

Marko Šarić
HEP-ODS d.o.o. Elektroslavonija Osijek
Marko.Saric@hep.hr

Tomislav Stupić
Končar - Elektroindustrija d.d.
Tomislav.Stupic@koncar.hr

Mario Zadro
HEP-ODS d.o.o. Elektroslavonija Osijek
Mario.Zadro@hep.hr

Domagoj Peharda
Končar - Elektroindustrija d.d.
Domagoj.Peharda@koncar.hr

PILOT PROJEKT AUTOMATSKE REKONFIGURACIJE SN MREŽE

SAŽETAK

Radom je opisana implementacija pilot projekta automatske rekonfiguracije mreže (ARM) centraliziranom metodom na području HEP ODS - Elektroslavonije Osijek (ESO) na segmentima SN mreže koji imaju visoki stupanj automatizacije. U prvom dijelu su opisani preduvjeti za provedbu pilot projekta i metode automatizacije - centralizirana i decentralizirana metoda. U drugom dijelu je opisana SN mreža na kojoj je implementirana ARM, broj automatiziranih točaka na dijelu SN mreže (komunikacija, indikacija prolaska struje kvara) te pripreme i razlog odabira centralizirane metode. U trećem dijelu će se opisati SAT (site acceptance test) algoritma - primarno ispitivanje i mogućnosti te prijedlozi za poboljšanje funkcije i daljnju primjenu.

Ključne riječi: ARM, centralizirana metoda, SN mreža, indikacija kvara, vođenje sustava

PILOT PROJECT FOR AUTOMATIC RECONFIGURATION OF THE MV NETWORK

SUMMARY

This work presents the implementation of a pilot project for automatic reconfiguration of the medium-voltage (MV) network (FLISR – Fault location, isolation, system restoration) using a centralized approach in the HEP DSO - Elektroslavonija Osijek region (ESO). The project is implemented to a segment of the MV network characterized by a high level of automation. The first section discusses the prerequisites for implementing the pilot project and the automation methods, comparing centralized and decentralized approaches. The second section provides an overview of the MV network selected for FLISR implementation, including the number of automated points within the network segment (communication and fault current passage indication), as well as the preparations and rationale for choosing the centralized method. The third section focuses on the SAT (Site Acceptance Test) of the algorithm, covering initial testing, capabilities, and recommendations for improving functionality and expanding its future applications.

Key words: FLISR, centralized method, MV network, fault indication, grid operation

1. UVOD

Srednjonaponska distribucijska mreža sve se više modernizira kroz automatizaciju po dubini mreže, čime se povećavaju pouzdanost, učinkovitost i fleksibilnost sustava. To se postiže instalacijom daljinski upravljivih rastavnih naprava (DURN) i SN blokova unutar kabelskih transformatorskih stanica (KTS), koji omogućuju brzo upravljanje, detekciju i izolaciju kvarova te automatsku rekonfiguraciju mreže (ARM). Lokacije u dubini mreže integriraju se u sustav daljinskog vođenja (SDV) i povezuju sa SCADA sustavom pomoću TETRA komunikacijske mreže i protokola IEC 60870-5-104. Ovaj pristup omogućuje centralizirani nadzor, interoperabilnost uređaja i povećava učinkovitost upravljanja mrežom. Svaka lokacija opremljena je inteligentnim elektroničkim uređajem (IED) koji pruža ključne zaštitne funkcije za detekciju i prijenos informacija o prolasku struje kvara. IED-ovi prikupljaju podatke putem strujnih i naponskih mjernih transformatora ili senzora, osiguravajući preciznu detekciju i selektivno djelovanje zaštite. Za pravilno djelovanje zaštitnih funkcija nužno je simulacijama kvarova definirati parametre zaštite (pragove prorade), posebno u mrežama s izoliranim zvjezdištem transformatora gdje su struje kvara male. Ove simulacije ključne su za osiguranje osjetljivosti i pouzdanosti sustava. Primjer implementiranih DURN-a i KTS-a prikazan je na slici 1. Ovi sustavi čine temelj moderne distribucijske mreže, pružajući visoku razinu pouzdanosti i spremnost za budući razvoj.



Slika 1. DURN i daljinski upravljivi SN blok

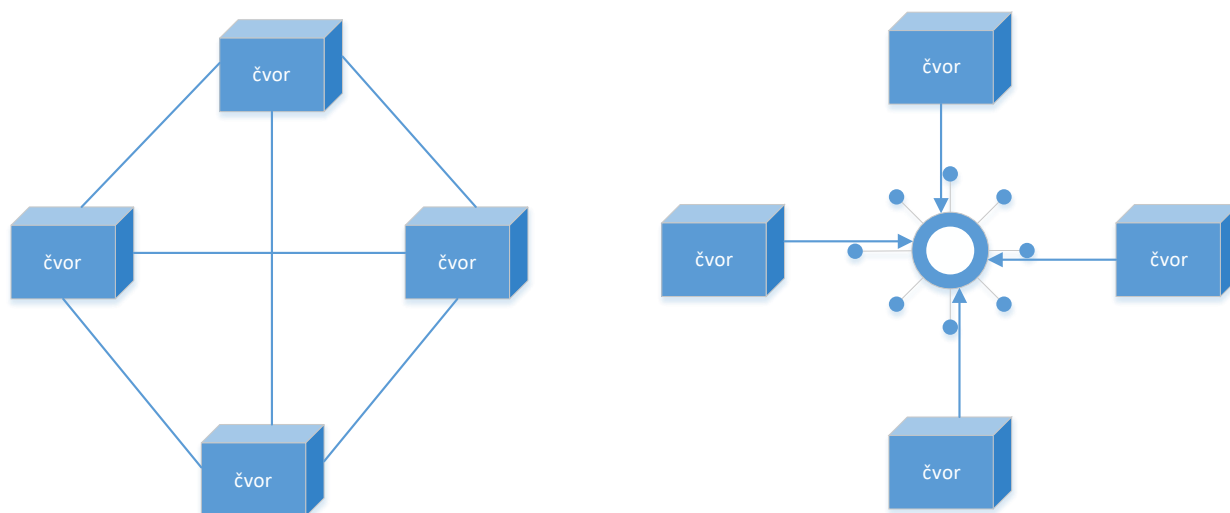
Analizom prekidača koji su isključeni aktivacijom zaštite na 10 kV vodovima u području ESO, gdje su implementirani brzi i spori automatski ponovni uklop (APU), predložene su lokacije za implementaciju ARM-a kao zamjenu za spori APU. U obzir su uzeti 10 kV vodovi s dostatnom razinom upravljivosti i detekcije po dubini mreže te visokim brojem trajnih kvarova koji rezultiraju definitivnim ispadima prekidača. Implementacija ARM-a predstavlja značajan korak u povećanju pouzdanosti i učinkovitosti distribucijskih sustava. Za centralni ARM sustav koristi se FLISR (Fault Location, Isolation, and System Restoration) algoritam, koji omogućuje lociranje kvara u SN mreži, izolaciju kvara i ponovno uspostavljanje napajanja potrošača u nadziranom dijelu mreže. Trenutni SCADA sustav za upravljanje distribucijskim područjem ne uključuje FLISR algoritam. Stoga je, za potrebe ovog pilot projekta, razvijen program koji koristi podatke iz SCADA sustava za obavljanje svih potrebnih operacija. Program s FLISR algoritmom integriran je u SCADA sustav u stvarnom vremenu i omogućuje izdavanje naredbi daljinski upravljivim elementima mreže.



Slika 2. Princip pokretanja ARM-a

2. METODE AUTOMATIZACIJE MREŽE

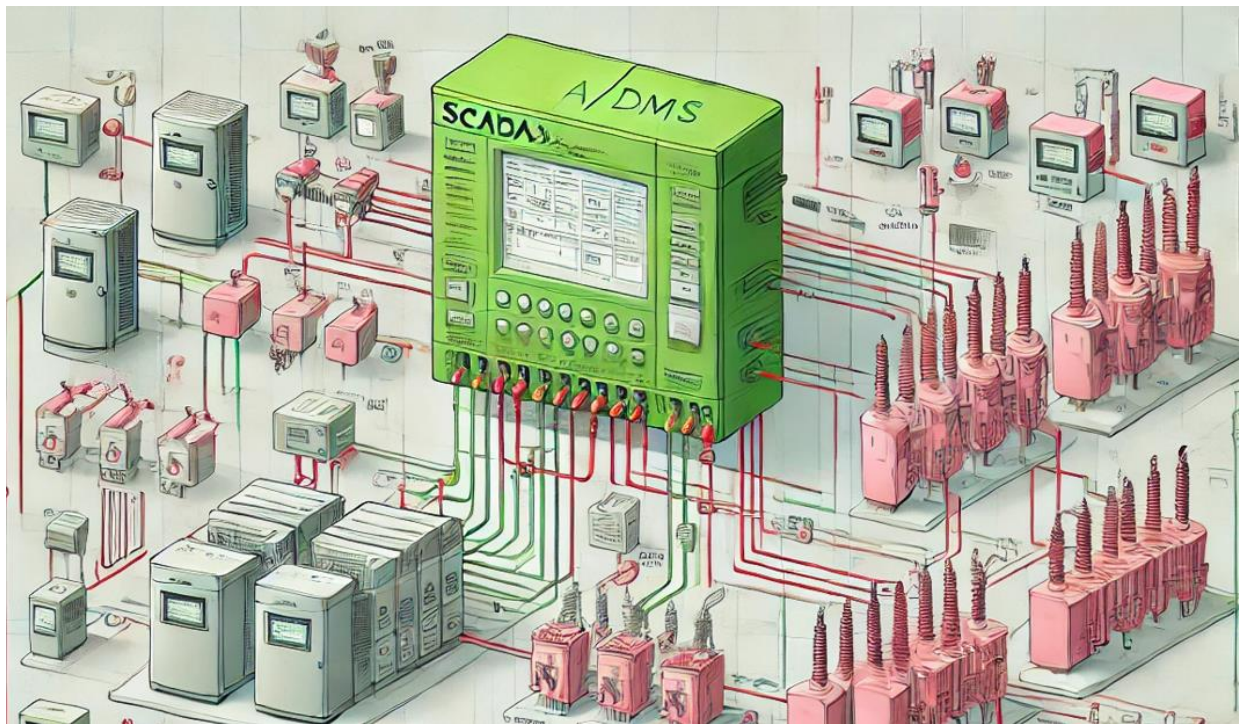
Napredna automatizirana mreža omogućuje visok stupanj pouzdanosti i učinkovitosti distribucijskog sustava automatskim lociranjem mjesta kvara, izoliranjem pogođenog segmenta i ponovnim uspostavljanjem napajanja za zahvaćene korisnike. Takav pristup smanjuje trajanje prekida napajanja i osigurava veću sigurnost i stabilnost mreže. Postoje dvije glavne metode automatizacije mreže: **decentralizirana (distribuirana)** i **centralizirana** metoda. Kod decentralizirane metode, procesi odlučivanja i reakcije odvijaju se lokalno na razini pojedinih čvorova mreže (*peer-to-peer* komunikacija), što omogućuje brze reakcije, ali s ograničenom koordinacijom između čvorova. S druge strane, centralizirana metoda uključuje upravljanje iz jednog centralnog sustava, čime se osigurava cjelokupna koordinacija i optimizacija mreže, ali uz potencijalno dulje vrijeme reakcije zbog potrebe za komunikacijom s udaljenim lokacijama. Na slici 3. prikazan je princip obje metode, gdje čvorovi simboliziraju točke automatizacije (lokacije) raspoređene po dubini SN mreže. Ove točke uključuju inteligentne uređaje opremljene mjernim transformatorima i nekonvencionalnim senzorima, koji omogućuju detekciju kvara, izvršavanje preklopnih operacija i komunikaciju s centralnim sustavom ili s drugim čvorovima. Integracija automatiziranih metoda ključna je za modernizaciju elektroenergetskih mreža jer omogućuje smanjenje gubitaka, optimizaciju rada mreže i brže otklanjanje kvarova. Obje metode imaju svoje specifične primjene, a izbor između njih ovisi o specifičnim zahtjevima mreže.



Slika 3. metode automatizacije

2.1. Centralizirana metoda

Centralizirana metoda automatizacije podrazumijeva da lokacije unutar dubine SN mreže komuniciraju isključivo sa SCADA sustavom, bez međusobne komunikacije među lokacijama. Cijeli komunikacijski proces odvija se vertikalno, pri čemu SCADA sustav djeluje kao *master*, a udaljene lokacije kao *slave-ovi*. Ovaj pristup uključuje prikupljanje svih potrebnih informacija – prolazak struje kvara, signalizacije uređaja – u SCADA sustav, gdje se na temelju povratnih podataka i algoritama sustava poduzimaju daljnje akcije. Na slici 4. prikazan je primjer centraliziranog ARM sustava. Prednost ove metode leži u centralizaciji, odnosno u razvoju algoritama na jedinstvenom mjestu, dok je slabost povezana s pouzdanošću tijekom havarija i mogućim kašnjenjem ili nestankom signala u SCADA sustav zbog smetnji ili kvarova opreme. S obzirom na raznoliku opremu i velike udaljenosti između automatiziranih lokacija u dijelu SN mreže koji je obuhvaćen pilot projektom, odabrana je centralizirana metoda automatizacije.



Slika 4. Ilustracija centraliziranog ARM-a

3. FLISR ALGORITAM

FLISR (Fault Location, Isolation, and System Restoration) algoritam je ključna komponenta centralnog sustava za automatsku rekonfiguraciju mreže (ARM) koji se koristi u stranoj literaturi. Ovaj algoritam omogućava detekciju, izolaciju i obnavljanje napajanja u dijelovima srednjonaponske mreže nakon što dođe do kvara. Implementacija ovog algoritma u distribucijskim mrežama omogućava automatsko vraćanje opskrbe električnom energijom, čime se značajno povećava pouzdanost mreže i smanjuje vrijeme trajanja prekida napajanja. [3-5]

3.1. Početni poticaj

Za aktivaciju ARM algoritma nužno je definirati uvjete koji pokreću njegov rad. Obično, inicijalni poticaj za pokretanje algoritma dolazi od isključenja prekidača koji napaja određeni distribucijski izvod. Međutim, u situacijama kada je prisutan signal za automatski ponovni uklop (APU) u mreži, potrebno je čekati aktivaciju APU-a kao definitivan signal za isključivanje. Osim toga, može biti potrebno pričekati određeni vremenski interval nakon isključenja prekidača, tijekom kojeg zaštitni sustavi mreže mogu detektirati kvar. U tom vremenskom razdoblju provjerava se da li je napon i dalje prisutan na donjoj strani prekidača, što može biti dodatni uvjet za pokretanje algoritma.

Dodatno, ključan uvjet za aktivaciju ARM algoritma je da segment mreže koji se nadzire mora biti radijalan u svakom svom dijelu. To znači da mreža mora imati topologiju koja omogućava jednoznačan smjer protoka električne energije i jasno definira točke prekida. Ako mreža nije radijalna, ARM algoritam se neće pokrenuti jer nije ispunjen osnovni topološki uvjet.

3.2. Lokacija Kvara (FL - Fault Location)

Jedan od ključnih koraka u ARM algoritmu je precizna identifikacija lokacije kvara na SN mreži. Algoritam započinje lociranjem kvara od strane prvog (isključenog) prekidača u mreži gdje je došlo do gubitka napona. U ovoj fazi, algoritam se povezuje s SCADA sustavom kako bi preuzeo sve relevantne podatke o stanju rasklopnih uređaja i drugim ključnim parametrima mreže.

Algoritam zatim pregledava sve sklopke koje su zatvorene, uključujući neprekinute i privremene vodove, te provjerava koji uređaji imaju indikator kvara ili koji su imali detekciju prolaska struje kratkog spoja. Ako

neki od uređaja detektira prolazak struje kratkog spoja, taj se uređaj označava kao "zadnja sklopka prolaska struje kratkog spoja" (označena kao [Sks]).

Ako u daljnjim pregledanim sklopkama nije detektiran prolazak struje kratkog spoja, te se sklopke bilježe kao "sklopke bez prolaska struje kratkog spoja" (označene kao [Snks]). Ova metodologija omogućava precizno lociranje kvara između sklopke koja je detektirala struju kratkog spoja i sljedeće sklopke koja nije registrirala taj događaj.

3.3. Izolacija Kvara (I - Isolation)

Nakon što je lokacija kvara precizno identificirana, slijedi proces izolacije kvara. To se postiže isključivanjem posljednje sklopke kroz koju je prošla struja kvara i prve sljedeće sklopke kroz koju struja nije prošla. Ovaj postupak omogućava sigurno odvajanje dijela mreže koji je pogođen kvarom, sprječavajući širenje problema na ostatak mreže i omogućujući nesmetano napajanje zdravih dijelova sustava.

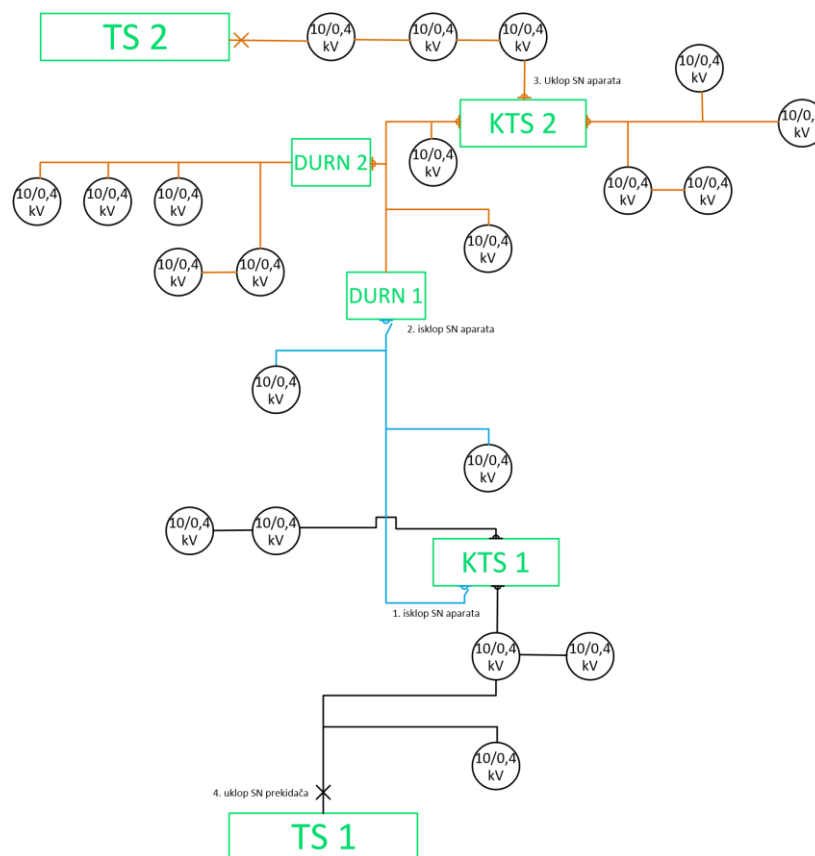
3.4. Ponovno Uspostavljanje Napajanja (SR - System Restoration)

Nakon što je kvar izoliran, proces ponovnog uspostavljanja napajanja može započeti. Ovdje se ponovno uspostavlja naponska opskrba zdravih dijelova mreže zatvaranjem prekidača koji omogućuju pristup napajanoj SN mreži. Ovaj proces mora se pažljivo pratiti kako bi se izbjegle mogućnosti stvaranja upetljenih mreža koje bi mogle uzrokovati nove probleme u napajanju. Dodatno, moguće je ugraditi funkciju za proračun tokova snage kako bi se osigurala optimalna raspodjela opterećenja među vodovima i transformatorima. Ovaj proračun također omogućuje praćenje prihvatljivog pada napona na vodovima, čime se osigurava stabilnost sustava pri ponovnom uključivanju napajanja.

4. ISPITIVANJE ALGORITMA

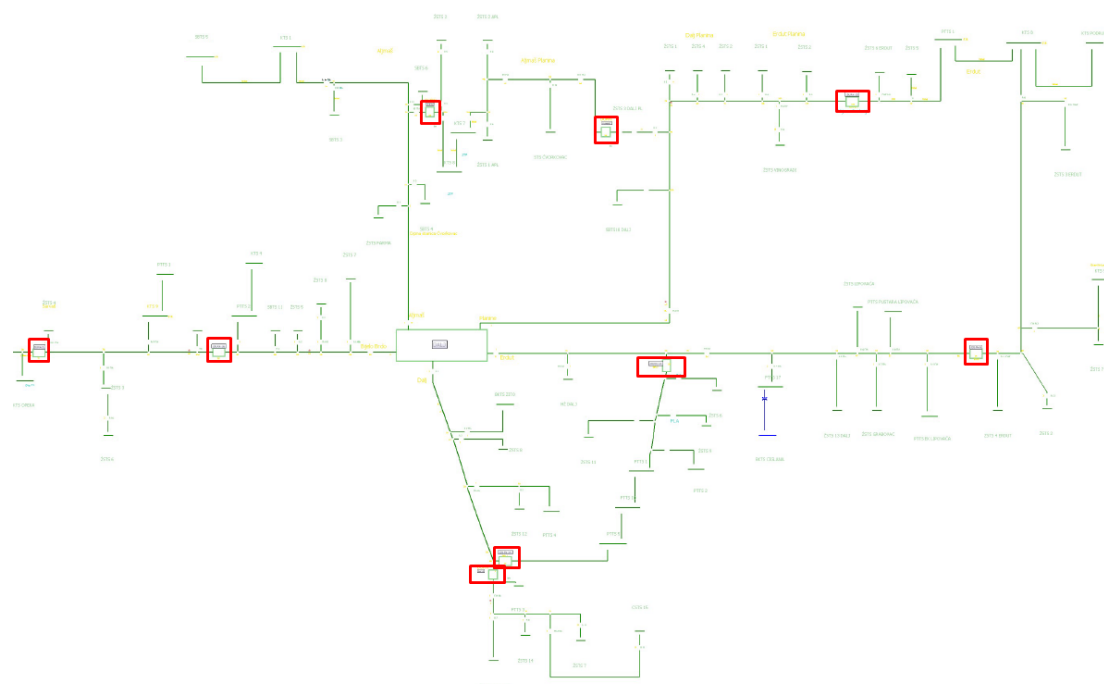
Za pilot projekt automatske rekonfiguracije mreže, odabrana je specifična srednjonaponska mreža koja je napojena iz transformatorske stanice 35/10 kV TS-1. Ova transformatorska stanica koristi sustav jednostrukih 35 kV i 10 kV sabirnica. Stanica sadrži dva transformatora 35/10 kV ukupne snage 8 MVA (2x4 MVA), čime se omogućava pouzdano napajanje i fleksibilnost u radu, s mogućnošću dovođenja energije iz različitih izvora prema potrebama mreže. Transformatorska stanica TS 1 napaja otprilike 3100 krajnjih korisnika, što uključuje širok spektar industrijskih i kućanstava korisnika, čime mreža igra ključnu ulogu u opskrbi električnom energijom na ovom području. Na niskonaponsku mrežu spojeno je ukupno 0,96 MW distribuiranih izvora energije, koji se sastoje od 48 različitih instalacija raspoređenih u mreži. Shema dijela SN mreže koja je obuhvaćena testiranjem ARM sustava prikazana je na slici 5, gdje su zeleno označene lokacije koje su uključene u sustav daljinskog nadzora. Ove lokacije omogućuju precizno praćenje stanja mreže i omogućuju pravovremeno donošenje odluka u slučaju kvara ili drugih abnormalnosti. Promatrani segment SN mreže sadrži dvije DURN, koje omogućuju otvaranje ili zatvaranje sklopki u slučaju kvara te su opremljene indikatorima prolaska struje kvara, čime se smanjuje potreba za fizičkom intervencijom. Također, ovaj dio mreže uključuje dvije daljinski upravljive KTS koje su opremljene indikatorima prolaska struje kvara. Ovi indikatori omogućuju pravovremeno otkrivanje problema u mreži i pomažu u preciznom lociranju mjesta kvara, što je ključno za efikasno izvršavanje ARM algoritma.

Primarni kvar (zemljospoj) nastao je kada je ekipa na terenu uzemljila jedan fazni vodič, a iz dispečerskog centra dan je nalog za uklop sklopke u KTS 1, što je uzrokovalo trajni zemljospoj u mreži. Prekidač u TS 1 je isključila zaštita od zemljospoja, aktivirao se APU koji je pokušao ponovno uključiti prekidač, ali zbog trajne prirode kvara zaštita je ponovo isključila prekidač. Nakon neuspješnog APU ciklusa, pokrenut je ARM algoritam koji je uspješno detektirao kvarni segment mreže pomoću indikacija prolaska struje kvara u KTS 1 i ne javljanja prolaska struje kvara na DURN 1. Kvar je izoliran isključenjem aparata na DURN 1 i KTS 1, a zdravi segmenti mreže su ponovo stavljeni pod napon uključivanjem prekidača u TS 1 i aparata u KTS 2. Vrijeme od detekcije kvara do ponovnog uspostavljanja napona bilo je 44 sekunde. Tijekom tog vremena bez napona bilo je 18 transformatorskih stanica, a 2 do otklanjanja kvara (skidanja uzemljenja). Na slici 7. prikazano je stanje mreže nakon djelovanja ARM funkcije, s napajanjem iz TS 2 (smeđa), TS 1 (crna) i beznaponskim segmentima (plava).



Slika 7. Stanje dijela SN mreže nakon ARM funkcije

Daljnja primjena ARM-a na srednjonaponskoj mreži transformatorske stanice 35/10 kV TS-2, koja ima visok udjel automatizacije kroz DURN-ove predstavlja ključnu strategiju za povećanje pouzdanosti i učinkovitosti distribucije električne energije na tom području. Ova mreža je specifična jer se u velikoj mjeri sastoji od nadzemnih vodova, dok je neutralna točka transformatora izolirana, što stvara posebne izazove u procesu detekcije kvarova i automatske rekonfiguracije. Uvođenjem ARM sustava na ovom segmentu SN mreže, omogućuje se automatska identifikacija i izolacija kvarova u stvarnom vremenu, čime se smanjuje vrijeme trajanja ispada napajanja i minimizira broj korisnika pogođenih kvarom. DURN-ovi postavljeni na ključnim točkama mreže omogućuju daljinsko upravljanje, a u kombinaciji s indikatorima prolaska struje kvara, omogućuju brzu detekciju i izolaciju kvara, što je od esencijalne važnosti u nadzemnim vodovima, gdje su kvarovi često uzrokovani vanjskim uvjetima kao što su vremenski uvjeti, vjetar, kiša ili snijeg. Na slici 8. je prikazana SN mreža napojena iz TS-2, s crveno označenim točkama automatizacije. Svaka od tih točaka označava ključne lokacije na mreži gdje su implementirani DURN-ovi. Ove točke omogućuju kontinuirani nadzor stanja mreže i daljinsku kontrolu operacija, čime se ostvaruje visoka učinkovitost u upravljanju i održavanju mreže.



Slika 8. SN mreža napojena iz TS-2

Slika 9. prikazuje ARM sučelje namijenjeno za rad dispečera, koje omogućuje praćenje i upravljanje automatskom rekonfiguracijom mreže. Na sučelju su jasno prikazane informacije o trenutnom stanju mreže, s fokusom na detektirane kvarove i korake poduzete za izolaciju kvarnog segmenta. Na desnom dijelu sučelja nalazi se lista događaja koja prikazuje kronološki popis svih aktivacija i poduzetih akcija unutar ARM sustava. Ovdje su zabilježeni svi ključni događaji kao što su aktivacija alarma, aktivacija zaštite, izvršena izolacija kvarnog segmenta, kao i povratak napajanja u pogođene dijelove mreže. Lista događaja također sadrži informacije o vremenu kada su se određeni koraci poduzeli, što dispečerima omogućuje praćenje i analizu radnji, te olakšava dijagnosticiranje i rješavanje problema u slučaju pogrešaka ili nesreća. Ovo sučelje dispečeru omogućuje učinkovito upravljanje mrežom, praćenje događaja u stvarnom vremenu i brzo donošenje odluka kako bi se osigurala stabilnost i pouzdanost elektroenergetskog sustava.

AUTOMATSKA REKONSTRUKCIJA MREŽE

TS - 1		RESET	ARM FUNKICJA
PRORADA	☐		
BLOKIRAN	☐		

TS - 2		RESET	ARM FUNKICJA
PRORADA	☐		
BLOKIRAN	☐		

Događaji		Višestruka sustavi		Višestruki podustavi		23
Vrijeme	\	C	Poruka			
29.10.2024.	10:46:13	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA POKRENUTA
	10:46:13	ARM	SN	PRORADA	ARM	UKLJUČENO
	10:46:15	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	10:46:21	ARM	SN	TRIGGER	ARM	UKLJUČENO
	10:46:21	ARM	SN	PRORADA	ARM	BLOKIRAN
	10:46:21	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA ZAVRŠENA
	10:48:51	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	10:48:51	ARM	SN	TRIGGER	ARM	ISKLJUČENO
	10:48:53	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	11:33:59	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	11:34:00	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	11:49:47	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
30.10.2024.	8:53:10	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	8:53:10	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	8:53:15	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	8:53:17	ARM	SN	PRORADA	ARM	FUNKCIJA BLOKIRANA
	8:54:06	ARM	SN	PRORADA	ARM	OMOGUĆEN
	8:54:06	ARM	SN	PRORADA	ARM	ISKLJUČENO
	8:53:10	ARM	SN	BLOKIRAN	ARM	ISKLJUČENO
	8:53:12	ARM	SN	PRORADA	ARM	OMOGUĆEN
	8:53:25	ARM	SN	PRORADA	ARM	OMOGUĆEN
	8:53:25	ARM	SN	BLOKIRAN	ARM	ISKLJUČENO
	8:53:39	ARM	SN	PRORADA	ARM	OMOGUĆEN
	8:53:48	ARM	SN	PRORADA	ARM	OMOGUĆEN

Slika 9. ARM sučelje u SCADA sustavu

Obzirom na to da ARM u potpunosti automatiziran, dizajniran je tako da samostalno izdaje naloge za manipulaciju sklopnim napravama, čime osigurava brz i precizan odgovor na određene situacije u elektroenergetskom sustavu. ARM je konfiguriran na način da, prilikom aktiviranja emitira poseban zvučni alarm koji služi kao obavijest dežurnom dispečeru, odnosno voditelju elektroenergetskog sustava. Navedeni zvučni alarm i posebno istaknuta lista događaja signalizira procesa ARM-a i zahtijeva od dispečera svjesnu potvrdu i deblokadu funkcije prije njezinog ponovnog aktiviranja. Ova sigurnosna mjera je implementirana kako bi se spriječila potencijalna višestruka aktivacija ARM-a u situacijama višestrukih kvarova kada inicijalni kvar nije u potpunosti otklonjen. Na taj način se osigurava pouzdanost sustava i smanjuje rizik od dodatnih tehničkih problema ili potencijalnih havarija. Iako trenutno ne postoje službeni bilteni (interni dokumenti koji standardiziraju radove na elektroenergetskim postrojenjima) koji reguliraju ovu funkciju, izrađene su detaljne interne upute za korištenje ARM-a. Ove upute obuhvaćaju sve tehničke aspekte rada funkcije, uključujući opis njezine funkcionalnosti i analizu mogućih scenarija tijekom aktivacije i rada ARM-a. Upute su osmišljene tako da pružaju jasno razumijevanje i praktične smjernice za sve potencijalne situacije, čime dodatno osiguravaju pravilno i odgovorno upravljanje elektroenergetskim postrojenjima.

5. ZAKLJUČAK

Automatizacija dubine mreže postaje sve važnija uslijed rasta priključenih distribuiranih izvora, implementacije automatizacijskih projekata i investicija operatora distribucijskog sustava. Glavne prednosti ove automatizacije uključuju smanjenje troškova za ponovnu uspostavu napajanja, povećanje pouzdanosti napajanja i stvaranje temelja za daljnje implementacije. Ugradnjom daljinski upravljivih rasklopnih uređaja i kabelskih transformatorskih stanica s indikatorima prolaska struje kvara omogućeni su uvjeti za primjenu ARM projekta na određenim dijelovima srednjonaponske mreže. Cilj pilot projekta ARM-a je razviti univerzalni algoritam koji će se moći primijeniti na ostale dijelove SN mreže koji će u budućnosti biti automatizirani. Jedna od prednosti ARM algoritma je da on automatski rekonfigurira mrežu prilikom ispada vodnog polja, bez potrebe za intervencijom dežurnog dispečera, čime se smanjuje vrijeme odziva na kvar. Algoritam koristi signalizaciju indikatora prolaska struje kvara, što može predstavljati izazov u pogledu preciznog podešavanja tih indikatora, ovisno o proizvođaču i vrsti zaštite (usmjerena/neusmjerena), uz mogućnost pogrešnog detektiranja kvara zbog neispravne signalizacije. S obzirom na to da jednopolni kvar (zemljospoj) čini 85% svih kvarova u distributivnoj mreži, ovo predstavlja dodatni izazov za SN zračne mreže s izoliranim zvjezdištem transformatora, gdje su struje kapacitivnog doprinosa pri kvaru relativno male, što utječe na osjetljivost indikatora prolaska struje kvara.

6. LITERATURA

- [1] Brestovec B., Jadrijević Z., Njavro B.: „Osnovni principi vođenja samoodržive napredne mreže“ Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIREN, 4.(10.) savjetovanje, str. 1-10. Trogir, 11.-14. svibnja 2014,
- [2] Jadrijević Z.: Automatska rekonfiguracija mreže zračna luka Split, Primjena norme IEC 61850 te njezin utjecaj na razvoj opreme, Hrvatski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – HO CIREN, seminar. Zagreb, 14. ožujak 2013,
- [3] P. Pachanapan, A. Supannon: „A Centralised Fault Location, Isolation, and Service Restoration Approach for Rural Microgrid System using Reclosers and Sectionalizers“, IEEE PES 15th Asia-Pacific Power and Energy Conference, prosinac 2023,
- [4] U. S. D. o. Energy: „Fault Location, Isolation, and Service Restoration Technologies Reduce Outage Impact and Duration“, prosinac 2014,
- [5] Y.N. Velaga, K. Prabakar, M. Baggu, K. P. Schneider, „Evaluation of Centralized Model-Based FLISR in a Lab Setup“, 2021 IEEE Rural Electric Power Conference, travanj 2021,
- [6] Stupić T., Peharda D., Benčec D., Zadro M., Budiša D., Lovreković D.: „Automatska rekonfiguracija srednjonaponske distributivne mreže HEP Operatora distribucijskog sustava“, Crnogorski ogranak međunarodne elektrodistribucijske konferencije – ME CIREN, 1. savjetovanje o elektrodistributivnim mrežama Crne Gore , Budva, 10.-13. lipnja 2024