

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Грејање, климатизација и соларна енергија

Број индекса: 70/2013

Данило П. Вермезовић Компресорске топлотне пумпе завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доцент, Новак Николић - ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да се упозна са врстама компресорских топлотних пумпи. Главни осврт се односи на компресорске топлотне пумпе које раде по систему земља-вода, ваздух-ваздух, ваздух-вода и вода-вода. Овим радом се излажу предности и недостаци анализираних типова компресорских топлотних пумпи.

Препоручена литература:

- [1] Samsalovic, S, TOPLOTNA PUMPA:Tehnologija održive proizvodnje tehnologije, Smeits, Beograd 2009.godina
- [2] Todorovic, B, Klimatizacija, Smeits, Beograd, 2009.godina
- [3] <https://www.energydepot.com/RPUres/library/heatpumps.asp>

Крагујевац, 20.10.2016.

Ментор: Новак Николић, доцент

COMPRESSOR HEAT PUMPS

Abstract: *In this paper the types of compressor heat pumps were described. The main emphasis was on the ground-water, water-to-water, air-to-water and air-to-air compressor heat pumps. The description of their components is given and the principle of their work is explained. In this paper the advantages and disadvantages of the analyzed types of a compressor heat pumps were exposed. From the aspect of energy efficiency the best solution is related to the water-water heat pumps. On the other hand, in terms of investment costs the most acceptable solution is the air-water heat pump (air to air).*

Keywords: Heat pump, principle of operation, characteristics

КОМПРЕСОРСКЕ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ

Резиме: *У овом раду описане су врсте компресорских топлотних пумпи. Главни осврт дат је на компресорске топлотне пумпе које раде по системима земља-вода, ваздух-ваздух, ваздух-вода и вода-вода. Дат је опис саставних компоненти и објашњен је њихов принцип рада. Овим радом су изложене предности и недостаци анализираних типова компресорских топлотних пумпи. Са аспекта енергетске ефикасности најповољније решење су топлотне пумпе типа вода-вода. С друге стране, са аспекта инвестиционих трошкова најприхватљивије решење су топлотне пумпе типа ваздух-вода (ваздух-ваздух).*

Кључне речи: Топлотна пумпа, принцип рада, карактеристике

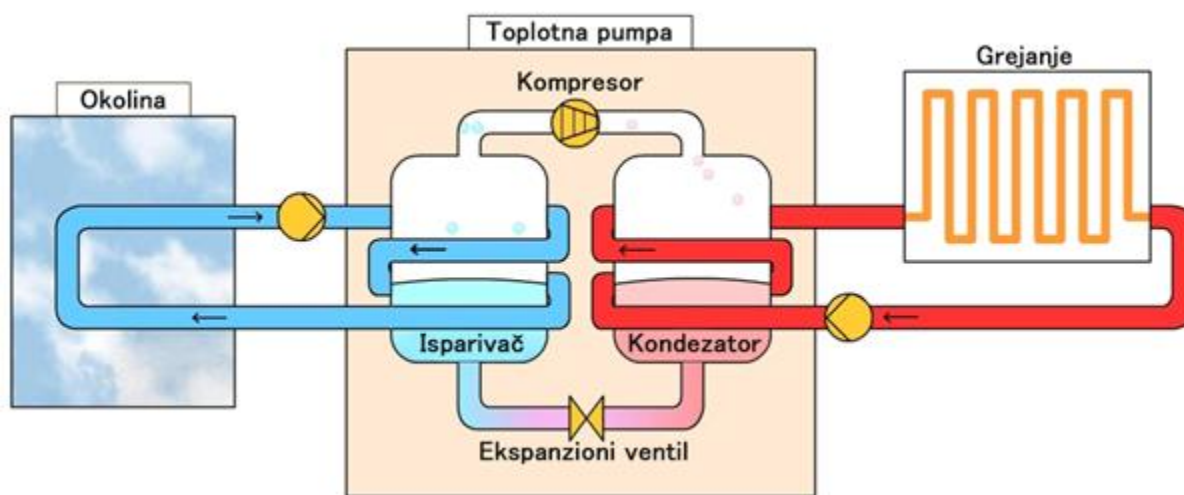
САДРЖАЈ

1.УВОД.....	4
2.КОМПРЕСОРСКЕ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ	6
2.1.Принцип рада компресорских топлотних пумпи.....	6
3.САСТАВНИ ДЕЛОВИ КОМПРЕСОРСКЕ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ	10
3.1 Компресор.....	10
3.1.1 Клипни компресор	12
3.1.2 Ротациони компресор	12
3.1.3 Вијчани компресор	13
3.1.4 Центрифугални компресор	14
3.2 Експанзиони вентил.....	15
3.3 Испаривач	16
3.4 Кондензатор.....	17
3.5 Расхладни Флуиди	18
4.ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОМПРЕСОРСКИХ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ	19
4.1.Топлотне пумпе земља-вода	20
4.1.1 Хоризонтални измењивачи (колекторска поља).....	22
4.1.2 Вертикални измењивачи (топлотне сонде)	24
4.2.Топлотне пумпе вода-вода	25
4.3.Топлотне пумпе ваздух-вода	29
4.4.Топлотне пумпе ваздух-ваздух	31
6.ЗАКЉУЧАК.....	36
ЛИТЕРАТУРА.....	37

1.УВОД

Због значајног повећања цене енергије у свету током последњих година, посебно нафте, данас се настоји да се енергетски уштеди коришћењем тзв. алтернативних извора енергије (ветра, сунца, воде итд). Значајну улогу у преласку на обновљиве изворе енергије има тоplotна пумпа, која обезбеђује ефикасније искоришћење енергије.

Топлотна пумпа представља уређај који подиже тоplotну енергију са нижег на виши ниво енергије (температуре) уз помоћ спољног рада. Топлотне пумпе тренутно представљају један од начина коришћења обновљивих извора енергије који има највећи раст тренутно у свету. Према нормама Европске уније, објекат изграђен после 2015. године, треба да има енергетски ефикасан систем грејања и хлађења који се махом заснива на коришћењу геотермалне енергије (тј. тоplotне пумпе). На слици 1 дат је шематски приказ основног принципа рада тоplotне пумпе.



Слика 1. Основни принцип рада тоplotне пумпе [1]

У односу на класичне уређаје за добијање тоplotне енергије, тоplotна пумпа омогућује економичнији рад, поготово ако се за производњу електричне енергије користе нискокалорични угљеви, чији су трошкови транспорта високи у односу на тоplotну моћ. Може се сматрати да степен искоришћења енергетских сировина (угаљ, мазут, гас) у процесу добијања електричне енергије, од улаза горива у термоцентралу па преко преноса, трансформације и дистрибуције до потрошача, износи око 20-30%. Међутим, уз помоћ тоplotне пумпе са електричним погоном, коефицијент искоришћења примарне енергије (на пример нискокалоричног угља) може бити и троструко већи, па је степен искоришћења читавог макросистема, од добијања угља до тоplotне енергије, применом тоplotне пумпе већи од 90%.

Топлотне пумпе наилазе на примену на многим местима као што су:

- породична домаћинства;
- пословни објекти;
- школе;
- вртићи;
- болнице;
- спортски центри;
- пластеници;
- стакленици.

Предности коришћења геотермалних топлотних пумпи су следеће:

- **Економичност** - смањени трошкови грејања и хлађења у стамбеним и пословним објектима.
- **Трајност** - ниски трошкови одржавања, уколико је систем уграђен на прописан начин не захтева готово никакво одржавање.
- **Тихи рад** - погодна употреба у домаћинству и у пословним просторима пошто код оваквих система нема делова који производе буку.
- **Флексибилност** - овакви системи могу снабдевати топлотном енергијом разне потрошаче.
- **Прилагодљивост** - користе се и у топлим и у хладним раздобљима. Зимом за грејање, лети за хлађење.
- **Екологија** – топлотне пумпе готово да не загађују околину, ово је веома битан чинилац у циљу смањења загађивања атмосфере.

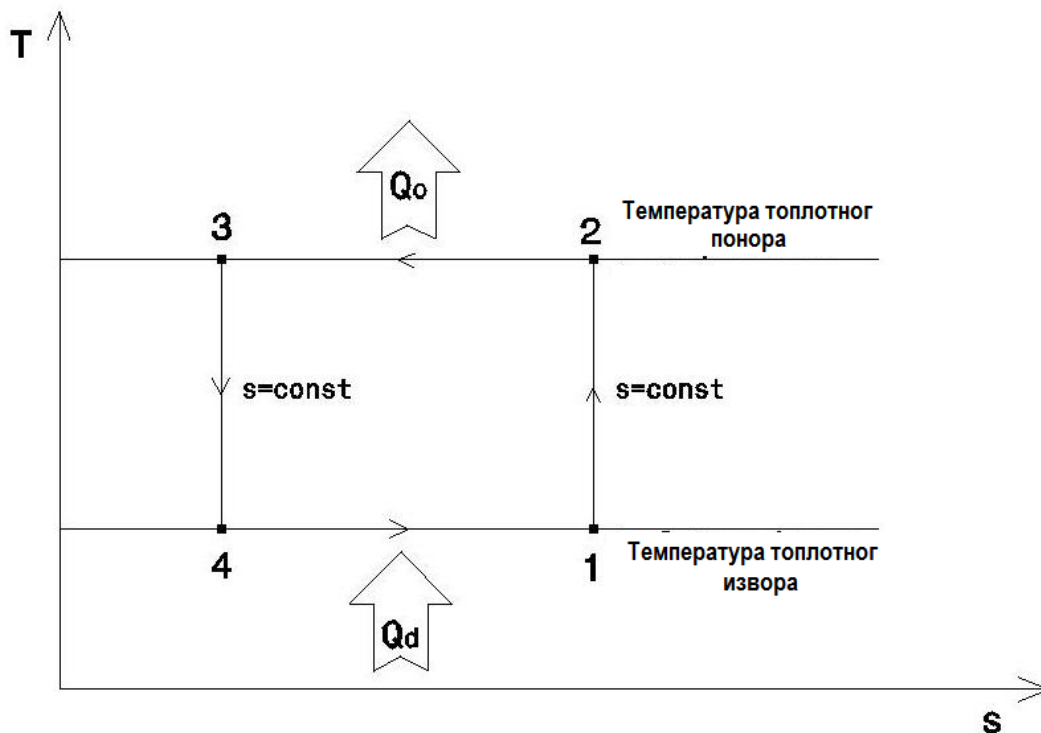
Коришћење топлотних пумпи је прихватљиво са еколошке тачке гледишта, јер има нулту емисију. Једино загађење које може бити укључено у процес коришћења топлотних пумпи, јесте оно које генерише термоелектрана која производи електричну енергију која се користи код топлотних пумпи. Ако се енергија добија из хидроелектрана или обновљивих извора енергије онда је операција таквих система потпуно еколошки чиста. Инсталирање система грејања и хлађења на основу топлотне пумпе доводи до смањења оптерећења енергетског система, смањења потрошње фосилних горива, смањења трошкова енергије и смањења загађења животне средине. Топлотне пумпе се могу користити за грејање, или за грејање и хлађење. У оба случаја топлотни извор је у контакту са једном од битних компоненти топлотне пумпе: са испаривачем, када топлотна пумпа има функцију грејања, или у контакту са кондензатором, када се врши функција хлађења.

2. КОМПРЕСОРСКЕ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ

2.1. Принцип рада компресорских топлотних пумпи

Принцип рада компресорских топлотних пумпи је готово идентичан начину рада кућног фрижидера, а разлика је у томе што расхладни уређај одузима топлоту намирницама и предаје је околина док топлотна пумпа узима топлоту из ваздуха, воде или земље и доводи је у простор који желимо загрејати. Такође, топлотна пумпа се састоји од истих елемената као фрижидер, само је редослед процеса другачији.

Carnot-ов циклус (слика 2) је кружни процес који је осмислио Nicolas Leonard Carnot 1824. године. Систем који ради по Carnot-овом кружном циклусу је хипотетички Carnot-ов топлотни мотор. Топлотни мотор преноси енергију из топлијег (грејног) резервоара у хладнији (расхладни) резервоар, па се притом део те енергије претвара у механички рад.

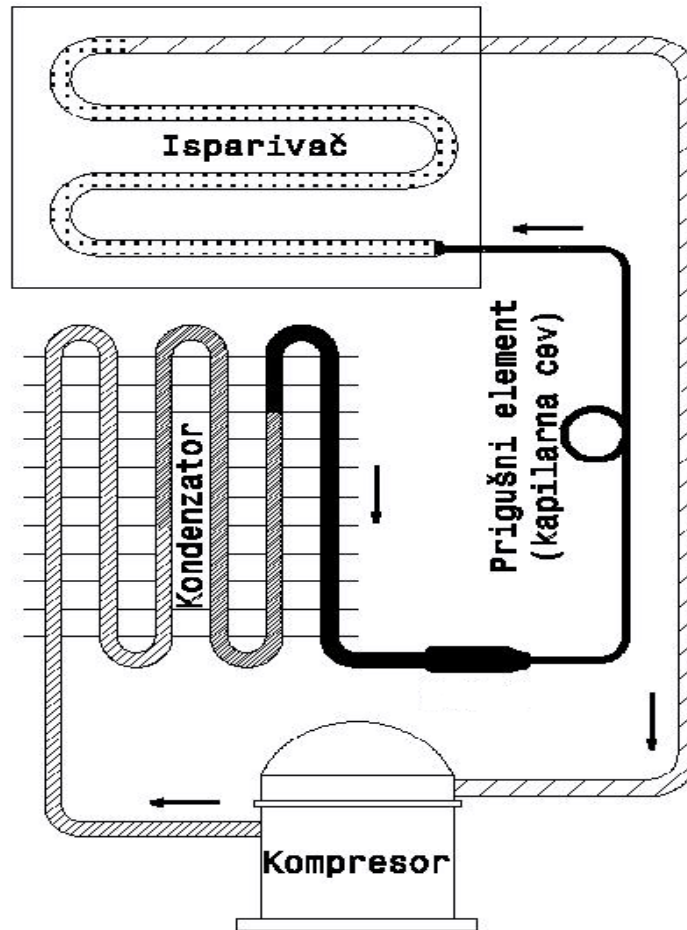


Слика 2. Carnot-ов левокретни циклус са идеалним гасом у T - S дијаграму [2]

Код поменутих левокретних циклуса са идеалним гасом, радна материја се прво изентропски сабија од стања 1 до стања 2, након чега се изотермски, на температури околине, одводи топлота радној материји од стања 2 до стања 3. Затим следи промена стања од 3 до 4 у којој се изентропски обара притисак и температура радној материји. Циклус се затвара од 4 до 1 изотермским довођењем топлоте на температури топлотног извора, који у овом случају представља околину. Carnot-ов циклус има увек највећи фактор грејања и хлађења у поређењу

са осталим левокретним циклусима при истим температурама понора и извора, због тога што је састављен од повратних промена стања, односно, зато што нема губитака радне способности.

Као најпростији пример левокретног компресорског парног циклуса приказан је фрижидер (Слика 3).



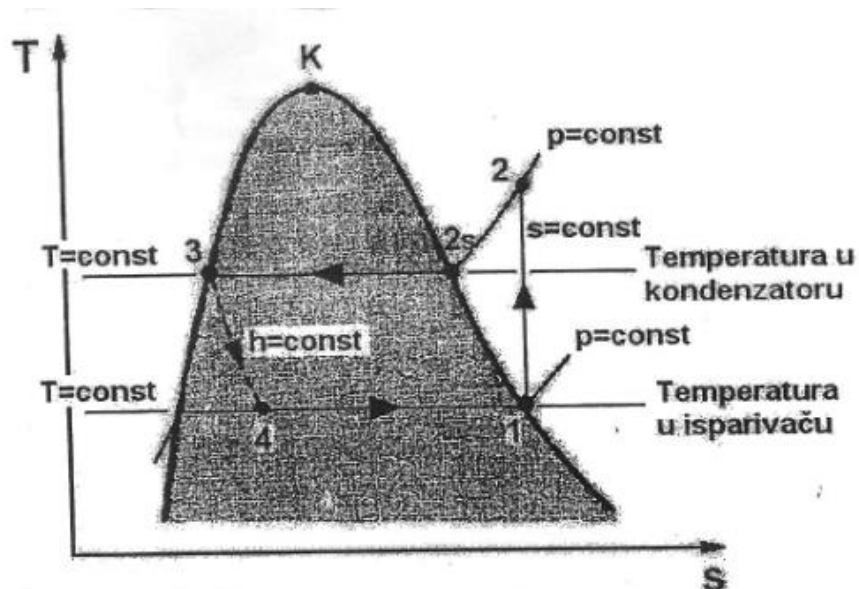
Слика 3. Шема постројења компресорског парног циклуса [1]

Компресор усава сувозасићену пару радне материје стања 1 и изентропски компримује на притисак и температуру стања 2 (Слика 4). Добијена прегрејана пара има вишу температуру од топлотног понора (околине) и она као таква одлази у размењивач топлоте-кондензатор где изобарски хладећи се брзо достиже сувозасићено стање, а затим започиње процес кондензације при константном притиску и температури (одвођење топлоте). Од тог тренутка (тачка 2s) температура у кондензатору је непроменљива све док има некондензоване паре. На крају кондензатора добија се чиста кључала течност стања 3, на притиску који влада у кондензатору. Кључала течност потом експандира у пригушном вентилу до стања 4. Температура у тачки 4 је нижа од температуре околине и влажна пара узима топлоту од околине и при томе испарава на константном притиску и температури, све до стања сувозасићене паре 1, када радна материја поново одлази на компресију.

Према једначини (1) фактор хлађења компресорског парног циклуса би био једнак:

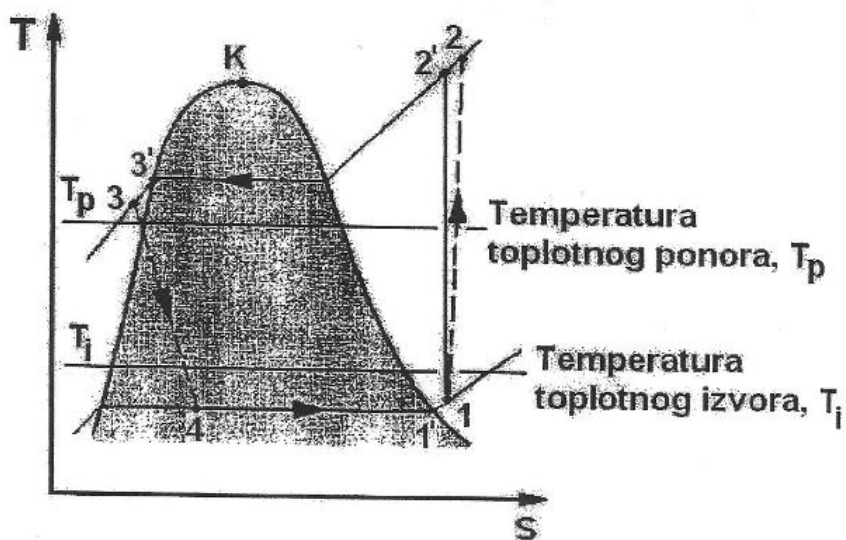
$$\varepsilon_h = \frac{Q_d}{|L_k|} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

На слици 4 приказан је идеални компресорски парни циклус.



Слика 4 .Идеални компресорски парни циклус [3]

Реални компресорски парни циклус (слика 5) се од идеалног разликује по неидеалној, адијабатској компресији 1-2. Реално компресор троши више рада, а компримовани радни флуид по изласку има вишу температуру.



Слика 5. Реални компресорски парни циклус [3]

Најважнија карактеристика топлотне пумпе, која одређује економичност уређаја, је однос добијене и утрошене енергије и назива се коефицијентом карактеристике, или енергетским коефицијентом. У страниј литератури се ова карактеристика обележава са COP (Coefficient of Performance). У теоријском смислу, овај коефицијент не може бити мањи од јединице и да би пумпа била што ефикаснија потребно је тежити што већем енергетском коефицијенту.

Према конструкцији генератора топлоте постоје следећи начини рада топлотне пумпе:

- Моновалентни начин рада;
- Бивалентни - паралелни начин рада;
- Бивалентни - алтернативни начин рада.

Моновалентни начин рада

Овај начин рада топлотне пумпе подразумева да целокупну потребу објекта за топлотом током сезоне грејања покрива искључиво топлотна пумпа. Учинак топлотне пумпе се пројектује према спољној температури ваздуха. Топлотне пумпе повезане с тлом раде као моновалентни системи. Једна од предности моновалентног начина рада је мање заузимање простора, односно нема потребе за Гасном инсталацијом, димњаклом или резервоаром ложивог уља [4].

Бивалентни-паралелни начин рада

При овом начину рада до одређене вредности спољне температуре ваздуха топлотна пумпа је једини извор топлоте. Даљим падом спољне температуре ваздуха (нпр. -3°C или ниже) укључује се паралелно још један топлотни извор (нпр. гасни бојлер). Предност таквог начина рада је могућност задржавања постојећег котла, као и већа сигурност снабдевања зграде топлотом јер тада постоје два извора топлоте и два енергента [4].

Бивалентно-алтернативни начин рада

Овакав начин рада топлотне пумпе значи да у одређеном тренутку у сезони грејања (бивалентној тачки), додатни извор топлоте преузима покривање целокупних потреба зграде за топлотом, док се топлотна пумпа искључује. Бивалентна тачка одговара некој вредности ниске спољне температуре ваздуха.

Овај начин система грејања користи се за зграде са радијаторима као грејним телима, температурног режима $90/70^{\circ}\text{C}$. До одређене вредности спољне температуре ваздуха, топлотна пумпа је једини извор топлоте, која зависно од карактеристике грејања одговара температури полазног вода макс. 55°C .

Да би њихова примена била делотворна, требају испунити неколико основних услова:

- Распоживост топлотног извора задовољавајуће температуре кроз целу сезону грејања;
- Што мању удаљеност између топлотног извора и места предаје топлоте;
- Места предаје топлоте требају имати умерени температурни ниво (нискотемпературни систем грејања);
- Велики број сати употребе током године - ради веће исплативости;
- Високе цене других извора енергије (остварење веће уштеде).

3.САСТАВНИ ДЕЛОВИ КОМПРЕСОРСКЕ ТОПЛОТНЕ ПУМПЕ

Компресорски тип топлотне пумпе су топлотне пумпе са највећом употребом. Код њих се користи компресор како би се расхладни флуид компресовао и тако се довођењем рада подигла његова температура и притисак. На слици 6 приказани су основни делови компресорске топлотне пумпе.



Слика 6. Основни делови компресорске топлотне пумпе [4]

Основни делови топлотне пумпе су:

- Компресор;
- Термоекспанзиони вентил;
- Испаривач;
- Кондензатор;
- Расхладно средство (флуид).

3.1 Компресор

Компресори су машине који имају улогу компресије расхладног средства, подизања његове температуре и притиска довођењем рада. Топлотне пумпе за грејање станова користе искључиво клипне компресоре са праволинијским ходом, које покреће електромотор, у мањем обиму користе и компресоре са ротирајућим клиповима. Осим клипних компресора користе се и турбокомпресори, при чему је могуће покретање помоћу електромотора, гасног или дизел мотора.

Подела према подручју примене, односно температуре:

- Компресори за ниске притиске испаравања (температура испаравања испод -30°C);
- Компресори за средње притиске испаравања (температура испаравања приближно -10°C);
- Компресори за високе притиске испаравања (температура испаравања већа од 0°C).

Подела према притиску:

- Вакумске сисалке;
- Компресори ниског притиска (до 10 bar);
- Компресори средњег притиска (до 100 bar);
- Компресори високог притиска (до 500 bar);
- Суперкомпресори (до 3000 bar).

Компресори који су посебно конструисани или прилагођени за топлотне пумпе, имају данас знатно боља конструкциона решења од оних урађених за потребе хлађења или климатизације. Тако је у последње време знатно побољшан рад вентила, смањени су губици у штетном простору, повећана аеродинамичност усисних и потисних канала, чиме су смањени падови притиска. Уља за подмазивање, као и конструкциони материјали, издржавају знатно више радне температуре. Сва ова побољшања су допринела да се механички, електрични или запремински коефицијент компресора знатно побољша у односу на класичне компресоре, Нарочито је важан утицај штетног простора, од кога директно зависи запремински коефицијент. Тако се на пример повећањем штетног простора са 2% на 6% коефицијент грејања смањује за 20%. Међутим, у клипним компресорима штетан простор се не може потпуно елиминисати [2].

Контрола учинка није потпуно решена чак ни у великим компресорима. Вишецилиндрични компресори се регулишу искључивањем појединих цилиндара, што се постиже дизањем вентилских плоча са седишта помоћу хидраулике, или притиском гаса паре расхладног флуида. Ова врста регулације топлотних пумпи доводи до смањења коефицијента грејања чак до 20%. За регулисање учинка користе се мотори са променљивим бројем обртаја, обилазне везе и сл. Међутим, енергетски најповољнија регулација се постиже укључивањем појединих компресора са пуним оптерећењем.

Према самом начину рада постоје следеће врсте компресора:

- клипни;
- ротациони;
- вијчани;
- центрифугални.

Свака од ових врста компресора има специфичне мане и предности, које директно зависе од радних параметара и врсте флуида. Све врсте компресора се не производе за све практично потребне учинке.

3.1.1 Клипни компресор

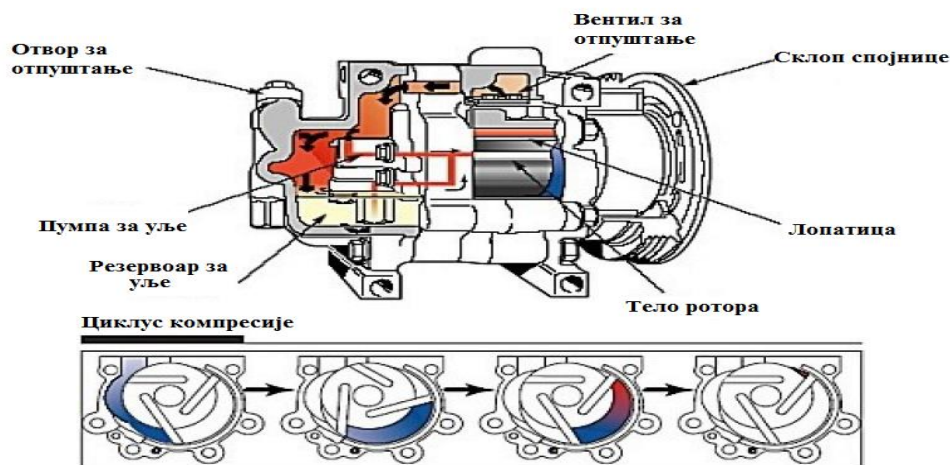
У експлоатацији је највише клипних компресора, и то од најмањих, који се користе за фрижидере до највећих, у индустријским постројењима. Врло су бучни, а габарити и тежина су им, у односу на топлотни учинак, велики. Међутим, и поред свих ових лоших особина, клипни компресори су, као најмасовнији, уједно и најјефтинији, лако се одржавају, а и резервни делови су им јефтинији. Ови компресори могу да обезбеде врло велики степен сабијања. По својим конструкционим карактеристикама, клипни компресори се деле на отворене, полухерметичке и херметичке компресоре. Отворени клипни компресори су најстарије конструкционо решење компресора уопште. Погонски мотор се везује за компресор директно преко спојнице, или индиректно преко преносника. При индиректној вези, механички коефицијент је мањи, што умањује и укупни степен искоришћења погонског мотора. Отворени компресори, иако једноставни за одржавање, имају доста недостатака, нарочито када се користе у системима са топлотном пумпом. На слици 7 приказан је клипни компресор.



Слика 7. Клипни компресор [5]

3.1.2 Ротациони компресор

Ротациони компресори су новијег датума. Они се састоје од клипа који се обрће око ексцентричног вратила, истовремено се котрљајући по зиду цилиндра (слика 8) . Немају уисни вентил, па практично немају штетан простор, ни запремински губитак због штетног простора. При малим разликама притисака кондензације и испаравања, ови компресори имају добре коефицијенте испоруке. Међутим, при већим разликама уисног и потисног притиска, запремински губици постају већи, као последица протицања паре расхладног флуида из простора са вишим притиском у простор са нижим притиском. Ови губици се могу смањити повећавањем броја обртаја клипа, као и интензивнијим подмазивањем клипа и цилиндра. Тај тип компресора користи расхладне флуиде који се слабо растварају у уљима за подмазивање.



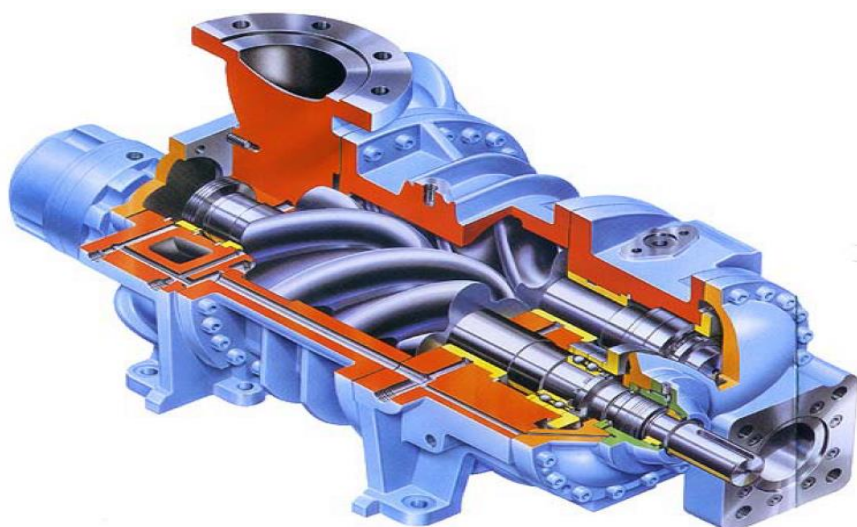
Слика 8. Ротациони компресор [6]

За веће снаге топлотних пумпи уграђује се већи број мањих ротационих компресора. Њихове основне предности у односу на клипне компресоре су следеће:

- У ротационом компресору нема штетне размене између хладне паре расхладног флуида и зида топлог цилиндра.
- Попречни пресек улаза у цилиндар нема утицаја на штетан простор.
- Због карактеристичног облика компресионе коморе, потисни вентили раде много мирније. Век трајања као и искоришћење су им много дужи од класичних клипних компресора.
- Релативно мали број обртних делова.
- При стартовању се не појављује пена уља. Потисна комора не дозвољава да уље одлази у инсталацију, односно служи као сепаратор уља.
- Није потребан усисни вентил.

3.1.3 Вијчани компресор

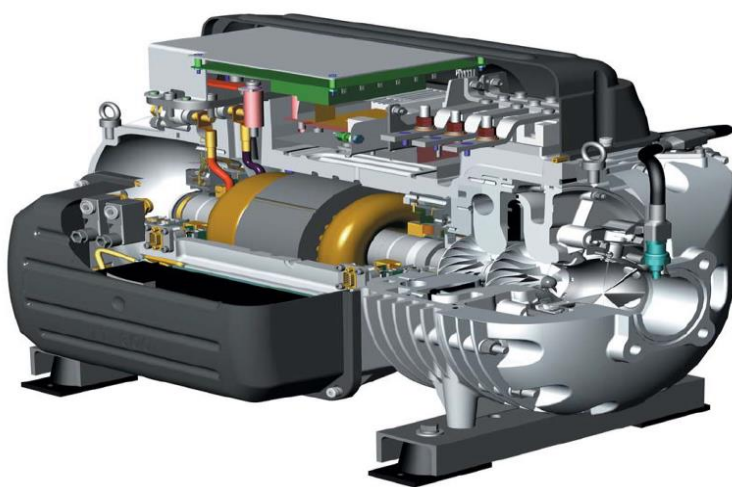
Вијчани компресори (слика 9) се могу убројити у ротационе компресоре, због ротора који обликом подсећа на вијке. Као и у ротационим, тако и у вијчаним компресорима нема штетног простора, па ни запреминских губитака због штетног простора. Запремински губици настају од претакања паре из простора са вишим, у простор са нижим притиском, кроз зазоре између ротора. У вијчаним компресорима уље се убризгава у његов радни простор, због чега се непосредно иза њега постављају одвајачи уља. Велика количина уља која се убацује у току рада знатно смањује губитке услед протицања, па се зато могу правити ротори и статори са већим зазорима, што појевљује њихову израду. Вијчани компресори нису осетљиви на „течни удар“, односно при појави течности у компресору, конструкционо решење са зазорима омогућује рад без кварова. Вијчани компресори се производе као отворени и полухерметички. Полухерметички се користе најчешће са фреоном као расхладним флуидом.



Слика 9. 3D-модел вијчаног компресора [6]

3.1.4 Центрифугални компресор

Пораст притиска у центрифугалним компресорима (слика 10) не врши се потискивањем, већ убрзањем у ротору. При томе су радне карактеристике сасвим другачије од оних код клипних компресора, тј. компресора код којих се пораст притиска остварује потискивањем. Жељени однос притисака постиже се димензијом и брзином ротора. Однос потисног и усисног притиска у климатизацији обезбеђује се једностепеним центрифугалним компресором. За примену у тоplotној пумпи, где је потребан већи однос притисака, предвиђени су вишестепени центрифугални компресори. Често покретање компресора није пожељно због већег хабања за време кретања и заустављања, као и због погонског мотора. Због тога центрифугални компресори захтевају контролу капацитета до минималног оптерећења.



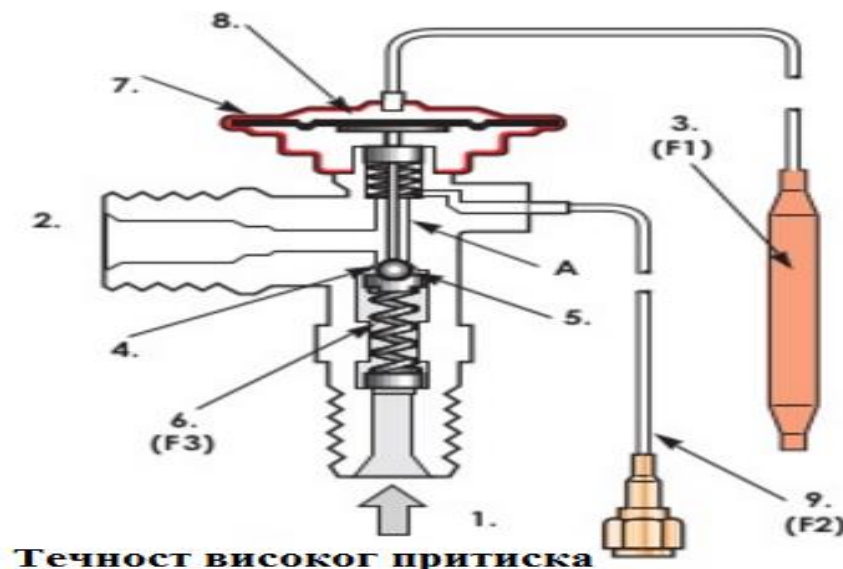
Слика 10. 3D-модел центрифугалног компресора [6]

3.2 Експанзиони вентил

Термоекспанзиони вентил је регулатор протока расхладног средства кроз систем. Налази се између кондензатора и испаривача. У њега улази расхладно средство из кондензатора на вишем притиску и већој температури. Када гас изађе из вентила у цев већег попречног пресека, добијамо нижи притисак расхладног средства.

Експанзионим вентилом може се регулисати рад компресора регулишући површину попречног пресека код протока. Његову отвореност, односно затвореност, регулише сонда која се налази прислоњена на усисну цев кроз коју расхладно средство, након предавања топлоте, улази у компресор. Унутар сонде се налази средство (обично течност са високим коефицијентом термичког растезања) који се шири повећањем температуре расхладног средства, па се тиме смањује проток и добија нижа температура расхладног средства.

У обрнутом случају када је расхладни флуид на нижој температури, вентил се отвара и добија се нешто виша температура расхладног средства. Регулацијом отворености вентила добија се оптималан рад компресора и оптимална температура расхладног средства када је искоришћеност најповољнија. Мањи системи не користе термоекспанзијске вентиле већ цеви мањег пречника (капиларе), од цеви унутар система кроз које путује расхладно средство. Капиларе делују на истом принципу, само је код њих површина попречног пресека протока гаса константна [4].



Слика 11. Експанзиони вентил [4]

1. Улаз, 2. Излаз према испаривачу, 3. Капиларна цев, 4. Пролаз, 5. Кугласти вентил, 6. Опруга, 7. Дијафрагма, 8. Расхладни флуид, 9. Цев за компензацију притиска [4]

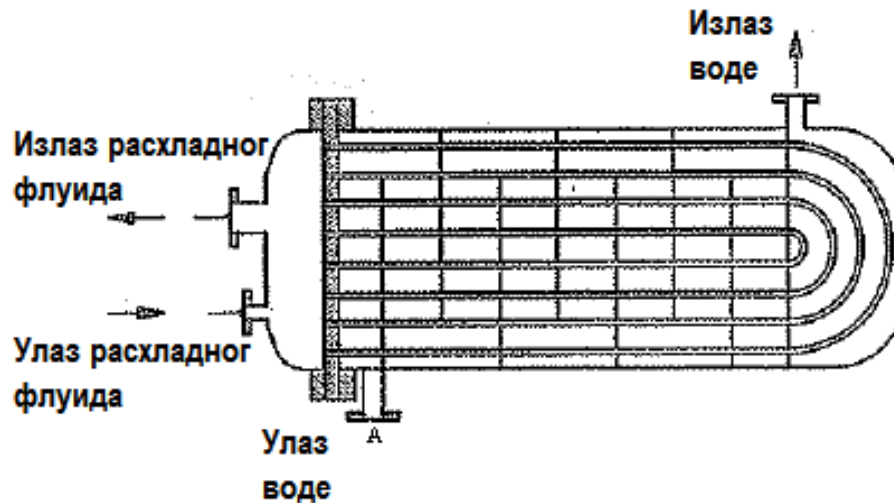
Као што је приказано на слици 11 термоекспанзиони вентил контролише проток флуида користећи притисак самог система. F1-представља капиларну цев за индикацију температуре,

F2-представља цевчицу за компензацију притиска, а F3-представља притисну опругу која се налази испод лоптастог вентила.

3.3 Испаривач

Испаривач је део топлотне пумпе у коме расхладни флуид испарава захваљујући топлоти одузетој од топлотног извора. Ова топлота одређена је топлотом испаравања. У зависности од конструкције испаривача, испаравање расхладног флуида може бити око цеви у великој запремини, или у цевима. Познавање тог механизма посебно је важно при оптимизацији величине испаривача у односу на топлотни извор, када се конструкција испаривача не може посматрати одвојено од топлотног извора.

Испаривачи се деле према врсти, односно према агрегатном стању топлотног извора на: испариваче за одузимање топлоте од ваздуха или других гасова и испариваче за течност. Испаривачи у којима расхладни флуид потпуно испарава у запремини, називају се „сувим испаривачима“, а они у којима течност расхладног флуида не испари потпуно називају се „преплављени испаривачи“.



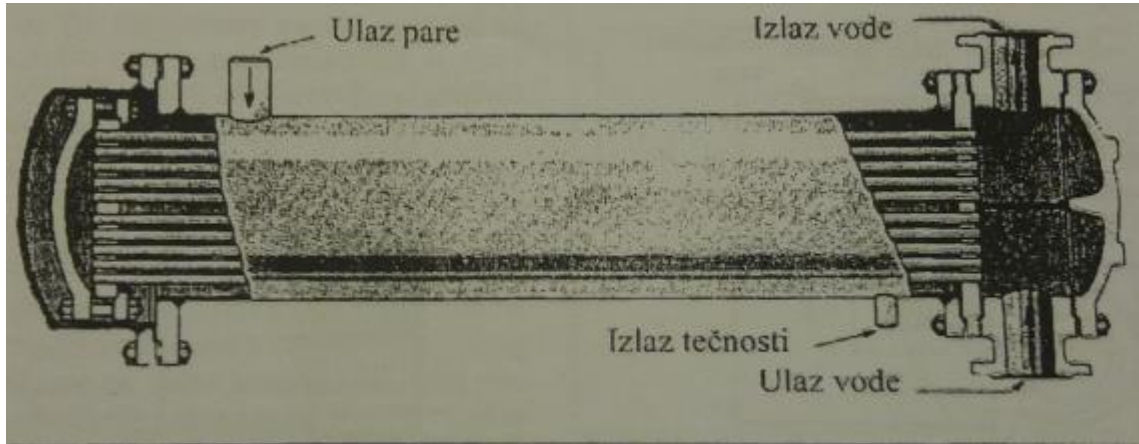
Слика 12. Добошаста сува испаривач [6]

На слици 12 приказан је један тип добошастог испаривача за течност, али са расхладним флуидом у цевима, који је обично испаривач „сувог“ типа. Први тип испаривача се користи чешће за веће топлотне учинке, а други тип добошастог испаривача се најчешће користи за мање учинке. У групу испаривача који користе течност као топлотни извор, спадају још и испаривачи типа цев-у-цеви, за мање топлотне пумпе, испаривачи за акумулацију топлоте у леду и плочасти испаривачи. Испаривачи цев-у-цеви се користе за мале топлотне пумпе за широку потрошњу и израђују се од бакарних цеви, са оребреним цевима. Ови испаривачи могу бити врло компактни и јефтини.

3.4 Кондензатор

Код топлотних пумпи кондензатор своју топлоту предаје води која се при томе загрева и помоћу водене пумпе циркулише кроз размењивач топлоте у простору који грејемо. Код хлађења он има обрнуту улогу где он одводи топлоту.

Кондензатор је размењивач топлоте конструисан као систем цеви у завојници у коме се пара расхладног флуида кондензује и предаје топлоту топлотном понору. На слици 13 је приказан хоризонтални добошастим водом хлађени кондензатор.



Слика 13. Хоризонтални добошастим водом хлађени кондензатор [7]

Количина топлоте која се у кондензатору преда радном флуиду топлотног понора састоји се из три дела: топлоте хлађења паре од притиска сабијања до притиска кондензације, топлоте кондензације и топлоте потхлађивања течности. Сва три дела топлотне енергије се предају, најчешће, у једном размењивачу топлоте - кондензатору. У топлотним пумпама, за разлику од расхладних уређаја, кондензатор је изолован, јер је основни циљ примене дати што више топлотне енергије радном флуиду топлотног понора, без већих губитака. Осим тога, цевовод између компресора и кондензатора је изолован и испариваче и кондензаторе можемо поделити према врсти радне материје топлотног понора. У инсталацијама за грејање радне материје најчешће се налазе вода и ваздух, а у индустрији и привреди уопште, поред воде и ваздуха, имамо разне растворе и гасове.

Међутим, кондензаторе у основи можемо поделити на оне за грејање воде и оне за грејање ваздуха. Кондензатори за грејање воде су по конструкцији врло слични добошастим испаривачима „преплављеног“ типа, у којима се расхладни флуид налази у простору добоша око цеви, кроз које протиче вода односно радна материја топлотног понора. Ради повећања ефикасности размене топлоте, цеви ових кондензатора се оребрују са стране расхладног флуида, чиме се смањују њихова тежина и димензије [2].

За прецизан прорачун средње логаритамске температурске разлике треба узети у обзир све три зоне. Овакав начин прорачуна треба узети у обзир уколико су тачно дефинисани услови струјања. За прорачун прегрејача користе се изрази за једнофазно струјање течности и гаса.

3.5 Расхладни Флуиди

Расхладни циклус и топлотна пумпа се не могу посматрати одвојено. У сваком примеру примене топлотне пумпе треба анализирати радну материју у њеном циклусу. Као радне материје тренутно се користе флуиди расхладних система, због чега се и називају расхладним флуидима, иако они, у принципу, у истом циклусу имају нешто другачију улогу. У већини случајева се ради о флуороугљоводонику, при чему се, посебно у кућним инсталацијама, могу користити повољније особине тих материја. Избор расхладног флуида зависи од карактеристика компресора. Они представљају основу за избор одређених компонената топлотне пумпе. Податак да расхладни флуид у одређеним условима захтева високе радне притиске, подразумева веће учешће материјала у изради елемената топлотне пумпе.

Као расхладни флуид морају се користити искључиво гасови са својствима да на одређеној температури, зависно од притиска, могу бити у свим агрегатним стањима. Расхладно средство не сме реаговати нити са једним саставом унутар система и густина му треба бити што већа. Могу бити херметички затворени унутар система, најчешће у нерђајућим бакарним цевима. Мора бити неексплозиван, како у случају цурења не би дошло до експлозије. Расхладно средство не сме бити токсично и по могућности што мање штетно за околину. У табели 1 дате су карактеристике појединих расхладних течности.

Табела 1. Карактеристични подаци расхладних средстава на температури испаравања од 0 °C и температури кондензације од 50 °C [2]

Ознака			R12	R22	R502
Притисак испаравања	P_0	bar	3,09	4,98	5,73
Притисак кондензације	P_c	bar	12,24	19,33	21,01
Однос притисака	P_c/P_0	-----	3,96	3,88	3,67
Запремински грејни капацитет	q_{cv}	kWh/m ³	0,64	1,04	1,02
Изентропска крајња температура компресије	t_2	°C	57	73	57
При хлађењу усисним гасом		°C	71	90	69
Теоретски коефицијент грејања	ε_{th}	-----	5,2	5,2	4,8
Стварни коефицијент грејања	ε_w	-----	3,5	3,5	3,1

Податак да расхладни флуид у одређеним условима захтева високе радне притиске, подразумева веће учешће материјала у изради елемената топлотне пумпе. Веће вредности специфичне топлоте грејања по јединици запремине паре значе мање радне запремине компресора и мање димензије цевовода за одређени грејни капацитет. Оптимизовање ових и других параметара треба да да, у одређеном случају, најекономичније решење. Квалитет топлотне пумпе се оцењује и величином коефицијента грејања.

Особине расхладног флуида у великој мери утичу на коефицијент грејања. Теоријски коефицијент је већи уколико је разлика између температуре испаравања и кондензације мања. На коефицијент грејања утиче и степен прегревања на усису. Од расхладних флуида ван породице халогених угљоводоника треба за сада поменути само дехидриран амонијак (NH₃).

Примена амонијака као расхладног флуида R717 у топлотним пумпама није пожељна у објектима где бораве људи. Међутим, овај флуид се врло често употребљава у индустријским објектима. Његове особине су врло сличне онима које има расхладни флуид R22. У врло великим постројењима, где је велико учешће расхладног флуида, још увек је незаменљив, јер му је цена нижа од цене R22. Постоји тенденција замене овог флуида у новим инсталацијама другим, по особинама сличним, расхладним флуидима [2].

4.ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОМПРЕСОРСКИХ ТОПЛОТНИХ ПУМПИ

У околном ваздуху и испод земље налази се огромна, доступна и бесплатна енергија. Захваљујући најсавременијим решењима топлотних пумпи, ову енергију могуће је искористити за припрему воде за грејање и топлу санитарну воду. Топлотне пумпе ову енергију генеришу без сагоревања и без емисије угљендиоксида и азотних оксида чиме су задовољени највиши стандарди заштите животне средине. Уз једноставно руковање и одржавање топлотне пумпе представљају дуготрајно решење за грејање и хлађење.

Предности

- Изузетно висок степен искоришћења захваљујући коефицијенту грејања COP вредности до 6
- Температура полазног вода до 60 °C обезбеђује висок комфор како за грејање тако и за топлу санитарну воду.
- Компактна решења са свим потребним пумпама и електричним грејачима. Једноставна монтажа и интегрисање у постојећи систем грејања
- Најсавременији компресори велике снаге и ефикасности уз изузетно низак ниво буке.
- Лако подешавање и руковање преко текстуалног дисплеја и једноставног корисничког менија.

На извор топлоте се поставља низ захтева међу којима су најважнији следећи:

- Топлотни извор треба обезбедити потребну количину топлоте у свако доба дана и на што вишој температури;
- Трошкови прикључења топлотне пумпе на топлотни извор требају бити што мањи;
- Енергија за транспорт топлоте од извора до испаривача треба бити што мања.

Критеријуми за оцену топлотног извора су следећи:

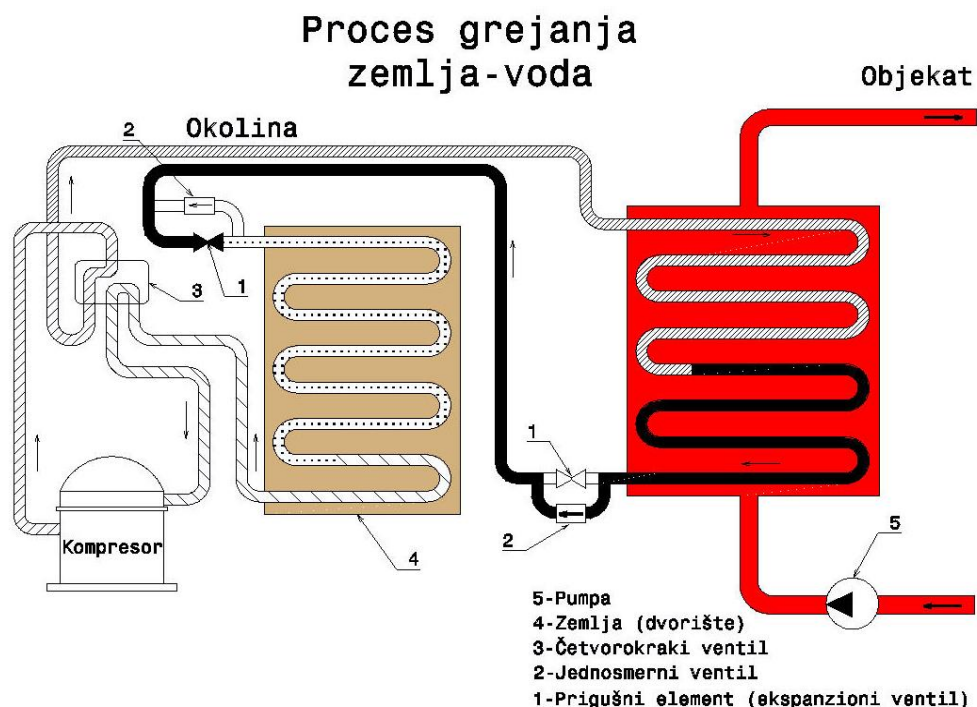
- Ниво температуре;
- Распоживост на локацији и у времену;
- Временска подударност потребе за топлотом и расположивости извора;
- Могућност самосталног коришћења;
- Потрошња енергије за довођење топлоте до испаривача;
- Хемијска и физичка својства носиоца топлоте;

- Трошкови изведбе постројења;
- Утицај на равнотежу околине и загађење околине;
- Погодност за масовну производњу.

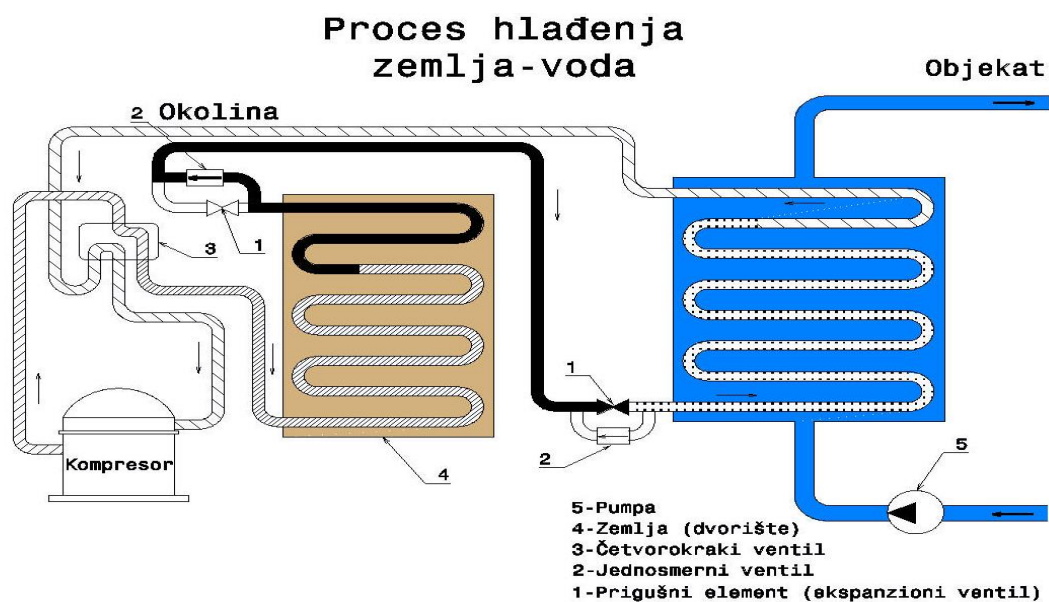
Топлотне пумпе користе обновљиве изворе енергије из околине – сунчеву енергију акумулисану у земљи, ваздуху и подземним водама. Та енергија се помоћу топлотне пумпе уз минималан утрошак електричне енергије, претвара у комфорну топлоту за загревање. Према извору енергије разликујемо топлотне пумпе земља-вода, вода-вода, ваздух-вода (ваздух-ваздух).

4.1.Топлотне пумпе земља-вода

Како је температура земље релативно константна у току године, она представља добар толотни извор у случају топлотних пумпи. Поред наведене предности, потребно је поменути да земље има у великим количинама и да за њену употребу у ове сврхе, за сада, нису потребне дозволе. Размењивачи топлоте су цевне змије, пројектоване тако да од земље одводе топлоту, или да јој је доводе, у зависности од режима рада. Поменуте цевне змије у земљу могу бити укопане хоризонтално или вертикално. Радни флуид циркулише кроз цеви преносећи топлотну енергију до размењивача топлоте, или од њега, који може бити испаривач, или кондензатор, у зависности да ли се пумпа користи за грејање (Слика14), или за хлађење (Слика15).



Slika 14. Процес грејања код топлотних пумпи земља-вода [1]



Slika 15. Процес хлађења код топлотних пумпи земља-вода [1]

Сама инвестиција у постављање ових система је знатно скупља у поређењу са осталим топлотним пумпама, али су експлоатациони трошкови релативно нижи, што у неким случајевима даје предност топлотним пумпама земља-вода. Примена хоризонталних цевних змија захтева велике слободне површине, али се, због угрожености вегетације на њима, често прибегава употреби вертикалних цевних змија за искоришћавање топлотног потенцијала земље. Вертикални размењивачи имају оправданост када се постављају на дубинама већим од 50 m, јер температурни градијент расте са повећањем дубине.

При пројектовању је битно обратити пажњу на смањење потребне површине земље за постављање цевних змија, што једноставнију монтажу и могућност одржавања, чиме се повећава експлоатациони век.

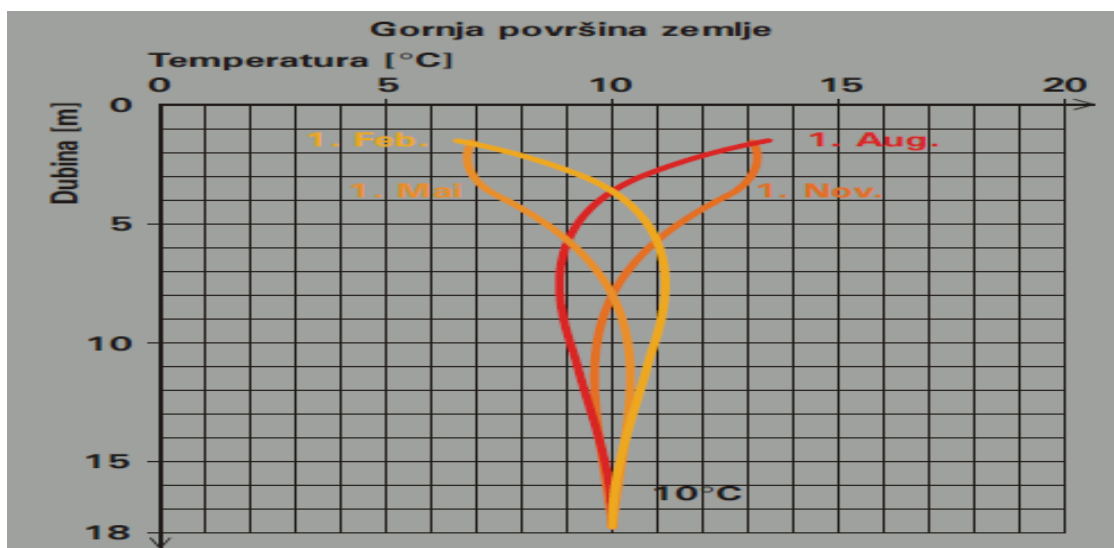
Површински и подземни делови земље апсорбују топлотну енергију која највећим делом долази од сунчеве енергије која је до тла дошла зрачењем или изменом топлоте са падавинама. Земља је добар акумулациони резервоар, с обзиром да су температуре унутар земље током читаве године у распону од 7 °C до 13 °C, па та чињеница омогућава коришћење те енергије током целе године. Температура земље кроз дубину по месецима кроз годину приказана је на слици 16. Геолошким и термодинамичким испитивањима доказано је да се температура до око 10 m дубине тла током године мења док је на већим дубинама сразмерно стална.

Предности код коришћења овог типа пумпи су:

- **нижи инвестициони трошкови**
- **високи годишњи радни бројеви топлотне пумпе**

Недостаци код коришћења овог типа пумпи су:

- важно је прецизно полагање, а код нестручног полагања појављују се „ваздушни јастуци“
- потреба за великим површинама
- није могућа градња на сваком простору



Слика 16. Температура земље по дубини кроз одабране месеце [8]

Повремено смрзавање земље нема никакав негативни утицај на функцију инсталације и на раст биљака. Треба пазити да се у подручју земљиних колектора не саде биљке са дубоким корењем. Исто тако је важно да се цеви положе у пешчану постељицу, како би се избегла могућа оштећења од оштрог камења. Пре затрпавања, неизоставно треба извршити пробу на притисак цеви. Посебно у новоградњама могућа су померања земље, често без већих резултирајућих трошкова. Топлотни учинак земље се може искористити и зависи од више фактора, пре свега од својстава и влажности земље. Посебно је добро искуство са влажном глиновитом земљом. Мање су погодна чврста песковита земљишта због њиховог мањег капацитета акумулирања топлоте.

Ове топлотне пумпе се могу поделити у две основне групе:

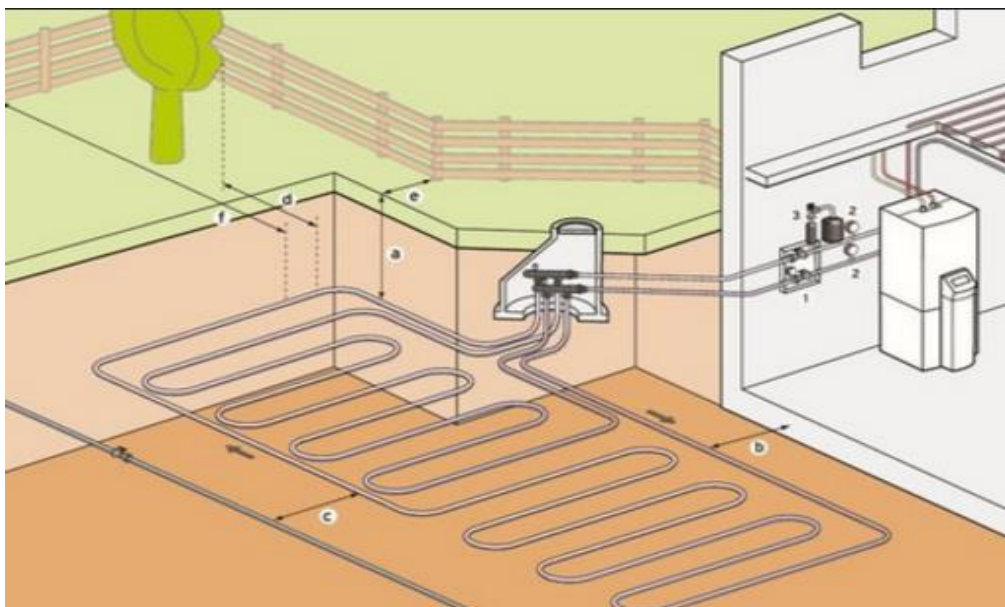
- топлотне пумпе са хоризонталним измењивачем, као колекторско поље цеви топлотне пумпе.
- са вертикалним измењивачем, као топлотне сонде.

4.1.1 Хоризонтални измењивачи (колекторска поља)

Хоризонтални измењивачи или колекторска поља се користе када су на располагању веће количине земљишта испод којег се могу полагати цеви и на којима се могу изводити радови (нпр. у руралним подручјима). Процењује се како је за породичну кућу потребно око 500 m² земљишта, а вреди правило како потребна површина земљишта (колекторског поља) мора бити већа или једнака двострукој површини просторија које треба грејати.

Одузимање топлоте земље овде се врши помоћу пластичних цеви велике површине, положених паралелно са површином земље, које се обично полажу у више кругова. Код тога један круг не сме бити дужи од 100m јер ће иначе потребан учинак пумпе бити превисок. Појединачни кругови се након тога прикључују на један разделник, који се треба налазити на највишој тачки како би се омогућило озрачивање цевоводног система.

Цеви измењивача се израђују од цеви од полимерних материјала (РЕ, РР и сл.) и полажу се на дубину од 1,2 до 1,5 m (испод границе смрзавања), паралелно, на удаљености од 0,3 до 0,7 m, при чему оријентационо треба знати да за сваки m^2 просторија које треба грејати треба поставити између 1,5 и 2 m цеви. Количина топлоте која се тако може добити зависи од многих чињеница, а међу најважнијима су осунчаност земљишта и специфични топлотни капацитет тла, при чему се као најбоље показује глинено тло. Просечни годишњи топлотни учинак таквог система износи од 20 до 40 W/m^2 колекторског поља. Како се по правилу не могу постићи температуре радног медија система грејања (воде) на изласку из кондензатора више од 50 °C, такве се топлотне пумпе користе само за нискотемпературне системе грејања (нпр. подно грејање). На слици 17 приказан је систем топлотне пумпе са хоризонталним колекторским пољима.



Слика 17. Систем топлотне пумпе са хоризонталним колекторским пољима [9]

Приликом уградње оваквих система пажњу треба обратити на:

- Састав тла јер од њега зависи топлотни капацитет, могућност регенерације тла, измене топлоте тј. расположивост тла као топлотног извора (да ли се може користити целу годину или само део године);
- Начин рада система грејања са топлотном пумпом (моновалентан или бивалентан);
- Расположиву површину земљишта;
- Изведбу, односно начин полагања колектора;
- Дужину и димензију (пречник) цеви.

У обзир треба узети могуће смрзавање слојева тла око цеви, што додуше не утиче на измену топлоте, но негативна последица може бити издизање тла изнад колектора, па самим тиме и смањени пренос топлоте.

Надаље, све радове на полагању колектора требало би изводити најмање месец дана пре почетка сезоне грејања, како би се тло слегнуло и тако омогућило добру измену топлоте. Да се

цеви колектора не би оштетиле, када се изводи ископ, треба поставити постељицу од финог песка у коју се полажу цеви, а 30 cm изнад цеви поставља се трака за означавање. Колекторски систем пуни се смесом воде и гликола у размери 70%:30%. То се врши уз помоћ пумпе, при чему притисак пуњења износи 2 - 2,5 bar.

4.1.2 Вертикални измењивачи (топлотне сонде)

Вертикални измењивачи или топлотне сонде су нарочито прикладни, па и неопходни, у густо насељеним подручјима где једноставно нема расположивог земљишта. Сонде се полажу на дубине од 30 m до 60 m, а највише до 100 m, при чему је најчешћи материјал израде полиетилен који гарантује добру измену топлоте и једноставно руковање, а отпоран је на услове унутар земље (влага, притисак, микроорганизми). На слици 18 је приказан је систем топлотне пумпе са топлотним сондама.



Слика 18. Систем топлотне пумпе са топлотним сондама [9]

У земљу се најчешће полажу четири сонде, једна до друге, у две основне конструкције:

- Као двострука U цев, при чему кроз један крак улази охлађени радни медијум, а кроз други се у топлотну пумпу враћа загрејан.
- Као коаксијалне цеви, при чему је унутрашња од PE и кроз њу струји хладни радни медијум, док је спољна метална и кроз њу према топлотној пумпи струји загрејани медијум.

Зависно од услова у тлу, може да се оствари просечни учинак од 50 до 100 W/m што зависи од дубине тла, а када у тлу има (топлих) подземних вода, могуће су и веће вредности. Трошкови извођења једног бушења, што укључује уметање сонде, креће се око 50 € /m. Ако

претпоставимо да нам дужни метар сонде у просеку даје 50 W, сонда дужине 100 m код које добијемо 5 kW, кошта око 5000 € [9].

4.2.Топлотне пумпе вода-вода

Осим топлоте тла, као топлотни извор за топлотне пумпе се може користити и топлота подземних вода, при чему је систем по својој конструкцији врло сличан геотермалним топланама. Основни предуслов таквог решења је расположивост подземних вода у већим количинама. При томе су такође потребне две бушотине (бунари) на удаљености најмање 15 m. Из једне од њих се црпи подземна вода просечне температуре 10 °C и уводи у испаривач топлотне пумпе у којем се хлади предавајући топлоту радној машини па се потом, кроз другу бушотину, охлађена враћа натраг у подземље. При томе се треба обратити велика пажња на квалитет и састав подземне воде и тла јер разне нечистоће могу узроковати сметње и зачепљење цевовода. Испаривач топлотне пумпе такође треба извести од корозијски постојаних материјала (нпр. нерђајућих челика).

Осим са две бушотине, систем се може извести само са једном, док се охлађена вода испушта у површинске воде или у канализацију, али такво решење због еколошких и геолошких (одржавање потребног притиска у дубини) није увек прихватљиво. На слици 19 приказан је систем топлотне пумпе вода-вода са два бунара.



Слика 19. Систем топлотне пумпе вода-вода пумпа са два бунара [9]

Топлотне пумпе као топлотни извор могу да користе површинске воде (веће реке, природна или вештачка језера) или морску воду, а такође и топлу отпадну воду из разних процеса.

Начело рада и конструкција система који користе површинске или морску воду при томе су слични као код топлотних пумпи за коришћење топлоте тла са водоравним измењивачем. Колекторско поље се полаже на дно водотока, језера или мора, где температуре никада не падају

испод $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Систем се најчешће изводи као отворени, при чему се на одређеној дубини, која зависи од просечне температуре воде, односно од годишњег доба, узима вода која потом струји кроз цеви измењивача и улази у измењивач топлоте - испаривач топлотне пумпе у којем се хлади и испушта натраг у море, језеро или реку.

Код примене топлоте отпадне воде, треба поставити одговарајући измењивач топлоте кроз који струји прикладни радни медијум у затвореном кругу. При томе треба водити рачуна о временској и количинској расположивости отпадних вода. При примени топлотних пумпи које користе воду из водотокова или језера треба водити рачуна о томе да на излазу из испаривача не сме да дође до смрзавања. Као и у случају примене подземних вода, сметње могу узроковати разне нечистоће из воде па су потребни филтри и сл.

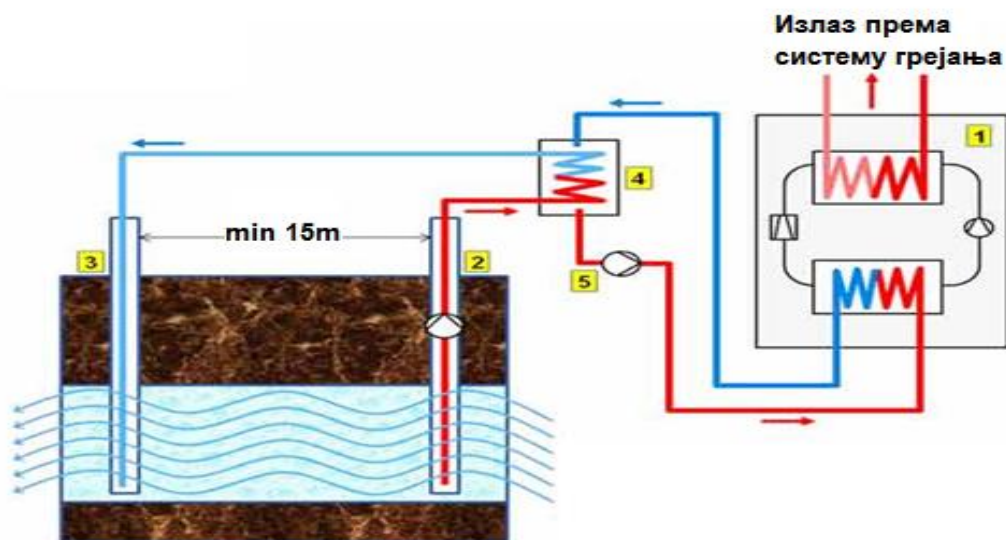
Предности код ових система су:

- високи учинак топлотне пумпе
- мањи потребан простор него код пумпи земља вода

Недостаци код ових система су:

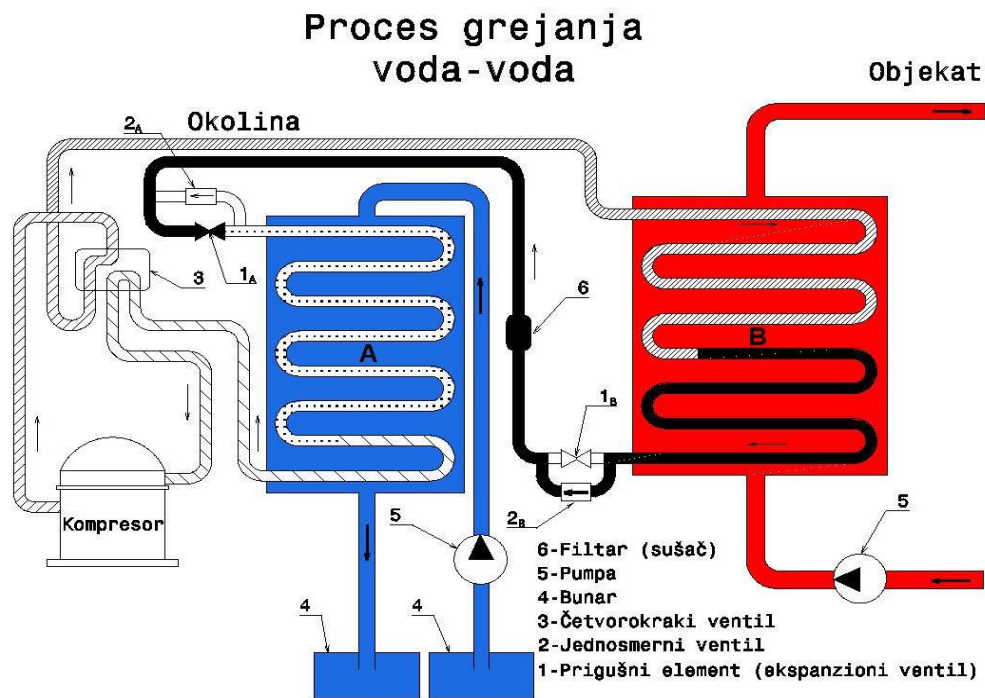
- повећани издаци за одржавање због отвореног система
- потребна је анализа воде
- обавезна употребна дозвола

На слици 20 дат је шематски приказ инсталације пумпе топлоте система вода – вода. За овај систем потребно је извести усисни (експлоатациони) бунар (2) и његов упојни парњак (испусни) (3) у којег се враћа вода из топлотне пумпе (1). Вода се у испусни бунар враћа са непромењеним хемијско - биолошким својствима, али нешто топлија него када је узета из усисног бунара. Систем вода - вода је затворен систем и ничим не угрожава саму воду коју користи. Важно је напоменути да 1m^3 воде може дати око 4 - 5 kW топлотне или расхладне енергије. Позицијом 4 на слици 20 означен је измењивач топлоте а позицијом 5 проточна пумпа.



Слика 20. Шематски приказ топлотне пумпе вода-вода [4]

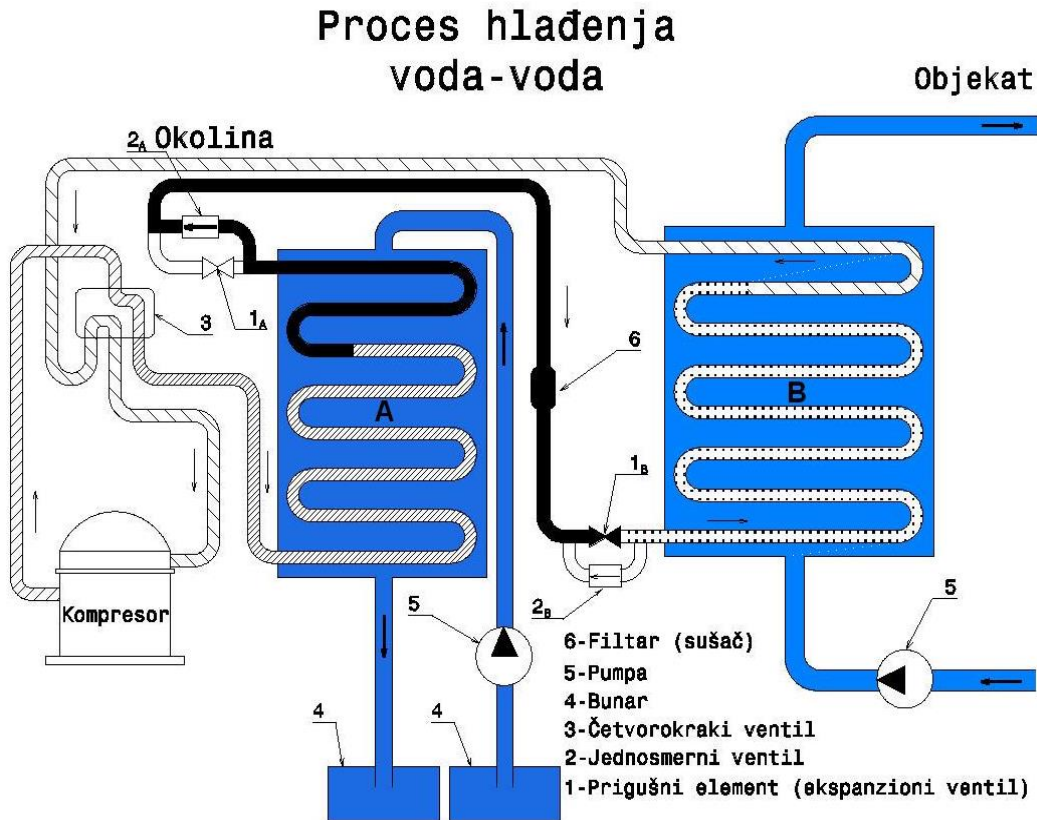
У процесу грејања (слика 21) компресор сабија пару расхладног флуида из измењивача А, који у процесу грејања представља испаривач, и преко четворокраког вентила (3) се усмерава ка измењивачу В, то јест ка кондензатору. У кондензатору је расхладни флуид у течном стању под високим притиском и температуром. Тако загрејан предаје топлоту секундарном флуиду (води) којим се врши загревање објекта. На излазу из кондензатора расхладни флуид се креће линијом мањег отпора кроз једносмерни вентил (2В), заобилазећи притом експанзиони вентил (1В). Радни флуид затим пролази кроз филтар (6) где се врши одвајање евентуалне влаге и механичких нечистоћа из система. Због немогућности пролаза кроз једносмерни вентил (2А), расхладни флуид је приморан да прође кроз експанзиони вентил (1А). Експанзиони вентил пригушује проток расхладног флуида смањујући проточну површину и на тај начин обара притисак на његовом излазу. Тада, на ниском притиску, настаје кључање (експанзија) и испаравање расхладног флуида. При константној запремини ће, падом притиска доћи до пада температуре. Тако снижене температуре, расхладни флуид улази у измењивач А (испаривач) где му се доводи топлота помоћу пумпе (5) водом из бунара (4). Загрејану пару усисава компресор и поново је сабија при чему се процес понавља.



Слика 21. Процес грејања у топлотним пумпама типа вода-вода, са одговарајућим ознакама [1]

У процесу хлађења (слика 22) пара расхладног флуида се из измењивача В сабија помоћу компресора и одводи преко четворокраког вентила (3) у измењивач А. Измењивач А сада има улогу кондензатора, за разлику од процеса грејања, где је имао улогу испаривача. Загрејаном и под притиском, расхладном флуиду се пумпом (5) доводи вода из бунара (4), која је сада ниже температуре од температуре кондензатора. На овај начин се врши одвођење топлоте са кондензатора. Расхлађен флуид сада пролази кроз једносмерни вентил (2А), заобилазећи експанзиони вентил (1А). Након овога флуид пролази кроз сушач (6) где се врши његово пречишћавање. Пошто је једносмерни вентил (2В) пропустљив само за супротан смер, расхладни флуид пролази кроз експанзиони вентил (1В). Падом притиска на експанзионом вентилу долази до кључања расхладног флуида и до снижења његове температуре. Ниска

температура расхладног флуида се у измењивачу топлоте В (испаривачу) предаје секундарном флуиду (антифризу) помоћу кога се врши хлађење објекта. Хладну пару расхладног флуида усисава компресор и поново сабија у кондензатору, након чега се циклус понавља.



Слика 22. Процес хлађења у топлотним пумпама типа вода-вода, са одговарајућим ознакама [1]

У неким бунарима повећано је присуство мангана и гвожђа, па би свакако ради појаве инкрустације било потребно испитивање узорка воде ради исправног избора и одржавања цевне конструкције и пумпе.

Због релативно високе и константне температуре нивоа воде као топлотног извора, фактор грејања топлотних пумпи вода - вода је велик. Топлотне пумпе које користе подземне воде обично имају веће топлотне ефекте (8 - 40 kW) и већи фактор грејања, па можемо закључити да су системи топлотних пумпи повезаних са водом најефикаснији и изузетно су погодни за пасивно хлађење. Не траже превелика улагања, једино ограничење може бити бирократија, односно добијање правних дозвола за коришћење подземних вода. Такође, овај систем тражи константно одржавање међу-измењивача (годишња провера и чишћење).

Ако се топлотна пумпа конструише за конкретно постројење и изводи од компоненти на месту уградње, што је врло редак случај, испаривач се може извести као цевни регистар уроњен у воду. Овим начином могла би се смањити разлика температуре воде и температуре испаравања и могу се постићи 10 до 15% већи просечни годишњи топлотни множиоца него у случају да се користи посредни круг за пренос топлоте.

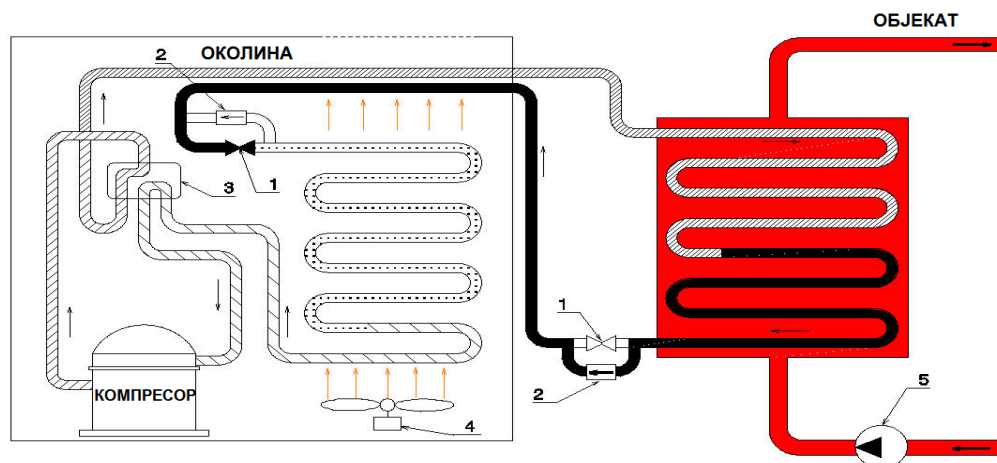
Што се температуре тиче, код мањих река, температура се може рачунати као средња месечна температура спољнег ваздуха увећаним за 1,5 до 2 К. У том случају, због ниских зимских температура, додатна грејања су неизбежна, али показује се да се и до 90% годишње потребе за топлотом може добити радом топлотне пумпе.

Веће реке, које протичу кроз индустријска средишта имају такве температуре да се зими углавном не смрзавају. Разлог томе су разне отпадне воде које се уливају у реку (канализација, индустријски отпад), па су са становишта температуре погодан топлотни извор.

Температуре мора су изузетно повољне, посебно на дубинама испод 10m, али треба водити рачуна и о локалним условима - морске струје, извори и сл. Са морском водом може се увек извести моновалентни систем грејања и хлађења.

4.3.Топлотне пумпе ваздух-вода

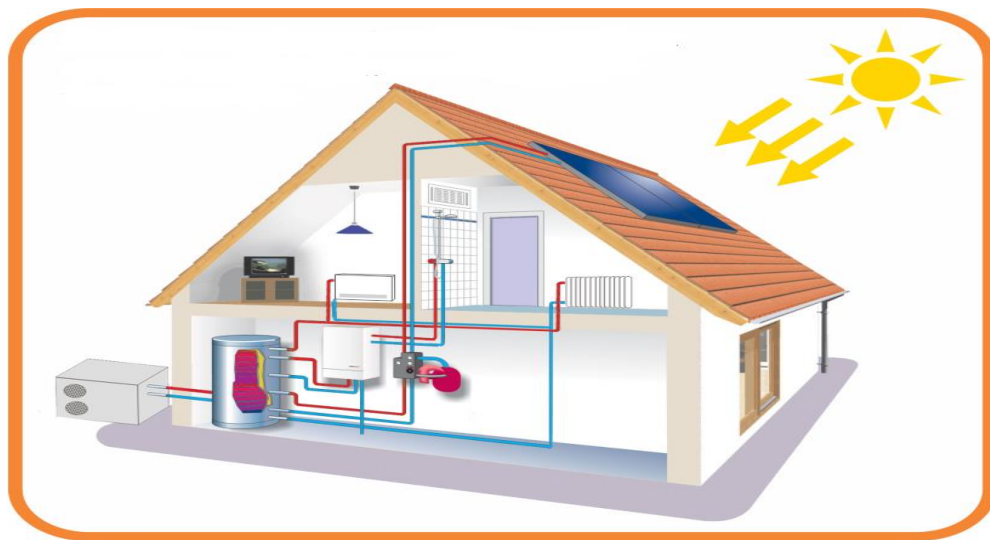
Топлотне пумпе ваздух/вода користе топлоту из ваздуха. Топлота ваздуха се предаје радном медијуму како би се поспешило његово испаравање пре него што уђе у компресор. Након предаје топлоте, ваздух се враћа у спољашњу средину. Топлотне пумпе ваздух/вода раде ефикасно све до спољашње температуре ваздуха од -20°C . Уместо неопходних бушења геосонди или бунара, топлотне пумпе ваздух/вода захтевају само једно инсталационо место за спољашњу јединицу. Топлотна пумпа ваздух/вода је конципирана као моно блок варијанта са једном јединицом или као мулти блок варијанта са спољашњом и унутрашњом јединицом. На слици 23 дат је шематски приказ система за грејање уз помоћ топлотне пумпе ваздух-вода.



Слика 23. Шематски приказ система грејања уз помоћ пумпе ваздух-вода (1.Експанзиони вентил, 2.Једнокраки вентил, 3.Четворокраки вентил, 4.Вентилатор, 5.Пумпа) [1]

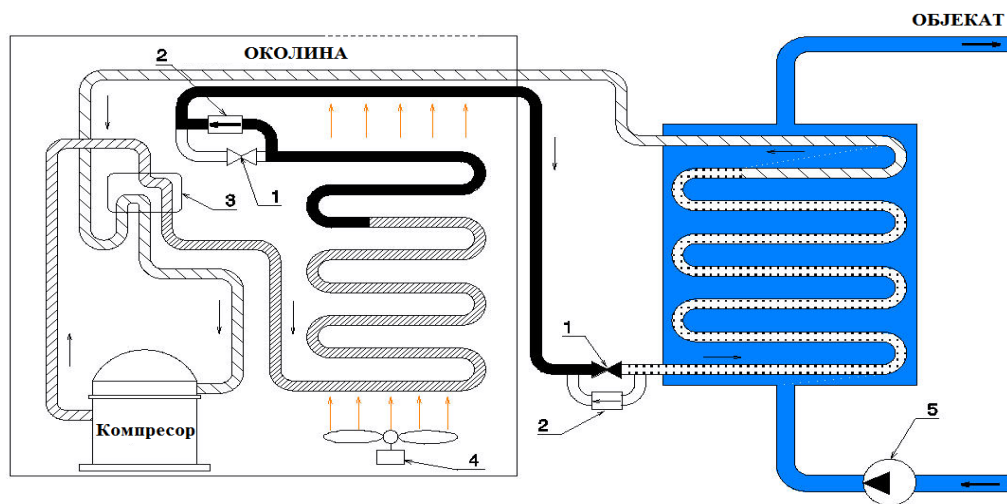
Топлотне пумпе ваздух/вода не захтевају посебна места за уградњу. Идеалне су за модернизацију постојећег система грејања, као и у случајевима где нису доступне површине за бушење сонди или бунара. Систем грејања са топлотном пумпом ваздух-вода се може једноставно проширити са соларним пријемницима, као и кондензационим котлом.

Топлотне пумпе ваздух вода су економски најприхватљивије решење, али треба водити рачуна о њиховим ограничењима. На слици 24 приказан је систем ваздух-вода са соларним пријемницима.



Слика 24. Систем ваздух-вода са соларним пријемницима [9]

У зимским периодима долази до значајног пада температуре, што изазива залеђивање испаривача, због чега долази до смањења размене количине топлоте, то јест, до великог пада степена искоришћења. Из овог разлога ове топлотне пумпе често имају електрични грејач, којим се одмрзава залеђени испаривач, али грејач може да служи и као извор, у случају да сама топлотна пумпа не може да задовољи потребе за топлотном енергијом. Због поменутих недостатака примена ових пумпи се предлаже само у прелазном периоду. Топлотне пумпе у којима се као топлотни извор користи ваздух се могу користити и у процесима грејања и процесима хлађења (слика 25).



Слика 25. Шематски приказ система хлађења уз помоћ пумпе ваздух-вода (1.Експанзиони вентил, 2.Једнокраки вентил, 3.Четворокраки вентил, 4.Вентилатор, 5.Пумпа) [1]

У режиму грејања спољашњем ваздуху се у испаривачу топлотне пумпе одузима топлота, након чега се предаје простору који се греје преко кондензатора. Реверзни вентил се користи за промену смера флуида, а самим тим и за промену радног режима, па се у процесима хлађења процес одвија супротно.

Предности ових система су:

- Могућност модернизације постојећег система грејања
- Могућност постављања у случајевима кад нису доступне површине за бушење сонди и бунара
- Економски најприхватљивије решење

Недостаци ових система су:

- Знатно нижи степен искоришћења него код осталих система
- Знатан пад ефикасности на температурама испод -20°C

4.4.Топлотне пумпе ваздух-ваздух

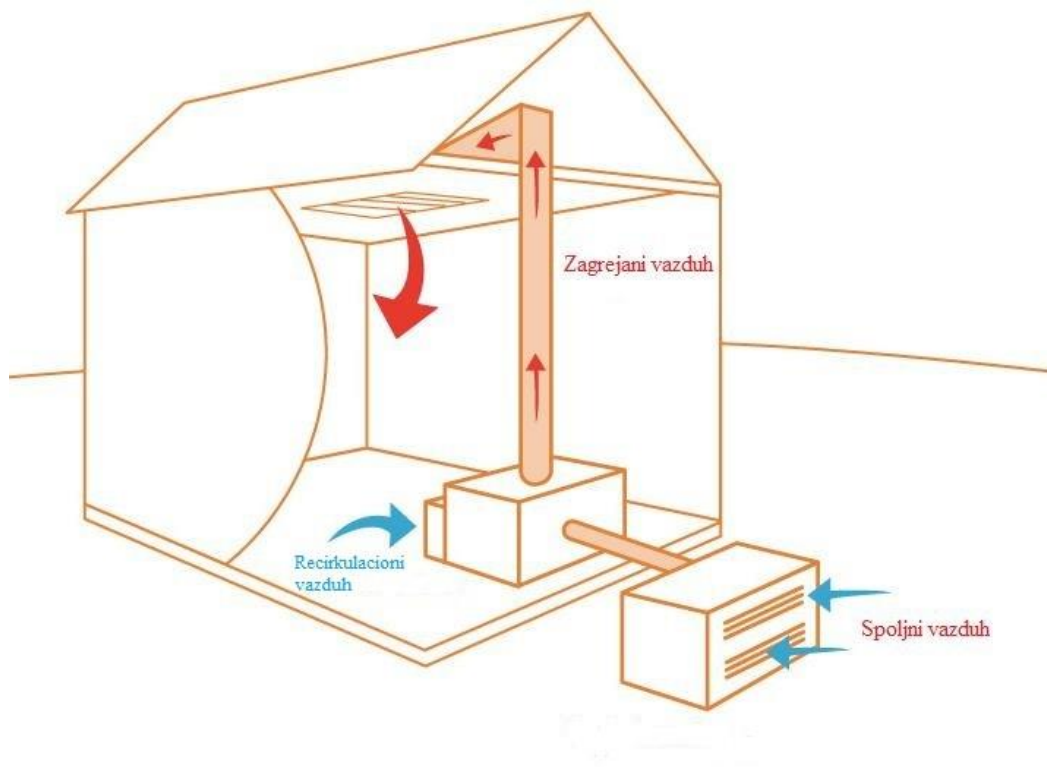
Топлотне пумпе ваздух - ваздух, су уређаји код којих је извор топлоте ваздух, а носилац топлоте у кругу грејања исто ваздух.

Током досадашњег развоја топлотне пумпе, највећи број произведених мањих јединица су баш пумпе које као топлотни извор користе ваздух. То су топлотне пумпе типа ваздух-ваздух, којима се, због одсуства потребе за посредником између топлотне пумпе и топлотног понора, омогућују релативно повољни коефицијенти грејања у већем делу грејне сезоне. Коефицијент грејања топлотне пумпе износи нешто испод 3. Са опадањем спољне температуре, опада и температура испаравања, па и капацитет компресора, што директно утиче на смањење топлотног учинка грејања. Тако долази до потребе за додатним грејањем, које је изражено разликом између губитака топлоте и топлотног учинка. Номинални капацитет компресора, тј. однос почетних и крајњих услова, у сразмери је 1:4, што треба имати у виду при регулисању капацитета топлотне пумпе, јер може знатно утицати на њену економичност.

Код постројења ваздух-ваздух топлота се узима из околног ваздуха и користи на вишем нивоу за загревање зграда. Топлота се добија делимично хлађењем ваздуха (осетна топлота), а делимично кондензацијом, односно залеђивањем водене паре у ваздуху. Посебан недостатак ових постројења је што се грејни капацитет топлотне пумпе умањује за онолико колико је напољу хладније, пошто коефицијент искоришћења зависи од температурне разлике између извора топлоте и грејног средства. Погон је зато често по двојном поступку са допунским грејањем на температурама испод око 3°C . Грејање са ваздухом као извором топлоте је неповољно са гледишта енергије и економичности. На слици 26 приказани су делови система грејања за ваздух-ваздух, а на слици 27 представљен је шематски приказ система ваздух-ваздух.

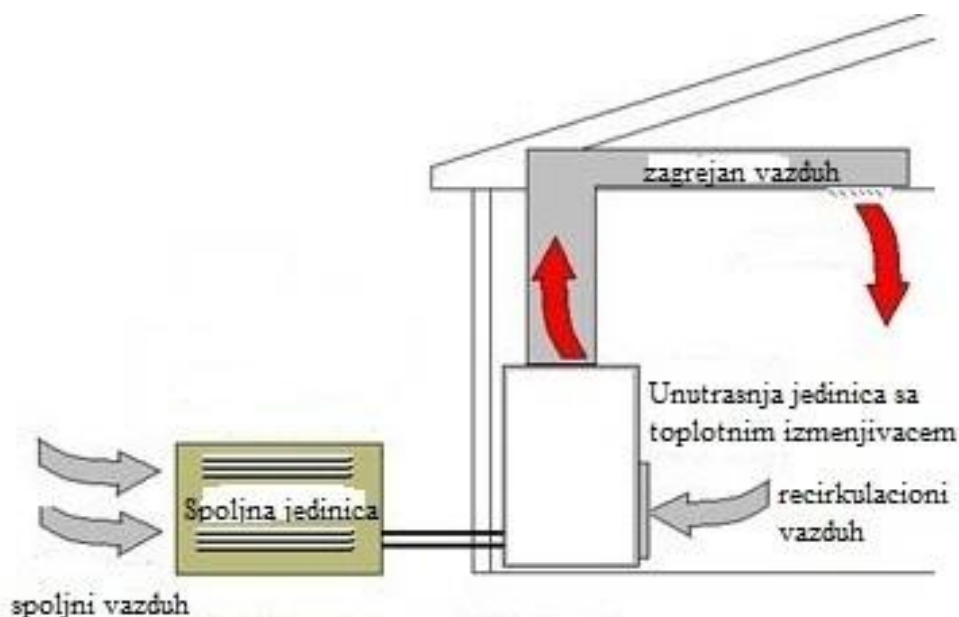


Слика 26. Делови система грејања ваздух-ваздух [10].



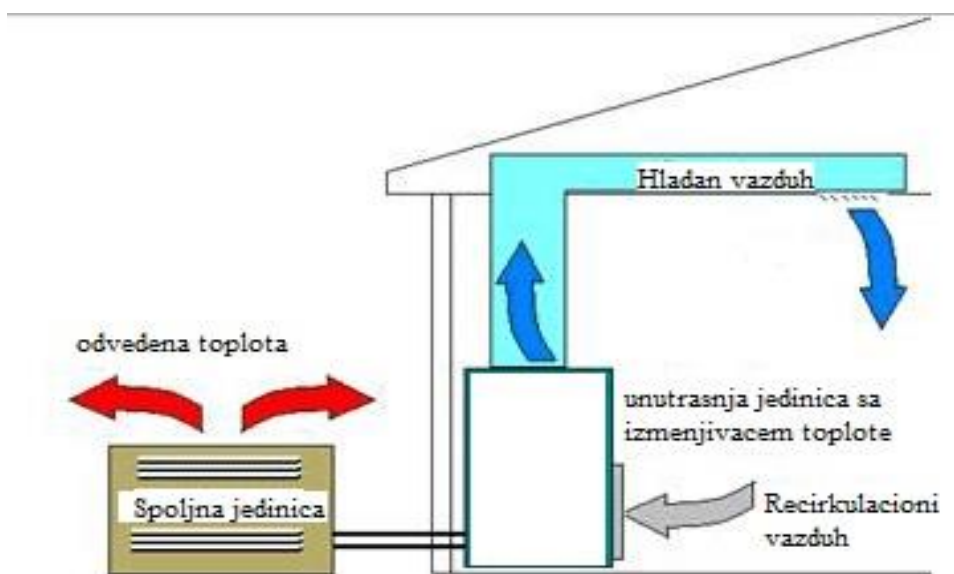
Слика 27. Шематски приказ система ваздух-ваздух [10]

У летњем режиму топлотна пумпа “обрће” циклус и апсорбује топлоту из унутрашњости куће или објекта и шаље га напоље путем циркулационих кругова. Затворени или отворени циркулациони кругови су у стању да упијају или одају топлоту у зависности од разлике температуре која се јавља услед пролаза ваздуха као радног флуида преко циркулационих кругова у спољној и унутрашњој јединици. На слици 28 приказан је систем грејања за ваздух-ваздух.

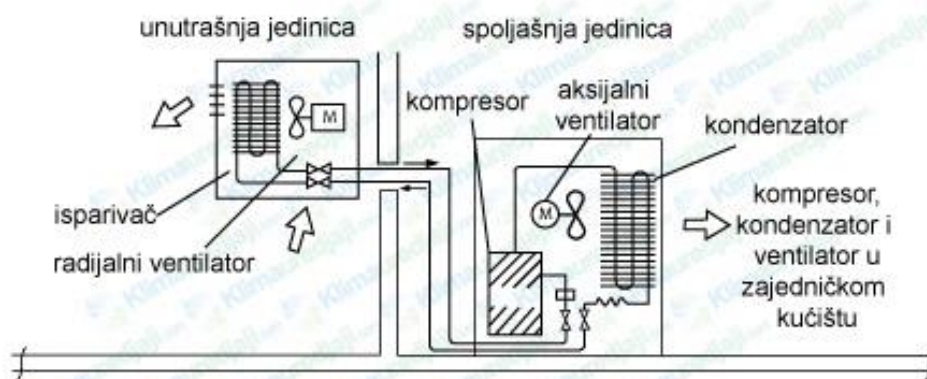


Слика 28. Шематски приказ система грејања ваздух-ваздух [10]

Када ради у режиму хлађења, топлотна пумпа ради исто као и клима уређај. Фреон у испаривачу, смештеном у унутрашњој јединици, испарава користећи топлоту ваздуха из просторије. Након проласка кроз испаривач фреон у гасовитом стању одлази у компресор. Након тога се фреон у гасном стању уводи у кондензатор, измењивач топлоте у спољашњој јединици, где се кондензује, помоћу спољашњег ваздуха. На слици 29 приказан је систем хлађења ваздух-ваздух, а на слици 30 приказана је блок шема клима уређаја [11].



Слика 29. Шематски приказ система хлађења ваздух-ваздух [10]



Слика 30. Блок шема клима уређај [11]

Оптимална количина ваздуха са становишта утрoшка енергије за рад компресора и вентилатора креће се у границама од 300 до 500 m³/h ваздуха, за 1 kW топлоте одузете из извора. Ако се усвоји средња вредност протока ваздуха од 400 m³/h, његово хлађење треба износити 10 K да би му се одузела топлота 1kW. За залеђивање испаривача је критично подручје температура ваздуха од од -2 до -7 °C јер ваздух при тим температурама садржи још увек знатну количину влаге. Кад се на испаривачу створи лед, треба прекинути рад топлотне пумпе и трошити енергију за отапање. Укупна потрошња топлоте за отапање креће се око 5% до 10% енергије утрошене годишње за погон компресора топлотне пумпе.

Топлотне пумпе које користе ваздух као топлотни извор, имају и недостатак што стварају велику буку вибрацијом, у толико већу, колико је и уређај већи. Место испаривача за топлотну пумпу, које је врло често ван објекта, захтева посебне мере предострожности. Ваздух није увек

чист и има састојке који могу изазвати корозију, а временом и престанак рада испаривача. Други проблем о којем треба водити рачуна је и бука. Често то представља ограничавајући фактор за примену. Економичну примену топлотних пумпи ваздух - ваздух највише отежава различито време појаве максимума температуре ваздуха и потребе неке грејане зграде за топлотом. Кад је температура спољног ваздуха најнижа, потреба топлоте је највиша, иако то зависи и од врсте потрошача.

Предности код коришћења ових система су:

- Могућност модернизације већ постојећег система грејања
- Лака инсталација

Недостаци код коришћења ових система су:

- Бука и вибрација
- Неповољно са гледишта енергије и економичности.

6.ЗАКЉУЧАК

Топлотна пумпа извлачи енергију ниске температуре из окружења и повишава њену температуру, ради грејања простора. Коришћењем топлотних пумпи остварују се знатне уштеде енергије.

Енергија коју користе је бесплатна и неисцрпна, а то је посебно интересно у данашњим условима када цена свих енергената расте. Поред тога топлотне пумпе ову енергију генеришу без сагоревања, без емисије гасова и штетних материја и тиме не представља никакву опасност по животну средину. Геотермална енергија је енергија будућности, којом се вишеструко штеди електрична енергија у поређењу са класичним грејањем на струју. Неисцрпне количине енергије налазе се свуда око нас: у земљи, подземној води и ваздуху. Користећи ово бесплатно енергетско благо, чувамо околину док истовремено штедимо новац.

Цене система са топлотним пумпама у Србији су на жалост још увек јако високе. Разлога има више, а они најизраженији су: недостатак државних подстицаја за примену обновљивих извора енергије, релативно високе цене уређаја и радова које су резултат малог броја произвођача топлотних пумпи и едуцираних извођача радова.

Без обзира на бројне потешкоће и нелогичности у систему, топлотне пумпе ипак доживљавају све већу експанзију. У развијеним земљама Европе обновљиви извори енергије заузимају значајно место у енергетској политици.

За очекивати је да ће се исто догодити и код нас приликом придруживања Србије Европској унији. До тада, штедња енергије и заштита животне средине применом обновљивих извора енергије остаје на нивоу развијености наше савести и на нашим финансијским могућностима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Nikolic J., Timotijevic S., Koncalovic Z., Analiza efikasnosti upotrebe geotermalne toplotne pumpe- seminarski rad, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, 2016. Godina
- [2] Bojic, M., TERMODINAMIKA , Masinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2011. Godina
- [3] Lukic, N, Prenos toplote I mase-skripta, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Predavanja 2015.godina
- [4] Samsalovic, S, TOPLOTNA PUMPA:Tehnologija održive proizvodnje tehnologije, Smeits, Beograd 2009.godina
- [5] <http://www.gea.com/de/products/gea-v-series.jsp> (приступљено:октобар 2016 година).
- [6] <http://media2.ipa-solarenergy.net/2015/03/Study-analysis-of-the-potential-of-solar-thermal-energy-installation.pdf> (приступљено: октобар 2016 година).
- [7] Todorovic, B, Klimatizacija, Smeits, Beograd, 2009.godina
- [8] <http://media2.ipa-solarenergy.net/2015/03/Study-analysis-of-the-potential-of-solar-thermal-energy-installation.pdf> (приступљено: октобар 2016 година).
- [9] Ochsner, K., Curtis., R.: Geothermal heat pumps: A guide for planning and installing, Earthscan, 2007.godina
- [10] <https://www.energydepot.com/RPUres/library/heatpumps.asp> (приступљено:октобар 2016 година).
- [11] <https://klimauredjaji.com/klima-uredjaji-princip-rada> (приступљено:октобар 2016 година).