



ЗЕМАК

**ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ
НА С. МАКЕДОНИЈА**

**MACEDONIAN ENERGY
ASSOCIATION**



**МЕГУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
„ЕНЕРГЕТИКА 2020“**



**INTERNATIONAL CONFERENCE
"ENERGETICS 2020"**

**Зборник на трудови
Conference proceedings**



WEBINAR

01 - 02 October, 2020

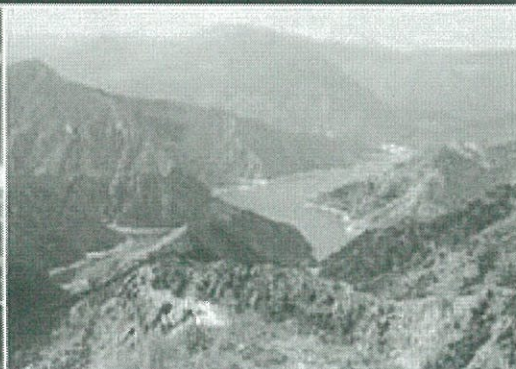
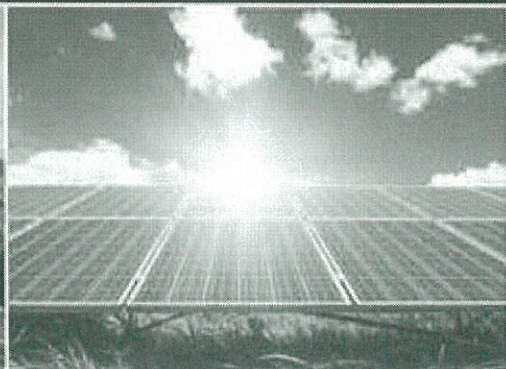
ГЕНЕРАЛЕН СПОНЗОР



ЕСМ

ЕЛЕКТРАНИ НА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

www.esm.com.mk



**ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ
НА С. МАКЕДОНИЈА**



**MACEDONIAN ENERGY
ASSOCIATION**

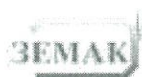
**МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА
“ЕНЕРГЕТИКА 2020”**

**INTERNATIONAL CONFERENCE
“ENERGETICS 2020”**

Зборник на реферати
Conference proceedings

WEBINAR
01 - 01, Октомври, 2020

WEBINAR
01 - 02, October, 2020



Советување: МЕЃУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА "ЕНЕРГЕТИКА 2020"

**Организација: ЗДРУЖЕНИЕ НА ЕНЕРГЕТИЧАРИТЕ
НА МАКЕДОНИЈА**

Уредник:

Крешимир МАНОЈЛОВСКИ

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент
Охридски", Скопје

620.9(062)

МЕЃУНАРОДНА конференција "Енергетика 2020" (2020 ; Webinar)
Зборник на реферати / Меѓународно конференција "Енергетика 2020",
Webinar, 01-02 Октомври 2020 = International conference "Energetics
2020", Webinar, 01-02 Oktober 2020 ; [главен уредник Крешимир
Манојловски]. - Скопје : Здружение на енергетичарите на
С.Македонија ЗЕМАК = Skopje : Association of energy department
engineers of Macedonia, 2018. - 2 св. (800 стр.) : илустр. ; 24 см

Дел од трудовите на англ. јазик. - Библиографија кон одделни трудови

ISBN 978 608-4764-02-1 (кн. 1)

ISBN 978-608-4764-03-8 (кн. 2)

I. International symposium "Energetics 2020" (2020 ; Webinar) види
Меѓународно советување "Енергетика 2020" (2020 ; Webinar)

а) Енергетика - Собири

COBISS.MK-ID 97061386

Печати: "2-ри Август" - Штип

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР

Игор Шешо,

Претседател

Членови

Благој Гајдарциски
Драган Мијалковски
Илија Хаџидаовски
Катерина Димовски
Беќаровска Елеонора

МЕЃУНАРОДЕН ПРОГРАМСКИ ОДБОР

Проф. Вангел Фуштиќ - Претседател
(С.Македонија)

Проф. Славе Арменски - Потпретседател
(С.Македонија)

Членови

Проф. Петар Гверо (Босна и Херцеговина)
Акад. Глигор Каневче (С.Македонија)
Проф. Харалд Вебер (Германија)
Проф. Антон Чаушевски (С.Македонија)
Проф. Зоран Марков (С.Македонија)
Проф. Марјан Попов (Холандија)
Проф. Атанас Илиев (С.Македонија)
Проф. Магдалена Крстаноски (САД)
Проф. Невенка К.Роглева (С.Македонија)
Проф. Пламен Граматиков (Бугарија)
Проф. Софија Николова Поцева (С.Македонија)
Проф. Имер Зенку (С.Македонија)
Проф. Никола Попов (Канада)
Проф. Ристо Филкоски (С.Македонија)
Проф. Марко Цепин (Словенија)
Проф. Сотир Пановски (С.Македонија)
Проф. Даме Димитровски (С.Македонија)
Проф. Велимир Стефанович (Србија)
Проф. Димитар Димитров (С.Македонија)

ORGANIZING BOARD

Igor Shesho,

Chairman

Members

Blagoj Gardajdziski
Dragan Mijalkovski
Ilija Hadzidaovski
Katerina Dimovski
Eleonora Bekarovska

INTERNATIONAL PROGRAMME BOARD

Prof. Vangel Fustik - Chairman
(N.Macedonia)

Prof. Slave Armenski - Vice Chairman
(N.Macedonia)

Members

Prof. Petar Gvero (Bosnia & Hercegovina)
Acad. Gligor Kanevce (North Macedonia)
Prof. Dr. Harald Weber (Germany)
Prof. Anton Causevski (North Macedonia)
Prof. Zoran Markov (North Macedonia)
Prof. Marjan Popov (Netherlands)
Prof. Atanas Iliev (North Macedonia)
Prof. Magdalena Krstanoski (USA)
Prof. Nevenka K. Rogleva (North Macedonia)
Prof. Plamen Gramatikov (Bulgaria)
Prof. Sofija Nikolova Poceva (North Macedonia)
Prof. Imer Zenku (North Macedonia)
Prof. Nikola Popov(Canada)
Prof. Risto Filkoski (North Macedonia)
Prof. Marko Cepin (Slovenija)
Prof. Sotir Panovski (North Macedonia)
Prof. Dame Dimitrovski (North Macedonia)
Prof. Velimir Stefanovich (Serbia)
Prof. Dimitar Dimitrov (North Macedonia)

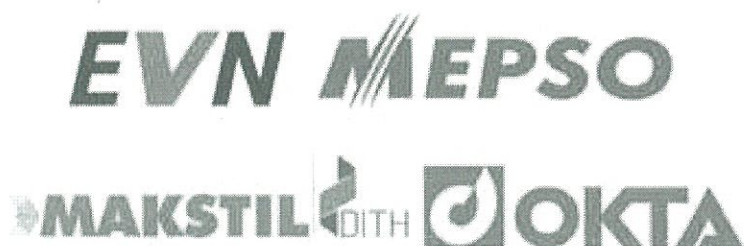
**Симпозиумот е организиран со поддршка од:
The Symposium is organized with support from:**

*Министерство за економија / Ministry of Economy
Министерство за образование и наука / Ministry of Science
Македонската академија на науките и уметностите /
Macedonian Academy of Sciences and Arts*

**ГЕНЕРАЛЕН СПОНЗОР на Конференцијата
GENERAL SPONSOR of the Conference**



**СПОНЗОРИ
SPONSORS**



**Академско партнерство
Academic partnership**



НАУЧЕН ТРУД

**ОПТИМИЗАЦИЈА НА РАМЕН СОНЧЕВ КОЛЕКТОР СО КОРИСТЕЊЕ НА
ЕКСЕРГЕТСКИ МЕТОД**

**OPTIMIZATION OF FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR USING EXERGETIC
METHOD**

Marija Cekerovski¹⁾, Risto Filkoski²⁾, Todor Cekerovski³⁾, Goce Stefanov³⁾

¹⁾ University "Goce Delchev", Faculty of Mechanical Engineering, Shtip, Republic of N.Macedonia

²⁾ University "Sts Cyril and Methodius", Faculty of Mechanical Engineering, Skopje, Republic of N. Macedonia;

³⁾ University "Goce Delchev", Faculty of Electrical Engineering, Shtip, Republic of N.Macedonia

e-mail: marija.sumanska@gmail.com

Abstract: This paper presents optimization using the exergetic method. The exergetic analysis can evaluate thermodynamic perfection of a process in an open system. Geometric parameters and operating conditions are established as variables in the exhibited model for exergetic optimization of solar collectors. The analysis are shown by outlining the correlation between the exergy efficiency of a flat plate solar collector with the input temperature of the working fluid, the collector's pipes diameter, ambient temperature, wind velocity, optical efficiency and the intensity of solar radiation per unit area of the absorber plate. The presented analysis provides an opportunity to define an optimal working zone, to locate and quantify energy losses, as well as to look for ways to reduce irreversibility.

Key words: Exergy, optimization, solar collector

Куса содржина: Во овој труд е претставена оптимизација со користење на ексергетски метод. Со ексергетска анализа може да се оцени термодинамичката совршеност на некој процес во отворен систем. Како променливи во изложениот модел за ексергетска оптимизација на сончеви колектори се востановени геометриските параметри и работните услови. Анализата на рамен сончев колектор е претставена со зависноста на ексергетската ефикасност од влезната температура на работниот флуид, дијаметарот на цевките, температурата на околината, брзината на ветерот, од оптичката ефикасност и од интензитетот на сончевото зрачење на единица површина од апсорберската плоча. Презентираната анализа дава можност за дефинирање оптимална работна зона, за лоцирање и квантификација на енергетските загуби, како и за барање начини за намалување на преверзибилност

1. ВОВЕД

Ексергијата се дефинира како максимална работа што може да се добие од еден систем или максимална енергија од работен флуид што би се добила кога на излезот од системот величините на работното тело би се изедначиле со околните преку одвивање на некаков рамнотежен (повратен) процес. Максималната работа и максималната техничка работа, односно ексергијата, произлегуваат од можноста на системот за интеракција со околината. Ексергијата ја изразува можната енергетска промена на системот до рамнотежа со околината, а од таа енергетска промена би се добила максимална механичка работа или најголемо количество енергија во дадените услови.

Поимот ексергија се однесува на секоја форма на движење на материјата од кое може да се добие механичка работа, а поконкретно на: материјален тек (проток на маса), топлина (термичка форма), механичка работа, кинетичка и потенцијална енергија, електрична енергија и др. Ексергијата на еден системи или тело зависи од состојбата на системот/телото и од околината. Со ексергетската анализа може да се оцени термодинамичката совршеност на некој процес во отворен систем.

Генералната форма на равенката за ексергетски биланс е следна:

$$E_{in} + E_s + E_{out} + E_1 + E_d = 0 \quad (1)$$

каде што E_{in} , E_s , E_{out} , E_1 и E_d претставуваат (интензитет на влезна, складирана, излезна, испуштена (предадена ексергија кон околината) и изгубена ексергија).

Влезната ексергија се состои од два дела: ексергија на работното тело - флуидот и ексергија на апсорбираното сончево зрачење [1], [2].

$$\dot{E}_{in,f} = \dot{m}c_p \left(T_{in} + T_a + T_a \ln \left(\frac{T_{in}}{T_a} \right) \right) + \frac{\dot{m}c\Delta P_{in}}{\rho} \quad (2)$$

каде што \dot{m} , c_p , T_a , T_{in} , ρ претставуваат масен проток на работен флуид (во kg/s), специфичен топлински капацитет на работниот флуид (во kJ/kgK), амбиентна температура и негова температура на влезот од колекторот (во K), и густината на флуидот (во kg/m³)

Ексергијата на апсорбираното сончево зрачење во овој труд е претставена со следниов упростен израз [3], [4].

$$\dot{E}_{in,Q} = \eta_o I_T A_p \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right) \quad (3)$$

кадешто за температурата на изворот на зрачење T_s е усвоена вредност од 75 % од површинската температура на Сонцето, I_T претставува енергија на сончево зрачење на единица површина од апсорберската плоча и A_p е површина (плоштина) на апсорберската плоча.

Сумата на рав. (2) и (3) ја дава вредноста на вкупната влезна ексергија на сончевиот колектор

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{in,f} + \dot{E}_{in,Q} \quad (4)$$

Складираната ексергија во стационарни услови е 0 ($\dot{E}_s = 0$).

Излезната ексергија е составена од ексергијата на работниот флуид на излезот [1], [2].

$$\dot{E}_{out,f} = -\dot{m}c_p \left(T_{out} + T_a + T_a \ln \left(\frac{T_{out}}{T_a} \right) \right) - \frac{\dot{m}c\Delta P_{out}}{\rho} \quad (5)$$

Во рав. (2) и (5), со Δp_{in} и Δp_{out} се означени разлики помеѓу притисокот на работниот флуид и притисокот на околината на влезот и на излезот од колекторот.

Предадената ексергија од апсорберската плоча кон околината е дефинирана со изразот [5]:

$$\dot{E}_1 = -U_1 A_p (T_p - T_a) \left(1 - \frac{T_a}{T_p}\right) \quad (6)$$

Во претходните изрази T_p е средна температура на апсорберот, S е апсорбиран дозрачен топлински флуks на единична површина од апсорберската плоча и

Изгубената ексергија вклучува три члена:

$$\dot{E}_d = \dot{E}_{d,\Delta T_s} + \dot{E}_{d,\Delta P} + \dot{E}_{d,\Delta T_f}$$

(1) Првиот член ($\dot{E}_{d,\Delta T_s}$) ја претставува загубата на ексергија предизвикана од температурната разлика помеѓу површината на апсорберската плоча и изворот на зрачење - Сонцето

$$\dot{E}_{d,\Delta T_s} = -\eta_o I_T A_p T_a \left(\frac{1}{T_p} - \frac{1}{T_s} \right) \quad (7)$$

(2) Со вториот член ($\dot{E}_{d,\Delta P}$) е претставена загубата на ексергија како последица од падот на притисок во струјниот простор, односно низ цевниот систем [6], [7]:

$$\dot{E}_{d,\Delta P} = -\frac{\dot{m} c_p T_a \ln\left(\frac{T_{out}}{T_a}\right)}{\rho T_{out} + T_{in}} \quad (8)$$

(3) Третиот член ($\dot{E}_{d,\Delta T_f}$) произлегува поради загубата на ексергија како последица од температурната разлика помеѓу површината на апсорберската плоча и работниот флуид [6], [7]:

$$\dot{E}_{d,\Delta T_f} = -\dot{m} c_p T_a \left(\ln\left(\frac{T_{out}}{T_{in}}\right) - \frac{T_{out} - T_{in}}{T_p} \right) \quad (9)$$

Ексергетската ефикасност на сончевиот колектор го дефинира порастот на ексергијата на работниот флуид во однос на примарната ексергија, како резултат на придоданата дозрачена ексергија од изворот на зрачење. Со замена на рав. (2)-(9) во рав. (1) и имајќи ја предвид дефиницијата за ексергетска ефикасност, со добива равенството за ефикасност на колекторот според Вториот закон [5]:

$$\eta_{ex} = \frac{m \left[C_p \left(T_{out} - T_{in} - T_a \ln \left(\frac{T_{out}}{T_{in}} \right) \right) - \frac{\Delta p}{\rho} \right]}{I_T A_p \left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right)} = 1 - \left\{ (1 - \eta_0) + \frac{m \Delta p}{\rho I_T A_p \left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right)} \frac{T_a \ln \left(\frac{T_{out}}{T_a} \right)}{(T_{out} - T_{in})} + \frac{\eta_0 T_a}{\left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right)} \left(\frac{1}{T_p} - \frac{1}{T_s} \right) + \frac{U_1 (T_p - T_a)}{I_T \left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right)} \left(1 - \frac{T_a}{T_p} \right) + \frac{m C_p T_a}{I_T A_p} \frac{\left(\ln \left(\frac{T_{out}}{T_{in}} \right) - \frac{(T_{out} - T_{in})}{T_p} \right)}{\left(1 - \frac{T_a}{T_s} \right)} \right\}$$

(10)

Членовите на десната страна од равенството (10) ги претставуваат загубите на ексергија на колекторот

2. ФОРМУЛАЦИЈА НА ПРОБЛЕМОТ ЗА ОПТИМИЗАЦИЈА

Како променливи во изложениот модел за ексергетска оптимизација на сончеви колектори се востановени геометриските параметри и работните услови. Во насока на формулација на проблемот за оптимизација, усвоен е т.н. квазистатички пристап, при што вредностите на T_{in} , T_a , T_s , I_T , $(\tau\alpha)$, η_0 , S , V_a , L_i , D_i и др. се сметаат за константни во одредена конкретна состојба. Со тие претпоставки, проблемот на оптимизација е формулиран на следниов начин:

- (1) Функција на целта - да се одреди максимум на степенот на ексергетска ефикасност η_{ex} , даден со функцијата (10);
- (2) Енергетскиот биланс за секоја квазистатична состојба е дефиниран со изразите (1)-(6);
- (3) Вредноста на A_p е во границите $1 \leq A_p \leq 10$;
- (4) $0,001 \leq m \leq 0,009$ (m во kg/s);
- (5) T_{out} , T_p , U_1 , Q_u , Δp , C_p , ρ , F_R , F' , $\phi \geq 0$

Во процедурата на оптимизација A_p , C_p , ρ , и m се независни, додека T_{out} , T_p , U_1 , Q_u , Δp , F_R , F' и ϕ се зависни параметри. И покрај тоа што не станува збор за многу сложен математички апарат, со оглед на тоа дека функцијата на целта и пратечките изрази се нелинеарни, применета е програма во MATLAB, со цел да се реализира процедурата за оптимизација.

Вредностите на условите на околината за кои е спроведена пресметковната процедура се дадени во табелата 1.

Табела 1. Услови на околината усвоени при пресметката

Опис, величина	Вредност
Локација	Штип, географска широчина 41° 45', географска должина 22° 12'
Амбиентна температура	20°C
Брзина на ветер	3 m/s
Усвоена пресметковна температура на изворот на зрачење, T_s	4500 K

Во табелата 2 се прикажани конструктивните карактеристики на колекторот и константните параметри за кои е реализирана оптимизацијата. При пресметките во рамките на моделот за специфичниот топлински капацитет и за густината на работниот флуид се усвоени следниве вредности: $C_p = 4186 \text{ J/kgK}$, $\rho = 985 \text{ kg/m}^3$.

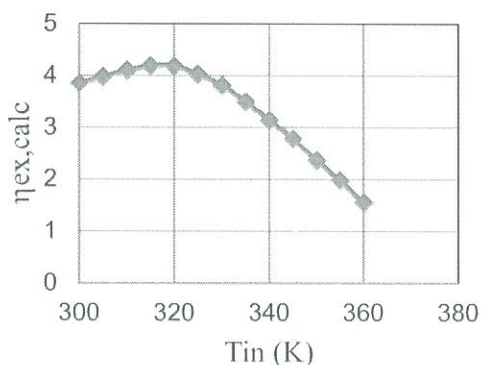
Табела 2. Конструктивни карактеристики на соларниот колектор

Параметри на колекторот	Опис / вредност
Тип	Рамен, со обоена апсорберска плоча, Z-тип, со вертикални поврзувачки цевки
Стаклена површина	Темперирано стакло, 4 mm
Работен флуид	Смеса од вода и пропилен гликол во однос 50:50 %
Димензии на колекторот	$L_1=1,5 \text{ m}$, $L_2=0,97 \text{ m}$, $A_p=1,46 \text{ m}^2$
Чекор помеѓу цевките (меѓуоскино растојание)	80 mm
Внатрешен дијаметар на цевките	9,3 mm
Положба/закосеност на колекторот	30°
Влезна температура на работниот флуид, T_{in}	
Дебелина на апсорберската плоча, δ_p	1,5 mm
Ефективен коефициент на трансмисија-апсорпција, $\eta_o = (\tau\alpha)$	0,82
Емисивност на апсорберската плоча, ε_p	0,9
Емисивност на обвивката на колекторот, ε_c	0,88
Дебелина на изолацијата (стаклена волна), δ_i	50 mm
Топлинска спроводливост на апсорберската плоча, $k_p (\lambda_p)$	384 W/mK
Топлинска спроводливост на апсорберската плоча, $k_i (\lambda_i)$	0,05 W/mK
Паднувачка енергија на сончево зрачење на единица површина од апсорберот, I_T	600 W/m ²

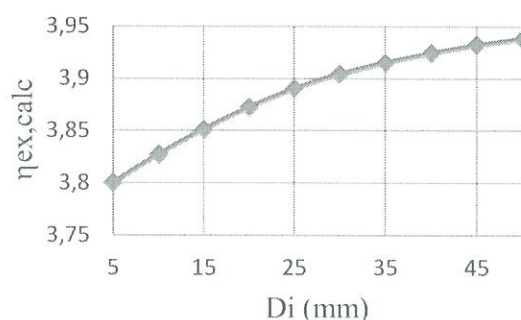
3. РЕЗУЛТАТИ ОД ЕКСЕРГЕТСКАТА АНАЛИЗА

На сликата 1 е прикажан карактерот на промената на ексергетската ефикасност во функција од влезната температура на работниот флуид. Дијаграмот покажува дека за одредена комбинација од конструктивни и работни параметри се постигнува максимална вредност на ексергетската ефикасност, при влезна температура на работниот флуид $T_{in} \approx 315-320$ K. Во затворен круг на систем на сончев колектор, доколку апсорбираната топлина не се искористува целосно, вообичаено доаѓа до постепен пораст на температурата на работниот флуид во резервоарот. Како последица од тоа доаѓа до постепен пораст на влезната температура на флуидот во колекторот.

На сликата 2 е претставена промена на ексергетската ефикасност во зависност од дијаметарот на колекторските цевки.



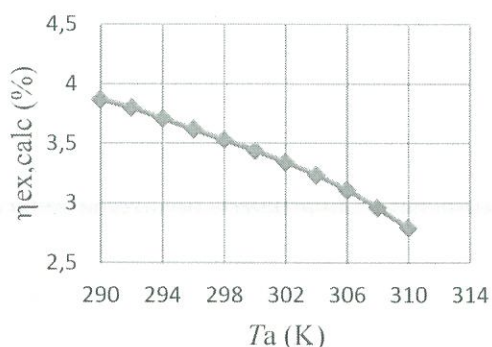
Сл. 1. Промена на ексергетската ефикасност во функција од влезната температура на работниот флуид



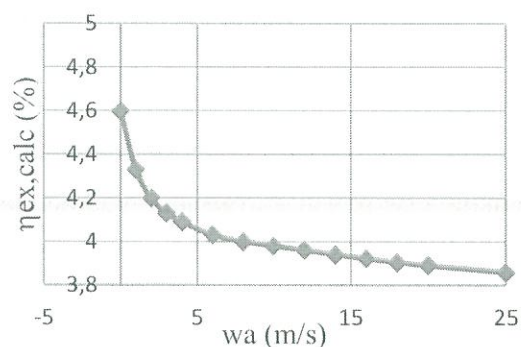
Сл. 2 Промена на ексергетската ефикасност во зависност од дијаметарот на цевките

Промената на ексергетската ефикасност во зависност од температурата на амбиентниот воздух е прикажана на дијаграмот на сл. 3. Дијаграмот покажува дека со пораст на околната температура доаѓа до значително опаѓање на ексергетската ефикасност на колекторот.

На дијаграмот на сликата 4 е претставена промена на ексергетската ефикасност во зависност од брзината на ветерот.

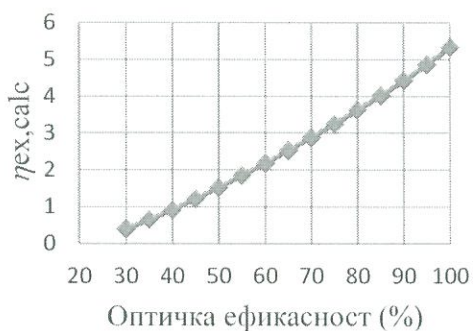


Сл. 3 Промена на ексергетската ефикасност во зависност од околната (амбиентната) температура

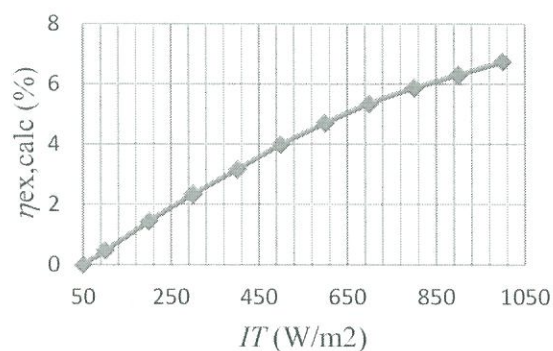


Сл. 4. Промена на ексергетската ефикасност во зависност од брзината на ветерот

Промената на ексергетската ефикасност во функција од порастот на оптичката ефикасност е дадена преку дијаграмот на сликата 4. Јасно е дека со пораст на оптичката ефикасност се покачува и ексергетската ефикасност, теоретски од околу 5,4 %, при 100 %-на оптичка ефикасност.



Сл. 5. Промена на ексергетската ефикасност во функција од оптичката ефикасност



Сл. 6. Промена на ексергетската ефикасност во зависност од интензитетот на сончевото зрачење на единица површина од апсорберската плоча

Промената на ексергетската ефикасност во зависност од интензитетот на сончево зрачење на единица површина од апсорберската плоча е илустрирана со дијаграмот на сл. 6.

4. ЗАКЛУЧОК

Оптичката ефикасност има големо влијание врз ексергетската ефикасност. Примената на оптички концентратори кај рамните сончеви колектори доведува до покачување на оптичката, а со тоа и на ексергетската ефикасност. Енергетската ефикасност на сончевите колектори расте според законитост без екстремни точки во функција од работните параметри. Непостоењето на такви точки на максимална вредност создава тешкотии при дизајнирањето на рамните сончеви колектори. Меѓутоа, промената на ексергетската ефикасност се карактеризира со точки на локални максимуми и точка на глобален минимум. Со пораст на интензитетот на дозрачена енергија во единица време на единична површина од апсорберската плоча расте и ексергетската ефикасност на колекторот.

Ексергетската ефикасност значително опаѓа при пораст на амбиентната температура и на брзината на ветерот. Со оглед на тоа што овие параметри се менуваат во текот на денот, ексергетската ефикасност исто така значително се менува во текот на денот. Со пораст на температурата на работниот флуид на влезот се покачува и ексергетската ефикасност, но по достигнувањето на максимална вредност при одредена температура ефикасноста започнува значително да опаѓа. Проектните карактеристики на колекторот, како на пример дијаметарот на цевките, имаат релативно мало влијание врз ексергетската ефикасност.

Ексергетската анализа на колекторот може да биде користена во склоп на покомплексна термодинамичка анализа при дизајнирање на слични системи, за воспоставување на оптимални параметри во одредени услови, дава можност за дефинирање оптимална работна зона, за лоцирање и квантификација на енергетските загуби, како и за барање начини за намалување на иреверзибилноста.

РЕФЕРЕНЦИИ

- [1] Kotas T.J. (1995). The exergy method of thermal plant analysis, Malabar, FL: Krieger Publish Company.
- [2] Bejan A. (1988). Advanced engineering thermodynamics. New York: Wiley Interscience; p. 133–7, 462–5.
- [3] Torres-Reyes E., Cervantes de Gortari J.G., Ibarra-Salazar B.A., Picon-Nunez M. (2001). A design method of flat-plate solar collectors based on minimum entropy generation. *Exergy*, 1(1), pp.46–52.

[4] Najian M. R. (2000). Exergy analysis of flat plate solar collector. MS Thesis, Tehran, Iran: Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Tehran University.

[5] Dutta Gupta KK, Saha SK. (1990). Energy analysis of solar thermal collectors. *Renewable Energy and Environment*: 283–7.

[6] Suzuki A. (1988). General theory of exergy balance analysis and application to solar collectors. *Energy*;13(2): 153–60.

[7] Suzuki A. (1988). A fundamental equation for exergy balance on solar collectors. *Journal of Solar Energy Engineering*;110(2):102–6.

ГЕНЕРИРАЊЕ НА ТИПИЧНА МЕТЕОРОЛОШКА ГОДИНА ЗА ПРИМЕНА КАЈ ФОТОВОЛТАИЧНИТЕ СИСТЕМИ

М-р Блерант Рамадани, Д-р. Димитар Димитров

Факултет за електротехника и информациски технологии

Универзитет "Св. Кирили и Методиј" - Скопје

blerant.ramadani@unt.edu.mk

ddimitar@feit.ukim.edu.mk

Abstract: One of the most important parameters when designing photovoltaic systems is the data of solar radiation for a certain location, where the project is planned to be realized. This paper presents a method of generating a typical meteorological year (TMY), for a specific location in Macedonia, based on data of solar radiation obtained by satellite measurements. Solar radiation data for the specified location were taken from NASA's databases and four PVGIS databases, and the same data were used to analyze the level of deviation from each other. The analysis uses databases of solar radiation and air temperature for a period of several years. Using the generated TMY, a simulation of the performance of the PV system can be done, by applying various software tools for designing PV systems.

Key words: Solar radiation, typical meteorological year, database, analyze

