



СЛУЖЕБНА БЕЛЕЖКА

Nº 52 / 06.06.14

Редакционния борд на годишника на ТУ – София, Филиал Пловдив
Journal of Fundamental Sciences and Applications, издава настоящата
бележка в уверение на това че статията:

„МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛАТЕНТЕН ТОПЛИНЕН
АКУМУЛАТОР КАТО ЧАСТ ОТ СЛЪНЧЕВА ТОПЛИННА СИСТЕМА”

с автор: АНАСТАС СТОЯНОВ

е приета за отпечатване в том 20 за 2014 г.

Главен Редактор:

/проф. дфн дтн М. Ненчев/

Директор Филиал:

/проф. д-р инж. М. Петров/





МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЛАТЕНТЕН ТОПЛИНЕН АКУМУЛАТОР КАТО ЧАСТ ОТ СЛЪНЧЕВА ТОПЛИННА СИСТЕМА

АНАСТАС СТОЯНОВ

Резюме: *Разработена е методика за изследване на латентен топлинен акумулатор с течен топлоносител, като част от слънчева топлинна система с термopомпа. Показано е положението на използваните измервателни уреди спрямо латентния акумулатор. Дефинирани са измерваните величини и точността на измерването им. Посочени са използваните измервателни уреди и последователността при провеждане на изпитването.*

Ключови думи: *материали с промяна на фазовото състояние, топлинен латентен акумулатор, термopомпа, слънчеви колектори, измервателна система*

METHODOLOGY FOR THE STUDY OF LATENT HEAT ACCUMULATOR AS A PART OF SOLAR SYSTEM

ANASTAS STOYANOV

Abstract: *Methodology for the Study of the heat latent accumulator with a liquid heat carrier as part of a solar thermal system with heat pump has been developed. The position of the measuring instruments used compared to the heat latent accumulator is presented. The measured values and the accuracy of their measurement are defined. The used measuring equipment and the consistency in the test are specified.*

Key words: *phase change materials, heat latent accumulator, heat pump, solar collectors, measuring system*

1. Въведение

Целта на разработката е да се определят топлотехническите характеристики на слънчева енергопреобразуваща топлинна система с течен топлоносител, плоски слънчеви колектори, латентен топлинен енергиен акумулатор на основата на материали с промяна на фазовото състояние (МПФС) и термopомпа „вода-вода“ без допълнителен източник на енергия [1]. Цели се също да се даде възможност за извършване на

сравнителна оценка на такива слънчеви системи при използване на различни МПФС в латентния топлинен акумулатор.

Необходимо е да бъде приложена техническата документация на образците както следва [2, 3]:

2. Техническа документация

2.1. Плоски слънчеви колектори с течен

топлоносител:

- габаритни размери;
- приемна повърхност, съвпадаща с активната площ на абсорбера;
- маса на колектора;
- вид на топлоносителя и неговото количество в колектора;
- работно налягане;
- физико-механични и химични характеристики на материала на поглъщащото покритие на абсорбера;
- брой, материал и физико-механични характеристики на прозрачното покритие на колектора;
- вид, търговско наименование и физико-механични характеристики на топлинната изолация;
- физико-механични характеристики, конструктивни особености и тегло на колекторната кутия.

2.2. Латентен топлинен акумулатор на основата на МПФС с течен топлоносител за зареждане и разреждане:

- вид, брой и конструктивни особености на контейнери за използвания при изпитването МПФС;
- топлообменна повърхност на единичен контейнер;
- спецификация на използвания при изпитването МПФС, съдържаща физико-химичните му свойства;
- обем на съхранявания от единичен контейнер МПФС;
- физико-химични характеристики на използвания топлоносител;
- обем на топлоносителя в акумулатора;
- техническа спецификация на използваните топлообменници за топлинно зареждане и разреждане;
- общ обем на акумулатора;
- номинален дебит на топлоносителя през всеки един от използваните топлообменници в акумулатора;
- температура на околната среда;
- тегло на топлообменния апарат;
- номинален дебит на топлоносителя през всеки от топлообменниците за зареждане и разреждане на акумулатора;
- номинален температурен режим на работа;
- вид, търговско наименование и физико-механични свойства на топлинната изолация на акумулатора.

2.3. Термопомпен агрегат „вода-вода“:

- тип, производител и търговско

наименование на термопомпата;

- тип на компресора;
- номинална инсталирана мощност на компресора;
- вид на хладилния агент;
- ходов обем на компресора;
- номинално студопроизводство;
- номинална температура на изпарение;
- номинална температура на кондензация;
- температура на околната среда;
- габаритни размери на изпарителя и кондензатора;
- топлообменна повърхност на изпарителя и кондензатора;
- физико-механични характеристики на използваните материали и конструктивни особености на изпарителя и кондензатора;
- тегло на термопомпния агрегат;
- работно налягане във всеки от топлообменници за зареждане и разреждане в акумулатора.

3. Теоретична част

3.1. Ефективност на плосък слънчев колектор с течен топлоносител:

Ефективността на единичен слънчев колектор с течен топлоносител се определя като отношение на пълния топлинен поток, отведен от колектора и пълното количество слънчева радиация, попаднала върху неговата повърхност, определени за единица време:

$$\eta_{ск} = \frac{\dot{Q}_{ск}}{A_{аб} \cdot I_{ск}} \quad (1)$$

Добитото количество топлинна енергия от Слънцето за единица време се определя от:

$$\dot{Q}_{ск} = \dot{m}_{ск} \cdot c_{ск} \cdot (t''_{ф.ск} - t'_{ф.ск}) \quad (2)$$

$\dot{m}_{ск}$ – масов дебит на топлоносителя през слънчевия колектор, kg/s ;

$c_{ск}$ – специфичен топлинен капацитет на топлоносителя в слънчевия колектор, $J/kg.K$;

$t'_{ф.ск}$ – входяща температура на топлоносителя в слънчевия колектор, $^{\circ}C$;

$t''_{ф.ск}$ – изходяща температура на флуида от слънчевия колектор, $^{\circ}C$;

$A_{аб}$ – площ на абсорбера на слънчевия колектор, m^2 ;

$I_{ск}$ – интензитет на сумарната слънчева радиация, попаднала на повърхността на колектора, W/m^2 .

3.2. Ефективност на латентния топлинен акумулатор на основата на МПФС с течен топлоносител [3]:

Обобщената ефективност $\eta_{ак}$ на латентния акумулатор, включващ процесите на зареждане и разреждане се състои от три частни ексергийни ефективности – ексергийна ефективност при зареждане ξ_z , ексергийна ефективност отчитаща загубите към околната среда $\xi_{ок}$ и ексергийна ефективност при разреждане ξ_p :

$$\eta_{ак} = \xi_z \cdot \xi_{ок} \cdot \xi_p \quad (3)$$

3.3. Определяне загубите към околната среда:

Ефективността на акумулатора се определя като отношение на ексергията при разреждане към ексергията при зареждане и представлява функция на отношението на температурите. В експерименталната уредба е възможна единствено ниско температурна акумулация:

$$\xi_{ок} = e^{\frac{2k \cdot A \cdot z}{m_{ак} \cdot c_p}} \quad (4)$$

където:

A – повърхност на акумулатора, m^2 ;

c_p – специфичен топлинен капацитет при постоянно налягане на топлоносителя през изпарителя на термopомпата или през консуматора, $J/kg \cdot K$;

$m_{ак}$ – акумулираща маса, kg .

Използвания латентен акумулатор съдържа едновременно МПФС и течностен топлоносител:

$$m_{ак} = m_{МПФС} + m_{тт} \quad (5)$$

z – време отчетено от момента на завършване на зареждането на латентния акумулатор, s ;

k – обобщен коефициент на топлопреминаване, $W/m^2 \cdot K$.

Определянето на k е както следва:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\pi \cdot d_1 \cdot \alpha_1} + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_1 \cdot l} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_2 \cdot l} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\pi \cdot d_3 \cdot \alpha_2}} \quad (6)$$

l – височина на съда на латентния акумулатор, m ;

d_1 – вътрешен диаметър на съда на латентния акумулатор, m ;

d_2 – външен диаметър на съда на латентния акумулатор без топлинната изолация, m ;

d_3 – външен диаметър на съда на латентния акумулатор с топлинната изолация, m ;

α_1 – коефициент на топлопредаване между топлоносителя през изпарителя на термopомпата или през консуматора и вътрешната стена на латентния акумулатор, $W/m^2 \cdot K$;

α_2 – коефициент на топлопредаване между топлоизолационния слой на латентния акумулатор и околната среда, $W/m^2 \cdot K$;

α_1 и α_2 се определят в зависимост от конкретните условия, при които се извършва топлопренасянето и най-често се използват справочни данни. Имайки предвид условията на настоящия експеримент се приемат

$\alpha_1 = 300 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ за случая на свободно движение

на течностния топлоносител в акумулатора, поради малкия му дебит през циркуляционната

помпа и $\alpha_2 = 4 \frac{W}{m^2 \cdot K}$ за случая на въздух под

атмосферно налягане и естествена конвекция. За по-прецизно изчисление е възможно определянето на α_2 да се извърши по:

$$\alpha_2 = B \sqrt{4t_{изол} - t_{ок}} \quad (7)$$

където при цилиндрична стена на латентния акумулатор $B = 2,56$.

3.4. Ефективност на термopомпения агрегат „вода-вода“, зададена чрез отоплителен коефициент [2, 5]:

Отопителният коефициент на термopомпата k_o се определя като отношение на кондензаторната мощност $\dot{Q}_к$ и консумираната електрическа мощност N_{mn} :

$$k_o = \frac{\dot{Q}_k}{N_{mn}} \quad (8)$$

Кондензаторната мощност се определя като:

$$\dot{Q}_k = \dot{m}_k \cdot c_k \cdot (t''_{ф.к} - t'_{ф.к}) \quad (9)$$

където:

$\dot{m}_k$ – масов дебит на топлоносителя през кондензатора, kg/s ;

c_k – специфичен топлинен капацитет на топлоносителя в кондензатора, $J/kg.K$;

$t'_{ф.к}$ – входяща температура на топлоносителя в кондензатора, $^{\circ}C$;

$t''_{ф.к}$ – изходяща температура на топлоносителя от кондензатора, $^{\circ}C$.

3.5. Обща ефективност на система с течностни слънчеви колектори, латентен акумулатор и термопомпа „вода-вода“ (без допълнителен източник на енергия):

Ефективността на системата се определя като отношение на спечеленото от Слънцето и околната среда количество топлина за единица време към пълното количество вложена енергия за единица време:

$$\eta_c = \frac{\dot{Q}_{ck}}{\dot{Q}_{ck} + N_{mn} + N_{ун}^{ck} + N_{ун}^{МПФС} + N_{ун}^{cmp} + N_{ун}^{изп} + N_{ун}^k + N_{ел}^{упр}} \quad (10)$$

N_{mn} – консумирана мощност от компресора на термопомпата, W ;

$N_{ун}^{ck}$ – консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура на слънчевия колектор, W ;

$N_{ун}^{МПФС}$ – консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура за зареждане на латентния акумулатор, W ;

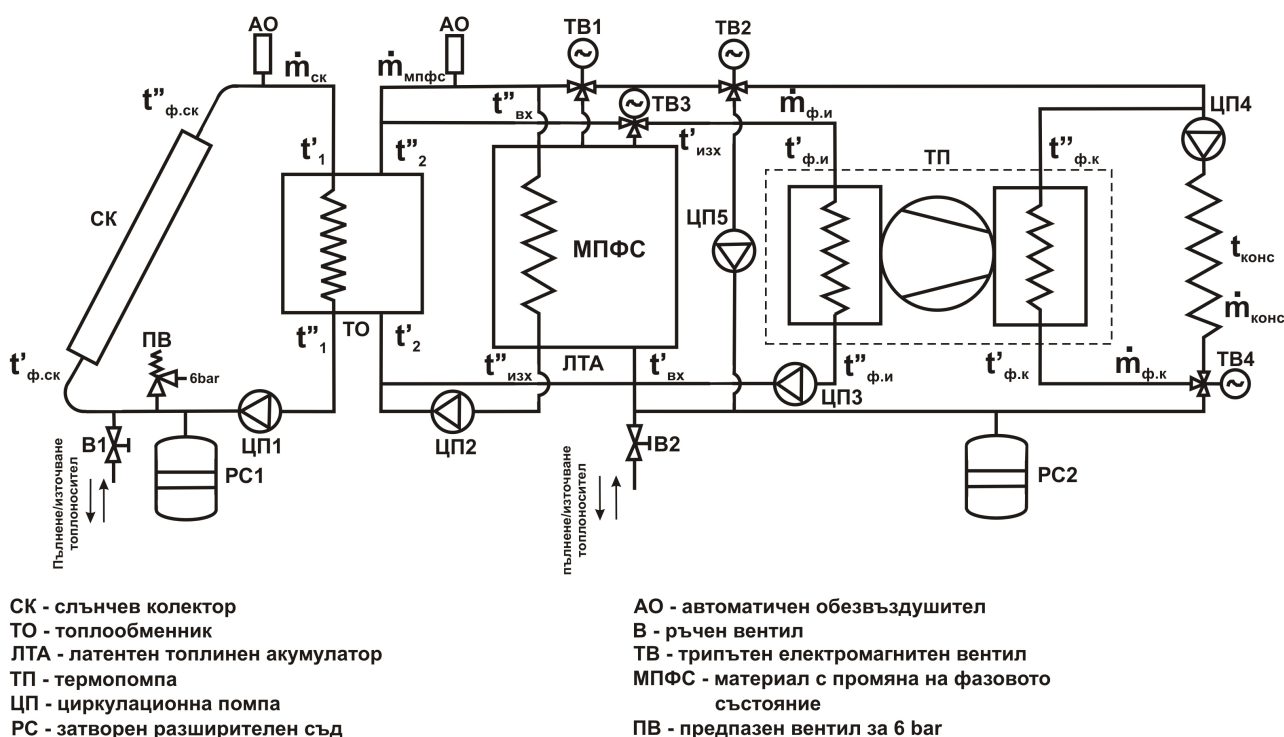
$N_{ун}^{cmp}$ – консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура за намаляване на стратификацията в латентния акумулатор, W ;

$N_{ун}^{изп}$ – консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура на изпарителя, W ;

$N_{ун}^{ck}$ – консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура на кондензатора, W ;

$N_{ел}^{упр}$ – консумирана мощност от управляващата системата микропроцесорна апаратура, измервателно и друго оборудване, W .

Принципна схема на изпитваната слънчева система е показана на Фиг.1.



Фиг. 1 Принципна схема на слънчева система с течностни слънчеви колектори, латентен акумулатор и термопомпа „вода-вода“

4. Провеждане на изпитанието

4.1. Видове измервани величини:

- Интензитет на сумарната слънчева радиация върху равнината на слънчевия колектор – $I_{ск}$, W/m^2 ;

- Температура на околната среда – $t_{ок}$, °C;

- Температура на външната страна на изолационния слой на латентния акумулатор – $t_{изол}$, °C;

- Входяща температура на топлоносителя в слънчевия колектор – $t'_{ф.ск}$, °C;

- Изходяща температура на топлоносителя от слънчевия колектор – $t''_{ф.ск}$, °C;

- Температура на топлоносителя в контура на слънчевия колектор, измерена на входа на топлообменния апарат – t'_1 , °C;

- Температура на топлоносителя в контура на слънчевия колектор, измерена на изхода на топлообменния апарат – t''_1 , °C;

- Температура на топлоносителя в контура на латентния акумулатор, измерена на входа на топлообменния апарат – t'_2 , °C;

- Температура на топлоносителя в контура на латентния акумулатор, измерена на изхода на топлообменния апарат – t''_2 , °C;

- Входяща температура на топлоносителя в изпарителя на термопомпата – $t'_{ф.и}$, °C;

- Изходяща температура на топлоносителя от изпарителя на термопомпата – $t''_{ф.и}$, °C;

- Входяща температура на топлоносителя в кондензатора на термопомпата – $t'_{ф.к}$, °C;

- Изходяща температура на топлоносителя от кондензатора на термопомпата – $t''_{ф.к}$, °C;

- Входяща температура на топлоносителя в контура на топлообменния апарат, измерена на входа на латентния акумулатор – t'_{ex} , °C;

- Изходяща температура на топлоносителя в контура на топлообменния апарат, измерена на изхода на латентния акумулатор – $t''_{изх}$, °C;

- Входяща температура на топлоносителя в контура на термопомпата или консуматора, измерена на входа на латентния акумулатор – t'_{ex} , °C;

- Изходяща температура на топлоносителя в контура на термопомпата или консуматора, измерена на изхода на латентния акумулатор –

$t'_{изх}$, °C;

- Температура измерена при консуматора –

$t_{конс}$, °C;

- Масов дебит на топлоносителя в контура на слънчевия колектор и топлообменния апарат –

$\dot{m}_{ск}$, kg/s;

- Масов дебит на топлоносителя в контура на топлообменния апарат и латентния акумулатор –

$\dot{m}_{МПФС}$, kg/s;

- Масов дебит на топлоносителя в контура на изпарителя на термопомпата и латентния

акумулатор – $\dot{m}_{ф.и}$, kg/s;

- Масов дебит на топлоносителя в контура на кондензатора на термопомпата и консуматора –

$\dot{m}_{ф.к}$, kg/s;

- Масов дебит на топлоносителя в контура на консуматора – $\dot{m}_{конс}$, kg/s;

- Налягане на хладилния агент в изпарителя на термопомпата – $p_{х.и}$, kg/cm²;

- Налягане на хладилния агент в кондензатора на термопомпата – $p_{х.к}$, kg/cm²;

- Скорост на вятъра – v , m/s;

- Консумирана мощност от компресора на термопомпата – $N_{мп}$, W;

- Консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура на слънчевия колектор – $N_{цп}^{ск}$, W;

- Консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура за зареждане на латентния акумулатор – $N_{цп}^{МПФС}$, W;

- Консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура за намаляване на стратификацията в латентния акумулатор – $N_{цп}^{сmp}$, W;

- Консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура на изпарителя – $N_{цп}^{изп}$, W;

- Консумирана мощност от циркуляционната помпа, включена в контура на кондензатора – $N_{цп}^к$, W;

- Консумирана мощност от управляващата системата микропроцесорна апаратура, измервателно и друго оборудване – $N_{вл}^{ynp}$, W.

4.2. Условия и режими на изпитване:

4.2.1. Измерването на всички величини в дадения режим се провежда едновременно през всеки 3 минути, в течение на 27 минутен интервал.

4.2.2. Изпитанията се провеждат в квазистационарни условия.

4.2.3. Изпитваните колектори се ориентират към Слънцето и се установяват с ъгъл на наклон към хоризонта равен на $\varphi - \delta$, където φ е географската ширина, а δ е деклинацията.

4.2.4. В течение на 27 минутния интервал на измерване е задължително да се изпълнят следните условия:

- масовите дебити на топлоносителите в контурите на: слънчевите колектори $\dot{m}_{ск}$, топлообменния апарат и латентния акумулатор $\dot{m}_{МПФС}$, изпарителя на термopомпата и латентния акумулатор $\dot{m}_{ф.и.}$, кондензатора на термopомпата $\dot{m}_{ф.к.}$, консуматора $\dot{m}_{конс}$, трябва да се поддържат с точност $\pm 5\%$;

- измерваните температури трябва да се поддържат с точност $\pm 1^\circ\text{C}$;

- изменението на интензитета на сумарната слънчева радиация не трябва да превишава $\pm 10\%$;

- грешката на монтажа на слънчевите колектори по отношение на ъгъла на наклон към хоризонта не трябва да превишава $\pm 2\%$;

- изменението на измерваните електрически мощности не трябва да превишава $\pm 5\%$;

- изменението на скоростта на вятъра v не трябва да превишава $\pm 0,5 \text{ m/s}$ (когато $v < 2 \text{ m/s}$ се приема $v = 0 \text{ m/s}$).

4.3. Обработка на експерименталните резултати:

4.3.1. Средноинтегралните, за 27 минутния интервал на измерване на температурите се определя както следва:

$$\bar{t} = \left(\frac{t_1 + t_{10}}{2} + \sum_{i=2}^9 t_i \right) \cdot \frac{\Delta \tau_i}{\tau_0} \quad (11)$$

t_1 и t_{10} – стойности на температурите, получени при първо и последно измерване за 27 минутен интервал на измерване, $^\circ\text{C}$;

t_i – стойност на температурата, получена при междинни измервания, $^\circ\text{C}$;

$\Delta \tau_i = 3 \text{ min}$ – промеждутък от време между две последователни измервания;

$\tau_0 = 27 \text{ min}$ – продължителност на един интервал на измерване;

4.3.2. Средноинтегрална, за 27 минутния интервал на измерване, стойност на интензитета на сумарната слънчева радиация върху повърхността на колектора се определя както следва:

$$\bar{I}_{ск} = \left(\frac{I_1 + I_{10}}{2} + \sum_{i=2}^9 I_i \right) \cdot \frac{\Delta \tau_i}{\tau_0} \quad (12)$$

4.3.3. Средноинтегрална, за 27 минутния интервал на измерване, стойност на масовия дебит на топлоносителите се определя както следва:

$$\bar{m} = \left(\frac{m_1 + m_{10}}{2} + \sum_{i=2}^9 m_i \right) \cdot \frac{\Delta \tau_i}{\tau_0} \quad (13)$$

4.3.4. Средноинтегрална, за 27 минутния интервал на измерване, стойност на налягането на хладилния агент на кондензация и изпарение:

$$\bar{p} = \left(\frac{p_1 + p_{10}}{2} + \sum_{i=2}^9 p_i \right) \cdot \frac{\Delta \tau_i}{\tau_0} \quad (14)$$

4.3.5. Средноинтегрална, за 27 минутния интервал на измерване, стойност на скоростта на вятъра се определя както следва:

$$\bar{v} = \left(\frac{v_1 + v_{10}}{2} + \sum_{i=2}^9 v_i \right) \cdot \frac{\Delta \tau_i}{\tau_0} \quad (15)$$

4.3.6. Средноинтегралните, за 27 минутния интервал на измерване, стойности на електрическите мощности на компресора на термopомпата и циркулационните помпи се определя както следва:

$$\bar{N} = \left(\frac{N_1 + N_{10}}{2} + \sum_{i=2}^9 N_i \right) \cdot \frac{\Delta \tau_i}{\tau_0} \quad (16)$$

4.4. Точност на измерваните величини:

4.4.1. Допустими отклонения на пряко измерваните величини:

- интензитетът на сумарната слънчева радиация трябва да се измерва с точност $\pm 2\%$;

- температурите трябва да се измерват с точност $\pm 2\%$;

- масовият дебит на топлоносителите трябва

да се измерват с точност $\pm 2\%$;

- скоростта на вятъра трябва да се измерва с точност $\pm 6\%$;

- електрическите мощности трябва да се измерват с точност $\pm 5\%$.

4.4.2. Допустими отклонения на косвено измерваните величини:

- кондензаторната мощност на термопомпата трябва да се измерва с точност $\pm 6\%$;

- пълният полезен топлинен поток, отведен от слънчевите колектори, трябва да се измерва с точност $\pm 6\%$;

- ефективността на слънчевите колектори трябва да се измерва с точност $\pm 6\%$;

- отоплителният коефициент на термопомпата трябва да се измерва с точност $\pm 6\%$;

- общата ефективност на слънчевата система трябва да се измерва с точност $\pm 6\%$.

4.4.3. Използвани измервателни уреди:

- 8-канален програмируем индикатор TC800 (Табл.1.) с 8 входа, 8 изхода, 16 аларми и 2 дисплея — за стойността и за канала. Уредът има програмируеми обхвати и алармени граници, самодиагностика и системна аларма, както и възможност за сериен интерфейс RS485 [7];

Табл. 1 Технически характеристики на TC800

Аналогови входове	
Pt100 (w=1.385)	от -100 до +200 °C
Линеен напрежениен	от -999 до 9999, програмира се
0...1/ 2/ 5/ 10 V	
Линеен токов 0(4)...20	от -999 до 9999, програмира се
mA	
Цифрови входове	
Брой	2
Вид на входния сигнал	контакт
Функция на 1ви вход	външен избор на канал
Функция на 2ри вход	външна защита на програмата
Изходи	
Реле електромеханично	3A/250V
Реле електронно (SSR)	1A/250VAC
МОП ключ	0,1A/60V, оптично изолиран
Изход за външно SSR	от 5 до 24 V, 30 mA
Системна аларма	EMP с НО/НЗ контакт, реле № 9
Сериен интерфейс	RS485, изолиран
Захранване	
Мрежово захранване	230 VAC

Импулсно захранване	от 90 до 250 V
Изолирано нисковолтово	от 12 до 24 VAC
Консумирана мощност	макс. 4 VA
Индикация и настройка	
Дисплей за номер на канала	2 разряда LED, 14 mm; зелен
Дисплей за стойността	4 разряда LED, 14 mm; червен
Работни условия	
Околна температура	от -10 до 65 °C
Околна влажност	от 0 до 85 %RH
Конструкция	
Габаритни размери	96x96x107 mm
Тегло	макс. 650 g
Защита, лице/клеми	IP54/IP20

- Универсален програмируем брояч СТ34 (Табл.2.) със 6 различни режима на работа, 2 регулируеми релейни изхода и оптична изолация на входа до 1500 VAC [7]. Уредът работи като брояч на импулси с програмируеми делител и множител, оборотомер, честотомер и комбиниран режим. Има възможност за натрупване;

Табл. 2 Технически характеристики на СТ34

Входове	
Броячен импулсен вход с настройка на фронта	механичен контакт (НО) или електронен (от PNP/NPN датчик)
Максимална честота	5 kHz
Входен филтър	за трептения
Мащабиращи коефициенти	програмират се от 1 до 9999
Режими	
Режими на работа	7
Режими на броене	на импулси или на партиди
Обхват на броене	от 0 до 2147483647
програмиране	чрез клавиатурата
Изходи	
Реле електромеханично	5A/250V с НЗ контакт
МОП ключ	0,1A/60V, оптично изолиран
Изход за външно SSR	от 5 до 24V, 30 mA
Време на изходния импулс	от 0,1 до 99,9 s, програмират се
Индикация и настройка	
Дисплей за измерване	6 разряда LED, 9 mm
Светодиоди	2 LED за изходите
Клавиатура	4 мембранни бутна
Захранване	
Импулсно захранване	от 90 до 250 VAC/DC
Неизолирано нисковолтово	от 12 до 24 VAC/DC

Консумирана мощност	макс. 6VA
Работни условия	
Работна температура	от -10 до +65 °C
Работна влажност	от 0 до 85% RH
Конструкция	
Габаритни размери	48x48x110 mm
Максимално тегло	200 g
Защита, лице/клеми	IP 54/20

- Измерител на мощност EL-EPM02FHQ, показан на Фиг.2, с технически характеристики посочени в Табл. 3 [8].



Фиг. 2 Измерител на мощност EL-EPM02FHQ [8]

Табл. 3 Технически характеристики на EL-EPM02FHQ

Захранващо напрежение	220V/ 50Hz
Максимален товар	16A, 3680W
Точност на измерваната мощност	+/-0,5 % max
Собствена консумация	<0,5W
Точност на часовника	+/-1min. за месец

Уредът измерва също максимална мощност, ток и напрежение.

4. Заключение

Слънчевите топлинни системи ефективно използват част от достигащата земната повърхност слънчева енергия за производство на топла вода и за отопление на сгради на битови и промишлени консуматори. Добавянето на топлинни акумулатори с МПФС, съхраняващи латентната топлина е съвременно решение при изграждането на слънчевите топлинни инсталации и подобрява тяхната ефективност. Това се дължи на възможността МПФС да съхраняват 5-14 пъти повече топлина за единица обем от материалите за съхранение на явна топлина [4,6].

Благодарности

Работата беше подкрепена финансово от:

- Вътрешен проект към ТУ София за подкрепа на докторанти 132ПД0023-24/28.03.2013.

- Вътрешен научен проект към ТУ София № 102ни063-24 от 05.05.2010.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев А., С. Табакова, Р. Попов, И. Вълков, С. Моев, С. Бързилова, С. Лишев, К. Такев, А. Василев, А. Бойчев, Изграждане и моделиране на топлинен енергиен акумулатор на основата на материали с промяна на фазовото състояние, J. of Technical University of Plovdiv, 2011, Vol. 16, book 2, "Fundamental Sciences and Applications", 45-51.

2. Георгиев А., Я. Картелов, Изпитване на система термопомпа "вода-вода" - водни слънчеви колектори. Топлотехника за бита, 2004, №12, 15-18.

3. ANSI/ASHRAE Standard 94.1-2002, Method of Testing Active Latent-Heat Storage Devices Based on Thermal Performance, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc..

4. Bal, L., S. Satya, S. Naik, Solar dryer with thermal energy storage systems for drying agricultural food products: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010), pp. 2298–2314.

5. Georgiev, A., Testing solar collectors as an energy source for a heat pump, Renewable Energy 33 (2008), pp.832–838.

6. Sharma, A., V. Tyagi, C. Chen, D. Buddhi, Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Energy Reviews 13 (2009) 318–345.

7. www.comecogroup.com

8. <http://ebookbrowse.net/gdoc.php?id=216049148&url=3c13c6e3643a643da37a4a34a6912674>

Department of Mechanics
Technical University–Sofia, Branch Plovdiv
25 Tsanko Dystabanov St.
4000 Plovdiv
BULGARIA
E-mail: anastas.stoyanov@abv.bg

Постъпила на

Рецензент