

ТЕРМОПОМПЕНА ИНСТАЛАЦИЯ

Термопомпата (ТП) е хладилна машина, която осъществява ефективен начин за осигуряване на топлина и студ в редица приложения. Използва възобновяеми източници на топлина, дори при температури на такива източници, които приемаме за ниски – като на атмосферния въздух, почвата, водата от естествените водни басейни и др., които непрекъснато се обновяват от слънцето. Чрез добавяне на допълнителна енергия, термопомпата може да повиши температурата на този енергиен източник до необходимото ниво. По подобен начин ТП може също да използва отпадна топлина от източник, като например индустриален процес, охлаждащо оборудване или отработен въздух от вентилация на сгради.

➤ **Предимства на термопомпените инсталации:**

- ТП са по-ефективни, защото използват възобновена енергия във формата на топлина с нисък потенциал.
- Ако горивото, използвано в конвекционални котли се насочи към захранване на ТП, разходът му ще се намали с 35 – 50%, което ще резултира и в намаляване на емисиите вредности с 30 – 50%.
- Около 50% намаляване на енергийните разходи се постига, когато ТП се задвижват от система за комбинирано производство на енергия (СНР).

Термопомпите могат да се прилагат за целите на отопляване, загряване на вода и охлаждане в сгради, а така също и в индустриални процеси.

Принцип на работа на термопомпата

При естествени условия топлината преминава в посока от по-висока към по-ниска температура. Термопомпите обаче са способни да променят посоката на топлинния поток, използвайки относително малко количество допълнителна енергия (електричество, гориво или топлина с по-голям температурен потенциал). Така термопомпите могат да пренесат топлина от естествен източник, като – атмосферен въздух, земята или воден басейн към консуматор, изискващ топлина с по-високо температурно ниво, например сгради или индустриален процес.

Термопомпите могат също да бъдат използвани и за охлаждане. В този случай топлината се пренася в обратната посока - от системата, която се охлажда към околната среда, която е с по-висока температура. Такъв процес

позволява използването на получената топлина за покриване на топлинните потребности – както при отопление на сгради през зимата, така и за охлаждането им през лятото.

Топлината произведена от една термopомпа теоретически е равна на сумата от топлината, отнета от ниско потенциалния източник и енергията за задвижване на компресора (енергията за осъществяване на цикъла).

Основните и съставни части са:

- изпарител;
- компресор;
- кондензатор;
- регулиращ вентил;

В изпарителя се отнема топлината \dot{Q}_e от дадения топлинен източник при ниско температурно ниво, което предизвиква изпарение на хладилния агент. Получените пари се засмукват от компресора, който повишава налягането и температурата им, след което те кондензират в кондензатора.

Топлинният поток, отдаден в кондензатора е :

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_e + P, kW \quad \text{където:}$$

\dot{Q}_c - топлинна мощност на кондензация, kW

\dot{Q}_e - топлинна мощност на изпарение, kW

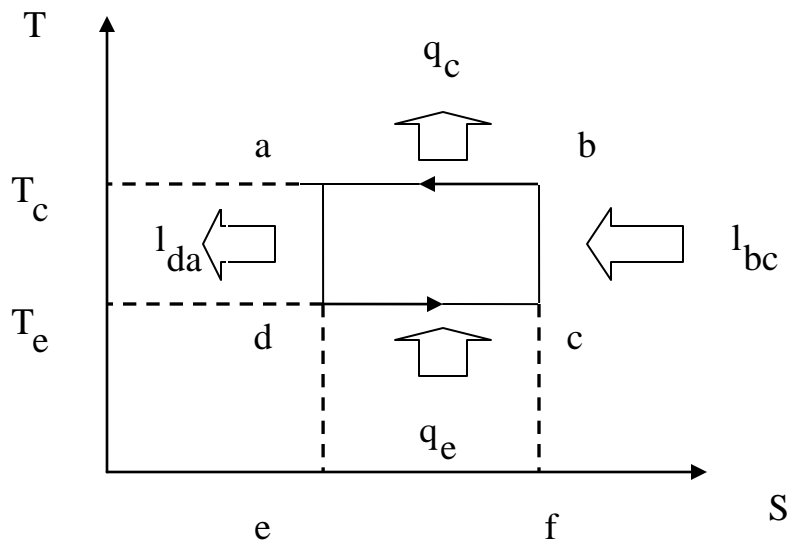
P - електрическа мощност на ел. двигателя, kW

Фиг.1 Принципна схема на термopомпа



Този поток се предава на флуид за разпределение в сградата. От формулировката на топлината на кондензация следва, че за сметка на вложената електрическа енергия в консуматора се получава топлина на по-високо температурно ниво, която е по-голяма от извлечената топлина от ниско потенциалния източник.

Съгласно втория принцип на термодинамиката, пренасянето на топлина от тяло с ниска към тяло с висока температура, може да се осъществи само тогава, когато се въведе компенсиращ положителен процес, който да увеличи енталпията на системата. Такъв компенсиращ процес е обратният кръгов цикъл на Карно (фиг.2), при който между температурните нива T_e и T_c се подвежда работата 1.



Фиг.2

В този случай промените в състоянието на работното тяло са:

- d – c → изотермично подвеждане на топлина q_e при температура T_e ;
- c – b → адиабатно сгъстяване при подвеждане на работата l_{bc} ;
- b – a → изотермично отвеждане на топлина q_c при температура T_c ;
- a – d → адиабатно разширение при отдаване на работа l_{da} ;

Подведената в обратния кръгов цикъл на Карно (c – b – a – d) работа е :

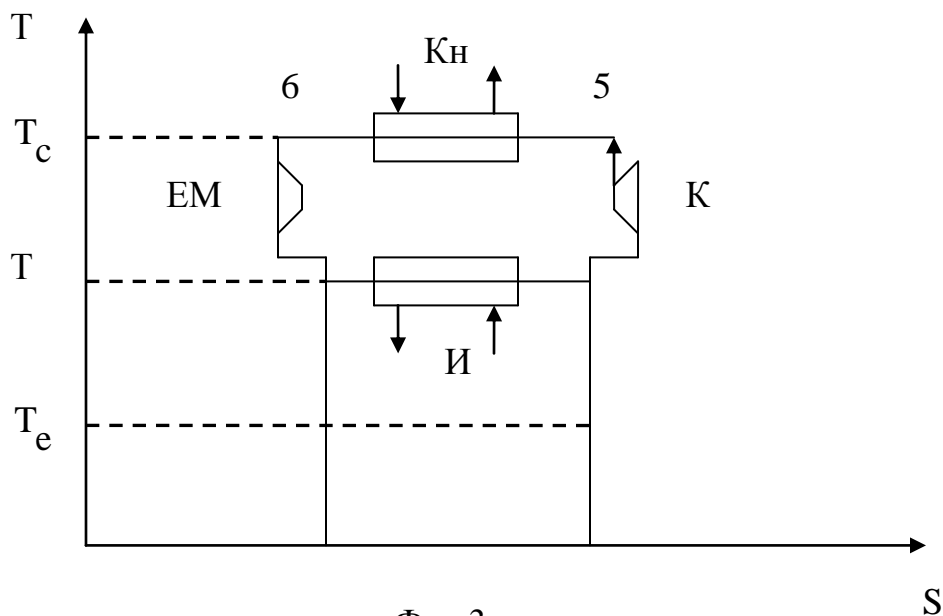
$$l = l_{bc} - l_{da}$$

Съгласно първия принцип на термодинамиката, количествата на подведената и отведената енергия при обратния кръгов цикъл на Карно, трябва да са равни:

$$q_c = q_e + l$$

При този кръгов цикъл за сметка на изразходваната работа е възможно да се получи топлина с различен потенциал в зависимост от интервала на

температурите T_e и T_c . Цикълът може да бъде изразен чрез ентропийна диаграма (фиг.3):



Фиг.3

където с T_e е означена температурата на охлаждащата среда (на изпарение), с T – температурата на околната среда и с T_c - температурата на загряваната среда (на кондензация). Отведената в процеса 5 – 6 топлина се използва при високото температурно ниво T_c . В този случай е възможно при отнемане на топлина от околната среда и изразходване на работа да се получи топлина с едно по-високо температурно ниво за отопление или нагряване. Ефективността на този процес се оценява с коефициент на трансформация, дефиниран като:

$$\varphi = \frac{q_c}{l} = \frac{q_c}{q_c - q_e} = \frac{T_c}{T_c - T_e}$$

$$\text{или } COP_h = 1 + \frac{Q}{P} = 1 + COP_c$$

Термопомпите се основават на два основни термодинамични цикъла:

- сгъстяване на пари;
- абсорбционен цикъл;

Термопомпи, основаващи се на сгъстяване на пари:

В значимото си мнозинство използваните термопомпи работят на принципа на сгъстяване на пари. Основните компоненти са: компресор, разширителен вентил и два топлообменника (съответно изпарител и кондензатор).

Работният флуид, известен още като хладилен агент циркулира през тези четири компонента. В изпарителя температурата на течния флуид се поддържа по-ниска от тази на топлинния източник, причинявайки топлинен поток от него и в резултат – процес на изпарение. Парите се сгъстват в компресора до по-висока температура и налягане. Горещите пари постъпват в кондензатора, където кондензират и отделят топлина. Получената течност с висока температура и налягане постъпва в разширителния вентил, където се извършва редуциране на налягането и се създават подходящи условия за кипене в изпарителя. Обикновено компресорът се задвижва чрез електродвигател и по-рядко от двигател с вътрешно горене (ДВГ). Когато компресорът се задвижва от газов или дизелов двигател, топлината от охлаждане на двигателя и изходящите газове може да се добави към получената топлина от кондензатора.

Термопомпи, основаващи се на абсорбционен цикъл:

Абсорбционните термопомпи се задвижват чрез топлина. Обикновено топлината се получава от изгаряне на газ или пара, с високо налягане или отпадна топлина.

Абсорбционните системи използват свойството на течностите и солите да поглъщат (абсорбират) пари. Най-често използвани системи – работни тела са:

- вода (работен флуид) и литиев бромид (абсорбент)
- амоняк (работен флуид) и вода (абсорбент)

В тези системи сгъстяването на работният флуид се постига термично (топлинно) в кръга на абсорбера. Пари с ниско налягане от изпарителя се абсорбират в абсорбента и този процес е свързан с отделяне на топлина. Сместа се “изпомпва” до високо налягане, след което постъпва в генератора. Там работният флуид кипи с помощта на допълнително подадена топлина при висока температура. Парите на работният флуид кондензират в кондензатора, докато абсорбента се връща към абсорбера през разширителния вентил.

В изпарителя постъпва топлина от нискотемпературен източник, а полезно използваемата топлина, се отделя в кондензатора и в абсорбера. Необходимо е допълнително електричество за задвижване на циркуляционната помпа.

За разлика от компресорните термopомпи, при абсорбционните системи се осъществява заедно по време и място, правият и обратният кръгов цикъл на Карно.

Най-широко приложение в практиката са получили абсорбционните термopомпи с непрекъснато действие и затворена система на циркулация на хладилния агент (работния флуид) и разтвора.

Хладилният агент (работния флуид) трябва да притежава голяма топлина на изпарение, а разликата между наляганята на кондензация и изпарение да бъде минимална. Специфичният обем на парите им не оказва влияние върху размерите на апаратите на абсорбционните термopомпи, докато при компресорните, той играе изключителна роля за определяне големината на компресора.

Абсорбентът трябва да притежава максимална способност да абсорбира хладилния агент при достатъчно висока скорост на абсорбция; минимално или никакво собствено налягане, за да не се образуват пари на абсорбента, което води до усложняване на схемата и включване на допълнителни апарати, както и нисък специфичен топлинен капацитет, с което се намаляват топло разменните повърхности на апаратите и разхода на топлина при първоначално пускане на абсорбционната термopомпа.

Абсорбентите образуват с хладилните агенти (работните флуиди) бинерни разтвори, при които разликата в температурите на кипене между чистия хладилен агент (работен флуид) и чистия абсорбент, при едно и също налягане, не трябва да бъде много голяма, а топлината на разтваряне да бъде по възможност по-малка.

В някои случаи, към бинерните разтвори се прибавя и трето вещество, чието предназначение е повишаване поглъщателната способност на абсорбента, предпазването му от замърсяване, образуване на кристали и корозия.

Освен тези два цикъла, теоретически ефектът на термopомпата може да се постигне и чрез други термодинамични цикли и процеси. Като например, цикъл на Стърлинг, еднофазни цикли (с въздух, CO_2 и т.н.), сорбционни системи твърдо тяло – пара, хибридни системи (комбиниращи съгъстявания на пара и адсорбция), както и електромагнетични и акустични процеси. Някои от тях са получили вече практическа реализация на пазара и вероятно ще добият значимост в бъдеще.

Източници на топлина

Техническите и икономическите параметри на термопомпите са свързани непосредствено с източника на топлина.

Идеалният източник на топлина за термопомпите в сгради има постоянна температура през отоплителния сезон, достатъчно количество топлина, не предизвиква корозия или замърсяване на околната среда, добри топло физически свойства, неговото използване изисква ниски инвестиции и експлоатационни разходи.

При режим на охлаждане тези източници стават приемници на топлината, отделена в кондензатора. За термопомпата приемник на кондензаторната топлина е флуидът, с който тя се разпределя в обекта. Приемниците могат да бъдат: циркулиращата вода към потребителите на топлина и циркулиращия въздух.

Източникът на топлина при термопомпен режим или на приемник при режим на охлаждане за конкретен случай се избира в зависимост от географското разположение, климатичните условия, тип на обекта и икономически показатели.

В таблица 1 са показани най-често използваните източници на топлина:

| табл.1: Най-често използвани топлинни източници | |
|---|----------------------------|
| източник на топлина | температурен интервал [°C] |
| атмосферен въздух | -10 – 15 |
| отработен въздух | 15 – 25 |
| подземни води | 4 – 10 |
| езерни води | 0 – 10 |
| речни води | 0 – 10 |
| морски води | 3 – 8 |
| камъни | 0 – 5 |
| земя | 0 – 10 |
| отпадни води | >10 |

Атмосферният и отработеният въздух, почвите и подземните води са практически източници за малки термопомпени системи, докато морската, речната, езерната вода, скалите, геотермалните и отпадни води се използват за по-големи термопомпени системи.

Атмосферният въздух е най-често използваният топлинен източник. Термопомпите, които го използват имат 10 – 30% по-ниска използваемост, от тези използващи вода, поради силното изменение на температурата на въздуха в годишен аспект. При ниски температури на въздуха, характеристиките на термопомпите се влошават значително. Получава се голяма температурна разлика между изпарителя и кондензатора, за поддържането на която е необходимо голямо количество допълнителна енергия. Допълнителната енергия е необходима още за обезскрежаването на изпарителя и работата на вентилатора.

При мек и влажен климат върху изпарителя ще се образува лед (още в температурния диапазон 0 – 6 °C), което ще доведе до намаляване на топлообмена в него. Обезскрежаването се постига чрез обръщане на термопомпения цикъл или чрез други по-малко ефективни средства. Консумацията на енергия се увеличава и общата енергийност на системата намалява с увеличаване честотата на обезскрежаване.

Отработен (вентилационен) въздух – такъв източник е често използван при термопомпите в жилищни и административни сгради. Термопомпата оползотворява топлината на отработения въздух и осигурява топлина за отопление и гореща вода. Има технически решения за едновременно оползотворяване на атмосферен и отработен въздух. В големи сгради термопомпите за отработен въздух често се комбинират с топлообменник – рекуператор.

Подземни води – имат постоянна температура от 4 – 10 °C. Използват се чрез отворени или затворени системи. При отворените водата се изпомпва от кладенец, охлажда се от изпарителя и се връща в канализацията или друг кладенец. Такива системи трябва да бъдат внимателно оразмерявани, за да се избегнат проблеми като: корозия, замръзване и замърсяване. Затворените системи могат да бъдат с директно изпарение (при, което работният флуид се изпарява в тръбите) под земята. В резултат на допълнителната вътрешна температурна разлика, термопомпите от този тип имат по-ниска ефективност, но по-лесно се поддържат. Най-същественният недостатък на термопомпите за подземни води е високата цена на съоръжението за изпомпването на водата.

Почва – термopомпите използват топлината на земята (почвата) се използват за приложение в жилищни и административни сгради и имат подземни преимущества като тези използват подземни води. Топлината се отнема чрез хоризонтално или вертикално положени в почвата тръби. В тези тръби може да се извършва директно изпарение на хладилния агент или циркулация на междинен топлоносител. Топлинният капацитет на почвата се изменя в зависимост от съдържанието на влага и климатичните условия. В резултат на отнемането на топлина от почвата, температурата на последната се понижава през отоплителния сезон. В студени региони енергията се отнема като латентна топлина при замръзване на почвата. Почвата възстановява температурата си през летния сезон.

Скални масиви – типичната топлина от тях може да се използва чрез междинен топлоносител, циркулиращ в полиетиленова тръба. Обикновено дълбочината на сондите в каменните масиви е от 100 – 200м. Цената на сондирането е висока, поради което такива термopомпени системи не са атрактивни за приложение в жилищни сгради.

Вода от реки и езера – по принцип това са много добри топлинни източници, но имат съществен недостатък – че температурата през зимата достига 0°C . Съществено внимание трябва да се обърне и на предпазването на изпарителя от замръзване.

Морска вода – при определени условия е отличен източник на топлина. Основно използваем за средни и големи термopомпени инсталации. На дълбочина 25- 50м температурата на морската вода е постоянна ($5 - 8^{\circ}\text{C}$) и няма опасност от замръзване (температурата на замръзване е от -1 до -2°C). Използват се системи с директно изпарение, както и междинен изпарител. Необходимо е да се използват корозионно устойчиви помпи и ТОА, както и да се предпази отлагането на органични замърсявания върху тръбите и топлообменниците.

Отпадни води и газове – характеризират се с относително висока и постоянна температура през годината. Примери за възможни топлинни източници в тази категория са индустриалните води, топлината от кондензатори на хладилни системи и др. Основните ограничения за използване в жилищни и административни сгради са разстоянието до консуматора и променливото налично количество топлина. Следователно приложение за тези инсталации може да се намери само за индустриални термopомпи.