

ISPITIVANJE PRIMENE AKTIVNO HLADENOG FOTONAPONSKOG SISTEMA S KONCENTRACIJOM SUNČEVOG ZRAČENJA ZA OSVETLJENJE STAMBENE ZGRADE

Olivera Ećim, Marija Todorović¹

Ključne reči: optimizacija energetske efikasnosti, fotonaponsko pretvaranje, veštačko osvetljenje, dinamička simulacija

SAŽETAK:

Predmet ovog rada je parametarska analiza, odnosno ispitivanje dinamike rada i mogućih energetskih efekata primene sistema aktivno hlađenog fotoelektričnog sistema, s koncentracijom sunčevog zračenja, za osvetljenje stambenog objekta. Ispitivanje je sprovedeno za dva istovetna stambena objekta u Beogradu i Podgorici, pri čemu je prethodno izvršena optimizacija energetske efikasnosti veštačkog osvetljenja primenom energetski efikasnih svetiljki, čime je smanjena potrebna instalisana snaga i potrebna površina fotonaponskih panela za osvetljenje i/ili se omogućuje ugradnjom FN panela veće površine (ukoliko se raspolaze sa odgovarajućim prostorom) snabdevanje električnom energijom i drugih potrošača. Toplota hlađenja se koristi za toplotne potrebe domaćinstva.

1. UVOD

Potreba ograničenja upotrebe fosilnih goriva ne samo za proizvodnju električne energije već i kogeneraciju električne i toplotne energije u cilju sprečavanja daljeg nepovratnog iscrpljivanja resursa fosilnih goriva, kao i posledičnog daljeg delovanja emisije ugljendioksida na globalnu promenu klime, nameće kao neodložni zadatak razvoj strategije uspostavljanja trajne energetike širenjem upotrebe obnovljivih izvora energije. Između ostalog, fotonaponsko - FN pretvaranje bez ili sa koncentracijom sunčevog zračenja i proizvodnja električne energije uz jednovremeno korišćenje toplote hlađenja fotonaponskih panela, prvi put data u radovima (1/, 2/), a najskorije /7/ je veoma izgledna tehnologija za različite hibridne primene u sprezi sa, po potrebi dodatnim snabdevanjem

¹ Odeljenje za energetske efikasnost i obnovljive izvore energije, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.

klasičnim izvorom energije, posebno za manje sisteme napajanja električnom energijom. Pritom, širi ekološki aspekti primene ovakvih sistema snabdevanja energijom su od posebnog značaja.

Dostizanje visokih vrednosti energetske efikasnosti danas treba da bude prvi zadatak pri definisanju projektnih zadataka kako gradnje novih objekata, tako i pri prilazu integralnoj rekonstrukciji i modernizaciji građevinskih objekata (objekti zajedno sa svim tehničko - tehnološkim sistemima u njima). Optimizacijom energetske efikasnosti u ovom radu se postiže smanjenje instalisane snage i potrebe za električnom energijom u sprezi sa uvođenjem efikasnog sistema primene obnovljivog izvora - sunčeve energije za osvetljenje porodične stambene kuće u Beogradu i Podgorici. U cilju povećanja efikasnosti fotonaponskog pretvaranja sunčeve energije predviđena je koncentracija sunčevog zračenja i kontrola temperature FN panela putem njihovog aktivnog hlađenja. Toplota hlađenja se koristi za zadovoljavanje toplotnih potreba domaćinstva.

2. MERODAVNI USLOVI OSVETLJENOSTI

Vrednosti intenziteta osvetljenosti (lx-a) po prostorijama, u zavisnosti od namene i dnevne dinamike korišćenja, usvojene su u skladu sa datim standardom DIN 5035 (/3/,/4/): osvetljenje dnevne sobe 100-500, kuhinje i trpezarije 300, radnih površina kuhinje 500, hodnika i stepeništa 100, sobe 100-200, kupatila 100-500.

Na osnovu ovog standarda, utvrđeno je nominalno i delimično opterećenje prostorija sa TDL svetiljkama sa fluorescentnim izvorima svetlosti sa elektromagnetnom prigušnicom prema Philipsovom programu. U Tabeli 1 date su vrednosti osvetljenosti, specifične i ukupne snage po prostorijama za definisan model stambene kuće. Nominalna snaga osvetljenja za ceo objekat iznosi 288W, a zajedno sa delimičnim osvetljenjem dostiže maksimalnu vrednost od 724W.

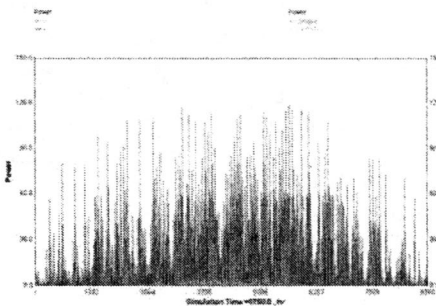
Tabela 1

Naziv	P	Intenzitet osvetljenosti		Električna snaga sa TDL svetiljkama			
		Nominalna osvetljenost	Delimična osvetljenost	Nominalna snaga		Delimična snaga	
				W/m ²	W	W/m ²	W
	m ²	lux	lux	W/m ²	W	W/m ²	W
Dnevna soba	16.8	100	500	3.4	57	17	287
Kuhinja	10.5	300	500	10.2	107	17	45
Hodnik	10.62	100		3.4	36		
Soba	9	100	200	3.4	31	6.8	15
Soba	12.6	100	200	3.4	43	6.8	22
Kupatilo	4.04	100	500	3.4	14	17	67
Ukupno					288		436

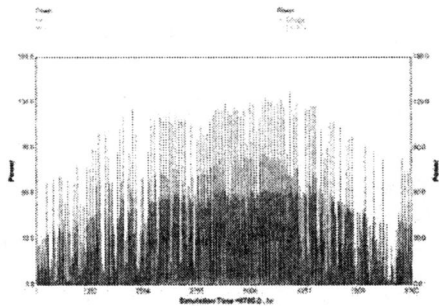
3. SISTEM FOTONAPONSKOG PRETVARANJA

Bez koncentracije sunčevog zračenja i aktivnog hlađenja. Ukupna električna energija koja je potrebna za osvetljenje objekta u letnjem periodu iznosi 1.5kWh dnevno, a u zimskom periodu 2.5kWh dnevno. Dimenzionisanje polja FN panela za osvetljenje je izvršeno na osnovu raspoloživog zračenja u nepovoljnijem periodu, a u letnjem periodu se višak fotonaponske električne energije može iskoristiti za druge potrošače. Na ovaj način supstitucija električne energije iz mreže se povećava, a rok isplate investicije FN sistema se smanjuje. Na osnovu klimatsko-meteoroloških podataka (TMG-Tipične Meteorološke Godine) dinamičkim simulacijama (15/,/8/) su određene vrednosti snage FN panela svedene po jedinici površine i date na Sl.1 za Beograd i na Sl.2 za Podgoricu.

Kako efikasnost FN sistema zavisi od intenziteta sunčevog zračenja i kapaciteta baterijskog sistema, a cena FN panela je još uvek ograničavajući faktor za njihovu širu primenu, merodavni kriterijum da dimenzionisanje FN polja je bila što veća supstitucija električne energije za osvetljenje tokom godine. Na osnovu ovog kriterijuma u slučaju Beograda izabrano je FN polje od 10m², a za Podgoricu polje od 8m². Moduli (karakteristike date u Tabeli 2) su postavljeni pod uglom od 44.5° prema horizontali za Beograd, odnosno 42.2° za Podgoricu. Ulazni napon dvosmernog sistema je 12V, koji definiše broj baterija vezanih serijski i redno koje treba da obezbede električnu energiju u danima kada intenzitet sunčevog zračenja nije dovoljan za proizvodnju nominalne snage /6/. U ovom slučaju, a na osnovu podataka dobijenih zračenjem, izabrano je 5 baterija vezanih redno.

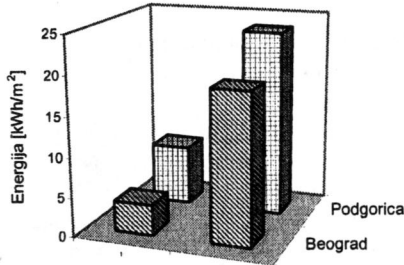


Slika 1. Snaga FN polja za Beograd -W/m².



Slika 2. Snaga FN polja za Podgoricu -W/m².

Utvrđene mesečne sume raspoložive FN električne energije (kWh/m²) u januaru i julu mesecu su prikazane na Sl. 3.



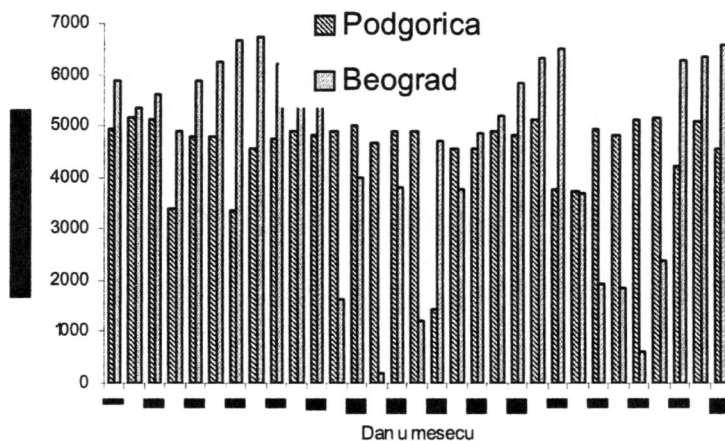
Slika 3. Proizvedena električna energija FN polja za januar i jul mesec u Beogradu i Podgorici

Tabela 2. Karakteristike FN panela

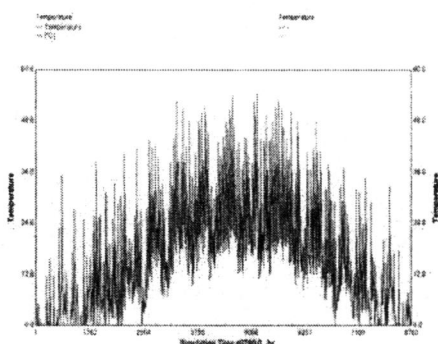
Tip modula	BP MSX 120	
Maksimalna snaga	W	85
Napon pri Pmax	V	17.1
Jačina struje pri Pmax	A	4.97
Struja kratkog spoja	A	5.3
Napon otvorenog kola	V	21.3
Nominalna radna temperatura	°C	47
Broj ćelija		72
Površina	m ²	1.104

Za tako dimenzionisana FN polja na Sl. 4. date su vrednosti viška električne energije FN polja u mesecu julu koji može da se upotrebi za ostale potrošače električne energije u objektu. Na Sl. 5. je data zavisnost promene temperatura FN panela tokom godine.

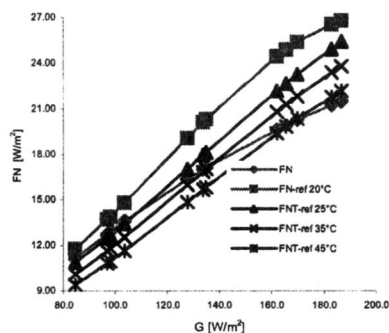
Sa koncentracijom sunčevog zračenja i aktivnim hlađenjem. Uticaj aktivnog hlađenja i koncentracije zračenja FN/T panela na efikasnost FN pretvaranja ($\eta_{el} = I_m V_m / GA_u$) i posebno jednovremenog toplotnog pretvaranja ($\eta_T = 0.55 - 11.99 \Delta T / G$) je eksperimentalno ispitivana u radu /7/, a rezultujuće zavisnosti proizvedene električne, odnosno kogeneracije električne i toplotne energije FN panela od intenziteta i faktora koncentracije (1.05 - 1.3) sunčevog zračenja (ref-refleksijom zadnje strane panela na sledeći red), i efektivne srednje temperature vazduha (25, 35 i 45°C) - odnosno hlađenja FN panela su date na dijagramu na Sl. 6. Vidi se da kriva koja se odnosi na FN panele bez koncentracije zračenja i na najnižoj temperaturi (20°C - standardni uslovi) stoji iznad ostalih. Kogeneracijom uz koncentraciju sunčevog zračenja uz povišenje efektivne radne temperature se u izvesnoj meri smanjuje električni energetska izlaz i odgovarajuća srednja efektivna efikasnost panela (od 16.5 na 13.9 za Beograd - dato u Tabeli br.3), ali se u isto vreme obezbeđuju i značajne količine toplotne energije.



Slika 4. Višak električne energije proizvedene FN poljem.



Slika 5. Dinamika promene temperature FN panela.



Slika 6. Zavisnost proizvedene električne energije FN bez i uz kogeneraciju električne i toplotne energije - FNT

4. ZAKLJUČAK

Rezultati simulacija pokazuju da se tokom godine datim FN poljima mogu dobiti značajni iznosi električne energije za osvetljenje. U zimskom periodu za Beograd FN poljem se pokriva 50% potreba za električnom energijom, a u Podgorici 80%, čime se ostvaruje značajna supstitucija električne energije iz mreže. U letnjem periodu, zbog većeg intenziteta sunčevog zračenja i veće raspoloživosti dnevne svetlosti, odnosno smanjene potrebne snage električne energije za veštačko osvetljenje, postoji značajan višak proizvedene električne energije koji se može upotrebiti za ostale potrošače električne

energije u objektu, čime se ukupna ušteda u potrošnji električne energije stambenog objekta povećava a samim tim i smanjuje rok otplate investicije.

Tabela 3. Zavisnost proizvedene električne energije FN panela uz koncentraciju zračenja - bez i uz kogeneraciju električne i toplotne energije - FNT.

Mesec	Zračenje kWh/m ²	FN kWh/m ²	FNT-el kWh/m ²	FNT-topl. kWh/m ²
Januar	32.1	3.9	6.5	8.0
Februar	48.1	6.4	7.3	6.4
Mart	82.9	11.0	10.7	13.1
April	68.9	12.6	9.1	21.6
Maj	84.7	15.9	10.9	43.9
Jun	85.4	17.3	11.0	48.1
Jul	103.2	18.4	13.4	51.1
Avgust	99.0	18.0	12.8	58.1
Septembar	89.8	14.9	11.5	37.5
Oktobar	69.6	10.6	9.2	22.3
Novembar	49.3	6.4	7.4	8.1
Decembar	24.6	3.1	6.4	6.1
Ukupno	837.4	138.7	116.1	324.3

LITERATURA

- [1] Kern E.C. Jr and Russel M.C.: *Combined photovoltaics and thermal hybrid collector systems*. Proc. Of 13th IEEE Photovoltaic Specialists, Washington DC, USA, pp. 1153 – 1157, 1978.
- [2] Lalovic B.: *A Hybrid amorphous silicon photovoltaic and thermal solar collector*. Solar Cells 19, pp.131 – 138.
- [3] Nemački standard, Beleuchtung in Krankenhäusern DIN 5035; September 1988.
- [4] Kostić M.B.: *“Vodič kroz svet tehnike osvetljenja”*, Beograd 2000.
- [5] TRNSYS: *A transient system simulation program*, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA, 1994.
- [6] Messenger R., J. Ventre: *“Photovoltaic Systems Engineering”*; CRC Press, New York, 2000.
- [7] Tripanagnostopoulos Y., Souliotis M., Battisti R, Corrado A.: *Application Aspects of Hybrid PV/T Solar Systems*, ISES 03 Conference, Goteborg, Sweden, 2003.
- [8] Simić Lj., Ećim O., Đukanović R., Todorović M.: *“Optimizacija korišćenja sunčeve energije i integralne energetske efikasnosti sistema KGH/objekta ortopedske bolnice na Banjici ispitivanjem dinamike rada sistema za fotonaponsko i toplotno pretvaranje sunčeve energije i sistema osvetljenja”*, 33. KGH Kongres, zbornik radova, SMEITS, Beograd 2002, str.198-206.

INVESTIGATION OF ACTIVE COOLED CONCENTRATED PV SYSTEM'S IMPLEMENTATION FOR RESIDENTIAL BUILDING LIGHTING

ABSTRACT:

This paper objective is parametric analysis and investigation of dynamics of operation, as well as of possible energetic effects of active cooled concentrated radiation PV system's implementation for residential building artificial lighting. Investigation has been performed for two residential buildings of the same type in Belgrade and Podgorica, for which preliminary optimisation of lighting's energy efficiency had been conducted reducing both - necessary electrical energy and PV panels square meters - implementing highly efficient lighting elements, or/and if available space enables integration of bigger PV area, PV electrical energy supply will provide electricity for other users beside lighting. Cooling energy is used for domestic heating requirements.