

DOI: [10.46793/CIGRE37.D2.13](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.D2.13)**D2.13****TIPOVI KOMUNIKACIONOG POVEZIVANJA OPS, ODS I DU U SISTEMIMA ZA
PRUŽANJE REZERVE AKTIVNE SNAGE: TEHNIČKI, REGULATORNI I
BEZBEDNOSNI ASPEKTI****TYPES OF COMMUNICATION CONNECTIONS BETWEEN TSO, DSO, AND SSP IN
SYSTEMS FOR PROVIDING ACTIVE POWER RESERVE: TECHNICAL,
REGULATORY, AND SECURITY ASPECTS****Slavko Dubačkić, Žarko Veličković, Ivan Ćirić, Srđan Mitrović, Aleksandar Bošković,
Đorđe Vladislavljević***

Kratak sadržaj: Efikasna i sigurna razmena podataka između operatora prenosnog sistema (OPS), operatora distributivnog sistema (ODS) i davalaca pomoćnih (balansnih) usluga (DU) ključna je za stabilnost i pouzdano funkcionisanje elektroenergetskog sistema, posebno u kontekstu automatske i manuelne rezerve za obnovu frekvencije (aFRR i mFRR). Sve veća integracija obnovljivih izvora energije, rast distribuiranih energetske resursa i digitalizacija tržišta balansne energije zahtevaju optimizovane i sigurne komunikacione puteve između relevantnih aktera. U elektroenergetskom sistemu Srbije postoje različiti tipovi komunikacionog povezivanja koji se razlikuju po nivou direktnosti, upotrebi infrastrukture i sigurnosnim zahtevima. Ovaj rad analizira moguće modele integracije DU-ova sa OPS-om i ODS-om kroz energetske i komunikacionu infrastrukturu, uz sagledavanje tehničkih, regulatornih i operativnih aspekata. Poseban fokus stavljen je na izazove i zahteve koji proističu iz specifičnosti nacionalne elektroenergetske mreže, pri čemu se obrađuju pouzdanost komunikacije, brzina prenosa podataka, sigurnost sistema i otpornost na sajber pretnje. Pored tehničkih faktora, rad razmatra i regulatorni okvir koji definiše uloge i odgovornosti OPS-a, ODS-a i DU-ova, kao i pravila koja utiču na izbor optimalnog modela komunikacionog povezivanja. Analiziraju se prednosti i ograničenja različitih pristupa, uz poseban osvrt na aspekte zaštite podataka, dostupnosti mrežnih resursa i otpornosti sistema na potencijalne poremećaje. Zaključci rada pružaju uvid u mogućnosti unapređenja postojeće infrastrukture, ističući ključne faktore za budući razvoj i digitalizaciju elektroenergetskog sektora Srbije, sa ciljem postizanja veće efikasnosti, fleksibilnosti i sigurnosti u pružanju balansnih usluga.

Ključne reči: OPS, ODS, DU, komunikaciona infrastruktura, balansne usluge, bezbednost

* Slavko Dubačkić, Elektrodistribucija Srbije, slavko.dubackic@es.rs

Žarko Veličković, Elektromreža Srbije, zarko.velickovic@ems.rs

Ivan Ćirić, Elektromreža Srbije, ivan.ciric@ems.rs

Srđan Mitrović, Elektromreža Srbije, srdjan.mitrovic@ems.rs

Aleksandar Bošković, Elektrodistribucija Srbije, aleksandar.boskovic@es.rs

Đorđe Vladislavljević, Elektrodistribucija Srbije, djordje.vladislavljevic@es.rs

Abstract: An efficient and secure data exchange between the Transmission System Operator (TSO), the Distribution System Operator (DSO), and Support Service Providers (SSPs) is crucial for the stability and reliable operation of the power system, particularly in the context of automatic and manual Frequency Restoration Reserves (aFRR and mFRR). The increasing integration of renewable energy sources, the growth of distributed energy resources, and the digitalization of the balancing energy market require optimized and secure communication between relevant stakeholders.

In Serbia's power system, various types of communication connections exist, differing in their level of directness, infrastructure usage, and security requirements. This paper analyzes potential models for integrating SSPs with TSOs and DSOs through energy and communication infrastructure, considering technical, regulatory, and operational aspects. Special attention is given to challenges and requirements arising from the specific characteristics of the national power grid, addressing communication reliability, data transmission speed, system security, and resilience to cyber threats.

Beyond technical factors, the paper examines the regulatory framework that defines the roles and responsibilities of TSOs, DSOs, and SSPs, as well as the rules influencing the selection of the optimal communication model. The advantages and limitations of different approaches are analyzed, with a particular focus on data protection, network resource availability, and system resilience to potential disruptions.

The paper's conclusions provide insights into opportunities for improving the existing infrastructure, highlighting key factors for the future development and digitalization of Serbia's power sector, aiming for greater efficiency, flexibility, and security in the provision of balancing services.

Keywords: TSO, DSO, SSP, communication infrastructure, balancing services, security

1 UVOD

Stabilnost i efikasnost elektroenergetskog sistema (EES) zavise od pouzdane komunikacije između ključnih aktera, uključujući operatora prenosnog sistema (OPS), operatora distributivnog sistema (ODS) i davalaca pomoćnih usluga (DU). U savremenim elektroenergetskim mrežama, uloga balansnih usluga postaje sve značajnija, posebno u kontekstu sve veće integracije obnovljivih izvora energije, decentralizovane proizvodnje i digitalizacije tržišta električne energije.

Automatska (aFRR) i manuelna (mFRR) rezerva za obnovu frekvencije predstavljaju ključne mehanizme za očuvanje stabilnosti mreže, a njihova efikasnost u velikoj meri zavisi od brzine, sigurnosti i pouzdanosti prenosa podataka između relevantnih učesnika. U tom kontekstu, razvoj i optimizacija komunikacionih modela između OPS-a, ODS-a i DU-ova imaju ključnu ulogu u obezbeđivanju fleksibilnog i stabilnog snabdevanja električnom energijom.

U elektroenergetskom sistemu Srbije postoje različiti tipovi komunikacionog povezivanja, koji se razlikuju prema tehničkim karakteristikama, regulatornim zahtevima i sigurnosnim aspektima. Pored tehničkih izazova, ključni faktor u definisanju optimalnih rešenja predstavlja i telekomunikaciona (TK) infrastruktura koja omogućava pravovremenu i sigurnu razmenu podataka i signala između operatora sistema i pružalaca usluga. Definisanje skupa podataka i signala koji se razmenjuju, TK topologija, neophodne infrastrukture za realnu vremensku komunikaciju, kao i odgovarajućih protokola i standarda sajber bezbednosti, od suštinskog su značaja za uspešnu aktivaciju rezerve aktivne snage u distributivnom sistemu.

Ovaj rad analizira postojeće i potencijalne modele komunikacije između OPS-a, ODS-a i DU-ova, pri čemu se posebna pažnja posvećuje tehničkim i regulatornim izazovima, kao i aspektima bezbednosti. Takođe se razmatraju različite topologije TK veza i infrastrukturni zahtevi za realizaciju razmene podataka u realnom vremenu, kao i procesi testiranja TK sistema pre njihove implementacije u elektroenergetski sistem. Cilj rada je da pruži detaljan uvid u mogućnosti unapređenja postojećih rešenja i definiše preporuke za dalju digitalizaciju elektroenergetskog sektora Srbije.

2 TELEKOMUNIKACIONI ZAHTEVI ZA DAVAOCE USLUGA

DU mogu pružati usluge aktivacije rezerve aktivne snage u distributivnom sistemu, u prenosnom sistemu ili kroz kombinovani pristup. U zavisnosti od mesta priključenja na EES, definišu se odgovarajući modeli TK povezivanja sa OPS i ODS.

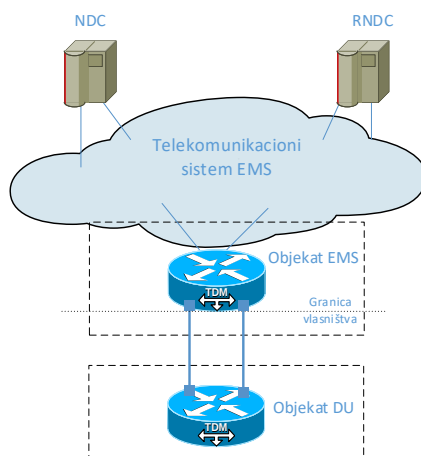
OPS i ODS imaju pravo i obavezu da, kroz posebne dokumente koji se odnose na svakog DU pojedinačno, definišu tehničke zahteve za opremu, njene karakteristike, načine i protokole konfiguracije, bezbednosne aspekte, IP parametre i druge tehničke uslove neophodne za uspostavljanje TK veze.

2.1 Model 1 – DU sa direktnim priključenjem na OPS

U slučajevima kada se DU elektroenergetski povezuje na OPS na lokacijama sa direktnim pristupom informaciono-komunikacionoj (IKT) infrastrukturi OPS-a (trafostanice, razvodna postrojenja itd.), TK veza se ostvaruje izgradnjom optičkog TK linka između infrastrukture DU i OPS-a. Ovaj model podrazumeva:

- Instalaciju rutera na lokaciji DU,
- Instalaciju rutera sa firewall-om na lokaciji OPS-a,
- Postavljanje monomodnog optičkog kabla sa završetkom na optičkim razdelnicima sa obe strane,
- Korišćenje dodatne aktivne i pasivne opreme potrebne za povezivanje.

Odgovornost za realizaciju, kvalitet, redundantnost i održavanje prenosnih puteva od ovog EES-a do centra upravljanja OPS-a pripada OPS-u.



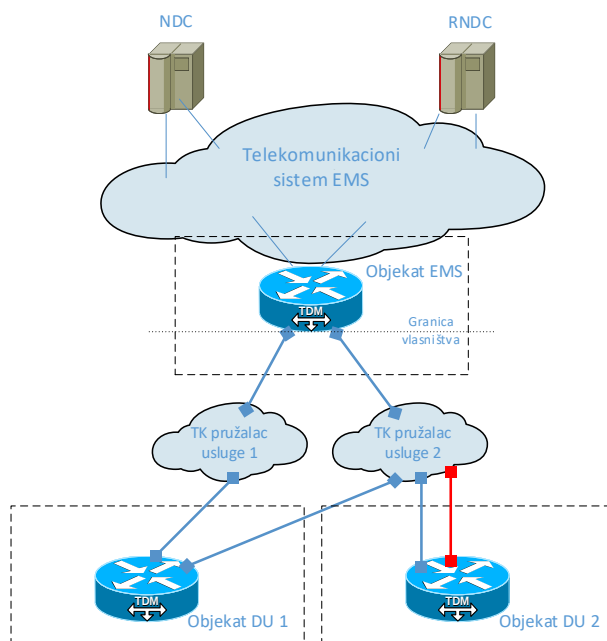
Slika 1: TK povezivanje DU koji se direktno priključuje na OPS

2.2 Model 2 – DU priključen na OPS preko javne TK infrastrukture

Ako ne postoji mogućnost direktnog povezivanja na IKT infrastrukturu OPS-a, TK veza se ostvaruje korišćenjem usluga javnih TK operatera. Ovaj model zahteva:

- Izgradnju redundantne TK veze između DU i OPS-a,
- Korišćenje dva različita javna operatera ili različitih TK tehnologija kod istog operatera (npr. GPRS, optička veza, xDSL),
- Primenu odgovarajućih sigurnosnih mehanizama, u skladu sa zahtevima OPS-a.

OPS određuje dozvoljene tehnologije, bezbednosne protokole i javne operatere koji mogu biti korišćeni za uspostavljanje veze.



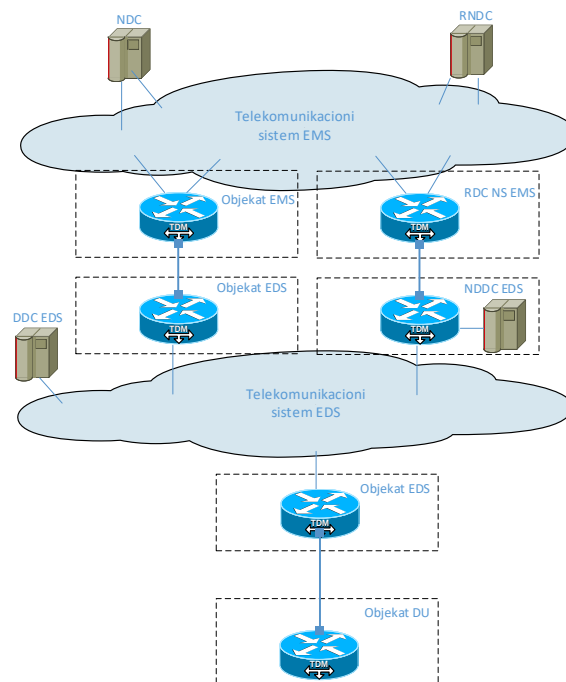
Slika 2: TK povezivanje DU koji se priključuje na OPS preko javnih operatera

2.3 Model 3 – DU priključen na OPS preko ODS-a

Kada se DU elektroenergetski povezuje na ODS, a ne postoje tehničke mogućnosti za direktno TK povezivanje sa OPS-om, DU se telekomunikaciono povezuje na ODS, dok se veza do OPS-a ostvaruje preko interne TK veze između OPS-a i ODS-a. Ovim modelom:

- ODS definiše uslove i način povezivanja između DU i ODS-a u skladu sa tehničkim zahtevima,
- Moguće je povezivanje i agregatora DU na ODS, ukoliko direktno TK povezivanje na OPS nije moguće.

Ovim modelima TK povezivanja omogućava se stabilna i sigurna komunikacija između DU, OPS-a i ODS-a, čime se obezbeđuje efikasna aktivacija rezerve aktivne snage i povećava pouzdanost elektroenergetskog sistema.

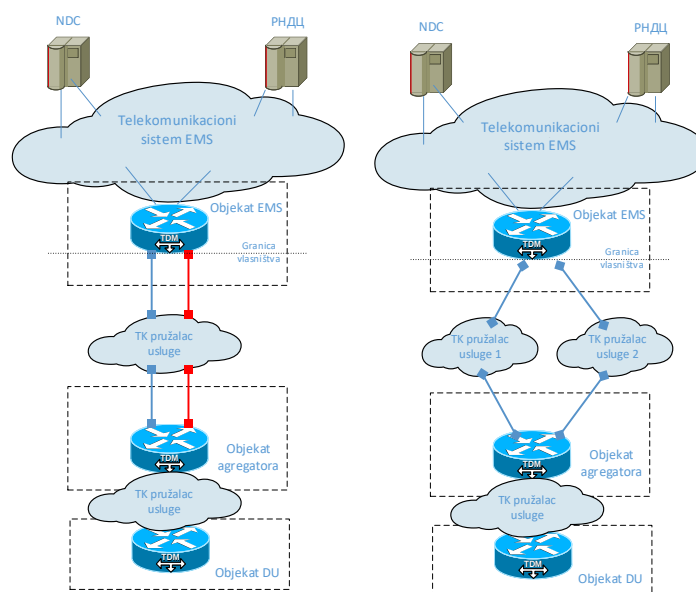


Slika 3: TK povezivanje DU koji se priključuje na OPS preko ODS-a

2.4 Model 4 – DU kao agregator priključen na OPS

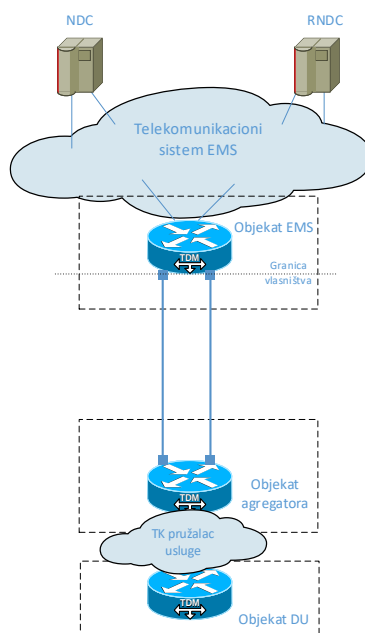
DU može delovati kao agregator manjih DU, gde komunikacija između agregatora i manjih DU ostaje u nadležnosti agregatora. U tom slučaju, agregator DU se povezuje na OPS putem javne TK infrastrukture, uz sledeće zahteve:

- Implementacija redundantne TK veze korišćenjem dva različita operatera ili tehnologije (GPRS, optička veza, xDSL),
- Definisane bezbednosnih mehanizama i dozvoljenih javnih operatera od strane OPS-a.



Slika 4: TK povezivanje agregatora DU koji se priključuje na OPS preko javnih operatera

Poseban slučaj ovog modela nastaje kada je agregator DU direktno povezan na OPS.



Slika 5: TK povezivanje agregatora DU koji se direktno priključuje na OPS

3 POVEZIVANJE OPERATORA PRENOSNOG I DISTRIBUTIVNOG SISTEMA

Efikasno povezivanje između operatora prenosnog sistema (OPS) i operatora distributivnog sistema (ODS) ključno je za razmenu podataka, praćenje stanja elektroenergetske opreme, upravljanje signalima i izvršavanje upravljačkih naloga. Ova veza omogućava koordinaciju u radu elektroenergetskog sistema, posebno u kontekstu aktivacije rezerve aktivne snage i održavanja stabilnosti mreže.

Komunikacija između OPS-a i ODS-a ostvaruje se izgradnjom optičke telekomunikacione veze, koja omogućava pouzdanu i sigurnu razmenu informacija između njihovih nadzornih i upravljačkih sistema. Ova veza služi za direktno povezivanje SCADA sistema Nacionalnog dispečerskog centra (NDC) OPS-a i SCADA sistema Nacionalnog distributivnog dispečerskog centra (NDDC) ODS-a.

Mrežni komunikacioni protokol koji se koristi za realizaciju ove veze je TCP/IP, što omogućava standardizovanu i široko prihvaćenu platformu za prenos podataka. Bezbednosna zaštita IKT infrastrukture vrši se na oba kraja komunikacije – OPS i ODS implementiraju odgovarajuće mere zaštite unutar svojih mreža kako bi se osigurala sigurnost i integritet prenesenih podataka.

Za razmenu podataka između SCADA sistema koristi se protokol TASE.2 (Telecontrol Application Service Element 2), koji je deo međunarodnog standarda IEC 60870-6. Ovaj protokol omogućava siguran i efikasan prenos informacija između kontrolnih centara različitih elektroenergetskih entiteta, obezbeđujući sinhronizaciju i usklađeno delovanje sistema OPS-a i ODS-a.

Implementacija ovog modela povezivanja omogućava stabilnu, sigurnu i visoko dostupnu komunikaciju između ključnih aktera u elektroenergetskom sistemu, čime se poboljšava koordinacija u radu mreže i omogućava efikasno upravljanje balansnim i pomoćnim uslugama.

4 BEZBEDNOST ASPEKT KOMUNIKACIONOG POVEZIVANJA

Bezbednosni aspekti predstavljaju ključnu komponentu u zaštiti infrastrukture OPS-a i ODS-a i moraju biti u potpunosti implementirani. Dokumentacija koja prati ove zahteve, i koja ima pravnu obavezujuću snagu, definiše OPS i obavezna je za svakog davaoca usluga (DU).

Kako bi obezbedili integritet svojih sistema, OPS i ODS štite svoju IKT infrastrukturu na svim tačkama pristupa, kako prema DU, tako i u međusobnim vezama. Na svojoj strani, OPS i ODS postavljaju rutere i uređaje za zaštitu (firewall), koji se konfiguriraju tako da omogućavaju samo neophodne portove i protokole, čime se minimizuje mogućnost neovlašćenog pristupa.

U slučaju bilo kakvih smetnji u radu IKT infrastrukture, DU je u obavezi da u najkraćem mogućem roku obavesti OPS i/ili ODS, kako bi se preduzele odgovarajuće mere za otklanjanje problema.

4.1 IP adresiranje i komunikacioni protokoli

Kada se povezuje DU i OPS putem direktnog povezivanja na IKT infrastrukturu OPS-a (Model 1 i Model 4.b), OPS je odgovoran za dodeljivanje svih IP parametara za obe strane veze. Preporučuje se korišćenje jedinstvenih IP adresa za svakog DU kako bi se omogućilo efikasno rutiranje unutar mreže OPS-a.

Za komunikaciju između DU i OPS-a koristi se TCP/IP komunikacioni protokol. Protokol koji se koristi za razmenu podataka između SKADA sistema je IEC 60870-5-104.

U slučajevima kada se povezuje DU i OPS putem javnih operatera (Model 2 i Model 4.a), DU je dužan da obezbedi fiksnu javnu IP adresu kod javnih telekomunikacionih operatera. Protokol za razmenu podataka između SKADA sistema u ovom slučaju je IEC 60870-6 (TASE 2/ICCP).

Kada se povezuje DU i OPS putem IKT infrastrukture ODS-a (Model 3), svi IP parametri dodeljuju se od strane ODS-a za obe strane veze. Takođe, koristiće se jedinstvene IP adrese za svakog DU kako bi se omogućilo rutiranje unutar mreže ODS-a. Za komunikaciju između DU i OPS-a koristi se TCP/IP protokol, dok je protokol za razmenu podataka između SKADA sistema IEC 60870-5-104.

4.2 Udaljeni pristup (VPN)

U slučajevima kada se DU povezuje na OPS putem javnih operatera (Model 2 i Model 4.a), DU je obavezan da koristi VPN pristup. Dodatno, protokole za enkripciju i sertifikate koje koristi VPN pristup odrediće OPS, kako bi se obezbedila sigurnost prenosa podataka i zaštita komunikacije na udaljenim tačkama.

5 REGULATORNI ASPEKT KOMUNIKACIONOG POVEZIVANJA

U regulatornom okviru za komunikaciono povezivanje OPS, ODS i DU u sistemima za pružanje rezerve aktivne snage, ključnu ulogu imaju standardizacija i harmonizacija procesa kako bi se obezbedila efikasnost i sigurnost u interoperabilnosti između različitih sistema. Ovaj okvir je definisan kroz više smernica i regulativa koje omogućavaju pravilnu razmenu informacija i koordinaciju između različitih entiteta, uključujući OPS, ODS i DU.

Jedna od ključnih regulativa koja se primenjuje u ovoj oblasti je SOGL (System Operation Guidelines) koji je donela ENTSO-E, organizacija koja okuplja operatore prenosnog sistema u Evropi, 2017. godine. SOGL se koristi kao okvir za harmonizaciju tehnoloških i operativnih standarda, omogućavajući sinhronizovanu aktivaciju rezerve aktivne snage u različitim sistemima. Njegove odredbe obuhvataju specifikacije vezane za pravovremeno slanje i primanje podataka, kao i definisanje kriterijuma za minimalnu tačnost informacija koje se razmenjuju. Kroz SOGL, osigurava se visoka efikasnost u pružanju rezerve, što je ključno za stabilnost elektroenergetskog sistema.

ENTSO-E je ključni akter u usmeravanju komunikacionih procesa između sistema u evropskom elektroenergetskom prostoru. ENTSO-E igra važnu ulogu u usklađivanju i standardizaciji komunikacionih protokola i omogućava sinhronizovanu saradnju između nacionalnih operatera prenosnih sistema u EU. Oni omogućavaju razmenu podataka u realnom vremenu, što je od esencijalne važnosti za koordinaciju rezervnih snaga, optimalno balansiranje sistema i zaštitu sistema od mogućih poremećaja.

Regulatorni aspekti u ovom kontekstu takođe uključuju tehničke smernice koje omogućavaju komunikaciju između DU i ostalih aktera na tržištu rezerve, s posebnim naglaskom na pravovremeno delovanje i standarde za razmenu informacija u realnom vremenu. Usmeravanje ka međunarodnim standardima, kao što su ISO standardi za interfejs u komunikaciji između elektroenergetskih sistema, omogućava preciznu i brzu aktivaciju rezervi, čime se povećava pouzdanost i sigurnost u pružanju aktivne snage.

Pored međunarodnih smernica, nacionalne regulative takođe igraju ključnu ulogu u implementaciji i usklađivanju komunikacije između sistema. Svaka država mora osigurati da njeni ODS i OPS zadovoljavaju tehničke i regulatorne uslove za integraciju u evropski elektroenergetski sistem. To uključuje usklađivanje sa ENTSO-E politikama, implementaciju SOGL smernica, kao i obavezivanje na korišćenje standardizovanih komunikacionih protokola za razmenu podataka u sistemima za balansiranje i aktiviranje rezerve.

Pravilna primena regulatornih smernica kao što su standardi ENTSO-E i SOGL, zajedno sa nacionalnim zakonodavstvom, ključna je za efektivnu i sigurnu komunikaciju između OPS, ODS i DU. Ovaj regulatorni okvir omogućava harmonizovanu aktivaciju rezerve aktivne snage i doprinosi stabilnosti elektroenergetskih sistema, smanjujući rizik od nestabilnosti i poboljšavajući upravljanje energetske resursima na nivou Evrope.

6 ZAKLJUČAK

U ovom radu razmotreni su ključni aspekti komunikacionog povezivanja između OPS, ODS i DU u kontekstu aktivacije rezerve aktivne snage unutar elektroenergetskog sistema. Detaljno su obrađeni tehnički zahtevi, bezbednosni aspekti i regulatorni okvir koji omogućavaju efikasnu i sigurnu razmenu podataka, kao i koordinaciju između različitih aktera sistema.

Analizirani su različiti modeli povezivanja, od direktnog povezivanja DU sa OPS-om, preko usluga javnih telekomunikacionih operatera, do povezivanja putem ODS-a, pri čemu je posebna pažnja posvećena bezbednosti infrastrukture, zaštiti podataka i primeni odgovarajućih komunikacionih protokola. Takođe, regulatorni aspekti, uključujući usklađivanje sa međunarodnim standardima kao što su SOGL i politike ENTSO-E, predstavljaju ključnu komponentu za sinhronizovanu i efikasnu aktivaciju rezerve aktivne snage, čime se obezbeđuje stabilnost i sigurnost elektroenergetskog sistema.

Može se istaći da pravilna implementacija tehnički preciznih, bezbednosno zaštićenih i regulatorno usklađenih komunikacionih sistema igra ključnu ulogu u uspešnom upravljanju rezervama aktivne snage. Sinhronizovano sprovođenje regulatornih smernica, u kombinaciji sa naprednim tehničkim rešenjima, značajno doprinosi stabilnosti elektroenergetskih sistema, smanjuje rizik od nestabilnosti i omogućava optimalno upravljanje energetske resursima na nivou Evrope, čime se ostvaruje dugoročna efikasnost i sigurnost u elektroenergetskom sektoru.

7 LITERATURA

- [1] System Operations Guideline National Implementation, ENTSO-E;
<https://www.entsoe.eu/active-library/codes/so/>.
- [2] Enhanced Information and Data Exchange to Enable Future TSO-DSO Coordination and Interoperability, CIGRE, 2024.
- [3] Prequalification procedure for FCR, aFRR, mFRRda and ROD; Tennet, 2022.
- [4] FCR Manual for BSP's, Requirements and procedures for supply of FCR; Tennet, 2022.
- [5] Product information mFRRda (incident reserve); Tennet, 2021.
- [6] Pravila za provođenje pretkvalifikacijskog postupka za pružanje usluge uravnoteženja FCR rezerve snage, HOPS, Zagreb, 2024.
- [7] Komunikacijski zahtjevi za PPU, HOPS, Zagreb, 2018.
- [8] „Uspostavljanje saradnje operatora distributivnog i prenosnog sistema kako bi se jedinicama ili grupama priključenim na distributivni sistem omogućilo pružanje rezerve aktivne snage“, J. Janjanin, B. Grujičić, S. Davidović, I. Savjetovanje o elektrodistributivnim mrežama Crne Gore, CIRED Crna Gora, Budva, 2024.