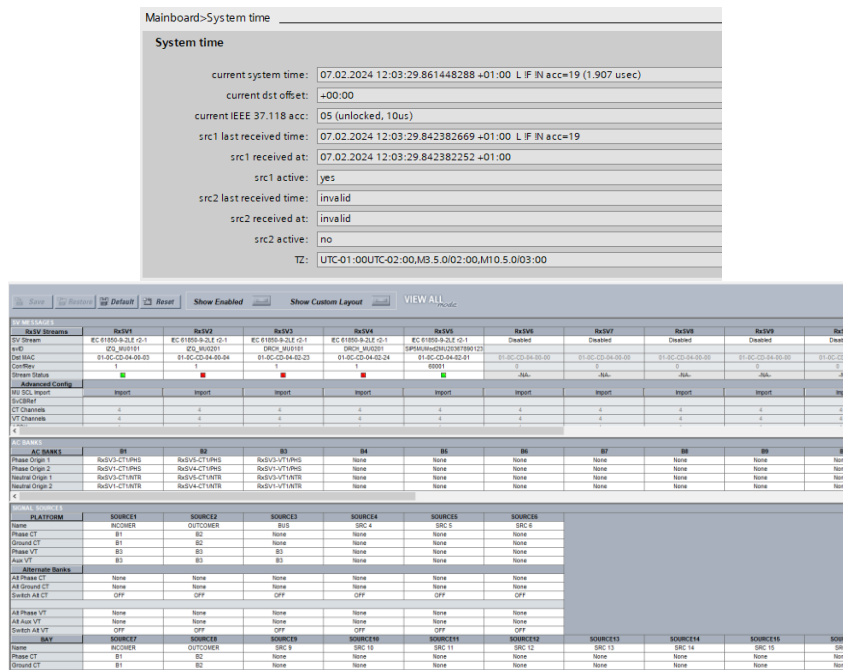
Kod promene logičke MAC adrese u softverskom paketu drugog proizvođača tako da pomenuta MAC adresa izlazi van raspona predviđenih uputstvom, upozorenja nije bilo (slika 14).



Slika 15 – uporedni prikaz ograničenja prilikom podešavanja oznake toka struja i napona

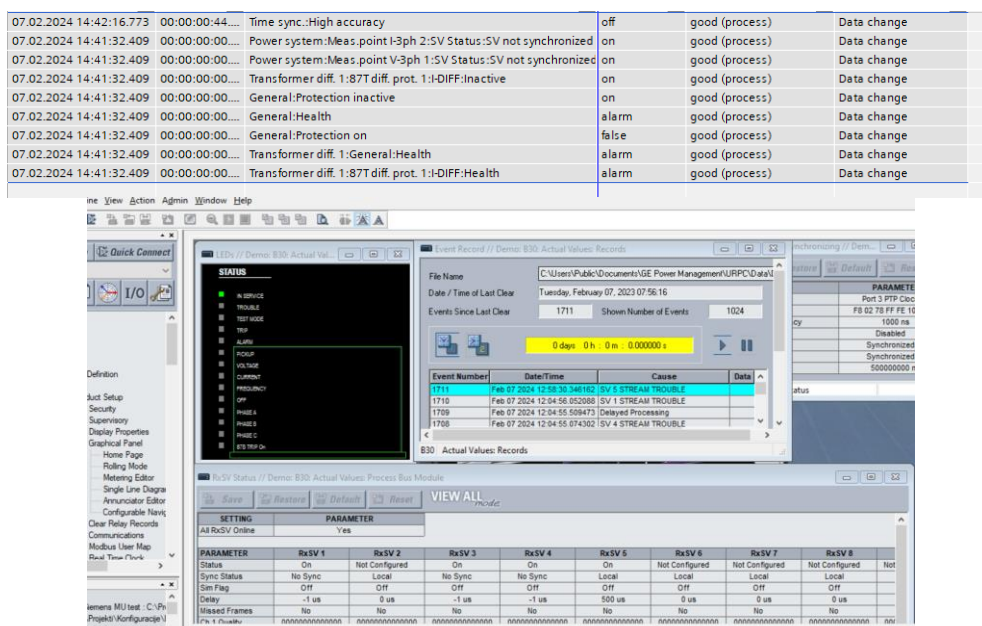
- provera da li je oznaka toka struja i napona (SVID) veća od 34 karaktera predviđenih uputstvom. Kod jednog proizvođača nije dozvoljavao oznaku veću od 32 karaktera u samom računarskom programu za podešenje sprežnih jedinica, dok kod drugog proizvođača je prijavio niz upozorenja za 34 karaktera. Uporedni prikaz je dat na slici 15.

- provera ponašanja sistema kada podešavanje sample rate (80 ppc u slučaju zaštite) uključen u podešavanju sprežne jedinice jednog proizvođača (i prema tome se nalazi u telegramu u tokovu snaga), što ne bi smelo prema pomenutom uputstvu. Releji oba proizvođača prijavljivali su greške posle uključenja pomenute mogućnosti, a računarski paket za ispitivanje relejne zaštite se u potpunosti rušio (slika 16).



Slika 16 – greške kod releja oba proizvođača posle uključenja podešenja sample rate

3.2.2 Provere sa GNSS časovnikom su obuhvatale posmatranje ponašanja sistema prilikom, između ostalog, isključenja antene pomenutog časovnika, i isključenje jednog ili oba mrežna kabela za vezu prema razdelnicima (Process Bus/ Station Bus switches). Sistem se uglavnom ponašao prema očekivanju i vršeno je prebacivanje iz globalnog u lokalno pozicioniranje i nazad bez primetnih problema. U dva navrata je došlo do ulaska releja oba proizvođača u blokadu rada jer tokovi struja koje su koristili nisu bili sinhronizovani ni lokalno ni globalno jedan kratak vremenski period (slika 17). Ulazak u blokadu releja prilikom gubitka sinhronizma je očekivano ponašanje istih da bi se sprečile neželjena isključenja opreme, ali se mora posvetiti mnogo vremena najpre za pravilno odabiranje, a zatim i za pravilno podešavanje opreme u slučaju nestanka sinhronizacije kako bi se pomenute blokade izbegle i štice objekti ne bi ostali bez pravilnog rada zaštite.



Slika 17 – releji oba proizvođača u blokadi zbog gubitka sinhronizma tokova struja i napona

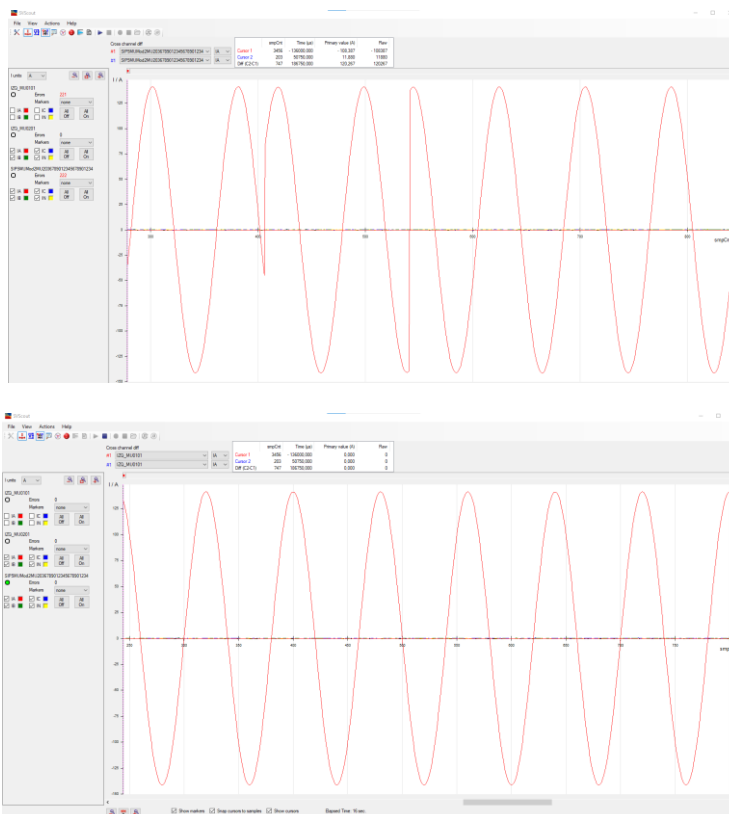
4. ZAKLJUČAK

Kako digitalizacija relejne zaštite je sve više prisutnija prilikom izgradnje novih i rekonstrukcije postojećih postrojenja, tako je povećana potreba za ispitivanjem i interoperabilnost postaje izuzetno značajna i za iste je potrebno posvetiti dosta vremena. U ovom radu je prikazano ispitivanje pomenute interoperabilnosti u digitalnim trafostanicama dva vodeća svetska proizvođača.

Kako je napomenuto, interoperabilnost je testirana samo za uputstvo za primenu standarda 61850-9-2LE i na vrlo jednostavnom primeru transformatorske stanice zbog ograničenja određenog dela dostupne opreme (spreznih jedinica starije generacije jednog proizvođača, kao i opreme za testiranje) i vremenske dostupnosti opreme i inženjera prilikom ispitivanja. Međutim, i pored svih ograničenja, početnih problema prilikom podešavanja oprema kao i tipa provera koje su vršene, autori su mišljenja da je iskustvo u prevazilaženju problema primenjivo i na složenije sisteme.

Uočene su i opisane određene specifičnosti pomenutog uputstva 61850-9-2LE, kao i specifičnosti podešavanja opreme prilikom interopeabilnosti. Uočene su i određene mane na delu opreme jednog proizvođača starije proizvodnje.

Nadamo se da će se u narednom periodu obezbediti celokupna oprema po standardima IEC 61869 i IEC 61850 izdanje 2.1 oba proizvođača kako bi ponovili ispitivanje na složenijem i realnijem primeru i oučili sve prednosti. Takođe su uočeni izazovi pri ispitivanju potpuno digitalnih postrojenja. Alati koji su potrebni za ispitivanje ovakvih postrojenja se razlikuju od konvencionalnih alata koji se koriste pri ispitivanju klasičnih postrojenja. Na tržištu postoji samo mali broj raspoloživih alata a inženjeri nisu upoznati sa njihovim korišćenjem i mogućnostima. Poseban primer za to je oblik struje iz jednog od tokova struja i napona koji je bio prikazan u računarskom programu za ispitivanje digitalnih postrojenja (samo za primenu standarda 61850-9-2LE) jer je rad sa nekoliko tokova struja u isto vreme prevazilazio računarsku moć modernih PC računara (slika 18).



Prikaz oblika struje sa jednog toka kada računarski program za ispitivanje digitalnih postrojenja proverava svih pet tokova struja i napona

Prikaz istog oblika struje sa jednog toka kada računarski program za ispitivanje digitalnih postrojenja proverava samo taj tok struja i napona

Slika 18 – prikaz oblika struje sa jednog toka u računarskom programu za ispitivanje digitalnih postrojenja

U svakom slučaju, najveća korist prilikom testiranja pomenutog demo ormana DTS je bila upoznavanje sa novim tehnologijama i povećanje znanja o digitalnim trafostanicama profesionalaca iz oblasti relejne zaštite iz regiona.

LITERATURA

- [1] Grupa autora, 2004, Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers using IEC 61850-9-2, UCA International Users Group, strana 12.