



EL MONT srl



B-dul Oaspetilor 22A, Sector I, BUCURESTI, ROMANIA
Telefon: (+40)21.243.09.57; 0745.019 310; Fax: (+40)21.243.09.20
E-mail : gelu.nechifor@el-mont.ro; liviu.nitreanu@el-mont.ro



Web: www.el-mont.ro

Principii de functionare - pompe de caldura

Principiul de functionare al pompelor de caldura (PDC)

Pompa de caldura dateaza de la inceputul sec XX, odata cu inventarea frigiderului.

La baza functionarii pompei de caldura, concureaza o serie de fenomene si legi ale fizicii:

Principiul al II lea al termodinamicii: **"Caldura nu poate trece niciodata de la sine de la un corp cu temperatura mai joasa la unul cu temperatura mai inalta "** (enuntul lui Clausius)

Descoperirea fizicianului Watt ca **un gaz comprimat degaja caldura si invers, unul destins - absoarbe caldura.**

In timpul functionarii pompei de caldura exista urmatoarele elemente:

- corpul cu temperatura mai joasa (de exemplu temperatura mediului ambiant - aer, apa, sol) pe care il vom numi **sursa rece** (si care ajunge in **vaporizator**);
- corpul cu temperatura mai mica decit a sursei reci, numit **agent frigorific** (acesta conform principiului enuntat poate prelua caldura sursei reci);
- un corp care trebuie sa primeasca , de la agentul frigorific, caldura (in **condensator**), numit **agent termic**;

Agentul frigorific, are un punct de fierbere foarte scazut (cca -2°C) si are proprietatea de a acumula energie transformandu-se din stare lichida in stare gazoasa. El poate ceda usor aceasta caldura revenind la starea lichida initiala.

In momentul in care agentul frigorific devine gaz prin preluarea caldurii sursei reci, acesta este introdus intr-un compresor (doar gazele se pot comprima - lichidele sunt incompresibile) iar in timpul compresiei (asa cum stim deja) temperatura agentului frigorific creste cu citeva zeci de grade, suficient sa ajunga la o temperatura mai mare decat a agentului termic si sa-i poata ceda acestuia caldura .

Dupa ce agentul frigorific cedeaza energia agentului termic, acesta revine treptat la starea initiala (lichida) si este trecut printr-un **ventil de expansiune** unde pierde presiunea acumulata in compresor

Ciclul dupa care functioneaza o pompa de caldura cu comprimare de vapori actionata electric este ciclul Carnot inversat.

Diagrama T-S a Ciclului Carnot inversat si ideal:

4 - 1 > vaporizare

2 - 3 > condensare

3 - 4 > expansiune

Suprafata a = energia preluata din mediul inconjurator

Suprafata b = energia consumata de compresor

a+ b = energia totala cedata agentului termic

T=temperatura corpului care primeste caldura (agentul termic) [K]

Tu= temperatura corpului din care se extrage caldura (sursa rece) [K]

S = entropia (continutul de energie la o stare data)

ϵ =coeficientul de eficienta (Carnot):

$$\epsilon = T/(T-T_u)$$

De exemplu valorile temperaturilor la care functioneaza o pompa sunt:

Tu = 0°C adica 273°K

T = 35°C adica 308°K

Eficiența pompei va fi:

$$\varepsilon = T/(T-T_u) = 308/(308-273) = 8.8$$

Diagrama T-S prezentată este pur teoretică.

Datorită pierderilor termice, mecanice, electrice eficienței, ε , este mult mai scăzută în realitate. Se poate aprecia că este cca. 50% din valoarea ideală.

COEFICIENTUL DE PERFORMANȚĂ REAL (COP- coefficient of performance) DEPINDE DE DIFERENȚA DINTRE TEMPERATURA SURSEI RECI ȘI CEA A AGENTULUI TERMIC.

ÎN CONCLUZIE DACA SE DOREȘTE O EFICIENȚĂ MAXIMĂ , ATUNCI DIFERENȚA ÎNTRE SURSA RECE (APA, AER, SOL) ȘI AGENTUL TERMIC TREBUIE SĂ FIE CĂT MAI MICĂ. PENTRU REALIZAREA ACESTUI DEZIDERAT SE VOR FOLOSII SISTEME DE DISTRIBUȚIE A CALDURII CU TEMPERATURI COBORĂTE (30 - 40° C) ȘI ANUME: INCALZIRE ÎN PARDOSEALĂ, ÎN PEREȚI, VENILOCONVECTOARE.

Este esențial ca în momentul cînd se prezintă coeficientul COP unei pompe de căldură să se precizeze TEMPERATURA sursei reci și TEMPERATURA agentului termic (*bibliografia germană indică acest amănunt, de obicei cu notații de genul W10/W35, EO/W35, LO/W50, BO/W35, etc.*)

Calculând raportul **puterea termică produsă / (puterea cedată de sursă rece + puterea electrică absorbită de compresor)** se constată că acest raport corespunde cu coeficientul de performanță real, COP.

Dacă o pompă de căldură are COP= 5 (*precizând și ecartul de temperatură*) spunem de fapt că respectivă pompă produce cu 1kW putere electrică, 5 kW putere termică.

Această mărime este numită **coeficient de performanță**.

Valoarea COP- lui este o valoare momentană (întotdeauna supraunitară). Pentru a putea stabili un COP cât mai apropiat de realitate se consideră în calcul o perioadă mai lungă (de ex. un an) și se stabilește un COP anual, care este evident diferit de cel momentan (*de obicei la calcularea lui se ține cont de toate consumurile auxiliare, cum ar fi pompele de extracție, recirculare, etc.*)

Producătorii și furnizorii profesioniști de pompe de căldură indică acest COP în specificațiile tehnice precizând automat și ecartul de temperatură.

Coeficientul de performanță al pompei de căldură pentru regimul de răcire (climatizare de vară) este denumit și **EER(energetic efficiency of refrigeration)** - eficiența energetică de răcire.

În acest regim pompa de căldură urmează Ciclul Carnot normal (pompa "transformându-se" într-un veritabil frigider).

Valoarea EER are o importanță deosebită la dimensionarea pompelor de căldură reversibile deoarece necesarul de răcire este mai mare decât necesarul de încălzire și în această situație puterea compresorului va fi dată de necesarul de

racire.

In momentul de fata pompele de caldura foarte performante au un *COP* cuprins, in general, intre 3.5-5.5 si in mod exceptional depasesc aceste valori (bineinteles la ecarturile minime de temperatura). Un exemplu in acest sens sunt anumite **PDC** de la firmele **THERMIA ,WOLF,ALPHA-INNOTECH**

Clasificarea pompelor de caldura in functie de sursa rece si agentul termic:

- 1) **PDC sol-apa** (sursa rece- solul, agent termic- apa) -in aceasta categorie includem si pompele de caldura cu vaporizare directa.
- 2) **PDC apa-apa** (sursa rece- apa, agent termic- apa);
- 3) **PDC aer-apa** (sursa rece- aerul, agent termic- apa)

Mai exista si cazurile sol-aer, apa-aer sau aer-aer. Ele sunt folosite in cazuri rare, la sistemele de incalzire, datorita eficientei scazute a agentului termic aerul (sistemele cunoscute sub denumirea generica de "aer conditionat" sunt de fapt pompe de caldura aer-aer iar *COP*-ul lor este sub 3).

Regimurile de functionare ale pompelor de caldura:

Pompele de caldura pot functiona, data este posibil sau se doreste acst lucru, fara ajutorul altor surse de caldura, tehnologia actuala permitand acest lucru fara probleme.

Sunt posibile urmatoarelor regimuri de functionare:

***monovalent** (pompa de caldura este singura sursa de incalzire - folosind ca purtator energetic energia electrica);

***bivalent - paralel** (se foloseste o pompa de caldura simultan cu o alta sursa de caldura). In cazul in care sursa care functioneaza in paralel cu pompa de caldura foloseste energia electrica, sistemul este **bivalent - paralel monoenergetic**;

***bivalent - alternativ** (in aceasta situatie functioneaza pompa de caldura **sau** cealalta sursa de incalzire);

***bivalent - partial - paralel**;

POMPA DE CALDURA SOL-APA. CALDURA PAMANTULUI

Pompa de caldura sol-apa este o pompa foarte raspandita comparativ cu cea apa-apa. "Sursa rece" o reprezinta caldura solara acumulata in straturile superioare ale Pamantului. Incepind de la o anumita distanta in sol (cca15m), temperatura ramane relativ constanta. La fiecare 30m in adincime temperatura crescand doar cu cca un grad Celsius.

Daca suntem interesati doar de straturile superficiale, pina la adincimea de max 200-250 m, putem vorbi de o temperatura cuprinsa intre 8-16 grade Celsius.

Pentru o pompa sol -apa aceasta temperatura este ideala pentru producerea energiei termice. Pompa de caldura poate functiona doar daca temperatura "sursei reci" (deci a solului) nu depaseste 28-30 grade Celsius (cea minima fiind in jur de 8° C). Peste aceasta temperatura pompa sol - apa, si in general orice pompa de caldura, nu mai poate fi utilizata. Acelasi lucru este valabil si la temperaturi mai mici de cca 8° C. ??

Acest urias potential energetic aflat la mii de km adancime nu face obiectul folosirii pompelor de caldura. Caldura necesara functionarii acestora se extrage doar din straturile superioare (care sunt incalzite, de fapt, de la Soare) ,intre cca. 8° C si 30° C Folosirea pompelor in cooperare cu izvoare geotermale de mare adancime, ce au temperaturi de mii de grade C (aceste izvoare numindu-se si " izvoare de roca fierbinte") este posibila doar dupa ce acestea din urma au pierdut potentialul si au ajuns la temperaturi compatibile cu functionarea unei **PDC**.

In straturile superficiale ale Pamintului distributia temperaturii este urmatoarea:

Captarea "sursei reci" la pompele de caldura sol-apa se poate face :

- cu captatoare plane - ingropate la cca 1-1.5 m (se mai pot folosi captatoare sub forma de spirala sau kunette)
- cu **sonde** de adancime - ce pot ajunge de la 50 la 100m (in cazuri speciale pot ajunge si la 250m)
- cu vaporizare directa dispusa in captatoare plane din cupru

Sistemele de captare din sol mai sunt numite si sisteme cu "bucla inchisa"

Pompe de caldura cu captatoare plane

Un astfel de sistem se poate folosi in situatia in care dispunem de spatiu suficient in jurul cladirii pe care dorim sa o incalzim cu o pompa de caldura.

Necesarul de spatiu exterior este cca. dublu fata de suprafata locuibila incalzita (la o inaltime de max 3m).

Spatiul se micsoreaza proportional cu imbunatatirea anvelopei termice a cladirii.

Puterea specifica de extragere a caldurii:

sol uscat necompactat 10W/mp

sol compact umed 20-30W/mp

sol ud nisip si pietris 40W/mp

Materialul din care sunt realizate captatoarele este polietilena. Circuitul se ingroapa la 1-1.5m in sol, suprafata de pamint superioara captatoarelor putind fi cultivata.

Circuitul captatoarelor este umplut cu solutie antigel (glicol).

Avantajele sistemului: fiabil, simplu de realizat, investitie relativ mica, *COP* relativ ridicat.

Dezavantajul principal al sistemului este necesarul ridicat de spatiu si faptul ca nu poate fi amplasat pe orice sol

Pompe cu sonde de adancime (sau verticale)

Sistemul se preteaza acolo unde exista spatiu suficient in jurul constructiei.

La dimensionarea sondelor se tine cont si de calitatea solului. Practic, daca nu exista prevederi legale speciale, forajele se pot executa pina la 250m.

In general sondele de adancime se foreaza la 100m iar in cazul ca nu sunt conditii la 50m.

Puterea de extragere a caldurii cu sonde de adancime:

- sedimente uscate: 30W/m
- ardezie basalt 55W/m
- piatra densa cu conductibilitate termica ridicata: 80W/m
- sol cu circulatie puternica a apei freatic: 100W/m

Distanta dintre **sonde** este de minim 5m.

Sistemul cu **sonde** verticale are acelasi principiu la baza cu cel al captatoarelor plane.

Avantaje: fiabilitate ridicata, nu ocupa spatiu mare, *COP* ridicat (avind in vedere ca "sursa rece" este mai "calda" decat in cazul captatoarelor plane), nu necesita aprobari speciale de mediu.

Dezavantaje: investitie mai mare, necesita utilaje speciale, personal bine pregatit in executia lucrarii.

Pompa de caldura cu vaporizare directa

La sistemul cu vaporizare directa nu mai exista un circuit separat de captare, circuitul agentului frigorific avind rolul de circuit de captare, fiind ingropat direct in sol, devenind captatorul "sursei reci".

Acest circuit "direct" este realizat din teava de cupru fara suduri si cu un manson de protectie din polietilena.

Circuitul se ingroapa la cca. 1-1.5m si se aseaza pe un pat de nisip.

Avantajele sistemului sunt: *COP* foarte ridicat, fiabilitate mai mare fata de sistemul cu captatoare plane, se micșorează suprafața ocupată de captatoare fata de sistemul cu captatoare plane.

Dezavantaje: este limitată plaja de putere (astfel de sisteme în momentul actual nu depășesc 30-50kW).

POMPA DE CALDURA APA - APA

Pompa de caldura apa-apa are un rol deosebit de important în industrie sau în exploatarea la maximum a izvoarelor geotermale. Apele reziduale sau apele geotermale cu temp. maxime de 28-30 ° C pot fi cu succes valorificate

În cazul apelor geotermale izvorul poate fi multiplicat prin folosirea în cascada a mai multor **PDC**. Evident se va ține cont de calitatea apei, acest impediment putând fi evitat prin folosirea unor schimbătoare de caldura adecvate (anticorozive).

Pompa de caldura apa-apa poate fi utilizată și prin exploatarea apei din lacuri, fluvii, ape de tunel, baraje (care au temperaturi > 8 ° C).

Sistemul apa-apa este numit și sistem de captare cu **bucla deschisă**. Viteza de curgere a apei prin vaporizator nu trebuie să depășească **0.8m/s**

Acest tip de pompa de caldura poate realiza cel mai ridicat *COP* dintre toate tipurile la care ne referim. Un astfel de sistem apa-apa poate ajunge ușor la un *COP*=5 și chiar îl poate depăși dacă este bine realizat și corect dimensionat.

De asemenea poate furniza puteri impresionante ajungând la mii de kW, pe o singură unitate sau cuplând mai multe unități de putere mai mici.

Cu toate acestea, până la ora actuală, cel puțin în Europa, nu este cea mai răspândită pompa de caldura.

Motivele sunt mai multe:

calitatea apei trebuie să îndeplinească practic calitatea **apei potabile;**

apa extrasă din straturile freatice trebuie reînjectată în sol (putul de injecție trebuie să fie amplasat la min. 15m în aval față de direcția de curgere a apei în panza freatică)

pentru fiecare kW termic instalat este necesar un volum minim de apă de 160litri/oră, adică 0.16mc/oră (la min 8 ° C), debitul trebuind asigurat în orice moment de putul de extracție;

în UE există reglementări foarte stricte privind acest gen de foraje.

Pompa de caldura aer-apa

Cu toate că pompa aer –apa are cel mai scăzut *COP* dintre toate pompele la care facem referire, ea este, alături de **PDC** sol-apa, una dintre cele mai vândute din Europa.

Sistemul aer-apa este un sistem relativ simplu de montat si nu necesita lucrari speciale de amenajare (sapaturi, foraje, etc.)

Dezavantajul major al sistemului este faptul ca nu poate functiona monovalent la temperaturi foarte scazute (incepand de la cca.-15°C).

Pot functiona bivalent- paralel monoenergetic prin folosirea unei rezistente electrice care intra in functiune la temperaturi foarte scazute (sub -15° C). Datorita acestui fapt puterea de incalzire este limitata.

ALEGEREA SI DIMENSIONAREA POMPELOR DE CALDURA

Pentru a putea alege corect o pompa de caldura pentru incalzire, trebuie sa fie cunoscute:

marimea obiectivului ce urmeaza a fi incalzit (suprafata locuibila si incalzita, inaltimea medie a incaperilor). Spatiul disponibil (neconstruit) din jurul obiectivului.

zona geografica in care se afla obiectivul;

posibilitatile de instalare a altor sisteme de incalzire (gaze, combustibil lichid,gaz lichefiat, etc.) ;

posibilitatile de la fata locului de valorificare a "sursei reci" (apa, aer,sol);

existenta altor surse de incalzire (pentru stabilirea regimului de functionare al pompei de caldura)

conditiile de alimentare cu energie electrica (retea mono- sau trifazata, puterea electrica maxima permisa pe racordul electric).

Datele initiale necesare dimensionarii unei pompei de caldura pentru:

- o cladire cu suprafata de 350mp; inaltime medie a incaperilor H=2.75m. Curtea cladirii 300mp.
- localizare; com.X, jud. Y;
- alternative pentru combustibil: centrala cu gaz lichefiat sau combustibil solid (lemne si carbune) sau incalzire electrica (in zona nu exista retea de gaze);
- exista posibilitati de captare a sursei reci: apa freatica, aer,sol.
- nu sunt prevazute alte surse de incalzire;
- exista retea trifazata de energie electrica.

Alegerea pompei de caldura:

puterea pompei, 18kW (pentru acoperirea intregului consum*). In curtea obiectivului nu pot fi amplasate captatoare plane, deoarece necesita de minim 2 ori suprafata incalzita.

zona aleasa are conform statisticilor climaterice din Europa (conform documentatiei) cca.1700 ore necesar incalzire/an;

in situatia in care ar fi existat retea de gaze, la **pretul actual** din Romania **al gazelor naturale** (**230euro/1000mc**) ar fi fost recomandata o **PDC** cu COP cat mai mare pentru ca functionarea ei sa fie mai economica decat o centrala cu gaze si investitia in **PDC** sa fie rentabila. Fata de oricare alt sistem de incalzire existent in zona, orice tip de **PDC** (chiar si cu COP mai mic) va fi mai economic. In aceasta situatie putem alege si sistemul sol-apa sau aer-apa.

In urma verificarii calitatii apei se constata ca aceasta nu indeplineste conditiile de calitate si debit impuse. De asemenea forajul in sol pentru sondele de adancime in zona este dificil, existand alternante de straturi (forajul este totusi posibil dar cu cheltuieli mari).

Nefiid prevazute alte surse suplimentare de incalzire, puterea aleasa nu se modifica;

Exista retea trifazata care suporta puterea **PDC**. (In situatia lipsei retelei trifazice se pot comanda si **PDC** monofazata dar de putere mai redusa. Recomandam aceste **PDC** numai in situatii speciale cand nu exista alternative.)

Dimensionarea pompei de caldura:

Conform normelor europene, calculul sarcinii termice necesare se raporteza la metrul patrat de suprafata, [W/mp], luandu-se in calcul inaltimea maxima a incaperii H=3m (inaltime tipica majoritatii incaperilor- In cazuri atipice se vor face corectiile necesare).

De exemplu daca o cladire are un necesar termic de 50W/mp si o suprafata locuabila necesara a fi incalzita de 350mp (H=3m) puterea termica a centralei termice (indiferent de tipul ei) va fi de 250mpx50W/mp = 12500W=12.5kW. (Inaltimea se specifica doar in cazurile atipice)

Dimensionarea corecta a unei pompei este esentiala pentru durata ei de serviciu . O pompa de caldura supradimensionata, pe langa faptul ca e mai scumpa, are un regim incorect de functionare cu porniri si opriri mai dese. O pompa de caldura subdimensionata, functioneaza mai mult si cu pauze mci. Totusi, este preferabil, daca nu exista alternativa, sa se subdimensioneze pompa (in anumite limite) decat sa se supradimensioneze.

Datorita pretului relativ ridicat al pompelor de caldura, este neeconomic sa fie incalzite spatii prost izolate care solicita puteri termice ridicate. Este preferabila izolarea cladirii decat marirea puterii sursei de incalzire.

La stabilirea puterii unei pompe de caldura reversibile se tine seama de puterea de racire (*EER*). Puterea de racire este intodeauna mai mare decat puterea de incalzire.

Spre exemplu normele DIN 4701 referitoare la conditiile pe care trebuie sa le indeplineasca cladirile incalzite din Germania sunt, in evolutia lor:

45-60 W/mp constructii noi (reglementare din 2002)

50-60 W/mp constructii noi (reglementare din 1995)

70-90 W/mp constructii realizate inainte de 1995

120 W/mp constructii vechi realizate fara nici un fel de reglementari

In cazul unei cladiri cu izolatie termica foarte slaba investitia intr-o pompa de caldura nu este rentabila. Exista firme care interzic montarea pompelor de caldura pentru incalzire, in astfel de cladiri, pana la remedierea izolatiei termice.

Pompe de caldura pentru apa menajera:

Pompele de caldura pentru apa menajera pot fi realizate atasand un modul pompei de incalzire sau pot fi independente. In general pentru nevoile de apa menajera ale unei familii se recomanda o pompa de caldura dedicata acestui scop. De obicei aceasta este de tipul aer-apa (investitia este aproape identica cu a unui modul atasat).

Cf normelor DIN

Rezulta un necesar maxim de cca 50 l/zi persoana la o temperatura de cca. 45grade C