

# DEMONSTRACIONO POSTROJENJE HIBRIDNOG SOLARNOG RAVNOG PRIJEMNIKA

*Milorad Bojić<sup>1</sup>, Dragan Taranović<sup>2</sup>*

## SAŽETAK:

U radu je opisana demonstraciona instalacija hibridnog solarnog prijemnika, energetske potrošači i merna instalacija. Pri dimenzionisanju ovih kolektora odlučujuće su karakteristike ugrađenih fotonaponskih ćelija za proizvodnju električne energije zbog njihove relativno visoke cene, pa je zbog toga detaljno dat proračun električne instalacije ovog demonstracionog postrojenja.

**Ključne reči:** *hibridni solarni prijemnik, fotonaponska ćelija*

## 1. UVOD

Solarna energija se obično koristi za dobijanje toplote ili električne energije. Veoma često je potrebno dobiti i koristiti i toplotu i električnu energiju istovremeno pa se zbog toga razvijaju hibridni prijemnici solarne energije koji se koriste za istovremeno dobijanje toplote i električne energije.

Cilj istraživanja na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu je indentifikacija optimalnih rešenja za korišćenje hibridnih ravnih prijemnika solarne energije (HRSP) koje se koriste za dobijanje toplote i električne energije iz solarne energije. Pri tome se insistira na što većoj energetskej efikasnosti, ekološkoj održivosti, ekonomiji izvođenja i korišćenja te konstrukcije u različitim eksploatacionim uslovima u Srbiji. Da bi se istraživanja uspešno obavila, neophodno je sagraditi malo postrojenje na kome se može demonstrirati isplativost rada ovih tehnologija i na taj način uticati na njihovu penetraciju kod građanstva i u privredi.

---

<sup>1</sup> Dr Milorad Bojić, red.prof., Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, E-mail: bojjic@kg.ac.yu.

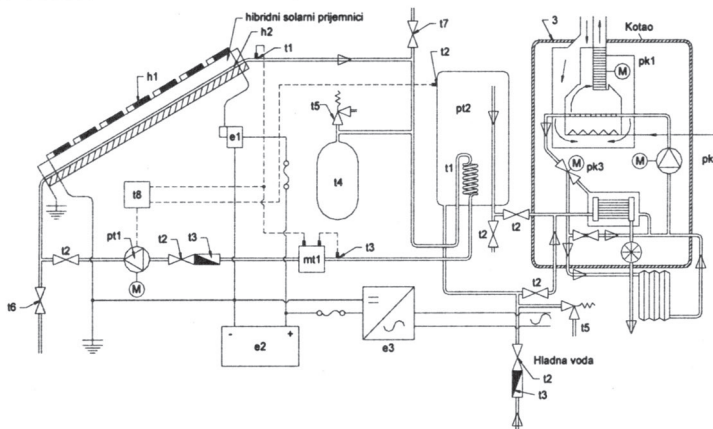
<sup>2</sup> Mr Dragan Taranović, asistent, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, E-mail: tara@kg.ac.yu.

## 2. DEMONSTRACIONI HIBRIDNI PRIJEMNIK

Demonstraciono postrojenje hibridnog prijemnika (prikazano na slici. 1) sastoji se iz: 1) dva hibridna solarna prijemnika (h), armature (t), elektroinstalacije (e), merne instalacije (m) i energetskih potrošača (p).

Hibridni solarni prijemnici pretvaraju solarnu energiju pomoću fotonaponskih solarnih ćelija (h1) u električnu energiju, a pomoću apsorbera (h2) u toplotnu energiju. Dobijena električna energija služi za pogon različitih elektrouređaja, dok dobijena toplotna energija služi za predgrevanje vode u bojleru (koja se konačno zagreva gasnim kotlom) za potrošnju u domaćinstvu.

Armatura i električna instalacija omogućavaju prenos transformisane energije do potrošača.



Slika 1: Hibridni solarni prijemnik, instalacije i energetski potrošači

Kod hibridnog solarnog prijemnika fotonaponski panel ne leži na apsorberu već se formira između njih tanak vazdušni sloj koji sprečava zagrevanje fotonaponskih ćelija od apsorbera koje smanjuje njihovu efikasnost.

Merna instalacija služi za merenje toplotno-hidrauličkih, električnih i solarnih veličina demonstracionog solarnog hibridnog postrojenja.

Električna instalacija demonstracionog postrojenja sa hibridnim solarnim prijemnikom prikazana je na slici 1. Sastoji se iz solarnih fotonaponskih ćelija hibridnom prijemniku (h1), regulatora punjenja akumulatora (e1), akumulatora (e2), invertora (e3) i potrošača (pk, pt).

## 3. PRORAČUN I IZBOR ELEMENATA ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Ključni parametri za izbor elemenata električne instalacije solarnog sistema su snaga i radni napon potrošača u električnoj instalaciji, vreme rada tih potroša-

ča (odnosno električna energija potrebna za njihov rad), vreme autonomnog rada sistema u intervalima kada nema dovoljno solarne energije i uslovi održavanja sistema. Na osnovu tih parametara vrši se dimenzionisanje fotonaponskog panela i akumulatora kao osnovnih komponenti električne instalacije a zatim i ostalih komponenti neophodnih za rad sistema.

Proračun elemenata električne instalacije obavlja se u nekoliko koraka. *I korak:* odrediti ukupnu potrebnu energiju,  $E$ , koju sistem solarnih ćelija mora da obezbedi u toku 24 časa za  $n$  potrošača koji se napajaju naizmeničnim naponom preko invertora i  $m$  potrošača koji se napajaju direktno iz akumulatora.

$$E = \frac{1}{\eta_c} \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{\cos \varphi_j} t_j + U_n \sum_{k=1}^m I_k t_k$$

gde je:

$P_j$  - snaga potrošača koji se napaja preko invertora u W,

$\varphi_j$  - fazni ugao između struje i napona potrošača,

$t_j, t_k$  - vreme rada potrošača u h,

$U_n$  - nominalni napon akumulatora u V,

$I_k$  - struja koju potrošač vuče iz akumulatora u A,

$\eta_c$  - koeficijent korisnog dejstva invertora.

Na primer za napajanje pumpe ( $P = 5$  W,  $\cos \varphi = 0,8$ ,  $t = 6$  h) i neonske sijalice ( $P = 6$  W,  $\cos \varphi = 0,65$ ,  $t = 3$  h) naizmeničnim naponom i sijalice koja vuče 1 A iz akumulatora nazivnog napona 12 V ( $t = 4$  h) ako je koeficijent korisnog dejstva invertora 0,9 potrebna energija biće:

$$E = \frac{1}{0,9} \left( \frac{5}{0,8} \cdot 6 + \frac{6}{0,65} \cdot 3 \right) + 12 \cdot 1 \cdot 4 \approx 120 \text{ Wh.}$$

*II korak:* odrediti prosečnu potrošnju energije iz akumulatora. Napon akumulatora se smatra da je konstantan a prosečna potrošnja izražava se u Ah:

$$E_I = \frac{E}{U_n}$$

U našem primeru je:  $E_I = \frac{120}{12} = 10 \text{ Ah.}$

*III korak:* korigovati prosečnu potrošnju faktorom sigurnosti u zavisnosti od mesta montaže solarnog panela i uslova korišćenja. Faktor sigurnosti je određen iskustveno i dat je u tabeli 1.

Tabela 1.

| Uslovi  | Koeficijent sigurnosti $k$ |
|---|----------------------------|
| Mesto je pod stalnim nadzorom.  | 10 %                       |
| Mesto nije pod stalnom nadzorom ali mu se može lako pristupiti.                                     | 15 %                       |
| Mesto nije pod stalnom nadzorom i ne može mu se pristupiti.   | 20 %                       |
| Mesto nije pod stalnom nadzorom i ne može mu se pristupiti a kritično je sa stanovišta bezbednosti. | 30 %                       |

Ukupna potrebna prosečna energija,  $E_{IU}$ , je:

$$E_{IU} = E_I \cdot (1+k)$$

Za primer usvojicemo da je faktor sigurnosti 10 % pa je ukupna prosečna električna energija solarnog sistema:  $E_{IU} = 10 \cdot (1+0,1) = 11 \text{ Ah}$

*IV korak:* odrediti koeficijent osunčanosti,  $k_S$ , u zavisnosti od geografskog položaja. Koeficijent osunčanosti je određen iskustveno i dat je u tabeli 2. a zavisni od geografskog položaja prema slici 3. U koeficijent osunčanosti ulazi i koeficijent korisnog dejstva regulatora punjenja akumulatora a sam koeficijent je prvenstveno određen za akumulator nazivnog napona 12 V.



Slika 3. Geografske zone osunčanosti [1]

Tabela 2.

| Zona  | A    | B    | C    | D    | E    |
|-------|------|------|------|------|------|
| $k_S$ | 3,08 | 3,77 | 5,20 | 6,90 | 9,77 |

Naša zemlja se nalazi u zoni D.

*V korak:* izračunati potrebnu snagu solarnog panela,  $P_K$ .

$$P_K = E_{IU} \cdot k_S$$

Za naš primer potreban je sunčani kolektor minimalne snage:

$$P_K = 11 \cdot 6,90 = 75,9 \text{ W}, \text{ usvajamo } P_{KU} = 80 \text{ W}.$$

*VI korak:* odrediti kapacitet akumulatora,  $C_A$ , prema relaciji:

$$C_A = \frac{1}{k_\theta} E_{IU} \cdot N_D \cdot (1 + k_T)$$

gde je:

$N_D$  - broj dana autonomnog rada (bez dopunjavanja akumulatora),

$k_\theta$  - temperaturski koeficijent promene kapaciteta akumulatora,

$k_T$  - koeficijent smanjenja kapaciteta akumulatora usled starenja.

Za olovne akumulatore uzima se da usled starenja posle 5 godina kapacitet akumulatora opadne za 20 % pa je  $k_T = 0,2$ . Na temperaturi od  $-10$  °C kapacitet olovnih akumulatora se smanjuje tako da je na osnovu kataloga proizvođača  $k_\theta = 0,78$ . Za 8 dana autonomnog rada, u našem primeru, potreban kapacitet akumulatora je:

$$C_A = \frac{1}{0,78} \cdot 11 \cdot 8 \cdot (1 + 0,2) \approx 135 \text{ Ah.}$$

*VII korak:* odrediti maksimalnu struju punjenja,  $I_A$ , akumulatora na osnovu koje se dimenzioniše regulator punjenja akumulatora.

$$I_A \geq \frac{P_{KV}}{U_n}$$

Za naš primer regulator punjenja treba da izaberemo tako da ima struju punjenja veću od

$$I_A \geq \frac{80}{12} \geq 6,7 \text{ A.}$$

*VIII korak:* odrediti maksimalnu snagu invertora. Invertor bi trebalo da spreči pražnjenja akumulatora i omogući napajanje naizmeničnim naponom potrošača, i to ne samo onih za koje je projektovana instalacija već i za kratkotrajno priključenje većih potrošača. Preporučuje se da snaga invertora bude 3 do 5 puta veća od snage izabраних fotonaponskih ćelija. Za sistem koji je u našem primeru to je 200 do 400 W.

#### 4. ZAKLJUČAK

Primena hibridnih ravnih prijemnika solarne energije omogućava dobijanje toplotne i električne energije za raznovrsne namene. Potrebna električna energija dobijena iz solarne energije može se dobiti primenom adekvatnog broja fotonaponskih ćelija koji se može odrediti primenom proračuna datog u radu.

#### 5. ZAHVALNOST

Rad je rezultat istraživanja u okviru projekta EE271003 "Razvoj i ispitivanje hibridnog solarnog prijemnika sunčeve energije za toplotno i električno pretvaranje" koji finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

## 6. LITERATURA

- [1] R. Komp, Practical Photovoltaics, Aatec Publications, Ann Arbor, Michigan, 2002.
- [2] R. Messenger, J. Ventre, Photovoltaic systems engineering, SRC Press, Boca Raton, 2004.

### DEMONSTRATION STAND OF HYBRID SOLAR COLLECTOR

#### ABSTRACT:

A demonstration installation of a hybrid solar collector, energy consumers and measurement equipment is described in the paper. Characteristics of embedded photovoltaic cells for electricity production were crucial for dimensioning of the collectors due to their relatively high price. Hence, a detailed calculation of electrical installation of this demonstration stand is presented.

**Key words:** *hybrid solar receiver, photovoltaic cell*