

## **ISKUSTVA U RADU SA UREĐAJIMA ZA LOCIRANJE KVARA NA NADZEMNIM VODOVIMA U DELU DISTRIBUTIVNOG SISTEMA**

Danilo ŠAKOVIĆ, Siemens d.o.o. Beograd

Marko RISTIVOJČEVIĆ, Siemens d.o.o. Beograd

Zoran RISTANOVIĆ, Siemens d.o.o. Beograd

### **KRATAK SADRŽAJ**

Cilj svakog elektroenergetskog sistema jeste siguran i pouzdan prenos električne energije sa što kraćim prekidima u napajanju potrošača. Lokalizacija kvara na srednjenaponskim nadzemnim vodovima u ruralnim delovima distributivnog sistema Srbije u prošlosti je bila komplikovana. Pored toga što je vremenski dugo trajalo, bilo je potrebno angažovanje ljudstva, kako bi se kvar lokalizovao, izolovao i u što kraćem roku se ponovo uspostavilo pouzdano napajanje potrošača. U ovom radu biće predstavljen novi sistem za lokalizaciju kvara, kao i iskustva iz eksploatacije u distributivnom sistemu Srbije, ogranak ED Sremska Mitrovica. Uređaji FSI (Fault sensor indicator), FCG (Fault collector gateway), zajedno sa SCADA sistemom (u dispečerskom centru ED Sremska Mitrovica) čine efikasan sistem, koji bi zamenio tradicionalne metode, koje su do sada primenjivane i time napravio prvi korak ka digitalizaciji distributivnog sistema. Uređaj FSI služi za detekciju zemljospoja i faznih kvarova. Regstruje i prolazne i trajne kvarove. Takođe registruje i vrednosti struja i prisustvo napona. Montira se direktno na fazni provodnik nadzemnog voda. Uređaj FCG se koristi kao veza između FSI uređaja i SCADA sistema, pri čemu prikuplja sve signale putem radio veze, a zatim SCADA sistemu informacije prosleđuje putem IEC 60870-5-104 protokola. Pored opisa samog sistema i njegovog funkcionisanja, u radu će biti prikazane liste događaja određenog perioda rada u pogonu.

**Ključne reči:** kvar, lokalizacija, eksploatacija, vazdušni vod, pouzdanost, digitalizacija

### **SUMMARY**

Aim of every electrical system is safe and reliable transfer electrical energy with interruption as short as it can be. Localization of faults on overhead lines in rural parts of distribution system of Serbia was very complicated in the past. Beside that took too long time, engagement of people was necessary, for fault localization, isolation and system restoration. New system for fault localization will be presented in this paper. Exploitation experience from distribution system of Serbia, ED Sremska Mitrovica will be presented too. Device Fault Sensor Indicator (FSI)

detects the phase fault and ground fault when it is mounted on the MV overhead line. Device SICAM FSI indicates both temporary fault and the permanent fault. Fault Collector Gateway (FCG) device receives both the load current values and distribution line faults via the FSI device. The received information status and events are transmitted to the control center based on the IEC 60870-5-104 protocol. Devices FSI, FCG together with SCADA makes efficient system for fault localization which is a first step to the full grid digitalization. Besides system description and its functionality, event logs will be included in this paper.

**Key words:** fault, localization, exploitation, overhead line, reliability, digitalization.

Šaković Danilo, [danilo.sakovic.ext@siemens.com](mailto:danilo.sakovic.ext@siemens.com), +381608170066

Ristivojčević Marko, [marko.ristivojcevic.ext@siemens.com](mailto:marko.ristivojcevic.ext@siemens.com), +381608170065

Ristanović Zoran, [zoran.ristanovic@siemens.com](mailto:zoran.ristanovic@siemens.com), +381608170260

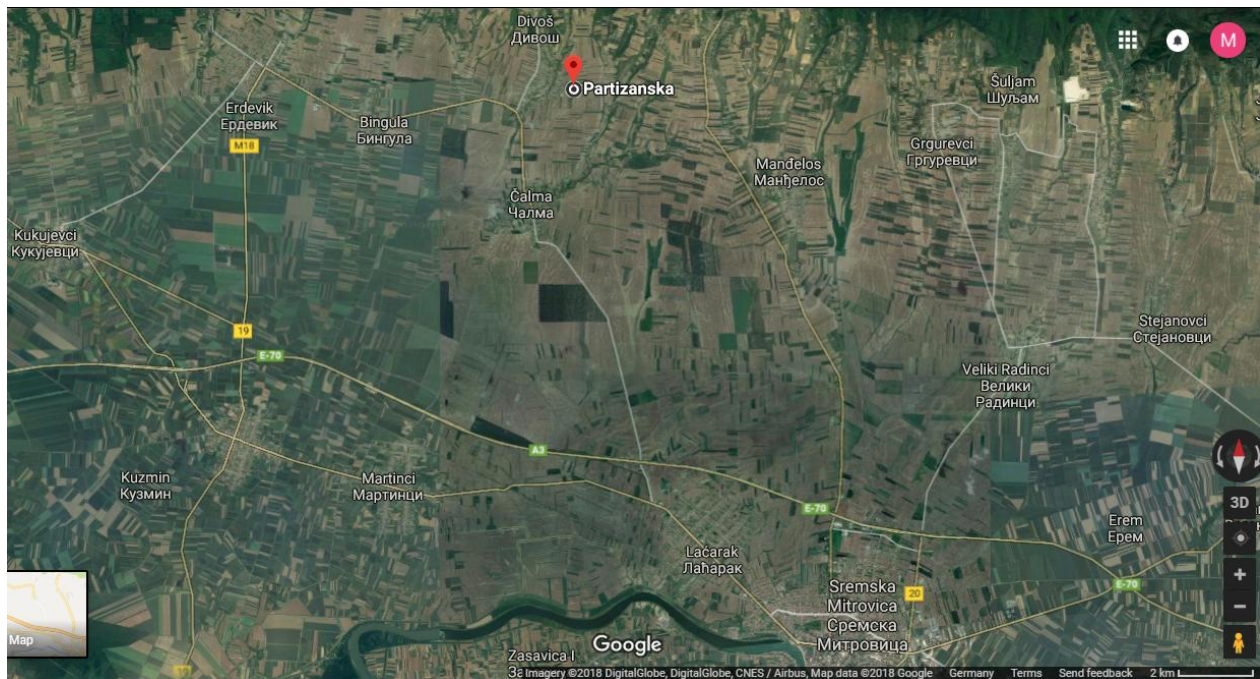
## UVOD

Elektroenergetski sistem (EES) je najveći dinamički sistem koji je ljudska ruka napravila. To je složeni sistem velike dimenzionalnosti, čija je funkcija da sigurno, pouzdano i ekonomično snabdeva potrošače dovoljnim količinama električne energije. Ovi sistemi su fizički veliki, sa rastom interkonekcija prelaze granice pojedinih država i prerastaju u interkonektivne sisteme.

Da bi EES ispravno funkcionisao, neophodni su sistemi informacija, upravljanja (i novčanih tokova) koji su, takođe, složeni. Interakcija takvog sistema i okoline je obično neizvesna (promena ambijentalnih uslova, uticaj ljudskih delatnosti (građevinski radovi), životinja (ptice)...) i treba naći odgovarajući način da se modeluje.

Provodnici srednjenaponske nadzemne mreže su izloženi raznim uticajima. Kvarovi koji zahvataju ovaj deo EES-a su najčešće prolaznog karaktera, čak 70%. Čak i stalne kvarove je do sada bilo jako teško locirati u delovima mreže koja se nalazi u ruralnim područjima, pa je samo otklanjanje trajalo predugo. Trend digitalizacije distributivne mreže nam stvara prostor za unapređenje sistema za zaštitu i upravljanje.

Jedan od takvih sistema instaliran je i pušten u pogon u delu distributivnog sistema Srbije – ED Sremska Mitrovica, mesto Divoš. Magistralni vod iz pravca Sremske Mitrovice dolazi na lokaciju, koja je obeležena na „google mapi”, gde se račva u tri voda koja idu ka mestima Ležimir, Bingula i Divoš. Na ova tri voda montirano je 9 FSI (Fault Sensor Indicator - uređaj za detekciju kvara) uređaja, na svaki fazni provodnik po jedan. Slika 1.1 prikazuje položaj na kome je montiran pomenuti sistem.



Slika 1: Položaj sistema za lokalizaciju kvara

### FSI – Uređaj za detekciju kvara

Uređaj SICAM FSI detektuje fazne kvarove i kvarove sa zemljom kada je montiran na srednjenaponsku nadzemnu mrežu, pri čemu ukazuje i na privremene i na trajne kvarove putem LED dioda koje se nalaze na samom kućištu ili komunikacijom koja se ostvaruje putem FCG (Fault Collector Gateway) uređaja. Može se montirati u grupama od 3, 6 ili 9 uređaja posle tačke račvanja. Robusnog je dizajna sa IP65 zaštitom i zaštitom od UV zračenja i za njega nije predviđeno redovno održavanje. Lako se montira na srednjenaponske vodove od 3.3kV do 66kV. Detektuje prisustvo i odsustvo napona, a ima i mogućnost monitoringa faznih struja. Posедуje bateriju sa autonomijom od minimum 10 godina, ali energiju koristi sa samog voda. Izgled uređaja FSI je prikazan na slici 1.2.



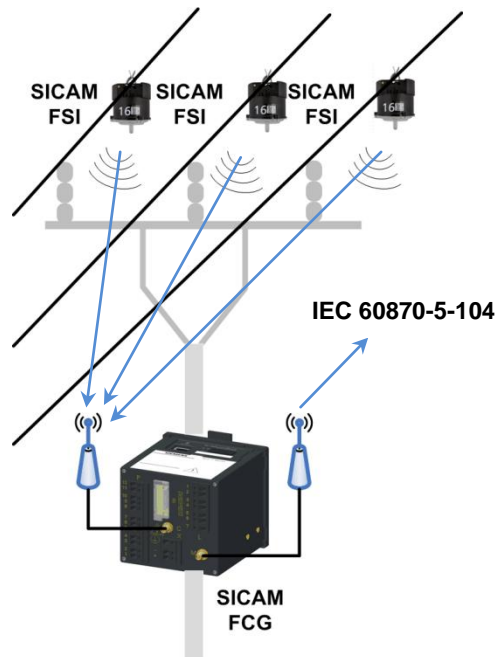
Slika 2: Uređaj za lokalizaciju kvara (FSI)

U tabeli 1.1 su navedene samo neke tehničke karakteristike ovog uređaja.

Frekvencija	50Hz/60Hz
Nazivni napon (Un)	3.3kV do 66kV
Nazivna struja (In)	50A do 500A
Prečnik provodnika	5mm do 25mm
Period osvežavanja merenih vrednosti	20ms za 50Hz 16.6ms za 60Hz
Prisustvo napona (%)	70% od Un
Odsustvo napona (%)	45% od Un
Tačnost merenja struje	≤ 10% od 50A do 800A
Ukupno vreme indikacije kvara	400h treperenja LED dioda

Tabela 1: Osnovne tehničke karakteristike FSI uređaj

Princip funkcionisanja komunikacije između FSI i FCG uređaj se zasniva na „Short-Range Radio (SRR)” protokolu, što znači da svi FSI uređaji moraju biti u radijusu od 100 metara od FCG-a što je prikazano na slici 3.



Slika 3: Komunikacija između uređaja FSI i FCG

### FCG – Uređaj za prikupljanje i prosleđivanje informacija

Uređaj FCG ima funkciju gateway-a između uređaja FSI i kontrolnog centra. Sa kontrolnim centrom uređaj FCG komunicira putem standardnog protokola, na primer, IEC 60870-5-104 pomoću mobilne mreže ili pomoću FliC servisa koristeći XMPP protokol. Parametrizacija uređaja FSI se radi preko uređaja FCG. Uređaj FCG poseduje dve antene pomoću kojih komunicira, jedna za komunikaciju sa FSI uređajima a druga za komunikaciju sa centrom. Slika 4 prikazuje funkcionisanje kompletnog sistema.

Uređaj FCG poseduje 6 binarnih ulaza i 3 binarna izlaza, koji se mogu koristiti za lokalnu signalizaciju i upravljanje (npr. kvar ispravljača, otvorena vrata ormara, položaj rastavljača,...) . Može se konfigurisati lokalno preko web GUI-a povezivanjem PC ili laptop računara ili daljinski pomoću GPRS-a. U našem slučaju, FCG uređaj je montiran na DIN šinu u metalnom ormanu (što je preporuka) na stubu gde se magistralni vod račva u tri pravca. Pored FCG uređaja u ormanu se nalazi i akumulatorska baterija (12V) za napajanje koja se puni pomoću solarnog panela koji je

takođe montiran na čelično-rešetkasti stub. Na ormanu se nalaze dve antene, jedna služi za GSM komunikaciju (antena za mobilnu mrežu), a druga za radio vezu sa FSI uređajima. U pogonu, uređaju zahteva tačan datum i vreme. Ovo omogućava uniformno vreme sa svim uređajima koji su u komunikaciji. Postoje dva načina sinhronizacije:

- Eksterna vremenska sinhronizacija (u našem slučaju) putem NTP protokola
- Interna vremenska sinhronizacija koja se podešava putem web GUI-a (ukoliko ne postoji eksterna sinhronizacija).

Kvar koji je FSI detektovao može se kvitirati iz kontrolnog centra putem IEC 60870-5-104 protokola, zatim FCG šalje zahtev za kvitiranje uređaju FSI. Kada je kvar kvitiran uređaj FSI šalje potvrdu u kontrolni centar pomoću FCG uređaja.

## **PARAMETRIZACIJA**

Kada su svi uređaji montirani stečeni su uslovi za parametrizaciju istih. Parametrizacija se vrši pomoću laptop računara koji je Ethernet kablom povezan sa FCG uređajem. U web browser se unosi IP adresa FCG uređaja i time se pokreće web GUI koji je online interfejs sa uređajem. Pre svega se unose QR kodovi (koji se prethodno skeniraju) svakog FSI uređaja koji učestvuje u sistemu.

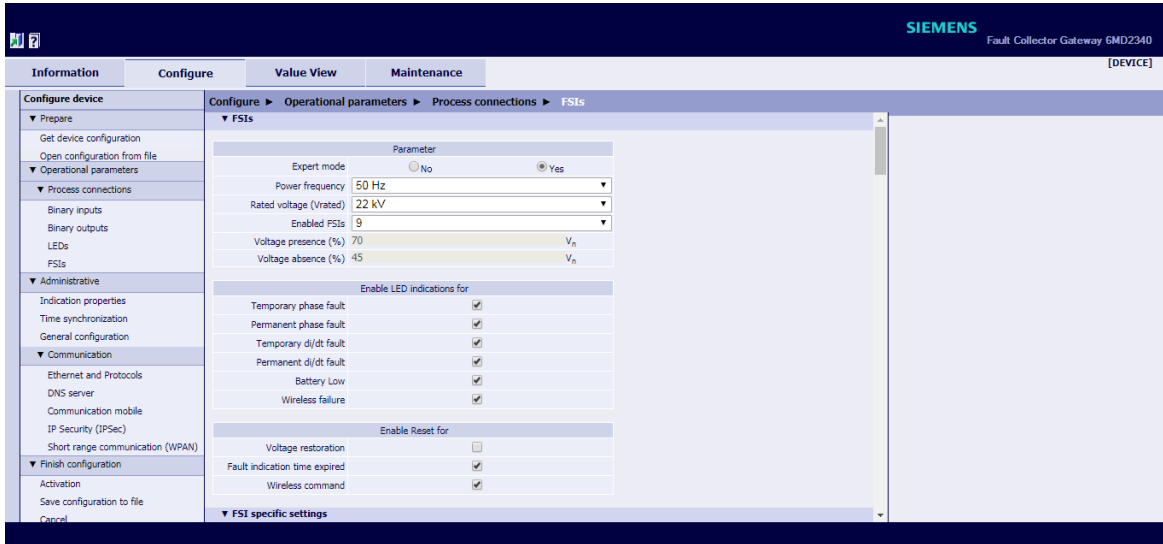
U web GUI-u, iz kartice „Information” se mogu videti svi podaci vezano za uređaj FCG sa kojim smo fizički povezani (MAC adresa, IP adresa, serijski broj, verzija firmvera uređaja, itd...), u toj kartici takođe imamo opciju da sačuvamo informacije uređaja u .txt formatu kao i da sačuvamo „operational log” u .csv formatu.

Kada smo to završili biramo protokol kojim ćemo da komuniciramo sa SCADA sistemom. U našem slučaju između Modbus-a, IEC 60870-5-104 i XMPP-a odabran je protokol IEC60870-5-104.

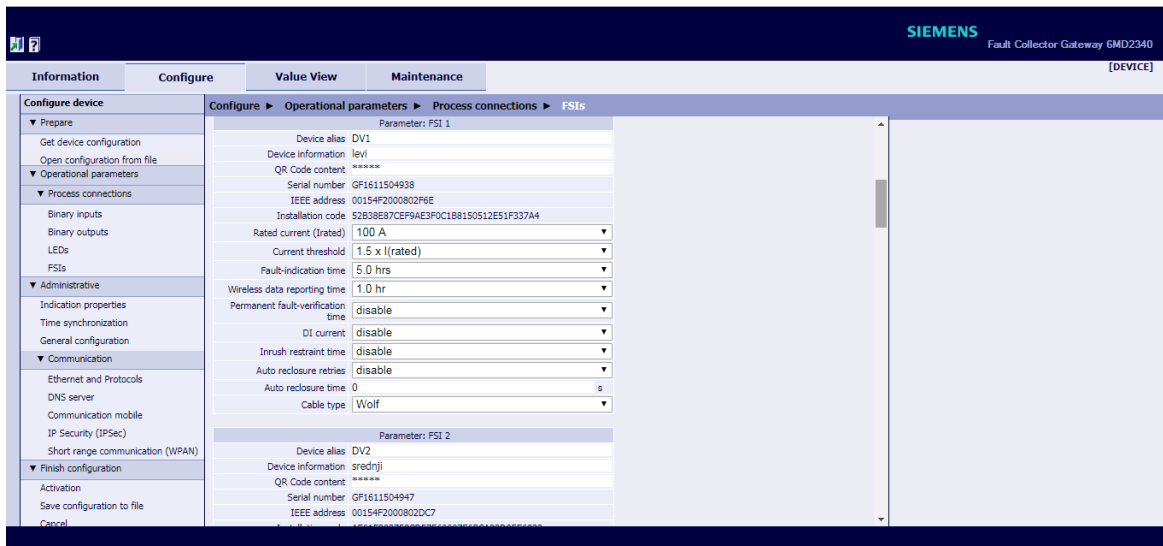
Suštinska procedura parametrizacije počinje u kartici „Configure”, sa leve strane imamo razne opcije za fino podešavanje našeg sistema. Između ostalih mogućnosti, mogu se mapirati binarni ulazi i izlazi kojih ima 6 i 3 respektivno. Kod binarnih ulaza imamo potpunu slobodu i kod naziva i kod smisla korišćenja, za razliku od binarnih izlaza, koje, ukoliko su ožičeni možemo pobuditi samo u jednom od slučajeva kada se pobudi određeni FSI uređaj. Kod opcije „LEDs” treba obratiti pažnju jer se odnosi na LED diode na samom FCG uređaju kojih ima tri, a ne na one koje se nalaze na FSI uređajima. U opciji „FSIs”, se podešavaju osnovni parametri mreže (prikazano na slici 4), a onda se unose parametri i za svaki FSI uređaj ponaosob (prikazano na slici 5). Na slici 4 se vide neka od finih podešavanja kao što su, nakon kog događaja će LED diode na samom uređaju blinkati i da li želimo da se uređaj resetuje nakon nekog od događaja. U konkretnom slučaju smo u prvom delu uneli parametre za nominalni napon mreže od 20kV, frekvencija je 50Hz, nominalna struja 50A, a prag za detekciju kvara je 1.5In. Ovakvo podešenje proizilazi iz razloga što je struja zemljospoja u konkretnoj mreži jako mala. Na zahtev kolega iz ED SM vreme indikacije kvara na samom FSI uređaju (blinkanje LED dioda) podešeno je na 6 sati ukoliko se pre isteka ovog vremena ne kvitira kvar sa SCADA-e. Pored ovog podešen je i vremenski interval slanja prosečne, maksimalne i minimalne struje koji se osvežava na svakih 60 minuta.

Imamo opciju praćenja uživo vrednosti struja koje nam stižu sa uređaja FSI, to se nalazi u kartici „Value View”. Redom po svakom FSI uređaju dobijamo trenutnu vrednost struje, maksimalnu, prosečnu i minimalnu vrednost u poslednjih sat vremena.

U Tabeli 1 prikazana je lista signala na dispečerskoj SCADA-i za kvar na vodu Divoš, dana 08.02.2018. U 6:20 ujutru je vod pušten pod napon, već u 20 minuta do 9, desio se privremeni, a onda i trajni kvar na srednjoj fazi dalekovoda Divoš. Iako su u tom trenutku bili isključeni svi vodovi, u tabeli je prikazano isključenje samo tog voda.



Slika 4: Podešenje parametara mreže



Slika 5: Podešenje parametara FSI uređaja

TABELA 1- PRIKAZ LISTE SIGNALA ZA DAN 08.02.2018.

06:20:48:848	DV	PRISUTAN NAPON FSI 7	NASTANAK
06:20:48:848	DV	PRISUTAN NAPON FSI 8	NASTANAK
06:20:48:848	DV	PRISUTAN NAPON FSI 9	NASTANAK
08:37:29:713	DV	PRIVREMENI PREKID FAZE FSI 8	NASTANAK
08:37:29:764	DV	PRIVREMENI PREKID FAZE FSI 9	NASTANAK
08:37:30:357	DV	PRIVREMENI PREKID FAZE FSI 8	PRESTANAK
08:37:30:357	DV	PRIVREMENI PREKID FAZE FSI 7	NASTANAK
08:37:30:357	DV	TRAJNI PREKID FAZE FSI 8	NASTANAK
08:37:30:357	DV	PRISUTAN NAPON FSI 8	PRESTANAK
08:37:30:408	DV	PRIVREMENI PREKID FAZE FSI 9	PRESTANAK
08:37:30:357	DV	PRIVREMENI PREKID FAZE FSI 7	PRESTANAK
08:37:30:408	DV	TRAJNI PREKID FAZE FSI 7	NASTANAK
08:37:30:408	DV	TRAJNI PREKID FAZE FSI 9	NASTANAK
08:37:30:514	DV	PRISUTAN NAPON FSI 9	PRESTANAK
08:37:30:397	DV	PRISUTAN NAPON FSI 7	PRESTANAK

## **ZAKLJUČAK**

Ugradnjom nove opreme nastavlja se sa modernizacijom i digitalizacijom srednjenaponske distributivne mreže. Omogućeno je praćenje situacije na vodovima na kojima nije bilo nikakvog monitoringa, jasno utvrđivanje pravca na kom je došlo do kvara i mogućnost da se privremeni kvarovi kvitiraju iz dispečerskog centra.

## **LITERATURA**

1. Materijali sa sajta <http://ees.etf.bg.ac.rs/>
2. SIEMENS SICAM Fault Sensor Indicator Manual
3. SIEMENS SICAM Fault Collector Gateway Manual