

Projektovanje i održavanje električnih instalacija solarnih elektrana za napajanje baznih stanica mobilne telefonije

Samed Mušović*, Saša Štatkić**, Željko V. Despotović***

* EuroTeleSities d.o.o, Novi Beograd

** Fakultet tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici, Kosovska Mitrovica

*** Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Rezime - U radu je prikazan koncept sistema radio baznih stanica, njihova funkcija kao i topologije solarnog napajanja. U radu je dat detaljniji opis implementacije solarnih elektrana na radio baznim stanicama kao i neke metode projektovanja koje se odnose na specijalne elektroenergetske instalacije kao što je solarno napajanje prikazano u ovom radu. Navedene su sve prednosti i mane projekta izgradnje solarnih elektrana na radio baznim stanicama i prikazana su praktična tehnička rešenja pri održavanju električnih instalacija u sistemu napajanja, a koja su deo svakodnevne prakse. Na kraju rada, dati su rezultati projektovanja i izvođenja solarnog napajanja izlazne snage 8kW na radio baznoj stanici „Kumane“.

KLjučne reči - Radio bazna stanica, solarna elektrana, napajanje, specijalne instalacije, distributivna mreža

I UVOD

U savremenom društvu, mobilna komunikacija predstavlja ključnu komponentu globalne povezanosti i razvoja tehnologije. U srcu ovog dinamičkog sistema nalaze se bazne stanice, temeljna infrastruktura koja omogućava bežični prenos podataka i obezbeđuje neprekidnu vezu između korisnika i mreže. Kroz vreme, evolucija baznih stanica je bila nezaustavljiva, od pionirskih dana analognih sistema do savremenih 5G tehnologija koje omogućavaju revoluciju u načinu na koji doživljavamo mobilnu komunikaciju. U ovom radu će fokus istraživanja biti usmeren na napajanje baznih stanica i mešovite izvore električne energije, kao što su solarni sistemi odnosno solarne elektrane. One su u poslednje dve decenije doživele totalnu ekspanziju na našim prostorima i imaju primenu u mnogim sferama [1-4] pa tako i u napajanju baznih stanica mobilne telefonije. Treba napomenuti da energija sunca nije konstantna i da zavisi od doba godine, meseca, pa čak i dnevnih intervala, tako da ovi sistemi koji moraju inače biti pouzdani ne mogu se bazirati isključivo na ovom tipu energije, ma koliko je ona neiscrpna i svuda dostupna. Stoga se, zbog sigurnosti i pouzdanosti prenosnog puta mobilne telefonije, uporedo sa solarnim napajanjem primenjuje i elektrodistributivna (EDB) mreža, monofazna 230 V, 50 Hz ili trofazna 400 V, 50 Hz [5-9].

U radu su razmotrene sve prednosti, ali i mane projektovanja i izgradnje solarnih elektrana na radio baznim stanicama i prikazana su praktična tehnička rešenja za održavanje električnih instalacija u sistemu napajanja, koja su deo svakodnevne prakse.

Na kraju rada su dati rezultati projektovanja i izvođenja solarnog napajanja izlazne snage 8 kW na radio baznoj stanici „Kumane“.

II OSNOVNE NAPOMENE O RADIO BAZNIM STANICAMA

Radio bazne stanice danas imaju glavnu ulogu u mobilnim telekomunikacijama. One predstavljaju ključnu infrastrukturu u uspostavljanju bežične veze između korisničkih uređaja kao što su mobilni telefoni, tableti i telekomunikacione mreže. Njihova uloga kreće od osnovne pokrivenosti do podrške širokom spektru bežičnih usluga, od glasovnih poziva do prenosa podataka sa visokim protocima.

Sam razvoj radio baznih stanica od analognih sistema do 5G sistema predstavlja jednu kompletnu evoluciju, ne samo u tehničkom smislu nego transformaciju u načinu života kao i poslovanja u današnjici [10]. Na Slici 1. je dat prikaz izgleda vrha rešetkastog antenskog stuba jedne radio bazne stanice u ekološkom okruženju.



Slika 1. Izgled vrha rešetkastog stuba jedne radio bazne stanice

Kada se gleda sa aspekta tehničke strane, kako je tehnologija baznih stanica u mobilnim telekomunikacijama iz godine u godinu evoluirala i nadograđivala se, tako je potreba za sve većim utroškom električne energije rasla. Tehnički aspekti radio baznih stanica obuhvataju širok spektar tehničkih detalja hardvera, softvera kao i komunikacione protokole [11-13]. Nasuprot svemu ovome i kompleksnosti sistema, redosled i

značaj svih komponenti baznih stanica je manje-više ostao isti, tako da će u nastavku biti opisane neke od glavnih komponenti jedne tipične bazne stanice i ukratko njihova uloga.

Na Slici 2. su prikazane osnovne komponente tipične bazne stanice mobilne telefonije: (1) antena, (2) radio-frekventni (RF) predajnik, (3) prijemnici (tzv. "receivers") i predajnici (tzv. "transmitters"), (4) kontrolna jedinica, (5) sistem hlađenja, (6) baterije ("back-up" sistem), (7) sistem monitoringa, (8) kablovska i spojna oprema i (9) sistem napajanja, [14].

Antena kao jedan od osnovnih komponenti bazne stanice je odgovorna za prijem i slanje radio signala. Antena emituje signale prema mobilnim uređajima (*downlink*) i prima signale od njih (*uplink*). Uglavnom se koriste sektorske i link antene.

RF predajnici ili moduli imaju ulogu da električne signale pretvaraju u radio frekventne signale koji se zatim šalju posredstvom antene.

Prijemni i predajni deo se sastoji od uređaja koji omogućavaju baznoj stanici simultano primanje i slanje podataka na različitim frekvencijama, čime se uspostavlja pouzdana i sigurna komunikacija sa mobilnim uređajima i drugim baznim stanicama.

Kontrolna jedinica predstavlja srž svake radio bazne stanice, gde se odvijaju ključni procesi. To obuhvata regulaciju snage signala, upravljanje uključanjem i isključanjem uređaja, kao i promenu frekvencija i ćelija. Smeštena je u ormanu sa ostalim kontrolnim jedinicama. Komponente koje su navedene čine glavni deo svake radio bazne stanice. Pored njih postoji oprema koja je takođe potrebna i bez koje radio bazna stanica ne bi mogla da funkcioniše.

Komponente za hlađenje kao što su ventilatori i klima uređaji čine sastavni deo sistema za odvođenje toplote iz bazne stanice koja je posledica velikog zagrevanja same opreme u ormanu ili nekoj zasebnoj prostoriji.

Baterije su sastavni deo skoro svakog rek ormana radio bazne stanice i one imaju ulogu da uspostave rad bazne stanice ukoliko je došlo do nestanka osnovnog napajanja, usled nestanka napona iz mreže. U zavisnosti od vrste i veličine bazna stanica može da radi posredstvom baterija obično nekoliko časova.

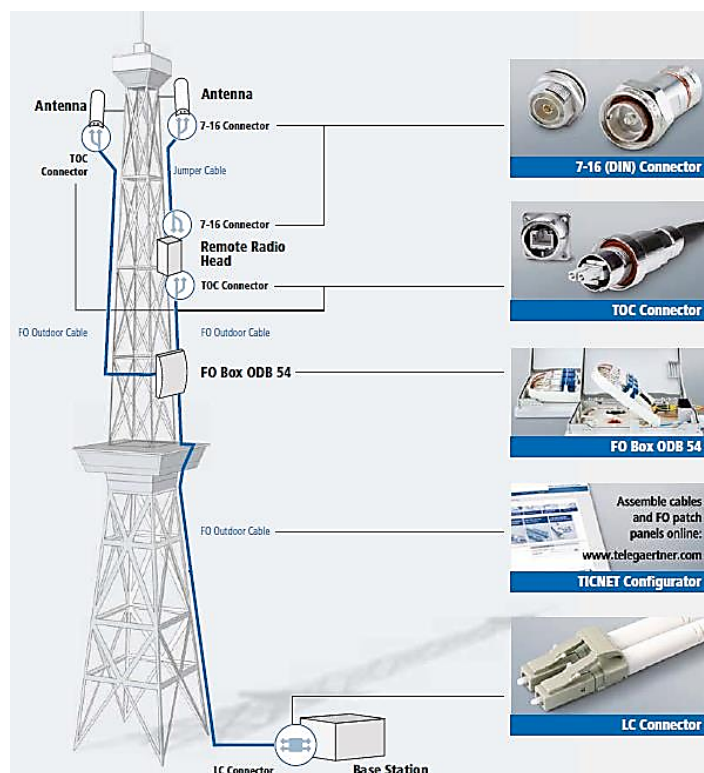
Monitoring centar (tzv. "Network Management System"), omogućava operateru da daljinski upravlja i nadgleda rad bazne stanice, uključujući praćenje performansi, dijagnostiku kvarova i konfiguraciju.

Kablovi i konektori povezuju sve komponente bazne stanice, uključujući antene, RF predajnik, kontrolnu jedinicu itd.

Radio bazna stanica predstavlja složeni sistem telekomunikacione opreme koja je u neprekidnom radu i kao takvoj neophodno joj je neprekidno električno napajanje. Šta više, ovaj sistem je ključan za pouzdan i neprekidan rad bazne stanice.

Kao osnovni vid napajanja radio bazne stanice koristi se električna energija koja se dobija iz same EDB mreže, koja je najpristupačnija i predstavlja najefikasniji i najpouzdaniji izvor energije. Geografski faktori koji utiču na samu poziciju bazne stanice dovode do toga da na nekim lokacijama ne postoji

izgrađena infrastruktura distributivne mreže i samim tim takav vid napajanja nije moguć. U takvim situacijama se primenjuju drugi izvori energije kao što su: (1) dizel (ili benzinski) električni generatori i (2) solarni sistemi bazirani na fotonaponskim panelima [15-18].



Slika 2. Prikaz glavnih komponenti bazne radio stanice [14]

III PROJEKTOVANJE FOTONAPONSKOG NAPAJANJA NA RADIO BAZNOJ STANICI „KUMANE“

Fotonaponske "On-grid" solarne elektrane povezuju se na električnu mrežu i koriste fotonaponsku tehnologiju za generisanje električne energije iz energije sunčevog zračenja. Projekat fotonaponske "On-grid" solarne elektrane na radio baznim stanicama predstavlja potpunu tehničku inovaciju u pogledu samog sistema i prednosti koji ovaj projekat donosi. Naime na baznoj stanici je planirano postavljanje solarnih sistema napajanja koji se priključuje na postojeću EDB mrežu, u skladu sa važećim propisima u Republici Srbiji i Opštim tehničkim uslovima Elektro distribucije.

Površina bazne stanice iznosi oko 100 m² i ograđena je zaštitnom žičanom ogradom, a sačinjavaju je: kablovska priključna kutija (KPK), razvodni orman, telekomunikaciona oprema, nosači kablova i antenski stub na betonskom platou. Prostor raspoloživ za montažu solarnih panela iznosi oko 40 m² i kompletno je betoniran. Na lokaciji grada Zrenjanin, mesto Kumane, instalisano je 16 solarnih panela izrađenih od monokristalnog silicijuma, svaki nominalne snage 550 Wp (ukupna instalisana vršna snaga 8,8 kWp). Za ovakvu montažu panela predviđena je noseća konstrukcija visine 2,5 m, kako bi se obezbedio nesmetan prilaz postojećoj opremi. Po ovom modelu, energija proizvedena u solarnoj elektrani koristi se za delimično ili potpuno pokrivanje potrošnje instalisane opreme za komunikaciju (oko 6÷7 kW) i

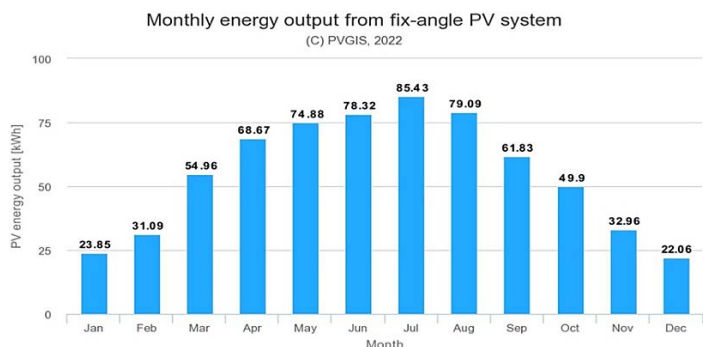
ostalih potrošača (oko 1 kW) u vremenskom periodu u kojima je moguće njeno generisanje. Razlika ili potpuno snabdevanje energijom (kada solarna energija ne generiše) bi se ostvarivalo iz EDB mreže. U slučaju kada je proizvodnja iz solarne elektrane veća od potrošnje instalisane opreme, višak proizvedene energije se vraća u EDB mrežu, čime investitor umanjuje svoje račune za električnu energiju.

Dijagram potrošnje bazne stanice "Kumane" za interval od 7 dana (nedeljna potrošnja) je dat na Slici 3. Može se uočiti da aktivna snaga u toku 4-5 dana varira između 2,6 kW i 3,5 kW.



Slika 3. Vremenski dijagram aktivne snage (kW) i utrošene električne energije u određenim vremenskim intervalima (kWh) radio bazne stanice „Kumane“

Na Slici 4. je dat prikaz projektovane ukupne godišnje proizvodnje električne energije, kao i proizvodnje po mesecima za fotonaponsku elektranu bazne stanice "Kumane".



Slika 4. Godišnja proizvodnja električne energije solarne elektrane bazne stanice "Kumane", data po mesecima

Treba napomenuti da je prikaz na Slici 4 projektni proračun aproksimativne godišnje generisane električne energije.

Za solarne panele, izabrani su monokristalni moduli PV paneli tipa ECO-550M-72LHC, snage 550 Wp, proizvođača ECO DELTA [19], koji se montiraju na glavne noseće elemente čelične konstrukcije, preko odgovarajućeg montažnog pribora. PV paneli su jugozapadno orijentisani sa nagibnim uglom od 20° u odnosu na horizontalnu ravan. Ovakvom jugozapadnom orijentacijom rešen je problem zasenčenja. S obzirom da je na lokaciji predviđeno instaliranje 16 panela, ukupna maksimalna instalisana snaga solarne elektrane je 8,8 kWp.

Električna šema solarnog napajanja radio bazne stanice je data na

Slici 5. Za priključenje solarnih panela, invertora i ostale neophodne opreme, izrađen je poseban orman RO-FNE koji se deli na dve sekcije – RO-FNE.DC i RO-FNE.AC.

Razvodni orman je nadgradni, izveden je u IP65 zaštiti i smešten je ispod konstrukcije koja nosi solarne panele. Fotonaponski sistem sastoji se od 16 redno vezanih PV panela (string), koji se opremaju sa specijalno dizajniranim i izrađenim konektorima za međusobno povezivanje. Izvodi stringa povezuju se na ulaz DC sekcije razvodnog ormara RO-FNE.DC kablovima tipa H1Z2Z2-K preseka 4 mm², otpornim na UV zračenje i sa pojačanom izolacijom. Boja izolacije kablova je crvena za "+" polaritet i crna za "-" polaritet, čime se sprečava pogrešno povezivanje.

DC sekcija razvodnog ormara RO-FNE opremljena je dvopolnim DC prekidačem instalisanim na "+" i "-" polove, odgovarajuće prekidne moći i prenaponskom zaštitom. Izlaz DC sekcije priključuje se na MPTT ulaz invertora. Za konverziju jednosmernog napona u naizmenični napon izabran je inverter "MOD 8000TL3-X" proizvođača GROWAT [20].

Sa naizmenične strane invertora vodi se kabl PPOO-Y 5x4 mm² na ulaz AC sekcije razvodnog ormara RO-FNE. Kablovi se polažu po perforiranim nosačima kablova.

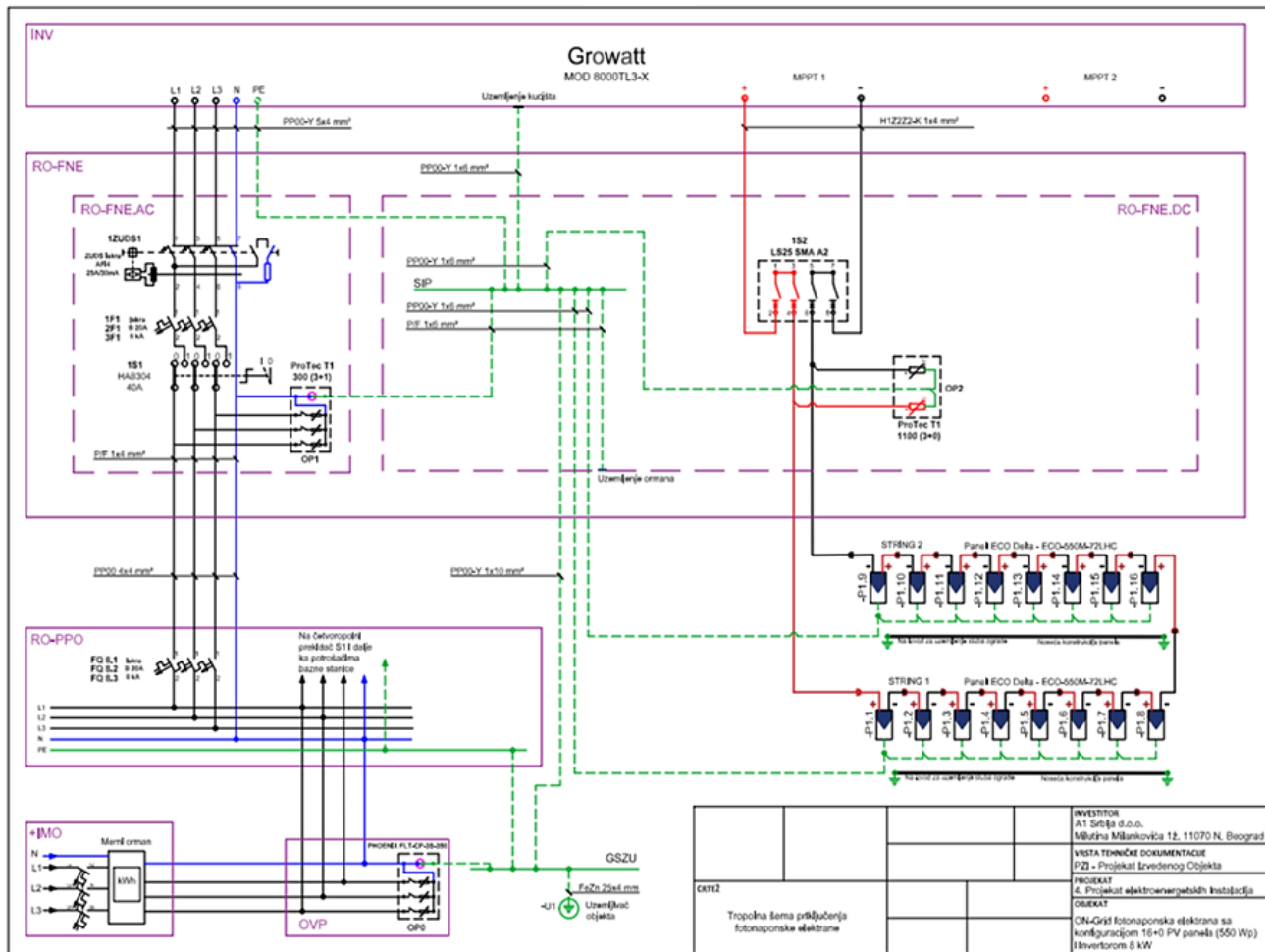
AC sekcija razvodnog ormara RO-FNE.AC opremljena je zaštitnim uređajem, čija je uloga da obezbedi zaštitu priključnog voda, kao i da obezbedi priključenje elektrane na postojeći NN priključak elektroenergetske mreže (vlasništvo Investitora).

Sistemska zaštita integrisana je u invertoru i sastoji se od: (1) naponske zaštite koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje reaktivne energije i koja se sastoji od nad-naponske i podnaponske zaštite, (2) frekventne zaštite, koja reaguje na poremećaj ravnoteže između proizvodnje i potrošnje reaktivne energije, a sastoji se od nadfrekventne i podfrekventne zaštite. Zaštitni uređaj koji se nalazi u invertoru sadrži prekidač naizmenične struje sa podesivom termičkom i prekostrujnom zaštitom, takođe sadrži i nadfrekventnu, podfrekventnu, nadnaponsku i podnaponsku zaštitu.

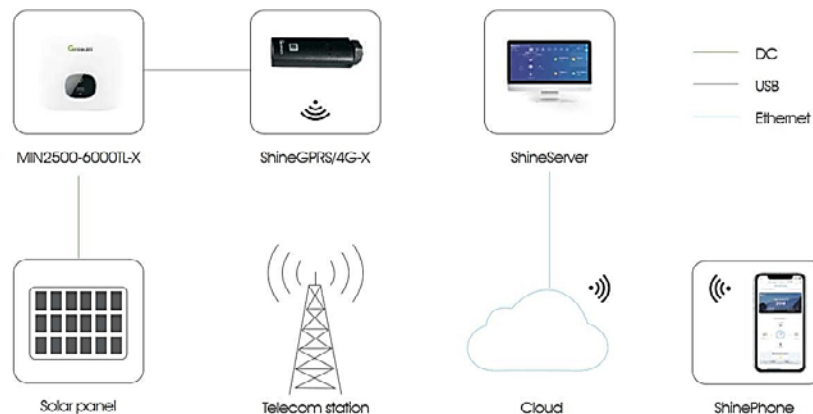
Prema *Opštim uslovima elektrodistribucije*, prekostrujna zaštita je trofazna, Maksimalna strujna vremenski nezavisna zaštita reaguje sa vremenskom zadržkom pri strujnim opterećenjima koja prolaze vrednosti dozvoljenih strujnih opterećenja voda elektrane ili trenutno pri bliskim kratkim spojevima.

Merni releji prekostrujne zaštite su za naznačenu struju 5 A i za najmanji opseg podešavanja (3÷9) A za prekostrujnu zaštitu i (20÷50) A za zaštitu od kratkog spoja. Najmanji opseg podešavanja vremenske zadržke prekostrujne zaštite je opsega (0.2÷3) s. Zaštitni uređaj neprekidno vrši monitoring izlaznog napona i frekvencije invertora. U slučaju odstupanja od dozvoljenih graničnih vrednosti koje definiše Elektrodistribucija prema *Pravilima o radu distributivnog sistema* [21], dolazi do automatskog isključenja fotonaponskog sistema, kako se nepravilnosti ne bi prenele na EDB mrežu.

Predviđeno je da se izlaz razvodnog ormara RO-FNE.AC preko kabla PP00 4x4 mm² priključi na sabirnice postojećeg ormara na baznoj stanici RO-PP0. Na postojećoj DIN šini ugrađene su priključne klemme za dovodni kabl, kao i kratkospojnike koji se montiraju na fazne klemme i nultu klemu.



Slika 5. Tropolna šema solarne elektrane izlazne snage 8kW na baznoj stanici „Kumane“



Slika 6. Daljinska kontrola solarne elektrane bazne stanice [22]

U postojećem izmeštenom mernom ormanu IMO - demontiran je postojeći merni uređaj za obračunsko merenje električne energije i postavljen je novi merni uređaj - direktna trofazna merna grupa sa merenjem u sva 4 kvadranta i GPRS modomom za merenje preuzete/proizvedene električne energije. Merni orman IMO ispunjava uslove u pogledu prostora za smeštaj opreme, kao i uslove u pogledu bezbednosti (zaštita od napona dodira i

električnog udara, prodor vlage i sl.). Opremljen je jednopolnim automatskim osiguračem odgovarajuće prekidne moći.

Opšta principna šema upravljanja fotonaponskim invertorom realizovane solarne elektrane bazne stanice je data na Slici 6.

Upravljanje solarnom elektranom može se postići preko invertora, na koji se preko USB porta priključuje USB adapter. U

adapter se stavlja SIM kartica, tako da se komunikacija obavlja preko mobilne internet mreže. Prikupljeni podaci se mobilnom 4G mrežom šalju na server, koji predstavlja internet platformu preko koje se mogu čitati prikupljeni podaci i upravljati invertorom. Putem mobilne 4G mreže šalju relevantne informacije o:

- načinu rada elektrane,
- količini proizvedene energije,
- eventualnim problemima koji se javljaju u radu,
- naponskim prilikama.

Tehničkom izvedbom sistema je obezbeđen monitoring putem računara ili mobilnog telefona.

III PRIKAZI REALIZACIJE FOTONAPONSKOG NAPAJANJA NA RADIO BAZNOJ STANICI KUMANE

Prikaz montaže solarnih panela u okviru fotonaponske elektrane izlazne snage 8kW, na radio baznoj stanici „Kumane“ je dat na Slici 7. Solarni paneli ukupne površine ($16 \times 2,58 \text{ m}^2 \approx 42 \text{ m}^2$) su postavljeni na nosećoj metalnoj konstrukciji pri dnu stuba bazne stanice kao što je prikazano na slici 7. Prostor bazne stanice i fotonaponske elektrane je ograđen žičanom ogradom i na jednom od nosećih stubova je postavljen razvodni orman fotonaponske elektrane.



Slika 7. Izgled PV elektrane 8kW za napajanje bazne stanice

Izgled i ugradnja razvodnog elektro ormana fotonaponskog napajanja, odnosno fotonaponske elektrane-FNE bazne stanice su dati na Slici 8. Ovaj orman je u stvari unutrašnji i ugrađen u zaštitni orman koji je u IP65 izvedbi. Na ovaj način je ostvarena veoma pouzdana zaštita opreme RO-FNE od spoljašnjih uticaja i otvorenog pristupa. Na prednjoj strani RP-FN se nalaze grebenasti prekidači AC i DC razvoda, pripadajuće prenaponske zaštite, trolni zaštitni prekidač i zaštitni uređaj diferencijalne struje (ZUDS), 25 A/30 mA, koji je predviđen za ovu instalaciju.

Na Slici 9. je prikazana montaža i ugradnje invertora GROWAT MOD 8000TL3-X, izlazne snage 8 kW.

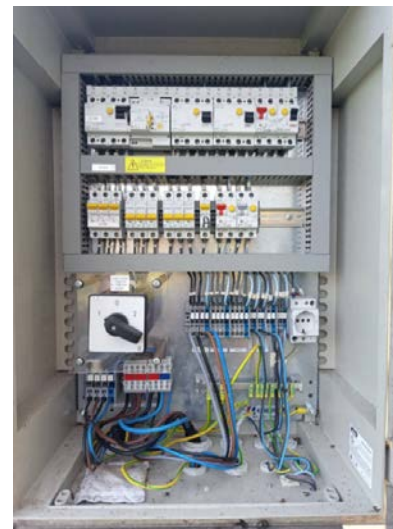
Na Slici 10. je prikazan izgled unutrašnjosti postojećeg razvodnog ormana bazne stanice RO-PP0, u kome je izvršeno priključenje fotonaponske elektrane putem kabla PP00 4x4 mm².



Slika 8. Izgled razvodnog ormana FNE bazne stanice



Slika 9. Prikaz montaže GROWAT invertora 8kW



Slika 10. Izgled unutrašnjosti postojećeg razvodnog ormana bazne stanice RO-PP0 preko koga je solarna elektrana priključena na EDB mrežu

Na Slici 11 je prikazan dijagram proizvodnje solarne elektrane u toku jednog karakterističnog zimskog dana (19.01.2024 god). Sa prikazanog dijagrama se uočava da je proizvodnja prisutna od jutarnjih sati, približno od 8:20 pa sve do predvečerja, odnosno 16:40. U jutarnjim satima "buđenje" sistema je bilo oko 9 h, da bi prva početna proizvodnja od 1 kW bila ostvarena oko 10 h. Najveća proizvodnja električne snage od približno 5 kW je bila u intervalu od 10:25 do 12:30. Nakon ovog intervala ostvaren je blagi pad proizvodnje, tako da je u trenutku 14:35 proizvodnja približno iznosila oko 1 kW, da bi u trenutku 16:40 prestala

proizvodnja. Takođe, na dijagramu na Slici 11. je prikazana mesečna proizvodnja po danima u kWh, za mesec Januar 2024.

Prikazane su dnevne proizvodnje za pojedinačne dane (1.01.-18.01.2024.).



Slika 11. Dijagram proizvodnje solarne elektrane - 19 januar 2024 godine

IV TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA

Projekat izgradnje fotonaponske solarne elektrane na radio baznoj stanici predstavlja relativno skupu, ali i ekonomsku opravdanu investiciju.

Ako se posmatra celokupna potrošnja električne energije na radio baznoj stanici, ona je približno konstantna i iznosi prosečno oko 3.500 kWh/mesečno, u zavisnosti od konfiguracije i broja operatera. Zahtevnije konfiguracije i veći broj operatera drastično uvećavaju ovu potrošnju.

Ugovorom koji se svake godine aneksira sa EPS snabdevanjem i koji ima zasebnu kategoriju za proizvođače solarne energije tj. kupce-proizvođače dolazi se do prosečne brojke od oko 50.000 RSD za plaćanje računa za utrošak električne energije. Detaljniji iznosi po mesecima u toku godine su dati u Tabeli 1.

Pored ovoga vlasnik solarne elektrane ima pravo da od EPS snabdevanja naplati energiju koja je isporučena u distributivnu mrežu, za šta takođe postoji jedinična cena po MWh.

Ako se na to doda još i povoljna orijentacija solarnih panela koji su montirani na radio baznoj stanici, dolazi se do neke prosečne statistike uštede električne energije na lokaciji koja je prikazana u Tabeli 1.

V ZAKLJUČAK

Instalacija solarnog napajanja na radio baznoj stanici je pokazala da je implementacija ovakvog energetskog rešenja od suštinskog značaja za unapređenje održivosti i efikasnosti konkretnog telekomunikacionog sistema, ali i telekomunikacionih mreža u širem smislu.

Tabela 1. Prikaz tehno-ekonomske isplativosti projekta fotonaponske elektrane „Kumane“.

Proizvedena električna energija [kWh]		Ušteda [RSD]	Ušteda [€]
Januar	411,71	3.919,48	33,22
Februar	515,25	4.905,80	41,57
Mart	928,13	8.835,80	74,88
April	1.182,60	11.258,80	95,41
Maj	1.285,20	12.234,90	103,69
Jun	1.336,10	12.719,20	107,79
Jul	1.465,80	13.954,80	118,26
Avgust	1.357,50	12.923,20	109,52
Septembar	1.042,80	9.927,00	84,13
Oktobar	843,57	8.030,79	68,06
Novembar	552,45	5.259,32	44,57
Decembar	354,47	3.374,55	28,60
Ukupna godišnja ušteda bez dodatnih troškova		107.343,20	909,69
Cena električne energije 9,52 [RSD/kWh]			
Kurs evra 118 [€/RSD]			
Akaliza 7,5 [%]		8.050,74	68,23
Ukupna godišnja ušteda		115.393,8	977,91
Procenjena vrednost investicije 9.500 [€]			
Rok isplativosti investicije 9,71 [god]			

Kroz analizu tehnoloških, ekonomskih i ekoloških aspekata, pokazano je da integracija solarne elektrane donosi značajne benefite, uključujući smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, smanjenje troškova električne energije i povećanje energetske nezavisnosti radio bazne stanice.

Osim toga, istraživanje je naglasilo važnost optimizacije sistema za povećanje efikasnosti proizvodnje energije, kao i implementaciju pametnih tehnologija za praćenje i upravljanje solarnom elektranom.

Takođe, ukazano je na potrebu za daljim istraživanjem i razvojem kako bi se unapredile performanse sistema, smanjili troškovi investicija i osigurala održivost ovakvih rešenja u različitim geografskim i klimatskim uslovima.

Na kraju, implementacija solarne elektrane na radio baznoj stanici predstavlja inovativan korak ka stvaranju energetski efikasnih i ekološki odgovornih telekomunikacionih mreža. Ovaj rad pruža osnovu za buduća istraživanja i praktičnu primenu ovakvih rešenja u industriji telekomunikacija, čime se doprinosi globalnim naporima ka održivijem i ekološki prihvatljivijem energetskom sektoru

ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao kao deo istraživanja master inženjera Samed Mušovića, na izradi master završnog rada na Akademiji tehničko-umetničkih strukovnih studija (ATUS) - Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva iz Beograda.

Publikovanje i objava ovog rada su najvećim delom finansirani od strane firme EuroTeleSities d.o.o iz Beograda, koja je bila projektantska i izvođačka firma solarne elektrane izlazne snage 8 kW u sklopu integralnog napajanja električnom energijom, bazne stanice "Kumane", za potrebe operatera A1 Srbija d.o.o. (investitor projekta). Jednim delom finansiranje je takođe podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija, za period 2024.-2025. (Ugovor pod evidencionim brojem 51-03-136/2025-03/200034).

LITERATURA

- [1] Despotović, Ž. V., Stevanović, I. R. Hibridni besprekidni sistem napajanja za navodnjavanje povrtarskih kultura na parceli "Grabovac"- Obrenovac, *Energija, ekonomija, ekologija*, No. 2, pp. 17-25, 2021. <https://doi.org/10.46793/EEE21-2.17D>
- [2] Kragić, R., Lovčević-Kureljusić, B., Arambašić, V., Blitva, Ž., Pavlović, N. V. Iskustva iz izgradnje solarnih fotonaponskih elektrana na stanicama za snabdevanje gorivom u svojstvu kupca-proizvođača, *Energija, ekonomija, ekologija*, No. 1, pp. 74-80, 2023. <https://doi.org/10.46793/EEE23-1.74K>
- [3] Đurović, M., Ćirić, A., Despotović, Ž. V. Projektovanje i realizacija fotonaponske elektrane izlazne snage 1500 kW na krovu fabrike „Flash“-Apatin, *Energija, ekonomija, ekologija*, No. 1, pp. 59-71, 2024. <https://doi.org/10.46793/EEE24-1.59D>
- [4] Krstivojević, J., Stojković Terzić, J., Grujić, D. Analiza isplativosti primene solarnih sistema kod kupaca-proizvođača koji su domaćinstva, *Energija, ekonomija, ekologija*, No. 1, pp. 69-76, 2025. <https://doi.org/10.46793/EEE25-1.69K>
- [5] Nayar, C.V., Ashari, M., Keerthipala, W.W.L. A grid-interactive photovoltaic uninterruptible power supply system using battery storage and a back up diesel generator, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 15, No. 3, pp. 348-353, 2000. <https://doi.org/10.1109/60.875502>
- [6] Radaković, Z., Paunović, N., Mitev, I. Optimalno projektovanje hibridnog

sistema za off-grid napajanje električnom energijom, in Proc. 17. *Telekomunikacioni forum TELFOR* 2009, Beograd, pp. 1157-1160, 24-26 November 2009.

- [7] Despotović, Ž. V., Tajdić, M., Kon, J. Hibridno napajanje telekomunikacione i merne opreme daljinskih mernih stanica u sistemima zaštite od poplava, *Energija, ekonomija, ekologija*, No. 1-2, pp. 102-111, 2020. <https://doi.org/10.46793/EEE20-1-2.102D>
- [8] Despotović Ž. V., Tajdić, M. Design, implementation and experimental testing of a hybrid power supply of remote measuring station in the Surveillance, Alert & Warning System (SAWS), Vol. 14, No. 1, pp. 12-19, 2022. <http://dx.doi.org/10.5937/telfor2201012D>
- [9] Despotović Ž. V., Tajdić, M. Design and Implementation of a Hybrid Power for Telecommunication and Measuring Remote Station of the Surveillance, Alert and Warning System, in Proc. 29th *Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, pp. 1-4, 23-24 November, 2021. <https://doi.org/10.1109/TELFOR52709.2021.9653255>
- [10] Beckman, C., Lindmark, B. The Evolution of Base Station Antennas for Mobile Communications, in Proc. *International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications*, Turin, Italy, pp. 85-92, 17-21 September 2007. <https://doi.org/10.1109/ICEAA.2007.4387244>
- [11] Anderson, S., Millnert, M., Viberg, M., Wahlberg, B. An adaptive array for mobile communication systems, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 40, No. 1, pp. 230-236, 1991. <https://doi.org/10.1109/25.69993>
- [12] Preston, S.L., Thiel, D.V., Smith, T.A., O'Keefe, S.G., Wei Lu, J. Base-station tracking in mobile communications using a switched parasitic antenna array, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 46, No. 6, pp. 841-844, 1998. <https://doi.org/10.1109/8.686771>
- [13] Kissick, W.A., Ingram, W.J., Vanderau, J.M., Jennings, R.D. *Antenna System Guide NIJ Guide 202-00*, National Law Enforcement and Corrections Technology Center, Rockville, 2001. <https://www.ojp.gov/pdffiles1/nij/185030.pdf>
- [14] *Components for Mobile Radio Base Stations*, Publisher Telegartner, Karl Gärtner GmbH, Lerchenstr. 35, D-71144 Steinenbronn, Edition 2014, <https://keiconn.com/assets/pdf/Telegartner-MobileRadioBaseStations-brochure.pdf> [pristupljeno 21.01.2025]
- [15] Mahmoud M.M., Ibrik, I.H. Techno-economic feasibility of energy supply of remote villages in Palestine by PV-systems, diesel generators and electric grid, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10, No. 2, pp. 128-138, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.001>
- [16] Tajdić, M., Despotović Ž. V., Kon, J. Design and Implementation of an Uninterruptible Power Supply for Command and Control Center of the Surveillance Alert & Warning System, in Proc. 20th *International Symposium INFOTEH-JAHORINA*, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 1-6, 17-19 March, 2021. <https://doi.org/10.1109/INFOTEH51037.2021.9400686>
- [17] Batic, M., Vitorovic, A., Despotovic, Z. The Consideration of Optimal Control Algorithms for Hybrid Renewable Energy Systems, in Proc. XVI *International Conference YU INFO 2010*, Kopaonik, 03-06. March, 2010. https://www.pupin.rs/RnDProfile/pdf/despotovic-publ_37.pdf [pristupljeno 21.01.2025]
- [18] Omar, M.A., Mahmoud, M.M. Design and Simulation of a PV System Operating in Grid-Connected and Stand-Alone Modes for Areas of Daily Grid Blackouts, *International Journal of Photoenergy*, Vol/ 2019, No. 1, 2516583, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/5216583>
- [19] Anti Glare Solar Module M10 ECO 530-550M-72LHC, [https://www.ecodeltapower.com/ueditor/asp/upload/file/20231201/ECO-530-550M-72LHC\(AG\).pdf](https://www.ecodeltapower.com/ueditor/asp/upload/file/20231201/ECO-530-550M-72LHC(AG).pdf) [pristupljeno 21.01.2025]
- [20] Technical data sheet MOD3~10KTL3-XH, https://growatt.tech/wp-content/uploads/2023/02/MOD-3000_10000TL3-XH-Datasheet.pdf [pristupljeno 21.01.2025]
- [21] Pravila o radu distributivnog sistema, https://elektrodistribucija.rs/usluge/dokumenta/Pravila_o_Radu_20072017.pdf [pristupljeno 21.01.2025]
- [22] GROWATT Monitoring Platform, <https://en.growatt.com/products/growatt-monitoring-platform> [pristupljeno 21.01.2025]

AUTORI

Samed Mušović - master el.inž., strukovnih studija, EuroTeleSities Novi Beograd, samed.musovic@eurotelesities.com

Saša Štatkic - prof. dr, Fakultet Tehničkih Nauka u Kosovskoj Mitrovici, sasa.statkic@pr.ac.rs, ORCID [0000-0001-6550-6430](https://orcid.org/0000-0001-6550-6430)

Željko V. Despotović - prof. dr, Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, zeljko.despotovic@pupin.rs, ORCID [0000-0003-2977-6710](https://orcid.org/0000-0003-2977-6710)

Design and Maintenance of Electrical Installations for Solar Power Plants Supplying Mobile Telephony Base Stations

Abstract – The paper presents the concept of the radio base station system, their function as well as the topology of the solar power supply. The paper provides a more detailed description of the implementation of solar power plants on radio base stations as well as some design methods related to special power installations such as the solar power supply shown in this paper. All the advantages and disadvantages of the project of building solar power plants on radio base stations are listed and practical technical solutions for maintaining electrical installations in the power supply system, which are part of everyday practice, are presented. At the end of the paper, the results of the design and realisation of the solar power supply with an output power of 8kW at the "Kumane" radio base station were given.

Index terms – Radio base station, Solar power plant, Power supply, Special installations, Grid power