SOLARNI KOLEKTORI SA PRAĆENJEM KRETANJA SUNCA

Mila Pucar, Aleksandar Despić[1]

Ključne reči: *solarni kolektori, energetski dobici, solarni dobici, refleksija, suncokretni nosač.*

SAŽETAK:

U ranijem radu je pokazano da solarni kolektor postavljen na nosač koji omogućuje da njegova aktivna površina prati sunce, tj. uvek bude postavljena upravno na njegove zrake, može da primi dva puta više energije u toku dana nego klasičan kolektor postavljen na nepokretan nosač, nagnut prema jugu za optimalan ugao. Pokazano je, takođe, da korišćenjem reflektora ovaj iznos može postati osam puta veći. Dva zahteva ograničavaju konkurentnost kolektora na suncokretnom nosaču u odnosu na klasičan kolektor. To su veći troškovi njegove izrade i manja stabilnost u odnosu na udare vetra. U ovom radu razmatrane su moguće konstrukcije koje mogu da se ostvare tako da se troškovi izrade uklope u troškove izrade kolektora dvostruko veće, a pogotovu osmostruko veće površine i ujedno da nosač bude dovoljno stabilan da može da podnese jake udare vetra.

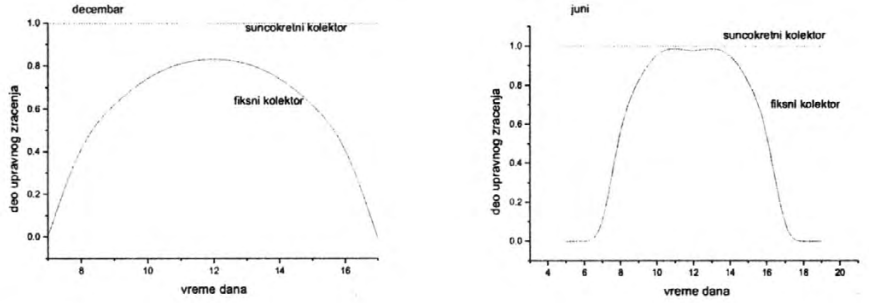
1. UVOD

Postoji velika razlika u intenzitetu (snazi) osunčanja izmedju klasičnog kolektora koji je učvršćen u određenom položaju (obično okrenut jugu pod nagibom od 35°) i kolektora koji se pokreće u toku celog dana prateći sunce, tj. postavljajući aktivnu površinu upravno na njegove zrake [1]. Fiksni kolektor prima punu snagu sunčevog zračenja samo u jednom trenutku u toku dana, kada zraci padaju upravno na njegovu površinu. U svakom drugom času, padajući iskosa pod manjim ili većim uglom, deo te snage se gubi.

Sl.1 ilustruje navedena dva slučaja izračunata korišćenjem zakona geometrijske optike, uzimajući u obzir putanju kretanja sunca u toku najkraćeg zimskog i najdužeg letnjeg dana, uz pretpostavku konstantnog intenziteta zračenja tokom čitavog vedrog dana kao prve aproksimacije. Energija primljena u toku dana dobijena je kao integral ispod odgovarajućih krivih. Tako dobijena količina energije u slučaju suncokretnog kolektora je 1.46 odn. 1.92 puta veća nego energija koju prima fiksni kolektor. Ova činjenica je predstavljala dovoljan motiv da se pokuša da se ostvare takve konstrukicije nosača

[1] dr Mila Pucar, arh. Institut za arhitekturu i urbanizam Srbije, bul. kralja Aleksandra 73/II, Beograd. Akademik Aleksandar Despić, Institut tehničkih nauka SANU, Knez Mihailova 35, Beograd

kolektora koje bi obezbeđivale praćenje sunca a da se pri tom prevaziđu prepreke koje su do sada sprečavale da suncokretni kolektori dobiju široku praktičnu primenu: visoka cena izrade i veće mehaničko opterećenje pri udarima vetrova koje zahteva robustniju konstrukciju.



Slika 1. Deo upravnog zračenja koje kolektor prima u toku a) najdužeg dana u godini (u junu) i b) najkraćeg dana u godini (decembar)

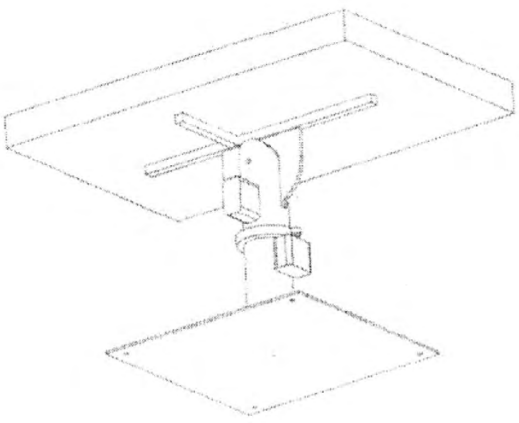
Pored ovoga, u prethodnim radovima je razmatrana mogućnost povećanja snage kolektora korišćenjem principa usmeravanja zračenja koje pada van kolektora na površinu kolektora pomoću dodatih reflektujućih površina[2-6]. Ustanovljene su mogućnosti značajnog povećanja snage. Medjutim, i u ovakvom slučaju može se pokazati da suncokretni kolektor ima prednost nad fiksiranim. U izvesnim časovima dana reflektori vezani za fiksni kolektor prave senku na površini kolektora smanujući prijem energije. Ovo se može potpuno izbeći u slučaju suncokretnog kolektora.

2. MOGUĆNOSTI KONSTRUISANJA JEDNOSTAVNIH SUNCOKRETNIH KOLEKTORA

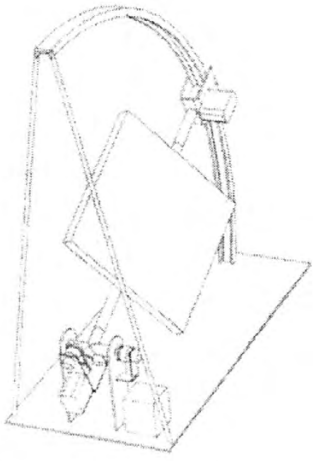
U sprovođenju principa praćenja sunca široke su mogućnosti tehničkih ostvarenja odgovarajućih konstrukcija. U ovom radu se iznose dva pokušaja ovakvih ostvarenja koja mogu da zadovolje zahteve navedene u uvodu.

Suncokretni nosač kolektora prikazan na sl.2 [7] sastoji se od jedne cevi učvršćene zavarivanjem na noseću ploču, na kojoj se nalazi platforma složene konstrukcije koja nosi kolektor. U gornjem kraju cevi nalazi se vertikalno ležište u koje ulazi osovina baze kolektora. Ova osovina omogućuje da se kolektor po podužnoj osi okreće u svim pravcima po azimutu, od najvećeg azimutskog ugla ujutro najdužeg letnjeg dana do najvećeg večernjeg ugla na drugoj strani. Ovo okretanje vrši priključeni elektromotor koji se pokreće po posebno izradjenom programu koji prati promene azimuta sunca za svaki čas u danu i svaki dan u godini. Elektromotor ima pužasti reduktor i njegova izlazna osovina nosi na sebi točak obložen gumom. Reduktor ima dve funkcije: smanjuje broj obrtaja u jedinici vremena na dovoljno malu vrednost da strujnim pulsevima konačne dužine može da se obezbedi dovoljno sporo obrtanje kolektora da prati sporo kretanje sunca ali i ne dozvoljava

da se osovina vrti i bez struje pod uticajem neke sile koja vrši pritisak na kolektor. Osovina na bazi kolektora je takođe obuhvaćena gumenim prstenom. Točak sa motora priljubljen je uz ovaj prsten tako da se obrtanje osovine motora prenosi na vertikalnu osovinu frikcijom. Ovo je ujedno dovoljno elastična sprega da pod uticajem neke jače sile, kao što je olujni vetar, ovaj spoj može da popusti bez opasnosti od lomljenja.



Slika 2. Novi tip suncokretnog solarnog kolektora



Slika 3. Drugi novi tip suncokretnog solarnog kolektora

Kretanje kolektora po elevaciji sunca obezbedjuje se pomoću polukružne ploče koja je vezana za bazu kolektora. Ona omogućuje da se kolektor naginje napred-nazad oko osovine koja leži u viljušci na vertikalnoj osovini, od vertikalnog položaja pri izlasku sunca do vertikalnog položaja na drugoj strani pri sunčevom zalasku, prolazeći postepeno kroz sve položaje koje diktira elevacija sunca. I ovo pokretanje vrši se na isti način kao i prethodno, pomoću elektromotora sa pužastim reduktorom i gumom obloženim točkom koji naleže na polukružnu ploču.

Navedena konstrukcija može da se ostvari po relativno skromnoj ceni, naročito u proizvodnji većeg obima, koja svakako može da se uklopi u cenu koštanja dva klasična kolektora. Izvestan nedostatak ovog rešenja predstavlja mala mehanička stabilnost u odnosu na udare vetra, koja zahteva robustniju izradu svih elemenata.

Suncokretni nosač kolektora prikazan na slici 3 [8] predstavlja mehanički čvršću strukturu od prethodne. Njena osnova vezana je neposredno za noseću ploču položenu na tlo. Kretanje kolektora po azimutu i elevaciji vrši se na dva načina: obrtanjem osovine na kojoj leži kolektor od jednog do drugog vertikalnog položaja pri izlasku odnosno zalasku sunca i većim ili manjim naginjanjem te osovine u odnosu na noseću ploču, koje se postiže na taj način što je ova osovina užljebljena u lučni nosač, koji pokriva kružni luk omogućujući postavljanje kolektora od jednog krajnjeg položaja koji treba da zauzme u podne najdužeg letnjeg dana, kada svojim gornjim krajem kolektor leži praktično na nosećoj ploči, do drugog krajnjeg položaja koji treba da zauzme u podne najkraćeg zimskog

dana, zaklapajući na našoj geografskoj širini ugao od 68° u odnosu na noseću ploču. Program pokretanja elektromotora je nešto složeniji nego u prethodnom slučaju jer svako od dva kretanja treba da sledi određenu kombinaciju azimutskog ugla i elevacije.

Treba napomenuti da i u prvom i u drugom slučaju elektromotori pokreću i za njih vezane potenciometre kojima se određuje položaj kolektora po jednom i drugom pravcu i sa kojih se uzimaju podaci radi komandovanja elektromotorima iz programske kutije koja predstavlja deo uređaja.

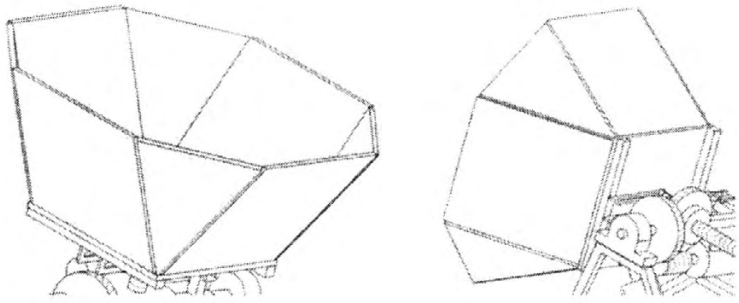
3. POVEĆANJE SNAGE KOLEKTORA POSTAVLJANJEM REFLEKTORA

Kao što je rečeno, suncokretni kolektor dozvoljava postavljanje reflektora koji daju kolektoru dodatnu solarnu snagu. Ovi reflektori mogu da budu izrađeni od jeftinog aluminijumskog lima visoko sjajne površine kakvi postoje na tržištu. Na kolektor može da se postavi venac ovakvih reflektora kao što je to pokazano na slici 4 [1]. Ako je kolektor kvadratnog oblika sva četiri reflektora vezana za strane kolektora postavljaju se pod istim uglom. Ovaj ugao odredjen je tako da svaki reflektor obasja celu površinu kolektora. Ako je reflektor dimenzija l/a u odnosu na dimenziju kolektora a. može se izvesti izraz za nagib koji reflektor treba da zaklapa u odnosu na kolektor α

$$2a/l = \sin\alpha \tan(2\alpha - 180) \quad (1)$$

Ako su dimenzije kolektora različite kao a i b, da bi bila jednaka visina reflektora na celom vencu, nagibi reflektora moraju da se odnose kao

$$a \tan\alpha = b \tan\alpha' \quad (2)$$



Slika 4. Kolektor sa vencem reflektujućih panela.

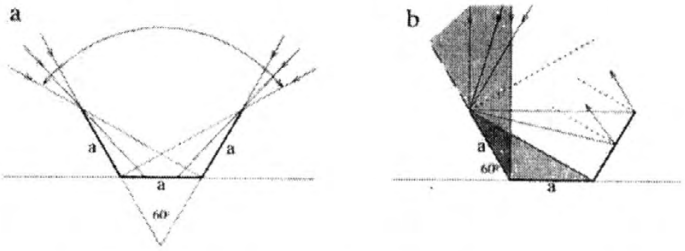
Kao tipičan primer može da se uzme zahtev da svaki od reflektora na obodu kolektora reflektuje na kolektor zračenje jednako polovini snage koju prima sam kolektor. U takvom slučaju može da se izračuna da dužina reflektora treba da bude 0.87 deo dimenzije kolektora a ugao nagiba jednak 55°. Ugaoni reflektori reflektuju na kolektor snagu jednaku četvrtini snage koju prima sam kolektor. Kada se uzme u obzir postojanje 4

reflektora na obodima i 4 ugaona reflektora, može se videti da će ukupna snaga koju prima kolektor biti 4 puta veća od snage koju kolektor prima bez reflektora.

Ako se ima u vidu da je snaga koju suncokretni reflektor prima već 1.46 odn. 1.92 puta veća od one koju prima fiksni kolektor, izlazi da suncokretni kolektor sa vencem reflektora treba da prima zimi 5.8 a leti 7.7 puta veću snagu. To može da bude i više ukoliko su reflektori duži a postavljeni pod nešto manjim uglom.

4. SNAGA SUNCOKRETNOG KOLEKTORA SA REFLEKTORIMA U SLUČAJU OBLAČNOG DANA

Po oblačnom danu kolektori primaju samo difuznu svetlost sa nebeskog svoda. Može se izračunati da klasičan kolektor nagnut pod uglom od 35° u odnosu na tko, prima osvetljenje sa nebeskog svoda koje iznosi 0.806 od osvetljenja koje pada na tlo. Situacija suncokretnog kolektora sa vencem reflektora prikazana je na slici 5 [1]. Sam kolektor prima direktno zračenje čiji intenzitet je funkcija udaljenosti tačke na aktivnoj površini kolektora od njegove ivice s obzirom na to da to odredjuje segment neba sa koga dolazi svetlost. Integral ove funkcije po punom krugu oko kolektora daje ukupno zračenje koje kolektor prima sa segmenta neba otvorenog prema njegovoj površini. Za slučaj prikazan na slici 5 kada nagib reflektora dužine jednake dužini kolektora iznosi 60°, izračunata količina svetlosti koja pada na kolektor iznosi 0.473 od količine koja dolazi sa celog nebeskog svoda. Svaki od reflektora reflektuje jedan uzani pojas zračenja kao što je to prikazano na slici 5b. koji predstavlja samo 0.167 deo nebeskog svoda. Medjutim, ako se ima u vidu da u vencu postoju 6 puta veća reflektujuća površina od površine jednog reflektora na obodu, ukupan efekat iznosi 1.473 od zračenja koje bi primao kolektor bez reflektora. Ako se uzme u obzir iznos koji prima fiksni kolektor, izlazi da suncokretni kolektor sa reflektorima sa nebeskog svoda prima 1.83 puta više zračenja nego klasičan kolektor.



Slika 5. Shematski prikaz prijema difuznog svetla na kolektoru: a) Svetlo koje prima sam kolektor sa nebeskog svoda; b) Svetlo sa nebeskog svoda koje reflektuje na kolektor reflektujući panel u vencu

LITERATURA

[1] Pucar M, Despić, A.: *"Increase in Insolation Intensity and Energy Gain of Solar Convertors by Using Reflection of Solar Beams"* Svetski kongres obnovljivih izvora energije WREC 2002. Keln, juli 2002.

[2] Baker, S.H., McDaniels, D.K., Kaehn, H.D. and Lowndes, D.H. (1978). *"Time Integrated Calculation of ihe Insolation Collected by a Reflector-Collector System"*, Solar Energy 20, 415.

[3] Grassie, S.L. and Sheridan N.R. (1977). *"The Use of Planar Reflectors for Increasing the Energy Yield of Flat-Plate Collectors"*. Solar Energy 19, 663.

[4] Larson D.C. (1980). *"Concentration Ratios for Flat-Plate Solar Collectors with Adjustable Flat Mirrors"*. AIAA J.Energy 4, 170.

[5] McDaniels, D.K., Lowndes, D.H., Mathew, Reynolds, H. and Gray, R. (1975) *"Enhanced Solar Energy Collection Using Reflectosolar Thermal Collector Combinations"*. Solar Energy 17, 277.

[6] Pucar M, Despić, A.: *"The enhancement of energy gain of solar collectors and photovoltaic panels by the reflection of solar beams"*, časopis Energy 27 (2002) str. 205-223.

[7] Lj.Pucar, M.Pucar, *Uređaj za automatsko usmeravanje solarnih konvertora prema suncu* (Prijavljen patent, 2003.)

[8] M.Pucar, A.Despić, *Suncokretni konvertor solarne energije* (Prijavljen patent, 2003.)

SUNTRACKING SOLAR COLLECTORS

ABSTRACT:

In an earlier paper it was shown that, if a solar collector is placed on a carrier in such a way that its active surface tracks the sun, i.e. is placed at all times normal to sunrays, it can receive twice as much energy during a day than a classical collector placed on as fixed carrier inclined southwards at the optimum angle. It was also shown that using additiona reflecting surfaces placed around the collector this amount of energy can be up to eight times larger. Two requirements limit the competitive capacity of collectors placed on suntracking carriers as oposed to the classical collector and those are higer cost of its production and poorer mechanical stability at high winds. This contribution considers possible constructions which can be materialized at costs which fall within the cost margins of a classical collector of close o twice (or to eight times) as large a surface area and be stable enough as to stand high wind blows.