

Експериментален стенд за оползотворяване на слънчевата радиация с термодинамичен колектор с директно изпарение на хладилния агент

Мерима Златева, Станимир Калчевски, Трайчо Траянов

Резюме: Представена е функционална схема на експериментален стенд за оползотворяване на потенциала на слънчевата радиация. Стендът осигурява възможност за изследване на експлоатационните параметри на система с термopомпен агрегат тип „слънце-вода“ с изпарител термодинамичен колектор в режими на отопление и на подгряване на вода за битови нужди.

Ключови думи: термодинамичен слънчев колектор, възобновяеми енергийни източници, системи за битово горещо водоснабдяване с възобновяеми източници, отопление с възобновяеми източници

Experimental stand for utilizing solar radiation with thermodynamic solar collector with direct evaporation of the refrigerant

Merima Zlateva, Stanimir Kalchevski, Traicho Trayanov

Abstract: It is presented a functional scheme of an experimental stand for utilization of the potential of solar radiation. The stand provides an opportunity for investigation the operational performance of a system with heat pump type "sun-water" with evaporator thermodynamic collector for heating and domestic hot water supply.

Key words: thermodynamic solar collector, renewable energy sources, systems for domestic hot water supply utilizing renewable sources, heating with renewable sources

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ-София-2014 г.

Въведение

Производството на топлинна енергия от конвенционални горива е свързано с емисии, засилващи естествения парников ефект на земята, а ограничените им залежи обуславят все по-големия интерес към възобновяемите енергийни източници. Ефективността на топлотехническите слънчеви системи зависи както от климатичните условия на района, така и от топлотехническите характеристики на използваните в тях елементи.

В последните години в специализираните среди все по-нарастващ е интересът към термодинамичните слънчеви колектори, представляващи основна част на термopомпен агрегат тип „слънце-вода“ за отопление и битово горещо водоснабдяване. На европейския пазар се предлагат подобни изделия (Solar PST), (Kerry Solar Heating), (Thermopanel) и др.) за чиито топлотехнически характеристики и ефективност все още не се посочват конкретни данни. За пръв път изпитание на такъв тип система е проведено през интервала януари 2014 г. – юни 2014 г. от Националния център по ВЕИ на Великобритания (National Renewable Energy Centre).

Целта на представения експериментален стенд е да се изследва поведението и да се оцени ефективността на термopомпен агрегат „слънце-вода“ с термодинамичен колектор при различни експлоатационни условия. Получените резултати ще бъдат използвани за верификация на симулационни модели на системите и анализ на приложимостта им за климатичните условия на България.

Термични слънчеви колектори и ефективност на преобразуване на слънчевата радиация

Термичните слънчеви колектори трансформират пряката и дифузната радиация в топлина. Най-широко разпространени в практиката са обикновените колектори, чиято слънцеприемаща повърхнина не влияе върху интензитета на попадащата слънчева радиация. Според конструкцията им се класифицират като нискотемпературни (абсорбер-колектори и плоски) и среднотемпературни (вакуумнотръбни). Ефективността им зависи от директните загуби на топлина при непълното преминаване и абсорбцията на слънчевата радиация и индиректни загуби от излъчване и конвекция към околната среда:

$$\eta_{\text{СК}} = \frac{Q_{\text{СК}}}{A_{\text{СК}} \cdot I_0} = \frac{F_R \cdot [I_0 \cdot (\tau \cdot \alpha) - U_L \cdot (t_{\text{СК}} - t_{\text{ВН}})]}{I_0}$$

където F_R е коефициентът на отвеждане на топлина от колектора, отчитащ променливата интензивност на топлопреносния процес между загрявания и топлоносителя в абсорбера;

$(\tau \cdot \alpha)$ - приведена поглъщателна способност на колектора за съответния ъгъл на падане на слънчевите лъчи;

U_L - коефициент на топлинни загуби на колектора, W/m^2K ;

I_0 - интензитет на глобалната (пряка и дифузна) слънчева радиация върху повърхнината на колектора, W/m^2 ;

$t_{\text{СК}}$ - средна температура на топлоносителя в колектора, $^{\circ}C$;

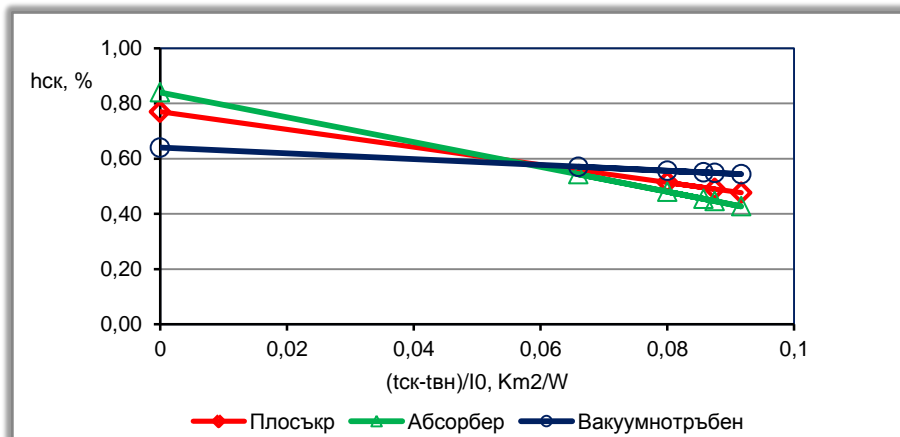
$t_{\text{ВН}}$ - температура на външния въздух, $^{\circ}C$;

$A_{\text{СК}}$ - повърхнина на абсорбера, m^2 .

Ефективността на слънчевия колектор може да бъде представена като линейна зависимост от комплекса $(t_{\text{СК}} - t_{\text{ВН}})/I_0$, отчитащ влиянието на климата и експлоатационните параметри на системата. Максималната ефективността за конкретен вид колектор се постига при $(t_{\text{СК}} - t_{\text{ок}}) = 0$, а стойността ѝ зависи от коефициентите на пропускане на прозрачното покритие τ и на поглъщане α на абсорбера, които формират оптичните му загуби.

От показаният на Фигура 1 принципен характер на изменение на ефективността на трите вида колектори (плосък, вакуумнотръбен и абсорбер-колектор) като функция на комплекса $(t_{\text{СК}} - t_{\text{ВН}})/I_0$ може да се направят следните изводи:

- И за трите вида колектори ефективността е максимална при $t_{\text{СК}} - t_{\text{ВН}} = 0$, като при определена средна температура на загрявания топлоносител намалява с понижение на външната температура;
- Конструкцията и наличието на прозрачно покритие при вакуумнотръбните и плоски колектори определят по-ниски топлинни загуби.
- Липсата на прозрачното покритие обуславя по-високата оптична ефективност на абсорбер-колекторите при $t_{\text{СК}} - t_{\text{ВН}} = 0$;
- При използване на абсорбер-колектори като изпарител в термopомпен агрегат може да се очаква повишаване на оптичната им ефективност вследствие по-високата стойност на коефициента на отвеждане на топлина F_R .



Фигура 1. Ефективност на слънчеви колектори

Функционална схема на експерименталния стенд за оползотворяване на слънчевата радиация с термодинамичен колектор

Експерименталният стенд е разработен с цел изследване на параметрите на термопомпен агрегат тип „слънце-вода“ при реални експлоатационни условия и оценка на ефективността му за климатичните условия на България.

За изпълнение на поставената цел се предвижда да бъдат изпълнени следните задачи:

- Определяне на ефективността на абсорбер-колектора при различни стойности на слънчевата радиация и на температурите на външния въздух и на изпарение на хладилния агент;
- Извеждане на функционалната зависимост $\eta_{ск} = f[(t_{ск} - t_{вн})/I_0]$;
- Оценка на коефициента на преобразуване на термопомпния агрегат при различни параметри на околната среда - слънчевата радиация и температура на външния въздух;
- Анализ на потенциала за добив на топлинна енергия за подгриване на топлоносител за битово горещо водоснабдяване при различни характерни профили на дневна консумация;
- Изследване на стратификацията в акумулацията съд при различни режими на консумация;
- Оценка на възможностите за използване на термопомпния агрегат тип „слънце-вода“ за подгриване на топлоносител за нискотемпературно отопление;
- Сравнителен анализ на експлоатационните характеристики на термопомпния агрегат при работа с изпарител тип пластинчат топлообменник и абсорбер-колектор.

Функционалната схема на експерименталния стенд е показана на Фигура 2 . Обособени са два циркуляционни кръга.

Циркуляционен кръг термопомпен агрегат

За преобразуване на слънчевата енергия в топлина се използва термопомпен агрегат тип „слънце-вода“ с отоплителна мощност 5 400 W. Изпарителят е оформен като абсорбер-колектор, в който хладилният агент се изпарява под въздействието на пряката и дифузна слънчева радиация. Поддържането на определено налягане гарантира подходяща температура на изпарение и възможност за допълнително оползотворяване на потенциала

на атмосферния въздух и дъждовна вода. Кондензаторът е с водно охлаждане и е оформен като пластинчат топлообменен апарат, комплектуван с циркуляционна помпа за охлаждащия топлоносител.

Циркуляционен кръг на топлинни консуматори

За съхранение на добитата топлинна енергия е предвиден обемен топлинен акумулатор с вградена серпентина, комплектуван с електрически нагревател с мощност 3 kW, термостат, обезвъздушителен и предпазен клапан. Чрез регулиращ вентил по пътя на загряваната водопроводна вода е осигурена възможност за симулиране на различни режими на консумация на топлоносител за битово горещи водоснабдяване.

С цел анализ на възможностите за работа на системата в режим отопление паралелно към топлинния акумулатор са монтирани 2 бр. вентилаторни конвектори за подов монтаж тип „въздух-вода“ с отоплителна мощност по 3000 W.

Разработената функционална схема създава възможност за измерване на параметрите на системата в режим на отопление и битово горещо водоснабдяване при различни експлоатационни условия.

Измервани експлоатационни параметри

Осигурена е възможност за измерване на следните експлоатационни параметри на системата:

- Околна среда

С метеорологична станция се измерват параметрите:

- ✓ Температура на въздуха;
- ✓ Влажност на въздуха;
- ✓ Скорост и посока на вятъра;
- ✓ Количество валежи;
- ✓ Интензитет на пряката и дифузна слънчева радиация.

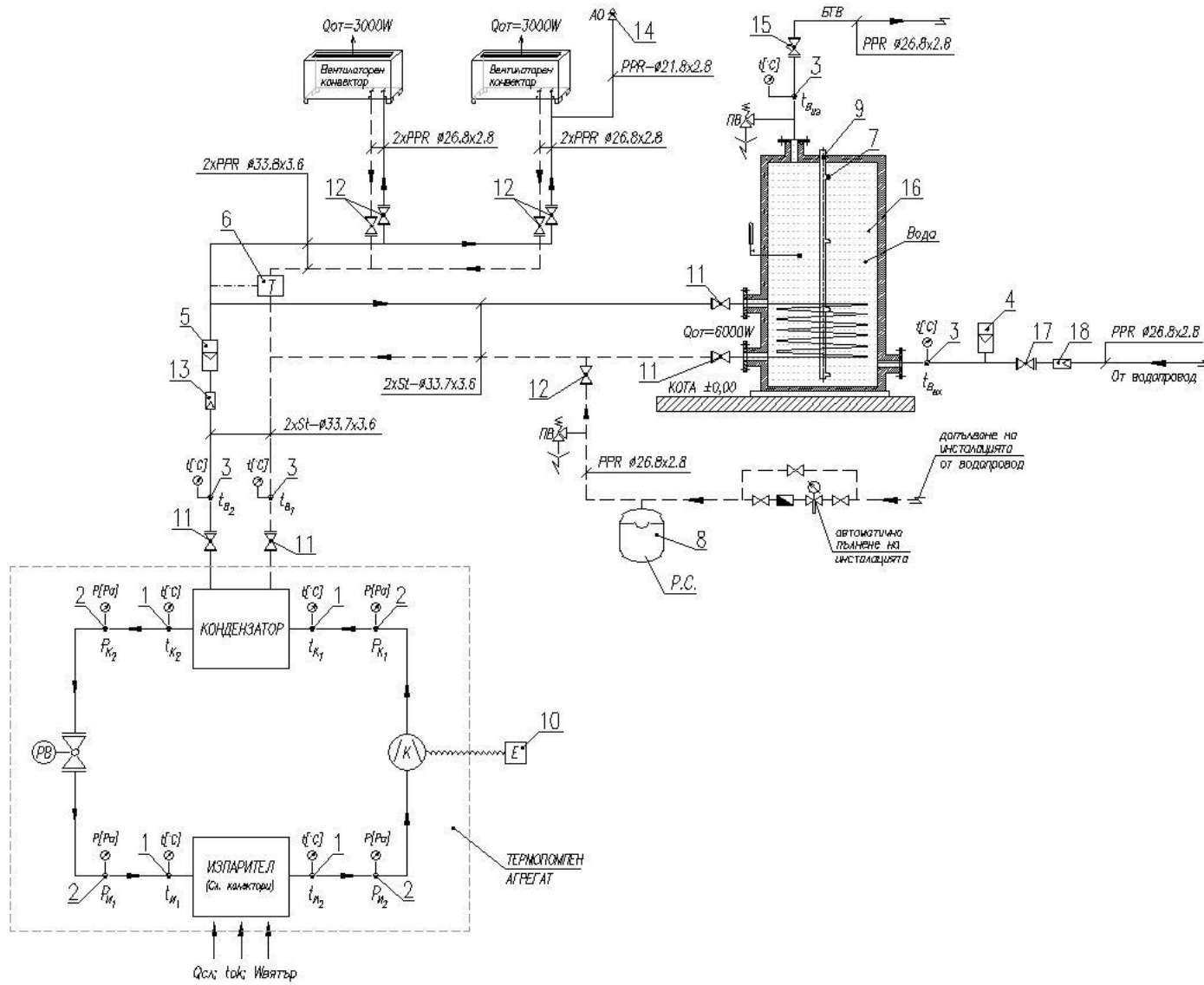
- Циркуляционен кръг термопомпен агрегат

Измерват се параметрите на хладилния агент в следните характерни точки:

- ✓ температури на хладилния агент на входа и изхода на изпарителя;
- ✓ температури на хладилния агент на входа и изхода на кондензатора;
- ✓ налягане на хладилния агент на входа и изхода на изпарителя;
- ✓ налягане на хладилния агент на входа и изхода на кондензатора;
- ✓ консумирана електрическа енергия от компресора за интервала на измерване.

- Циркуляционен кръг на топлинни консуматори

- ✓ температури на топлоносителя на входа и изхода на кондензатора;
- ✓ дебит на топлоносителя;
- ✓ консумирана топлинна енергия за интервала на измерване.
- ✓ температурно разпределение по височина на топлинния акумулатор.
- ✓ температури на загрявания топлоносител на входа и изхода на топлинния акумулатор;
- ✓ дебит на загрявания в топлинния акумулатор топлоносител.



Фигура 2 Експерименталния стенд за оползотворяване на слънчевата радиация с термодинамичен колектор

Таблица 1 Основни означения

ЛЕГЕНДА

| ПОЗ. | НАИМЕНОВАНИЕ | БР. |
|------|--|-----|
| 1. | Датчик за температура на фреона. | 4 |
| 2. | Манометър за налягане на фреона. | 4 |
| 3. | Датчик за температура на водата. | 4 |
| 4. | Ротъметър за студена вода 3/4". | 1 |
| 5. | Ротъметър за топла вода 1". | 1 |
| 6. | Топломер. | 1 |
| 7. | Температурни датчици за измерване на стратификацията. | 4 |
| 8. | Разширителен мембранен съд 15л, комплект с предпазен клапан. | 1 |
| 9. | Сонда за измерване на стратификацията. | 1 |
| 10. | Електромер. | 1 |
| 11. | Сферичен кран за топла вода 1". | 4 |
| 12. | Сферичен кран за топла вода 3/4". | 5 |
| 13. | Филтър за топла вода 1". | 1 |
| 14. | Автоматичен обезвъздушител 1/2". | 1 |
| 15. | Кран за топла вода с прецизно контролиране на дебита. | 1 |
| 16. | Термоизолиран бойлер 200л със серпентина 10KW, предп. и рег. арматура. | 1 |
| 17. | Сферичен кран за студена вода 3/4". | 1 |
| 18. | Филтър за студена вода 3/4". | 1 |

Заклучение

Разработеният експериментален стенд осигурява възможност за изследване на експлоатационните параметри на термопомпен агрегат с изпарител – термодинамичен слънчев колектор и оценка на ефективността както на отделните елементи, така и на цялата система при различни режими на консумация на добитата топлинна енергия.

Литература

<http://www.munsterservices.com/thermodynamic-solar-energy/>. (н.д.). Свалено от <http://www.munsterservices.com>.

Kerry Solar Heating. (2014). <http://www.kerrysolar.com/thermodynamic-solar-panel/>. Свалено от <http://www.kerrysolar.com>.

National Renewable Energy Centre. (н.д.). Свалено от <http://www.narecde.co.uk/>.

Solar PST. (2014). <http://www.solarpst.com/index.htm?categoryId=4&contentId=5>. Свалено от <http://www.solarpst.com>.

Thermopanel. (н.д.). <http://www.thermopanel.ie/comparison>. Свалено от <http://www.thermopanel.ie>.

Автори:

доц. д-р инж. Мерима Йорданова Златева, Технически университет София, mzlat@tu-sofia.bg

доц. д-р инж. Станимир Калчев Калчевски

маг. инж. Трайчо Асенов Траянов, Технически университет София