

Изследване влиянието на параметрите на хибридна инсталация за топла вода върху разхода на конвенционална енергия

Иван Евстатиев, Борис Евстатиев

Investigation of the influence of the hybrid hot water installation parameters on the conventional energy expenses: Using an already developed model describing the processes in a hybrid hot water system with solar collectors, a software product has been developed. With it's help, the processes in the system have been simulated and the influence of the solar collectors surface on the conventional energy expenses has been investigated. The specifics of the object using hot water has been presented with a hourly consumption schedule.

Key words: hybrid hot water installation, solar collectors, simulation, investigation.

Важен момент при създаването на хибридна инсталация за топла вода, базирана на слънчеви колектори, е да се оцени влиянието на параметрите на инсталацията върху разхода на конвенционална енергия. Върху процеса нагряване на вода влияят следните фактори - площта на слънчевите колектори, режимът на консумация на топла вода, обемът на съда, изолационните качества на съда, инсталираната мощност на конвенционалния източник на енергия и т.н. Отчитането на всички фактори е сложен процес. За целта в [1, 2] е разработен модел, описващ процесите в хибридна инсталация за топла вода, базирана на слънчеви колектори. На базата на модела е разработен програмен продукт, с който чрез симулация се изследва влиянието на параметрите на процеса върху разхода на конвенционална енергия, необходима за поддържането на параметрите на топлата вода. Основен фактор, влияещ на разхода на конвенционална енергия, е площта на слънчевите колектори.

Цел на изследването е на базата на разработен модел, описващ процесите в хибридна инсталация за топла вода със слънчеви колектори, и създаден по модела програмен продукт, да се изследва влиянието на параметрите на инсталацията върху разхода на конвенционална енергия.

Методика на изследването

За провеждането на изследването се използва програмен продукт „GrafSolarRad“, създаден на базата на модел на процесите в хибридна инсталация със слънчеви колектори [1, 2]. В главния прозорец на програмния продукт (фиг.1) се задават параметрите на инсталацията и се посочват графични зависимости за изчертаване, представящи резултата от изследването. В табл.1 са описани параметрите и графиките на главното меню.

Изследването се провежда като се изменят стойностите на коефициента $k_{ен}^{ск}$, съгласно табл.2 и се изчисляват съответстващите на коефициента повърхности на слънчевия колектор. Стойността на повърхността на слънчевия колектор се въвежда в прозореца на главното меню на програмния продукт „GrafSolarRad“. След това се посочват графични зависимости за изчертаване - графиката на мощността на консумацията на енергия, графиката на мощността на постъпващата слънчева енергия и графиката на мощността на получаваната от конвенционалния източник енергия. От тези графики се определя енергията на конвенционалния източник за интервала от време 24 часа и стойността се нанася в табл.2.

Коефициентът $k_{ен}^{ск} = \frac{F_{ск}}{E_{конс}}$, $m^2.kWh^{-1}$, представлява съотношението на площта на слънчевите колектори, отнесена към консумираната от обекта енергия за 1 денонощие. Минималната стойност на $k_{ен-мин}^{ск} = \frac{18}{350} = 0.05$, $m^2.kWh^{-1}$ се определя

от условието за 30% осигуряване на топла вода от слънчевите колектори. Графични зависимости на енергийните потоци при 30% осигуряване от слънчевите панели са показани на фиг.2, а часовите графики на мощностите - на фиг.3. Площта на слънчевите колектори за този режим е 18 m^2 ($E_{\text{PerKons}}=1259777787, J=350, \text{kWh}$ - енергията ползвана от обекта за 1 денонощие; $E_{\text{PerSL}}=421710507, J=117, \text{kWh}$ - енергията добивана от слънчевите панели за 1 денонощие).

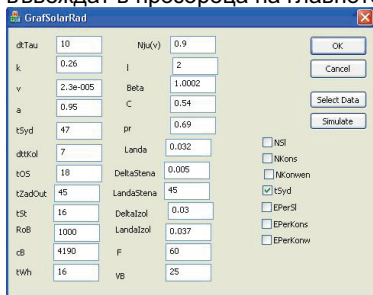
Таблица 1.Параметри и графики на главното меню на „GrafSolarRad“

№	Параметър, размерност	Значение
1	$dt\tau, \text{s}$	Времето на дискретизация
2	$k, \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$	Коефициентът на топлопреминаване
3	$\nu, \text{m}^2.\text{s}^{-1}$	Коефициентът на кинематичен вискозитет на въздуха
4	a	Абсорбционен коефициент
5	t_{Syd}	Началната температура в съда
6	$dt\tau_{\text{Kol}}$	Разликата между температурата на флуида в колектора и тази в съда
7	$t_{\text{OS}}, ^\circ\text{C}$	Температурата на околната среда
8	$t_{\text{Zadout}}, ^\circ\text{C}$	Зададената температура на водата на изхода
9	$t_{\text{st}}, ^\circ\text{C}$	Температурата на водата на входа
10	$\rho_{\text{B}}, \text{kg.m}^{-3}$	Плътността на водата
11	$c_{\text{B}}, \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1};$	Специфичният топлинен капацитет на водата
12	$t_{\text{Wh}}, ^\circ\text{C}$	Температурата на водата на входа
13	$N_{\text{ju}}(\nu)$	Критерият на Нуселт
14	$l, \text{m};$	Определящ размер
15	β, K^{-1}	Коефициентът на обемно термично разширение
16	C	Коефициент
17	pr	Критерият на Прандлер
18	$\lambda_{\text{a}}, \text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1};$	Коефициентът на топлопроводност на въздуха
19	$\Delta_{\text{Stena}}, \text{m}$	Дебелината на стената на съда
20	$\lambda_{\text{aStena}}, \text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1};$	Коефициентът на топлопроводност на стената
21	$\Delta_{\text{Izol}}, \text{m}$	Дебелината на изолацията
22	$\lambda_{\text{aIzol}}, \text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1};$	Коефициентът на топлопроводност на изолацията
23	F, m^2	Повърхността на слънчевите колектори
24	V_{B}, m^3	Обемът на съда
№	Графика	Значение
1	NSI	Графика на мощността на слънчевата радиация
2	N_{Kons}	Графика на мощността на консумираната топла вода
3	N_{konven}	Графика на мощността на конвенционалния източник на енергия
4	t_{Syd}	Графика на температурата на водата в съда
5	E_{perSI}	Графика на енергията на слънчевата радиация за даден период от време
6	E_{perKons}	Графика на енергията на консумираната топла вода за даден период от време
7	E_{perKonw}	Графика на енергията на конвенционалния източник на енергия за даден период от време

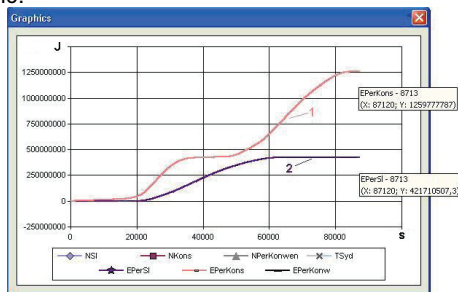
За максимална стойност на $k_{\text{сн-макс}}^{\text{СК}}$ се приема тази, при която обектът се осигурява 100% с необходимата енергия. За целта също е необходимо акумулиране на енергия от предния ден за сутрешните часове преди изгрев слънце (фиг.5).

Графиките, при които се осигурява този режим, са показани на фиг.6. Режимът се определя от $k_{\text{ен-мак}}^{\text{СК}} = \frac{60}{350} = 0.17, \text{m}^2 \cdot \text{kWh}^{-1}$.

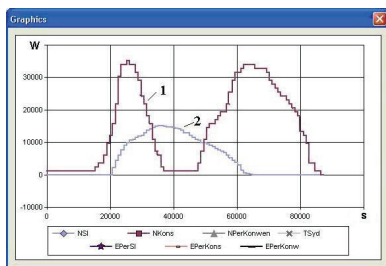
За всяка стойност на $k_{\text{ен}}^{\text{СК}}$ се определят площите на слънчевите колектори и се въвеждат в прозореца на главното меню.



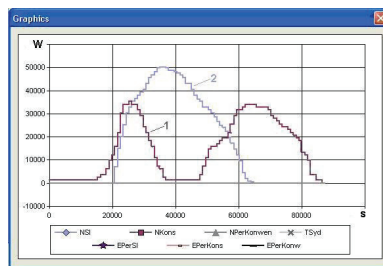
Фиг.1.Главно меню на програмен продукт „GrafSolarRad”



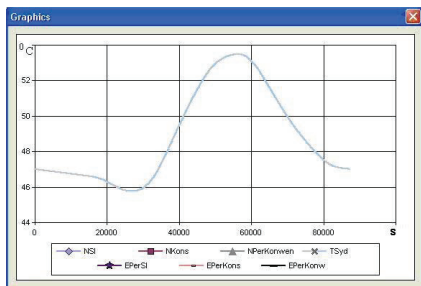
Фиг.2.Графични зависимости на енергийните потоци при 30% осигуряване от слънчевите панели. Енергийни потоци: 1 – на консумацията; 2 - на слънчевата енергия.



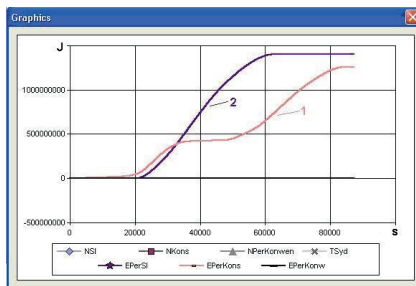
Фиг.3.Часови графики на мощностите, W , при 30% осигуряване със слънчева енергия: 1 – на консумацията;2 - на слънчевата енергия.



Фиг.4.Часови графики на мощностите, W , при 100% осигуряване със слънчева енергия: 1 – на консумацията;2 - на слънчевата енергия.



Фиг.5.Изменение на температурата на водата с акумулиране на енергия за сутрешните часове при 100% осигуряване със слънчева енергия



Фиг.6.Графики на енергийните потоци, J , при 100% осигуряване със слънчева енергия. 1 – на консумацията; 2 - на слънчевата енергия;

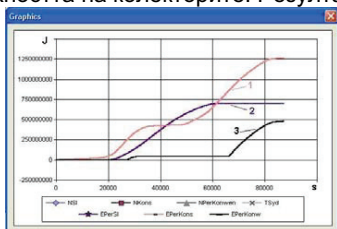
Таблица 2.Изследване влиянието на площта на слънчевите колектори върху изразходваната енергия от конвенционалния източник

№	$k_{сч}^{ск} = \frac{F_{сч}}{350}$, $m^2.kWh^{-1}$	Повърхност на слънчевите колектори, m^2	Добив на енергия от слънчевите колектори		Изразходвана енергия от конвенционалния източник	
			J	kWh	J	kWh
1	0,051	18	1402674176	390	755371448	210
2	0,086	30	702528682	195	476427404	132
3	0,114	40	936265339	260	245345541	68
4	0,143	50	1169613152	325	16561422	5
5	0,171	60	1402674176	390	0	0

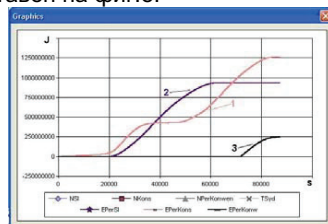
Резултати от изследването

Съгласно разработената методика е изследвано влиянието на повърхността на слънчевите колектори върху изразходваната енергия от конвенционалния източник. Резултатът от изследването е представен графично чрез енергийните потоци на фиг.7.

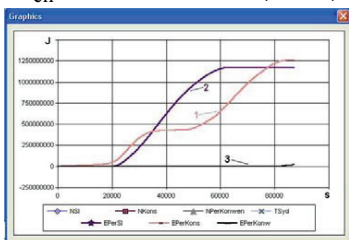
След отчитането на получените резултати за разхода на енергия от конвенционалния източник при различна повърхност на слънчевите колектори е построена зависимостта между мощността на конвенционалния източник и повърхността на колекторите. Резултатът е представен на фиг.8.



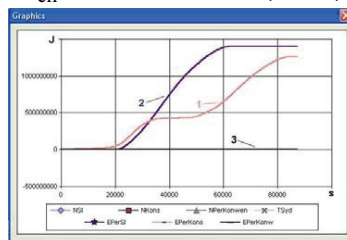
а)повърхност на колекторите
 $k_{сч}^{ск} = 0.086, m^2.kWh^{-1} (30 m^2)$



б)повърхност на колекторите
 $k_{сч}^{ск} = 0.114, m^2.kWh^{-1} (40 m^2)$



в)повърхност на колекторите
 $k_{сч}^{ск} = 0.143, m^2.kWh^{-1} (50 m^2)$



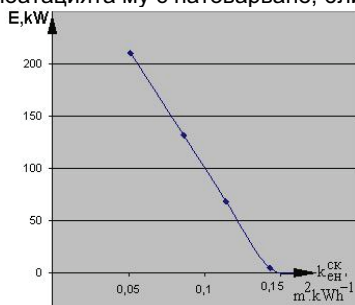
г)повърхност на колекторите
 $k_{сч}^{ск} = 0.171, m^2.kWh^{-1} (60 m^2)$

Фиг.7.Изследване влиянието на площта на слънчевите колектори върху изразходваната енергия от конвенционалния източник.

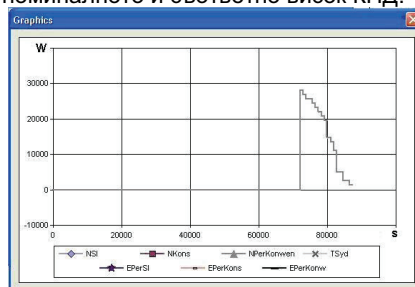
1 – графика на мощността на консумацията на енергия; 2 - графика на мощността на постъпващата слънчева енергия; 3 – графика на мощността на получаваната от конвенционалния източник енергия.

Увеличението на съотношението на повърхността на колекторите към консумираната енергия за денонощие до стойност $k_{сч}^{ск} = 0.114, m^2.kWh^{-1}$ води до еднократно включване на конвенционалния източник за 4 часа на денонощие

(фиг.7.б и фиг.9). За по-малки стойности на $k_{сн}^{ск}$ е необходимо двукратното му включване. Тази гранична стойност на коефициента е важна, защото при еднократно включване на конвенционалния източник на енергия може да се осигури експлоатацията му с натоварване, близко до номиналното и съответно висок КПД.



Фиг.8.Разход на енергия на конвенционалния източник в зависимост от площта на слънчевите колектори



Фиг.9. Графика на мощността на конвенционалния източник на енергия за съотношение $k_{сн}^{ск} = 0.114, m^2.kWh^{-1}$, $(50 m^2)$

Анализ на получения резултат

От анализа на графиките на фиг.6 следва, че с увеличаването на площта на слънчевите колектори енергията, която е необходимо да се въведе от конвенционалния източник, намалява. За участъка $0.05 < k_{сн}^{ск} < 0.17$ ($18 m^2 \div 50 m^2$) изменението е линейно.

Изводи

Връзката между повърхността на слънчевите колектори и разхода на енергия от конвенционалния източник на енергия е линейна. С увеличаването на повърхността на колекторите намалява разходът на необходимата енергия от конвенционалния източник.

Увеличението на съотношението на повърхността на колекторите към консумираната енергия за денонощие до стойности, равни и по-големи от $k_{сн}^{ск} = 0.114, m^2.kWh^{-1}$, води до еднократно включване на конвенционалния източник, с което се осигурява експлоатацията му с натоварване, близко до номиналното и съответно висок КПД.

Литература

- [1]Евстатиева Н., И.Евстатиев. Теоретично обосноваване на модел за управление на хибридна соларна инсталация за производство на пара. Енергиен форум 2011. Варна. 15 –19 юни 2011, доклади, стр. 345-350.
[2]Евстатиев И., Н.Евстатиева. Алгоритъм за работа и структура на електронна система за управление на хибридна соларна инсталация за производство на пара. Сборник с доклади от годишната университетска научна конференция с международно участие на НВУ „Васил Левски“, 23-24 юни 2011г., гр.Велико Търново, ISSN 1314-1937, том 6, стр.19-26.

За контакти:

Доц. д-р Иван Евстатиев, катедра „Електроника“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082-888-772, e-mail: ievstatiev@uni-ruse.bg

Гл.ас. д-р Борис Евстатиев, катедра „Теоретична и измервателна електротехника“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, тел.: 082-888-371, e-mail: bevstatiev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.