

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

Aspects regarding the constructive optimization of a compressed heat pump system (with a backup source) for heating a residential building or the preparation of hot water

prof. Florin Iordache¹, Ing. Mugurel Talpiga²

^{1,2}Universitatea Tehnică de Construcții București
Facultatea de Inginerie a Instalațiilor
Bdul. Pache Protopopescu, 66, România
fliord@yahoo.com

Abstract: In this paper is presented the physical model and mathematical approach which describe the equation system used in system calibration and design optimization. The system proposed for study is built from heat pump, for energy demand delivery, together with auxiliary heating source to face in all low temperature days, when heat pump work at maximum load but the required demand by the building is higher. The paper present few of the common used systems in market for which the mathematical equation system will be proposed to come in help designers for in simulation and cost optimization.

Simulation of proposed design is realized and results are delivered. The system construction, is optimized by comparison study of design and simulation data for each system type proposed. The comparison study is used for cost estimation of system and energy balance.

Key words: heat pump system

1. Introducere

Utilizarea pompelor de căldură pentru încălzirea spațiilor unei clădiri sau pentru prepararea apei calde de consum este la ora actuală o soluție la care se apelează din ce în ce mai mult datorită fiind posibilitatea diminuării consumului de combustibil fosil. O problemă importantă este sursa de energie regenerabilă, iar în cazul lucrării de față vor fi analizate situațiile utilizării pompei de căldură cu compresie tip apă-apă și aer-apă. Sistemul neconvențional de utilizare a unei pompe de căldură cu compresie pentru încălzirea spațiilor este un sistem cu sursa de rezerva aceasta fiind o centrală termică clasică funcționând cu combustibil fosil. În cadrul lucrării de față se urmărește realizarea unei proceduri capabile să ofere posibilitatea identificării puterii instalate pentru pompa de căldură și pentru centrala termică, în cazul unui consumator pentru

care se cunoaste necesarul de caldura de calcul pentru incalzire si cel pentru prepararea apei calde de consum

2. Descrierea procedurii de lucru – incalzirea casei

Schema de principiu a sistemului de utilizare a unei pompe de caldura pentru incalzirea unei cladiri este prezentata in fig. 1, si pe baza ei se va face prezentarea procedurii de evaluare a performantelor energetice :

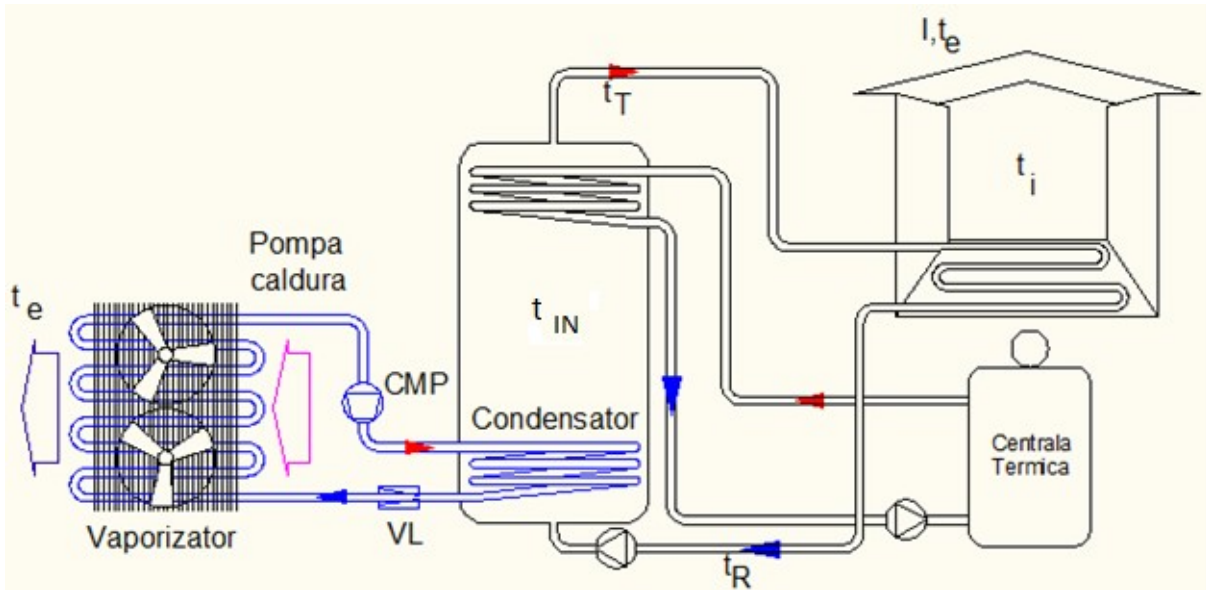


Fig. 1

Pentru necesarul de caldura al cladirii se va utiliza o relatie cunoscuta [1]:

$$P_{CASA} = H \cdot (t_{i0} - t_e) = \frac{P_{CASA_0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (1)$$

Pentru puterea termica livrata de pompa de caldura s-a utilizat relatia [2] :

$$P_{CD} = \eta_{EL} \cdot \frac{\theta_{CD} + \Delta + 273.15}{\theta_{CD} - t_0 + 2 \cdot \Delta} \cdot P_{EL} = COP_{CD} \cdot P_{EL} \quad (2)$$

Temperatura agentului termic in vecinatatea condensatorului pompei de caldura se va stabili conform :

$$\theta_{CD} = t_R + \frac{1}{2} \cdot G_{AE} \cdot \frac{t_{T0} - t_{R0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (3)$$

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

Pentru temperaturile de reglaj termic calitativ se adopta conform [3] relațiile :

$$t_T = \frac{t_{T0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot t_{i0} - \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot t_e$$

$$t_R = \frac{t_{R0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot t_{i0} - \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot t_e \quad (4)$$

Primul termen din membrul al doilea al relației (3) este t_R , temperatura agentului termic la ieșirea din instalația de încălzire a consumatorului. Se observă în acest fel că temperatura agentului termic în vecinătatea condensatorului pompei de căldură, θ_{CD} , depinde atât de temperatura exterioară, t_e cât și de gradul de acoperire a puterii termice, G_{AE} . Pe de altă parte putem scrie ca:

$$P_{CASA} \cdot G_{AE} = P_{CD} \quad (5)$$

De unde :

$$G_{AE} = \frac{P_{EL}}{P_{CASA_0}} \cdot COP_{CD} \cdot \frac{t_{i0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_e}$$

sau :

$$G_{AE} = p_{EL} \cdot COP_{CD} \cdot \frac{t_{i0} - t_{e0}}{t_{i0} - t_e} \quad (6)$$

s-a făcut notația :

$$p_{EL_0} = \frac{P_{EL_0}}{P_{CASA_0}} \quad (7)$$

Unde p_{EL_0} reprezintă raportul între puterea electrică nominală a pompei de căldură și puterea termică nominală a casei și reprezintă puterea electrică nominală, relativă a pompei de căldură. Pentru o valoare dată a acestui raport rezultă că gradul de acoperire a necesarului de căldură al clădirii este funcție de temperatura exterioară și poate fi determinată destul de ușor printr-un calcul iterativ.

În continuare se va apela la o reprezentare grafică cunoscută [4] atât a necesarului de căldură al clădirii și a puterii livrate de pompa de căldură funcție de temperatura exterioară pentru o valoare dată a puterii electrice nominale relative a pompei de căldură. Mai precis reprezentarea grafică se referă la valorile relative ale

necesarului de caldura al cladirii si al puterii termice livrate de condensatorul pompei de caldura, valori obtinute prin raportarea la necesarul de caldura de calcul al cladirii :

$$p_{CASA} = \frac{P_{CASA}}{P_{CASA_0}} = \frac{t_{i0} - t_e}{t_{i0} - t_{e0}} \quad (8)$$

$$p_{CD} = \frac{P_{CD}}{P_{CASA_0}} = COP_{CD} \cdot \frac{P_{EL}}{P_{CASA_0}} = COP_{CD} \cdot p_{EL} \quad (9)$$

Dupa cum rezulta din relatiile precedente COPCD este in final o functie numai de temperatura exterioara, t_e . Ne referim la relatiile (2), (3) si (62) care presupun calculul iterativ.

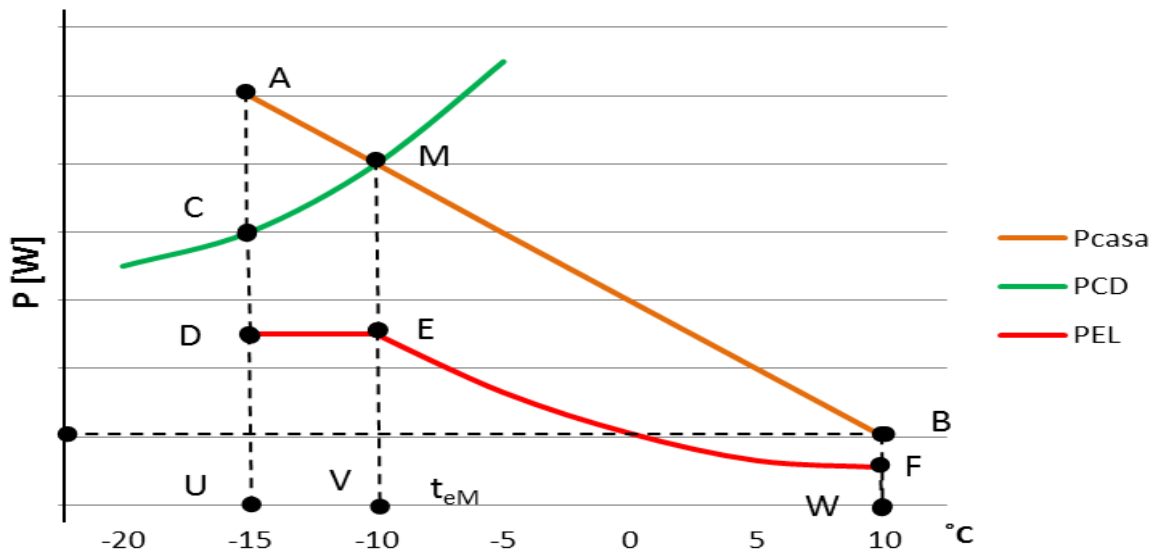


Fig. 2

In fig. 2, in abscisa este temperatura exterioara, t_e , iar in ordonata sunt puterile relative ale casei (linia maro), condensatorului pompei de caldura (curba verde) si motorului electric al compresorului pompei de caldura (linia rosie continuata cu curba rosie). In aceasta diagrama se observa ca intersectia intre linia puterii termice a casei si curba puterii termice livrate de pompa de caldura s-a notat cu M si corespunde unei temperaturi exterioare de echilibru, t_{eM} . Aceasta temperatura imparte domeniul temperaturilor exterioare pe perioada sezonului rece in 2 subdomenii, subdomeniul de la $t_e = -15^{\circ}C$ la $t_e = t_{eM}$ si subdomeniul de la $t_e = t_{eM}$ la $t_e = +10^{\circ}C$. Pe primul subdomeniu (din stanga) puterea electrica va ramane constanta, in timp ce puterea livrata la condensatorul pompei de caldura este in crestere odata cu cresterea temperaturii exterioare (pe baza cresterii COP-ului). Pe al doilea subdomeniu (din dreapta), puterea electrica va scadea accentuat dat fiind faptul ca trebuie sa scada

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

puterea livrată de compresorul pompei de căldură conform cu scăderea necesarului de căldură al casei pe fondul unei creșteri a COP-ului. De asemenea în subdomeniul din stanga, se observă în triunghiul curbiliniu ACM cum puterile termice livrate de centrala termică sunt în scădere odată cu creșterea temperaturii exterioare, la t_{eM} anulându-se. În subdomeniul din dreapta centrala termică este oprită, necesarul de căldură al casei fiind acoperit numai de către pompa de căldură. În subdomeniul din stanga, se observă din trapezul curbiliniu CDEM puterile termice provenite de la vaporizatorul pompei de căldură, acestea fiind efectiv puteri datorate surselor regenerabile, iar în subdomeniul din dreapta, din trapezul curbiliniu MEFB, la fel puteri termice din surse regenerabile. Centrala termică nu intervine decât pe subdomeniul din stanga cu puteri variabile până când la $t_e = t_{eM}$ se oprește. Pentru evaluarea energiilor este necesar de a se ține cont și de durata în ore de apariție a fiecărei valori de temperatură exterioară.

Astfel stand lucrurile, procedura practică de evaluare a energiilor necesare și livrate pe întreaga perioadă a sezonului rece presupune o evaluare separată pe fiecare din cele 2 subperioade menționate. Pe prima subperioadă de la $t_e = -15^{\circ}\text{C}$ la $t_e = t_{eM}$, puterea electrică se menține constantă pe puterea electrică maximă corespunzătoare temperaturii exterioare t_{eM} , iar datorită coeficientului de performanță (COP_{CD}) aflat în scădere cu cât temperatura exterioară este mai mică și puterea termică livrată la condensator va fi mai mică. Energia livrată de condensatorul pompei de căldură și energia electrică consumată se va stabili numeric ca fiind :

$$E_{CD} = \int_{\tau_{-15}}^{\tau_{eM}} P_{CD}(\tau) \cdot d\tau \quad (10)$$

$$E_{EL} = P_{EL}(\tau_{eM}) \cdot (\tau_{eM} - \tau_{-15}) \quad (11)$$

Se evaluează și energia necesară a casei și energia aferentă sursei de rezerva (centrala termică) în acest subdomeniu de timp ca fiind :

$$E_{CASA} = \int_{\tau_{-15}}^{\tau_{eM}} P_{CASA}(\tau) \cdot d\tau \quad (12)$$

$$E_{CT} = E_{CASA} - E_{CD} \quad (13)$$

În a doua subperioadă de la $t_e = t_{eM}$ la $t_e = +10^{\circ}\text{C}$, puterea termică livrată de condensatorul pompei de căldură va fi continuu egală cu puterea necesară casei iar puterea electrică se diminuează corespunzător. Astfel energia necesară a casei și energia livrată de condensatorul pompei de căldură se stabilesc numeric ca fiind :

$$E_{CD} = E_{CASA} = \int_{\tau_{eM}}^{\tau_{+10}} P_{CASA}(\tau) \cdot d\tau \quad (14)$$

Energia electrica consumata de motorul compresorului se va stabili de asemenea numeric ca fiind :

$$E_{EL} = \int_{\tau_{eM}}^{\tau_{+10}} P_{EL}(\tau) \cdot d\tau \quad (15)$$

De interes este desigur si energia anuala livrata din sursele regenerabile care se obtine destul de usor ca fiind diferenta dintre energia livrata la condensatorul pompei de caldura si energia electrica anuala consumata :

$$E_{REG} = E_{CD} - E_{EL} \quad (16)$$

Se poate defini si un coeficient de performanta al intregului sistem : pompa de caldura, centrala termica si consumator, ca fiind raportul dintre energia anuala necesara casei si energia livrata pe baza de combustibili fosili. Astfel:

$$COP_{sys} = \frac{E_{CASA}}{E_{CT}/\eta_{CT} + E_{EL}} \quad (17)$$

Se defineste si un grad de acoperire energetica exclusiv din surse regenerabile ca fiind :

$$G_{AE_R} = \frac{E_{REG}}{E_{CASA}} \quad (18)$$

si grade de acoperire energetica din pompa de caldura si din centrala termica :

$$G_{AE_P} = \frac{E_{CD}}{E_{CASA}} \quad (19)$$

$$G_{AE_CT} = \frac{E_{CT}}{E_{CASA}}$$

3. Studiu de caz. Rezultate obtinute

Asa cum s-a mentionat in capitolul anterior, studiul de caz a vizat o analiza electuata pe un consumator caracterizat de o putere necesara de calcul egala cu unitatea:

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

$$P_{CASA_0} = \frac{P_{CASA_0}}{P_{CASA_0}} = 1 \quad (20)$$

In consecința celorlalte puteri vor avea valorile relative :

$$\begin{aligned} p_{CASA} &= \frac{P_{CASA}}{P_{CASA_0}} \\ p_{CD} &= \frac{P_{CD}}{P_{CASA_0}} \\ p_{EL} &= \frac{P_{EL}}{P_{CASA_0}} \\ p_{EL_0} &= \frac{P_{EL_0}}{P_{CASA_0}} \\ p_{CT} &= \frac{P_{CT}}{P_{CASA_0}} \end{aligned} \quad (21)$$

Parametrul important pentru care s-au făcut testele energetice a fost puterea electrică relativă, p_{EL_0} , în funcție de acesta rezultând diversele valori pentru gradele de acoperire energetică prezentate și pentru coeficientul de performanță energetică al sistemului în ansamblu. S-au efectuat 2 studii de caz, primul pentru pompa de căldură apă-apă și al doilea pentru pompa de căldură aer-apă.

Astfel pentru pompa de căldură apă-apă, sursa de căldură reprezentând mediul este constituită din apă la temperatura de $+10^0$ C. În fig. 3 se prezintă graficele de variație a gradelor de acoperire energetică anuale: G_{AE_R} , G_{AE_P} și G_{AE_CT} funcție de parametru putere electrică relativă – p_{EL} . Se observă că domeniul de variație considerat pentru acest parametru a fost între 0,03 și 0,20, o valoare acceptabilă fiind de cca. 0,12-0,15. O dată cu creșterea acestui parametru gradul de acoperire datorat pompei de căldură crește iar gradul de acoperire datorat centralei termice scade.

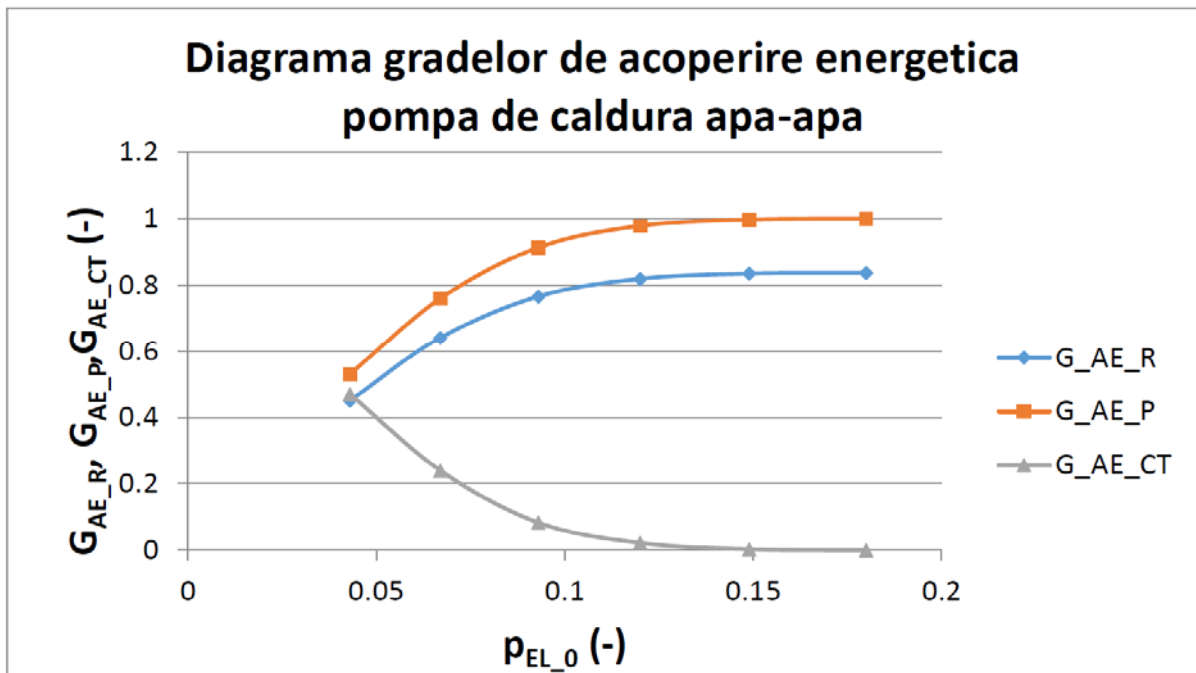


Fig. 3

In consecinta s-a tras concluzia ca o posibilitate de stabilire a valorii recomandabile pentru puterea electrica nominala a pompei de caldura este de a corela aceasta valoare cu gradul de acoperire energetica din surse strict regenerabile sau pe baza coeficientului de performanta energetica al intregului sistem, sursa-consumator. Au rezultat in consecinta diagramele din fig. 4 si 5.

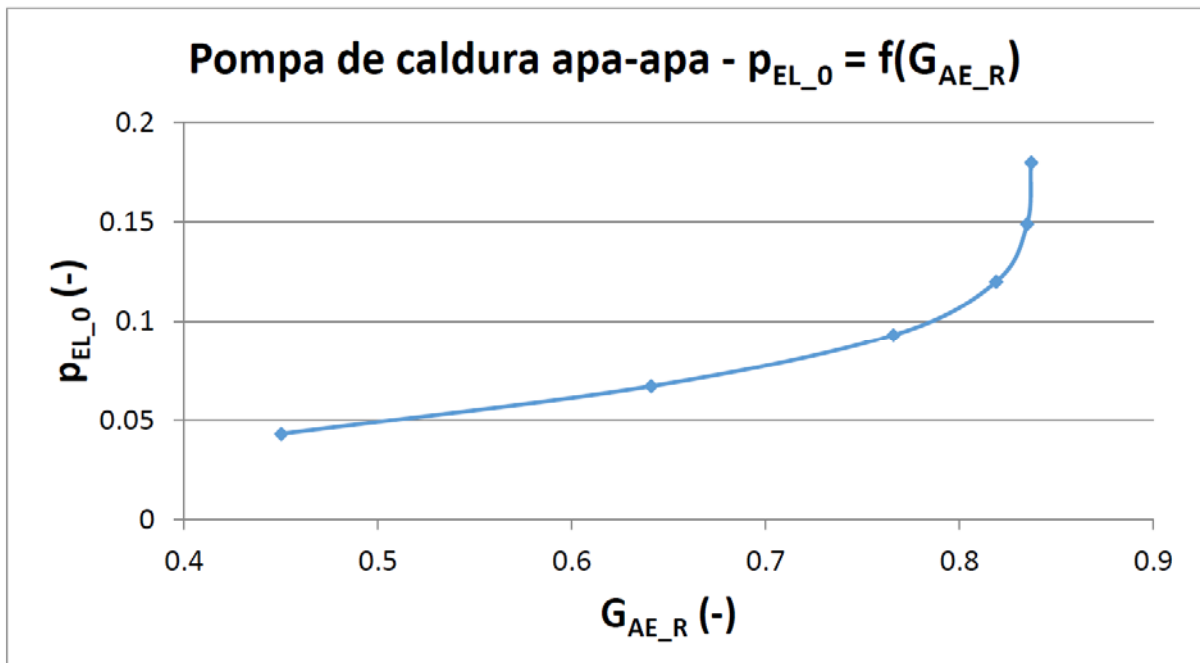


Fig. 4

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

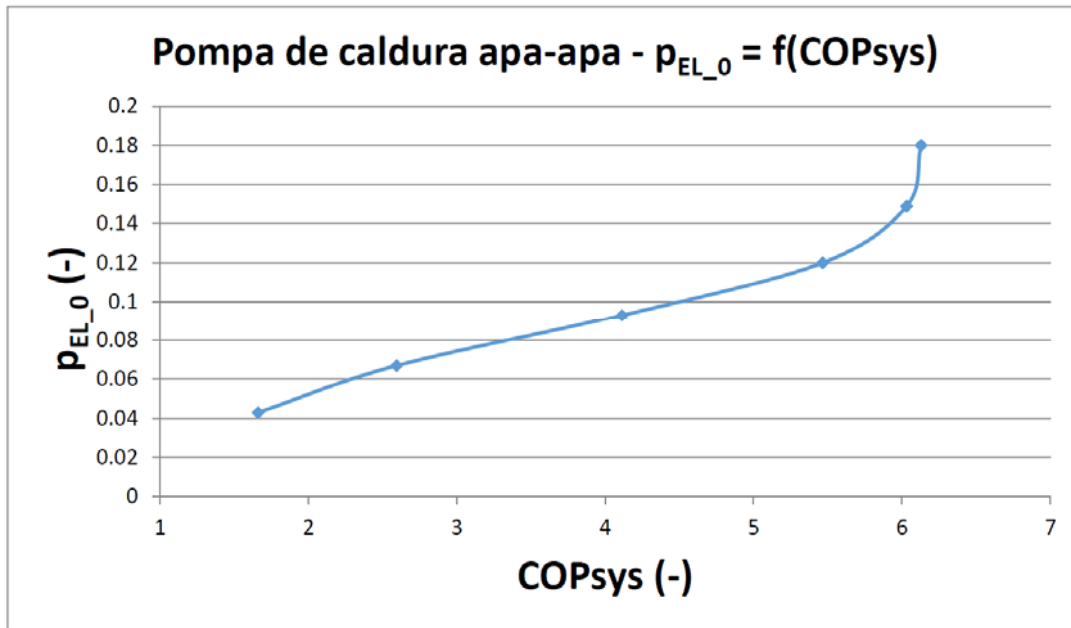


Fig. 5

Din fig. 4 se observa ca fortarea unui grad de acoperire energetica anual strict din surse regenerabile peste cca. 81% este inutila. Prin urmare un astfel de grad de acoperire energetica de cca. 80% este perfect acceptabil si el conduce la o putere electrica nominala relativa de cca. 0,11 sau 0,12, ceea ce insemna ca trebuie aleasa o pompa de caldura caracterizata de o putere electrica nominala avand valoarea de cca. 11-12% din necesarul de caldura de calcul al casei incalzite. Cam acelasi rezultat il obtinem si din analiza fig. 5, de unde se vede ca un coeficient de performanta energetica pe ansamblul sistemului de cca. 5,5 sau 6,0 se obtine cu o pompa de caldura avand p_{EL_0} de cca. 0,12-0,14.

Pentru pompa de caldura aer-apa rezultatele sunt ceva mai slabe (dupa cum este de asteptat). In fig. 6 se prezinta graficele de variatie a gradelor de acoperire energetica anuale: G_{AE_R} , G_{AE_P} si $G_{AE_{CT}}$ functie de parametru putere electrica relativa – p_{EL_0} . Se observa ca domeniul de variatie considerat pentru acest parametru a fost intre 0,04 si 0,30, o valoare acceptabila fiind de cca. 0,20-0,25. O data cu cresterea acestui parametru gradul de acoperire datorat pompei de caldura creste iar gradul de acoperire datorat centralei termice scade. La fel, o posibilitate de stabilire a valorii recomandabile pentru puterea electrica nominala a pompei de caldura este de a corela aceasta valoare cu gradul de acoperire energetica din surse strict regenerabile sau pe baza coeficientului de performanta energetica al intregului sistem, sursa-consumator. Au rezultat in consecinta diagramele din fig. 7 si 8.

Din fig. 7 se observa ca fortarea unui grad de acoperire energetica anual strict din surse regenerabile peste cca. 78% este inutila. Prin urmare un astfel de grad de acoperire energetica de cca. 78-79% este perfect acceptabil si el conduce la o putere

electrica nominala relativa de cca. 0,16 sau 0,17, ceea ce insemna ca trebuie aleasa o pompa de caldura caracterizata de o putere electrica nominala avand valoarea de cca. 16-17% din necesarul de caldura de calcul al casei incalzite. Cam acelasi rezultat il obtinem si din analiza fig. 8, de unde se vede ca un coeficient de performanta energetica pe ansamblul sistemului de cca. 4,6 sau 4,7 se obtine cu o pompa de caldura avand p_{EL_0} de cca. 0,20-0,24.

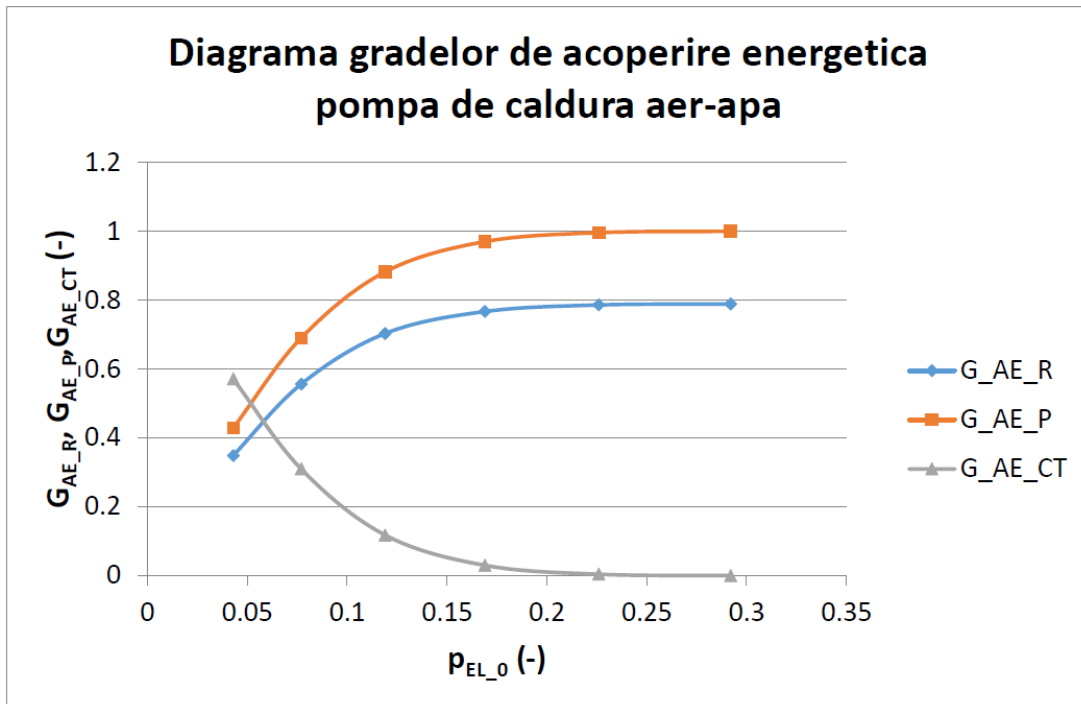


Fig. 6

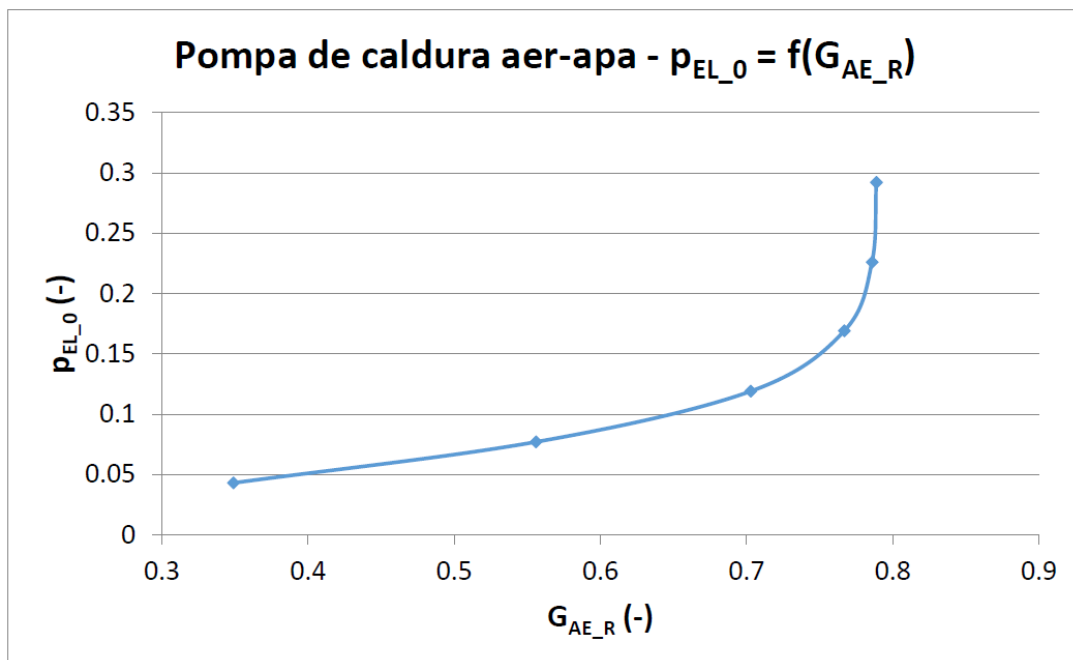


Fig. 7

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

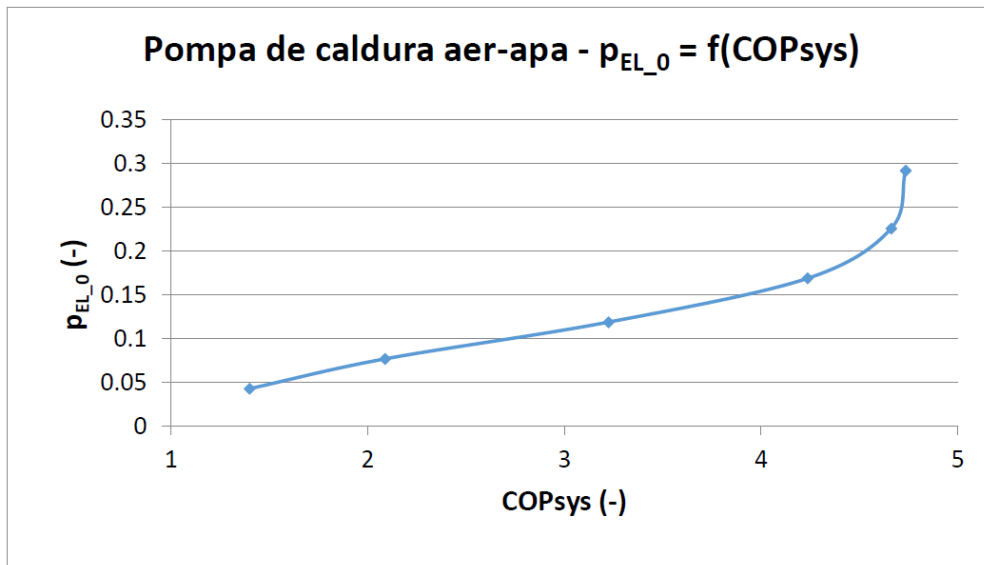


Fig. 8

4. Descrierea procedurii de lucru – prepararea apei calde

Schema de principiu a sistemului de utilizare a unei pompe de caldura pentru prepararea apei calde a unei cladiri fig. 9, este foarte asemanatoare cu cea prezentata in fig. 1, referitoare la incalzire.

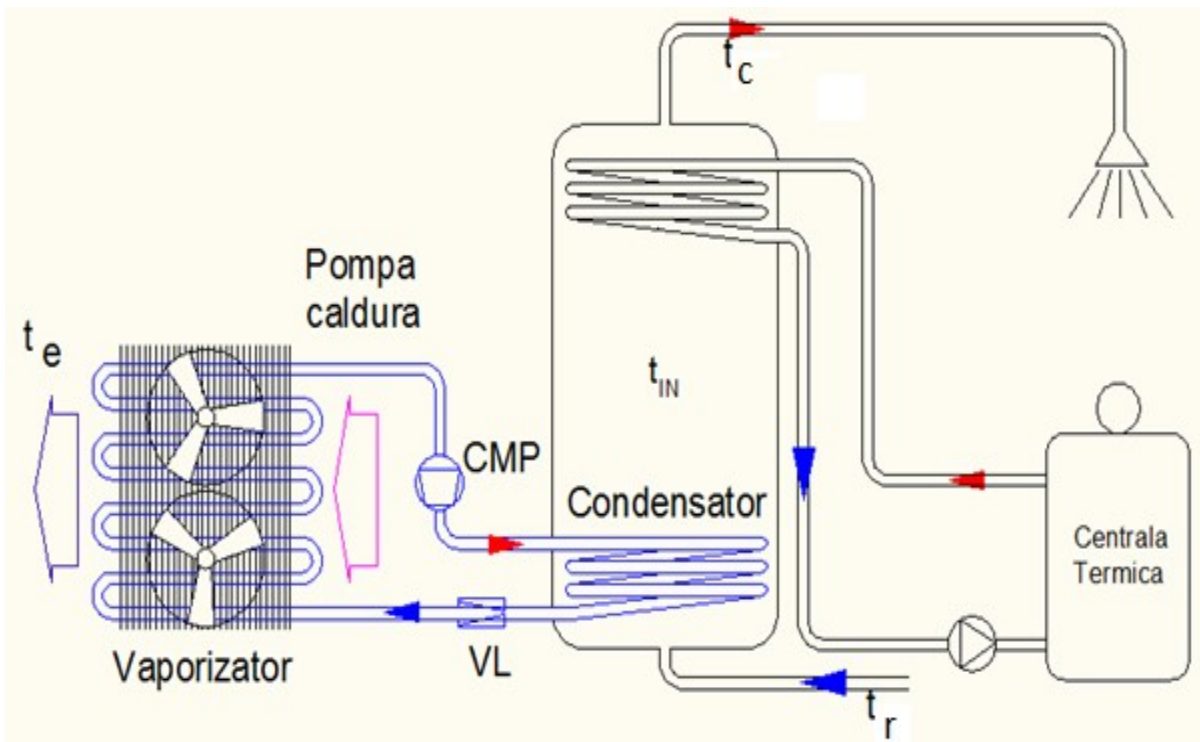


Fig. 9

Relatiile de lucru au forma :

$$\begin{aligned}
 P_{ACC} &= 1,163 \cdot G_{ACC} \cdot (t_c - t_r) \\
 P_{CD} &= G_{AE} \cdot P_{ACC} \\
 COP_{CD} \cdot P_{EL} &= G_{AE} \cdot P_{ACC}
 \end{aligned}
 \tag{22}$$

Unde :

$$\begin{aligned}
 COP_{CD} &= \eta_{EL} \cdot \frac{\theta_{CD} + \Delta + 273.15}{\theta_{CD} - t_0 + 2 \cdot \Delta} \cdot P_{EL} \\
 \theta_{CD} &= \frac{G_{AE}}{2} \cdot t_c + \left(1 - \frac{G_{AE}}{2}\right) \cdot t_r
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

In cazul pompei de caldura apa-apa, se prezinta in fig. 10 corelatia dintre puterea electrica relativa nominala a pompei de caldura si gradul de acoperire a puterii necesare a casei de catre puterea provenita din surse regenerabile a pompei de caldura. In fig. 11 se prezinta corelatia dintre puterea electrica relativa nominala a pompei de caldura si coeficientul de performanta al intregului sistem (care inglobeaza si centrala termica).

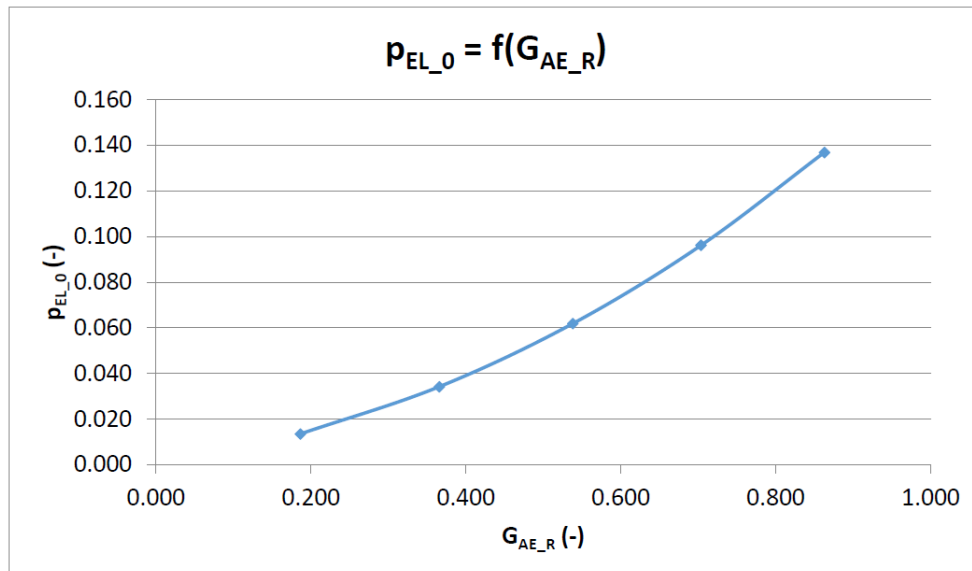


Fig. 10

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

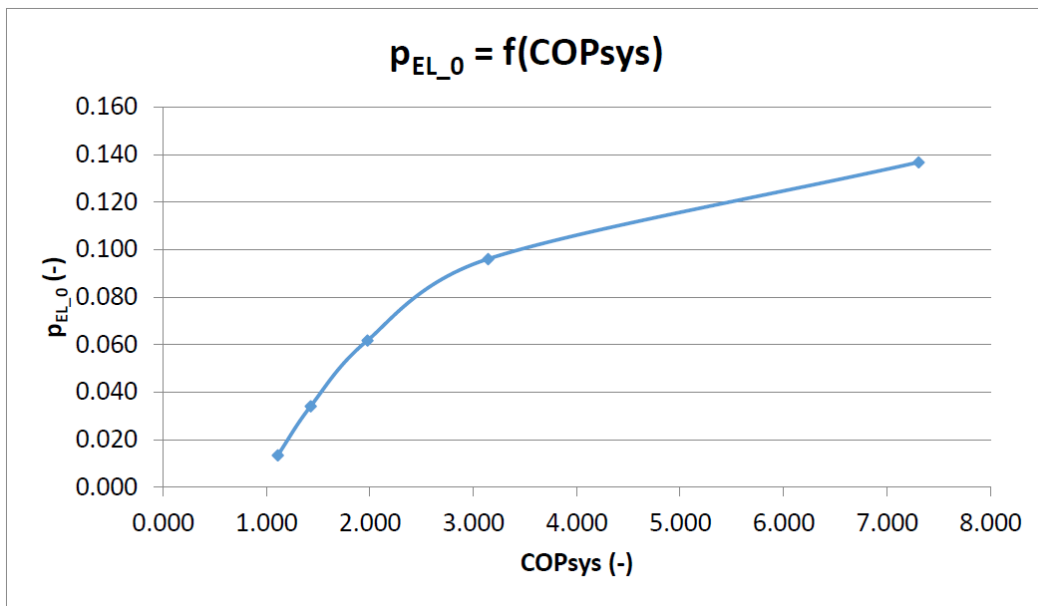


Fig. 11

În cazul pompei de căldură aer-apă s-a apelat la o reprezentare grafică fig. 12, similară celei din fig. 2, însă corespunzătoare preparării apei calde.

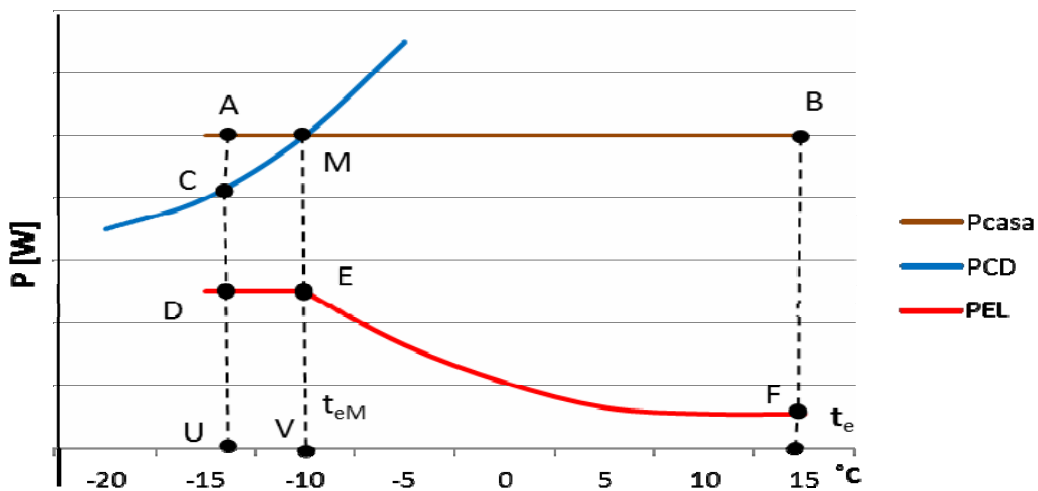


Fig. 12

În fig. 12, în abscisa este temperatura exterioară, t_e , iar în ordonată sunt puterile relative pentru prepararea apei calde (linia maro), condensatorului pompei de căldură (curba albastră) și motorului electric al compresorului pompei de căldură (linia roșie continuată cu curba roșie). În această diagramă se observă că intersecția între linia puterii termice a casei și curba puterii termice livrate de pompa de căldură s-a notat cu M și corespunde unei temperaturi exterioare de echilibru, t_{eM} . Această temperatură împarte domeniul temperaturilor exterioare pe perioada sezonului rece în 2

subdomeniului, subdomeniul de la $t_e = -15^0 \text{ C}$ la $t_e = t_{eM}$ și subdomeniul de la $t_e = t_{eM}$ la $t_e = +10^0 \text{ C}$. Pe primul subdomeniu (din stanga) puterea electrica va ramane constanta, in timp ce puterea livrata la condensatorul pompei de caldura este in crestere odata cu cresterea temperaturii exterioare (pe baza cresterii COP-ului). Pe al doilea subdomeniu (din dreapta), puterea electrica va scadea accentuat dat fiind faptul ca trebuie sa scada puterea livrata de compresorul pompei de caldura conform pe fondul unei cresteri a COP-ului dat fiind cresterea temperaturii exterioare. De asemenea in subdomeniul din stanga, se observa in triunghiul curbiliniu ACM cum puterile termice livrate de centrala termica sunt in scadere odata cu cresterea temperaturii exterioare, la t_{eM} anulandu-se. In subdomeniul din dreapta centrala termica este oprita, necesarul de caldura pentru prepararea apei calde fiind acoperit numai de catre pompa de caldura. In subdomeniul din stanga, se observa din trapezul curbiliu CDEM puterile termice provenite de la vaporizatorul pompei de caldura, acestea fiind efectiv puteri datorate surselor regenerabile, iar in subdomeniul din dreapta, din trapezul curbiliniu MEFB, la fel puteri termice din surse regenerabile. Centrala termica nu intervine decat pe subdomeniul din stanga cu puteri variabile pana cand la $t_e = t_{eM}$ se opreste. Pentru evaluarea energiilor este necesar de a se tine cont si de durata in ore de aparitie a fiecărei valori de temperatura exterioara. In concluzie, procedura practica de evaluare a energiilor necesare si livrate pe intreaga perioada a sezonului rece presupune o evaluare separata pe fiecare din cele 2 subperioade mentionate, la fel ca in cazul incalzirii. In final au rezultat :

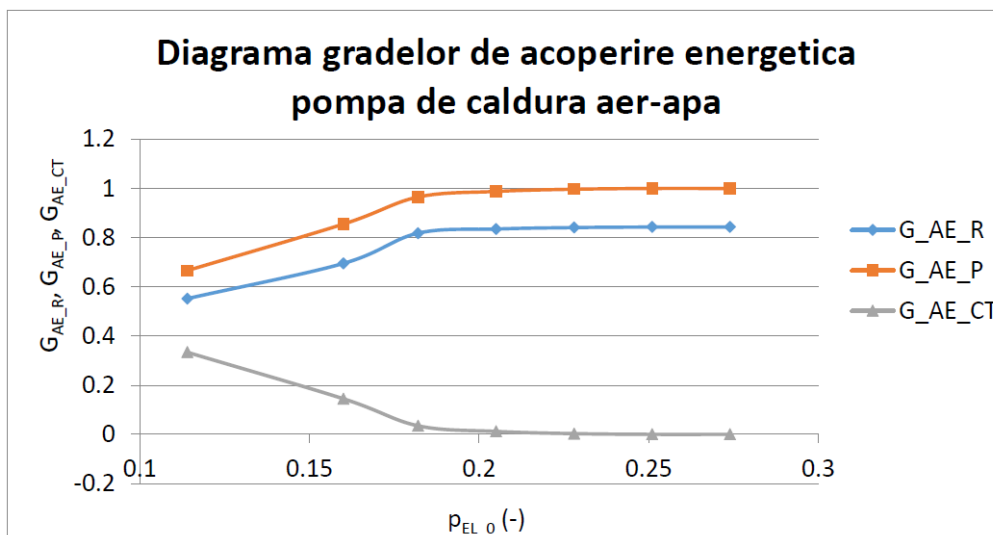


Fig. 13

Pentru pompa de caldura aer-apa rezultatele sunt ceva mai slabe (dupa cum este de asteptat). In fig. 13 se prezinta graficele de variatie a gradelor de acoperire energetica anuale : G_{AE_R} , G_{AE_P} și $G_{AE_{CT}}$ functie de parametru putere electrica relativa – p_{EL_0} . Se observa ca domeniul de variatie considerat pentru acest parametru a fost intre 0,11 și 0,27, o valoare acceptabila fiind de cca. 0,18-0,21. O data cu cresterea acestui parametru gradul de acoperire datorat pompei de caldura creste iar gradul de

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

acoperire datorat centralei termice scade. La fel, o posibilitate de stabilire a valorii recomandabile pentru puterea electrică nominală a pompei de căldură este de a corela această valoare cu gradul de acoperire energetică din surse strict regenerabile sau pe baza coeficientului de performanță energetică al întregului sistem, sursă-consumator. Au rezultat în consecință diagramele din fig. 14 și 15.

Din fig. 14 se observă că forțarea unui grad de acoperire energetică anual strict din surse regenerabile peste cca. 84% este inutilă. Prin urmare un astfel de grad de acoperire energetică de cca. 83-84% este perfect acceptabil și el conduce la o putere electrică nominală relativă de cca. 0,21 sau 0,22, ceea ce înseamnă că trebuie aleasă o pompă de căldură caracterizată de o putere electrică nominală având valoarea de cca. 21-22% din necesarul de căldură de calcul pentru prepararea apei calde. Cam același rezultat îl obținem și din analiza fig. 15, de unde se vede că un coeficient de performanță energetică pe ansamblul sistemului de cca. 6,2 sau 6,3 se obține cu o pompă de căldură având p_{EL_0} de cca. 0,25.

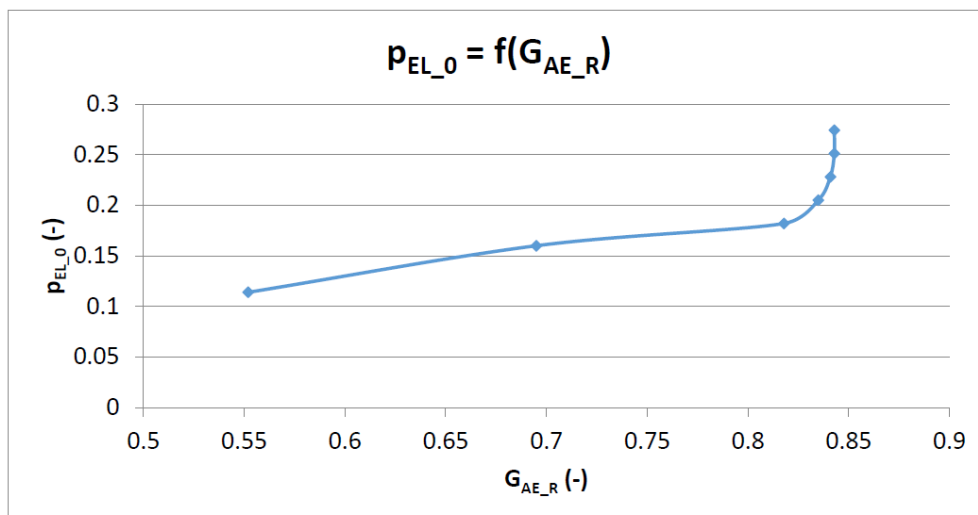


Fig. 14

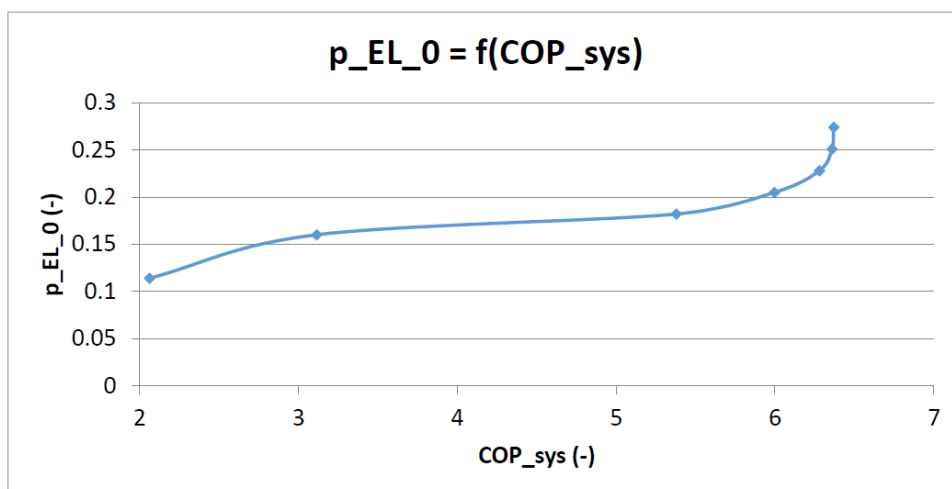


Fig. 15

5. Concluzii

Trebuie remarcat in primul rand preocuparea pentru alcatuirea unei proceduri de evaluare a performantelor energetice ale unui sistem neconventional de utilizare a pompelor de caldura cu compresie mecanica pentru incalzirea spatiilor si/sau prepararea apei calde de consum a unei cladiri.

Bazat pe aceasta procedura se propune o posibilitate de alegere a pompei de caldura functie de optiunea de a realiza un anumit grad de acoperire energetic al necesarului anual de caldura al casei. Se stabileste cota de energie electrica nominala aferenta pompei de caldura.

Nu trebuie neglijat faptul ca intreaga analiza efectuata in cadrul lucrarii se refera la cazul cuplarii la sistemul sursa hibrida (pompa de caldura cu centrala termica) a unei case cu instalatie de incalzire centrala dimensionate la parametrii nominali de $t_{T0}/t_{R0} = 50/30^{\circ} \text{C}$. In cazul altor conditii de dimensionare este de asteptat ca rezultatele corelatiei dintre gradul de acoperire energetica si puterea electrica nominala relativa a pompei de caldura sa fie altele. Diagramele din fig. 4 si 7 pot fi utile si pentru evaluarea performantelor energetice ale unui astfel de sistem, daca pornind cu puterea electrica nominala relativa, p_{EL_0} se determina gradul de acoperire energetica din surse regenerabile, G_{AE_R} .

In cazul sistemului pentru prepararea apei calde de consum pot fianalizate si situatiile in care temperaturile de lucru sunt : $t_r/t_c = 15/45^{\circ} \text{C}$ si $15/65^{\circ} \text{C}$.

Un alt element care trebuie de asemenea avut in vedere in cadrul analizei mentionate este considerarea locatiei de amplasare a cladirii prin datele climatice aferente.

Lista de Notatii

- t_{i0} – temperatura interioara normata, $^{\circ}\text{C}$;
- t_{e0} – temperatura exterioara normata, $^{\circ}\text{C}$;
- t_{T0} – temperatura tur agent termic de calcul, $^{\circ}\text{C}$;
- t_{R0} – temperatura retur agent termic de calcul, $^{\circ}\text{C}$;
- t_i – temperatura interioara, $^{\circ}\text{C}$;
- t_e – temperatura exterioara, $^{\circ}\text{C}$;
- t_T – temperatura tur agent termic, $^{\circ}\text{C}$;
- t_R – temperatura retur agent termic, $^{\circ}\text{C}$;
- t_{IN} – temperatura agent termic intermediara in schimbatorul de caldura cu acumulare, $^{\circ}\text{C}$;
- t_{eM} – temperatura exterioara de echilibru, $^{\circ}\text{C}$;

Aspecte privind optimizarea constructiv-funcțională a unui sistem de pompa de căldură cu compresie (cu sursa de rezerva) pentru încălzirea unei clădiri rezidențiale sau prepararea apei calde de consum

t_0 – temperatura mediului în care este amplasat vaporizatorul pompei de căldură, $^{\circ}\text{C}$;

θ_{CD} – temperatura mediului în care este amplasat condensatorul pompei de căldură, $^{\circ}\text{C}$;

Δ - diferența medie logaritmică de temperatură aferentă vaporizatorului și condensatorului pompei de căldură, $^{\circ}\text{C}$;

τ - timpul curent, h;

τ_{-15} – momentul realizării temperaturii exterioare de calcul, h;

τ_{eM} – momentul realizării temperaturii exterioare de echilibru, h;

τ_{+10} – momentul realizării temperaturii exterioare de $+10^{\circ}\text{C}$, h;

H – capacitatea de transfer termic a casei încălzite, W/K;

G_{ACC} – debitul de apă caldă de consum, l/h;

P_{CASA_0} – puterea termică necesară de calcul a casei, W;

P_{CASA} – puterea termică necesară a casei, W;

P_{ACC} - puterea termică necesară preparării apei calde de consum, W;

P_{CD} – puterea termică livrată de condensatorul pompei de căldură, W;

P_{EL} – puterea electrică absorbită de motorul compresorului pompei de căldură, W;

P_{EL_0} – puterea electrică absorbită de motorul compresorului pompei de căldură la realizarea temperaturii exterioare de echilibru, W;

COP_{CD} – coeficientul de performanță al pompei de căldură, -;

η_{EL} – randamentul componentei motor-compresor din cadrul pompei de căldură, -;

η_{CT} – randamentul centralei termice, -;

$p_{\text{CASA}_0=1}$ – puterea termică relativă aferentă necesarului de căldură de calcul al casei, -;

p_{CASA} – puterea termică relativă aferentă necesarului de căldură al casei, -;

p_{ACC} - puterea termică relativă aferentă necesarului de căldură pentru prepararea apei calde de consum, -;

p_{CD} – puterea termică relativă livrată de condensatorul pompei de căldură, -;

p_{EL} – puterea electrică relativă absorbită de motorul compresorului pompei de căldură, -;

p_{EL_0} – puterea electrică relativă absorbită de motorul compresorului pompei de căldură la temperatura exterioară de echilibru, -;

E_{CASA} – energia necesară casei pentru încălzire pe perioade de timp sau pe întreg sezonul rece, kWh;

E_{CD} – energia livrată de pompa termică pe perioade de timp sau pe întreg sezonul rece, kWh;

E_{CT} – energia livrată de centrala termică pe perioade de timp sau pe întreg sezonul rece, kWh;

E_{REG} – energia termică provenită strict din surse regenerabile pe perioade de timp sau pe întreg sezonul rece, kWh;

G_{AE} – gradul de acoperire a puterii termice necesara casei de catre pompa de caldura, -;

G_{AE_R} – gradul de acoperire a necesarului anual de energie termica al casei de catre energia provenita strict din surse regenerabile, -;

G_{AE_P} – gradul de acoperire a necesarului anual de energie termica al casei de catre energia livrata de pompa de caldura, -;

G_{AE_CT} – gradul de acoperire a necesarului anual de energie termica al casei de catre energia livrata de centrala termica, -;

Bibliografie

[1] – Florin Iordache – Aspecte termo-energetice in domeniul cladirilor si sistemelor de alimentare cu caldura al acestora (culegere de articole) – (Reglarea puterii termice livrate de instalatiile interioare de incalzire centrala, factor important in economia consumului de energie – Florin Iordache, Vlad Iordache – pag. 67-74) – editura Matrixrom, Bucuresti, 2015;

[2] – Florin Iordache – Echipamente si sisteme termice. Metode de evaluare energetica si functionala (culegere de articole) – (Sistem sursa cu captatoare solare si pompa de caldura – Florin Iordache, Mugurel Talpiga - pag. 99-113) – editura Matrixrom, editura Matrixrom, Bucuresti, 2017;

[3] - Florin Iordache – Echipamente si sisteme termice. Metode de evaluare energetica si functionala (culegere de articole) – (Instalatii de incalzire centrala. Reglajul termic calitativ centralizat – Florin Iordache - pag. 19-28) – editura Matrixrom, editura Matrixrom, Bucuresti, 2017;

[4] – Ioan Boian, Florea Chiriac – Pompe de caldura – editura Matrixrom, Bucuresti, 2013;