

UTICAJ PREDLOŽENIH INTERKONEKCIJA NA STABILNOST ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA BOSNE I HERCEGOVINE: ANALIZA KROZ PRIZMU REGIONALNOG KOLAPSA / THE IMPACT OF PROPOSED INTERCONNECTIONS ON THE STABILITY OF BOSNIA AND HERZEGOVINA'S POWER SYSTEM: ANALYSIS IN THE CONTEXT OF A REGIONAL BLACKOUT

Mirza Midžić¹, MA, Prof.dr Saša Đekić¹, dipl.inž.el.,

¹Fakultet politehničkih nauka, Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku
e-mail: prof.dr.sasa.djekic@gmail.com, mirza.midzic@live.com

Stručni članak

UDK / UDC 621.316:504.5(497.6)

Sažetak

Elektroenergetski sistem Bosne i Hercegovine, izgrađen tokom perioda SFRJ, danas ima ključnu tranzitnu ulogu u Jugoistočnoj Evropi, iako nije koncipiran za takvu funkciju. Nedovoljna razvijenost interkonekcija sa susjednim zemljama smanjuje fleksibilnost i stabilnost sistema, povećavajući rizik od prekida u snabdjevanju električnom energijom. Rad analizira mogućnosti povećanja stabilnosti EES BiH kroz predložene infrastrukturne projekte, uključujući povezivanje čvorišta 400 kV Banja Luka sa 400 kV Žerjavincem ili čvorištem Tumbri, kao i implementaciju Transbalkanskog i Centralnobalkanskog koridora. Rezultati ukazuju da bi ovakva rješenja diversifikovala tokove energije, smanjila pritisak na kritične vodove i povećala otpornost sistema na prekogranične poremećaje. Rad takođe analizira ulogu pomenutih interkonekcija u kontekstu regionalnog kolapsa elektroenergetskog sistema, ističući da bi njihova realizacija značajno povećala šanse EES BiH da ostane operativan tokom kriza. Preporuke iz ovog rada predstavljaju stratešku osnovu za donošenje odluka o budućim investicijama u elektroenergetskom sektoru Bosne i Hercegovine.

Ključne riječi: elektroenergetski sistem, stabilnost, BiH

JEL klifikacija: Q400

Abstract

The electricity system of Bosnia and Herzegovina, built during the period of the former SFRY, today plays a key transit role in Southeast Europe, although it was not originally designed for such a function. Insufficient development of interconnections with neighboring countries reduces the system's flexibility and stability, increasing the risk of electricity supply interruptions. This paper analyzes opportunities to increase the stability of the BiH power system through proposed infrastructure projects, including the connection of the 400 kV Banja Luka hub with the 400 kV Žerjavinec or the Tumbri hub, as well as the implementation of the Trans-Balkan and Central-Balkan corridors. The results indicate that such solutions would diversify energy flows, reduce pressure on critical lines, and enhance the system's resilience to cross-border disruptions. The paper also examines the role of these interconnections in the context of a regional power system collapse, highlighting that their implementation would significantly improve the chances of the BiH power system remaining operational during crises. The recommendations from this paper provide a strategic foundation for decision-making regarding future investments in the electricity sector of Bosnia and Herzegovina.

Keywords: power system, stability, BiH

JEL classification: Q400

UVOD

Elektroenergetski sistem Bosne i Hercegovine (EES BiH), izgrađen tokom perioda SFRJ, danas ima važnu tranzitnu ulogu u okviru elektroenergetske mreže Jugoistočne Evrope. Iako izvorno projektovan da zadovolji potrebe tadašnjeg nacionalnog sistema, s vremenom je postao ključna karika u prekograničnoj razmjeni električne energije između Balkana i zapadne Evrope. Međutim, zbog nedovoljno razvijenih interkonekcija i ograničenih prenosnih kapaciteta, trenutna struktura EES BiH sve teže odgovara izazovima savremenih potreba za energetsom stabilnošću. Smanjena fleksibilnost sistema, praćena sve većom potražnjom za energijom, povećava rizik od ozbiljnih prekida u snabdijevanju električnom energijom, što se može pokazati kao velika prepreka za energetske sektor BiH.

Ovi izazovi su se najjasnije očitovali tokom velikog kolapsa elektroenergetskog sistema u junu 2024. godine, koji je pogodio Bosnu i Hercegovinu i širi region. Prema istrazi koju je provela Asocijacija evropskih mrežnih operatora (ENTSO-E), kolaps je započeo zbog tehničkih problema na dalekovodima u Crnoj Gori i Albaniji, ali je eskalirao zbog loše koordinacije među nacionalnim elektroprenosnim sistemima i nedovoljno razvijene infrastrukture. Kvarovi na dalekovodima Ribarevine – Podgorica 2 i Zemblak – Kardija rezultirali su ispadanjem dijela mreže, dok su visoke temperature i preopterećenja dodatno opteretile sistem. Nedostatak adekvatnih interkonekcija između BiH i susjednih zemalja, naročito susjednih Hrvatske i Srbije, doveo je do toga da EES BiH nije bio u stanju brzo i efikasno reagovati na prekogranične poremećaje.

Izveštaj ENTSO-E jasno ističe da je neophodno ulagati u unapređenje i modernizaciju infrastrukture, s posebnim naglaskom na održavanje dalekovoda, poboljšanje koordinacije između nacionalnih sistema i jačanje kapaciteta za automatsko ponavljanje u slučaju ispada. Takođe, jedan od ključnih zaključaka ENTSO-E istrage bio je i taj je da se moraju povećati kapaciteti prekograničnih interkonekcija, kako bi se omogućilo bolje upravljanje tokovima energije između država.

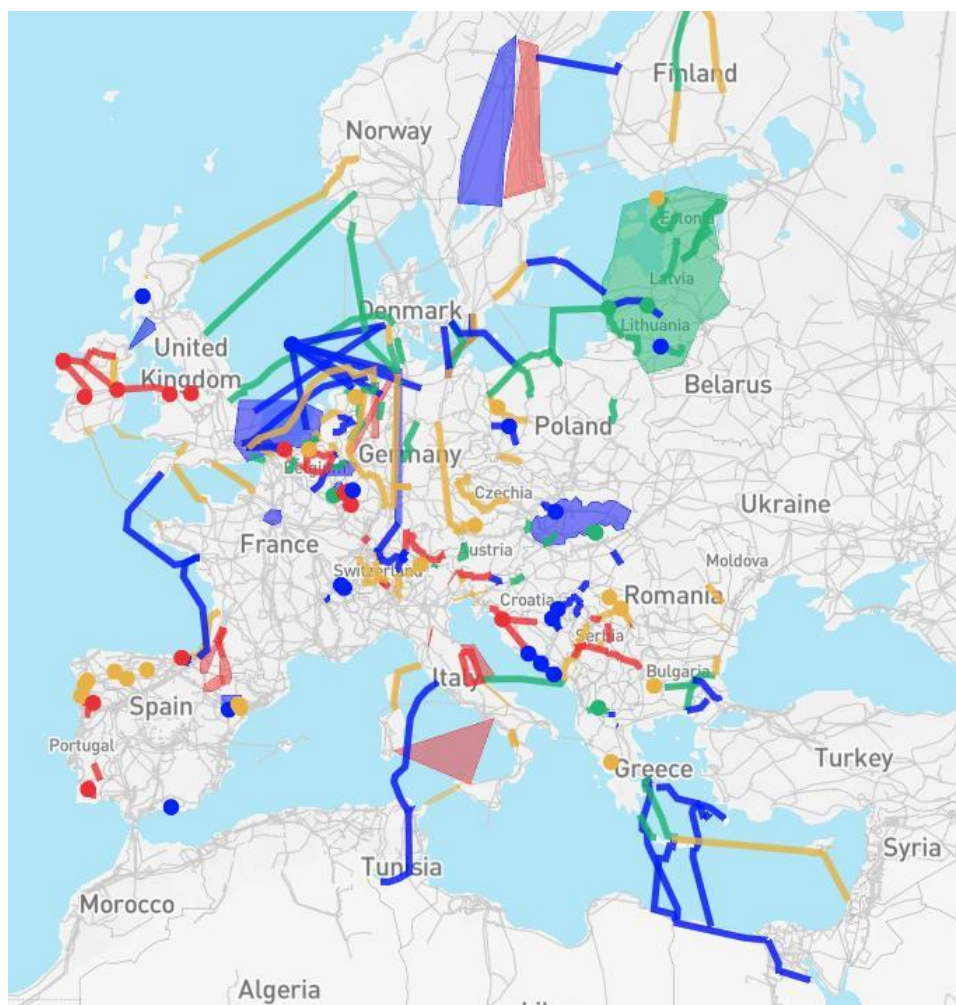
Kada se uzmu u obzir ovi problemi i njihova pozadina, postaje jasno da su infrastrukturni projekti, kao što su proširenje interkonekcija i jačanje 400 kV mreže, ključni za buduću stabilnost EES BiH. Projekti poput povezivanja čvorišta 400 kV Banja Luka sa hrvatskim čvorištima Žerjavinec ili Tumbri, te implementacija Transbalkanskog i Centralnobalkanskog koridora, predstavljaju strateški važne mjere za osiguranje otpornosti elektroenergetskog sistema BiH na prekogranične poremećaje i povećanje kapaciteta za tranzit energije.

Proračuni izvedeni u prethodnim istraživanjima i analizama modela EES BiH, provedenim od strane autora ovog rada, jasno su ukazali na postojanje kritičnih tačaka u prenosnoj mreži. Vodovi 400 kV prema Srbiji, Hrvatskoj i Crnoj Gori često rade blizu svojih maksimalnih kapaciteta, što povećava rizik od preopterećenja i kvarova u situacijama visokih tokova energije. Rezultati simulacija prikazanih u radu [1] ukazali su da bi proširenje interkonekcija prema zapadnoevropskim tržištima, naročito kroz povezivanje Banja Luke sa 400 kV čvorištima u Hrvatskoj, moglo smanjiti pritisak na postojeće vodove i osigurati stabilniju mrežu, otporniju na vanredne situacije. Implementacijom ovih projekata, BiH bi dobila priliku da ne samo stabilizuje svoj elektroenergetski sistem, već i da unaprijedi svoju ulogu ključne tranzitne zemlje u Jugoistočnoj Evropi. To bi omogućilo bolje balansiranje domaće potrošnje i međunarodnih tokova energije, čime bi se osigurala dugoročna stabilnost snabdijevanja. Dalje, proširenje kapaciteta bi olakšalo integraciju obnovljivih izvora energije, što je ključno za postizanje ciljeva energetske tranzicije i smanjenje emisija CO₂.

Uzimajući u obzir sve navedene činjenice, kroz predmetni rad analizira se mogućnost povećanja stabilnosti elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine kroz realizaciju predloženih infrastrukturnih projekata regionalnih energetske koridora, koji će igrati ključnu ulogu u poboljšanju otpornosti BiH na prekogranične poremećaje i osigurati stabilnu i održivu razmjenu energije u Jugoistočnoj Evropi.

1. PREGLED VLADAJUĆIH STAVOVA I SHVATANJA U POSTOJEĆIM RAZVOJNIM DOKUMENTIMA

Počevši od iznesenih stavova i analiza datih u radu [1] Dugoročni plan razvoja prenosne mreže 2023-2033. ističe nedostatke u kapacitetima EES BiH i predviđa izgradnju novih visokonaponskih dalekovoda i interkonekcija. Ključni projekti uključuju DV 400 kV Banja Luka – Lika, koji bi omogućio veći tranzit električne energije između BiH i Hrvatske, ali je odložen zbog prolongacije od strane HOPS-a. Planirano je i podizanje DV 220 kV TE Tuzla – Gradačac na 400 kV, iako je projekat još u fazi predstudije izvodljivosti.



Slika 1: Mapa svih projekata u TYNDP 2020 (Izvor: ENTSO-E, Ten-Year Network development plan, 2020.)

Uočeni su problemi povišenih napona u jugozapadnom dijelu BiH, što će negativno uticati na kapacitete za priključenje novih proizvodnih objekata.

ENTSO-E Dugoročni plan uključuje tri važna projekta za BiH:

1. DV 400 kV Banja Luka – Lika (Projekat 343), koji će ojačati prenosne kapacitete između BiH i Hrvatske.
2. Transbalkanski koridor (Projekat 227), koji će unaprijediti prenosne kapacitete između BiH, Srbije i Crne Gore, povezujući jugozapadnu i sjeveroistočnu Evropu.
3. Centralni Balkanski koridor (Projekat 342), koji će omogućiti prenos energije između Bugarske, Srbije, Crne Gore i BiH, povezujući tržišta Balkana i Italije.

Ovi projekti doprinose stabilnosti i fleksibilnosti regionalne mreže i energetskej integraciji.



Slika 2: Glavne granice u TYNDP 2020 unutar EU i sa susjednim zemljama (Izvor: ENTSO-E, Ten-Year Network development plan, 2020.)

2.OSVRT NA REZULTATE PRETHODNOG PRORAČUNA: POTVRDA POTREBE ZA UNAPREĐENJEM EES BiH

Proračuni izvedeni u prethodnom radu [1], koji su zasnovani na detaljnom modelu elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine, jasno su ukazali na kritične tačke i potencijalne probleme unutar prenosne mreže BiH. Ovaj digitalni model EES BiH uključio je sve ključne elemente elektroenergetskog sistema – dalekovode, transformatorske stanice i sabirnice na naponskim nivoima od 110 kV, 220 kV i 400 kV – te je omogućio simulaciju različitih scenarija opterećenja, uključujući maksimalna i minimalna opterećenja tokom prethodnih godina.

2.1.IDENTIFIKACIJA KRITIČNIH TAČAKA

Jedan od ključnih rezultata proračuna je identifikacija kritičnih tačaka unutar EES BiH, koje predstavljaju glavne izvore nestabilnosti. Na primjer, proračuni su pokazali da su vodovi 400 kV prema Srbiji (Ugljevik – Sremska Mitrovica) i prema Hrvatskoj (Ugljevik – Ernestinovo, Mostar – Konjsko) često izloženi termičkom opterećenju koje dostiže blizu njihovih maksimalnih kapaciteta. Ovo se posebno odnosi na periode visokog međugraničnog tranzita energije, kada se BiH nalazi pod pritiskom da balansira tokove energije između Balkana i zapadnoevropskih tržišta.

Kroz prethodni rad se već predložio proširenje interkonekcija, posebno prema Hrvatskoj i Srbiji, kako bi se smanjilo opterećenje na postojećim vodovima. Proračuni iz digitalnog modela dodatno potvrđuju da su ovi prijedlozi bili ispravni. Na primjer, vodovi prema Crnoj Gori, posebno dalekovod 400 kV Trebinje – Lastva, pokazuju značajnu opterećenost, što dovodi do preopterećenja 220 kV vodova Trebinje 2 – Perućica, s maksimalnim opterećenjem od gotovo 94,5% prenosioca kapaciteta u scenarijima dnevnog maksimuma. Ovi rezultati jasno ukazuju na hitnost proširenja kapaciteta navedene interkonekcije.

2.2.UTICAJ NA STABILNOST MREŽE

Proračuni stabilnosti mreže tokom različitih opterećenja pokazali su da, u slučaju ispada bilo kojeg ključnog 400 kV voda, dolazi do ozbiljnog opterećenja na alternativnim vodovima, što značajno povećava rizik od sistemskih kvarova. Posebno je važno napomenuti da su vodovi prema Crnoj Gori i dalje prema Italiji ključni za prekogranične tokove energije, a njihova preopterećenost direktno utiče na stabilnost mreže u cijeloj regiji.

Uzimajući u obzir proračune iz digitalnog modela, prethodno predloženo povezivanje Banja Luke sa čvorištem Žerjavinec u Hrvatskoj pokazuje se kao logičan korak. Time bi se stvorila dodatna veza između BiH i zapadnoevropskih tržišta, čime bi se omogućila bolja diversifikacija tokova energije i smanjio pritisak na postojeće vodove. Ovaj projekat bi značajno doprinio stabilnosti mreže i smanjenju rizika od ispada u slučaju poremećaja u prekograničnim tokovima.

2.3.SIMULACIJE MAKSIMALNIH OPTEREĆENJA I PREDVIĐENI PROBLEMI

Kroz digitalni model EES BiH simulirani su različiti režimi opterećenja, uključujući scenarije maksimalnog i minimalnog opterećenja, zasnovane na podacima iz prethodnog desetogodišnjeg perioda. Proračuni za maksimalno opterećenje, koje se javlja tokom zimskih i ljetnih mjeseci kada su potražnja i tranzit najveći, pokazali su da BiH ima ozbiljne izazove u pogledu termičkih limita

na ključnim dalekovodima. Ovo je naročito izraženo na 400 kV vodovima prema Hrvatskoj i Crnoj Gori, gde su opterećenja često dostizala preko 90% kapaciteta.

Predložena rješenja, kao što su implementacija Transbalkanskog koridora i modernizacija postojećih vodova, potvrđena su kroz ove proračune. Simulacije su pokazale da bi realizacija Transbalkanskog koridora omogućila preusmjeravanje energetske tokove sa opterećenih 220 kV vodova na 400 kV mrežu, čime bi se smanjio pritisak na kritične tačke i omogućila veća fleksibilnost u upravljanju tokovima energije. Ovo je od suštinskog značaja za stabilnost sistema u periodima visokog opterećenja.

2.4. UTICAJ NA DUGOROČNU ODRŽIVOST SISTEMA

Jedan od ključnih zaključaka proračuna bio je uticaj novih interkonekcija na dugoročnu održivost EES BiH. Model je pokazao da bi povećanje kapaciteta interkonekcija prema Hrvatskoj i Srbiji ne samo smanjilo rizik od preopterećenja, već bi omogućilo i lakšu integraciju obnovljivih izvora energije u mrežu. Ovo je naročito važno za razvoj vjetroelektrana i solarnih elektrana, čija integracija trenutno predstavlja izazov zbog nedovoljnih prenosnih kapaciteta.

Projekat povezivanja Banja Luke sa Žerjavincem, koji je bio predložen u prethodnom radu, pokazao je potencijal da smanji gubitke snage i poboljša kontrolu reaktivne snage u poređenju sa drugim scenarijima povezivanja. Proračuni su pokazali da bi ovo povezivanje bilo efikasnije od povezanosti sa Melinama, kako je to prvobitno predviđeno Dugoročnim planom razvoja prenosne mreže ENTSO-E. Time bi se ne samo smanjili gubici energije, već bi se osigurala i stabilnija podrška regionalnim tokovima energije.

2.5. ZNAČAJ SIMULACIJA ZA BUDUĆE PLANOVE RAZVOJA

Dobijeni proračuni iz prethodnog rada pružaju osnovu za buduće planiranje razvoja elektroenergetskog sistema BiH. Analiza tokova snaga i naponskih prilika jasno je ukazala na postojeće nedostatke u mreži, ali je također pružila jasne smjernice za buduće investicije. Na osnovu rezultata proračuna, predloženi infrastrukturni projekti, poput Transbalkanskog koridora, povezivanja Banja Luke sa Žerjavincem, i modernizacije postojećih vodova, ključni su za osiguranje dugoročne stabilnosti i otpornosti EES BiH. Dogodilo se da je ispad EES 21. juna 2024. potvrdio naše zaključke o potrebi hitnog ulaganja u prenosnu mrežu. Ovaj događaj je naglasio ranjivost trenutne mreže, naročito u dijelovima s visokim naponskim oscilacijama i nedovoljnom međusobnom povezanošću sa susjednim državama. Naša analiza tokova snaga već je predviđela ovakve scenarije i ukazala na kritične tačke sistema koje treba ojačati. Ovi rezultati potvrđuju prethodno donesene preporuke i pružaju dodatne argumente za njihovu realizaciju. Ispad iz 2024. jasno je ukazao na to da su daljnja ulaganja u prenosne kapacitete ključna za dugoročnu sigurnost i pouzdanost EES BiH.

ZAKLJUČAK

Prethodno predložena rješenja za unapređenje elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine, koja su uključivala modernizaciju prenosne mreže, povećanje kapaciteta za prekogranične tokove, te izgradnju novih interkonekcija, pokazala su se ne samo opravdana, već i neophodna za dugoročnu stabilnost sistema. Kolaps elektroenergetskog sistema u junu 2024. godine, koji je zahvatio veći dio Jugoistočne Evrope, jasno je ukazao na slabosti postojećih prenosnih kapaciteta BiH i nedovoljnu otpornost na prekogranične poremećaje. Ova kriza dodatno je potvrdila da su prijedlozi iz prethodnog rada, koji su uključivali povezivanje 400 kV čvorišta Banja Luka sa ključnim čvorištima u Hrvatskoj i Srbiji, kao i implementaciju Transbalkanskog koridora, bili strateški ispravni.

Opravdanost predloženih infrastrukturnih projekata

Jedan od glavnih prijedloga prethodnog rada bio je povezivanje 400 kV čvorišta Banja Luka sa čvorištem Žerjavinec u Hrvatskoj, koji bi omogućio direktno povezivanje sa zapadnoevropskim tržištem električne energije, pokazao se kao ključno rješenje za smanjenje pritiska na postojeće vodove. Povećanjem kapaciteta za tranzit energije, BiH bi mogla smanjiti zavisnost od nekoliko kritičnih vodova, čime bi se smanjio rizik od preopterećenja i destabilizacije mreže. Implementacija Transbalkanskog koridora, koji bi povezao BiH sa Crnom Gorom i dalje sa Italijom, dodatno bi diversifikovala energetske tokove i omogućila lakšu integraciju obnovljivih izvora energije (OIE) u regionalnu mrežu. Ovaj projekat bi također smanjio rizik od prekograničnih poremećaja, jer bi stvorio alternativne pravce za tokove energije u kriznim situacijama, čime bi se značajno povećala otpornost sistema. Prijedlozi iz prethodnog rada ne samo da su ukazali na strateški značaj modernizacije prenosne mreže, već su naglasili i konkretne koristi koje bi BiH mogla ostvariti. Povećanje kapaciteta interkonekcija sa susjednim zemljama omogućilo bi BiH veću ulogu u regionalnom energetsom tržištu, što bi doprinijelo stabilnosti ne samo domaćeg sistema, već i šireg evropskog tržišta. Smanjenje preopterećenja na ključnim vodovima i bolja integracija sa evropskom mrežom omogućili bi BiH da izbjegne situacije poput one u junu 2024. godine. Povećanjem kapaciteta interkonekcija prema Hrvatskoj, kao što je predloženo u radu, BiH bi dobila alternativne pravce za izvoz energije, što bi dodatno smanjilo rizik od ispada sistema u slučaju krize.

Jačanje uloge BiH kao tranzitne zemlje

Jedna od glavnih prednosti realizacije predloženih projekata bila bi jačanje uloge BiH kao ključne tranzitne zemlje u Jugoistočnoj Evropi. Trenutno, BiH ima centralnu poziciju u regionu, ali je njena uloga ograničena zbog nedovoljno razvijenih interkonekcija. Realizacijom projekata kao što su Transbalkanski i Centralnobalkanski koridor, BiH bi postala ključna tranzitna tačka za protok energije između Balkana i Zapadne Evrope. Povezivanjem sa ključnim evropskim energetsom tržištima, BiH bi ne samo osigurala stabilno snabdijevanje električnom energijom za domaće potrebe, već bi mogla ostvariti značajne prihode od tranzita energije kroz svoju teritoriju. Dodatno, diversifikacija tokova energije smanjila bi zavisnost BiH od pojedinačnih pravaca i omogućila bolje upravljanje energetsom resursima.

Integracija obnovljivih izvora energije (OIE)

Predloženi infrastrukturni projekti omogućili bi i lakšu integraciju obnovljivih izvora energije u mrežu, što je ključno za postizanje dugoročnih ciljeva dekarbonizacije i smanjenja emisija CO₂. BiH ima značajan potencijal za razvoj vjetroelektrana i solarnih elektrana, ali postojeći prenosni kapaciteti ograničavaju mogućnost njihovog priključenja na mrežu. Transbalkanski koridor, koji bi povezao BiH sa Crnom Gorom i Italijom, pružio bi dodatne kapacitete za izvoz viškova energije iz obnovljivih izvora. Ovo bi doprinijelo ne samo ekonomskoj stabilnosti BiH, već bi omogućilo i veću otpornost sistema na promjene u potražnji za energijom. Ovakvi projekti bi omogućili BiH da postane regionalni lider u integraciji obnovljivih izvora energije, čime bi se dodatno povećala njena uloga u regionalnom energetsom tržištu.

Zaključno

Kolaps elektroenergetskog sistema u junu 2024. godine pokazao je koliko je krhka trenutna struktura prenosne mreže i koliko je BiH zavisna od nekoliko ključnih interkonekcija. Preporučujemo da se predloženi infrastrukturni projekti hitno uključe u kratkoročne planove investicija. Ključna je saradnja sa međunarodnim partnerima, uključujući EU i ENTSO-E, kao i osiguravanje potrebnih finansijskih sredstava kroz međunarodne fondove za infrastrukturu. Samo tako BiH može osigurati dugoročnu stabilnost svog elektroenergetskog sistema i ispuniti svoje obaveze prema regionalnom i evropskom energetsom tržištu. Pored navedenog, predmetna uloga je od strateškog značaja, jer bi omogućila BiH da poveća svoju geopolitičku i ekonomsku važnost u regionu.

LITERATURA

1. M. Midžić, S. Đekić, Analiza rada EES BiH sa aspekta raspodjele opterećenja i naponskih prilika u okolnostima povećanog međugraničnog transporta električne energije u oblasti Jugoistočne Evrope, 28. Međunarodna konferencija IUT, Travnik, 2024.
2. Elektroprenos BiH, (2023). Dugoročni plan razvoja prenosne mreže 2023-2033
3. Đekić S., (2023). Integration of solar photovoltaic power plants into the power transmission system of Bosnia and Herzegovina load and voltage conditions analysis, B&H Electrical Engineering Volume 17 Issue 2, DOI: <https://doi.org/10.2478/bhee-2023-0008>
4. ENTSO-E, (2020). Ten-Year Network development plan
5. Rajaković N., (2008). Analiza elektroenergetskih sistema, Akademska misao, Beograd
6. Đekić S., (2023). Značaj simulacije ponašanja distributivnih generator pri kvarovima u mreži, CIGRE Srbija