

Performanța energetică a unei pompe de căldură aer-apă alimentată de la un sistem de panouri fotovoltaice de tip off-grid

The energy performance of an air-to-water heat pump powered by an off-grid photovoltaic panel system

Ș.l.dr.ing. Călin SEBARCHIEVICI, Prof.dr.ing.eur.ing. Ioan SÂRBU

Universitatea Politehnica Timișoara, Romania

Abstract:

Energy consumption for domestic hot-water production is particularly important when is wanted to assess the energy consumption in buildings. The paper presents the results of the experimental researches in order to determine the performance of an air-water heat pump, feeded by the electric energy produced by the photovoltaic solar panels in various scenarios for the preparation of hot water. Using photovoltaic panels leads to a significant reduction in energy consumption in residential buildings, an important source of renewable energy, namely the sun. Taking into account the different hot water cooking temperatures, the heat pump will have different energy performances highlighted by the experimental measurements.

Using photovoltaic panels to heat pump power, it can be said that these solar power plants have an important contribution to reducing the energy consumption of buildings and ensuring high comfort.

Keywords: photovoltaic panels, energy

Rezumat:

Energia consumată pentru prepararea apei de consum are o importanță deosebită atunci când se dorește evaluarea consumurilor energetice din clădiri. Lucrarea prezintă rezultatele cercetărilor experimentale în scopul determinării performanțelor pentru o pompă de căldură aer-apă, alimentată cu energia electrică produsă de panourile solare fotovoltaice în diferite scenarii de preparare a apei calde de consum. Utilizarea panourilor fotovoltaice conduce la o reducere considerabilă a consumurilor energetice în clădirile de locuit o importantă sursă de energie regenerabilă și anume soarele. Luând în considerare diferitele temperaturi de preparare a apei calde de consum pompa de căldură va avea diferite performanțe energetice reliefate prin măsurători experimentale. Utilizând panourile fotovoltaice la alimentarea cu energie electrică a pompei de căldură, se poate afirma că aceste sisteme solare de producere a energiei electrice au un aport important în reducerea consumurilor energetice ale clădirilor și în asigurarea unui confort ridicat.

Cuvinte cheie: panouri fotovoltaice , energie

1. Introducere

Energia necesară pentru prepararea apei calde de consum reprezintă un element important în evaluarea consumurilor energetice a clădirilor rezidențiale. Dacă energia necesară pentru acoperirea pierderilor de căldură prin anvelopa clădirii trebuie să fie asigurată în timpul sezonului de încălzire, cea pentru obținerea apei calde de consum trebuie asigurată pe întreaga perioadă a anului [1].

În cazul utilizării pompelor de căldură, temperatura apei calde de consum obținute este pentru clădirile rezidențiale de aproximativ 40...50 °C. Pentru evitarea consumurilor de energie ridicate rezultate din funcționarea în regim instant a preparării apei calde de consum, pompele de căldură funcționează în regim de acumulare, fiind dotate în cu un boiler. Acesta este prevăzut cu o serpentină prin intermediul căreia agentul termic ridică temperatura apei calde la valoarea corespunzătoare apei de consum.

Lucrarea prezintă rezultatele cercetărilor experimentale în scopul determinării coeficientului de performanță (COP) pentru o pompă de căldură aer-apă (AWHP) la încălzirea apei calde de consum utilizând energia electrică produsă de panourile fotovoltaice.

2. Calculul necesarului de căldură pentru prepararea apei calde de consum

Sarcina termică Q_{ac} , în W, necesară pentru prepararea a.c.c. necesare zilnic se determină în regim de acumulare cu relația:

$$Q_{ac} = \frac{N_u C_{zn} \rho_w c_w (t_{ac} - t_{ar})}{3600\tau} \quad (1)$$

în care: N_u este numărul persoanelor ce utilizează apa caldă de consum; C_{zn} – consumul zilnic normat pentru unitatea de utilizare, în l/om.zi, cu valorile recomandate în STAS 1478 [2] sau Mc 001;

ρ_w , c_w – densitatea, în kg/m³ și căldura specifică, în J/(kgK) ale apei la temperatura medie între intrarea și ieșirea din boilerul pompei de căldură;

t_{ac} – temperatura apei calde la ieșire din boiler, în °C;

t_{ar} – temperatura apei reci la intrare în boiler, în °C;

τ – timpul în care este încălzită apa, în h.

Pentru a calcula sarcina termică necesară încălzirii în regim „instant” se poate folosi relația:

$$Q_{ac} = G_{ac} \rho_w c_w (t_{ac} - t_{ar}) \quad (2)$$

în care G_{ac} este debitul de apă caldă de consum considerat cu valoarea de 10 l/min.

Conform Mc 001 [3], volumul de apă caldă necesară consumului se determină în funcție de destinația clădirii, de tipul consumatorului și de numărul de utilizatori.

Pentru clădiri noi, volumul de apă caldă de consum V_{ac} , în m³, se calculează cu relația:

Performanța energetică a unei pompe de căldură aer-apă alimentată de la un sistem de panouri fotovoltaice de tip off-grid

$$V_{ac} = \frac{N_u C_{zn}}{1000} \quad (3)$$

Numărul de persoane N_u aferent clădirilor de locuit se determină ca valoare medie, în funcție de indicele mediu (statistic) de ocupare a suprafeței locuibile a clădirilor, utilizând următoarea procedură de calcul:

- se determină suprafața locuibilă S_{Loc} ;
- se determină indicele mediu de locuire i_{Loc} , în funcție de tipul clădirii și de amplasarea acesteia;
- se determină numărul mediu normat de persoane aferent clădirii, utilizând următoarea relație de calcul:

$$N_u = S_{LOC} i_{LOC} \quad (4)$$

Energia consumată E_{ac} , în J, pentru asigurarea sarcinii termice necesare la prepararea apei calde de consum se determină cu relația:

$$E_{ac} = \sum_{i=1}^n \rho_w c_w V_{ac} (t_{ac} - t_{ar}) \quad (5)$$

unde i este indicele de calcul pentru cele n categorii de consumatori.

Prepararea de apă caldă de consum presupune alte condiții decât încălzirea, deoarece prepararea apei calde funcționează de-a lungul întregului an cu aproximativ aceleași solicitări de căldură și cu același nivel de temperatură.

3. Tehnologia panourilor fotovoltaice și radiația solară

Datorită reacțiilor nucleare ce au loc în interiorul nucleului său, Soarele reprezintă o sursă energetică vitală pentru planeta noastră. Imensa cantitate de energie radiată sub forma undelor electromagnetice, demonstrează că această stea poate să fie considerată cu o bună aproximare un corp negru (radiant complet) cu o temperatură medie a suprafeței de circa 5780 K.

În interiorul Soarelui, prin intermediul fuziunii termonucleare, în fiecare secundă 600 de milioane de tone de hidrogen se transformă în 595,5 milioane de tone de heliu, iar cele 4,5 milioane de tone de hidrogen rămase (reprezentând 0,75% din total), se transformă direct în energie după ecuația lui Einstein: $E=mc^2$.

Energia astfel generată este de circa 405.000 miliarde de TJ, o cantitate de energie de neimaginat la nivelul scoarței terestre. Toată această extraordinară putere a stelei noastre este datorată conversiei în energie a unei părți infime din totalul cantității de materie a Soarelui, cantitate comparabilă cu greutatea unui mic lanț muntos de pe Terra.

Fluxul energiei radiante care atinge o arie unitară perpendiculară la razele din exteriorul atmosferei terestre se definește ca fiind constata solară, și are o valoare de 1367 W/m^2 . Valoarea acestei constante poate fi calculată plecând de la puterea radiată de soare, dată de formula:

$$L = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4 \cong 3,9 \cdot 10^{33} \left[\frac{\text{erg}}{\text{s}} \right] \cong 3,9 \cdot 10^{33} \left[\frac{10^{-7} \text{J}}{\text{s}} \right] = 3,9 \cdot 10^{26} [\text{W}] \quad (1)$$

Considerând distanța $D=1$ AU între Terra și Pământ, unde 1 AU reprezintă o Unitate Astronomică, aproximativ 150.000.000 km, vom avea că fluxul de energie transportată (constanta solară) Φ va avea valoarea:

$$\Phi = \frac{L}{4\pi D^2} = \left(\frac{R_s}{D} \right)^2 \sigma T_s^4 \cong \left[1,366 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{AU}}{D} \right)^2 \right] \left[\frac{\text{erg}}{\text{s} \cdot \text{cm}^2} \right] \cong 1371 \pm 5 [\text{W} / \text{m}^2] \quad (2)$$

unde:

$\sigma=5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ este constanta Stefan-Boltzmann;

$D=1$ AU este distanța medie Terra-Soare de aproximativ $1,496 \cdot 10^{11}$ m;

L este luminozitatea solară $3,9 \cdot 10^{26}$ W;

R_s este razele solare ($6,958 \cdot 10^8$ m);

T este temperatura corpului negru (5780K).

Știind că distanța dintre Soare și Terra nu este constantă -datorită faptului că mișcarea de revoluție a Pământului este o elipsă ea schimbându-se cu $\pm 3\%$ în decursul unui an calendaristic - și ținând seama că petele solare influențează valoarea energiei transmise de Soare, se poate considera în calcule o valoare medie a energiei solare primite pe suprafața Terrei (fig.1).

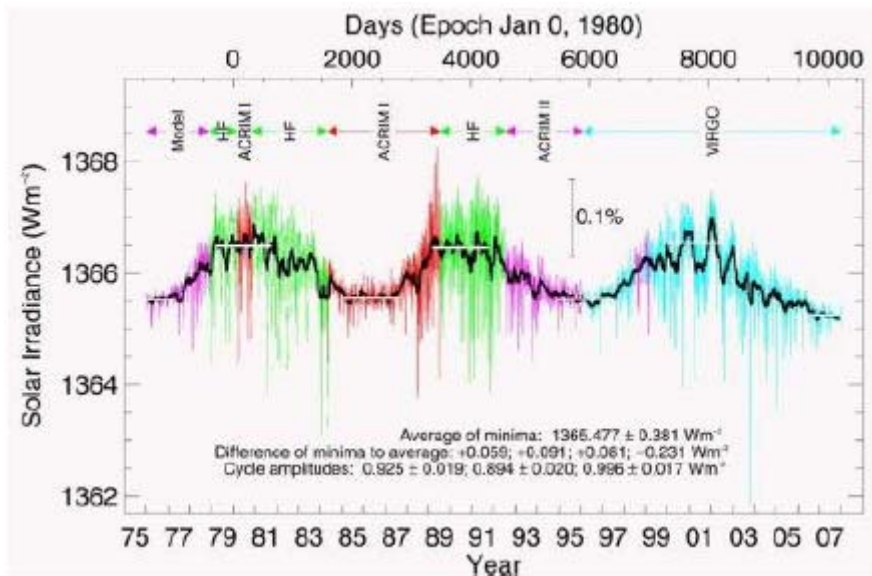


Fig. 1. Alternanța radiației solare în funcție de petele solare

Dacă se ține seama de faptul ca anual circa $1,51 \cdot 10^{17}$ kWh ajung pe suprafața Pământului și că necesarul energetic primar mondial anual în 2006 este estimat la $5,39 \cdot 10^{13}$ kWh de petrol, $2,7 \cdot 10^{13}$ kWh de gaz, $3,1 \cdot 10^{13}$ kWh de cărbuni, $8,47 \cdot 10^{12}$ kWh de energie nucleară și $1,65 \cdot 10^{13}$ pentru valorificarea deșeurilor și resurselor regenerabile, rezultă că Soarele ne poate oferi de aproximativ 1100 ori mai multă energie decât avem nevoie.

Performanța energetică a unei pompe de căldură aer-apă alimentată de la un sistem de panouri fotovoltaice de tip off-grid

Cu toate acestea, cantitatea enormă de energie provenită de la Soare are un dezavantaj și anume este puțin concentrată și suferă de puține modificări de-a lungul drumului ei către Pământ.

4. Descrierea standului experimental

Standul utilizat pentru cercetările și măsurătorile efectuate este amplasat în laboratorul experimental și are în componență următoarele echipamente (Fig. 2):

- o pompă de căldură aer-apă tip WWK 300 SOL cu puterea termică de 1,65 W
- un boiler pentru acumularea apei calde de consum ($V=290$ litri);
- un lavoar;
- un sistem fotovoltaic tip off-grid de putere 1,5 kWp;

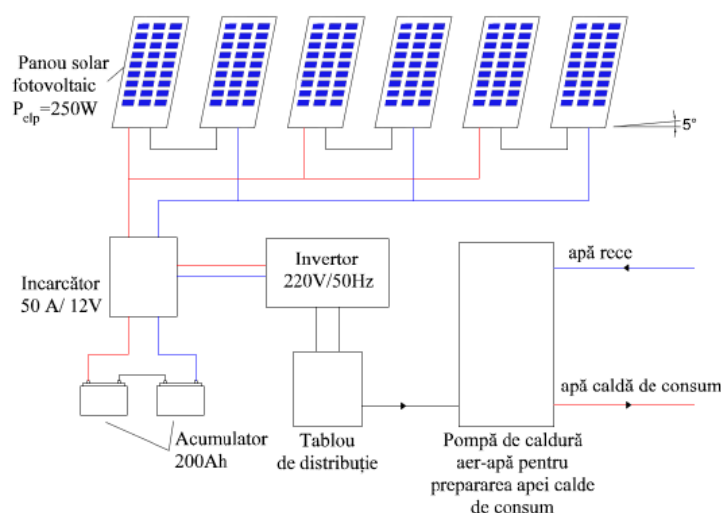


Fig. 2. Stand experimental – Sistem fotovoltaic off-grid și pompă de căldură aer-apă pentru prepararea apei calde de consum

5. Evoluția COP al pompei de căldură în funcție de ecartul de temperatură a apei calde din boiler

Performanța pompei de căldură este influențată de volumul de apă caldă consumat instantaneu, acesta conducând și la emisii de CO_2 mai ridicate.

În Tabelul 2 sunt centralizate valorile medii ale temperaturilor măsurate (t_{im} , t_{im} , t_{accm}), energia electrică consumată (E_{el}), energia termică (E_t) utilizată la prepararea apei calde de consum, COP al pompei de căldură, precum și emisiile de CO_2 pentru 6 experimente la diferite ecarteri de temperatură (Δt) pentru prepararea apei calde de consum [4].

Evoluția COP al pompei de căldură în funcție de ecartul de temperatură a apei calde din boiler

Nr. crt.	Δt [°C]	t_{im} [°C]	t_{fm} [°C]	$t_{acc\ m}$ [°C]	E_{el} [kWh]	E_t [kWh]	COP	CO ₂ [kg]
1.	3	33,19	22,05	19,87	0,185	0,445	2,405	0,00
2.	5	39,21	21,55	30,55	0,312	1,112	3,564	
3.	10	36,07	20,89	27,58	0,790	2,357	2,983	
4.	15	37,26	22,01	27,61	0,987	2,799	2,835	
5.	20	41,24	21,87	31,23	1,450	3,198	2,205	
6.	25	42,62	21,23	32,59	2,101	4,297	2,045	

6. Concluzii

Pentru un volum de apă caldă consumat instantaneu, performanța pompei de căldură poate scădea cu până la 27% când temperatura apei calde de consum trebuie ridicată cu 25 °C. În cazul utilizării pompei de căldură numai pentru prepararea apei calde de consum la diverse temperaturi între 40 și 60 °C, pentru o familie, COP este în jur de 2, iar emisiile de CO₂ sunt egale cu zero având în vedere faptul că avem un sistem de panouri fotovoltaice care asigură integral energia electrică pentru funcționarea pompei de căldură ce prepară apă caldă de consum.

Bibliografie:

- [1]. Georgescu, M. Aspecte privind evoluția consumurilor de energie în sectorul construcțiilor de locuințe din România, Antreprenorul, nr. 4-5, 1997.
- [2]. *** STAS 1478, Alimentarea cu apă la construcții civile și industriale. Prescripții fundamentale de proiectare, București, 1990.
- [3]. *** Mc 001/2, Metodologie de calcul al performanței energetice a clădirilor (instalațiile din clădiri), București, 2006.
- [4]. Sârbu, I., Kalmár, F., Cîncă, M. Instalații termice interioare. Optimizare și modernizare energetică, Editura Politehnica, Timișoara, 2007.