

KAŠNENJE PODATAKA U TS 110/20 kV

Z. Subašić, PD "Elektrovojvodina" d.o.o., ED „Ruma“

UVOD

U ovom radu se obrađuje jedan od aspekata prenosa podataka u konkretnoj trafostanici (TS) 110/20 kV "Ruma 1", a to je kašnjenje podataka. U ovoj TS je sistem za automatizaciju TS (SATS) zasnovan na mikroprocesorskim uređajima (Intelligent Electronic Device - IED), koji su kompatibilni sa standardom IEC 61850 "Komunikacione mreže i sistemi u trafostanicama".

IED su u stvari industrijski računari specijalno konstruisani za primenu u industrijskim postrojenjima različitog tipa, pa i u TS. IED u ovoj TS su međusobno povezani na dva načina:

- Kroz računarsku mrežu (LAN - Local Area Network)
- Klasično, pomoću žičanih međuveza binarnih ulaza/izlaza IED.

Kod klasičnog načina prenosa podataka stvari su prilično jasne i predvidive. Za jednu funkciju je najčešće potreban jedan binarni ulaz/izlaz i ožičenje do njega. U ovom slučaju je "komunikacioni kanal" uvek slobodan i namenjen je za prenos samo ove jedne informacije. Za n podataka u ovakvom komunikacionom sistemu je potrebno minimalno n binarnih izlaza, barem jedan binarni ulaz i klasično ožičenje do svakog od binarnih ulaza/izlaza.

Kod prenosa podataka kroz LAN u ovoj konkretnoj TS, stvari nisu tako jasne i predvidive. Svi podaci, kojih ima različitih vrsta i prioriteta, se prenose kroz jedan komunikacioni kanal. Podaci zbog toga na odgovarajući način moraju biti organizovani, a njihov prenos kroz mrežu uređen odgovarajućim mehanizmima da bi se obezbedilo pouzdano izvršenje svih procesa u TS.

Ovaj rad se bavi kašnjenjem podataka pri prenosu kroz LAN u TS i upoređenjem ovog kašnjenja sa kašnjenjem pri prenosu podatka na klasičan način.

Ključne reči: IED (Intelligent Electronic Device), IEC 61850 GOOSE, LAN (Local Area Network), Ethernet, Kašnjenje

PRENOS PODATAKA U TRAFOSTANICI

Komunikaciona osnova u IEC 61850 je Ethernet. Mehanizmi za komunikaciju u realnom vremenu u IEC 61850 su (1):

- GSSE: (Generic Substation State Event - generički događaj u TS)
- GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event - generički objektno orijentisan događaj u TS)
- IEC 61850 - 9 - 1: Prenos analognih vrednosti preko serijske peer-to-peer veze
- IEC 61850 - 9 - 2: Prenos analognih vrednosti kroz Ethernet mrežu sa VLAN (virtualni LAN) i priority-tagged (oznaka prioriteta) funkcionalnostima.

Podaci/informacije koje se koriste i na neki način prenose u TS su statusi rasklopnih uređaja, analogna merenja, podaci o radu funkcija zaštite, upravljačke funkcije, "inženjerski podaci" itd. U komunikacionom sistemu TS (LAN) se ovako stvara velika gužva u saobraćaju. Ovo treba imati na umu kad se parametrira koji će se sve podaci prenositi kroz LAN (da se ne bi preteralo), jer je LAN ograničene propusne moći. Osim toga, vrsta i broj podataka na mreži utiču na karakteristike prenosa podataka (brzinu i pouzdanost).

Bez obzira kroz koji fizički medijum, na osnovu kog standarda, ili komunikacionog protokola se podaci prenose, za prenos svake informacije je potrebno neko vreme. Ovo neminovno unosi kašnjenje prilikom prenosa informacija u TS.

Podaci u TS se mogu podeliti u tri osnovne grupe (2):

"Brzi" podaci. Ovo su podaci u realnom vremenu (telegrami) koji za posledicu imaju izvršenje neke bitne akcije za proces u TS. To su najčešće nalozi za isključenje odgovarajućih prekidača u slučaju prorade zaštite, kao i signalizacija statusa bitnih funkcija u ostalim poljima u TS (što je potrebno za realizaciju funkcija interlockinga na nivou TS, ili izvršenje isključenja prekidača u nekom drugom polju, ako je tako podešena šema zaštite). Očito je da se ovakvi podaci moraju preneti do odgovarajućih uređaja pozdano i brzo i da moraju imati najveći prioritet pri prenosu kroz LAN u odnosu na druge podatke. Ovo je vrsta podataka najvišeg prioriteta.

"Spori" podaci. Ovo su podaci u realnom vremenu koji se odnose na procese koji se ne menjaju brzo u vremenu i nemaju podjednaku važnost (možda je bolji izraz hitnost) kao podaci iz prethodnog pasusa. Ovo su podaci o merenjima koja se ne koriste za funkcije zaštite, statusima rasklopnih uređaja itd. Ovakvi podaci mogu (moraju) da sačekaju ako se pojave u isto vreme na LAN-u kad i "brzi" podaci.

Inženjerski podaci. Ovo su podaci koji nisu bitni za rad SATS u realnom vremenu, nego ih u slučaju potrebe koriste inženjeri koji podržavaju rad SATS. To su podaci o podešenjima IED, liste signalizacije o događajima u TS i drugi do kojih se može doći kroz LAN. Brzina prenosa ovih podataka nije kritična. Bitno je da se tačno prenesu. Međutim, količina ovih podataka može da zauzme dobar deo propusnog opsega mreže, što može da utiče na brzinu i pouzdanost prenosa "brzih" i "sporih" podataka. Ovo je vrsta podataka najnižeg prioriteta.

Vremenski kritični podaci u TS su svakako "brzi" podaci. U funkcionalnim šemama zaštite u TS, neke od funkcija zahtevaju takve brzine prenosa kroz LAN, koje će obezbediti da se funkcija pouzdano izvrši u vremenu od nekoliko milisekundi. Ovo postavlja vrlo ozbiljan zadatak za komunikacionu infrastrukturu zasnovanu na Ethernet mreži sa svičevima i IED-ima koji rade prema IEC 61850. Ovaj rad se bavi kašnjenjem pri prenosu podataka kroz ovakav LAN u TS.

KAŠNJENJE

Svaki od podataka koji se prenosi kroz LAN, zajedno sa drugim podacima zavisno od protokola koji se koristi, je zapakovan u grupu podataka koja se zove paket podataka. U najširem smislu kašnjenje je vreme koje je proteklo između dva događaja koji su međusobno zavisni. To je vreme koje je proteklo od slanja do prijema paketa podataka u LAN. Ukupno kašnjenje se sastoji od vremena koje je potrebno da bi se neki podatak obradio u IED-u koji je pošiljalac, vremena koje je potrebno paketu u kojem se taj podatak nalazi da se prenese kroz mrežu i vremena da se taj podatak obradi u IED koji je primalac. U osnovi:

ukupno kašnjenje = kašnjenje u obradi u IED (pošiljalac i primalac) + kašnjenje u mreži

Kašnjenje paketa podataka u mreži je vreme koje protekne od trenutka kad počne slanje paketa u IED pošiljaocu do trenutka kad kraj paketa bude primljen u IED primaocu.

Osim samog iznosa kašnjenja paketa podataka, za funkcionalnost SATS je bitna i karakteristika promene trajanja vremena kašnjenja (jitter) za istu vrstu paketa podataka. Naime, kašnjenje iste vrste paketa između dva IED nije uvek isto u mreži, nego zavisi od trenutne gustine saobraćaja, vrste i dužine paketa koji se prenose, promena konfiguracije mreže, itd. Zbog ovih osobina se za Ethernet kaže da nije potpuno determinisan, odnosno da se karakteristike ne mogu u potpunosti unapred predvideti. Ovo treba imati na umu kod projektovanja i konfigurisanja mreže u TS i obavezno treba ispitati funkcionalnost ovakvog SATS pre puštanja u pogon.

Kašnjenje u mreži

Postoji nekoliko izvora kašnjenja podataka u mreži.

- Kašnjenje "Sačuvaj/pošalji"

Većina savremenih Ethernet svičeva radi na principu "Store and Forward" ("Sačuvaj i pošalji"). Svič pretvara signal iz prijemnog priključka (električni, ili optički) u bite podataka i pakete, smešta pakete u memoriju, određuje na koji izlazni priključak da pošalje paket, šalje paket na taj priključak i pretvara ga u odgovarajući signal (električni, ili optički) koji dalje putuje kroz mrežu do odredišta. Dakle, svič prima paket podataka i čuva ga u memoriji dok ne primi ceo paket. Nakon toga šalje paket na odgovarajući priključak. Ovaj postupak unosi vreme kašnjenja koje se dobija kao količnik dužine paketa i propusnog opsega mreže. U literaturi (3) je naveden podatak da se ovo vreme kreće od 0,5 do 120 mikrosekundi.

- Interno kašnjenje u sviču/ruteru

Ovo je vreme koje je potrebno mrežnoj opremi (sviču, ili ruteru) da odredi šta treba da radi sa novopristiglim paketom podataka. U ovom delu kašnjenja je obrada podataka u MAC tabeli, obradu VLAN (virtualni lan), obrada QoS (Quality of Service). Ovo vreme zavisi od karakteristika primenjene mrežne opreme.

- Kašnjenje zbog prolaska paketa kroz mrežu

Ovo je vreme potrebno paketu da pređe određenu dužinu fizičkog mrežnog kabla. Ovo vreme je posledica konačne brzine prostiranja paketa u mreži, koja je oko 70 % od brzine svetlosti. Kašnjenje signala zbog ovog je oko 4,76 mikro sekundi po kilometru. Zbog ovog se može zanemariti u LAN, ali ga treba imati u vidu kod WAN primena.

- Kašnjenje zbog čekanja u redu

Do ove vrste kašnjenja dolazi u sviču kad dva, ili više ulaznih priključaka usmeravaju pakete ka jednom izlaznom priključku. Pošto u jednom trenutku izlazni priključak može da prenosi samo jedan paket, ostali moraju da čekaju "u redu" u memoriji dok paket koji se trenutno šalje ne bude poslat u potpunosti, da bi oni kasnije bili poslani. Ova pojava dovodi do znatnog kašnjenja i promene vremena kašnjenja.

Veći broj ulaznih priključaka sviča povećava ovu vrstu kašnjenja, jer se povećava verovatnoća da će sa većeg broja ulaznih priključaka biti više paketa koji će "gađati" isti izlazni priključak.

Ova vrsta kašnjenja najviše doprinosi nedeterminističkom karakteru Ethernet-a, jer je teško predvideti šta se sve može desiti sa saobraćajem u mreži u realnom vremenu u stvarnom okruženju.

Kašnjenju paketa podataka u mreži najviše doprinosi kašnjenje zbog čekanja u redu.

Zahtevi standarda IEC 61850

| IEC 61850 - Tipovi poruka i osobine | | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-------|--------------------|
| Tip | Primena | Klasa | Vreme prenosa (ms) |
| 1A | Brza poruka Isključenje | P1 | 10 |
| | | P2/P3 | 3 |
| 1B | Brza poruka Ostale | P1 | 100 |
| | | P2/P3 | 20 |
| 2 | Srednje brza poruka | | 100 |
| 3 | Spore poruke | | 500 |
| 4 | Sirovi podaci | P1 | 10 |
| | | P2/P3 | 3 |
| 5 | Prenos datoteka | | veće od 1000 |
| 6 | Sinhronizacija vremena | | |

TABELA 1 - TIPOVI PORUKA

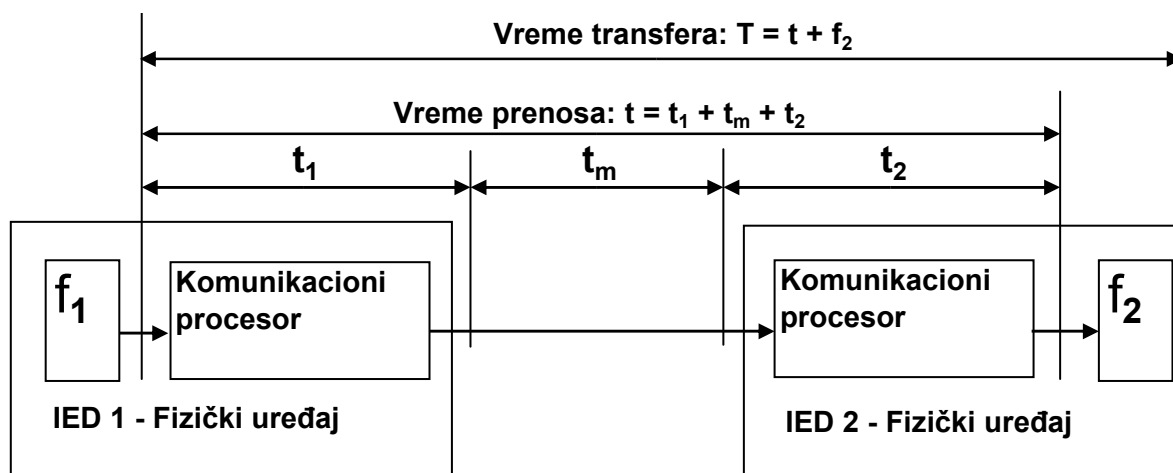
U Tabeli 1 je data klasifikacija poruka (podataka), kao i zahtevi što se tiče vremena prenosa različitih tipova podataka kroz mrežu prema IEC 61850. Vreme prenosa podataka kroz mrežu je objašnjeno u sledećem poglavlju (Slika 1).

Vidi se da su zahtevi standarda za brze poruke (tip 1A i 1B) vrlo oštri. Ovo je jasno, jer se radi o porukama koje moraju da zadovolje vremenski kritične zahteve zaštite u TS.

Tip 4 poruka se odnosi na podatke o merenjima u TS i podatke o kvalitetu električne energije.

Tip 6 poruka se odnosi na podatke koji služe za sinhronizaciju vremena svih IED u mreži. Standard postavlja zahtev da mehanizam za sinhronizaciju vremena u mreži bude takav da obezbedi da vreme na svim IED u mreži bude u okviru 0,1 milisekunde.

Vreme prenosa podataka prema IEC 61850 - 5



SLIKA 1 - VREME PRENOSA PODATAKA

Na slici 1 je prikazano vreme prenosa podatka kako ga definiše standard IEC 61850.

IED 1 i IED 2 su uređaji u mreži kojima je vreme sinhronizovano mehanizmom primenjenim u konkretnom slučaju. U TS "Ruma 1" izvor tačnog vremena je GPS, a za sinhronizaciju vremena IED se koristi NTP (Network Time Protocol). IED 1 je pošiljalac, a IED 2 je primalac poruke.

Sa f_1 je označena funkcija koja u nekom trenutku ($t=0$) u IED 1 menja svoju vrednost sa logičke 0 na 1. Sa f_2 je označena funkcija koja u nekom trenutku u IED 2 menja svoju vrednost sa logičke 0 na logičku 1 kao posledica promene u IED 1. Vreme prenosa poruke t , koje je definisano standardom IEC 61850 (Tabela 1 na prethodnoj strani), je zbir tri vremena:

t_1 - Ovo je vreme koje je potrebno procesoru u IED 1 da na osnovu ulaznih podataka i internog algoritma podatak (paket podataka) o funkciju f_1 pošalje na izlazni priključak svog mrežnog adaptera. Trenutak promene vrednosti funkcije f_1 dobija vremensku oznaku (time stamp), koja se može pročitati iz liste događaja u IED 1.

t_m - Ovo je vreme koje je potrebno paketu podataka da se prenese kroz mrežu (vreme mreže). Šta utiče na ovo vreme je objašnjeno u poglavlju "Kašnjenje u mreži".

t_2 - Ovo je vreme koje je potrebno procesoru u IED 2 da na osnovu pristiglog paketa podataka i internog algoritma "proizvede" funkciju f_2 . Trenutak nastanka funkcije f_2 dobija vremensku oznaku (time stamp), koja se može pročitati iz liste događaja u IED 2.

Na slici 1 je sa T označeno vreme transfera podatka. Ovo vreme se može lako izračunati na osnovu razlike vremena trenutka nastanka funkcije f_1 i vremena trenutka nastanka funkcije f_2 iz liste događaja u IED 1 i IED 2. Vreme transfera podatka je, u stvari ono koje ima praktično značenje za inženjera koji održava SATS, jer se nakon ovog vremena izvršava konkretna funkcija iz šeme zaštite TS (npr. funkcija "zaštita od otkaza prekidača").

QoS (Quality of Service)

Jedan od mehanizama kojim se u savremenim svičevima kontroliše kašnjenje zbog čekanja u redu je QoS (Quality of Service) (4).

| Tip saobraćaja | Prioritet saobraćaja |
|-----------------------|----------------------|
| GOOSE poruke | 7 |
| Poruke srednje brzine | 6 |
| Inženjerski podaci | 4 |
| Email | 2 |

TABELA 2 - PRIORITET PORUKA

Paket podataka se čuva u memoriji, a potom se šalje u red za čekanje. Svičevi obično imaju više redova za čekanje (obično 4 do 8), koji su različitog prioriteta. U svaki red se smeštaju podaci istog (odgovarajućeg) prioriteta. Ideja QoS je da će paketi koji su većeg prioriteta biti poslani pre paketa koji su manjeg prioriteta. U Tabeli 2 je dat primer klasifikacije saobraćaja u Ethernet mreži (5).

Ovde treba imati na umu da je princip rada sviča takav da će se uvek prvo završiti slanje paketa podataka koje je trenutno u toku, bez obzira da li se u redu za čekanje pojavio paket većeg prioriteta. Isto tako, QoS ne može da razreši problem kad se na

ulaznim priključcima pojave dva, ili viša paketa istog prioriteta. Tada paketi moraju da čekaju u redu, a biće poslani redom kojim su i pristigli, ukoliko treba da budu poslani na isti izlazni priključak sviča. Postoje i drugi mehanizmi koje proizvođači mrežne opreme razvijaju da bi što je moguće više učinili predvidivim Ethernet mreže sa svičevima.

MERENJA U TRAFOSTANICI

Autor je izvršio seriju merenja u TS "Ruma 1" u realnom okruženju, u TS u pogonu.

Kašnjenje je prikazano na primeru dva zavisna podatka (funkcije) iz šeme zaštite u TS. Prvi je "I>> pobuda" u bilo kom izvodnom polju 20 kV. Drugi je "I>> blokada" u trafo poljima 20 kV. Koristeći analogiju sa slike 1, funkcija f_1 je u ovom konkretnom primeru "I>> pobuda", a funkcija f_2 je "I>> blokada". Ukupno vreme kašnjenja je dobijeno kad je od vremena nastanka signala "I>> blokada" u IED 2 primaocu (T21, T22) oduzeto vreme nastanka signala "I>> pobuda" u IED 1 pošiljaocu (izvodno polje). Vremena nastanka funkcija f_1 i f_2 su pročitana iz lista događaja odgovarajućih fizičkih IED 1 i IED 2 koristeći softver proizvođača IED.

U listi događaja u IED primacu (T21, T22) podatku koji se prenosi kroz LAN odgovara signal "Blokada J>>", a podatku koji se prenosi kroz "žicu" odgovara signal "Blokada J>> žičano". U listi događaja u IED pošiljaocu (izvodno polje) podatku koji se prenosi kroz LAN i "žicu" odgovara signal "I>> picked up".

Merenja su pokazala kašnjenje pri prenosu podatka kroz LAN i "žicu" od IED pošiljaoca (IED 1) do IED primaoca (IED 2) za dva režima rada IED pošiljaoca.

Test režim. IED u ovoj TS imaju mogućnost rada u režimu "Test mode". U ovom režimu se pomoću softvera proizvođača IED mogu po želji (na zahtev) generisati signali, komande i testirati binarni izlazi i ulazi IED. Pri ovom IED ne uzima podatke potrebne za rad iz procesa u TS, nego se odgovarajuće funkcije pokreću sa ciljem testiranja, po želji, pa odatle i naziv za ovaj režim rada. Autor je pokrenuo softver proizvođača IED, inženjersku radnu stanicu povezo sa pošiljaocem (IED 1) koristeći odgovarajući komunikacioni interfejs, u softveru pokrenuo opciju "Test mode" i u njoj odabrao signal "I>> picked up". Odgovarajuća vremena iniciranja funkcija u IED pošiljaocu i IED primaocima su pročitana iz odgovarajućih lista događaja, kako je već pomenuto u tekstu koji prethodi.

Radni režim. U ovom režimu je pomoću standardne ispitne opreme (strujnog kofera), preko ispitne utičnice stvarno pobuđivana I>> IED-a u izvodnom polju.

Osnovna razlika koju autor vidi između dva pomenuta režima rada je u tome što se u test režimu u IED pošiljaocu ne vrši A/D (analogno/digitalna) konverzija podataka. Ona postoji u radnom režimu, kada se podatak o vrednosti struje (analogna veličina) koja dovodi do pobude kratkospojne zaštite, prvo pretvara u digitalnu veličinu, a potom dalje obrađuje. Ovo može biti jedan od uzroka različitih rezultata za kašnjenje podataka koji su dobijeni prilikom merenja u napred pomenuta dva režima rada. Komunikacionu infrastrukturu u TS "Ruma 1" čini Ethernet mreža sa svičevima i IED-ima koji rade prema IEC 61850. Topologija mreže je prsten (sa nekoliko uređaja koji su na eksterni svič vezani zvezdasto). Prsten je fizički realizovan optičkim kablovima. Šema računarske mreže je data na slici 2 na kraju ovog rada.

Ovde još jednom napominjem da je u TS "Ruma 1" izvor tačnog vremena GPS, a za sinhronizaciju vremena svih IED u mreži se koristi NTP (Network Time Protocol).

Rezultati merenja u test režimu

| Broj merenja | BI/BO | GOOSE | Razlika |
|------------------|-------------|-------|---------|
| | milisekunde | | |
| 1 | 29 | 18 | 11 |
| 2 | 30 | 16 | 14 |
| 3 | 21 | 9 | 12 |
| 4 | 22 | 9 | 13 |
| 5 | 19 | 6 | 13 |
| 6 | 20 | 6 | 14 |
| Srednja vrednost | 23.5 | 10.7 | 12.8 |
| Maksimum | 30 | 18 | |
| Minimum | 19 | 6 | |

TABELA 3 - TEST REŽIM

U tabeli 3 su prikazani rezultati merenja u "test režimu".

Značenja kolona u tabelama 3 i 4 su:
BI/BO - Binarni ulaz/binarni izlaz. Ovo je vreme kašnjenja podatka koji se prenosi na klasičan način, kroz bakarni provodnik.

GOOSE - Ovo je vreme kašnjenja podatka koji se prenosi GOOSE porukom kroz LAN.

Vrednosti iz TABELE 3 pokazuju da se podaci u ovom režimu brže prenose GOOSE telegramima nego "kroz žicu". Osim toga, vidi se da postoji varijacija vremena kašnjenja. Tokom merenja broj 1 i 2 autor je raskidao prsten na mestu označenom sa 1 na slici broj 2. Tokom merenja broj 3 i 4 prsten je bio raskinut na mestu označenom sa 2 na slici broj 2. Tokom merenja 5 i 6 prsten nije bio raskinut. Pokazalo se da ovo nije bitno uticalo na rezultate. GOOSE telegram je u svim merenjima bio brži od podatka kroz "žicu".

Merenja u radnom režimu

| Broj merenja | Pobuda I>> | | | Razbuđivanje I>> | | |
|------------------|-------------|-------|---------|------------------|-------|---------|
| | GOOSE | BI/BO | Razlika | BI/BO | GOOSE | Razlika |
| | milisekunde | | | | | |
| 1 | 40 | 18 | 22 | 17 | 27 | -10 |
| 2 | 41 | 17 | 24 | 18 | 28 | -10 |
| 3 | 48 | 16 | 32 | 16 | 8 | 8 |
| 4 | 50 | 17 | 33 | 15 | 10 | 5 |
| 5 | 42 | 18 | 24 | 15 | 29 | -14 |
| 6 | 42 | 17 | 25 | 12 | 26 | -14 |
| 7 | 38 | 16 | 22 | 12 | 13 | -1 |
| 8 | 41 | 18 | 23 | 14 | 10 | 4 |
| 9 | 40 | 20 | 20 | 18 | 10 | 8 |
| 10 | 37 | 22 | 15 | 16 | 10 | 6 |
| Srednja vrednost | 41.9 | 17.9 | 24.0 | 15.3 | 17.1 | |
| Maksimum | 50 | 22 | 28 | 18 | 29 | |
| Minimum | 37 | 16 | 21 | 12 | 8 | |

TABELA 4 - RADNI REŽIM

Rezultati su znatno drugačiji nego u test režimu.

Merenja 1 do 6 u TABELI 4 su vršena sa celim prstenom. Kod merenja 7 i 8 prsten je bio raskinut na mestu broj 3 na slici 2. Kod merenja 9 i 10 prsten je bio raskinut na mestu broj 4 na slici 2.

Prvi zaključak je da se podaci kroz "žicu" prilikom pobude I>> uvek prenose brže nego GOOSE telegrami, bez obzira na promenu topologije mreže (iz prstena u bas).

Podaci u redovima 5 i 6 u TABELI 4 se odnose na stvarni kvar tipa kratkog spoja koji se desio na izvodu I-10.

Merenja 7 i 8 su vršena kad je prsten raskinut u tački 3 na slici 2. I>> je pobuđena u IED I-09. U ovom slučaju je napravljena takva konfiguracija mreže da je GOOSE telegram morao prvo doći do IED T-21 (jer druga putanja nije postojala). Ovim je postignuto da je IED primalac bio prvi u nizu do IED pošiljaoca. Na ovaj način je eliminisano vreme kašnjenja kroz preostali deo mreže.

Merenja 9 i 10 su vršena kad je prsten raskinut u tački 4 na slici 2. I>> je pobuđena u IED I-18. U ovom slučaju je napravljena takva konfiguracija mreže da je GOOSE telegram morao prvo doći do IED I-16, a zatim do IED T-22 (jer druga putanja nije postojala). Ovim je postignuto da je IED primalac bio drugi u nizu od IED pošiljaoca. Na ovaj način je eliminisano vreme kašnjenja kroz preostali deo mreže. Osim toga autor je tokom merenja menjao opterećenje u mreži na taj način što je istovremeno sa tri IED kroz LAN "skidao" inženjerske podatke na tri računara koja su u LAN bila priključena preko eksternog sviča. Na taj način je mreža bila dodatno opterećena inženjerskim podacima prioriteta 4 iz TABELE 2.

Zaključak: kod pobuđivanja I>> podatak o tome se u svim slučajevima brže prenosi kroz "žicu" nego GOOSE telegram kroz LAN (prosečno 24 milisekunde), bez obzira na promene u topologiji mreže i gustinu saobraćaja u mreži tokom merenja.

Autor je u literaturi (6) pronašao podatke o tome da je serija merenja na konkretnom objektu u tom slučaju pokazala da su GOOSE telegrami stalno imali manje kašnjenje od kašnjenja iste informacije kroz "žicu". Merenja koja su vršena na TS "Ruma 1" su pokazala isto u test režimu, a suprotno u radnom režimu. Razlog ovom je tema za diskusiju i moguća dodatna podešavanja parametara IED i mrežne opreme u TS "Ruma 1".

Kod razbuđivanja I>> situacija je nešto drugačija.

U merenjima broj 3, 4, 8, 9 i 10 u tabeli 4 GOOSE telegram se brže preneo kroz LAN nego kroz "žicu", što se slaže sa rezultatima iz literature (6). U ostalim slučajevima je bilo suprotno. Razlog ovom je tema za diskusiju i moguća dodatna podešavanja parametara IED i mrežne opreme u TS "Ruma 1".

ZAKLJUČAK

U radu je obrađen pojam kašnjenja paketa podataka kroz Ethernet LAN sa svičevima i IED koji rade prema standardu IEC 61850. Prikazani su rezultati merenja kašnjenja podataka u realnom SATS u TS u pogonu.

Kašnjenje podataka u TS je obrađeno kroz merenje vremena koje je potrebno GOOSE telegramu sa podatkom "I>> pobuda" u IED u izvodnim poljima, kao pošiljaocima, da izazove pokretanje funkcije "I>> blokada" u IED u trafo poljima 20 kV kao primaocima. Odgovarajuća vremena koja su prikazana u tabelama 3 i 4 su iščitana iz lista događaja iz IED-a koji su bili predmet merenja. Kašnjenje podataka je paralelno prikazano i za prenos kroz "žicu", na klasičan način, korišćenjem binarnih izlaza na IED u izvodnim poljima i binarnih ulaza na IED u trafo poljima 20 kV.

Podaci iz ove dve tabele pokazuju da je funkcija blokiranja kratkospojne zaštite uspešno realizovana kroz oba navedena sistema. I>> u trafo poljima 20 kV se blokira za prosečno 17,6 ms kroz "žicu", a za prosečno 41,9 ms GOOSE telegramom u radnom režimu.

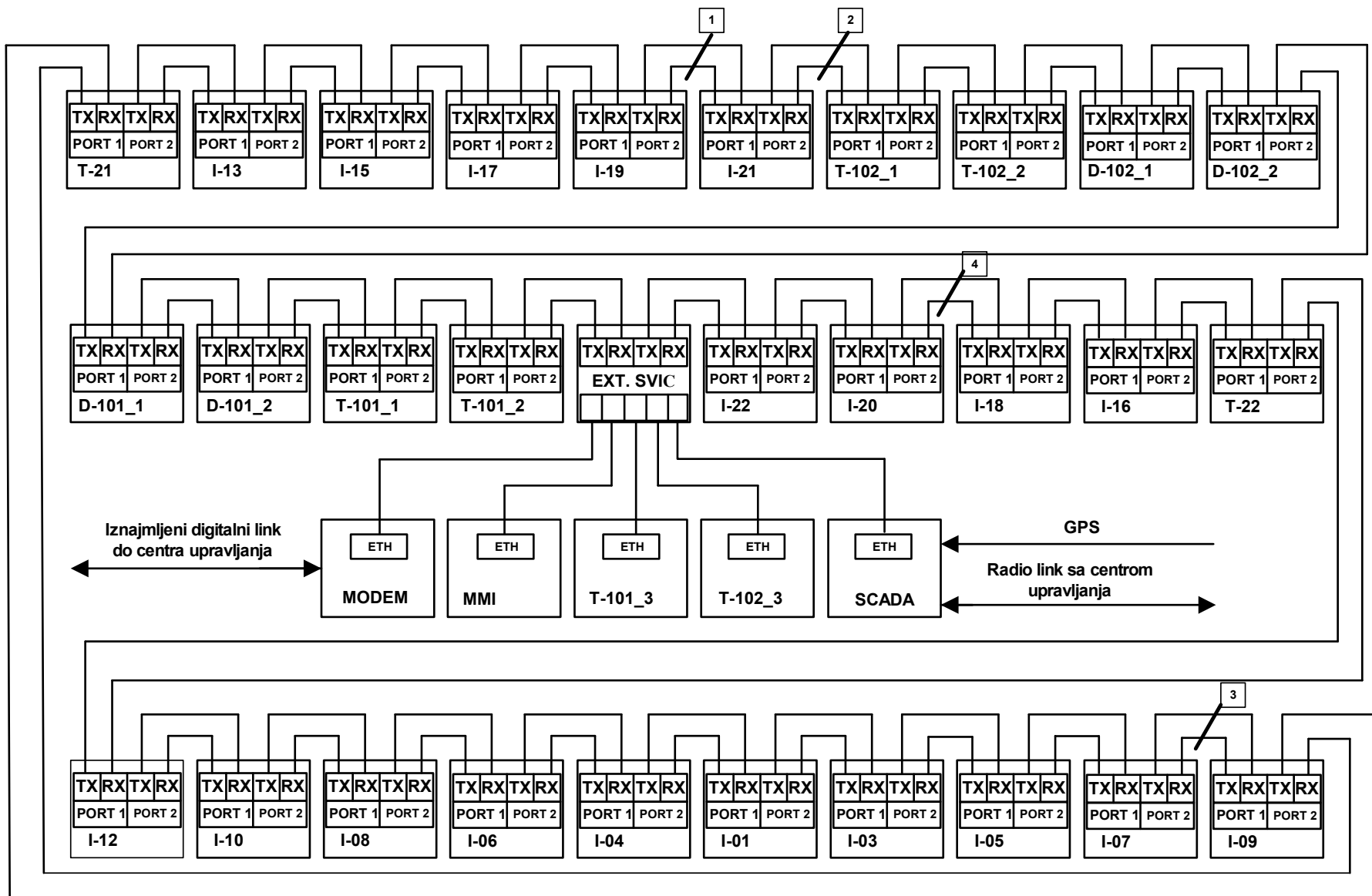
Rezultati merenja kašnjenja se u test režimu podudaraju sa primerima iz literature na ovu temu, a u radnom režimu se uglavnom ne podudaraju. U radu je pokazano da promena opterećenja (gustine) saobraćaja u LAN, kao ni promena topologije mreže (prsten, bas) nisu bitno uticali na vrednost kašnjenja. Autor iz ovog zaključuje da dominantni udeo kašnjenja u ovoj konkretnoj mreži leži u kašnjenju usled obrade u IED (vremena t_1 i t_2 na slici 1), a ne u kašnjenju u samoj mreži (vreme t_m na slici 1). Pri ovom treba imati na umu da je i interni svič u svakom od IED deo ove konkretne računarske mreže.

Principi i zahtevi koje moraju da ispune "klasične" šeme zaštite u TS su dobro poznate, detaljno razrađene i ispitane pre puštanja TS u rad. Isti princip se mora primeniti i kad se vremenski kritične funkcije zaštite i ostale funkcije SATS realizuju primenom IEC 61850 (ili nekog drugog standarda). Treba obavezno izvršiti funkcionalno ispitivanje ovakvih sistema pre puštanja TS u rad i na taj način se uveriti da se sve funkcije SATS izvršavaju pouzdano. Sa praktičnog stanovišta najvažnije je da se funkcije zaštite i upravljanja u SATS izvršavaju pouzdano i u skladu sa zahtevima procesa u TS, a manje je bitno da se te funkcije izvršavaju u okviru granica koje su propisane primenjenim standardom. Funkcionalnost SATS zasnovanog na IEC 61850 semora potvrditi ispitivanjem sistema pre puštanja TS u rad. Za ovu namenu je potrebno definisati nove postupke i standardizovati softverske alate kojim će se ove provere vršiti.

Na funkcionalnost i pouzdanost SATS baziranih na primeni komunikacionih standarda ključno utiču razumevanje procesa na kojima počivaju ovi sistemi i oprema koja se koristi za realizaciju ovih sistema. Pošto je problematika vrlo široka, u implementaciju SATS zasnovanih na komunikacionim protokolima treba da budu uključeni stručnjaci raznih profila: energetičari specijalisti za zaštitu/upravljanje, inženjerski i specijalisti za komunikacije i mrežne protokole.

LITERATURA

1. Veselin Skendzic and Armando Guzman, Enhancing Power System Automation through the Use of Real - Time Ethernet
2. Nicholas C. Seely, Automation at Protection Speeds: IEC 61850 GOOSE Messaging as a Reliable, High - Speed Alternative to Serial Communications
3. Ruggedcom, Application note 8, 2008, Latency on a Switched Ethernet Network
4. GE Fanuc, Intelligent Platforms, 2009, Switched Ethernet Latency Analysis
5. Shwan Coppel, Timothy Tibbals and Adrian Silgado, 2008, Practical Considerations for Ethernet Networking Within Substations
6. Tim Tibbals and Dave Dolezilek, 2007, More Than Communication - the Engineering Approach of IEC 61850



SLIKA 2 - IZGLJED RAČUNARSKE MREŽE