Broj rada: R3-15
DOI:10.46793/CIRED2026.R3-15_200

PRIMENA REŠENJA ZAŠTITE U CILJU POVEĆANJA SELEKTIVNOSTI PRILIKOM PRIKLJUČENJA OBJEKATA NA ELEKTRODISTRIBUTIVNI SISTEM

APPLICATION OF PROTECTION SOLUTIONS TO INCREASE SELECTIVITY WHEN CONNECTING FACILITIES TO THE ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM

Ilija Stanić, Electroconsult,Republika Srbija
Nemanja Radić, Electroconsult, Rpublika Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Obnovljivi izvori energije su glavni pokretač i nosilac ka karbonski neutralnoj energetici u borbi protiv klimatskih promena. Srbija ima potencijal vetra, sunca, vode, biomase i biogasa, što je omogućilo veliki pomak u oblasti energetike. Na to ukazuje i činjenica sve većeg broja priključenih i planiranih objekata za proizvodnju električne energije. Iako je tendencija porasta korišćenja energije iz obnovljivih izvora u skladu sa dugoročnim strateškim ciljevima energetske politike Republike Srbije, za priključenje objekata na distributivnu mrežu i njihovo učestvovanje u ukupnom bilansu snaga u Srbiji, objekti moraju zadovoljiti tehničke uslove definisane od strane operatora sistema, kao i zakonske akte koji se odnose na ovu oblast. Sa sve većom ekspanzijom objekata za proizvodnju električne energije dolazi do promene tehničkih uslova koje one moraju da ispunjavaju. U ovom radu dat je osvrt na uslove i zahtev uvođenja pojma “tele-zaštite” kao dodatnog vida sigurnosti i zaštite od ostrvskog rada elektrane. Takođe se pojavljuje i novi uslov za komunikaciju između uređaja koji pripadaju objektu postrojenja korisnika i uređaja koji se nalaze na strani distributivnog sistema. Dati su osvrti na rešenja koja se primenjuju trenutno i iskustva u primeni ovih rešenja.

Ključne reči: Priključenje objekta za proizvodnju električne energije, IEC 61850 protokol, tele-zaštita (ANSI 85), obnovljivi izvori energije

ABSTRACT

Renewable energy sources are the main driver and carrier towards carbon-neutral energy in the fight against climate change. Serbia has the potential of wind, sun, water, biomass and biogas, which has enabled a major shift in the field of energy. This is also indicated by the fact of the increasing number of connected and planned facilities for the production of EE. Although the tendency to increase the use of energy from renewable sources is in line with the long-term strategic goals of the energy policy of the Republic of Serbia, in order to connect facilities to the distribution network and their participation in the overall power balance in Serbia, the facilities must meet the technical conditions defined by the system operator, as well as the legal acts relating to this area. With the increasing expansion of facilities for the production of EE, there is a change in the technical conditions that they must meet. This paper reviews the conditions and requirements for introducing the concept of "tele-protection" as an additional form of safety and protection against islanding of power plants; it also introduces a new

condition for communication between devices belonging to the connection facility and devices that are part of the distribution system. It reviews the solutions currently in use and experiences in the application of these solutions.

Keywords: Connection of the DERs, IEC 61850 protocol, tele-protection (ANSI 85), RES

1. UVOD

Republika Srbija se trenutno nalazi u ključnom trenutku svoje energetske transformacije, usmeravajući se ka smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva, pre svega uglja, kroz jasnu tranziciju ka obnovljivim izvorima energije. Ovaj proces je deo šire inicijative „Zelene agende“ za Zapadni Balkan i nacionalnih strateških planova, koji postavljaju održivost i energetsku nezavisnost kao prioritet.

Zahvaljujući podršci povoljnog regulatornog okruženja i povećanim investicijama, u Republici Srbiji je vidljiv snažan rast u izgradnji obnovljivih elektrana, poput vetro-parkova i solarnih panela. Ovo ne dolazi samo od velikih investitora, već i od korisnika koji proizvode energiju na krovovima svojih objekata, čime se dodatno decentralizuje proizvodnja električne energije i podstiče aktivnija uloga privatnog sektora i građana u zelenoj tranziciji.

Ipak, rapidni porast ovih projekata stvara izazove za postojeću elektroenergetsku mrežu koja nije projektovana za prisustvo varijabilnih izvora električne energije. Zato su uvedene značajne izmene u pravilnicima za priključenje elektrana na mrežu, kako bi se osigurala stabilnost sistema i sprečilo preopterećenje, balansirajući potrebu za ubrzanom integracijom obnovljivih izvora sa zahtevima sigurnog i pouzdanog rada prenosnog i distributivnog sistema. [1]

2. ZAHTEVI DISTRIBUTIVNOG SISTEMA

Prilikom odobrenja priključenja elektrane na mrežu u samom rešenju se definišu se zahtevi u pogledu njenog rada sa elektrodistributivnim sistemom. Dati zahtevi su standardizovani na nivou operatora distributivnog sistema (EDS) i predstavljaju tipske uslove koji moraju da se ispune kako bih se odobrilo priključenje elektrane na njihovu mrežu. Kako se u praksi dešava da se u SN elektrodistributivnu mrežu priključuje sve više elektrana, što zahteva dodatne investicije i izgradnju priključno-razvodnih postrojenja (PRP), promenu tokova snaga sve to dovodi do povećanja uslova i dodatnih zaštita kako bi se obezbedio stabilan rad mreže, brzo i sistemsko isključenje mesta kvara, kao i sigurno odvajanje objekta za proizvodnju električne energije (EE) iz dela elektrodistributivne mreže koja je pod kvarom.

2.1 Uslovi za priključenje objekata za proizvodnju EE vezano za sistem upravljanja

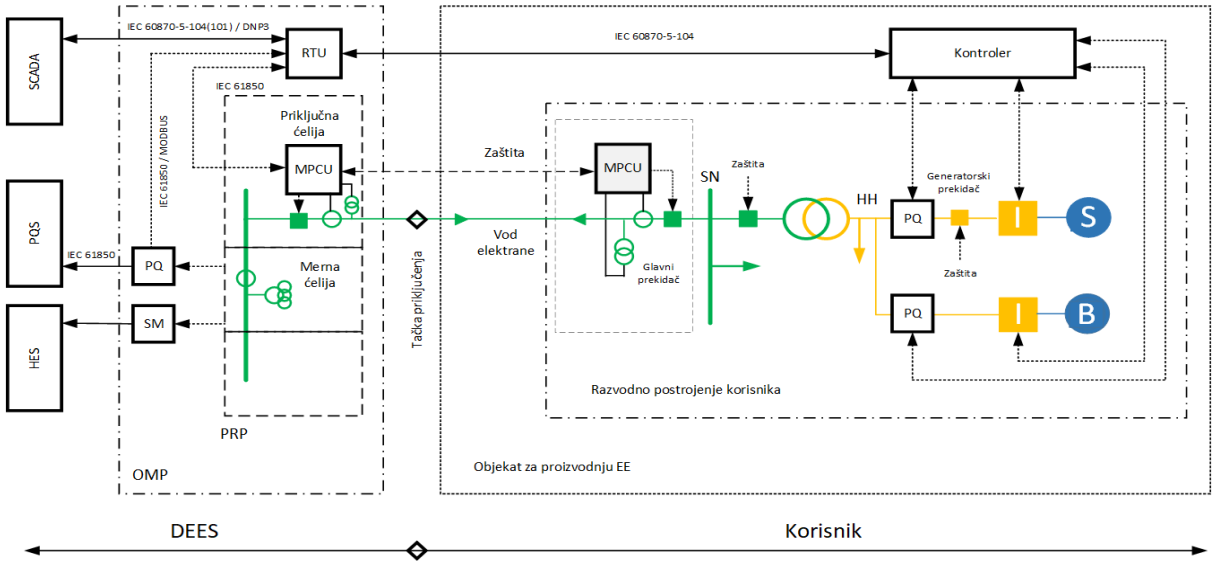
Kako bih se ostvario uslov nadzora i mogućnost dobijanja informacija o radu objekta neophodna je razmena podataka između samog objekta za proizvodnju EE i sistema za daljinski nadzor i upravljanje operatora distributivnog sistema.

U zavisnosti sa kog mesta preuzimamo procesne podatke (informacije) možemo ih podeliti u dve grupe:

- Procesne podatke koje dobijamo sa samog mesta priključenja objekta (PRP, SN izvodno-merna ćelija).

- Procesne podatke koje dobijamo vezano za SN postrojenje korisnika (spoljni (glavni) prekidač, MPZU, prorada zaštitnih funkcija, itd.).

Zbog sve većeg broja objekata za proizvodnju EE u elektrodistributivnoj mreži, koje utiču na tokove snaga, kako bi se uvela dodatna kontrola samog sistema, pred samu elektranu se stavlja zahtev da mora ispunjavati uslove operatora distributivnog sistema (EDS). EDS treba da upravlja određenim režimom regulacije rada objekta, kao i eventualnog ograničavanja proizvodnje zbog regulacije odnosa proizvodnje i potrošnje.



Slika 1 – Šema priključenja objekta za proizvodnju električne energije

2.1.1 Zahtevi vezano za zaštitu

Prilikom izdavanja rešenja o priključenju, strancu (finansijeru) se definiše šta mora ispuniti u pogledu sistema zaštite. Definiše se koje sve zaštitne funkcije treba da ispunjava zaštitno-upravljački uređaj (MPZU), kao i komunikacione kartice i tip protokola koji mora da podržava za potrebe razmene podataka.

Ove zahteve možemo podeliti u dve grupe:

- Zahtevi koje se odnose na sam zaštitno-upravljači uređaj (MPZU), i
- Zahtevi koje se odnose na blokadne uslove.

2.1.2 Mikroprocesorski zaštitno-upravljački uređaj (MPZU)

Zaštitno-upravljački uređaj treba da ima sve definisane i po uslovima zahtevane funkcije. Takođe, mora imati mogućnost da podržava određene protokole koje su potrebni za razmenu podataka, da ispunjava hardverske uslove (strujne, naponske ulaze, dovoljan broj binarnih ulaza i izlaza). Zaštitne funkcije koje mora da podržava delimo u dve grupe:

- Osnovne strujne zaštite (prekostrujna, kratkospojna, zemljospojna zaštita);

- Sistemske zaštite (naponske, frekventne, gradijent promene frekvencije);

Takođe, MPZU uređaj ima funkciju nadzora statusa opreme koju sadrži priključna ćelija PRP postrojenja (rastavljač, prekidač, uzemljivač), kao i prikupljanje svih relevantnih podataka o priključnoj ćeliji SN postrojenja korisnika, koji su od značaja za EDS.

2.1.3 Zaštitno – blokadni uslovi

Da bi se obezbedila dodatna pouzdanost i zaštita da objekat za proizvodnju EE ne utiče negativno na rad elektroenergetske mreže, uvode se dodatni blokadni uslovi.

- **Pol sa strane objekta ne sme biti pod naponom.**

Ovaj blokadni uslov služi da obezbedi u svakom momentu blokadu prilikom uključenja spoljne ćelije, tako da objekat mora biti ugašena i ne sme postojati primarni napon sa njegove strane.

- **Automatsko isključenje objekta usled nestanka mrežnog napona**

Ova funkcija je neophodna naročito u distributivnim mrežama, koja je radijalizovana, gde usled kvara na mreži i isključenja izvoda od strane zaštite na izvodnim SN ćelijama, potrebno je odmah isključiti i objekat za proizvodnju EE. Vremenom je uočeno da sama naponska zaštita nije dovoljna za realizaciju ove funkcije, te je vremenom uvedena aktivacija zaštite od brze promene frekvencije (ROCOF) i zaštita od promene vektora napona.

- **Blokada uključenja 10 min od dolaska mrežnog napona**

Ova blokada se najviše odnosi na momente kada nestane mrežni napon i brzo se vrati (prolazni APU). Blokada omogućava prvo stabilizaciju mreže usled nestanka napona, uspostavljanje normalnog rada korisnika, pa tek onda postepeno vraćanje objekta u mrežu i prihvata njegovog opterećenja.

- **Isključenje objekta usled nestanka komandnog napona**

Zbog sigurnosti i mogućnosti da se u nekom momentu dogodi da sam spoljni (glavni) prekidač ostane bez pomoćnog napona za kola komandovanja ili da nestane napajanja samog MPZU uređaja, uvodi se uslov da se automatski deluje na prekidač i objekat se isključuje iz mreže. Ovaj zahtev se najčešće realizuje podnaponskom špulnom, koja se vezuje direktno u kolo isključenja prekidača.

3. PRIMERI RALIZACIJE DODATNIH ZAŠTITNO-BLOKADNIH FUNKCIJA ZA OSTAVRIVANJE DODATNE SIGURNOSTI I SELEKTIVNOSTI SREDNJENAPONSKE MREŽE

Integracija sve većeg broja objekata za proizvodnju EE značajno usložnjava srednje naponsku mrežu, zbog čega se javlja potreba za uvođenjem dodatnih zaštitnih funkcija na vodovima. Primarni cilj ovih funkcija jeste da spreče rad objekta u režimu kvara, čime se eliminiše povratno napajanje mesta kvara i sprečava ugrožavanje bezbednosti ljudi i opreme.

Iako postojeći zaštitni sistemi pružaju određeni stepen sigurnosti i uspešno sprečavaju ostrvski rad, situacija postaje kompleksnija kada je na isti vod priključeno više proizvodnih objekata. U takvim sistemima postavlja se striktan zahtev da prilikom kvara između distributivnog i korisničkog postrojenja zaštite moraju delovati obostrano, kako bi se osigurala trenutna i potpuna izolacija mesta kvara sa oba kraja voda.

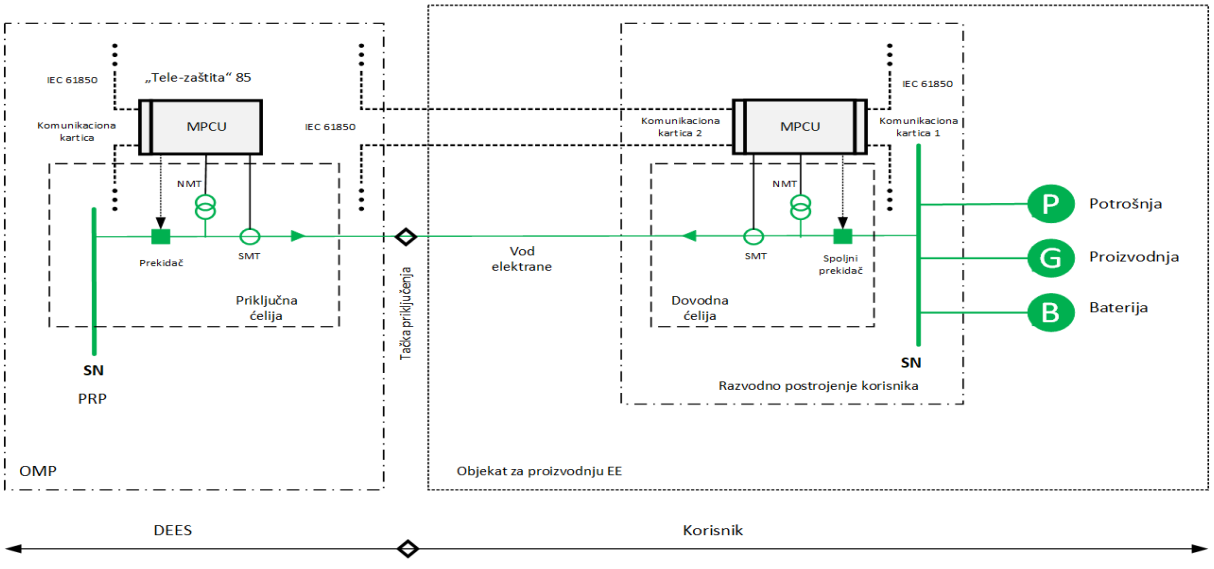
Za primenu realizacije ovog zahteva izdvojila su se tri načina:

- Primena isključenja prekidača korišćenjem razmene "GOOSE" poruke putem IEC 61850 protokola („tele-zaštita" ANSI 85),
- Ugradnjom kompatibilnih MPZU uređaja istih karakteristika koji dozvoljavaju primenu podužne diferencijalna zaštite voda (ANSI 87L),
- Ugradnjom MPZU uređaja sa strane distributivnog sistema (priključna ćelija) koji dozvoljavaju primenu diferencijalne zaštite voda (ANSI 87).

3.1 Rešenje „tele-zaštite" (ANSI 85)

Prednost ovog rešenja je što ne zavisi od tipa i proizvođača MPZU koji su ugrađeni sa obe strane voda. S obzirom da je protokol IEC 61850 generalizovan za sve MPZU uređaje lako je dostupno da se realizuje preko ovog protokola tražena funkcija. Nedostatak je što se zahteva da realizacija komunikacije između dva uređaja bude nezavisna od komunikacionog puta kojim se razmenjuju podaci iz elektrane sa EDS, a to zahteva uglavnom dodatnu mrežnu opremu kao i dodatne komunikacione kartice na samom MPZU.

Funkcionalnost ove zaštite se ostvaruje tako što sa obe strane voda imamo određene parametre koje MPZU uređaji kontrolišu i prate. Prilikom pojave odstupanja od normalnog pogonskog stanja i pojave kvara svaki MPZU gleda na svoj način to pogonsko stanje i u skladu sa svojim podešenjima reaguje i izvršava potrebnu funkcionalnost da zaštiti opremu, a samim tim i mrežu. U praksi se dešava da zaštitni uređaj sa strane PRP i objekta za proizvodnju EE ne gleda isto na kvar i različito deluje na njega. Zbog toga dolazi do primene međusobnog isključenja prekidača u oba postrojenja. [3]



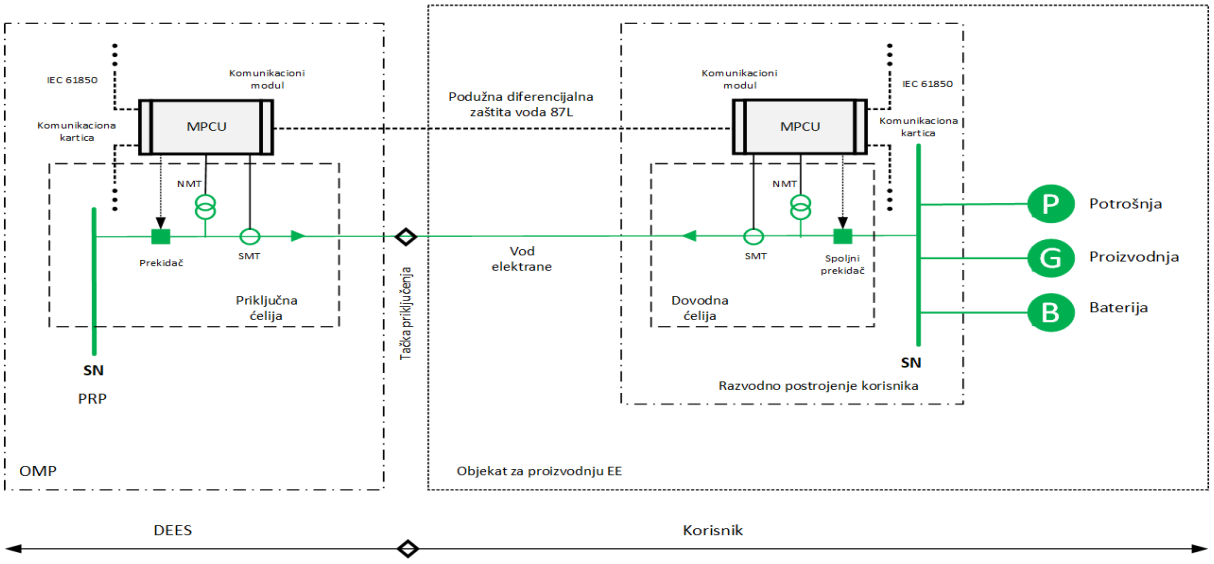
Slika 2 – Realizacija komunikacije između PRP-a i objekta za proizvodnju EE u cilju primene „tele-zaštite" voda

3.2 Rešenje primene podužne diferencijalne zaštite voda (ANSI 87L)

Ovakvo rešenje u početku zahteva veću investiciju, jer je potrebno primeniti MPZU uređaje sa obe strane priključnog voda elektrane (i sa strane EDS i sa strane postrojenja korisnika). Predmetni uređaji su nešto skuplji u odnosu na obične MPZU uređaje, koji se ugrađuju na SN

izvodima. Prednost je u jednostavnosti konfigurisanja arhitekture, jer nema potrebe za dodatnim mrežnim uređajima, ali se za funkcionisanje podužne diferencijalne zaštite zahtevaju dodatna optička vlakna. Komunikacija se odvija direktnom razmenom informacija „MPZU“ – „MPZU“, preko posebnih komunikacionih modula.

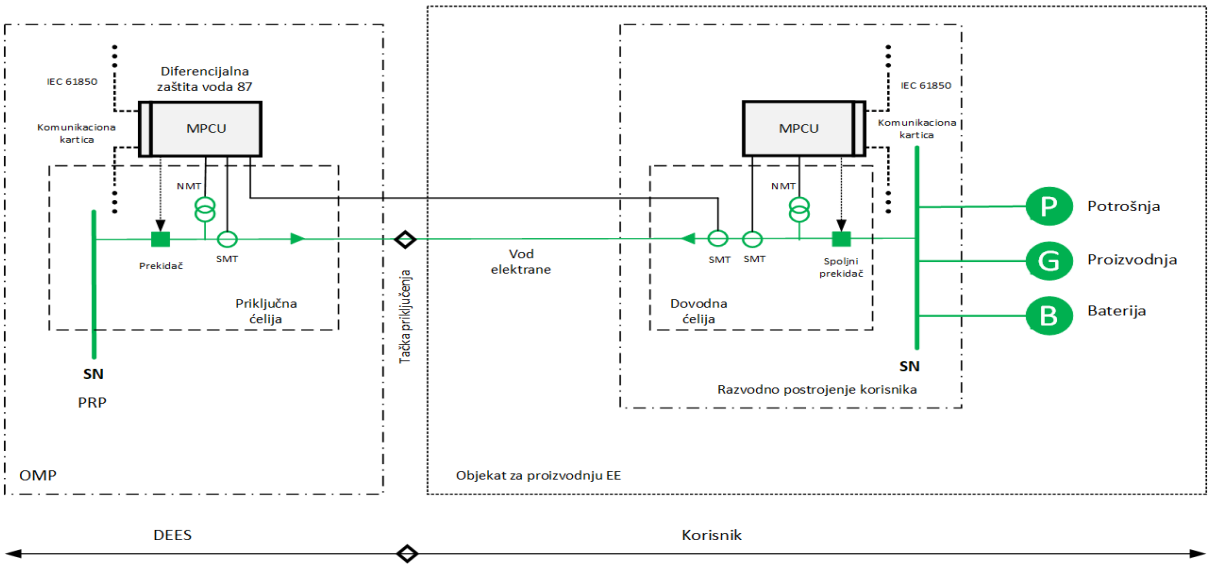
Funkcionalnost ove zaštite se ogleda u tome što zaštitni uređaji sa obe strane voda razmenjuju informacije i merenja u realnom vremenu te se svaka oscilacija ili promena detektuje u oba uređaja. Razlika u odnosu na standardne uređaje koji se ugrađuju je ta što ovi uređaji imaju dodatnu zaštitu ANSI 87L koja ako se dogodi razlika u merenjima vrednosti struja i pređe podešenu vrednost za proradu zaštite dolazi do međusobnog isključenja prekidača na obe strane voda. [5]



Slika 3 – Realizacija komunikacije između PRP-a i objekta za proizvodnju EE u cilju primene podužne diferencijalne zaštite voda

3.3 Rešenje primene ugradnjom diferencijalne zaštite voda (ANSI 87) sa strane elektrodistributivne mreže

Usled hardverskih ograničenja isporučene opreme, koja nema tehničku mogućnost ugradnje dodatne komunikacione kartice za direktno povezivanje i razmenu signala između dva udaljena zaštitna uređaja, rešenje se traži u primeni diferencijalne zaštite. Primena ovog rešenja se oslanja na to da u PRP imamo MPZU uređaj koji poseduje funkciju diferencijalne zaštite ANSI 87, čiji je zadatak da u realnom vremenu meri vrednosti struja sa obe strane voda i da ih poredi. Prilikom većih odstupanja i prelaska praga podešenih vrednosti dolazi do propade zaštite i isključenja prekidača. Mana ovog rešenja je ta što je za potrebu realizacije diferencijalne zaštite potrebno da se uzimaju merenja iz postrojenja korisnika i fizičkom strujnom vezom dovedu na ulaze u zaštitni uređaj. Takođe je neophodno da se međusobno isključenje prekidača izvede žičanom vezom između uređaja. Samim tim primena ovog rešenja za objekte koji su na međusobno većoj udaljenosti nije uvek praktična.



Slika 4 – Realizacija komunikacije između PRP-a i objekta za proizvodnju EE i primena diferencijalne zaštite

4. TELEKOMUNIKACIONI ZAHTEVI I OSTVARIVANJE KOMUNIKACIJE IZMEĐU OBJEKTA ZA PROIZVODNJU EE I OBJEKTA KOJI PRIPADA EDS

Usled sve većeg broja priključenja objekata za proizvodnju EE na mrežu došlo je do potrebe regulacije načina realizacije ostvarivanja komunikacije između postrojenja. Operator distributivnog sistema ima svoj složeni i zatvoreni sistem, gde ona vrši nadzor i upravljanje uređaja u okviru svojih postrojenja. Kako bi imali stvarno stanje mreže uvidela se potreba da se određeni podaci sa objekta za proizvodnju EE prosleđuju ka sistemima za daljinski nadzor i upravljanje nad elektroenergetskim objektima.

Potrebne procesne podatke koje zahteva EDS možemo podeliti u tri grupe:

- Procesni podaci sa razvodnog postrojenja korisnika.
- Procesni podaci sa kontrolera.
- Procesni podaci neophodni za razmenu zaštitno-blokadnih funkcija.

4.1 Procesni podaci sa razvodnog postrojenja korisnika

Kako bi se realizovala razmena podataka između EDS i objekta za proizvodnju EE neophodno je da razvodno postrojenje bude opremljeno adekvatnom opremom (RTU, MPZU, uređaj za merenja kvaliteta EE) koja vrši nadzor i upravljanje nad samim postrojenjem. S obzirom da se poslednjih nekoliko godina sve više daje na značaju bezbednosti i prava vezano za ograničenje pristupa mreži, EDS je postavio pravilo o dostavljanju plana za podešavanje komunikacionih uređaja „IP plan“. Potreba za razmenom informacija između centra upravljanja u okviru operatora distributivnog sistema i objekta za proizvodnju EE uslovila je obavezu EDS za izdavanje parametara za podešavanje komunikacione mreže. Deo na kome se insistira je da se iz objekta za proizvodnju EE ni u kom trenutku ne može pristupiti mrežnoj arhitekturi EDS. To se izvodi na više načina: „rutiranjem“, dodeljivanjem različitih opsega, konfigurisanjem posebnih portova na komunikacionoj opremi koji služe samo za komunikaciju sa objektom za proizvodnju EE.

4.2 Procesni podaci sa kontrolera

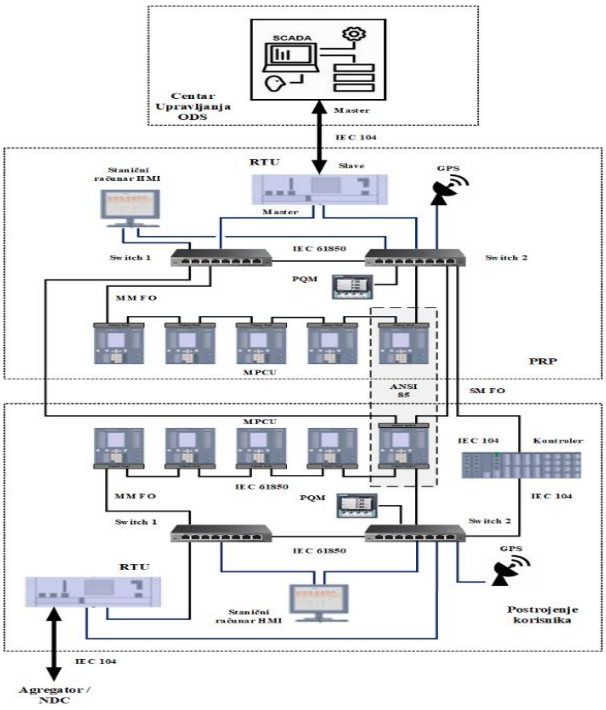
Prikupljanje podataka sa elektrane zapravo počinje direktno na „terenu“, gde brojni senzori, merne jedinice i pametni uređaji neprekidno prate svaki procesni parametar – od napona, struje i učestanosti, pa sve do temperature opreme i statusa prekidača. Svi ti sirovi podaci se putem industrijskih komunikacionih protokola (poput MODBUS ili IEC 60870-5-104) „slivaju“ u centralni kontroler elektrane, koji deluje kao mozak i glavna raskrsnica čitavog sistema. On te podatke u realnom vremenu prihvata, obrađuje i pakuje, pa ih šalje dalje ka SCADA sistemu ili lokalnom HMI ekranu. Praktično, kontroler pretvara prisustvo stotine pojedinačnih merenja u čistu, preglednu i pouzdanu sliku rada objekta, omogućavajući i automatizovano upravljanje i operaterima da u svakom trenutku tačno znaju kako sistem funkcioniše.

4.3 Procesni podaci neophodni za razmenu zaštitno-blokadnih funkcija

Zbog potrebe ostvarivanja zaštitno-blokadnih funkcija uvodi se razmena podataka po specijalnim komunikacionim protokolima između uređaja koji se nalaze u objektu EDS i objekta za proizvodnju EE. Na Slici 5 prikazana je mrežna arhitektura u slučaju kada hoćemo da povećamo sigurnost zaštite voda između PRP-a i postrojenja korisnika uvođenjem „tele-zaštite“. U ovom slučaju potrebno je da MPZU u objektu korisnika ima dve nezavisne komunikacione kartice pomoću kojih će se razdvojiti razmena podataka. Pomoću jedne komunikacione kartice vršiće se razmena na nivou samog objekta, dok druga kartica služi za direktnu razmenu sa uređajima u PRP postrojenju. Podaci koji se razmenjuju su sledeći:

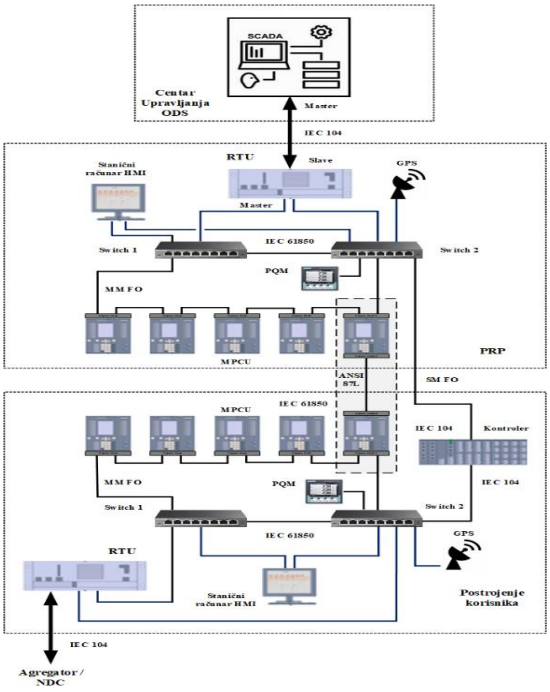
- Prorada zaštitnih funkcija kako bi se ostvarilo međusobno isključenje prekidača i povećao stepen zaštite voda

- Ostvarivanje dodatnih blokadnih uslova kao što je blokada uključenja prekidača u PRP postrojenju, ako je rastavljač za uzemljenje u postrojenju korisnika uključen. Takođe i blokada uključenja prekidača u slučaju kvara jednog od zaštitnih uređaja sa strane voda.

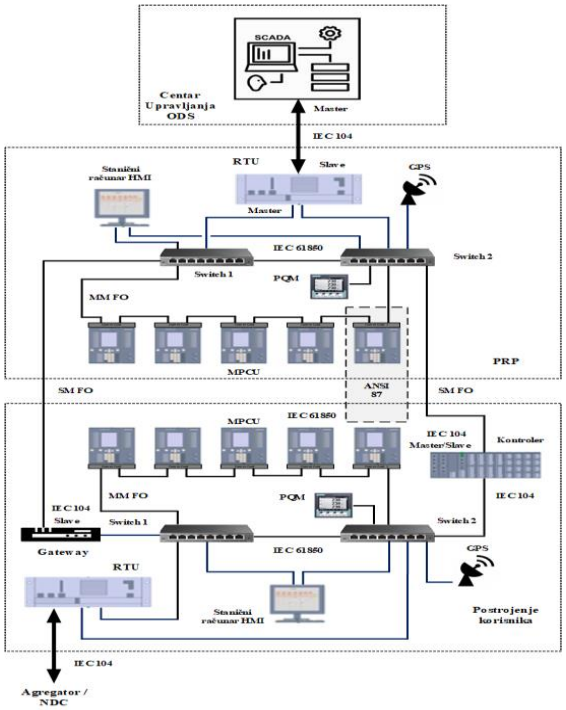


Slika 5 – Mrežna arhitektura za realizaciju „tele-zaštite“ (ANSI 85)

Na Slici 6 prikazana je mrežna arhitektura sa integrisanom podužnom diferencijalnom zaštitom, čija je uloga maksimalno podizanje nivoa pouzdanosti i bezbednosti zaštite voda između PRP postrojenja i postrojenja korisnika. Ovakva konfiguracija osigurava viši stepen bezbednosti na vodu koji povezuje PRP postrojenje i postrojenje korisnika. MPZU uređaji imaju jednu karticu koja služi za razmenu podataka ka SCADA sistema, dok se preko posebne kartice ostvaruje direktna komunikacija relej-relej za ostvarivanje podužne diferencijalne zaštite.



Slika 6 – Mrežna arhitektura za realizaciju podužne diferencijalne zaštite (ANSI 87L)



Slika 7 – Mrežna arhitektura za realizaciju diferencijalne zaštite voda (ANSI 87)

U situacijama kada zaštitni uređaj unutar postrojenja korisnika hardverski ne podržava redundantnost interfejsa (nema mogućnost ugradnje dve komunikacione kartice), pouzdanost i prenos podataka ka daljinskom centru upravljanja obezbeđuju se implementacijom komunikacionog mrežnog uređaja (GW - Gateway). Uređaj unutar lokalne mreže postrojenja (LAN) vrši akviziciju signala u realnom vremenu primenom IEC 61850 standarda, kao što je prikazano na Slici 7.

Unutar samog komunikacionog uređaja (GW) vrši se mapiranje adresnih modela (podataka i atributa) i konverzija protokola. S obzirom na to da uređaj predstavlja jedinstvenu tačku komunikacionog prekida prema spoljnoj mreži, on preuzima ulogu procesiranja i slanja tih podataka ka daljinskoj stanici upravljanja (SCADA) koristeći standard IEC 60870-5-104. Ovim se premošćuje hardversko ograničenje lokalne zaštite, zadržava interna brzina IEC 61850 mreže, a dispečerskom centru omogućava standardizovan daljinski nadzor i upravljanje preko IP infrastrukture. [4]

5. ZAKLJUČAK

Promenom regulative i usvajanjem uslova koji moraju da se usaglase prema EDS, stvaraju se uslovi pod kojima sistem može da funkcioniše uz distribuiranu proizvodnju, tako da je prilagođen i objektima za proizvodnju EE i korisnicima. Veoma je važno da sistem u pogledu kvaliteta pružene energije bude stabilan u granicama normi, ali i da u samom sistemu funkcioniše veliki broj objekata za proizvodnju koje mogu da se prilagođavaju realnim potrebama za snagom u mreži. Sve većim ulaganjem u energetsku mrežu, posebno u sistem distribucije i razvijanjem tržišta u kom može da se vrši i predaja snage iz malih objekata u mrežu kao i kupovina električne energije, stvaraju se uslovi za jedan regulisani sistem koji može stabilno da napaja sve potrošače i da se oslanja na obnovljive izvore energije. Uvođenje dodatnih blokadno-zaštitnih funkcija dovodi do tačno regulisanih uslova rada objekata, kao i reagovanje mreže prilikom kvara negde u mreži. Sami pravilnici i uslovi ne definišu određenu opremu i način rada, već traženu funkciju koju treba da obavljaju, što ostavlja dovoljno prostora finansijerima da prilagode potrebnu opremu i zadovolje sve neophodne zahteve prema operatoru distributivnog sistema. Kroz ovaj rad je pokazano da uspeh zelene tranzicije direktno zavisi od tehničke discipline i striktne primene novih pravilnika o priključenju. Realizovana zaštita, kao primarna linija odbrane distributivnog sistema, više nije samo sigurnosni element unutar objekta, već ključni faktor stabilnosti sistema. Implementacija naprednih funkcija poput zaštite od ostrvskog rada i precizne naponsko-frekventne kontrole osigurava da prodor varijabilne energije ne ugrozi kontinuitet snabdevanja ostalih korisnika.

Paralelno sa zaštitom, komunikacioni sistemi i SCADA integracija predstavljaju "nervni sistem" moderne mreže. Bez pouzdane razmene procesnih podataka putem protokola IEC 60870-5-104 i neprekidnog nadzora centara upravljanja, upravljanje distributivnim sistemom u uslovima visokog prisustva obnovljivim izvorima bilo bi praktično nemoguće. Standardizacija opreme, poput upotrebe RTU uređaja i aktivne mrežne opreme (rutera) sa zaštitom, postavlja temelje za razvoj "pametnih mreža" (Smart Grids).

LITERATURA

[1] Ž. Đurišić, B. Škrbić, Potencijal energije sunca i vetra za strateško planiranje dekarbonizacije proizvodnje električne energije u Srbiji, Energija, ekonomija, ekologija, 4, XXIV (2022)
[2] Pravila o radu distributivnog sistema „EPS Distribucija“d.o.o. Beograd, jul 2017

[3] FUNCTION BLOCK DESCRIPTION Teleprotection, Budapest, 15.09.2021
[4] Teleprotection Signalling over an IP/MPLS network, Nigel A.J. McDowell, October, 2014
[5] Network Protection & Automation Guide, Edition May, 2011