

FOTONAPONSKI SISTEMI U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

PHOTOVOLTAIC SYSTEMS CONNECTED TO DISTRIBUTION POWER NETWORK

Mia Lešić¹, Tatjana Konjić¹

Sažetak: Energija Sunca je osnovni pokretač svih klimatskih i životnih ciklusa na Zemlji, neiscrpna je i može se koristiti u svim zemljama svijeta. Sunčeva energija se na više načina može pretvoriti u električnu energiju, a najjednostavnija je izravna pretvorba pomoću fotonaponskih (solarnih) ćelija. U radu su predstavljene osnove fotonaponske tehnologije, vrste i način povezivanja fotonaponskih sistema na distributivnu mrežu, te važnost i uloga fotonaponskih sistema u elektroenergetskom sektoru. Također je predstavljena i prva fotonaponska elektrana spojena na distributivnu elektroenergetsku mrežu Bosne i Hercegovine.

Ključne riječi: distributivna mreža, fotonaponski moduli, fotonaponski sistemi.

Abstract: Solar energy is the main driving force of climate cycles and of all life cycles on Earth; it is inexhaustible and it can be used in all countries of the world. Solar energy can be converted into electricity in many ways, but the simplest is the direct conversion using photovoltaic (solar) cells. This paper describes the basics of photovoltaic technology, types of photovoltaic systems and their connection to power distribution networks. This paper also presents the importance of photovoltaic systems in the energy sector, as well as the first photovoltaic system connected to the distribution network in Bosnia and Herzegovina.

Key words: distribution network, photovoltaic modules, photovoltaic systems.

UVOD

Usljed povećane ekološke svijesti, te zakonskih regulativa i međunarodnih sporazuma koji zahtijevaju smanjenje emisije ugljičnog dioksida i poboljšanje energetske efikasnosti, nameće se potreba za povećanjem udjela obnovljivih izvora energije u ukupnom energetsom bilansu zajednice. Sve se više investira u obnovljive izvore energije, kao što su energija Sunca, vjetra, vode, biomasa, te geotermalni izvor.

Fotonaponska tehnologija koristi energiju Sunca, koja je besplatan i neiscrpan izvor energije. Ukupna količina Sunčeve energije koja dođe do zemljine površine je oko 2000 puta veća nego ukupna godišnja potrošnja energije u cijelom svijetu [1]. Sunčeva energija, zajedno s ostalim oblicima obnovljivih izvora energije – vjetrom, biomasom, energijom vodotoka kao i geotermalnom energijom može doprinijeti pouzdanoj i sigurnoj opskrbi energije iz čistih, zelenih izvora.

Fotonaponski efekt, odnosno generisanje istosmjernje električne struje u poluprovodničkom materijalu prilikom izlaganju svjetlosti, otkrio je Becquerel 1839. godine. Ovo otkriće je osnova današnjem korištenju fotonaponskih sistema i proizvodnji električne energije iz energije Sunčevog zračenja.

1. RAZVOJ FOTONAPONSKIH SISTEMA

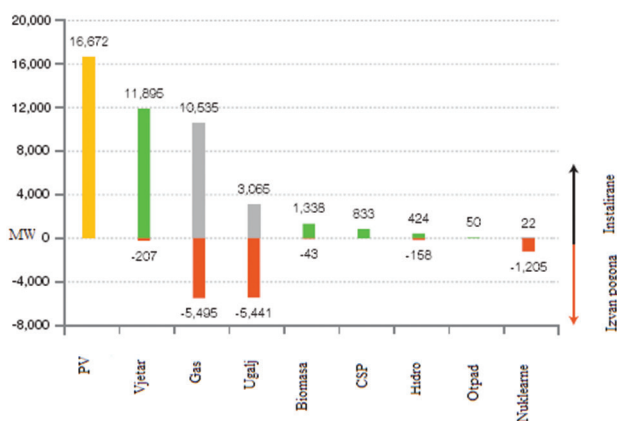
Prvu solarnu (silicijevu) ćeliju otkrio je 1941. godine Russel Ohl, ali je njezina efikasnost bila manja od 1%. Kasnije, 1954. godine, grupa istraživača (Pearson, Fuller i Chapin) u Bell Laboratories u New Yorku napravila je silicijevu solarnu ćeliju s efikasnošću od oko 10% i prvi solarni modul pod imenom Bellova solarna baterija [2]. Zbog visoke proizvodne cijene, solarne ćelije svoju prvu komercijalnu primjenu nalaze 1958. godine u svemirskim istraživanjima na satelitima. Kada je za vrijeme naftne krize 70-ih godina prošlog stoljeća uočeno da ne postoje neograničene zalihe fosilnih goriva, solarne ćelije nalaze svoju primjenu i na Zemlji.

Europa se počela intenzivnije baviti energetske i ekološkim pitanjima kao što su promjena klime, rastuća ovisnost o uvozu energije, nestabilne cijene nafte i plina i sve veća potrošnja energije. Europska energetska politika građena je na održivosti, konkurentnosti i sigurnosti opskrbe kroz niz mjera koje uključuju i mjere promocije obnovljivih izvora i energetske efikasnosti. Europska Unija se obavezala do 2020. godine smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 20%, povećati uštedu potrošnje energije za 20% u cilju povećanja energetske efikasnosti, te za 20% povećati udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji („Cilj 20-20-20“) [3]. Prioritet energetske strategije Europske Unije je postići energetske efikasne Europu i stvoriti paneuropsko tržište električne energije. Fotonaponski sistemi su se pokazali jednim od potencijalnih sredstava za postizanje ovih ciljeva. Kao rezultat inici-

¹ Fakultet elektrotehnike, Univerzitet u Tuzli, Bosna i Hercegovina
mia.lesic@hotmail.com; tatjana.konjic@untz.ba
Rad dostavljen: juni 2013. Rad prihvaćen: septembar 2013.

jative Europske Unije, u posljednje se vrijeme bilježi brz porast instalirane snage fotonaponskih sistema, s daljnjim intenzivnim istraživanjem mogućnosti ostvarivanja značajnijeg udjela električne energije dobijene iz fotonaponskih izvora. Instalirana snaga fotonaponskih sistema u svijetu povećava se uz prosječni godišnji porast od 48%, zabilježen od 2002. godine [4].

Po prvi put u historiji, u 2011. godini su fotonaponski sistemi bili vodeći u Europskoj Uniji po broju instaliranih novih kapaciteta. Sa 21,6 GW spojenih na elektroenergetsku mrežu, fotonaponski sistemi su nadmašili sisteme na vjetar i plin, oba za nešto više od 10 GW [4]. Ponovo 2012. godine, fotonaponski sistemi su bili vodeći po broju instaliranih novih kapaciteta, snage 17,2 GW [5]. Ako se zanemari povlačenje iz pogona (što je u slučaju fotonaponskih sistema gotovo neprimjetno – manje od 10 MW je potpuno zamijenjeno novim kapacitetima prema izvještajima PV CYCLE asocijacije), broj vjetroelektrana je neznatno manji od gasnih. Svi drugi izvori energije, i obnovljivi i konvencionalni, su daleko veći. Od 2000. do 2009. godine snaga instaliranih fotonaponskih sistema u svijetu se povećala za nešto više od 20 GW. Ukupni instalirani kapacitet u 2000. godini je iznosio 1,4 GW, dok je za 2009. godinu iznosio 22,9 GW. Najveći rast je zabilježen u zemljama Europske Unije. Prema izvještaju Europskog udruženja za fotonaponsku industriju „Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016“, iz maja 2012. godine, napredak fotonaponskih sistema u posljednje tri godine (treći proizvođač električne energije po broju instaliranih kapaciteta u 2009. godini i drugi u 2010. godini) može se porediti s razvojem elektrana na vjetar i gasnih elektrana u Europi.

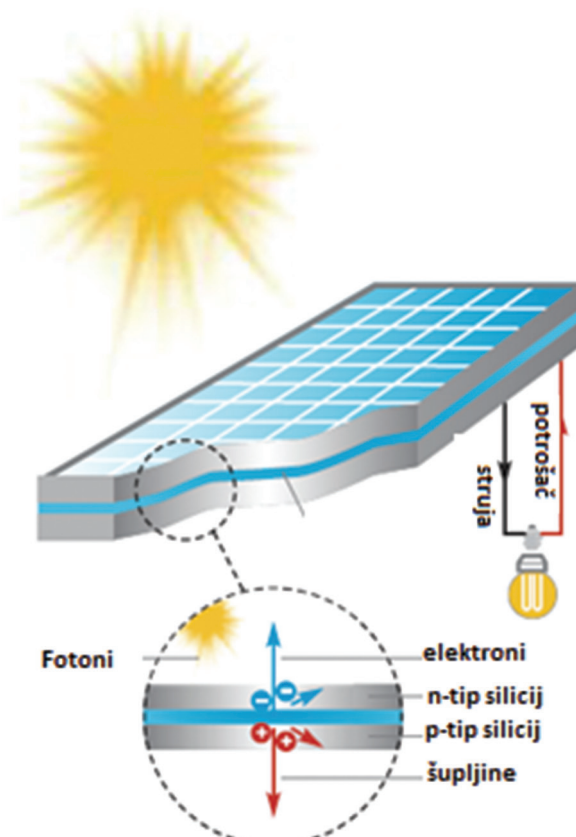


Slika 1: Instalirani proizvodni kapaciteti električne energije u Europskoj Uniji u 2012. godini [5]

2. FOTONAPONSKA TEHNOLOGIJA

Fotonaponski sistemi koriste poluprovodničke materijale kako bi vršili pretvorbu Sunčeve svjetlosti u električnu energiju putem fotonaponskog efekta (Slika 2). Ta je tehnologija usko povezana s tehnologijom koja se koristi za izgradnju tranzistora, dioda i ostalih poluprovodničkih

uređaja koji se danas upotrebljavaju. Polazna tačka za sve generacije fotonaponskih uređaja, kao i gotovo svih poluprovodnika je čisti, kristalni silicij. Pored silicija koristi se i germanij kome se u fotonaponskoj tehnologiji najčešće dodaju bor i fosfor. Galij i arsen se koriste u GaAs solarnim ćelijama, dok kadmij i telurij u CdTe fotonaponskim ćelijama. U novije vrijeme koriste se monokristalične, fotoelektrohemijske (Graetzelove), polimerske i hibridne (anorganske) fotonaponske ćelije.

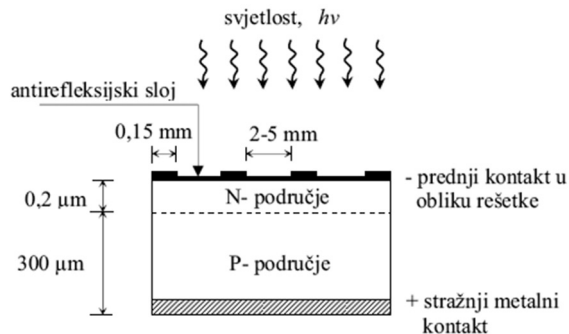


Slika 2: Fotonaponski efekat [1]

Kada se fotonaponska ćelija osvijetli, odnosno kada ona apsorbira Sunčevo zračenje, fotonaponskim efektom na njenim krajevima se pojavljuje elektromotorna sila (napon) i tako ona postaje izvor električne struje. Kada spoj apsorbira svjetlost, energija apsorbovanih fotona se prenosi sistemu elektrona u materijalu, što rezultira stvaranjem naelektrisanih nosilaca koji su u samom spoju razdvojeni. Naelektrisani nosioci mogu biti parovi elektrona i jona koji se nalaze u tečnom elektrolitu i parovi elektron-šupljina koji se nalaze u čvrstom poluprovodničkom materijalu. Naelektrisani nosioci u spoju kreiraju gradijent potencijala, ubrzavaju se pod uticajem električnog polja i kruže kao struja kroz vanjsko kolo. Tako se pomoću fotonaponskog efekta Sunčeva energija može direktno pretvoriti u električnu u fotonaponskim ćelijama.

Silicijeva fotonaponska ćelija (Slika 3) sastoji se od dva osnovna tipa poluvodiča (p-tip i n-tip), a konstruisana je tako da svjetlosne zrake padaju kroz tanki prozirni sloj poluvodiča (n-tipa) na kontaktno područje oba poluvodiča. Obično se na prednjoj strani fotonaponske ćelije

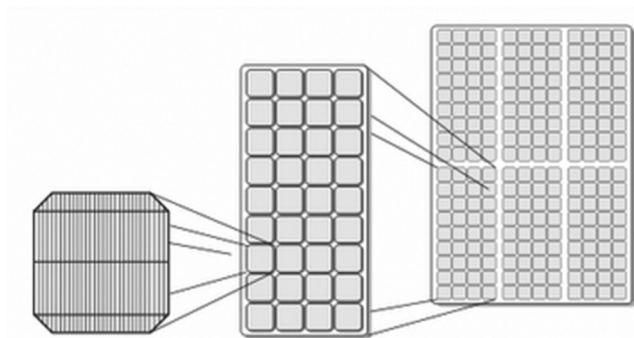
nalazi metalna rešetka, a zadnja strana je prekrivena metalnim kontaktom. Da bi se povećala efikasnost ćelije, prednja površina ćelije može biti prekrivena prozirnim polurefleksijskim slojem koji smanjuje refleksiju Sunčeve svjetlosti.



Slika 3: Shematski prikaz silicijeve fotonaponske ćelije [2]

Svaka pojedina fotonaponska ćelija proizvodi samo oko 0,5 V napona, što je mali iznos za njihovu pojedinačnu upotrebu. Umjesto toga, osnovni blok za fotonaponske aplikacije je fotonaponski modul koji se sastoji od većeg broja fotonaponskih ćelija povezanih u seriju, upakovanih u jedan paket neovisan o vremenskim prilikama. Tipični modul se sastoji od 36 ćelija povezanih u seriju i često se naziva 12-V modul, iako je moguće da proizvodi napon i veći od toga. Neki od 12-V modula imaju 33 ćelije koje se mogu dizajnirati kao vrlo jednostavne baterije. Danas se češće koriste veći moduli od 72 ćelije povezane u seriju i označavaju se kao 24-V moduli. Neki moduli sa 72 ćelije mogu imati sve ćelije povezane u seriju ili biti 12-V moduli ukoliko imaju dva paralelna niza od 36 ćelija u svakom.

Moduli se mogu povezivati u seriju kako bi se povećao napon ili vezati paralelno za povećanje struje, a krajnji je proizvod dobiti veću snagu. Pri dizajniranju fotonaponskih sistema vrlo je važno odlučiti koliko modula je potrebno povezati serijski, a koliko paralelno da bi se dobila potrebna snaga. Takve kombinacije modula se nazivaju nizovi. Na Slici 4 su pokazane razlike između ćelije, modula i niza.

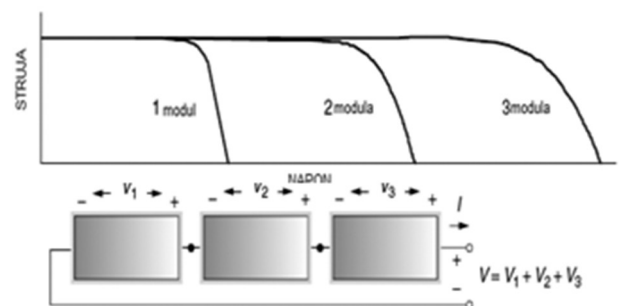


Slika 4: Fotonaponska ćelija, modul i niz

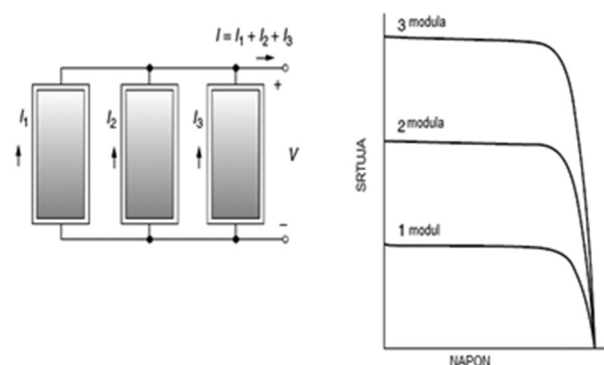
Fotonaponski moduli sa silicijevim ćelijama dominiraju tržištem, budući da imaju visoku učinkovitost i dugi vijek trajanja. Iako su ovi fotonaponski moduli uglavnom

tamnoplavi, promjenom debljine antirefleksijskog sloja moguće je dobiti široku paletu boja modula. Vizuelno, jedina razlika između monokristalnih i polikristalnih modula je u tome što je površina polikristalnih modula praktično potpuno ispunjena kvadratnim pločicama, za razliku od monokristala čije su pločice uglavnom oktogonarne. Tankoslojni moduli izvedu se deponiranjem (talozanjem) tankog sloja poluprovodničkog materijala na glatku homogenu površinu (staklo, metal, čak i fleksibilne plastike). Proces deponiranja daje tankoslojnim modulima gladak crni izgled. Iako tankoslojni moduli imaju nižu efikasnost od silicijevih kristalnih ćelija, njihova proizvodnja zahtijeva manje materijala, pa su generalno gledajući jeftiniji. Tankoslojni moduli se posebno dobro uklapaju u fasade i krovove industrijskih zgrada, kao i na drugim mjestima na kojima moraju biti pokrivene velike površine.

Fotonaponski nizovi su kombinacije serijski i paralelno vezanih modula kako bi se povećala snaga. Za serijske module naponi se jednostavno dodaju na I - V krivoj. To znači da pri bilo kojem iznosu struje koja protiče kroz module ukupan napon je suma pojedinih napona modula, kao što je prikazano na Slici 5. Kod paralelno vezanih modula napon je jednak za svaki modul pojedinačno, a struja je suma pojedinačnih struja modula. To znači da je struja na I - V krivoj zapravo suma struja koje protiču kroz svaki pojedini modul. Slika 6 prikazuje struju za tri paralelna modula. Kada se zahtijeva veća snaga, tada se fotonaponski niz sastoji od kombinacije paralelnih i serijskih modula, te je ukupna I - V kriva suma I - V krivih pojedinačnih modula.



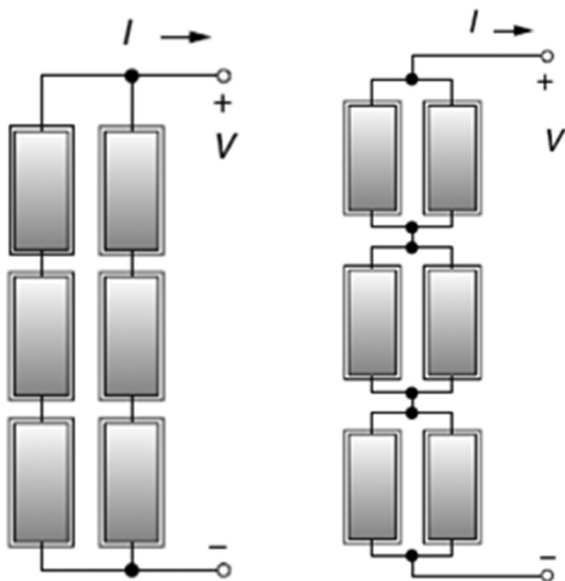
Slika 5: Napon serijski povezanih modula



Slika 6: Struja paralelno povezanih modula

Postoje dva načina za serijski/paralelne kombinacije modula: serijski moduli mogu biti spojeni u stringove koji je se potom spajaju paralelno (Slika 7a) Paralelni moduli mogu biti spojeni zajedno, a potom se te jedinice koriste kao serijske kombinacije (Slika 7b).

Iz praktičnih razloga, češće se koristi paralelno vezivanje stringova. Kada je jedan modul iz nekog razloga izvan pogona, tada niz i dalje može proizvoditi napon koji je potreban za izvor samo s ograničenom strujom, što nije slučaj kada grupa paralelnih modula nije u funkciji.



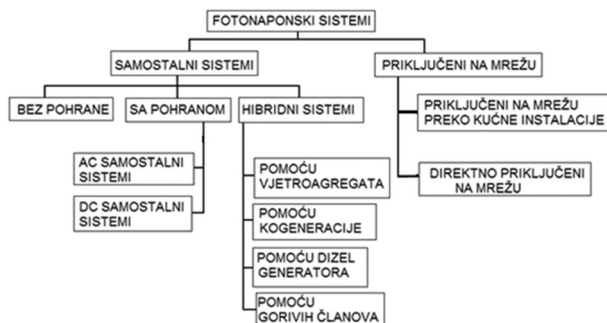
Slika 7a: Povezivanje stringova paralelno Slika 7b: Paralelni moduli kao serijske kombinacije

3. PODJELA FOTONAPONSKIH SISTEMA

Fotonaponski sistemi predstavljaju integrisani skup fotonaponskih modula i ostalih potrebnih komponenata. Projektovani su tako da primaju Sunčevu energiju i direktno je pretvaraju u električnu energiju kojom se osigurava rad određenog broja istosmjernih i/ili izmjeničnih potrošača, samostalno ili sa rezervnim napajanjem.

Fotonaponski sistemi se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine:

- fotonaponski sistemi koji nisu priključeni na elektroenergetsku mrežu (eng. *off-grid*) i



Slika 8: Osnovna podjela fotonaponskih sistema

- fotonaponski sistemi koji su priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu (eng. *grid connected*).

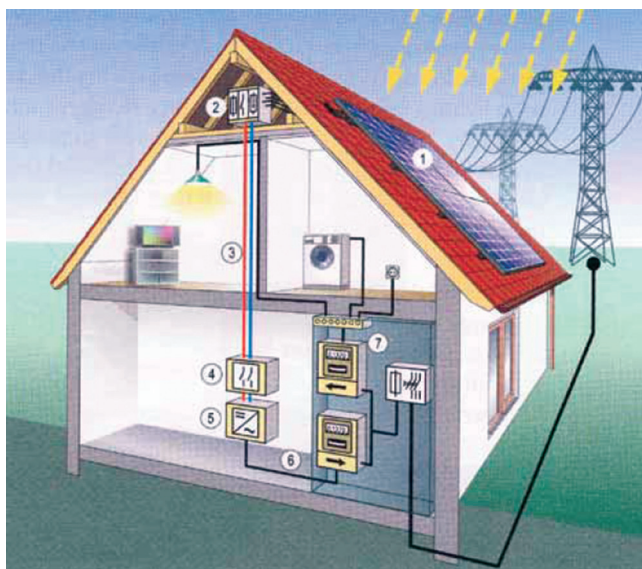
Fotonaponski sistemi koji nisu priključeni na elektroenergetsku mrežu, odnosno samostalni fotonaponski sistemi mogu biti sa ili bez pohrane energije ili hibridni sistemi. Hibridni sistemi mogu biti s vjetroagregatom, kogeneracijom ili dizelskim generatorom. Fotonaponski sistemi koji su priključeni na elektroenergetsku mrežu mogu biti priključeni na mrežu direktno ili preko kućne instalacije. Slika 8 prikazuje osnovnu podjelu fotonaponskih sistema.

3.1. Fotonaponski sistemi priključeni na elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije

Fotonaponski sistemi priključeni na elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije. Oni omogućavaju povezivanje na sisteme priključene uglavnom na niskonaponsku stranu elektroenergetskog sistema. Ovi fotonaponski sistemi se mogu ugrađivati na krovove (kose ili ravne) ili u fasade građevina.

Osnovne komponente fotonaponskog sistema priključenog na elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije su (Slika 9):

1. fotonaponski moduli,
2. spojna kutija sa zaštitnom opremom,
3. kablovi istosmjernog razvoda,
4. glavna sklopka za odvajanje,
5. izmjenjivač dc/ac,
6. kablovi izmjeničnog razvoda,
7. brojlara predane i preuzete električne energije.



Slika 9: Fotonaponski sistem priključen na elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije [2]

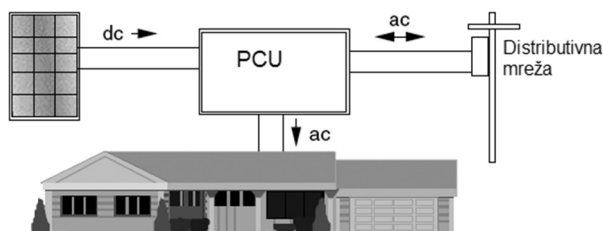
Fotonaponski sistemi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije rade paralelno s mrežom i namijenjeni su za napajanje potrošača u kući. Višak električne energije se šalje u distributivnu mrežu. Ukoliko solarni moduli ne proizvode dovoljno električne energije, napajanje

potrošača nadopunjuje se preuzimanjem električne energije iz mreže. S obzirom da fotonaponski sistemi proizvode najviše električne energije sredinom dana kada je potrošnja najveća, oni podmiruju vlastite potrebe i u mnogome rasterećuju elektroenergetski sistem, što je od velike važnosti u područjima gdje je elektroenergetska mreža slaba.

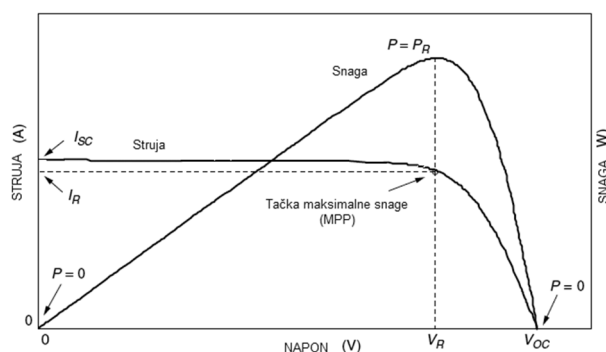
3.2. Fotonaponski sistemi direktno povezani na elektroenergetsku mrežu

S razvojem tržišta i fotonaponske tehnologije, fotonaponski sistemi se počinju ugrađivati ne samo na građevinama i njihovoj neposrednoj blizini, već i na slobodnoj površini u blizini elektroenergetske mreže ili gradnjom dijela mreže do priključka na niski, srednji ili visoki napon elektroenergetskog sistema. Na Slici 10 prikazan je fotonaponski sistem koji je direktno povezan na elektroenergetsku mrežu i koristi se za napajanje zgrade električnom energijom. Fotonaponski sistem može biti priključen na elektroenergetsku mrežu i u slučaju da nema potrošača u blizini samog sistema. U tom slučaju, sva proizvedena električna energija se injektira u distributivnu mrežu. Fotonaponski paneli mogu biti montirani na stupu, na krovu građevine ili mogu biti integrisani u krov ili samu građevinu.

Fotonaponski sistemi direktno povezani na mrežu proizvode istosmjernu struju do energetskog pretvarača (eng. *power conditioning unit, PCU*) koji istosmjernu struju pretvara u izmjeničnu i šalje je prema potrošaču. Ukoliko fotonaponski sistem proizvodi manje energije nego što potrošač (zgrada) zahtijeva, tada PCU povlači dodatnu snagu iz distributivne mreže, tako da su zahtjevi uvijek



Slika 10: Fotonaponski sistem povezan na distributivnu elektroenergetsku mrežu [6]



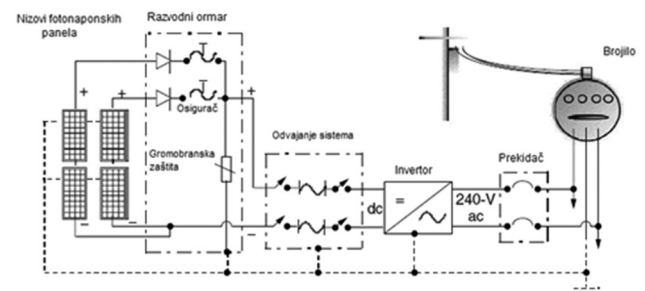
Slika 11: I-V kriva fotonaponskog sistema [6]

zadovoljeni. Ukoliko u nekom trenutku fotonaponski sistem proizvodi više snage nego što potrošač zahtijeva, tada se višak snage šalje u mrežu i potencijalno se električno brojilo vraća unazad. Sistem vrlo jednostavno funkcioniše, s obzirom da nisu potrebne baterije za dodatno napajanje. Ponekad i postoji potreba za njima, ukoliko se pojave kvarovi u distributivnom sistemu. Energetski pretvarač također osigurava rad fotonaponskog sistema s tačkom maksimalne snage na I-V krivoj kako se mijenjaju uslovi rada (Slika 11).

Osnovne komponente fotonaponskog sistema povezanog na elektroenergetsku mrežu (Slika 12) su:

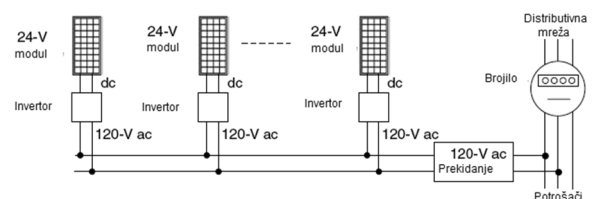
- fotonaponski paneli,
- razvodni ormar u kojem se nalaze blokirajuće diode i odgovarajuća zaštita,
- prekidači za odvajanje istosmjerne strane fotonaponskog sistema,
- inverter.

Dodatne komponente koje nisu prikazane na slici uključuju uređaj za praćenje maksimalne snage (MPPT, eng. *maximum power point tracker*), zemljospojnu zaštitu i zaštitu koja iskućuje fotonaponski sistem ukoliko nestane napajanje iz mreže. Inverter, neki osigurači i prekidači su često integrisani u jednu energetsku jedinicu PCU.



Slika 12: Fotonaponski sistem direktno povezan na distributivnu mrežu [6]

Invertori koji se najčešće koriste izrađeni su tako da rade spojeni na 24-V module ili parove 12-V modula spojenih u seriju. Takav pristup je prikazan na Slici 13. Kada su fotonaponski sistemi spojeni pojedinačno na invertore, tada se omogućava jednostavno širenje sistema.



Slika 13: Fotonaponski moduli spojeni pojedinačno na invertore omogućavajući jednostavno širenje sistema [6]

Fotonaponski sistemi povezani na distributivnu mrežu imaju veliki broj dobrih osobina. Njihova relativna jednostavnost rezultira visokom pouzdanošću. Jedinice za

praćenje tačke maksimalne snage osiguravaju visoku efikasnost. Mogućnost direktne integracije na građevine znači da nema dodatnih troškova za zemljište. Jedna od najvažnijih osobina fotonaponskih sistema je da proizvode električnu energiju tokom dana kada je potrošnja najveća, te tako povećavaju cijenu proizvedenih kilovat sati.

Prednosti fotonaponskih sistema direktno povezanih na distributivnu elektroenergetsku mrežu su:

- proizvodi se čista električna energija bez onečišćenja okoliša,
- nema gubitaka pri prijenosu,
- pouzdanost i sigurnost opskrbe,
- troškovi održavanja su znatno niži od održavanja centraliziranih proizvodnih objekata,
- lokacije za instalaciju fotonaponskih sistema u odnosu na velike centralizirane proizvodne sisteme su jednostavnije i lakše i brže se pronalaze,
- jednostavna i brza instalacija, te puštanje u pogon.

4. TRŽIŠTE FOTONAPONSKE TEHNOLOGIJE

Tržište fotonaponske tehnologije i fotonaponskih sistema u posljednjih 30 godina bilježi snažan rast, što će se

sigurno nastaviti i u sljedećim godinama. Cijena fotonaponskih modula se smanjila za 22% za svako dvostruko povećanje instalirane snage u MW [1]. Do smanjenja troškova proizvodnje i prodajne cijene fotonaponskih modula i sistema (uključujući elektroničke i zaštitne uređaje, kablove, montiranje i instalaciju) je došlo kako se razvijala tehnologija u industrijskom i ekonomskom smislu. Poređenjem cijena fotonaponskih sistema instaliranih 1980. godine s današnjim cijenama, može se primjetiti da su smanjene i do 10 puta, a očekuje se da će 2030. pasti i 30 puta u odnosu na 1980. godinu. Na Slici 14 je prikazana struktura fotonaponskog sistema na malom krovu (3 kWp) s odgovarajućim cijenama. U samo 5 godina udio cijene fotonaponskih modula u ukupnoj cijeni sistema je pao sa 60-75% na niskih 40-60% u zavisnosti od tehnologije. Invertor košta oko 10% od ukupne cijene sistema.

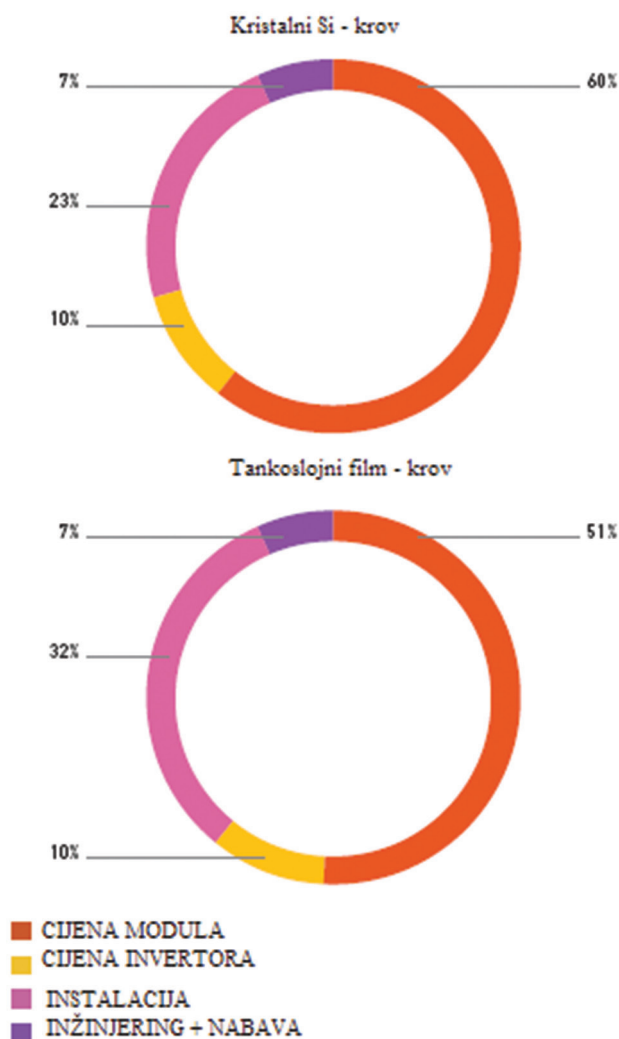
Smanjenje troškova fotonaponskih sistema zavisi od njihove instalirane snage. Do 2030. godine cijena bi mogla iznositi između 0.70 €/kWp do 0.93 €/kWp a do 2050. godine cijena bi mogla pasti i na 0.56 €/kWp [1].

5. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE U BOSNI I HERCEGOVINI

Bosna i Hercegovina je u skladu sa smjernicama Europske Unije o obaveznom smanjenju emisije stakleničkih plinova obavezna povećati proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije. Energija Sunca predstavlja jedan od najpogodnijih obnovljivih izvora na području Bosne i Hercegovine s obzirom na povoljne prirodne uslove. Južni dijelovi Bosne i Hercegovine imaju klimu sličnu mediteranskoj, dok na sjeveru preovladava kontinentalna klima. Sunčevo zračenje je na južnim dijelovima Bosne i Hercegovine oko 1600 kWh/m², a na sjevernim oko 1250 kWh/m² [7]. Važan podatak je i broj sunčanih sati u godini. U južnim dijelovima Bosne i Hercegovine broj sunčanih sati iznosi 1900-2300 sati godišnje, dok u sjevernom dijelu iznosi između 1800-2000 sati [7]. Prema ovim podacima mogu se vršiti procjene o tome koliko je energija Sunca primjenjiva na nekom području. Činjenica je da se energija Sunca može uvijek i svugdje koristiti, međutim, odlike geografske okoline i meteorološke sheme imaju znatan uticaj na cjelokupnu učinkovitost s obzirom na cijenu.

Prema podacima Regulatorne komisije za električnu energiju u Federaciji Bosni i Hercegovini (FERK) iz aprila 2013. godine, na distributivnu elektroenergetsku mrežu Bosne i Hercegovine priključeno je približno 75 MW distribuiranih obnovljivih izvora (male hidroelektrane, solarne fotonaponske elektrane i energane) [8].

Ukupna instalirana snaga obnovljivih izvora energije u distributivnoj mreži Elektroprivrede Bosne i Hercegovine iznosi približno 50,5 MW. Od toga 40,17 MW odnosi se na 34 male hidroelektrane, 168,50 kW na 4 solarne fotonaponske elektrane i 19,19 MW na 3 energane. U budućem



Slika 14: Cijene elemenata fotonaponskog sistema [1]

periodu (2013-2014), na distributivnu mrežu Elektroprivrede Bosne i Hercegovine trebali bi biti priključeni distribuirani resursi ukupne instalirane snage 58,86 MW [8].

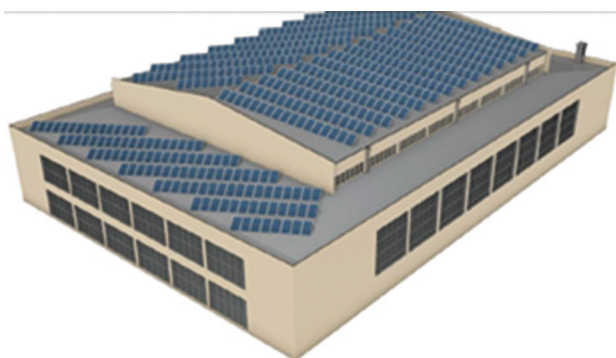
Elektroprivreda Hrvatske zajednice Herceg Bosne u svojoj distributivnoj mreži ima 5 priključenih malih hidroelektrana ukupne instalirane snage 4,02 MW. U 2011. godini iz distribuirane proizvodnje Elektroprivrede Hrvatske zajednice Herceg Bosne proizvedeno je 6,3 GWh električne energije [8].

Na distributivnu mrežu Elektroprivrede Republike Srpske priključeno je 11 malih hidroelektrana ukupne instalirane snage 35,68 MW, koje bi u 2013. godini trebale proizvesti 109,33 GWh električne energije [9].

Interes za izgradnju fotonaponskih elektrana u Bosni i Hercegovini je primjetan. Prema podacima iz FERK-a, predano je 65 zahtjeva za elektroenergetsku saglasnost za izgradnju solarnih elektrana različitih snaga (od 0,0038 MW do 0,920 MW instalirane snage). Ukupna instalirana snaga fotonaponskih sistema u distributivnoj mreži Bosne i Hercegovine bi tada iznosila 7,525 MW [8].

Prva fotonaponska elektrana u Bosni i Hercegovini je puštena u rad 19. marta 2012. godine. Elektrana se nalazi na krovu sportske dvorane u Kalesiji (Slika 15, Slika 16), te je direktno priključena na distributivnu elektroenergetsku mrežu. Firma „Eko-Energija“ iz Kalesije je u fotonaponski sistem uložila oko 800000 konvertibilnih maraka i povrat novca od uštede se očekuje za 9 godina. Fotonaponski generator fotonaponske elektrane „Eko-Energija“ se sastoji od 520 fotonaponskih modula REC 240 PE i 8 invertora SMA STP 15000 TL-10. Fotonaponski moduli su izrađeni od polikristalnog silicija, a snaga svakog pojedinačnog modula je 240 Wp. Invertori fotonaponske elektrane su snage 15340 W, te su bez transformatora. Invertori imaju po dva uređaja za praćenje maksimalne snage (MPPT), ulaznih struja 22 A i 11 A po MPPT-u [7].

Ukupna snaga fotonaponske elektrane iznosi 120 kW, a prognozirana godišnja proizvodnja električne energije 140 MWh. Ukupna godišnja proizvodnja električne energije za prvu godinu rada je 181,49 MWh, što za gotovo 30% premašuje prognoziranu proizvodnju.



Slika 15: Model sportske dvorane sa fotonaponskom elektranom u Kalesiji [7]



Slika 16.a: Fotonaponski generator – paneli na krovu



Slika 16.b: Fotonaponski generator – invertori

6. ZAKLJUČAK

Globalni trendovi rasta u energetskej politici obilježeni su prvenstveno porastom potražnje za energijom, porastom cijene klasičnih energenata, te težnjom za iskorištavanjem obnovljivih izvora energije. Kao rezultat tih inicijativa, u posljednje vrijeme se bilježi brz porast instalirane snage fotonaponskih sistema. Instalirana snaga fotonaponskih sistema u svijetu udvostručava se svake dvije godine, te fotonaponski sistemi predstavljaju vodeću tehnologiju proizvodnje električne energije s najvećim trendom rasta. Potencijal za energiju Sunca u narednim desetljećima mogao bi u stvarnosti biti i dvostruko veći od onoga što je postavljeno ciljevima.

S razvojem tržišta i fotonaponske tehnologije, fotonaponski sistemi se ugrađuju ne samo na građevine, već i na slobodne površine u blizini mreže ili izgradnjom dijela mreže do priključka na niski, srednji ili visoki napon. Najbrže rastući segment fotonaponskih sistema su fotonaponski sistemi povezani na distributivnu mrežu, zbog svoje fleksibilnosti, visokog stepena dostupnosti elektroenergetske mreže i generalno nižih troškova izgradnje. Osim što proizvode električnu energiju bez onečišćenja okoliša, fotonaponski sistemi povezani na distributivnu elektroenergetsku mrežu imaju veliki broj dobrih osobina. Odlikuju se jednostavnošću, visokom pouzdanošću i efikasnošću. Jedna od najvažnijih osobina fotonaponskih sistema je što proizvode električnu energiju tokom dana kada je potražnja najveća.

S obzirom da je Bosna i Hercegovina u skladu sa smjernicama Europske Unije o obaveznom smanjenju emisije stakleničkih plinova obavezna povećati proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora, u posljednje vrijeme dolazi do sve veće integracije fotonaponskih sistema u elektroenergetski sistem Bosne i Hercegovine. Prva fotonaponska elektrana u distributivnoj mreži Bosne i Hercegovine puštena je u rad u martu 2012. godine.

LITERATURA

- [1] Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World, European Photovoltaic Industry Association, 2011.
- [2] Ljubomir Majdandžić: Solarni sustavi, Graphis d.o.o, Zagreb, 2010.
- [3] Energy 2020, A Strategy for Competitive, Sustainable and Secure Energy, Luxembourg, Publication Office of the European Union, 2011.

- [4] Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016, European Photovoltaic Industry Association, Maj 2012.
- [5] Global Market Outlook for Photovoltaics 2013 – 2017, European Photovoltaic Industry Association, 2013.
- [6] G. M. Masters: Renewable and Efficient Electric Power Systems; John Wiley & Sons Inc., New Jersey, USA, 2004.
- [7] M. Lesic: Fotonaponski sistemi u srednjenaponskoj distributivnoj elektroenergetskoj mreži, diplomski rad, Fakultet elektrotehnike, Univerzitet u Tuzli, 2012.
- [8] www.ferk.ba
- [9] www.reers.ba

BIOGRAFIJA

Mia Lešić je rođena u Tuzli 12.4.1989. godine. Diplomirala je na Fakultetu elektrotehnike, odsjek Energetska elektrotehnika, Univerzitet u Tuzli 3.11. 2012. godine. Trenutno je studentica prve godine Drugog ciklusa studija na Fakultetu elektrotehnike, odsjek Elektroenergetske mreže i sismet, na Univerzitetu u Tuzli. Oblasti interesovanja su kvalitet električne energije, obnovljivi izvori energije i distribuirani resursi.

Tatjana Konjić je diplomirala, te stekla naučni stepen magistra i doktora nauka na Fakultetu elektrotehnike, Univerziteta u Tuzli 1989., 1998. i 2003. godine, respektivno. Od 1991. godine zaposlena na Fakultetu elektrotehnike Univerziteta u Tuzli. Trenutno je izabrana u zvanje vanrednog profesora. Uža oblast interesovanja je primjena vještačke inteligencije na elektroenergetske sisteme, elektroenergetske mreže sa distribuiranom proizvodnjom i kvalitet električne energije.