

FOTONAPONSKI SISTEMI U URBANIM SREDINAMA POVEZANI NA DISTRIBUTIVNU MREŽU I PRIMER NJIHOVE PRIMENE

Dušan Nikolić¹, Mila Pucar, Zoran Nikolić, Sanja Simonović

SAŽETAK

U urbanim sredinama postoji veliki broj ravnih osunčanih površina na krovovima zgrada koje su pogodne za postavljanje fotonaponskih solarnih sistema i dobijanje obnovljive energije. Poslednjih 15 godina u urbanim sredinama širom Evrope sve je veća primena fotonaponskih (PV) sistema, koja je dovela do pozitivnih ekonomskih i ekoloških efekata proisteklih iz ovakvog načina dobijanja energije. Dogodile su se značajne promene u pristupu i načinu planiranja novih delova grada, važnoj ulozi eksperata, edukaciji stručnjaka, učešću javnosti i ulozi lokalnih vlasti u implementaciji ovih projekata. Implementacija PV sistema u projektovanju i izgradnji objekata postaje deo standardnih aktivnosti u razvoju gradova. Postoje i značajne prepreke za primenu ovih sistema, koje su evropske države prevazišle, a tiču se pre svega legislativnog okvira koji reguliše ovakvu vrstu projekata, a zatim i načina njihovog finansiranja. U saradnji Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu i Instituta za arhitekturu i urbanizam Srbije izrađen je projekat Solarne fotonaponske elektrane u cilju promocije korišćenja čistih izvora energije u urbanim sredinama. U ovom radu je prikazano idejno rešenje fotonaponske elektrane na zgradi Gradske opštine Vračar. Planirano je da maksimalna snaga fotonaponske elektrane iznosi 11,5 kW. Preko trofaznog invertora sistem je povezan sa elektrodistributivnom mrežom, kojoj bi predavao višak proizvedene električne energije. Objasnjene su praktični problemi vezani za projektovanje arhitektonskog izgleda i energetske instalacije ovog objekta, kao i realni problemi sa kojim se ovakvi projekti mogu sresti. Osim toga, na osnovu inostranih iskustava u radu su date smernice za primenu ovakve vrste projekata kod nas.

Ključne reči: fotonaponski sistemi, solarna elektrana Vračar, uloga lokalne uprave

¹ Dušan Nikolić, dipl. inž. el, Inovacioni centar Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, e-mail: dusan@etf.rs

1. UVOD

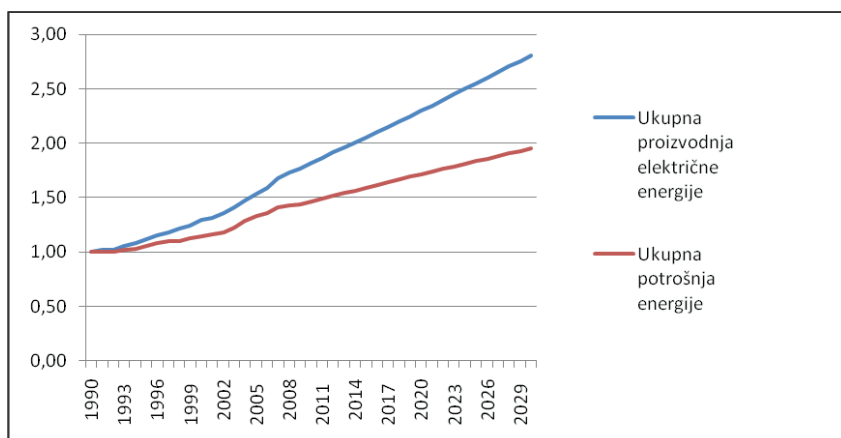
Većina stanovništva suočiće se sa ozbiljnim nedostacima energije u bliskoj budućnosti. Prema statističkim podacima ukupna svetska potrošnja nafte iznosi skoro 4 milijarde tona godišnje, dok procenjene ukupne rezerve iznose oko 120-160 milijardi tona.

Uzimajući u obzir ograničenost naftnih zaliha, sadašnje korišćenje fosilnih i nuklearnih goriva neće moći da obezbedi dugotrajno snabdevanje i održivi razvoj. Zalihe fosilnih goriva brzo nestaju, a predviđa se da će u roku od nekoliko decenija većina zemalja biti primorana da koristi obnovljive izvore energije za podmirivanje svojih osnovnih energetske potreba. Mada je razvoj novih tehnologija za eksploataciju nafte i uglja izvestan, doći će do povećanja ekoloških, energetskih i ekonomskih izdataka koji će neminovno usloviti neprofitabilnost njihovog budućeg korišćenja.

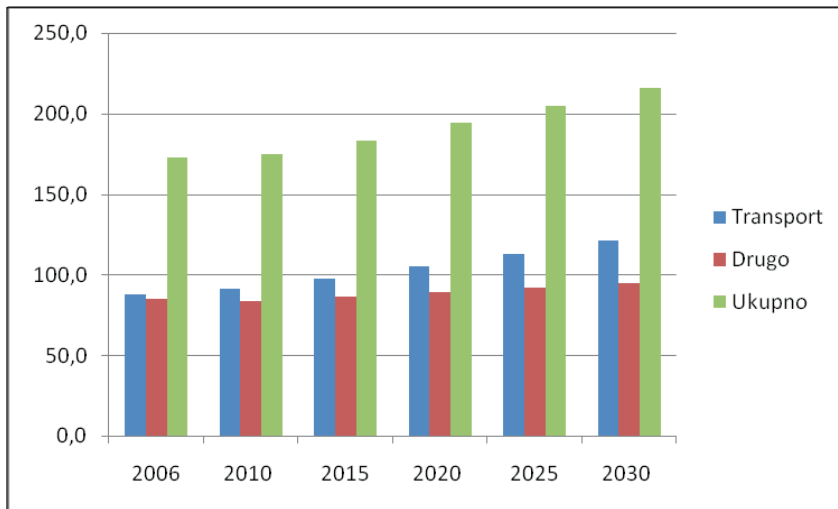
Orba protiv globalnog otopljanja i klimatskih promena svakako je jedan od najvećih izazova sa kojima se čovečanstvo suočava na početku XXI veka.

S jedne strane, ekonomski napredak kome svi teže, mnogima deluje nezamislivo bez fosilnih goriva poput nafte i uglja. S druge strane, njihovim sagorevanjem se u atmosferu izbacuje sve više ugljen-dioksida koji izaziva klimatske promene, koje sa sobom na duži rok donose potencijalno katastrofalne posledice. Napraviti izbor između te dve krajnosti je trenutno još teže, jer se svet suočava sa globalnom ekonomskom krizom, a vlade širom sveta teško će preuzeti svaku obavezu koja može loše da utiče na ekonomiju.

Rast i prognoza rasta proizvodnje električne energije u svetu kao i ukupne potrošnje energije u periodu 1990-2030. godine, prema Energy Information Admi-



Slika 1. Rast i prognoza rasta proizvodnje električne energije u svetu i ukupne potrošnje energije u periodu 1990-2030. godine [01]



Slika 2. Prognoza rasta potrošnje tečnih goriva kod krajnjih korisnika u periodu 2006 – 2030. godine [01]

nistration (EIA) prikazana je na slici [01]. Uzeta je 1990. godina kao bazna ili referentna za posmatranje kod ovog poređenja. Može se primetiti da realan rast potrošnje električne energije u periodu od 1990. do 2006. godine iznosi 59% a ukupne energetske potrošnje 36%. Na osnovu ovoga je napravljena interpolacija do 2030. godine, tako da je prognoziran rast potrošnje električne energije od 181%, a ukupne energetske potrošnje 95%.

Prognoza rasta potrošnje tečnih goriva kod krajnjih korisnika u periodu 2006 – 2030. godine, prema istom izvoru, prikazana je na slici 02. I pored svih nestašica i ograničenja u smanjivanju potrošnje tečnih goriva, može se primetiti blag rast potrošnje kod ostalih potrošača tečnih goriva u tom periodu od samo 10,7%. U istom periodu će se u transportu povećati potrošnja tečnih goriva za 38,7%, tako da će doći do ukupnog povećanja potrošnje tečnih goriva od 24,9%.

2. INOSTRANA ISKUSTVA

Energetski razvijene zemlje poklanjaju sve više pažnje korišćenju obnovljivih izvora energije.

Lideri svih 27 zemalja EU usaglasili su veoma ambiciozne ciljeve o borbi protiv globalnog otopljanja, upravo da bi ostatku sveta dali primer. Usvojili su plan 20 + 20 + 20, kojim su se obavezali da do 2020. godine za 20 procenata smanje emisiju ugljen-dioksida, da za 20 procenata povećaju količinu energije iz obno-

vljivih izvora, koji proizvode štetne gasove i da za 20 procenata povećaju energetske efikasnost.

Vredne su pažnje primeri obnovljivih izvora posebno u oblasti fotonaponske konvekcije solarnog zračenja u električnu energiju.

Projekat solarna elektrana ukupne snage 60 kWp se odnosi na instalaciju spojene na elektrodistributivnu mrežu ostrva Sifnos [02]. Glavni cilj projekta je prikazivanje prednosti instalisanog fotonaponskog sistema na grčkim ostrvima pomoću realnog postrojenja i takođe početak uvođenja ove tehnologije na grčko tr-



Slika 3. Solarna elektrana snage 60 kWp na grčkom ostrvu Sifnos

žište. Poznato je da se na ostrvu električna energija proizvodi pomoću dizel generatora koje često nedostaje tokom leta kada je velika navala turista. U isto vreme je i proizvodnja električne energije iz solarne elektrane najveća.

Ukupna cena projekta iznosila je oko 1,1 miliona evra. U početku rada, tokom perioda kraćeg od 1,5 godine, ova solarna elektrana je proizvela 102 MWh električne energije.

Solarna elektrana je napravljena kao centralizovan modularni sistem, tako da se dozvoljavaju dalja proširenja. Postrojenje se sastoji od 33 podsistema koji su potpuno nezavisni u radu. Svaki podsistem poseduje fotonaponske panele i pripadni inverter kojim se jednosmeran napon transformiše u naizmenični. Distributivni transformator se koristi da spoji solarnu elektranu i srednjenaponsku lokalnu elektrodistributivnu mrežu, kojoj se proizvedena električna energija dostavlja.

Grad Linz je još 1994. godine pokrenuo arhitektonski konkurs za novu zgradu Privredne komore. Namena ovog projekta bila je da se projektuje zgrada sa ni-

skom potrošnjom energije koja bi se pri tome dobijala iz obnovljivih izvora. Po prvi put je napravljen i termohidraulični pogonski sistem koji je kontinualno pokretao fotonaponske panele da bi koristio optimum sunčevog zračenja.

Fotonaponska elektrana se sastoji od 12 strujnih kola, svako sa izlaznom snagom od 1,575 Wp i jedno sa snagom 1,181 Wp. Ukupna instalisana snaga iznosi 20 kWp. Fotonaponski paneli imaju različitu orijentaciju zbog polukružne fasade. Invertor ima ulazni jednosmerni napon 120 – 300 V DC, a izlazni napon iznosi 230 V, 50 Hz. Pri nominalnoj snazi stepen iskorišćenja invertora iznosi 93%.



Slika 4. Solarna elektrana snage 20 kWp u gradu Linz-u

Ukupna investicija celog projekta iznosila je oko 590.000 evra (bez PDV) [03]. Očekuje se da će povraćaj investicije iznositi 30 godina. U funkciji vremenskih uslova, godišnja proizvodnja električne energije iznosila je preko 8 MWh godišnje što je pokrivalo 50 do 60% potrebe zgrade za električnom energijom.

Vreme povraćaja investicija uložениh u fotonaponski sistem za domaćinstvo, mrežom povezanog fotonaponskog sistema (on grid) obično ne uzima u obzir dodatne prednosti koje fotonaponski sistem pruža. Osim ekonomske uštede radi generisanja električne energije, fotonaponski sistem doprinosi povećanju svesti o konceptu smanjenja potrošnje električne energije a time i troška za ovu stavku u kućnom budžetu. U zgradama po gradovima, kao što je slučaj New Lane, Havant naselja u Velikoj Britaniji [04], gde su vršena ispitivanja na više od devet kuća, prosečna godišnja ušteda električne energije iznosila je oko 1.400 kWh po domaćinstvu. Stvarna ušteda električne energije od strane fotonaponskog sistema u ovom slučaju bi efektivno bila veća za oko 20% i iznosila bi 1.700 kWh. Ispitiva-

nja su pokazala da bi upravljanje potrošnjom putem korišćenja vremenskih releja (tajmera) dodatno smanjilo isporuku električne energije elektrodistributivnoj mreži, tako da bi se dobila maksimalna efikasnost za potrošače. Pored toga, maksimalna potražnja električne energije se pomerila od jutarnjeg i večernjeg maksimuma na podnevni maksimum kada je uglavnom i period maksimalne proizvodnje fotonaponskog sistema. U slučaju velike solarne fotonaponske eletkrane višak proizvedene električne energije se isporučuje elektrodistributivnoj mreži, i na taj način se smanjuje vršna potrošnja električne energije.

Primer Hall Chadwick Centre u Australiji [05] je pokazao da izgradnja integrisane solarne fotonaponske elektrane na zgradi može dokazati i ekonomske i ekološke prednosti. Fotonaponsko napajanje omogućuje neprekidno ili rezervno napajanje potrošača koji su na njega priključeni. Realizovan projekat fotonaponskog napajanja kuće ekonomski isplaćuje investiciju sa 5,5% godišnje od ukupnih troškova projekta od 1,1 miliona\$. Dodatno se smanjuje i potrošnja solarne električne energije koja zavisi od efikasnosti izgradnje zgrade, ekonomične i štedljive opreme, odgovarajuće opreme za klimatizaciju i efikasnosti potrošača. Postignuto je smanjenje troškova za oko 65% kada se porede zgrade sa integrisanim solarnim panelima i samostalnim solarnim panelima. U narednih pet godina predviđena su buduća smanjenja troškova u iznosu i do 85%, čime bi izgradnja integrisane solarne tehnologije u punoj meri prikazala konkurentnost u komercijalnoj primeni.

3. DOSADAŠNJA DOMAĆA ISKUSTVA

Ekspanzija korišćenja obnovljivih izvora energije posledica je mišljenja stručnjaka da bi posle 2020. mogla nastupiti energetska kriza, čime bi i Srbija upala u deficit sa električnom energijom. Ovakvo stanje moglo bi biti delimično otklonjeno korišćenjem obnovljivih izvora energije. Mada se u svetu godinama vrše ispitivanja obnovljivih izvora energije, za sada su kod nas obavljena samo testiranja solarnih fotonaponskih aplikacija manje snage ostrvskog tipa [06-11].

Vremensko kašnjenje u usvajanju i implementaciji zakonske regulative u ovoj oblasti je uveliko uticalo na razvoj i primenu obnovljivih izvora energije. Do sada su usvojeni Zakon o energetici, Strategija razvoja energetike, Program ostvarenja Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine (POS) dok je usvajanje predloženih podsticajnih cena u toku.

Zakon o energetici [12] iz 2004. godine, je definisao povlašćene proizvođače električne energije kao proizvođači koji u procesu proizvodnje električne energije koriste obnovljive izvore energije ili otpad, ili proizvođači koji proizvode električnu energiju u elektranama, koje se u smislu ovog zakona smatraju malim elektranama.

Povlašćeni proizvođači električne energije imaju pravo prioriteta na organizovanom tržištu električne energije u odnosu na druge proizvođače koji nude električnu energiju pod jednakim uslovima. Povlašćeni proizvođači električne energije imaju pravo na subvencije, poreske, carinske i druge olakšice, u skladu sa zakonom i drugim propisima kojima se uređuju porezi, carine i druge dažbine, odnosno subvencije i druge mere podsticaja. Male elektrane su elektrane snage do 10 MW. Male elektrane mogu biti priključene na distributivni sistem i imaju pravo da proizvedenu električnu energiju prodaju preko distributivnog sistema. Izgradnju malih elektrana i proizvodnju električne energije u tim elektranama mogu vršiti pravna lica i preduzetnici.

Strategija i prioriteti Nacionalnog programa energetske efikasnosti [13] koje je usvojila Vlada Republike Srbije doprinose:

- povećanju korišćenja domaćih i lokalnih energetskih resursa i obnovljivih izvora energije,
- povećanju korišćenja alternativnih izvora energije,
- smanjenju zagađenja okoline saglasno opštim tendencijama u svetu,
- približavanju evropskim standardima u energetici i industriji.

U Strategiji je definisan i potencijal sunčeve energije. Godišnja prosečna dnevna količina globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u Srbiji iznosi $13,5 \text{ MJ/m}^2$ ($3,8 \text{ kWh/m}^2$), a za procenu tehnički ostvarljivog potencijala treba imati u vidu granične vrednosti efikasnosti pretvaranja: za toplotno pretvaranje 84 – 90%, toplotno mehaničko/ električno 28 – 32%, fotonaponsko 10 – 12%. U fotonaponskom pretvaranju, u poslednjoj deceniji, koeficijent korisnog dejstva je udvostručen, sa oko 7 na 14%.

Akumulacija sunčeve energije je posebno značajna za povećanje ukupne energetske efikasnosti i smanjenje korišćenja energije u procesima pretvaranja i postrojenjima uopšte. Aktuelna su istraživanja u toj oblasti, kako u svetu, tako i u Srbiji.

Vlada Republike Srbije donela je Strategiju razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine [14]. Definisani su prioriteti: programi selektivnog korišćenja novih obnovljivih izvora energije, kao i vanredna ulaganja u nove izvore.

Pripremajući se za priključenje malih elektrana na elektrositributivnu mrežu, JP Elektroprivreda Srbije, donela je Osnovne tehničke zahteve za priključenje malih elektrana na mrežu Elektrodistribucije Srbije [15], kao Tehničku preporuku br. 16.

Ova preporuka ima cilj da:

- utvrdi osnovne kriterijume za ocenu mogućnosti priključenja male elektrane;
- utvrdi postupak i redosled aktivnosti od prijavljivanja do priključenja male elektrane na mrežu ED, sa neophodnom dokumentacijom i obrascima;

– utvrdi način i uslove za puštanje u rad male elektrane i paralelan rad sa mrežom ED;

– utvrdi način vođenja pogona male elektrane.

U cilju ekonomskog podsticaja proizvodnje električne energije i prodaju energije, predložene su podsticajne cene otkupa električne energije iz obnovljivih izvora energije. Prema ovom predlogu, cena energije iz fotonaponskih solarnih panela iznosi 39,3 euro centa.

Pripremajući se za period kada će ova Uredba stupiti na snagu, u Beogradu je napravljen projekat Solarne fotonaponske elektrane.

4. IDEJNI PROJEKAT SOLARNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA ZGRADI OPŠTINE VRAČAR

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu izradio je idejni i glavni projekat solarne fotonaponske elektrane na zgradi Skupštine opštine Vračar. U izradi projekta učestvovali su Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu. Naučnoistraživački projekat implementacije solarne fotonaponske elektrane na krovnoj površini zgrade Skupštine opštine Vračar je prijavljen u okviru programa Nacionalnog Investicionog Plana Srbije za 2008. godinu pod nazivom „Solarna elektrana”. Cilj naučnoistraživačkog projekta solarne fotonaponske elektrane na zgradi Skupštine opštine Vračar je projektovanje, eksploatacija, praćenje u radu i promovisanje korišćenja obnovljivih i ekoloških izvora električne energije u gradskim sredinama.

Projektna dokumentacija je napravljena u skladu sa Zakonom o planiranju i izgradnji. Ona obuhvata: tehničko-tehnološke i eksploatacione karakteristike solarne elektrane; tehničko-tehnološke i organizacione elemente izgradnje solarne elektrane; idejno rešenje solarne elektrane; uporedna analiza varijantnih tehničkih rešenja sa stanovišta svojstava mikrolokacije; funkcionalnost i stabilnost; procena uticaja na životnu sredinu; racionalnost izgradnje i eksploatacije.

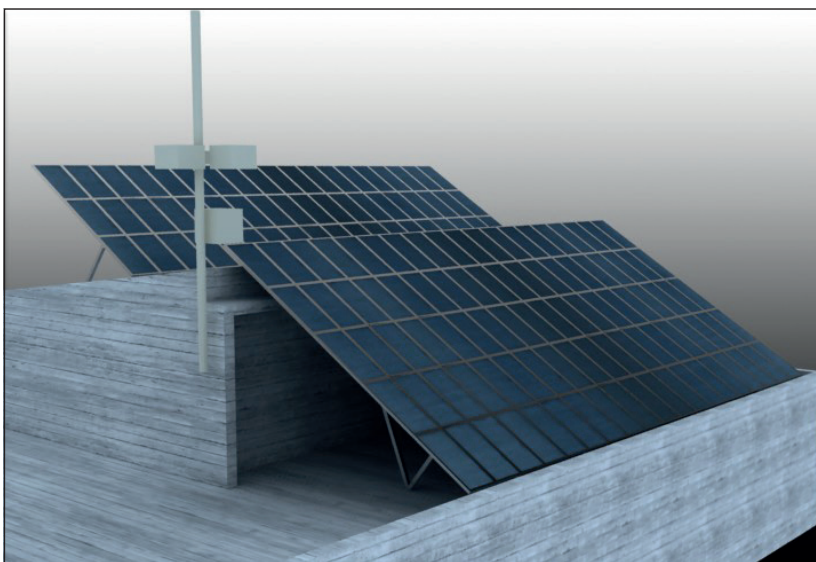
Zgrada na kojoj će solarna elektrana biti postavljena se nalazi u širem centru grada, u gusto naseljenom urbanom tkivu. U neposrednoj blizini zgrade se nalaze dve zgrade iste visine i oblika. Pored njih, u okolini nema zgrada ili objekata iste visine, što ima dve posledice: nijedan objekat tokom godine ne pravi senku na krovu zgrade, dok je zgrada opštine podložna većim brojem udara gromova od svoje okoline.

Zgrada Skupštine opštine Vračar se nalazi na 44°48' severne geografske širine i 20°28' istočne geografske dužine. Krovna površina je kvadratnog oblika, 18,6 m x 18,6 m.

Solarna elektrana kao svoje "pogonsko gorivo" koristi energiju sunčevog zračenja, pa je samim tim opravdano praćenje i sagledavanje potencijala tog goriva.

U okviru projekta izgradnje solarne elektrane je predviđeno i postavljanje merne opreme za praćenje sunčevog zračenja.

Beograd prosečno ima oko 2000 sunčanih sati godišnje. Za područje Beograda povoljan ugao za postavljanje solarnih panela je 44° (što odgovara geografskoj širini), da bi se dobila ravnomernija proizvodnja tokom cele godine. Ali, da bi se proizvodnja maksimizovala u vidu veće proizvodnje električne energije, potrebno je solarne panele postaviti pod uglom 35° , čime se ugao više prilagođava letnjem periodu i maksimalno iskorišćava taj period povećanog zračenja. Pored nagiba, bitna je i orijentacija panela. U bilo kom slučaju i u bilo kojoj sezoni najbo-



Slika 5. Idejno rešenje instalacije solarnih panela na krovu opštine Vračar

lje je orijentisati fotonaponske panele prema jugu, ako je moguće. Zbog konfiguracije krovne površine zgrade opštine Vračar nije moguće orijentisati panele direktno ka jugu, već oni prate orijentaciju zgrade.

Sagledavajući konkretne uslove, predloženo je više varijantnih rešenja. Prosečna površina solarnih panela iznosi oko 110 m^2 , ukupna snaga $11,5 \text{ kW}$, koji bi mogli godišnje da proizvedu oko 14 MWh električne energije i predaju elektro-distributivnoj mreži oko $11,9 \text{ MWh}$ [16-17].

Osnovni element solarne elektrane su solarni fotonaponski modul. Usvojeni su fotonaponski moduli:

- CIS tehnologije (Copper-Indium Selenide) za spoljašnju upotrebu
- maksimalna snage 80 W
- napon pri maksimalnoj snazi 35 V

- struja pri maksimalnoj snazi 2,3 A
- napon otvorenog kola 44 V
- struja kratkog spoja 2,5 A
- za fotonaponske sistema napona do 1000 V
- dužina 1.205 mm
- širina 605 mm
- masa 12,71 kg
- ukupno 144 panela

Zbog simetričnog opterećenja po fazama, usvojen je jednak broj solarnih panela raspodeljenih u tri grupe po 48 panela.

Kao pretvarač jednosmernog u naizmjenični napon, usvojeni su mrežom-vodeći invertori za solarne aplikacije:

- radni opseg ulaznog jednosmernog napona 80 do 400 V
- maksimalni ulazni jednosmerni napon 450 V
- minimalni *startup* napon 80 V
- napon isključenja 50 V
- maksimalna ulazna struja 2 x 5 A
- maksimalna ulazna snaga 2 x 1075 W
- radni naizmjenični napon 190. 265 V
- radna frekvencija 48 do 52 Hz
- optimalna izlazna naizmjenična struja 8,7 A pri 230 V
- maksimalna izlazna naizmjenična struja 10 A
- THD faktor manji od 5%
- opseg radne temperature -25 do + 60°C
- IP 55 zaštitni faktor
- vek trajanja prelazi 25 godina.

Takođe je razmatrana mogućnost pružanja nužne električne energije za vreme kvarova na distributivnoj mreži. Zgrada gradske opštine Vračar poseduje dizel električni agregat dovoljne snage koji je bio u mogućnosti da pokrije njene energetske potrebe. Od projektovanja i ugradnje dizel agregata je povećana potrošnja električne energije uglavnom ugradnjom velikog broja klima uređaja. Takođe, vreme startovanja dizel agregata je do 5 min. Iako male snage, fotonaponska elektrana bi mogla da pokrije potrebe nužnog osvetljenja u hodnicima i na stepeništu zgrade, pružajući osećaj sigurnosti posetiocima i zaposlenima u zgradi.

5. ZAKLJUČAK

Najveća potrošnja električne energije je po gradovima. Istovremeno je i zagađenje sredine najmanje dozvoljeno na takvim mestima.

Fotonaponska energija je čista, pouzdana i najpovoljnija za korišćenje od svih vrsta obnovljivih izvora energije. Cena proizvodnje električne energije iz fotonaponskih elektrana je značajno smanjena poslednjih decenija, mada još uvek nije konkurentna ceni iz elektrodistributivne mreže. U većini slučajeva, primena fotonaponskih sistema se ograničava na napajanje izolovanih potrošača.

U ovom radu su analizirani neki primeri fotonaponskih sistema u urbanim sredinama povezani na elektrodistributivnu mrežu. Prikazani su primeri i izneta su neka iskustva iz Evropske unije kao što su: Napajanje distributivne mreže snagom 60 kWp na grčkom ostrvu Sifnos i zgrade Privredne komore snagom²⁰ kWp u gradu Linz-u.

Imajući u vidu ove, kao i neke druge primene mrežom povezanih fotonaponskih elektrana u svetu i naša dosadašnja iskustva na malim, individualnim fotonaponskim sistemima, u Beogradu je napravljen Idejni projekat solarne fotonaponske elektrane na zgradi opštine Vračar. Predviđeno je da ukupna snaga solarne elektrane iznosi 11,5 kW. Tokom godine ova elektrana bi proizvela oko 14 MWh električne energije. Za to je potrebno postaviti 144 fotonaponskih panela na krovu zgrade a unutar zgrade i 9 invertora, po 3 u paraleli za svaku fazu. Vek trajanja elektrane prelazi 25 godina.

Tokom normalne eksploatacije solarne elektrane ne postoje negativni uticaji na životnu sredinu (sistem je bešuman, ne odaje nikakva zračenja ili štetne emisije u atmosferu). Čak i u havarijskim režimima, elektrana ne prouzrokuje nikakve smetnje. Faktor vizuelnog narušavanja ambijentalne sredine je minimalan ili nepostojeći, budući da je zgrada opštine Vračar najviša u okolini, pa se sa tla ili sa drugih, okolnih i nižih zgrada solarna elektrana gotovo neće ni primećivati.

Može se zaključiti da su ekološke prednosti (sa strane proizvodnje zelene električne energije) i energetske prednosti (sa strane nepotrebnosti prenosa energije na daljinu) dovoljne da se uoči prednost ovakvog načina proizvodnje električne energije nad konvencionalnim.

ZAHVALNOST

Autori se zahvaljuju komori Nacionalnog Investicionog Plana na izdvojenim sredstvima, opštinskoj vlasti Vračara na velikoj podršci i poverenju i građanima opštine Vračar na velikom iskazanom interesovanju i podršci za ovakvu vrstu projekata.

LITERATURA

- [01] Energy Information Administration (EIA) International Energy Annual 2006, Report #: DOE/EIA-0484(2009), www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html.
- [02] Instalation of 60 kWp modular PV system on the Greek island of Sifnos, EU, Best practice projects yearbook, Spain, 5,21 – 5,22, 2002.
- [03] Suntracking PV solar control louvres at Wirtschaftshof Linz, EU, Best practice projects yearbook, Spain, 5,1 – 5,2, 2002.
- [04] [A. S. Bahaj and P. A. B. James, *Direct and indirect benefits of PV in social housing*, Proceedings of World Renewable Energy Congress VIII, Elsevier Ltd, PV 140, 6 pages, 2004.
- [05] Jane Gapp, Frank Barram, *Financial benefits of utilizing uninterruptible power supply for power conversion of building integrated photovoltaic projects*, Proceedings of World Renewable Energy Congress VIII, Elsevier Ltd, PV 151, 5 pages, 2004.
- [06] Nikolić Z., Pucar M., Dakić P., *Obnovljivi izvori energije na Svetoj Gori*, Zbornik radova sa skupa „Alternativni izvori energije i budućnost njihove primjene”, Podgorica, CANU vol. 77, Odjeljenje prirodnih nauka vol. 10, (2006), 109-116.
- [07] Rajaković N, Nikolić D., Nikolić Z., *Merenje fotonaponskog napajanja u periodu zimske kratkodnevnicke*, Zbornik radova sa skupa „Alternativni izvori energije i budućnost njihove primjene u zemlji”, CANU vol. 84, knjiga 11, (2008), 114-121.
- [08] S. Stevović, D. Nikolić, *Eksperimentalna instalacija dopunskog snabdevanja izolovanog sistema sunčevom energijom*, VII simpozijum industrijska elektronika Indel 2008, Banja Luka, 06- 08. novembar 2008.
- [09] Nikolić Z., Nikolić D., *Mogućnost napajanja izolovanih potrošača u Srbiji sa fotonaponskim panelima*, Energija, ekonomina, ekologija, Broj 1-2, Godina XI, (2009).
- [10] M. Pucar, M. Nenković-Riznić, S. Simonović, D. Nikolić, *Mogućnost primene fotonaponskih sistema u urbanim sredinama – studija slučaja*, Energija, ekonomina, ekologija, Broj 3-4, Godina XI, (2009), 104-109.
- [11] N. Rajaković, D. Nikolić, I. Babić, *Mobilni hibridni vetar-solarni sistem za autonomno napajanje izolovanih potrošača*, Energija, ekonomina, ekologija, Broj 3-4, Godina XI, (2009), 207-209.
- [12] Zakon o energetici, Narodna skupština Republike Srbije, „Službeni glasnik RS”, br. 84/2004. godine.
- [13] Nacionalni program energetske efikasnosti, Strategija i prioriteti, Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Vlade Republike Srbije, Beograd, 2002.
- [14] Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine, Narodna skupština Republike Srbije, „Službeni glasnik RS” br. 44/2005.
- [15] JP Elektroprivreda Srbije, Tehnička preporuka br. 16, Osnovni tehnički zahtevi za priključenje malih elektrana na mrežu Elektrodistribucije Srbije, I izdanje, Beograd, 2003.
- [16] Branislav Bukorović, i ostali, *Glavni projekat elektroenergetskih instalacija „Solar-na elektrana”*, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Katedra za elektroenergetske sisteme, 2008.
- [17] M. Pucar, M. Nenković-Riznić, S. Simonović, D. Nikolić, *Primena fotonaponskih sistema u funkciji urbanog razvoja-svetska iskustva i lokalne mogućnosti*, Simpozijum Društva urbanista Beograda, Nova urbanost, Beograd, 2008, str. 247-267.

PHOTOVOLTAIC ON-GRID SYSTEMS IN URBAN AREAS
AND EXAMPLES OF THEIR APPLICATION

ABSTRACT:

Buildings' roofs cover large areas in urban towns, and which are suitable for photovoltaic solar systems. Last 15 years in urban areas across Europe increasing application of photovoltaic (PV) systems led to positive economic and environmental effects arising from this way of obtaining energy. There were significant changes in planning new city districts, which demanded important role of experts, public participation and role of local authorities in the implementation of these projects. Implementation of PV systems in the design and construction facilities become part of normal activities in the development of cities. However, there are significant obstacles for the implementation of PV systems, which European countries overcame, and which primarily consist of legislative framework which regulates these kinds of projects. Cooperation between Faculty of Electrical engineering in Belgrade and the Institute for Architecture and Urban Planning of Serbia was successful in creating the project of Solar photovoltaic power plant in urban areas, in order to promote the use of clean energy sources in urban areas. This paper describes conceptual solution of the photovoltaic power plant in Belgrade. Maximum power of Solar photovoltaic power plant is 11.5 kW. Three phase inverter system connects this plant to distribution grid, and which delivers a surplus of produced electricity. In this paper, practical problems related to the architectural look and design of this facility were elaborated, as well as real problems that these projects can meet. In addition, some foreign experiences are also presented, along with the guidelines for the application of projects of this kind.

Key words: *photovoltaic systems, Vracar solar PV plant, the role of local government*

