

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA BUDUĆNOSTI / RENEWABLE ENERGY SOURCES IN THE POWER SYSTEMS OF THE FUTURE

Medina Mehić¹

¹Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Aleja Konzula – Meljanac bb, Travnik,
Bosna i Hercegovina

e-mail: medinamehic78@gmail.com

Pregledeni članak

<https://www.doi.org/10.58952/zr20251401084>

UDK / UDC 621.311:620.9

Sažetak

Obnovljivi izvori energije predstavljaju prirodne izvore koji se obnavljaju i njihova upotreba je manje štetna za okolinu. Obnovljivi izvori energije u elektroenergetskim sistemima budućnosti imaju za cilj manje štetan utjecaj za okolinu i lokalne zajednice, smanjenu upotrebu i uvoz fosilnih goriva, smanjenje troškova proizvodnje i skladištenje električne energije. Sami ciljevi dovode do velikih razvoja gdje imamo za primjer sve veću upotrebu i primjenu elektroenergetskih sistema putem obnovljivih izvora energije, kao što su solarne elektrane, koje se već duže vrijeme primjenjuju, a i nastavljaju da se šire prema daljoj budućnosti kao veliki sistemi iskoristivosti bilo to kao vlastita posebna upotreba unutar jednog domaćinstva ili na veći segment, hidroelektrane i vjetroelektrane. Razvoj elektroenergetskih sistema budućnosti putem obnovljivih izvora energije pokazuje rezultat i značaj kao jedno od velike iskoristivosti upotrebe i primjene, smanjenje troškova proizvodnje energije, očuvanosti ovih sistema i automatizacije zbog većeg održavanja mreže.

Ključne riječi: obnovljivi izvori energije, elektroenergetski sistemi budućnosti, električna energija

JEL klasifikacija: L94, Q2, Q4, Q42, Q47, Q5

Abstract

Renewable energy sources are natural resources that are replenished and their use is less harmful to the environment. Renewable energy sources in the power systems of the future aim to have a less harmful impact on the environment and local communities, reduced use and import of fossil fuels, reduced production costs and storage of electricity. The goals themselves lead to major developments where we have, for example, the increasing use and application of electric power systems through renewable energy sources, such as solar power plants, which have been used for a long time, and continue to expand towards the further future as large systems of utilization, be it as their own special use within one household or on a larger segment, hydroelectric power plants and wind power plants. The development of electric power systems of the future through renewable energy sources shows the result and importance as one of great utilization of use and application, reduction of energy production costs, preservation of these systems and automation due to greater network maintenance.

Keywords: renewable energy sources, power system of the future, electrical energy
JEL classification: L94, Q2, Q4, Q42, Q47, Q5

UVOD

Danas, obnovljivi izvori energije su mnogo više primjenjivani u odnosu na fosilna goriva koja su u periodu od prije par decenija dosta bila zastupljena, u nekim dijelovima svoju zastupljenost imaju i danas, ali u većini slučajeva postali su prisutniji i više primjenjivani obnovljivi izvori energije. Uz svoj razvoj od početka pa sve do današnjeg, njihova primjena se povećala i na vlastitu upotrebu i primjenu, npr. u domaćinstvima gdje dosta kućanstava pokreće mala postrojenja na osnovu obnovljivih izvora energije, kao npr. solarni paneli. Standardni elektroenergetski sistemi koji upotrebljavaju neobnovljive izvore energije kao što je: ugalj, nafta i prirodni gas dosta doprinose emisiji gasova staklene bašte i klimatskim promjenama, što za posljedicu ima dosta negativan utjecaj na prirodu i okoliš.

Bosna i Hercegovina je dosta povećala razvoj energije putem obnovljivih izvora, jer je veoma bogata po pitanju vjetroenergije, hidroenergije i sunčeve energije čime je došlo do velikog razvoja izgradnje vjetroelektrana, hidroelektrana i solarnih elektrana. Najveći procentualni udio energije predstavljaju hidroelektrane. Naravno, pored velike prisutnosti obnovljive energije Bosna i Hercegovina raspolaže sa jednim od neobnovljivih izvora energije, a to je ugalj. Njegovom upotrebom postakla se postojanost termoelektrana u Bosni i Hercegovini od kojih je najveća termoelektrana u Tuzli.

Važnost za elektroenergetski sektor predstavlja elektroenergetski sistem koji u svom sastavu uključuje četiri cjeline, a to su: proizvodnja, prijenos, distribucija i potrošnja. Svaka od navedenih cjelina ima ključnu ulogu i u kontinuiteta održava sigurnost i funkcionalnost jednog od najvećih sistema. Za efikasniju i sigurniju funkciju takvog sistema došlo je i do razvoja umjetne inteligencije unutar elektroenergetskog sistema koji za cilj ima veću sigurnost i smanjenje pojave kvarova na što manji nivo. Također, bilo bi dosta ključno za samo nadgledanje, praćenje i optimiziranje same mreže kroz razvoj umjetne inteligencije, a i naprednijih tehnologija kao što su: pametne mreže (smart grids) i mikromreže. Implementacija obnovljivih izvora energije u elektroenergetskom sistemu za sobom može da stvori neke od tehničkih i ekonomskih izazova kao što su: potreba za skladištenjem energije, varijabilnost proizvodnje i prilagođavanje postojeće mreže na nove tehnologije, a i razvoj umjetne inteligencije i naprednih tehnologija na dati sistem i mrežu.

1. PRELAZAK SA FOSILNIH GORIVA NA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE

Fosilna goriva proizvode se od ostataka biljaka i životinja koji su se u zemljinoj kori pretvorili u svoje trenutne oblike. U fosilna goriva spadaju: nafta, plin, ugalj, itd. Sama primjena fosilnih goriva ukazuje na veliku emisiju CO₂ što dovodi do velikog zagađenja zraka. Iako upotreba fosilnih goriva postoji i danas, prelazak na obnovljive izvore energije je održiviji, sigurniji i ekološki prihvatljiviji način raspolaganja sa energijom. Prema podacima Eurostata, energija vjetra i vode u 2020. godini zajedno su činili više od dvije trećine električne energije koja je proizvedena od obnovljivih izvora energije u Evropskoj uniji (36%), a preostalu trećinu je činila solarna energija sa 14%, kruta biogoriva sa 8% i drugi obnovljivi izvori energije sa 8%. Budući energetske sistemi moraju biti otporni i veoma prilagodljivi učincima klimatskih promjena. Većina projekata koji su pokrenuti u Evropskoj uniji počinju ukazivati na veliki potencijal energije iz obnovljivih izvora. Izazovi prelaska na obnovljive izvore energije kao što su elektrane, nastoje na tome da se prilagodi sve veći kapacitet proizvodnje i da se dovede energija do krajnjih korisnika. Samim ulaganjem u proizvodnju ili skladištenje energije proizvođači tj. potrošači mogu da ostvare uštede na vlastitim troškovima energije gdje mogu ubrzati energetske tranziciju Evrope i da se time smanji emisija stakleničkih gasova. Solarne i vjetroelektrane proizvele su 30%, a fosilna goriva su pala na 27% električne energije za prvih šest mjeseci u 2024. godini.

2.OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljivi izvori energije su izvori koji se obnavljaju prirodnim putem. Samom njihovom upotrebom čuva se okolina. U obnovljive izvore energije spadaju:

- hidroenergija,
- energija vjetra,
- sunčeva energija,
- geotermalna energija,
- energija valova,
- energija biomase i
- energija plime i oseke

3.OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U BOSNI I HERCEGOVINI

Bosna i Hercegovina ima velike učinkovite potencijale po pitanju upotrebe obnovljivih izvora energije. Ti potencijali se dosta odnose na hidroenergiju, vjetroenergiju i solarnu energiju. Do 2050. godine Bosna i Hercegovina bi trebala da poveća svoj udio energije putem obnovljivih izvora energije, do 2030. godine na više od 40%. Prema energetskej politici Bosne i Hercegovine planirano je da do 2035. godine proizvedene energije bude 85% iz hidroelektrana, 9% iz vjetroelektrana, 2% iz solarnih elektrana i 4% iz biomase.

Najveće hidroelektrane u Bosni i Hercegovini su: hidroelektrana Čapljina, Višegrad, Salakovac, Jablanica. Također, planirana je i izgradnja hidroelektrane Buk Bijela na rijeci Drini koja bi bila najveća hidroelektrana u državi sa snagom od 93 MW i godišnjom proizvodnjom od 322 GWh.

Najveća vjetroelektrana u Bosni i Hercegovini je vjetroelektrana Iovik koja se nalazi između Livna i Tomislavgrada i ima 20 vjetroturbina i svaka ima pojedinačnu snagu od 4,2 MW što ukupno daje snagu od 84 MW i čini je najvećom u Bosni i Hercegovini danas. Za nju, godišnja proizvodnja električne energije koja je planirana iznosi 259 GWh.

Zbog svoje klime, Bosna i Hercegovina ima veliki potencijal za solarnu energiju sa 2000 h godišnje sunčeve svjetlosti, a područje u Hercegovini ima 2400 h godišnje sunčeve svjetlosti. Bosna i Hercegovina ima 30% veći kapacitet na godišnjem nivou što se tiče sunčevog zračenja u odnosu na neke države u srednjoj i sjevernoj Evropi. Solarne elektrane se dijele na: fotonaponske PV elektrane i koncentrisane solarne elektrane. Trenutno, najveća solarna elektrana u Bosni i Hercegovini je solarna fotonaponska PV elektrana Petnjik koja se nalazi u Grudama i ima instaliranu snagu od 45MWp i godišnja proizvodnja je procijenjena na 64 GWh. Planirana je i proizvodnja solarne fotonaponske elektrane EPHZHB 1 na području Hodova, općina Stolac. Imala bi instaliranu snagu od 150 MW i godišnju proizvodnju od 244 GWh. Planirana godina puštanja u pogon je 2027. godina.

Pored obnovljivih izvora u Bosni i Hercegovini, prisutan je jedan od neobnovljivih izvora energije kao što je ugalj (mrki ugalj i lignit) i time postoji prisutnost termoelektrana u Bosni i Hercegovini. Najveća je termoelektrana u Tuzli. Ima snagu od 740 MW (bez 1. i 2. bloka) i godišnje proizvodi oko 2,3 GWh. Naravno, pored ovih prisutan je i veliki broj šumskih i poljoprivrednih resursa koji bi mogao da se iskoristi za razvoj energije iz biomase. Također, pored navedenih resursa postoje i izvori tople vode kao što su u Kiseljaku, Olovu, Tesliću i Laktašima koji pored svoje trenutne upotrebe bi mogli da se iskoriste i za razvoj geotermalne energije.

4. BUDUĆNOST OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Sama budućnost obnovljivih izvora energije zahtijeva da se zasniva za smanjenje klimatskih kriza. Budućnost čiste energije zahtijeva da im je potrebna nova tehnologija za poboljšanje energetske efikasnosti i proizvodnju električne energije da se pomogne svijetu za postizanje neto nulte emisije koja predstavlja da se dovoljno emisija stakleničkih gasova ukloni iz atmosfere. Proizvodnja solarne energije se oslanja na sisteme za skladištenje energije i kada se proizvodni kapacitet poveća, sistemi treba da drže veći korak održivosti. Proširenje ESS postaje sve više važnije za smanjenje klimatskih promjena i smanjenja emisije CO₂ i budućnost čiste energije. Prema Međunarodnoj agenciji za energiju (IEA) u 2023. godini obnovljivi izvori energije povećali su svoj globalni kapacitet za 50%, a solarne elektrane čine tri četvrtine tog kapaciteta. Očekuje se da će u periodu između 2023. i 2028. godine kapacitet obnovljive električne energije porasti za 7.300 GW uz solarnu elektranu i upotrebu vjetra na kopnu. Međunarodnoj agenciji za energiju očekuje da će se proizvedena električna energija iz vjetroelektrana udvostručiti na 350 GW do 2028. godine. Što se tiče hidroelektrana, prema Međunarodnoj agenciji za energiju one će ostati najveći dobavljač čiste energije do 2030. godine.

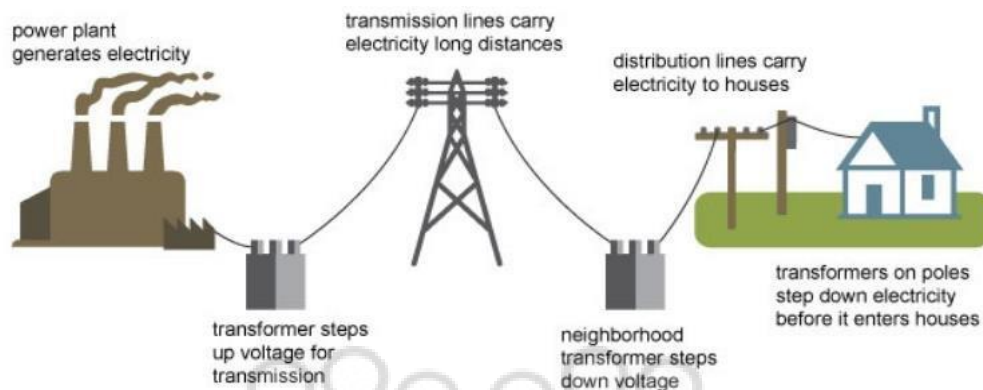
Glavni razlozi za investiranje u obnovljive izvore energije su:

- smanjena zagađenost – smanjenje štete u okolini,
- energetska dostupnost – usluge u ruralnim ili izolovanim prostorima,
- ekonomski podsticaj – rast zelenih industrija, mogućnost radnih mjesta, i
- tehnološki razvoj – nove tehnologije

5. ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Elektroenergetski sistem je sistem koji ima cjelovitu infrastrukturu i za zadatak ima da omogućiti pouzdano i efikasno snabdjevanje električnom energijom za sve potrošače. Sastoji se od četiri cjeline, a to su:

1. Proizvodnja – proces kojeg čine elektrane koje imaju zadatak da neki oblik energije kao što je npr. energija vode ili vjetra pretvori u električnu energiju. Najveći načini proizvodnje električne energije su u hidroelektranama, termoelektranama, vjetroelektranama, itd.
2. Prijenos – proces putem kojeg se električna energija velikih snaga prenosi od izvora do udaljenijih dijelova. Najčešće se odvija putem visokonaponskih dalekovoda (110 kV, 220 kV, 400 kV) i trafostanica.
3. Distribucija – električna energija se razvodi i upotrebljava za pogon potrošača koji se pogone putem načina električne energije. Čine ga:
 - elektroenergetske mreže - kao što su naponske koje mogu biti: visokonaponske (110 kV)
 - distributivne mreže koje mogu biti: srednjonaponskog nivoa (10 kV – 35 kV) ili niskonaponskog (230 V, 400V) koje izvršavaju samu raspodjelu električne energije od krajnje tačke prijenosa pa sve do određenih potrošačkih centara i potrošača.
4. Potrošnja – dio gdje se električna energija koristi u različitim sektorima potrošnje kao što su: industrija, komercijalna potrošnja i domaćinstva.



Slika 1. Elektroenergetski sistem

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Components-of-a-typical-power-system_fig1_345687042 (Datum pristupa: 26.03.2025.)

6. RAZVOJ UMJETNE INTELIGENCIJE U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA

Razvoj umjetne inteligencije u elektroenergetskim sistemima predstavlja veliki korak za efikasno i pouzdano upravljanje mrežom. Ovaj razvoj ima za cilj smanjenje kvarova, poteškoća i troškova održavanja kroz određene strategije za samo predviđanje održavanja. Na dijelu primjene za otkrivanje i dijagnostiku određenih kvarova ono se u većini slučajeva zasnivalo na pravilima koja su zahtijevala ručne unose i određena prilagođavanja. Model mašinskog učenja može da osposobi predviđanje i identifikaciju problema i da bude izvedeno sa većom preciznošću. Umjetna inteligencija ima za cilj i zaštitu u elektroenergetskim sistemima i predstavlja način putem kojeg bi se električne mreže nadgledale, analizirale i održavale. Utjecaj umjetne inteligencije ima dosta velikih oblasti koje uključuju i otkrivanje kvarova u sistemu do kojih može da dođe. Sama implementacija ne samo da ima za cilj poboljšanje efikasnosti i pouzdanosti elektroenergetskih sistema, bavi se i kompleksnijim izazovima do kojih može da dođe. Implementacija umjetne inteligencije u već postojeće sisteme napajanja zahtijeva velika i ključna ulaganja u tehnologiju i obuku operatera. Što se tiče obnovljivih izvora energije u elektroenergetskim sistemima, treba da obezbijede stabilno napajanje za postrojenja bazirana na obnovljivoj energiji, ali implementacija umjetne inteligencije bi mogla da pomogne za rješavanje ovog problema. Sistemi koji upotrebljavaju obnovljive izvore energije podloženi su većoj nestabilnosti i time može doći do povećanja napona i frekvencije u napajanju. Umjetna inteligencija može da pruži kontrolne signale za ove probleme. Problemi koji se mogu pojaviti za implementaciju umjetne inteligencije u sistemima koji su bazirani na obnovljivoj energiji su: visoki troškovi implementacije za napredna rješenja, potreba za velikom količinom podataka za tačna predviđanja, mogućnost pojave cyber prijetnji unutar sistema koji su automatizovani, itd.

7. NAPREDNI ELEKTROENERGETSKI SISTEMI BUDUĆNOSTI – SMART GRIDS

Pametne mreže (smart grids) predstavljaju ključni segment za obnovljive izvore energije i važna su pojava za napredak elektroenergetskog sistema današnjice, a i budućnosti. Prelazak na čistu energiju predstavlja još veću potragu za električnom energijom i uvođenje obnovljivih izvora energije čime se postavljaju sve veći zahtjevi za električne mreže. Sastoje se od: pametnih brojlara, senzora, sistema za kontrolu, komunikacijske mreže, distribuiranog energetskeg resursa i sistema koji će omogućavati skladištenje energije. Ovakva vrsta sistema omogućava praćenje, analizu, kontrolu i komunikaciju unutar samog elektroenergetskog sistema.

Razvoj pametnih mreža nosi sa sobom mnoge prednosti kao što su: integracija obnovljivih izvora energije, smanjeni troškovi tokom prijenosa i distribucije električne energije, otkrivanje kvarova u mreži i brže uspostavljanje snabdijevanja samih potrošača električnom energijom.

Pametne mreže omogućavaju rješavanje problema po pitanju skladištenja energije. Ako postoji neka dodatna solarna energija sama mreža tu energiju pohranjuje unutar baterija za daljnju upotrebu. Ovo omogućava da briga energijom bude stabilnije pouzdana ako imamo da obnovljivi izvori nisu u svakom trenutku dostupni.



Slika 2. Pametna mreža

Izvor: <https://www.intuz.com/blog/the-role-of-iot-in-smart-grid-tech>

(Datum pristupa: 27.03.2025.)

8.BATERIJSKI SISTEMI ZA SKLADIŠTENJE ENERGIJE

Baterijski sistemi za skladištenje energije su sistemi koji koriste grupu baterija unutar mreže za skladištenje energije. Instaliraju se na ili u blizini aktivnih ili neupotrebljivih elektrana i mogu da dijele istu mrežnu vezu zbog smanjenja troškova. Smještene su unutar posebnih struktura, kao što su skladišta ili kontejneri. Mogu da budu: elektrohemijska skladišta kao baterije, reverzibilne hidroelektrane, elektromagnetna skladišta kao što su superkondenzatori. Imaju veoma kratko vrijeme upravljanja i pokretanja koje iznosi samo 10 ms. Mogu da se koriste u kombinovanju sa obnovljivim izvorom energije unutar samostalnih elektroenergetskih sistema.

Sastoji se od tri komponente: baterije, pretvarača struje i kontrolnog sistema. Baterija pretvara hemijsku energiju u električnu. Pretvarač struje povezuje bateriju sa mrežom ili nekim opterećenjem i može da pretvara naizmjeničnu struju u istosmjernu ili obrnuto, sve zavisi od toka energije. Kontrolni sistem je ključna komponenta koja prati i kontroliše sami baterijski sistem i može da komunicira sa operaterom mreže, sa opterećenjem ili nekim drugim izvorom energije.

Prednosti korištenja baterijskog sistema za skladištenje energije su:

- poboljšano integracije obnovljive energije – smanjena ograničenja obnovljive energije, povećano njenog korištenja,
- pouzdanost električne energije – osiguravanje dodatnog napajanja i mogućnost neprekidnog napajanja u slučaju prekida mreže ili nekog hitnog slučaja,
- smanjenje vršne proizvodnje – sistem može da puni tokom sati izvan vršnog opterećenja u pitanju kada je cijena energije niska i da se prazni kada je cijena visoka, i
- smanjena emisija stakleničkih plinova – smanjena ovisnost o proizvodnji koja se temelji na fosilnim gorivima i da se samim time poveća udio obnovljive energije



Slika 3. Baterijski sistem za skladištenje energije postavljen u blizini solarne i vjetroelektrane

Izvor: <https://www.acentech.com/resources/battery-energy-storage-systems-charged-up-for-noise-control/> (Datum pristupa: 31.03.2025.)

9. MIKROMREŽE

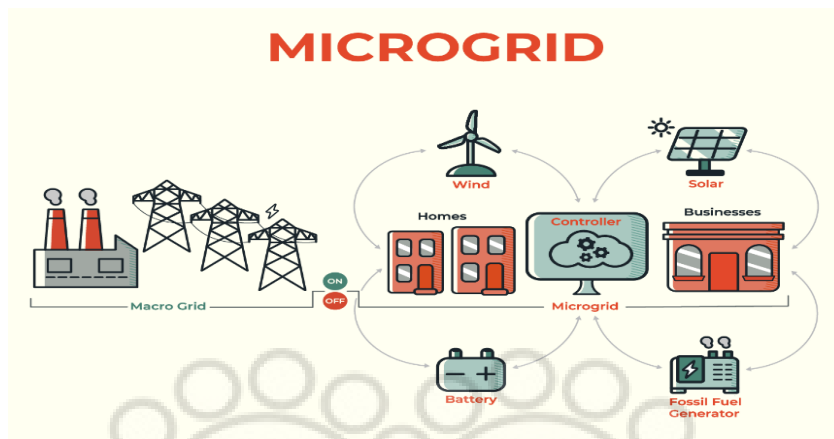
Mikromreže su elektroenergetski sistemi koji predstavljaju grupu povezanih opterećenja i energetske resurse koji su distribuirani i ponašaju se kao kontrolisani i poseban segment na mrežu. Imaju mogućnost da rade unutar otočnog područja i tokom dovođenja električne energije unutar daljih krajeva. Problem ovakvog režima rada je kontrola frekvencije, napona, reaktivne i aktivne snage. Mikromreža omogućava integraciju obnovljivih izvora energije.

Njena organizacija se temelji na svojstvima upravljanja koja sadrže: mikroturbine, gorivne ćelije i fotonaponske elektrane zajedno sa sistemima za skladištenje energije: zamašnjaci, baterije, kondenzatori i gorivne ćelije. Sa ovim sistemima se omogućava opskrba ako dođe do slučaja kvara ili neke katastrofe koja može da dovede do prekida potrebne količine električne energije.

Glavni potencijal mikromreže je postojanost mogućnosti da krajnji korisnici unutar lokalne razine pravilno koriste svu neiskorištenu toplotu, posebno za kućanstva koja se nalaze u državama sa hladnijom klimom. Njena primjena može da dovede do smanjene potrebe za distribucijskim i prijenosnim jedinicama. Mogu da budu mreže sa niskim ili srednjim naponom. Male hidroelektrane koriste mini i mikro mreže za samo pružanje obnovljive energije u nekim od ruralnih područja gdje velika infrastruktura na neki način nije moguća.

Prednosti upotrebe mikromreža:

- samostalan rad – ima mogućnost da radi i u samostalnim režimima rada,
- dodatno napajanje – osigurava odlična rješenja ako dođe do nestanka napajanja tokom prekida unutar glavne mreže,
- integracija proizvodnje obnovljivih izvora energije – solarne i vjetroelektrane,
- poboljšanje kvalitete električne energije – stabilniji napon i frekvencija, i
- razvoj energetske opreme – kao što su: elektronski pretvarači i algoritmi za upravljanje integracijom mikromreže



Slika 4. Mikromreža

Izvor: <https://climable.org/learn-microgrids> (Datum pristupa: 01.04.2025.)

10.IMPLEMENTACIJA OBNOVLJIVE ENERGIJE NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM BOSNE I HERCEGOVINE

Tokom samog razvoja i implementacije obnovljivih izvora energije unutar elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine dolazi do razvoja i priključenja prvih elektrana koje su za upotrebu imale obnovljive izvore energije. Time dolazi do prvih priključenja gdje je 2023. godine priključena prva fotonaponska solarna elektrana na prijenosnu mrežu Bosne i Hercegovine, fotonaponska elektrana Petnjik. Taj proces priključenja solarnih elektrana je nastavljen i u 2024. godini gdje je došlo i do priključenja drugih solarnih elektrana kao što su: fotonaponska elektrana Zvizdan, solarna elektrana Bileća. Priključenje elektrana može se očekivati i u 2025. godini zajedno sa integracijom obnovljivih izvora energije na distributivnu mrežu i u susjednim zemljama može da dovede do zagušenja u prijenosnoj mreži i komplikacije upravljanja prijenosnim sistemom Bosne i Hercegovine sa područja regulacije sistema. Za rješenje se uvode baterijski sistemi za skladištenje električne energije.

Prema studiji Nezavisnog operatora sistema Bosne i Hercegovine u saradnji sa Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit napravili su studiju koja je nazvana Operational Models for Battery Energy Storage Systems in the Balancing Market of NOS BiH. Cilj navedene studije je tehnička i ekonomska procjena samih potencijala baterijskih sistema za skladištenje električne energije u svrhe balansiranja elektroenergetskog sistema Bosne i Hercegovine sa dodatnom integracijom kapaciteta vjetra i sunca. Također, izvršena je procjena potrebe za balansiranjem i upotrebom satnih profila za proizvodnju vjetroelektrana i solarnih elektrana u Bosni i Hercegovini. Za predviđenu integraciju obnovljivih izvora energije koji su na bazi dostavljenim podataka o satnim profilima proizvodnje za vjetro i solarne elektrane pokazalo se da je neophodno instalirati baterijski sistem za skladištenje instalisane snage od 225 MW i od kapaciteta 450 MWh. [2]

ZAKLJUČAK

Obnovljivi izvori energije imaju značajan utjecaj u razvoju i transformaciji elektroenergetskih sistema na današnjem potencijalu, a i u svom daljnjem razvijanju u budućnosti. Mnogo velika potraga za održivijim, ekološki prihvatljivim i ekonomski isplativim ključnim rješenjima postakle su za intenzivnijim razvojem iskorištavanja energije iz obnovljivih izvora energije, poput vjetra, biomase, solarne, hidro, geotermalne energije i dr. Integracija obnovljivih izvora energije u postojeće elektroenergetske sisteme nosi određene izazove, zbog svoje nepredvidivosti. Samim daljim razvijanjem i utjecajem dolazi i do razvoja umjetne inteligencije unutar samog upravljanja i optimizacije elektroenergetskih sistema. Time se povećava stabilnost, pouzdanost i efikasnost samih navedenih sistema i mreža.

Mnoge digitalne tehnologije doprinose razvoju datih sistema kao što su: pametne mreža (smart grids) i mikromreže koje mogu da značajno pomognu i povećaju efikasnost i mogućnost navedenih sistema.

Razvoj potencijala za obnovljive izvore energije u Bosni i Hercegovini je veoma značajan, ali veoma malo iskorišten. Država po sebi je bogata prirodnim resursima koji se iskorištavaju danas dosta za sami razvoj postrojenja na bazi obnovljive energije kao što su: hidroelektrane, vjetroeletktrane i solarne elektrane koje su u ranoj fazi razvijanja kao efikasna postrojenja u odnosu na velike globalne razvoje. Uvođenje novih tehnologija i postupaka digitalizacije energetskog sektora uz određene investicije mogu veoma ključno i značajno da ubrzaju razvoj obnovljive energije u elektroenergetske sisteme i time da omoguće sigurniju elektroenergetsku budućnost.

Obnovljivi izvori energije zajedno u kombinaciji sa naprednim tehnologijama koji uključuje i umjetnu inteligenciju ima potencijal da u velikoj potpunosti promijeni elektroenergetske sisteme budućnosti. Pored razvoja umjetne inteligencije u sklopu elektroenergetskih sistema dolazi i do značajnih drugih potencijala na osnovu razvoja tehnologije kao što su: pametne mreže i mikromreže unutar elektroenergetskih sistema koje po samom svom razvoju i lakše funkcionalnosti mogu da stvore efikasniji i učinkovitiji značaj. Navedeni sistemi budućnosti imaju za cilj i ključnu integraciju obnovljivih izvora energije unutar elektroenergetskih sistema.

Sa osvrtnom na globalne ekološke ciljeve i tehnološki napredak, veoma je važno da se nastavi sa ulaganjima u istraživanje, razvoj novijih rješenja koja će da stvore stabilniju, pouzdaniju i ekološki prihvatljivu proizvodnju i distribuciju električne energije ne samo za pojedinačno postrojenje i njegovu funkcionalnost, nego i za kompletan elektroenergetski sistem.

LITERATURA

Knjige:

- [1] Fabijanić, J., (2023). *Skladišta električne energije*, 60, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka.
- [2] (2024). *Indikativni plan razvoja proizvodnje 2025-2034*, 79, Nezavisni operator sistema Bosne i Hercegovine.
- [3] Jelčić, L., (2021). *Primjena umjetne inteligencije u elektroenergetskom sustavu*, 58, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, Specijalistički diplomski stručni studij Ekonomike energije i okoliša, Zagreb.
- [4] Jovanovac, I., (2016). *Mikromreže*, 58, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Osijek.

Naučni rad:

- [1] Deliće, Z., (2017). *Pametna mreža – automatizacija i integracija novih tehnologija*, 5, Elektrotehnički fakultet, Istočno Sarajevo.

Web stranice:

- [1] <https://www.vecernji.ba/vijesti/u-federaciji-bih-40-elektricne-energije-je-iz-obnovljivih-izvora-a-u-eu-30-1839057> (Datum pristupa: 23.03.2025.)
- [2] <https://bankwatch.org/beyond-fossil-fuels/the-energy-sector-in-bosnia-and-herzegovina> (Datum pristupa: 23.03.2025.)
- [3] https://sh.wikipedia.org/wiki/Solarne_elektrane_u_Bosni_i_Hercegovini (Datum pristupa: 24.03.2025.)
- [4] <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signali-2022/clanaka/buducnost-koja-se-temelji-na> (Datum pristupa: 24.03.2025.)
- [5] <https://www.ibm.com/think/insights/renewable-energy-future> (Datum pristupa: 25.03.2025.)
- [6] <https://en.renovablesverdes.com/renewable-energy-sources/> (Datum pristupa: 25.03.2025.)
- [7] https://bs.wikipedia.org/wiki/Elektroenergetski_sistem (Datum pristupa: 26.03.2025.)
- [8] <https://www.iea.org/energy-system/electricity/smart-grids> (Datum pristupa: 27.03.2025.)
- [9] <https://pvcase.com/blog/understanding-smart-power-grid-technology/> (Datum pristupa: 28.03.2025.)
- [10] <https://www.pacw.org/ai-in-electric-power-systems-protection-and-control> (Datum pristupa: 28.03.2025.)
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_energy_storage_system (Datum pristupa: 29.03.2025.)
- [12] <https://hr.shieldenchannel.com/blogs/portable-power-station/what-is-battery-energy-storage-system> (Datum pristupa: 31.03.2025.)
- [13] <https://www2.nrel.gov/grid/microgrids> (Datum pristupa: 01.04.2025.)