

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Енерго-еколошки менаџмент

Број индекса: 333/2012

Ђорђе Д. Вељковић

**Могућности уштеде енергије у расхладним
системима
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Душан Гордић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Резиме

У овом раду приказане су мере повећања енергетске ефикасности расхладних система и саветиза ефикаснији рад тих постојења као и уштеду електричне енергије.

Након уводног дела у коме су приказане основне дефиниције везане за хлађење, у другом поглављу, дефинисани су принципи хлађења и основни параметри којима се описује учинак расхладног постројења (коэффициент учинка постројења). Савремене технике хлађење и области у којима се она примењује, приказани су у трећем поглављу. Принципи рада и извођење типичних компонената расхладних система садржај су четвртог поглавља. У петом поглављу приказани су савети и мере којима се може уштедети енергија код расхладних система.

Кључне речи: принципи хлађења, расхладне инсталације, енергетска ефикасност.

Abstract

This paper shows measures of increasing energetic efficiency of cooling systems and advices for more effective running of these facilities also as savings of electric energy.

After introductory part in which are shown basic definitions related to cooling, in second part, defined are principles of cooling and basic parameters which are describing effect of cooling plant (coefficient of plant effectiveness). Modern technologies of cooling and fields in which it is used are shown in the third part of this work. The principles of work and performance of typical components of cooling systems are included in forth part. In fifth part are shown advices and measures which can be useful in saving energy in cooling systems.

Keywords: cooling principles, cooling installations, energetic efficiency.

Садржај

1. УВОД	3
2. ПРИНЦИПИ ХЛАЂЕЊА И ВРСТЕ РАСХЛАДНИХ ФЛУИДА.....	4
2.1 Принципи хлађења.....	4
2.2 Коефицијент учинка расхладног постројења	6
2.3 Хлађење испаравањем	7
2.4 Хлађење соним растворима	7
2.5 Системи хлађења са компресијом паре	7
2.6 Системи за хлађење у домаћинствима.....	9
2.7 Системи за климатизацију	11
2.8 Гасни циклус хлађења	12
2.9 Ејекторско хлађење.....	13
2.10 Термoeлектрични системи хлађења	14
2.11 Вортекс (Vortex) цев	16
2.12 Расхладни флуид	17
2.12.1 Најчешће коришћени расхладних флуиди	17
3. САВРЕМЕНЕ ТЕХНИКЕ ХЛАЂЕЊА	18
3.1 Примена у домаћинству и комерцијална примена	18
3.2 Индустриска примена.....	18
3.2.1 Пиваре	19
3.2.2 Млекаре.....	20
3.2.3 Хладњаче	22
3.2.4 Производња леда.....	23
4. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ РАСХЛАДНИХ ИНСТАЛАЦИЈА.....	24
4.1 Компресори	25
4.2 Кондензатори.....	29
4.4 Испаривачи	31
4.3.1 Испаривачи за хлађење течности	31
4.3.2 Испаривачи за хлађење гасова.....	32
4.3.3 Специјални испаривачи.....	32

4.3.4 Подела испаривача према количини расхладног флуида која им се доводи	33
4.4 Експанзиони вентил.....	34
4.5 Чилери.....	35
4.6 Расхладне куле	36
4.6.1 Врсте расхладних кула	37
4.6.2 Механичке расхладне куле	38
4.6.3 Компоненте расхладних кула	39
5. САВЕТИ И МЕРЕ ЗА ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ КОД РАСХЛАДНИХ СИСТЕМА	40
5.1 Повећање енергетске ефикасности код компресора	40
5.1.1 Рад са делимичним оптерећењем	41
5.1.2 Анализа перформанси	43
5.1.3 Могућности побољшања перформанси	44
5.1.3.1 Одржавање.....	45
5.1.4 Контролни систем.....	46
5.1.5 Регулација учинка компресора у системима компримованог ваздуха	47
5.2 Повећање енергетске ефикасности код домаћинстава.....	51
5.3 Мере уштеде енергије код индустријских постројења	53
5.4 Регулација учинка кондензатора	54
5.4.1 Одржавање кондензатора.....	55
5.5 Повећање ефикасности код чилера	55
5.6 Савети код КГХ (Климатизација / Грејање / Хлађење).....	57
5.7 Савети за повећање енергетске ефикасности код хлађења.....	58
6. ЗАКЉУЧАК	60
7. Литература.....	61

1.УВОД

Услед повећања потребе за електричном енергијом у савременим домаћинствима и индустрији, човечанство мора да трага за новим решењима очувања електричне енергије. Примена расхладних уређаја је велика, како у индустрији тако и у домаћинствима, а самим тим и њихова потрошња електричне енергије. Како би се смањила потрошња електричне енергије треба примењивати савете за уштеду електричне енергије.

Хлађење се може дефинисати као процес постизања и одржавања температуре која је нижа од околних, а све у циљу хлађења производа или простора на задату температуру. Једна од најважнијих примена хлађења јесте чување прехранбених производа, на одговарајућим нижим температурама од околних. Данас се расхладни системи масовно користе за постизање и за одржавање термичког комфора у боравку људи или у простору где си одвија неки процес. Климатизација се односи на третман ваздуха тако да се истовремено одржава температура, влажност, чистоћа, мирис и брзина струјања, а према захтевима људи који у простору бораве и/или процеса који се у том простору одвија. Хлађење и климатизација су се развијали задовољавајући људске потребе за комфором и чувањем хране. Историја хлађења је врло интересантна, јер је сваки њен аспект у вези са развојем различитих технологија, као што су расхладни флуиди, примарни покретачи (мотори), компресори, управљање итд. Све те технологије су примењене у различитим типовима расхладних постројења.

Основне компоненте садашњих модерних система за хлађење са компресијом паре су компресор, кондензатор, експанзиони уређај, капиларна цев, мотори или турбина и испаривач. Расхладно средство се прво компримује, обично клипом и затим потискује у кондензатор. У кондензатору пара високог притиска се хлади и кондензује. При томе се топлота одводи водом или ваздухом. Течност високог притиска се пригуши у експанзионом уређају, а створена смеша паре и течности ниског притиска се води у испаривач. У њему течност испарава, уз довођење топлоте. Испаривачи могу директно да хладе простор или да хладе секундарни медијум, као што је вода или антифриз. Код већине фрижидера у домаћинствима, испаривач се налази у прегради за храну или прегради за хладни ваздух. Након испаравања прегрејана пара ниског притиска бива уписана компресором. [1]

2. ПРИНЦИПИ ХЛАЂЕЊА И ВРСТЕ РАСХЛАДНИХ ФЛУИДА

Хлађење се може дефинисати као процес смањења и одржавања температуре у жељеним границама. Расхладни уређаји који се користе раде по Карноовом циклусу. Примена расхладних уређаја је велика како у домаћинству тако и у индустрији. У овом поглављу се представљају неки од принципа хлађења, врсте расхладних флуида као и принцип хлађења по Карноовом циклусу.

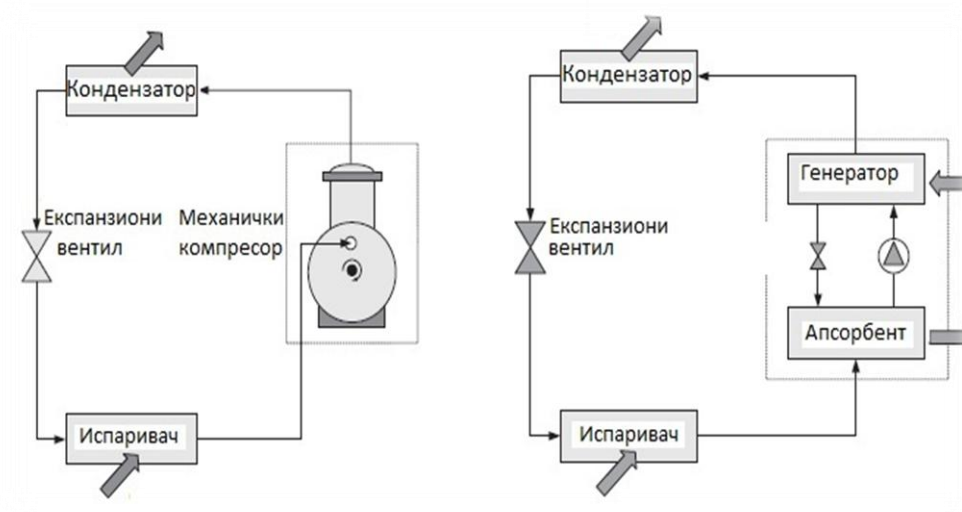
2.1 Принципи хлађења

Расхладни уређаји који обезбеђују хлађење могу радити на следеће начине:

Систем компресије паре. У овим системима, компресори сабијају расхладни флуид на виши притисак, при чему долази до повећања температуре. Компримована пара се кондензује у течни облик отпуштањем латентне топлоте кондензације у кондензатору. Затим се расхладном флуиду снижава притисак. Формирани смеша пара-течност производи ефекат хлађења током испаравања. Компресори се углавном покрећу помоћу електромотора, а ретко се за њихово покретање користе гасне или парне турбине.

Апсорпциони системи. Код апсорпционих система ефекат хлађење се производи помоћу топлотне енергије. Ефекат хлађење настаје током испаравања течности на ниском притиску, а пара која настаје се апсорбује помоћу воденог апсорбента. Раствор се пумпа и загрева, а расхладни флуид поново испарава, али на већим притиском, и затим се кондензује у течни облик. Течно расхладног средства је ограничено на ниском притиску и спремно је да поново произведе ефекат хлађења. Апсорпционе расхладне машине користе топлоту како би се добила пара високог притиска, тако да ове машине немају покретних делова осим пумпе.

Ова два расхладна система су представљена на слици 1. Практично, разлика између њих је на путу компресије расхладног флуида. Практично, расхладни системи са компресијом паре се чешће користе у индустрији него апсорпциони расхладни системи. Посебна предност апсорпционих расхладних система је коришћење отпадне топлоте на релативно ниској температури која је у индустријским условима често на располагању.[2]



Слика 1. Шема рада расхладног постројења
а)-систем компресије паре б)-апсорпциони систем.[2]

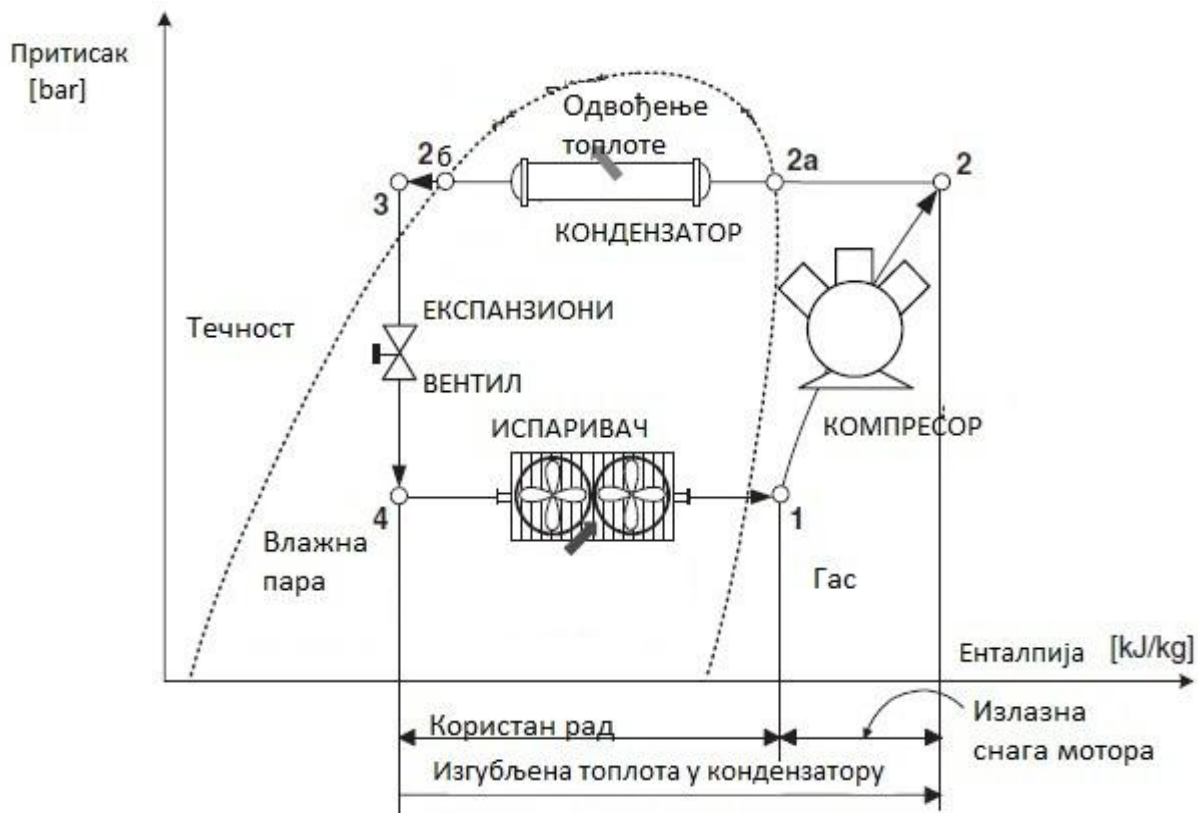
Циклус хлађења је приказан на Карноовом дијаграму (слика 2) и може се објаснити кроз следеће фазе:

1-2 Прегрејане пара улази у компресор где јој се притисак повећава. Адекватно је и повећање температуре. Већина енергије која је остварена при процесу компресије преноси се на расхладно средство.

2-3 Прегрејана пара под високим притиском пролази из компресора у кондензатор. Почетни део расхладног процеса ($2 \Rightarrow 2a$) где је још пара на високом притиску, а топлота се изотермски одводи, прелази у течно стање ($2a \Rightarrow 2b$). Хлађење за овај процес се обично постиже употребом ваздуха или воде. Даље, смањење температуре се дешава у цевоводу ($2b \Rightarrow 3$), тако да расхладни флуид који је течном стању се под-хлади јер улази у уређај за експанзију.

3-4 Под-хлађена течност високог притиска улази у експанциони вентил где долази до смањења притиска и преласка у испаривач.

4-1 Течност ниског притиска у испаривачу апсорбује топлоту из околине. Током овог процеса она мења стање течности и прелази у пару, одакле даље иде у компресор. Након тога процес се опет понавља. [2]



Слика 2. Карноов циклус хлађења, p-h дијаграм. [2]

2.2 Коефицијент учинка расхладног постројења

Уобичајено је да расхладни системи при свом раду користе 20 % више електричне енергије него што је то потребно. Добро управљање и одржавање су важни предуслови за повећање енергетске ефикасности система хлађења уз минимална улагања. Главни разлог за одржавање добре ефикасности постројења може бити релативна компресија система и начин разумевања ефикаснијег рада.[3]

Коефицијент учинка се рачуна на основу израза:

$$COP = \frac{\text{постигнутог хлађење}}{\text{захтевана снага компресора}}$$

У пракси се због мање идеалне компресије више користи механичка снага. Различити губици који утичу на смањења COP-а су:

- губици трењем и губици топлоте у цевоводу, код машине и код експанзионог вентила
- електрични губици при погону мотора (ефикасности: 80-95%)
- паразитски губици који се јављају на различитим периферним уређајима. Помоћно напајање може да смањи губитке и до 25%, или чак више у неком делу оптерећења.

Практично COP представља однос оствареног нето хлађења при укупној потрошњи електричне енергије.[3]

У даљем делу текста биће приказани неки од принципа хлађења као и њихови принципи рада.

2.3 Хлађење испаравањем

Као што назив указује, хлађење испаравањем је процес снижавања температуре система испаравањем воде. Људи се зноје и троше своју метаболичку топлоту, хладе се испаравањем, ако је амбијентална температура виша од температуре коже. Хлађење испаравањем је коришћено у Индији вековима да би се добила хладна вода тако што се чувала у земљаним лонцима. Вода продире кроз поре земљане посуде до спољашње површине где испарава у околну средину, апсорбујући латентну топлоту делимично из посуде, чиме се вода хлади. [1]

2.4 Хлађење соним растворима

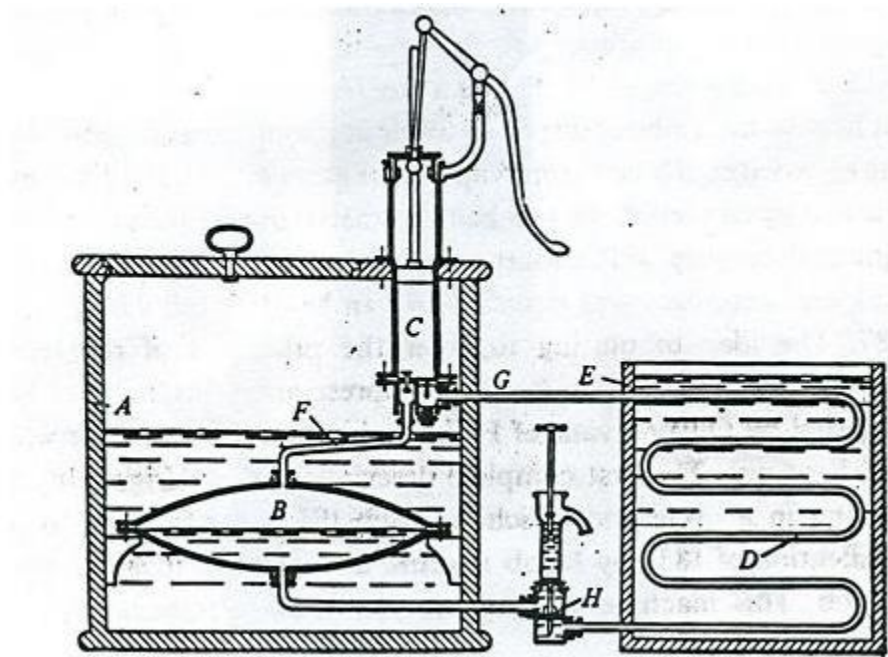
Извесне супстанце, као што је обична кухињска со, додавањем води растварају се и при томе апсорбују топлоту из воде (ендотермички процес). Тиме се снижава температура раствора. Со натријум-хлорида (NaCl) може да снижи температуру воде, ако се раствори у њој, и до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а калцијум-хлорид (CaCl_2) и до 50°C . Међутим, за сада тај процес има ограничену примену јер за континуално коришћење соли треба уложити топлотну енергију, па процес није економичан.

2.5 Системи хлађења са компресијом паре

Основа модерног хлађења је садржана у чињеници да течност може да апсорбује велику количину топлоте у процесу кључања. Професор Вилијам Кулен (William Cullen) са Универзитета у Единбургу демонстрирао је ово 1755. године., ставио је мало воде у контакт с етером у резервоару под вакумом. У условима вакума етар је испаравао на рачун хлађења воде. У оригиналном Куленовом експерименту вода се замрзнула. Овај процес је укључио термодинамичку појаву да снижавањем притиска паре може да настане испаравање. Притисак течности, која кључа и налази се у топлотној равнотежи са сопственом паром, у експрес лонцу, вода кључа на вишој температури. При томе за испаравање течности треба да се доведе топлота промене фазе. Температура етра ће остати константна све дотле док вакум пумпа одржава притисак једнаким са притиском

засићења на жељеној температури. То захтева уклањање паре, која се формира током испаравања. Ако треба постићи нижу температуру, вакуум пумпом мора да се оствари нижи притисак. Процес кондензације захтева одвођење топлоте у околину и он је обрнут од процеса испаравања. Још 1780. године је укључен сумпор-диоксид (SO_2), а 1787. и амонијак (NH_3). То је постигнуто компресијом њихових пара на адекватан притисак тако да су се при температурама околине остварили услови за њихову кондензацију. Ипак, тек су се радовима Карноа термодинамичким циклусима у првој половини деветнаестог века стекли услови за развој уређаја у којима се могло говорити о континуираном процесу хлађења.

Јакоб Перкинс (Jacob Perkins) је конструисао систем који је радио по описаном принципу. Свој проналазак патентирао је 1834. године, а оригиналан цртеж дат је слици 3.



Слика 3. Цртеж уређаја Јакоба Перкинса из 1834. Године. [1]

Расхладни флуид (етар или друга испарива течност) кључа у испаривачу В, преузимајући топлоту од воде која се налази у суду А. Пумпом С се одсисава створена пара и компримује на виши притисак на којем може да се кондензује у цевима (D), уроњеним у суд Е. Топлота кондензације се предаје води, која се налази у суду Е. Кондензовани флуид тече кроз пригушни вентил, који одржава разлику притиска између кондензатора и испаривача. Мала пумпа изнад пригушног вентила (H) служи за допуну апарата са расхладним средством.

Први расхладни системи су користили етил или метил етер. Од 1850.године су у употребу уведени и амонијак (NH_3) и угљен-диоксид (CO_2).

Карл фон Линден (Carl von Linde) је у Минхену увео амонијачни компресор са двоструким дејством. Притисци у кондензатору су били преко 10 bar. Пошто је нормална температура кључања амонијака $-33,3\text{ }^\circ\text{C}$, вакуум који је потребан на страни ниског притиска. Од тог времена до данас се амонијак веома много користи у великим расхладним постројењима.

Палмар (Palmer) је користио $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ 1890 .године у ротационом компресору, мешао га је са $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$ да би се смањила његова запаљивост. Едмунд Компленд (Edmund Copeland) и Хари Едвардс (Harry Edwards) су користили изобутан 1920. године у малим фрижидерима. Од 30-их година прошлог века почиње ера фреона.[1]

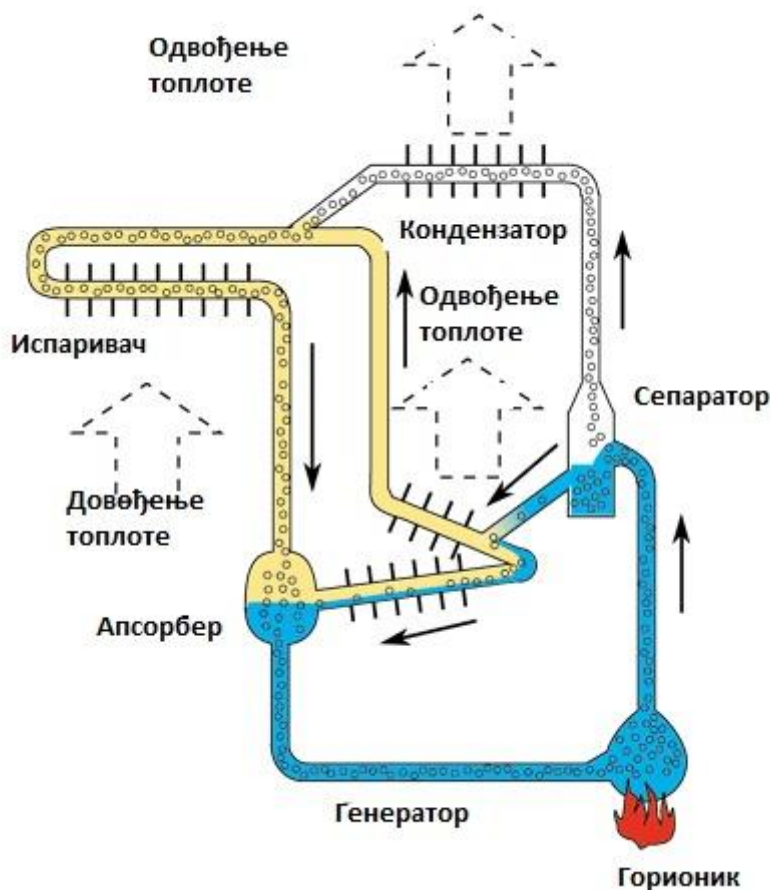
2.6 Системи за хлађење у домаћинствима

Фрижидер за домаћинство који користи природни лед (сандук са ледом) је у употреби од 1803. године и користио се готово 150 година, без много измена. Домаћи сандук са ледом је обично направљен од дрвета са прикладном изолацијом. Лед се обично држао на врху сандука, а ниже температуре су се постизале преносом топлоте са леда природном конвекцијом. Плех за цеђење је скупљао воду која је настајала због топљења леда. Сандук се повремено, зависно од интензитета топљења леда, допуњавао новим ледом. Мада је концепт веома једноставан, сандук за лед је имао неколико недостатака. Корисник је морао да замени лед чим би се искористио, а најниже температуре које су могле да се произведу унутар преграде су биле ограничене. Упркос томе, чини се да су топле зиме проузроковале озбиљне недостатке природног леда у САД-у. Стога су још од 1887. године учињени значајни напори да се комерцијализују домаћи фрижидери, који користе механичке системе. Првобитни домаћи механички фрижидери су били скупи, нису били потпуно аутоматизовани и нису били довољно поуздани. Међутим, развој механичког фрижидера за домаћинства великих размера омогућен је развојем малих компресора, контролних система, усавршавањем електро мотора итд. Компанија "Генерал Електроник" (General Electric Company) представила је први фрижидер за домаћинство 1911. године, а одмах након њих (1915 год.) су се појавили и домаћи хладњаци фирме "Фрижидер" (Frigidare). Године 1925., САД су имале око 25 милиона фрижидера за домаћинства од којих је само 75.000 било механичких. Међутим, производња фрижидера је брзо расла, и до 1949. године се годишње производило око 7 милиона фрижидера за домаћинства. Пошто се обим производње повећао, цена је нагло падала (цена је била 600 долара 1920. године и 155 долара 1940. године). Првобитни фрижидери за домаћинства су углавном користили сумпор-диоксид, као расхладно средство. Неки апарати су користили метил-хлорид и метилен-хлорид. Ова расхладна средства су замењена фреоном (R12) 1930-тих година. На почетку, ови фрижидери су били опремљени компресорима

покретаним каишним погоном. Компанија "General Electric" увела је први фрижидер са херметичким компресором 1926. године. Ускоро су компресори отвореног типа били потпуно замењени херметичким компресорима. Први фрижидери су користили водом хлађене кондензаторе, али су они врло брзо замењени кондензаторима који су хлађени ваздухом.

Комерцијалне фрижидере за домаћинства чији се рад заснива на принципу апсорпције, као што су предложили Платен и Мунтерес, прва је лансирала компанија "Electrolux" 1931. године у Шведској. У Јапану је први механички фрижидер за домаћинства направљен 1924. године. Први фрижидер са двоструком температуром (замрзивач-фрижидер) за домаћинства је представљен 1939. године. Коришћење механичких фрижидера за домаћинства је брзо расло свуда у свету после Другог светског рата. Данас је фрижидер постао најважнији кухињски апарат. Осим малог броја, готово сви садашњи фрижидери за домаћинства су механички фрижидери који користе херметички компресор и ваздухом хлађени кондензатор. Модерни фрижидери користе или HFC-134a (хидро-флуор-угљеник) или изобутан, као расхладно средство. Ипак, мали апсорпциони фрижидери се и даље користе у хотелским собама, камп приколицама, итд.

На слици 4. је приказана шема апсорпционе расхладне машине предложена од Платена и Мунтереса. Циркулација се остварује грејањем раствора у генератору и стварањем мехурића, који повлаче и течност. Водоник је трећи флуид који је не кондензибилан у овом систему и својим присуством снижава парцијални притисак амонијака (NH_3) у испаривачу, омогућавајући му да испарава на ниској температури.



Слика 4. Шема трофлуидног апсорпционог расхладног уређаја.¹

2.7 Системи за климатизацију

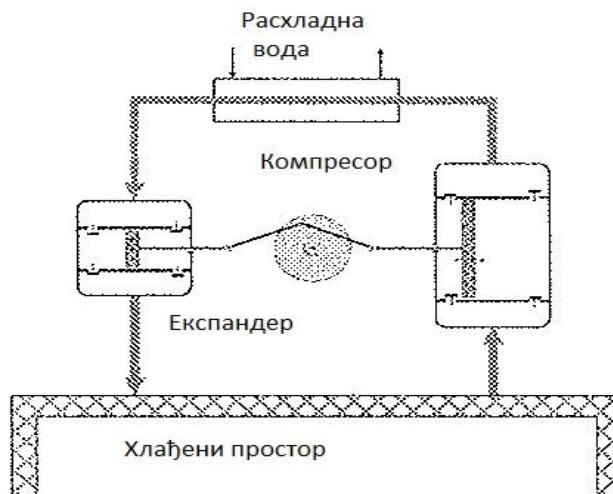
Први системи за климатизацију су се користили како за индустријске потребе тако и за климатизацију, због комфора. Истман Кодак (Eastman Kodak) је инсталирао први систем за климатизацију 1891. године у Рочестеру, Њујорк, за чување фотографских филмова. Систем за климатизацију је инсталиран у једној штампарији 1902. године и у телефонској централи у Хамбургу 1904. године. Многи системи су постављени у фабрикама дувана и текстила око 1900. године. Први систем за климатизацију у домаћинству је постављен у кући у Франкфурту 1894. године. Приватна библиотека у Сан Луису, САД, је имала климатизацију 1895. године, а казино у Монте Карлу је добио климатизацију 1901. године. Чињени су, такође, напори да се климатизују железнички путнички вагони коришћењем леда. Широка распрострањеност развоја климатизације се приписује америчком научнику и индустријалцу Вилу Каријеру (Willis Carrier). Каријер је

¹http://www.polarpowerinc.com/products/refrigerator/ref_images/ref-overview_drawing03.gif

испитивао контролу влажности 1902. године и конструисао централни уређај за климатизацију, користећи тзв. певач ваздуха (евапоративно хлађење) 1904. године. Климатизација је брзо постала веома популарна, а данас је климатизација у великом броју земаља постала уобичајени стандард у становању, у канцеларијама, комерцијалним зградама, аеродромима, болницама и у мобилној примени као што су железнички вагони, аутомобили, авиони итд. Индустијска климатизација је умногоме допринела расту модерне електронике, фармацеутске и хемијске индустрије, итд. Већина данашњих система за климатизацију користи или систем хлађења са компресом паре или систем хлађења са апсорпциом паре. Капацитети се разликују од неколико kW да неколико MW. [1]

2.8 Гасни циклус хлађења

Ако се ваздух под високим притиском шири и обавља рад (рецимо покреће клип или покреће турбину), његова температура ће да се снизи. Ова чињеница је позната људима још од 18. века. Далтон и Гај Лусак (Gay Lucac) су ово испитивали 1807. године. Саиди Карнот (Sadi Carnot) је то поменуо као добро познати феномен 1824. године. Међутим, др Џон Гори (John Gorrie) са Флориде је развио једну такву машину 1844.године да би охладно ваздух који је убацивао у собе својих пацијената, који су боловали од маларије. Осим тога је он по истом принципу производио и лед. Машина је користила компримован ваздух на притиску од 2 bar и производила је слани раствор на температури од -7°C . Овај раствор се затим користио у производњи леда. Александар Карнеги Кирк (Alexander Carnegie Kirk) је 1862. године направио машину за циклично хлађење ваздуха. Користећи степен компресије од 6 до 8, Кирк је могао да произведе температуре од око -40°C . На слици 3. приказан је шематски отворен тип циклуса хлађења ваздуха. Основни приказан систем се састоји од компресора, екс-пандера и топлотног размењивача. Ваздух из хладне просторије се сабија у компресору двоструког дејства. Топао ваздух под притиском се хлади одвођењем топлоте у топлотни понор (расхладна вода у топлотном размењивачу). Такав ваздух високог притиска експандира у експанзионој машини, при чему се добија неки механички рад. Тај рад је много мањи од рада који се мора довести у компресор за компресију ваздуха. Хладан ваздух након експанзије шаље се у просторију која се хлади. Није неопходно да компресор и експандер буду двоструког дејства, нити да буду спојени на исту осовину.



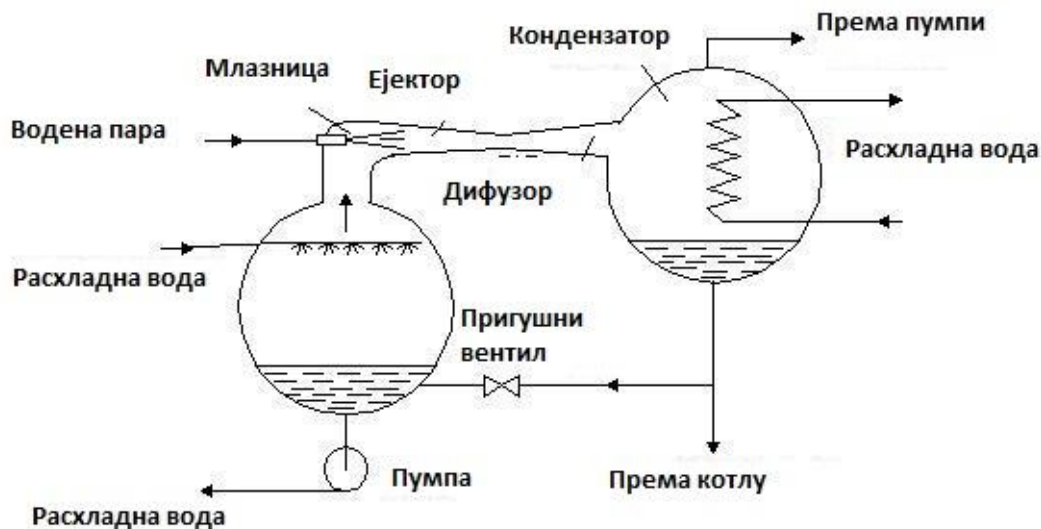
Слика 5. Шема основног система отвореног типа за циклусно хлађење ваздуха. [1]

2.9 Ејекторско хлађење

Ако се вода убризгава у комору у којој се одржава низак притисак, део воде ће испаравати. Енталпија испаравања ће расхладити преосталу воду до температуре засићења на притиску коморе. Очигледно је да ће за нижу температуру бити потребан нижи притисак. У овом систему, користи се пара велике брзине којом се остварује нижи притисак у испаривачу и ниска температура испаравања воде. Котловска пара високог притиска пролази или кроз конгергентну или конгергентно-дивергентну млазницу врло великим брзинама (звучна или надзвучна брзина), при чему се достиже притисак изнад испаривача, реда величине 0,009 bar, који одговара температури кључања воде на чак 4°C. Снижавањем притиска у испаривачу један део воде испари, снижавајући температуру преостале воде. Настала пара бива повучена брзом воденом паром и постигнута у кондензатор где влада притисак од 0,56-0,74 bar, који одговара температури кондензатора од 35-45 °C. Слика приказује шему оваквог система хлађења. Може се видети да је за овај систем потребно одржавање доброг вакуума. Понекад се у ту сврху користи и помоћни (бустер) ејектор.

Године 1838. Француз Пелетан (Pelletan) је добио патент за компресију паре помоћу млаза водене паре. Око 1900. године Енглец Чарлс Персонс (Charles Parsons) је испитивао могућности за смањење притиска, због ефекта повлачења течности гасом код парног млаза. Међутим, заслуге за конструкцију расхладног система парним млазом припадају француском инжењеру Морису Лаблану (Maurice Leblanc), који је развио овај систем око 1907. године. У том систему ејектори су се користили да произведу парни млаз

велике брзине ($\approx 1200 \text{ m/s}$). На основу Лаблановиџ пројекта, Вестигхаус (Westinghouse) је направио први комерцијални систем 1909. године у Паризу. Мада је ефикасност система хлађења парним млазом била ниска, систем је још увек био активан, пошто је вода безопасна и систем може да ради користећи испусну пару из парне машине. [1]



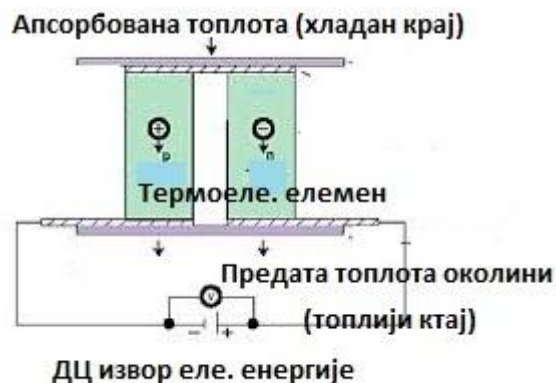
Слика 6. Систем хлађења парним млазом.²

2.10 Термоелектрични системи хлађења

Године 1821. Немачки физичар Т. Ј. Сибек (Т. Ј. Seebeck) открио је да се, када се два слоја различитих метала држе на две различите температуре, ствара електромоторна сила (емф), која остварује струјни ток. Произведена електромоторна сила је пропорционална разлици температура. Године 1834. Француз Ј. Пелтијер (J. Peltier) је приметио обрнути ефекат. Када се два проводника различитих материјала споје на крајевима и када се кроз њих пропусти једносмерна струја, долази до хлађења једног и загревања другог краја. Разлика температура је пропорционална јачини струје. Године 1838. Ленц (H.F.E. Lenz) је замрзнуо кап воде према Пелтијеровом ефекту користећи антимон и бизмут (касније се сазнало да је Ленц могао да замрзне воду, пошто коришћени материјали нису били чисти метали него су у себи имали и нечистоћа). Дуго времена термодинамично хлађење засновано на Пелтијеровом ефекту је остало лабораторијски кутиозитет, пошто је температурна разлика која је могла да се добије коришћењем различитих метала била сувише мала да би имала било какву практичну примену.

²http://1.bp.blogspot.com/_0ZlxKQnMPQM/S62ULh-fANI/AAAAAAAAAIIg/KQWE--BzUdI/s1600/4.JPG

Изоляциони материјали имају лоше термоелектрично својство због њихове мале електричне проводљивости, док метали нису добри због њихове велике топлотне проводљивости. Међутим, открићем полупроводника 1949-1950. године, расположиви пад температуре је могао да се знатно повећа, што је довело до комерцијализације термоелектричних система хлађења. Слика показује шему термоелектричног система хлађења, који се заснива на полупроводницима. Руски научник Јоф (А. Ф. Ioffe) је један од пионира у области термоелектричног система хлађења, који користе полупроводнике. Неколико фрижидера за домаћинства заснованих на термоелектричном ефекту је направљено у СССР-у још 1949. године. Међутим, од 1960-тих година, ови системи се углавном користе за чување лекова, вакцина, итд. и за хлађење електронских елемената. У САД-у, фрижидери за домаћинства, клима-уређаји, хладњаци за воду, одела за рођење са климатизацијом, итд. су прављени коришћењем тих ефеката. Капацитети система су обично били мали, због лоше ефикасности. Међутим, развили су се, такође, и неки системи са великим капацитетом хлађења, као што је клима-уређај од 3,5 kW и хладњача капацитета 6 тона. Коришћењем вишестепених уређаја постигнуте су температуре око -145 °C. Због својих ограничења (у погледу материјала), ови системи се сада користе само за извесне минорне апликације као што је електронско хлађење, мобилни хладњаци, итд. Чињени су, такође, и напори да се удруже термоелектрични системи с фотонапонским ћелијама са изгледом да се развију соларни термоелектрични фрижидери. [1]

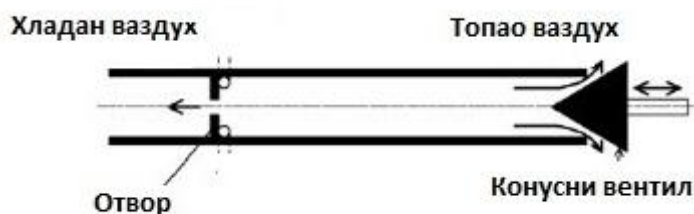


Слика 7. Шема термоелектричног система хлађења.³

³http://s3.electronics-cooling.com/legacy_images/2005/11/2005_November_Article2_Figure16.jpg

2.11 Вортекс (Vortex) цев

Године 1931. француски инжењер Георг Ранк (Georges Ranque) (1898-1973) открио је интересантан феномен који се зове Ранков ефекат или "вортекс ефекат". Тангенционално убризгавање ваздуха у цилиндричну цев индукује "вихорну експанзију с истовременом производњом излаза топлог ваздуха и излаза хладног ваздуха". Ранк је добио француски патент 1928. године и амерички патент 1934. године за овај ефекат. Међутим, откриће је било запостављено све до Другог светског рата, када је Рудолф Хилш (Rudolph Hilsch), немачки физичар, 1945. године испитивао овај ефекат и објавио касније много пута цитиран научни рад о овом уређају. Зато је вортекс цев позната и као *Ранк-Хилшова цев*. Мада је ефикасност овог система прилично мала, систем је веома интересантан, због своје механичке једноставности и могућности за постизање тренутног хлађења. Погодан је тамо где је могуће остварити довод компримованог ваздуха. Данашња вортекс цев користи компримовани ваздух као извор енергије, нема покретних делова, и производи топао ваздух на једном, а хладан ваздух на другом крају. Запремина и температуре ове две струје ваздуха се подешавају вентилом, уграђеним у испуст топлог ваздуха. Могуће је постићи температуре од -46 до 127 °C. Компримовани ваздух се доводи до вортекс цеви и пролази кроз млазницу или млазнице, које су тангенционалне на унутрашњи пречник цеви. Ваздух се креће завојно или вихорно у форми шкољке слично торнаду. Вентил на једном крају цеви дозвољава излаз топлог ваздуха. Оно што не изађе враћа се у цев унутар простора ниског притиска. Овај унутрашњи вртлог губи топлоту и излази кроз други крај, сада са знатно нижом температуром. Данас се вихорна ("вортекс") цев користи за брзо хлађење делова машине, за хлађење електронских компонената, хлађење јакни рудара, ватрогасаца, итд. [1]



Слика 8. "Вортекс" или "вихорна цев".⁴

У следећем поглављу биће речи о расхладним флуидима.

⁴<http://cielotech.files.wordpress.com/2013/03/counterflow-vortex-tube.jpg>

2.12 Расхладни флуид

Расхладни флуид је расхладна материја која циркулише у постројењу које се хлади и од њене промене агрегатног стања зависи процес хлађења. Да би расхладни уређаји имали ефикаснији рад, расхладни флуид мора да има одређење физичке, термичке као и хемијске особине.[4]

Особине расхладног флуида су следеће:

- велика топлота испаравања
- да имају што мању специфичну топлоту течности
- рад сабијања паре флуида треба да је што мањи
- критична температура флуида треба да је што већа од максималне температуре кондензације
- температура смрзавања мора да буде нижа од најниже температуре која може да настане у машини
- притисци испаравања и кондензације треба да буду погодни, притисак кондензације што нижи а испаравања што виши
- да није запаљив
- да није отрован
- да није скуп
- да се флуид лако меша са уљима за подмазивање
- да има што мању вискозност
- да нема корозионо дејство

2.12.1 Најчешће коришћени расхладних флуиди

Амонијак (NH_3) је безбојан гас оштрог мириса. Веће количине амонијака штетно делују на здравље. Хемијски је стабилан до температура $150\text{--}200^\circ\text{C}$. Запаљив је, и ако га има у ваздуху у већим количинама може да експлодира. Притисци су, при нормалним условима рада повољни и крећу се од 3 до 12 бара. Данас се користи у ретким случајевима.

Угљен-диоксид (CO_2) је гас без боје и мириса. Није отрован, а није ни запаљив. Има високе притиске испаравања и кондензације (20-75 бара) што уз ниску критичну температуру од 31°C представља главне недостатке. Због своје не отровности и не запаљивости користи се у просторијама за климатизацију и у уређајима за хлађење у прехранбеној индустрији. Данас се користи у ретким случајевима.

Сумпор-диоксид (SO_2) је отрован гас, без боје, оштрог мириса. Није запаљив, са водом ствара сумпорну киселину, што ствара низ техничких проблема. Испаривач и кондензатор су код уређаја са SO_2 обично израђени од бакра.

Метилхлорид (CH_3Cl) се упркос одличним термодинамичким особинама и једноставној и јефтиној производњи ретко употребљава првенствено због, своје велике токсичности и запаљивости при већим количинама.

Фреони су расхладни флуиди добијени хлорисањем или флуорисањем углавном засићених угљоводоника. Основне сировине за производњу фреона су: метан, етан, пропан, бутан. Постоје различите врсте фреона: R12, R134, R22, R407, R404, R410.

Изо-бутан ($(\text{CH}_3)_3\text{CH}$) његова ознака је R600. Користи се у уређајима нове генерације, због мале количине, ниске цене и еколошки је прихватљив. Али такође у већим количинама је запаљив.[4]

3. САВРЕМЕНЕ ТЕХНИКЕ ХЛАЂЕЊА

Расхладна техника има широку примену, почев од домаћих фрижидера и замрзивача, преко комерцијалних витрина до великих индустријских постројења. Посебно треба истаћи велики улогу расхладне технике у производњи и дуготрајном чувању прехранбених производа. [1]

3.1 Примена у домаћинству и комерцијална примена

Примена у домаћинству и комерцијалној употреби (самоуслуге, супермаркети и слично) није потребно посебно описивати, јер се срећу свакодневно. Ови су уређаји мање-више стандардни производи који се раде серијски и слажу се модуларно. Раде углавном на два температурна режима и то: од 0 до $+2^\circ\text{C}$, за краткорочно чување намирница, или од -20 до -25°C за дугорочно чување замрзнути производа.

3.2 Индустријска примена

Уређаји у индустрији се користе за хлађење у процесу производње (хране, напитака, хемијској и процесној индустрији, фармацеутској индустрији, медицини и сл.) као и за чување производа који захтевају нижу температуру складиштења од температуре околине. Оваква расхладна постројења се пројектују и постављају према посебним, специфичним, захтевима од случаја до случаја. Капацитете и температурне режиме као и врсту уређаја одређује технолошки процес производње (или чувања) и оно важи, обично, искључиво за предметни објект (фабрику).

Индустријско расхладно постројење се прави делом од стандардних елемената (компресори, кондензатори, ваздушни хладњаци, арматура, као што су ручни вентили, аутоматски вентили, сигурносни вентили, давачи притиска и температуре, манометри и слично, цеви, пумпе и сл.) и делом од елемената који се пројектују и праве за конкретну примену (одвајач течности, скупљачи течности, хладњаци ваздуха и течности и сл.)

Како би производ који у току производње захтева термичку обраду (овде мислимо првенствено на хлађење) био доброг квалитета, захтеви, у погледу температурних режима, у сваком сегменту производње морају бити испуњени. Да би се то постигло у целости, пројектанта расхладног постројења мора да биде добро упознат са суштином дела конкретног технолошког процеса у вези са хлађењем. Ово важи и обрнуто, пожељно је и да технолог, пројектант технолошког процеса, има основна знања из термотехнике и термодинамике. Уколико то није случај или пројектанти различитих струка у довољној мери (или никако) не сарађују, обично се пројектује и изведе расхладно постројење које не одговара у потпуности сврси, а то има за последицу не квалитетан крајњи производ и неекономичан рад постројења.

Ако се има у виду да оваква постројења раде и до 30 година, није потребно посебно говорити о губитку који настаје у том временском периоду, због коришћења неадекватног расхладног постројења. При пројектовању расхладног постројења посебну пажњу треба посветити енергетској ефикасности, односно пројектовати постројење које за исти расхладни učinак троши мање енергије за погон. Истраживања су показала да у укупним трошковима рада хладњаче са прерадом, смештајног капацитета око 6000 t у периоду од око 25 година, трошкови електричне енергије учествују са око 70-75%. Из тога се види да се енергетској ефикасности уређаја мора посветити посебна пажња.

Због горе наведених чињеница потребно је, макар информативно, машинске инжењере, пројектанте расхладних постројења упознати о специфичностима појединих производних технологија, како би могли боље да схвате технолошке захтеве које треба задовољити.

Циљ овог представљања јесте да прикаже основне технолошке карактеристике и захтеве неких производних процеса, који се појављују у нашој привреди. [1]

3.2.1 Пиваре

Пиво се производи од јечменог слада (с евентуалним додатком кукурузног брашна, као сурогата) и воде. Хмељ се додаје као зачин. Процес кувања пива је шарж. Обрада једне шарже (уварка) траје обично око 4 сата и обавља се у варионици, а добијени производ се зове сладовина. Запремина уварка се мери хектолитрима (hl)¹.

У пиварама хлађење је потребно за:

- сладовину
- пиво у процесу врења или ферментације
- младо пиво и пиво у процесу филтрације и пастеризације
- хмељ у његовом складишту.[1]

На следећој слици је приказана једна пивара.



Слика 9. Приказ МБ пиваре.⁵

3.2.2 Млекаре

Млеко је врло осетљива и кварљива сировина, уколико се не чува на одређеној температури. Краткотрајно чување млека и млечних производа треба да буде на температури не вишој од $+4^{\circ}\text{C}$. Због тога, након муже, млеко треба да се што пре (не дуже од два сата након муже) и што брже расхлади са око $+35^{\circ}\text{C}$, на од $+2$ до $+4^{\circ}\text{C}$.

С обзиром на то да се млеко добија два пута дневно: јутарњом и вечерњом мужом, јавља се потреба хлађења свежег млека два пута дневно и то у трајању од неколико сати у зависности од капацитета уређаја за хлађење свежег млека.

⁵<https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS7woct-IpBEuUzOu1YuzhlcOhug73Cy7mFKlYUgKh3qMECTMH>

Расхлађивање свежег млека може да се обавља на измузишту (велике фарме крава музара имају расхладни уређај на фарми у којима расхлађују млеко у целости од + 4 °C, или делимично, па тако млеко транспортују камион цистернама од млекар. Уколико на измузишту нема уређаја за хлађење свежег млека, свеже млеко се транспортује неохлађено од млекаре и расхлађује у самој млекури. Ова варијанта је прихватљива уколико је фарма релативно близу млекаре, па свеже млеко може брзо се процесира.

Након расхлађивања свежег млека, конзумно млеко иде на пастеризацију и на пуњење у амбалажу и хлађено складиште (на 0 ÷ +4 °C) одакле се дистрибуира у продајну мрежу. Остала количина млека иде у технолошки процес, ради добијања осталих производа од млека (кисломлечни производи, павлака, маслац, сир и сл.)

У млекурама се јавља потреба за хлађењем технолошких апарата и просторија за чување производа. Технолошки апарати у млекурама се хладе леденом водом, температуре од 0 до +1 °C. Један од тих апарата је пастеризатор (за млеко, јогурт, павлаку). То су плочасти апарати са више секција, у којима се обавља хлађење и грејање млека. Друга врста апарата су судови са дуплим плаштом. Ти судови су цилиндричног облика, са дуплим плаштом на цилиндричном делу, кроз који струји расхладно средство – ледена вода. Напуне се сировином, у њима се обави термички и биохемијски процес и после тога сировину треба охладити, обично на +4 °C у задатом времену. Хлађење дупликатора се најчешће обави леденом водом. Процес хлађења у дупликаротима је изразито нестационаран. На почетку хлађења расхладно постројење је велико (због велике температурске разлике на почетку хлађења) и одвијањем процеса хлађења опада потребан расхладна санга.

Одељења за чување упакованог млека и млечних производа, који чекају опрему хладе се ваздушним хладњацима на температури од 0 до +2 °C (+4°C). То важи за производе који се чувају краткорочно, односно који не могу да се чувају на дуже време (свеже млеко паковано у кесе или пластичну амбалажу, јогурт, кисело млеко, павлака и сл).

Маслац је производ који може да се чува дуже времена на температури око -20 °C, па млекуре које имају производњу и маслаца имају складиште маслаца на -20 °C (-25°C).

До сада речено важи за конзумне млекуре које потрошаче свакодневно снабдевају млечним производима. Осим конзумних млекара постоје и млекуре које поред конзумног мелека производе и сир, односно које раде искључиво сир. У технологији производње сира потребно је одвести топлоту која се ствара при зрењу сира. Зрење сирасе обавља на температури ваздуха од +12 до + 14 (16 °C), зависно од врсте сира, а притом је важно да се одржава прописана релативна влажност ваздуха. Поред тога врло је важно да се ваздух у комори за зрење доводи тако да сваком сиру буде обезбеђен довод кондиционираног

ваздуха, и то без промаје (равномерна расподела ваздуха). Брзина ваздуха око сира не би требало да пређе 0,2 m/s. [1]



Слика 10. Приказ дистрибуирања млека.⁶

3.2.3 Хладњаче

Хладњаче служе за краткорочно и дугорочно складиштење производа, на температурама од 0 до -25 ° C (-30 ° C), већ према врсти робе каја се чува.

Раније су хладњаче радиле тако да су се зидови правили од опеке или блокова, плафони од бетонских елемената (или блокова и ферт гредица), а термоизолација зидова, плафона и пода се у облику плоча постављала на тако урађен објекат (с унутрашње стране). Овакво грађење је скупо и компликовано, захтева врло квалификовану радну снагу и мање се практикује. [1]

У новије време хладњаче се раде од предфабрикованих панела изграђених (најчешће) од полиуретанске пене експандиране између два, благо профилисана, лима (челичног или алуминијумског). Ови елементи су ширине око 1000 mm, дужина се одређује на основу нпр. висине хлађеног простора, а дебљина се креће од 40 до 120 (200) mm, зависно од температурске разлике с обе стране зида. Овакви панели се међусобно спајају по систему перо/жлеб (мушко/женско), а монтирају се на челичну или бетонску

⁶http://www.blic.rs/data/images/2010-10-30/86143_0801-mlekara-foto-o-bunic_f.jpg?ver=1288456566

носећу конструкцију. Код оваквог решења изолациони панели су истовремено и зидови и није потребно правити посебне зидове од опеке или другог материјала. [1]



Слика 11. Приказ једне хладњаче.⁷

3.2.4 Производња леда

Водени лед има велику примену у прехранбеној индустрији, нарочито код прераде рибе и месној индустрији где се додаје месо, при изради кобасичарских производа.

Раније се лед углавном производио у блоковима тежине око 25 kg у генераторима разних типова, који су радили мање-више циклички (шаржно). У новије време лед се производи у љуспичастом облику, величине средњег металног новца, дебљине између 1,6 и 3 mm. Дебљина од 1,6 mm се користи углавном, у производњи кобасичарских производа, а у рибарству се користи дебљина од 2,1 mm и више и то за хлађење рибе после улова, за транспорт или за чување свеже рибе.

Љуспасти лед се производи у генераторима леда који раде континуално. У тим генераторима лед се ствара на вертикалним цилиндрима, који имају дупли зид. У дуплом зиду испарава расхладно средство. Испод цилиндра налази се тава у којој се одржава ниво воде помоћу пловка. Из ове таве, помоћу пумпе, вода се доводи на горњу стану унутрашњег дела цилиндра где се слива низ цилиндар, при томе део воде се намрзне на цилиндар, а део се врати у таву. Створени лед с унутрашњег дела цилиндра скида један нож.

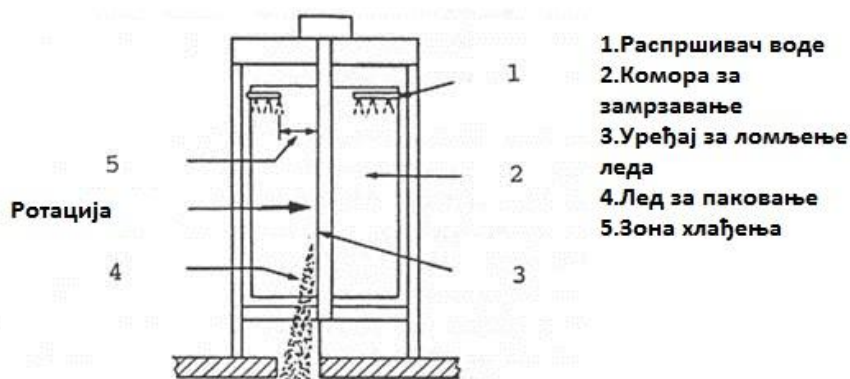
Постоје, генерално, два типа генератора љуспастог леда и то: код једних се окреће цилиндар, а нож за скидање леда је фиксиран, а код других цилиндар је фиксиран, а окреће се стругач по унутрашњем делу цилиндра.

⁷<http://www.zlatarplast.rs/v1/sw/slike/hladnjaca%20zgrada01.gif>

Код избора генератора леда потребно је знати жељену дневну производњу леда, потребу дебљину леда и температуру воде од које се прави лед. На основу ових података се одређује величина уређаја и брзина окретања уређаја за скидање леда, (мања брзина окретања – већа дебљина леда и обрнуто).

Ови генератори (за индустријску примену) се производе за капацитете од 0,3 до 50 t/dan. У случају да треба већи капацитет, вежу се паралелно више генератора. Ако произведени лед треба да буде провидан потребно је додати кухињску со. То дозирање се обавља посебном, за ту сврху направљеном, дозирном пумпом. [1]

На слици је приказан овакав генератор леда и његови основни делови.



Слика 12. Приказ генератора леда и његових делова.⁸

4. ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ РАСХЛАДНИХ ИНСТАЛАЦИЈА

Расхладни уређаји су пројектовани и конструисани да гарантују и обезбеђују максималне вредности хлађења како у домаћинствима тако и у индустрији, односно за хлађење производа и осећаја комфора. У основне елементе расхладних инсталација спадају компресори, кондензатори, испаривачи и експанзионни вентили. Компресори служе да компримују расхладни флуид. Кондензатори су измењивачи топлоте у којима се кондензује пара расхладног флуида, тј. одводи им се топлота. Експанзионни вентил служи да спречи наглу експанзију флуида, тако да флуид дође у испаривач у течном стању. У испаривачу долази до наглог опадања притиска и одузимања топлоте радном медијуму.

У наредном делу текста биће више речи о основним елементима расхладних инсталација као и о њиховом принципу рада.

⁸ <http://www.fao.org/docrep/w0495e/w0495e22.jpg>

4.1 Компресори

Компресори су елементи расхладних машина у којима се радна материја (расхладни флуид) сабија на виши притисак при чему долази до повећања температуре излазног флуида.[5]

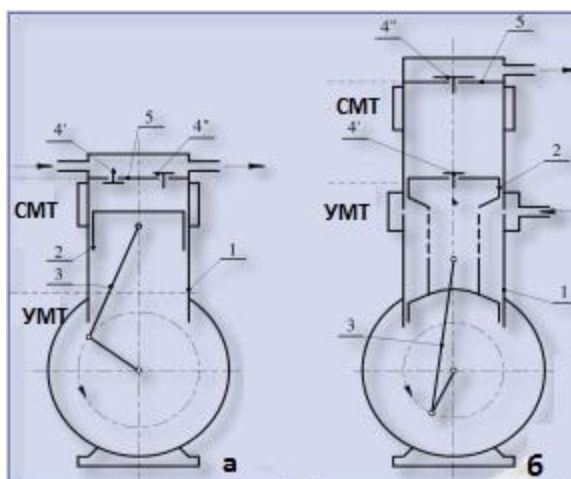
Према принципу рада, компресори могу бити:

Компресори запреминског дејства у којима се улазна пара (односно гас) сабија услед смањивања затворене радне запремине у којој се пара налази. Према начину формирања радне запремине, ови компресори се деле на:

- клипне (класичне) компресоре са трансляторним кретањем клипова,
- ротационе компресоре (са обртним клипом и вијчни), код којих се радна запремина формира између ротора и зидова кућишта,
- спиралне компресоре, код којих се радне запремине формирају између спрегнутих цилиндричних спиралних површи у захвату.

Струјни компресори код којих је пораст притиска резултат размене енергије при опструјавању лопатица турбомашине или при мешању са радном паром која великом брзином долази из млазника.

У наставку су приказане шеме основних типова компресора запреминског дејства: клипни(слика 14) и вијчани (слика 17).



Слика 14. Шематски приказ клипних компресора.[5]
а) са супротносмерним, б) са истосмерним струјањем

Основни елементи клипних компресора су: цилиндри (1) унутар којих се праволинијски, осцилаторно крећу клипови (2) између спољашње (СМТ) и унутрашње мртве тачке (УМТ). Клипови се обично покрећу помоћу криваљног механизма.

Вентили клипних расхладних компресора су самодејствујући, тј. сами се отварају/затварају под дејством разлике притисака између цилиндра и уисног вода (уисни вентил 4) односно цилиндра и потисног вода (потисни вентил 4'). На слици 14. пара при усисавању струји од СМТ ка УМТ, а при сабијању и истискивању од УМТ ка СМТ, па се због тога такви компресори називају компресорима са повратним струјањем. У другој варијанти, увек струји од УМТ ка СМТ (компресори са истосмерним струјањем).

Савремени компресори су израђени изједна са кућиштем и блоком у коме су чауре цилиндара. Компресори унутар једне фамилије разликују се често само по коленастом вратилу, блок-картеру и мањем броју других склопова (нпр. прикључни вентили, заптивачи, уљане пумпе и сл.), а и ти склопови су понекад исти за неколико врста компресора.

Под појмом радна запремина V_r (m^3) цилиндра подразумева се запремина цилиндра између спољашње и унутрашње мртве тачке, тј. запремина коју пређе чело клипа у току једног хода усисавања.

Укупна запремина цилиндра (V_c) стварног компресора већа је од радне запремине (V_r) за запремину (V_m) штетног простора:

$$V_c = V_r + V_m$$

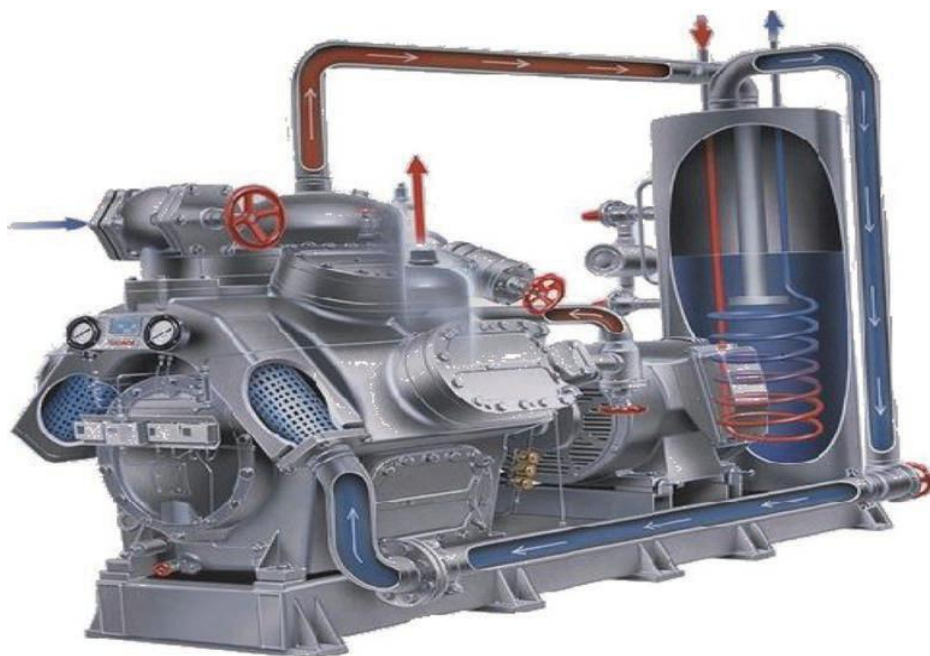
Ако се радна запремина једног цилиндра помножи са бројем цилиндара z и бројем ходова усисавања n у јединици времена добија се тзв. секундарна запремина компресора.

$$V_s = n z V_r$$

На следеће две слике приказани су изгледи компресора.

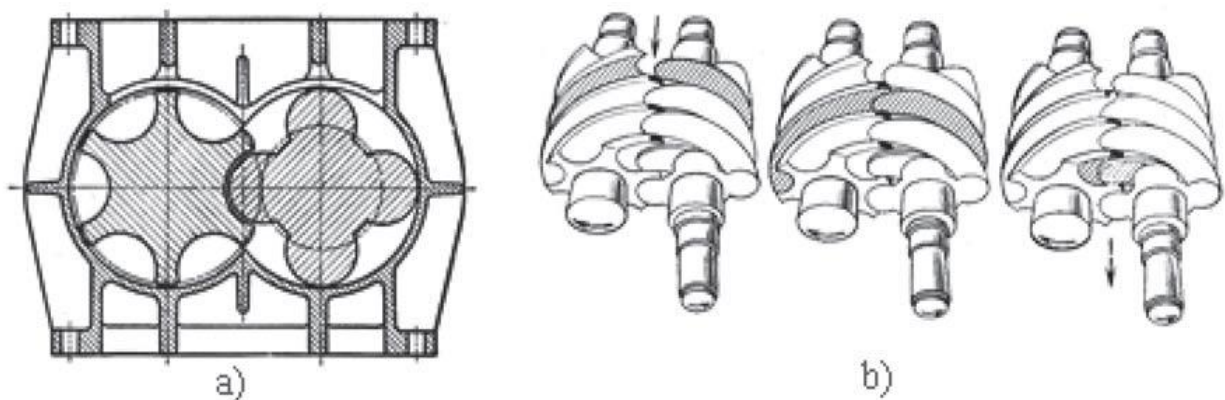


Слика 15. Изглед једног четворо-цилиндричног клипног.[5]



Слика 16. Изглед осмо-цилиндричног двостепеног клипног компресора.[5]

Ротационим се називају компресори запреминског дејства чија се радна запремина формира између цилиндра и једног или више ротационих клипова (ротора). Најважнији представник ове групе компресора су дво-ротациони вијчани компресори.



Слика 17. Вијчани компресор са 4+6 зуба:
а) попречни пресек б) фазе кретања расхладног флуида.[5]

На слици 17. приказани су попречни пресек и фазе кретања тзв. вијчаних компресора који се примењују са великим успехом практично за све степене сабијања. Они имају два спрегнута ротора са малим бројем хеликоидлних зуба који подсећају на спрегнуте зупчанике или вијке. Кућиште (цилиндар, чија линија водилца подсећа на цифру “8”) представља пресек два паралелна кружна цилиндра једнаких пречника. Профили спрегнутих хеликоидалних зуба нису исти: главни ротор има зубе конвексног, а помоћни ротор има зубе конкавног профила. Кућиште компресора је затворено са два чеона поклопца. На једном од њих се налази усисни отвор, а надругом - чеони део потисног отвора. Преостали (бочни или аксијални) део потисног отвора се налази на дну кућишта уз поклопац и спојен је са чеоним делом.

Међу-зубље (простор између зуба) до кућишта формирају хеликоидалне канале по целој дужини оба ротора. Кроз сваки од тих канала пролази по један зуб наспрамног ротора. При томе, тај зуб по линији теоријског контакта са зидовима канала дели канал кроз који пролази на усисни део (према усисном отвору) и потисни део (према потисном отвору). Део дна кућишта све до потисног отвора затворен је регулационим засуном који је помичан у аксијалом правцу. Када се деси померање тог засуна у десно отвара се са леве стране, додатна бочна веза између канала и усисног отвора, а на десној страни смањује се бочни део потисног отвора.

Процеси усисавања и потискивања су константни јер се истовремено врши усисавање у више парова канала (на оба ротора) и истискивање из најмање једног од њих. Као и сви други ротациони компресори без самодејствујућих потисних вентила, сваки вијчани компресор се карактерише геометријским степеном сабијања, који представља однос запремине канала, у тренутку прекида везе са усисним отвором, према запремини канала, у тренутку успостављања везе са потисним отвором. Степен сабијања зависи од конструкције компресора и положаја регулационог засуна.

У радну запремину (међу-зубља ротора) вијчаних компресора се убризгава веће количине уља, које на два начина побољшавају рад компресора:

- услед попуњавања процепа уљем, повећава се заптивеност радне запремине, а оптимално брзина ротора опада,
- током сабијања од паре се могу одвести значајне количине топлоте убацивањем претходно обрађеног уља; због тога се смањује специфични рад сабијања, а смањује се и температура на крају тог процеса, па се у једном ступњу (без додатног хлађења кућишта и/или ротора) могу остварити врло високи степени сабијања (до 20, насупрот 5 код класичних клипних компресора); зато се често уместо дво-степене (“боостер”) везе класичних клипних компресора са одговарајућим међу-хлађењем може применити једно-степени вијчани са убацивањем охлађеног уља.

Регулација секундарне запремине врши се померањем регулационог засуна ка потисном поклопцу цилиндра. Секундарна запремина се може константно смањивати око 10% од максималне при чему се геометријски степен сабијања мало мења. [5]

4.2 Кондензатори

Кондензатори парних компресорских расхладних машина су размењивачи топлоте у којима се од расхладног флуида топлота предаје средству за хлађење кондензатора (околина). У зависности од конструкције кондензатора и прегревања паре на улазу, у кондензатору се, осим зоне кондензације засићене паре, могу уочити и зоне хлађења и кондензације прегрејане паре, као и зона превеликог хлађења кондензата. Потребан учинак кондензатора се може одредити на основу биланса енергије за целу расхладну инсталацију. Тако, за једно-степене инсталације са отвореним компресором биће:

$$\Phi_k = \Phi_0 + P_{ef}$$

Подела кондензатора се најчешће врши према механизму размене топлоте, односно према врсти флуида којем се предаје топлота кондензације и то на:

- водени – топлота кондензације се предаје води (као “сува” топлота),
- ваздушни – топлота кондензације се предаје ваздуху (као “сува” топлота),
- атмосферски и евапоративни – топлота кондензације се предаје води и ваздуху (као “сува” и “мокра” топлота истовремено)

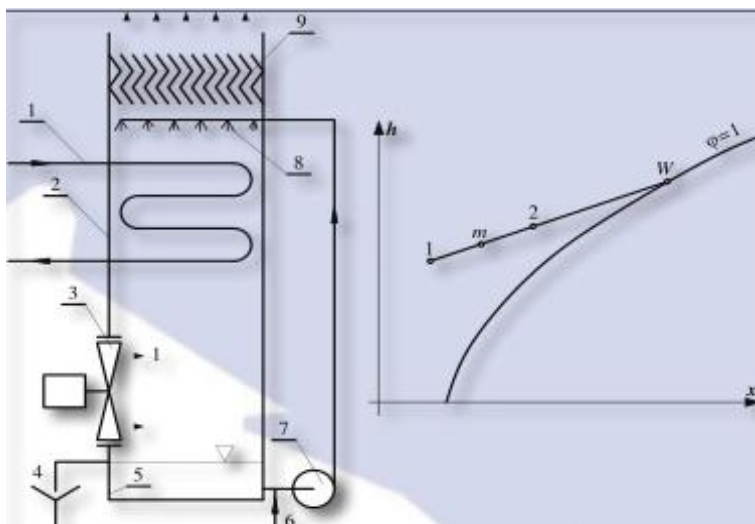
Код проточних, водом хлађених кондензатора треба водити рачуна и о оптималности протока, због издатака за потрошену воду (већим протоком воде се смањују потребна површина и цена кондензатора, али се повећавају издаци за утрошену

воду). Усклађивање оптималне и оптималног протока (када је вода скупа или је њена потрошња ограничена) постиже се, по потреби, повећањем броја пролаза воде кроз кондензатор. Оптимална брзина воде у цевима кондензатора је обично око 1 - 2 m/s.

Код ваздухом хлађених кондензатора коефицијенти прелаза топлоте са стране ваздуха су много мањи од коефицијената прелаза топлоте са стране кондензованог расхладног флуида, па се стога примењују високоефицијенти оребљења са спољашње стране.

Евапоративни као и кишни (атмосферски) кондензатори раде на истом принципу. Суштинска разлика је у томе што је код евапоративних и циркулација ваздуха принудна (шематски приказ на слици 18). Вертикалне цевне, у облику змије, (1) су збијене једна уз другу и постављене унутар оплате (2). Центрифугална пумпа (7) захвата воду из каде (5) на дну кондензатора и уз додатак (6) свеже воде (којом се надокнађују губици из система) потискује је у систем брызгалки (8) којима се одозго прскају цеви. Вода се слива наниже и ветри у ваздух који, потискиван вентилаторима (3), струји навише. При врху кондензатора (изнад брызгалки) налази се елиминатор (9) капљица којим се знатно смањују губици воде. Мали вишак воде испушта се преко прелива (4) у канализацију. [5]

Пошто је, услед велике принудне брзине ваздуха, коефицијент верења σ знатно повећан, коефицијент пролаза топлоте код евапоративних кондензатора је већи него код кишних, тако да су за исте учинке и остале услове, евапоративних кондензатори мање површине и доста јевтинији од кишних. Недостатак им је утрошак електричне енергије за погон вентилатора. Утрошак воде се креће од 5-10 % од утрошка кондензатора истог учинка али са проточним воденим хлађењем.



Слика18. Шематски приказ евапоративног кондензатора.[5]

4.4 Испаривачи

Испаривачи парних расхладних машина су размењивачи топлоте у којима се расхладном флуиду који кључа доводи топлота, било непосредно од хлађеног објекта, било посредно од секундарног расхладног флуида. Због разноврсне примене расхладних уређаја постоји и велики број различитих конструкција испаривача.

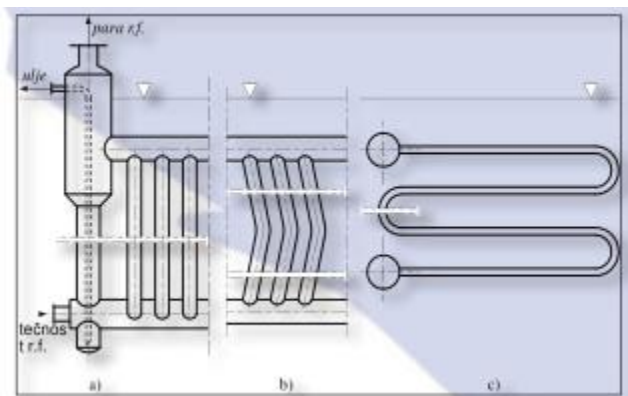
Класификација испаривача се обично врши према намени (врсти хлађеног објекта), расхладном флуиду и према конструкцији. Најпогоднија је општа подела према намени имајући у виду и конструкцију и врсту расхладног флуида.[5]

4.3.1 Испаривачи за хлађење течности

Испаривачи за хлађење течности могу бити:

- добошасти испаривачи,
- плочасти испаривачи,
- базенски (уроњени) испаривачи, када се жели остварити акумулација топлоте хлађења.

На слици 19. дат је изглед базенских испаривача који се примењују у случајевима када се жели остварити акумулација топлоте хлађења. Секције цеви (или панела) унутар којих испарава расхладни флуид потопљене су у базен са хлађеном водом која, покретана мешалицом, струји преко њих.



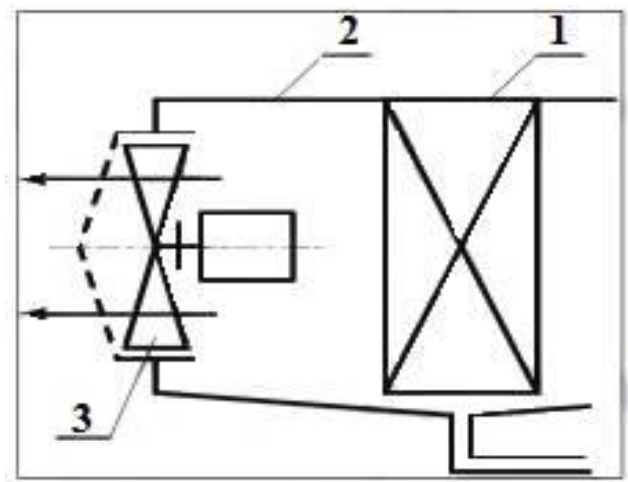
Слика 19. Базенски (уроњени) испаривачи за хлађење воде:
а) систем “Линде” б) систем “рибља кост” ц) вертикалне цеви.[5]

4.3.2 Испаривачи за хлађење гасова

Испаривачи са принудном конвекцијом (слика 20) се израђују у облику снопа оребрених цеви (1) у лименој оплати (2) са једним или више вентилатора (3). Вентилатори морају бити одмакнути од оребреног снопа како би расподела ваздуха по његовом проточном пресеку била што равномернија. Са тог становишта, а такође и због повећавања дмета млаза охлађеног ваздуха, повољније је да вентилатор усисава, него да продувава ваздух кроз оребрени сноп.

Да би се пад притиска расхладног флуида задржао у прихватљивим границама, већи испаривачи се деле на више једнаких паралелних испаривачких токова, истоврсно постављених у односу на струју ваздуха како би били подједнако топлотно оптерећени.

Издвајање иња на спољашњој површини цеви и на ребрима ствара додатне термичке и аеродинамичке отпоре који нарастају током времена; то доводи до нестационарног рада машине и захтева прекиде за отапање испаривача.



Слика 20. Шематски приказ хладњака ваздуха. [15]

4.3.3 Специјални испаривачи

У групу специјалних испаривача спадају:

- испаривачи уређаја за производњу љуспичастог леда,
- испаривачи “Рapid-ице”,
- вертикални добошасти преправљени испаривачи,

- вертикални добошасти испаривачи (користили су се некад за хлађење расутих зрнастих материјала при њиховом пропуштању кроз цеви, при чему је проток зрна био регулисан секторским затварачем на излазу из цевног снопа),
- шупље испаривачке плоче, односно, испаривачи апарата за контактено замрзавање, израђени од шупљих плоча унутар којих испарава расхладни флуид,
- плочасто-цевни и плочасто-каналски испаривачи,
- испаривачи-кондензатори каскадних машина.

4.3.4 Подела испаривача према количини расхладног флуида која им се доводи

Према количини расхладног флуида која им се доводи, испаривачи могу бити:

- **суви**, када се у испаривач доводи онолико течности колико у њему може да испари (у ствари, доводи се незнатно мање, тако да из њега излази врло мало прегрејана пара у којој поуздано нема капи течности),
- **преплављени** када им се доводи вишеструко више течности, при том се коефицијент циркулације n (однос количине доведене према количини испарене течности расхладног флуида) бира у зависности од врсте хлађеног објекта; циркулација течности кроз преплављене испариваче може бити пумпана и гравитациона.

Повећавањем n расте коефицијент пролаза топлоте испаривача, и повећава се пад притиска у испаривачу и цевоводу од испаривача до сепаратора. Оптималне вредност коефицијента циркулације расту са смањивањем термичких отпора на страни хлађеног објекта. Када постоје строги услови у погледу уједначености температуре на страни хлађеног објекта, примењују се посебно велике вредности n (нпр. и до $n = 20$ у испаривачима клизалишта). Преласком са сувих на преплављене испариваче смањују се трошкови за њихову набавку (повећава се коефицијент пролаза топлоте, па се смањује потребна површина за размену топлоте), али остатак инсталације постаје сложенији и скупљи (због новоуведених трошкова за пумпе, помоћне судове и повећан број вентила...). Зато се преплављени испаривачи користе углавном у великим индустријским расхладним инсталацијама када је уштеда на испаривачима већа од поскупљења остатка инсталације.

У специјалне испариваче условно се могу убројати и испаривачи континуираних тунела за брзо замрзавање у флуидном слоју ситних комадића материјала (плодова ситног воћа и поврћа, ситних комада меса, итд.).

4.4 Експанзиони вентил

У расхладној инсталацији експанзиони вентил се користи за пригушивање течног расхладног флуида са вишег притиска кондензације на нижи притисак испаравања. Помоћу експанзионог вентила регулише се проток расхладног флуида, капацитет расхладне инсталације, као и притисак и температура испаравања. Код мањих расхладних уређаја користи се аутоматски експанзиони вентил који регулише проток радног флуида, тако реагујући на промену притиска у испаривачу.

Термостатски експанзиони вентил реагује на промену температуре прегревања на крају испаривача и омогућава потпуно искоришћење испаривача и при врло променљивим оптерећењима. Пригушни вентил са пловком реагује на промену нивоа течности у испаривачу или кондензатору.



Слика 21. Приказ једног термостатског експанзионог вентила.⁹

Рад расхладних уређаја заснива се на томе да расхладни флуид прима топлоту из околне средине у испаривачу, а потом даје ту топлоту кондензатору, ваздуху или води којом се хлади кондензатор. Стога расхладни флуид мора да има одређена физичка, хемијска и термичка својства, те да буде безбедан и економичан у експлоатацији. Расхладни флуид који се користи може бити амонијак и разне врсте фреона, а данас се с обзиром на строге еколошке захтеве користе се еколошки фреони.[4]

⁹http://inspectapedia.com/aircond/Serbian/clip_image022.jpg

4.5 Чилери

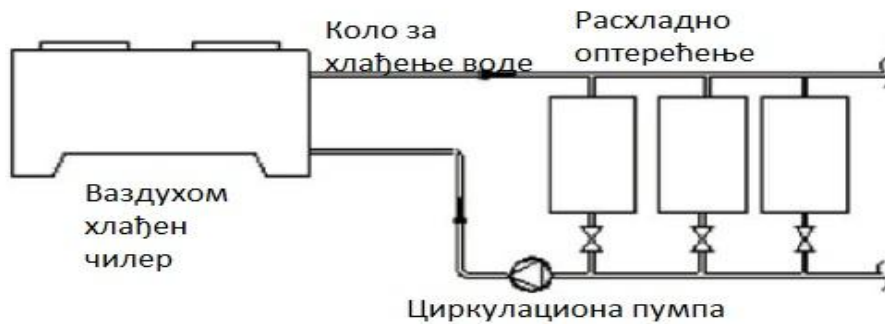
Постоје два типа чилера који се данас производе – парно-компресорски и апсорпциони чилери. Главне компоненте парно-компресорских чилера су компресор, испаривач и кондензатор (размењивачи топлоте вода– расхладни флуид) и експанзиони уређај. Постоје четири типа чилера: клипни, спирални, вијчани и центрифугални.



Слика 22. Чилер.[6]

Рад чилера је веома сличан раду фрижидера. Чилер узима енергију из хладног простора и избацује је у простор више температуре. Средство за хлађење долази у контакт са флуидом који се хлади у простору испаравања. Ефекат хлађења при испаравању је сличан ефекту знојења. Испарено средство за хлађење (радни флуид) компримује се у компресору, што доводи до његовог загревања. Топли гас из компресора иде у елемент за избацивање топлоте – кондензатор, јер се у њему средство расхладни флуид кондензује и загрева. Кондензатор се обично хлади водом или ваздухом. Расхладни флуид који је у течном стању пролази кроз експанзиони вентил, где дувалке или млазнице снижавају температуру расхладног флуида. Охлађени расхладни флуид иде у испаривач, где преузима поново топлоту.

Чилери се грубо могу класификовати у двије групе: ваздухом хлађене и водом хлађене. Ваздухом хлађени чилери су обично смештени изван простора који се хлади, апсорбују топлоту из простора који се хлади и избацују је директно у атмосферу, слика 23.

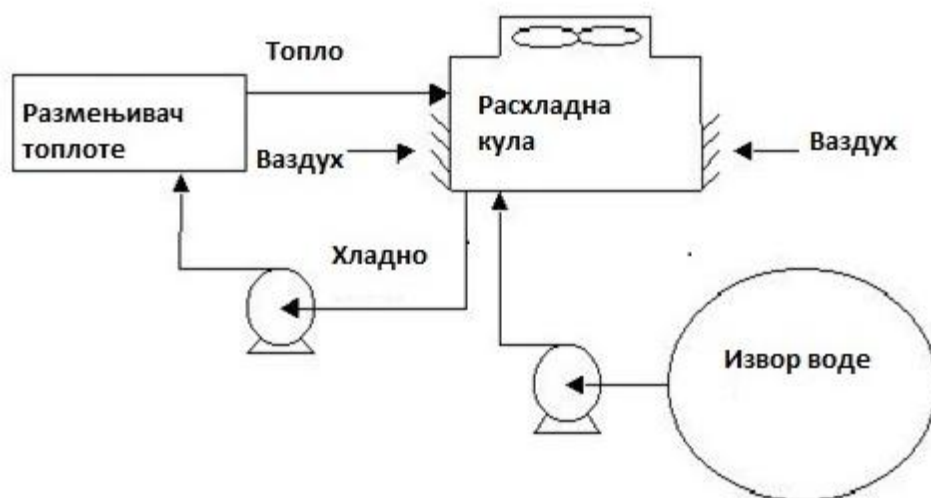


Слика 23. Ваздухом хлађен чилер.[6]

С друге стране водом хлађени чилери су смештени у згради и повезани са расхладним торњем који преузима топлину из воде и лоциран је изван простора који се хлади. Водом хлађене чилере можемо поделити на два типа: први је расхладни торањ са отвореним током, где се кондензаторска вода директно хлади дуваљкама кроз велике плоче кроз које струји ваздух, а други је расхладни торањ затвореног тока где се хладе цеви кроз које протиче вода, тј. индиректно.[6]

4.6 Расхладне куле

Расхладне куле су јако битан део многих електрана. Основни задатак расхладне куле је да избаци топлоту у атмосферу. Оне представљају релативно јефтино и поуздано средство отклањања топлоте ниског степена из хладне воде. Додатни извор воде се користи да надокнади воду која је изгубљена испаравањем. Вода излази из расхладне куле и враћа се назад до размењивача топлоте или иде у друге јединице на даље расхлађивање. Типичан процес расхладног система је приказан на слици. [7]

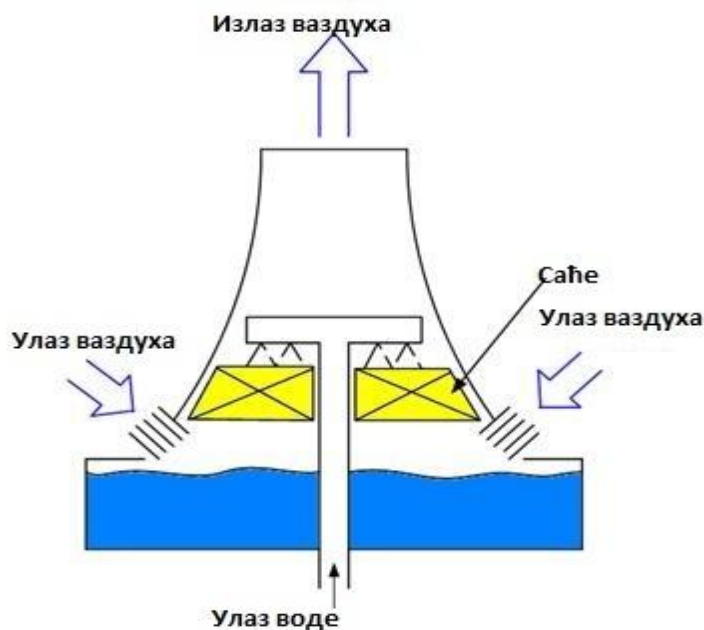


Слика 24. Процес трајања расхладног циклуса.[7]

4.6.1 Врсте расхладних кула

Расхладне куле се деле у две главне категорије: расхладне куле са природном циркулацијом и расхладне куле са принудним (механичким) струјањем.

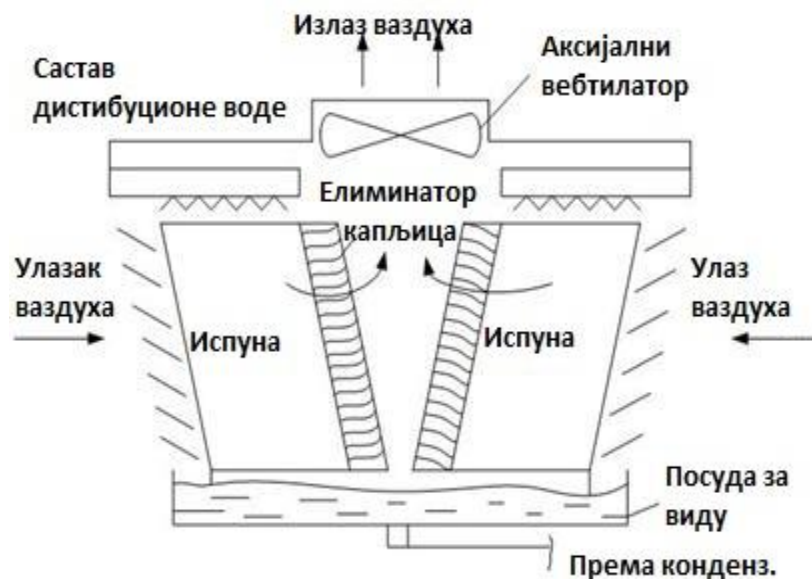
Расхладне куле са природном циркулацијом користе велике бетонске димњаке да би увукле ваздух у медијум. Због њихове огромне величине, оне се обично користе за количине воде изнад 45.000 m^3 . Овакве куле се користе само за електране.



Слика 25. Приказ расхладне куле са природном циркулацијом ваздуха.¹⁰

Расхладне куле са механичком (принудном) циркулацијом користе велике вентилаторе да би протерале или усисале ваздух кроз воду која циркулише. Вода пада на доле преко напуњене површине, што потпомаже да се повећа време контакта између воде и ваздуха, а самим тим и да се максимално повећа трансфер топлоте између ваздуха и воде. Стопа хлађења кула са механичком циркулацијом зависи од пречника вентилатора и брзине операције.

¹⁰ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/4/48/Rashladni_toranj_s_prirodnom_cirkulacijom.jpg



Слика 26. Приказ једне механичке расхладне куле и њени делови.¹¹

4.6.2 Механичке расхладне куле

Механичке расхладне куле су доступне у наредним облицима струјања ваздуха:

1. контра смерни торањ са индукованим струјањем
2. контра смерни торањ са присилним струјањем
3. кружни расхладни торањ

Код торња са индукованим струјањем, топла вода улази са врха, док се ваздух уводи са дна и остаје на врху. Подједнако се користе и индуковани и присилни вентилатори.

Код торња са кружним струјањем, вода улази са врха и пролази преко. Међутим, ваздух се уводи с, или једне(једно струјни торањ) или супротне стране(дво-струјни торањ).

Вентилатори за увлачење ваздуха повлаче ваздух преко мокре површине и избацују га кроз врх.

¹¹ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/hr/4/48/Rashladni_toranj_s_prirodnom_cirkulacijom.jpg

Механичке расхладне куле су доступне у различитим капацитетима. Нормални капацитета је од око 10 тона проток $2.5\text{m}^3/\text{h}$ до неколико хиљада тона. Куле могу да буду фабрички направљене или подигнуте на пољу.

Многе куле су конструисане тако да могу да буду груписане заједно како би постигле жељени капацитет. Тако многе расхладне куле представљају групе две или више појединачних кула или "хелија". Број хелија које имају на пр. кула са осам хелија се управо односи на такве куле.[7]

Вишехелијске куле могу бити линеарне, квадратне или округле, зависно од облика индивидуалних хелија и од тога да ли су дотоци смештени са стране или на дну хелија.

4.6.3 Компоненте расхладних кула

Основни компоненте једне куле са испаравањем су: рам, кућиште, испуна, резервоар хладне воде, елиминатор капљица (колектор), усисна грана (спољашњи ваздух), усмеривачи ваздуха, млазнице и вентилатори.

Рам и кућиште: Већина кула има структуралне рамове, који подупиру екстерне ограде (омоте), моторе, вентилаторе и друге компоненте. Уз неке мање додатке, попут јединице са стакленим влакнима, омоти могу, заправо, да буду и рамови.

Испуна: Већина кула користи испуне (направљене од пластике или дрвета) да олакшају трансфер топлоте обезбеђујући максимални контакт воде и ваздуха. Испуна може бити или распршкивач или филм.

Код распрашујуће испуне, вода пада на слојеве направљене од хоризонталних шипки, где се константно распрашује на ситне капи, док у исто време кваси површину филма.

Пластична распрашујућа испуна поспешује бољу размену топлоте него дрвена распрашујућа испуна.

Филм се састоји од тесно распоређених пластичних површина преко којих се шири вода формирајући у контакту са ваздухом танак филм. Ове површине могу да буду равне, валовите или у облику саћа или пак других облика.

Филм као врста испуне је ефикаснији и пружа исте размене топлоте у мањим запремини него распрашујући филм.

Резервоари хладне воде: Резервоар хладне воде, смештен на или близу дна куле, прима расхлађену воду која се спушта кроз кулу и испуну. Резервоар обично има пумпу

или одвод за пражњење хладне воде . У дизајну многих кула резервоар хладне воде је испод целог слоја испуне.

Код неких конструкција кула са принудним струјањем, вода са дна куле се каналише до периметра који ради као резервоар.Пропелери вентилатора су намонтирани испод испуне, како би одували ваздух кроз кулу. Са оваквим дизајном кула је постављена, тако да обезбеђује приступ вентилаторима и њиховим моторима.

Елиминатор капљица(колектор): Они служе да сакупљају капљице воде, које су заробљене у ваздушној пари, које би у супротном, биле изгубљене у атмосферу.

5. САВЕТИ И МЕРЕ ЗА ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ КОД РАСХЛАДНИХ СИСТЕМА

Обзиром да је потрошња финалне енергије у свету из године у годину у све већем порасту, а да су извори финалне енергије ограничени све се више морају примењивати мере уштеде енергије.

Енергетска ефикасност је скуп термина којима се описује квалитет коришћења енергије. Побољшање енергетске ефикасности значи избегавање (смањење) губитака енергије без нарушавања комфора, стандарда живота или економске активности и може се реализовати како у области производње тако и потрошње енергије.

Електрична енергија се користи у секторима индустрије, саобраћаја, домаћинствима итд. Како је укупна потрошња електричне енергије у домаћинствима велика треба водити рачуна о њеној штедњи. Део електричне енергија који се користи у домаћинствима за рад расхладних уређаја као и за хлађење је знатан, и зато треба примењивати мере ефикасности код расхладних система који се користе у домаћинству. Мере које се могу користити код домаћинства се односе на постављање изолације на објекат, замену старих расхладних уређаја новијим који користе мање електричне енергије.

Потрошња електричне енергије коју расхладни уређаји троше при индустријској производњи је велика, па стога треба примењивати мере уштеде. Мере уштеде и савети за повећање ефикасности расхладних система приказани су у следећим поглављима.

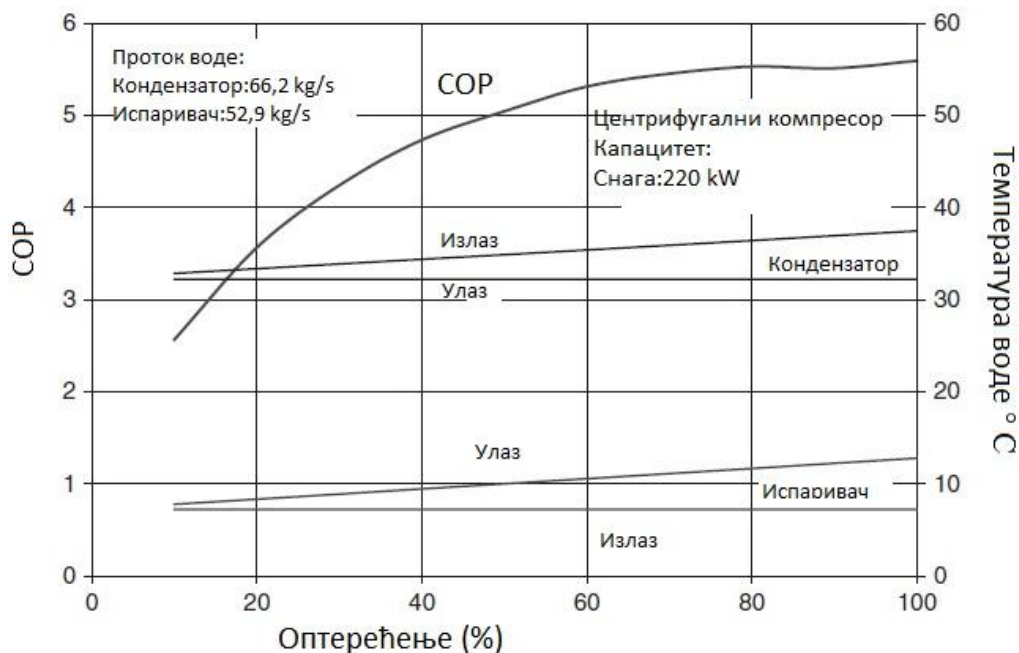
5.1 Повећање енергетске ефикасности код компресора

Велики потрошачи електричне енергије код расхладних постројења су компресори. Већину радног времена компресори раде при раду са делимичним оптерећењем, док мали број радних сати раде при пуном оптерећењу. У наредном делу биће приказан рад са делимичним оптерећењем.

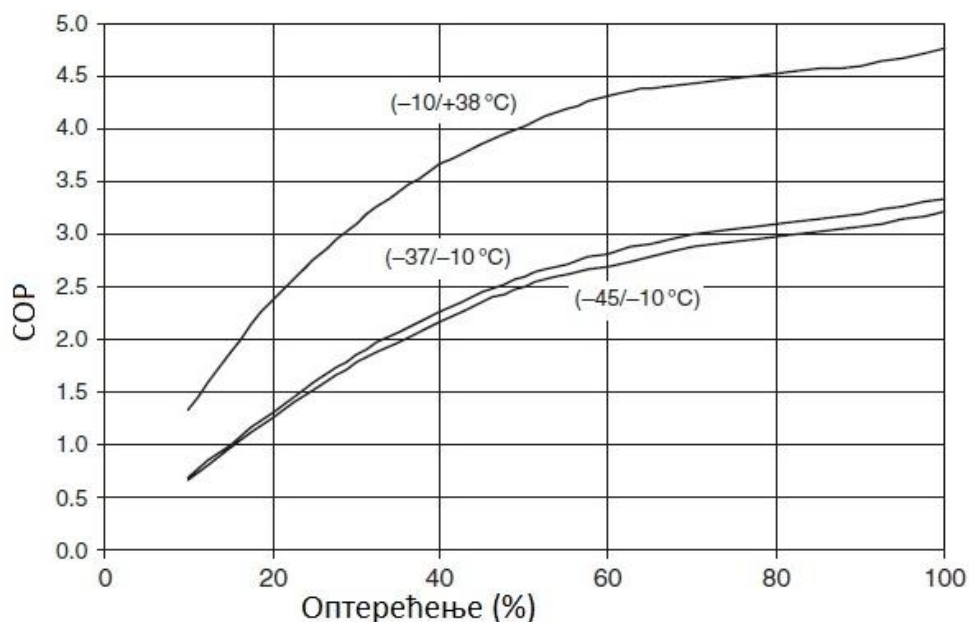
5.1.1 Рад са делимичним оптерећењем

Како компресори и читаво расхладно постројење раде мали број сати са пуним оптерећењем, коефицијент учинка (COP) постројења или компресора пада са смањењем оптерећења. Ефекат који утиче на коефицијент учинка (COP), услед рада са скраћеним радним оптерећењем, може бити веома значајан. Слика 27. приказује смањење COP-а у односу на оптерећење код центрифугалног компресора. Излазна расхлађена вода је на температури (7,2 °C) а улазна температура воде (32,2 °C) у кондензатор и оне су константне. Контрола капацитета компресора регулисана је на улазу помоћу лопатица.

Утицај оптерећења на коефицијент учинка (COP) код компресора приказан је на слици 28. Ова слика показује како температура испаравања и компресије утиче на коефицијент учинка компресора. На слици су приказана три компресора са различитим оптерећењем. Два компресора се користе са ниском компресијом притиска при двостепеном циклусу (-45 / -10 и -37 / -10 °C), (при испаравању и кондензацији температуре), а трећи се може користити у једној фази (-10 / + 38 °C).[2]



Слика 27. Смањење COP-а у односу на оптерећење код центрифугалног компресора.[2]



Слика 28. Утицај оптерећења компресора на COP.[2]

Како би се обезбедила контрола капацитета компресора користе се различити системи. Скоро све методе контроле система могу смањити коефицијент учинка (COP) у већој или мањој мери. Методе контроле су представљене у табели 1.

Бри избору компресора треба водити рачуна на избор одговарајућег оптерећења. Клипни компресори показују боље перформансе од вијчаних и центрифугалних компресора и треба их користити кад год је то могуће. Центрифугални компресори су идеални да обезбеде базно хлађење, по могућству код система који имају релативно константну температуру испаравања и кондензације. Рад са делимичним оптерећењем код центрифугалних компресора треба избегавати кад год је то могуће.

Табела 1. Савети за уштеду енергије код компресора. [2]

On-off операција је поуздан и једноставан начин да се осигура контрола рада расхладног постројења. Међутим, често on-off операција може да изазове проблеме при одржавању мотора код компресора.
Цилиндрични простор (код клипних компресора) се често користи да обезбеди контролу капацитета код више цилиндра клипних компресора. Потребна снага се смањује са смањењем капацитета.
Промена брзине погона треба да обезбеди ефикасну контролу капацитета. Правилним померањем компресори могу користити различите брзине погона али пажљиво се мора размотрити смањење ефикасности компресора. Друга практична питања као што су перформансе пумпе за уље са ниским брзинама обртаја не треба занемарити. Слично, перформансе центрифугалних компресора са делимичним оптерећењем који раде на off-систему при условима промене брзине захтевају

посебну анализу. За све компресоре посебно важно питање се односи на промену брзине погона и избегавање брзине које изазивају резонантне фреквенције и проблеме при вибрацијама. Пошто постоји не линеарна веза између брзине, капацитета система и COP-а, произвођачи треба да објаве податке у циљу налажења оптималног решења. Промене брзине погона могу бити примењена само са упутством произвођача.

Клизни вентили се користе да обезбеде контролу капацитета компресора. Клизни вентили обезбеђују равномеран рад на 10% од пројектованог капацитета.

Променљиве улазне лопатице могу се користити код центрифугалних компресора да обезбеде контролу капацитета. Лопатице се налазе у кућишту компресора директно испред улаза пропелера. Смањење капацитета се остварује променом смера тока, под-хлађена пара улази у радно коло. Ово је не ефикасан начин контроле капацитета јер смањује ефикасност компресора а самим тиме и COP.

Усисни пригушни уређаји који се користе да обезбеде контролу капацитета су посебно расипни. Усисавање гаса остварује контролу капацитета смањењем улазног притиска у компресор. То је еквивалентно раду са испаравањем температуре на нижој од пројектоване, уз смањење ефикасности. Све постојеће инсталације где уређаји користе усисни гас треба пажљиво истражити како да се усвоје алтернативни начини контроле капацитета.

Секвенциони компресори. Није неуобичајено пронаћи велике расхладне системе, са великим бројем компресора где сви раде са делимичним оптерећењем, и других помоћних уређаја (вентилатори, пумпе, итд.), који раде при пуним оптерећењем. Главне уштеде треба да обезбеде низ система контроле како би тај систем био усвојен. При условима малог оптерећења, секвенциони компресори треба да обезбеде да једна машина ради са делимичним оптерећењем, са свим осталим компресорима или при пуним оптерећењем или изоловањем са свом пратећом опремом аутоматски искључује. То је веома ефикасан начин повећања енергетске ефикасности.

5.1.2 Анализа перформанси

Оперативна анализа перформанси мора бити заснована на стварним мерењима параметара који одређују перформансе расхладног система. Табела 2. приказује те параметре и препоручене вредности за хладњаче.

Табела 2. Вредност одступања при мерењу неких параметара. [2]

Параметри који се мере	Одступања при мерењу
Улазна температура компресора	0,3 °C
Излазна температура компресора	0,3 °C
Температура паре на излазу из испаривача	0,3 °C
Температура паре на улазу у кондензатор	0,3 °C
Температура течности на излазу из кондензатора	0,3 °C

Температура течности испред експанзионог вентила	0,1 °C
Температура воде на улазу у кондензатор	0,05 °C
Температура водене паре на улазу у размењивач топлоте	0,05 °C
Температура уља код компресора	0,5 °C
Усисни притисак компресора	1%
Излазни притисак код компресора	2%
Притисак паре испред мерача протока, ако постоји	1%
Притисак на испаривачу	1%
Притисак на кондензатору	2%
Притисак уља код компресора	1%
Разлика притисак код пумпе за уље	5%
Проток паре	2%
Проток воде	2%
Снага код електромотора компресора	0,5%
Брзина код компресора	1,5%

Одређени број мерних тачака је унапред одређен у фази пројектовања, као и одговарајућа мерна опрема за праћење оперативних параметара процеса. Произвођачи опреме обично прописују начин коришћења мерне опреме, временски интервал за читавање, прихватљиву вредност итд. Најбољи начин је да се придржавамо прописа произвођача.

Разликујемо следећа мерења или тестове код расхладних постројења:

Функционална мерења: Минимална мерења прописана од стране произвођача опреме који омогућавају стално функционисање постројења. Стандардна опрема новијих расхладних постројења подразумева и израчунавање индикатора перформанси, као што су коефицијент учинка (COP), фактор оптерећења, температура кондензације и испаравања, итд.

Посебне мере: У случајевима када су извршене неке реконструкције расхладног постројења у циљу побољшања његове ефикасности, неопходно је извршити додатна мерења у циљу потврђивања постигнутих побољшања. На пример, зграде са новим испаривачима са већом површином за пренос топлоте захтевају посебна мерења која ће потврдити ефекат предложених и извршених мера за чување енергије у вези повећања енергетске ефикасности. Овај тип мера се користи у процесу чувања енергије.

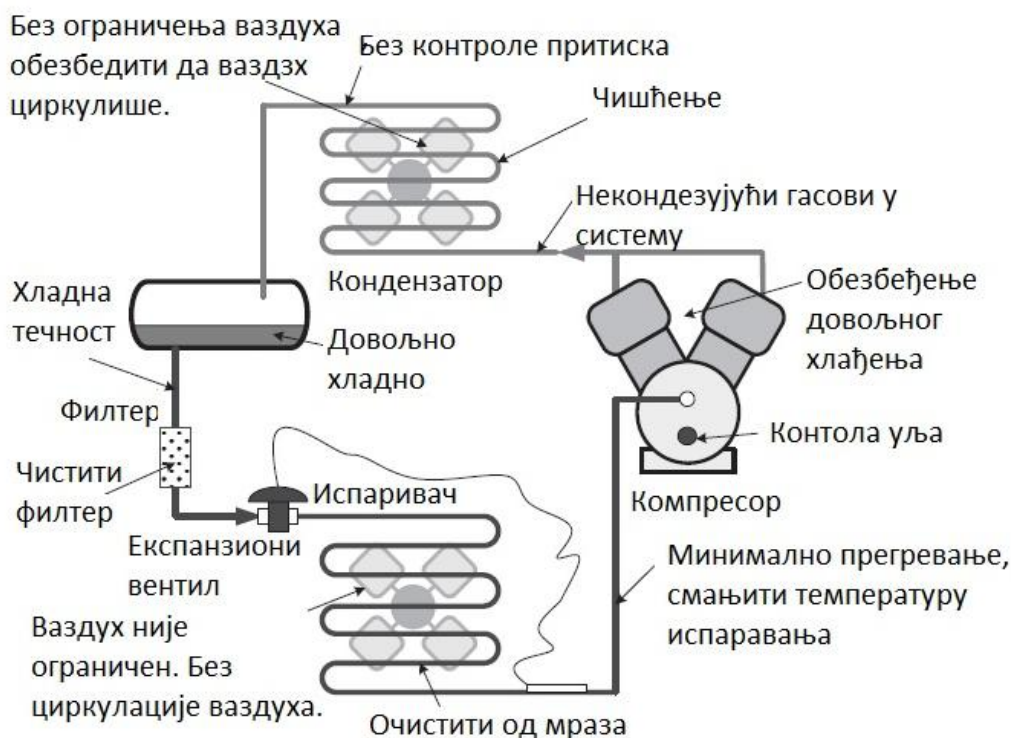
5.1.3 Могућности побољшања перформанси

Добро управљање и одржавање је једно од најважнијих питања за правилно функционисање расхладних система са најнижим трошковима енергије. Уобичајено је да се пронађу системи који у пракси троше и да 20% више енергије од предвиђене вредности.

Углавном се "грешке" могу лако исправити и захтевају мало или нимало капиталних инвестиција. Управљање и одржавање треба стално проверавати. Редовне програме праћења треба успоставити кроз редован систем за управљање енергијом, тако да се проблеми брзо идентификују и одговарајуће корекције брзо реализују. Могућа побољшања перформанси могу се остварити кроз одржавање и систем контроле.

5.1.3.1 Одржавање

Као што је већ речено, одржавање је један од најважнијих и сигурно најјефтинијих начина који обезбеђује енергетску ефикасности за постојеће расхладне системе. Слика 29. приказује једноставно постројење и провере које се врше. Уколико се не обаве основне провере и не утиче благовремено на отклањање могућих разлога за смањење енергетске ефикасности несумњиво је да ће се значајно смањити енергетска ефикасност као и повећање оперативних трошкова.



Слика 29. Приказ једног постројења и мера одржавања. [2]

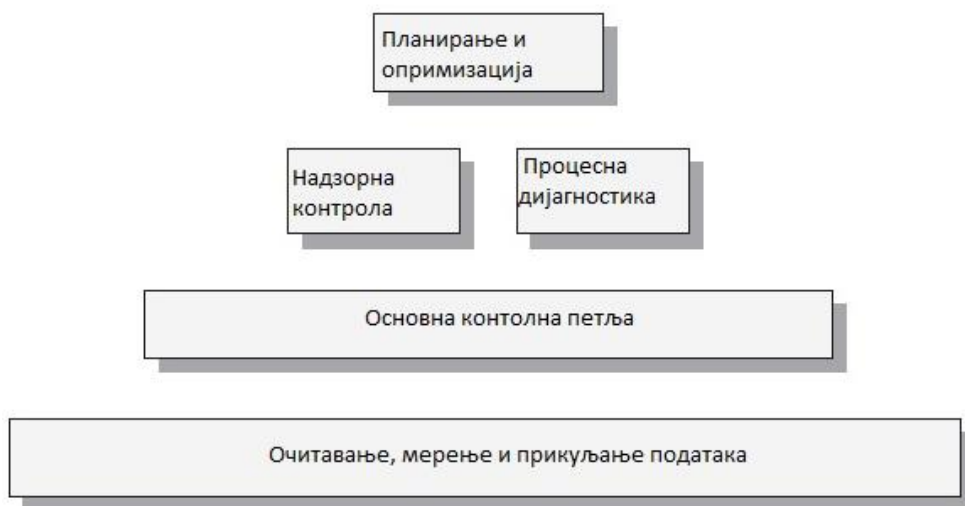
У табели 3. је приказана листа провера. Ову листу треба посматрати као пример мера које су предложене за даљу разраду и укључење у редован план одржавања. То је од посебног значаја за запослене у групи одржавања, и треба да буду добро обучени за рутинску проверу и евентуално отклањање неправилности у раду постројења.

Табела 3. Мере одржавања расхладног система. [2]

Чистити испаривач и одвод. Проверити линију за одвод и да ли грејачи раде.
Проверити да ли систем отапања ради исправно и да ли је одлеђивач довољно чист исправан.
Провера кондензације и сталног притиска у систему- уколико је виши него што би требало, онда може бити да је ваздух или неки други не кондензујући гасови у систему. Потребно их је избацити из система.
Проверите систем за цурење.
Проверити све капе вентила.
Проверити разлике температура преко сушача филтера- уколико постоји већа разлика од 1°C филтер је делимично блокиран и треба да се промени.
Проверити стање изолације хладњака и ормара и поправити ако је оштећено.
Проверити врата, поклопце, заптивке и тракасте завесе поправити их или их заменити ако су оштећени.
Проверити изолацију на уписном воду и заменити или је поправити ако је оштећена.

5.1.4 Контролни систем

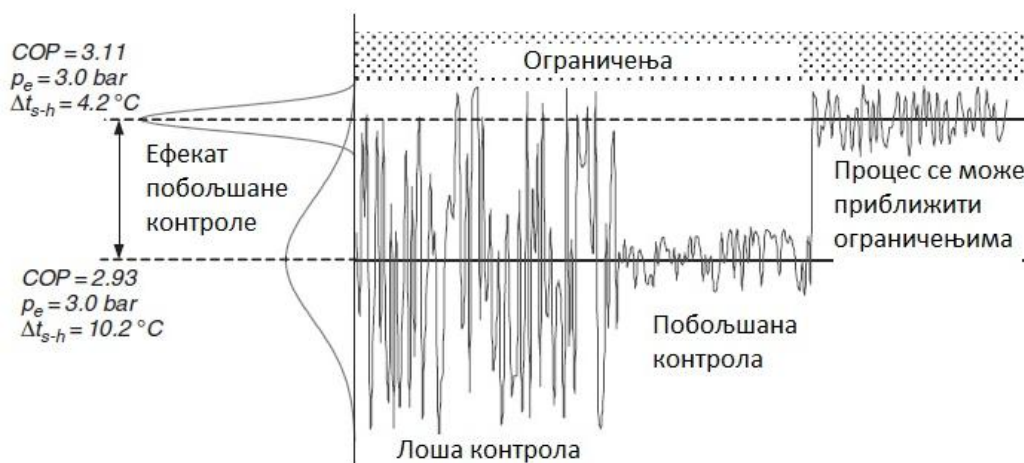
Контрола расхладног система или било код другог система почиње са мерењима(слика 30). Мерења треба да обухвати и понуде и потражње система, како би се омогућило прилагођавање и решавање грешака.



Слика 30. Контрола и мерење система.[2]

Управљање различитим нивоима контроле и обраде измерних података захтева потпуно познавање процеса хлађења. У даљем делу текста биће приказан пример како би се објаснио начин контроле код једноставног расхладног система.

Слика 31. приказује промене у систему за побољшање контроле. Претпостављена је промена температуре паре на усисном делу компресора. У случају лоше контроле, просечна вредност температура је $10.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, што је значајно више од граничне вредности која приближно износи 4°C . Ова гранична вредност је важна јер штити компресор од усисавања течност на излазу из испаривача. Заменом експанзионог уређаја, могуће је значајно смањити варијације температуре на излазу из испаривача. Ово омогућава смањење температуре паре на жељену 4.2°C . Повишена температура паре на усисном делу компресора ће смањити ефикасност компресора која директно утиче на коефицијент учинка (COP).



Слика 31. Промене контроле у систему.[2]

5.1.5 Регулација учинка компресора у системима компримованог ваздуха

Најчешће је расположиви расхладни учинак компресора већи од тренутних потреба, па се стога регулација рада своди на редукцију његовог учинка. Како би расхладне инсталације односно компресори радили што ефикасније потребно је водити рачуна о њиховом раду. Како се компресори примењују и у системима компримованог ваздуха треба водити рачуна о њиховом ефикаснијем раду.

Компримовани ваздух има широку примену у индустрији. Свако постројење за производњу, било мала занатска радионица или велико индустријско постројење користи компримовани ваздух за свој рад.

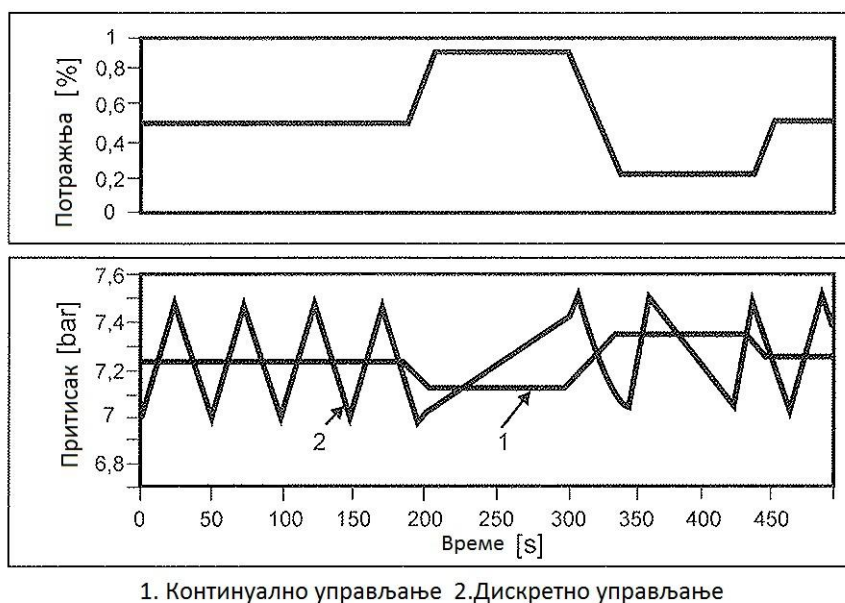
Основни елемент систем компримованог ваздуха је компресор. Компресор за свој рад користи значајну количину електрична енергија. Унапређење његовог рада односи се на повећање се енергетска ефикасност система, односи се на смањење електричне енергије тј. смањење трошкова.

Мали број система компримованог ваздуха ради под пуним оптерећењем све време. Делимично оптерећени системи су критични и њихове перформансе зависе од типа компресора и начина управљања.

Системи са компримованим ваздухом су обично пројектовани да функционишу на сталном притиску, који се подешава у управљачком систему. То значи, да се притисак на излазу из компресора успоставља у зависности од стања у разводној мрежи, а када се постигне нека жељена вредност притиска на излазу, слање компримованог ваздуха из компресора у систем се прекида. Треба размотрити могућност за смањење притиска на излазу из компресора, јер се тиме смањује потрошња електричне енергије и продужава његов радни век. Снижавање притиска на излазу из компресора за 1 bar, смањује потрошњу електричне енергије за рад компресора за 6-10%.

Са друге стране, проток (капацитет) компресора варира од потражње система и њиме се управља. За овакав рад система произвођачи су развили више начина управљања, који се могу сврстати у две групе, слика 32.:

- директно управљање протоком компресора,
- континуално управљање протоком компресора.



Слика 32. Принципи управљање радом компресора.[8]

Системи дискретног управљања су најчешће коришћени системи управљања компресора, а подразумевају дискретно управљање и подразумевају варијацију притиска између две задате вредности. Разлика ова два притиска се назива контролни опсег, који се креће у опсегу од 0,3 bar до 1 bar, у зависности од примењеног система и дозвољеног броја циклуса у одређеном временском интервалу. Изводи се као укључивање/искључивање погонског мотора или као управљање празним ходом. [8]

Управљање укључивањем/искључивањем погонског електромотора притисним прекидачем је најједноставнији систем управљања и може бити примењен на клипне и ротационе завојне компресоре. Електромотор који покреће компресор, укључује се и искључује се у зависности од притиска на излазу из компресора. Онај начин рада је енергетски ефикасан, али га не би требало користити у систему који захтева велики број прекида рада погонског електромотора и поновног укључивања.

Управљање празним ходом дозвољава електромотору компресора да ради континуално, а растеређује компресор када притисак достигне одређену вредност. Овај систем се користи код компресора погонске снаге преко 5 kW. Произвођачи компресора користе разне начине за растеређење компресора: испуштање ваздуха директно у атмосферу отварањем вентила, затварања усисног вода помоћу уграђеног вентила у усисном воду и отварања усисног вода помоћу посебног механизма који држи усисни вентил у отвореном положају.

Континуално управљање протоком компресора, подразумева непрекидну варијацију протока у складу са варијацијом притиска, чиме се остварује знатно ужи контролни опсег (0,1 bar – 0,5 bar, слика). Остварује се пригушивањем усисног вода или променом угаоне брзине погонског електромотора.

Управљање пригушивањем усисног вода, остварује се пригушивањем вентила постављеног у усисном воду компресора. Користи се код завојних компресора са убризгавањем течности за подмазивање. Модулација улазног вентила, у одређеном распону (обично од 40% до 100% од номиналног) количина ваздуха коју производи компресор, континуално се усклађује са захтевима система. Пригушивањем улазног вентила, повећава се разлика притисака коју ствара компресор, па овај систем управљања није ефикасан.

Проток запреминског компресора је пропорционалан брзини ротације његовог вратила. Компресори опремљени погоном променљиве брзине, непрекидно прилагођавају угаону брзину електромотора, да би се на тај начин излаз из компресора (његов проток) прилагодио променљивој потражњи из система. Најефикаснији начин промене брзине је употреба електромотора са фреквентним регулаторима. Њиховом применом, излазни притисак компресора се може одржавати унутар усисног интервала (обично $\pm 0,1\text{bar}$), кроз широк распон капацитета (од 15% до 100% номиналног капацитета код завојног компресора). Типичне уштеде енергије, у односу на управљање празним ходом, крећу се од 10% до 15%, када компресор ради са 40%-75% номиналног капацитета, слика.

У следећој табели која се односи на компримовани ваздух, биће наведене мере повећања енергетске ефикасности.

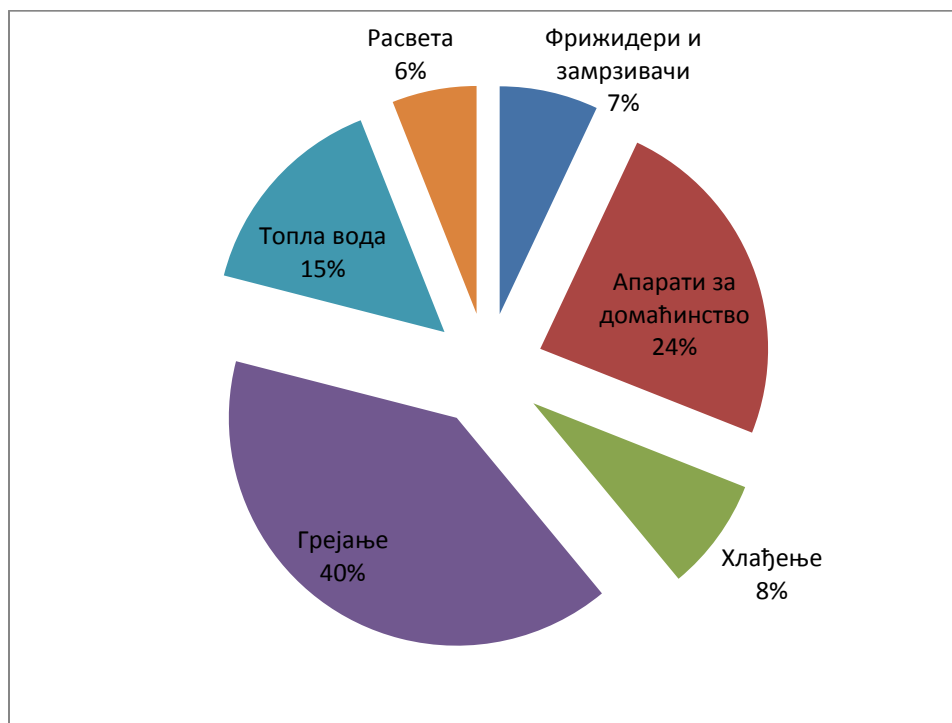
Табела 4. Савети за повећање ефикасности код компримованог ваздуха.

• Инсталирати систем за контролу и координацију више ваздушних компресора.
• Проучити карактеристике система при непотпуном оптерећењу са ценом рада како би се утврдио најефикаснији модел за рад више ваздушних компресора.
• Избежавати предимензионисање – димензионисати систем према задатом оптерећењу.
• Примењивати модуларно контролисане ваздушне компресоре. (Утрошак енергије зависи од оптерећења компресора).
• <i>Back-up</i> компресоре укључивати само по потреби.
• Снизити притисак на излазу из компресора на најнижи могући. (Смањење притиска од 1 bar, умањује потрошњу електричне енергије од 6% до 10%.)
• Смањити потрошњу, цурење, претеране падове притиска и акумулирање кондензата. (Цурење компримованог ваздуха из рупе пречника 1 mm при притиску од 7 kg/cm ² значи губитак снаге од приближно 0,5 kW.)
• Определити се за контролисано исушивање уместо непрекидног пропуштања ваздуха кроз сушаче.
• Размотрити употребу парно или моторно (СУС) гоњеног компресора како би се смањила потрошња електричне енергије.
• Када се похабају, старе „V“ каишнике заменити новим равним и ефикаснијим.
• Користити мање компресора када нема великих оптерећења.
• Улаз ваздушног компресора поставити на најхладније могуће место.
(Сваких -5°C значи уштеду енергије од 1%.)
• Отпадни ваздух система за хлађење користити за догревање објекта зими.
• Проверити да измењивачи топлоте нису запрљани (уљем).
• Проверити да ваздух/уље сепаратори нису запрљани.
• Проверавати пад притиска на улазним и излазним филтерима и мењати их по потреби.
• Користити правилно димензионисан резервоар компримованог ваздуха.
• Размотрити могућност употребе дуваљки уместо компресора, хидрауличних уместо пнеуматских цилиндара, електричних уместо пнеумо актуатора и електричних уместо пнеуматских контрола.
• Успоставити програм одржавања ефикасности. Програм направити на основу енергетске ревизије и уврстити га у програм домаћинског газдовања енергијом.

5.2 Повећање енергетске ефикасности код домаћинстава

Како у данашње време ниједно домаћинство не можемо да замислимо без потрошње електричне енергије која је велика, а како се налазимо у времену безпарице и кризе, није на одмет да плански и трезвено размишљамо како да смањимо трошкове, а да то не осетимо. Енергије који се користе у домаћинствима може бити у неколико облика као што си: топлотна енергија, добијена сагоревањем фосилних горива; електрична енергија, која се користи за погон електричних апарата, уређаја, расвету као и за добијање топлоте, односно за потребно хлађење.

Расхладни уређаји које се користе у домаћинствима фрижидери, замрзивачи као и клима уређаји троше електричну енергија, па према томе треба водити рачуна о уштеди енергије при њиховом раду. На следећој слици приказана је потрошња енергије у домаћинству. [8]



Слика 27. Потрошња електричне енергије у домаћинствима.[8]

За утврђивање мера за уштеду енергије у домаћинствима потребно је:

- направити списак свих уређаја који се користе у домаћинству,
- утврдити да ли је за сваки уређај неопходно да се користи (приликом проналажења било којег електричног уређаја који из реалних разлога нема потребе да ради, најлакши и најефикаснији начин за уштеду електричне енергије је искључивање из мреже),

- помножити снагу сваког преосталог уређаја са бројем часова коришћења сваког дана да би се одредила дневна потрошња у (kWh/дан),
- утврдити мере за смањење употребе сваког уређаја и што ефикаснију експлоатацију,
- размотрити набавку нових енергетски ефикасних уређаја,
- издвојити групу уређаја са великом потрошњом и размотрити могућност употребе неког другог облика енергије за овакве уређаје.

Електричну енергију расхладни уређаји у домаћинству користе пре свега фрижидери и замрзивачи и клима уређаји па према томе треба водити рагана о њиховом правилном раду и правилној потрошњи енергије. У следећим табелама приказани су савети за њихов економичан рад.

Да би се уштедела ел. енергија код фрижидера и замрзивача треба се придржавати правила и савета за уштеду енергија који су приказани у табели 5.

Табела 5. Савети за уштеду енергије код фрижидера и замрзивача.[8]

Проверити заптивање врата тј. цурење ваздуха
Држати фрижидер даље од рерне или машине за прање судова
Уколико је могуће, поставити фрижидер на месту где постоји циркулација ваздуха
Термостат држати на око 3-5 °
Држати га пуним (под условом да није толико закрчен да се ваздух не може да циркулише)? Додатни простор можете да попуните са бокалом воде постављеним у задњем дијелу фрижидер, па тако имате и хладну воду за пиће
Не отварати без потребе
Не отварати без потребе
Чистите мотор најмање два пута годишње
Не стављајте врућу или топлу храну директно у фрижидер

Мере уштеде електричне енергије код клима уређаја у домаћинству су приказане у табели 5.

Табела 6. Мере уштеде код клима уређаја.[8]

Правилан одабир уређаја у односу на просторију коју хлади/греје
Подешавање на 26°C –сваки степен ниже трошкови енергије расту за 6%. Температура подешена на 24 °C кошта 18% више, а термометар постављан на 22 °C чак 36% више.

Коришћење програмабилног термостата. Клима уређај се користи само ако смо кући (тајмер се подеси да се уређај активира 30 минута пре доласка)
Постављање на северном или источном зиду (у сенци)
Чишћење филтера једном месечно
Проветравање тавана – снижавање температуре плафона

5.3 Мере уштеде енергије код индустријских постројења

Могуће мере уштеде енергије код индустријских постројења, које би требало да буду економске исплативе, процењују се на имплементацију и спровођење следећих мера:

- Ако је могуће, користите бесплатно природно хлађење са расположивом хладном водом или хладан спољашњи ваздух уместо хладне воде.
- Користите потребна расхладна постројења (величину, врсту компресора) у односу на садашње потребе хлађења.
- Држите потребу за хлађење на минимуму нпр. енергетски ефикасније осветљење у охлађеним собама, избегавањем непотребног хлађења, осигуравајући да систем не ради без потребе,
- Подесите температуру испаривача са захтевима реалног хлађење; коришћење енергије је повећано смањеном температуром испаривача.
- Уштеде се могу добити варирањем температуре кондензатора, расхладног оптерећења и температуре околине. Ако је могуће, смањити температуру кондензације од 30-35 °C до 20-25°C, додатно коришћење електричне енергије кондензатора, ваздушних вентилатора или пумпе за воду, је 10 до 100 пута компензовано енергетским добитком, који се реализује у компресору.
- Инсталација кондензатора који испаравају уместо кондензационог система који користи воду и расхлади торањ, смањује температуру кондензације на 3°C, што доводи до уштеде енергије од 6 до 12%.
- Изолација дистрибутивног система на високом нивоу.
- Ефикасност компресора треба да буде што је могуће већа и зато се додатна оптерећења морају избећи.
- У инсталацији мултикомпресора са различитим типовима компресора, користите клипни компресор.
- Искључивање опрема ако је могуће.
- Уклоните периодично слој мраза (одмрзавања) која се формира на ваздушне хладњаке у расхладним коморама у циљу одржавања доброг укупног коефицијента преноса топлоте.
- Уклоните блокаде протока ваздуха кроз и око измењивача топлоте (нпр. испаривача и кондензатора) проузроковане прљавштином.

- Уверите се у исправност рада расхладних инсталација, контролисати присуство цурења расхладног средства.
- Годишњи трошкови требају бити анализирани и додељени различитим дужностима хлађења да се идентификују најважније области хлађења.
- Опоравак отпадне топлоте (компресор, кондензатор) где је то економски изводљиво.[3]

У следећим поглављима биће наведене мере и могућности уштеде енергије код расхладних система и њихових делова.

5.4 Регулација учинка кондензатора

Регулисање учинка кондензатора има за циљ уштеду воде и енергије за њихов погон, као и одржавање потребног минималног притиска кондензације (нарочито код ваздухом хлађених кондензатора у зимским условима).

При смањивању топлотног оптерећења, учинак проточних, водом хлађених кондензатора се обично редукује смањивањем протока воде, најчешће помоћу аутоматског вентила за регулисање протока, при чему се одржавају задати притисак, односно температура кондензације.

У случај рецикулационог хлађења воде, при тражењу оптималног решења регулисања притиска кондензације треба размотрити заједнички рад кондензатора и куле за хлађење воде, јер се задати притисак кондензације може одржати и регулисањем температуре воде на изласку из куле, смањујући проток ваздух крозњу.

Код расхладних инсталација са више ваздухом хлађених кондензатора, недозвољени пад притиска кондензације у зимским условима спречава се сукцесивним искључивањем кондензатора. У новије време примењује се и константна промена броја обртаја вентилатора (применом модулятора фреквенце или термостатском регулацијом напона на прикључцима електромотора). Учинак кондензатора у раду може се регулисати и променом ефективне површине кондензације.

Ефективна површина кондензације смањује се потапањем кондензатора са доње стране помоћу вентила константног притиска, који одржава притисак испред себе. При том се, код снижавања притиска у кондензатору, отежава истицање течности расхладног флуида, доњи делови кондензатора се пуне течношћу, а кондензација на смањеној површини проузрокује повећање температурне разлике између кондензованог расхладног флуида и средства за хлађење кондензатора.

Снижавање притиска кондензације при зимском раду евапоративних кондензатора ограничава се смањењем протока ваздуха (исто као и код ваздухом хлађених кондензатора). Смрзавање воде спречава се загревањем воде у кади кондензатора

(електричним или парним грејачима), или потпуним пражњењем каде у усисни резервоар циркулационе пумпе који се смешта у топлу затворену просторију.

Не препоручује се регулација учинка евапоративних кондензатора периодичним искључивањем циркулационих пумпи, јер се интензивира хватање каменца при сушењу цеви након сваког заустављања пумпе.

Трајним заустављањем циркулационе пумпе евапоративних кондензатор може без сметњи радити као суви, ваздухом хлађени кондензатор са веома сниженим коефицијентима пролаза топлоте. Како су у зимским условима топлотна оптерећења кондензатора најчешће јако снижена, учинак евапоративног кондензатора може да буде задовољавајући и у зимском “сувом” режиму рада.

Зими, за време мировања компресора, ваздухом хлађени или евапоративни кондензатори, могу постати најхладнији део инсталације у коме се скупља расхладни флуид из осталих делова, па то треба имати у виду код решавања аутоматског рада инсталације у целини, посебно испаривача.[5]

5.4.1 Одржавање кондензатора

Да би се обезбедио дуговечан и ефикасан рад кондензатора, треба посветити пажњу борби против корозије, чишћењу површина за размену топлоте од наслага, као и одржавању припадајућих пумпи и/или вентилатора (подмазивање лежајева и сл.). Стање заштите од корозије треба чешће контролисати, а корозијом оштећене делове треба благовремено очистити неутралисати заосталу корозију и накнадно заштити.

Припрема свеже воде је неопходна када се користивода повећане тврдоће и/или агресивности. Она обухвата омекшавање, уклањање киселости и/или евентуално додавање противкорозионих инхибитора.

При механичком чишћењу треба пазити на оштећења противкорозионе заштите, а код коришћења хемијских средстава за чишћење наслага, максималну пажњу треба посветити заштити људи и околине. Нису ретка недопустива оштећења самих цеви код њиховог нестручног чишћења агресивним агенсима.

5.5 Повећање ефикасности код чилера

Савети за повећање енергетске ефикасности код чилера су следећи:

- Повећати температуру хлађене воде уколико је то могуће. Тиме ће се добити ефективнији рад чилера односно боље хлађење.
- Користити кондензатор воде са најнижом могућом температуром кондензације. (Смањење температуре кондензовања за 5,5°C смањује енергетску потрошњу чилера за 20 ÷ 25%)
- Повећати температуру испаривача. (Повећање температуре од 5,5°C смањује енергетску потрошњу чилера за 20 ÷ 25%).

- Чистити измењивач топлоте када се запрља.(Талог пречника 1mmна кондензаторским цевима може узроковати повећање утрошка енергије за 40%)
- Оптимизовати проток кондензоване и расхладне воде.
- Заменили старе чилере и компресоре новим, ефикаснијим.
- Користити водно-хлађење пре него ваздушно хлађење кондензаторе.
- Користити енергетски ефикасне моторе за континуалне(устаљене) или приближно континуалне операције.
- Одредити одговарајући фактор запрљања компресора.
- Не претеривати са доливањем уља.
- Инсталирати контролни систем за координацију рада више чилера.
- Проучити карактеристике система при непотпуном оптерећењу са ценом рада како би се утврдио најефикаснији модел за рад више чилера.
- Користити чилере са најмањим оперативним трошковима у случају минималних оптерећења.
- Избегавати предимензионисање – димензионисати систем према задатом оптерећењу.
- Изоловати чилере искључене из система (*off-line*)и расхладне куле.
- Успоставити програм одржавања ефикасности чилера. Програм направити на основу енергетске ревизије и уврстити га у план домаћинског газдовања енергијом.

У табели 7.приказана је листа мера за одржавање чилера. Међутим, сама листа није довољна. Без правилног организовања и адекватне обуке особља, биће тешко очекивати добре резултате одржавања.

Табела 7. Мере одржавања код чилера.[2]

Обезбедити да проток ваздуха није ограничен у ваздухом хлађеном кондензатору, евапоративном кондензатору и расхладном торњу.
Увести режим одржавања који садржи минимум:
• Чишћења кондензатора.
• Проверити да ли расхладни систем цури.
• Провера рада вентилатора и пумпи.
• Провера контролног система.
• Провера рада компресора.
• Обезбедити да су делови и цевовод без вибрација.
• Осигурати правилан избор компресора за рад чилера.
Температура течности не би требала да је много ниска(јер ће то увећати потрошњу енергије више него што је потребно).

5.6 Савети код КГХ (Климатизација / Грејање / Хлађење)

Кораци за повећање енергетске ефикасности код КГХ су следећи:

- Определити се за КГХ(HVAC control system) контролни систем. HVAC системи укључују производе, саставе и услуге чији је циљ контрола HVAC опреме да би се:

осигурали потребни услови (као што су температура, брзина кретања ваздуха, влажност итд.)

смањила потрошња енергије

смањили остали трошкови, као што су трошкови рада, одржавања и поправака

- Размотрити могућности за инсталацију аутоматског система за зграде (*BUS – Building Automation System*), система за енергетски менаџмент (*EMS – Energy Management System*)или неког другог постојећег система.
- Уравнотежити рад система како би се смањили протоци и енергија потребна за напајање дувалки, вентилатора и пумпи.
- Искључити или смањити догревање кад год је то могуће.
- Инсталирати одговарајуће термостатске сетове.
- Користити јутарње предхлађење лети и предгревање зими (догревање и хлађење по нижим тарифама, пре дневног пика електричне потрошње).
- Објекат догревати или хладити у складу са дневним распоред активности и боравка, како би се уштедела енергија.
- Зими, када нико не борави у објекту, дозволити да температура падне до најниже могуће границе, али тако да не дође до замрзавања појединих цеви и састава.
- Лети, када нико не борави у објекту, дозволити да температура порасте до највише могуће границе, али тако да не дође до прегревања појединих система.
- Користити ваздух-ваздух измењиваче како би се трошило најмање могуће енергије за третман ваздуха.
- Смањити оперативно време система за климатизацију (ноћ, викенд).
- Оптимизовати вентилацију.
- Ветрити само када је то неопходно. Како би се појединце просторије ван употребе искључиле из система инсталирати одговарајуће КГХ контроле.
- Обезбедити довољне количине свежег ваздуха у кухињи, просторијама за чишћење и опреми у којој се врши сагоревање, како устајали ваздух не би реметио дневне активности и процесе.
- Смањити исушивање ваздуха у природу када у објектима нема дневних активности.
- Користити аутоматизоване процесе за влажење ваздуха пре него влажење паром.
- Редовно контролисати и чистити елементе система за грејање, хлађење и вентилацију.
- Контролисати нагиб филтера како би се смањио пад притиска и потребна енергија за напајање вентилатора.
- Редовно контролисати филтере система (месечно), и чистити их и мењати када је то потребно.
- Вршити пнеуматске контроле и одржавање ваздушних компресора.

- Изоловати климатизоване просторије од неклиматизованих брзим вратима и PVC завесама.
- Уградити зидне вентилаторе како би се избегла термална стратификација ваздуха, и како би се његова температура одржавала константном у свим деловима климатизованог простора.
- Поставити ваздушне дифузоре на оптималну висину у просторијама.
- Размислити о могућности уградње ниског плафона.
- Уклонити препреке испред радијатора и плочастих грејача.
- Проверити положај и чистоћу рефлектора код инфрацрвених грејача како би се обезбедио исправан и правилан угао зрака.
- Користити оригиналне аспираторе за контролу и одржавање квалитета ваздуха (прашина и пара).
- Користити локалне инфрацрвене грејаче (радијаторе) за грејање особља у једном делу објекта пре него загревање целог објекта.
- Вршити хлађење особља у једном делу објекта на лицу места пре него догревање целог објекта (употреба зидног вентилатора).
- Куповина ефикасне столарије (прозора).
- Водити рачуна да се не предимензионише систем хлађења. (Предимензионисан систем ће имати кратак циклус а последица је слаба влажност ваздуха.)
- Уградити системе са могућношћу различитог напајања и у зависности од доступности и цене на тржишту одабрати оно најповољније.
- Смањити брзине вентилатора система за грејање, хлађење и вентилацију.
- Размотрити услове за уградњу топлотних пумпи.
- Неутралисати (зачепити) изворе цурења КГХ система.
- Поправити оштећене или изгубљене флексибилне везе система.
- Избежавати истовремено грејање и хлађење у прелазним периодима (месецима).
- Проверавати, подмазивати и чистити лопатице пригушника.
- Успоставити програм одржавања ефикасности КГХ. Програм направити на основу енергетске ревизије и уврстити га у програм домаћинског газдовања енергијом.

5.7 Савети за повећање енергетске ефикасности код хлађења

Мере за повећање ефикасности код хлађења су следеће:

- Користити водно хлађене кондензаторе пре него ваздушно хлађене. (Кондензатор са воденим хлађењем примјењује се у расхладним постројењима већих капацитета. Они су мањих конструкција од ваздухом хлађених кондензатора.)
- Размотрити потребу за хлађењем за неке типове процеса.
- Избежавати предимензионисање – димензионисати систем према задатом оптерећењу.
- Размотрити услове о гасном хлађењу како би се смањиле потребе за електричном енергијом.
- Користити слободно хлађење „free cooling“ и дозволити гашење чилера по хладном времену.

- Користити расхлађену воду у више серија уколико је то могуће.
- Загрејану отпадну воду складиштити у топлотне резервоаре.
- Без претпоставке да је стари начин најбоље начин – поготову не у случајевима са енергетски интензивним захтевима за хлађење.
- Прилагодити концентрацију соли или гликола у раствору који могу утицати на процес преноса топлоте и потребну енергију пумпања.
- Извршити подешавања тако да топли гасови заобилазе систем хлађења.
- Контролисати индикаторе раствора/течности.
- Размотрити промену типа хлађења уколико ће то допринети повећању ефикасности.
- Проверити да ли је ниво хлађења задовољавајући.
- Проверити да ли има цурења ваздуха и/или воде из система.
- Успоставити програм одржавања ефикасности хлађења. Програм направити на основу енергетске ревизије и уврстити га у програм домаћинског газдовања енергијом.

6. ЗАКЉУЧАК

Расхладни уређаји за свој рад, како у индустрији тако и у домаћинству, троше велику количину енергије, па је потребно водити рачуна о њиховој потрошњи. Правилним газдовањем енергијом и применом савета о уштеди енергије, повећава се енергетска ефикасност расхладних система.

Доказано је да правилним подешавањем термостата расхладних апарата у домаћинству може да се смањи потрошња енергије и до 15%, што на годишњем нивоу може знатно да утиче на смањење потрошње ел. енергије домаћинства обзиром на то да потрошња расхладних апарата има удео од 12% од укупне потрошње електричне енергије.

Правилним газдовањем енергијом код расхладних система може се знатно смањити потрошња електричне енергије. Тако да смањењем излазног притиска код компресора за 1 bar смањује потрошњу електричне енергије од 6% до 10%. Смањење температуре кондензовања, код чилера, за 5,5°C смањује енергетску потрошњу од 20÷ 25%.

Овим радом приказани су начини и мере уштеде електричне енергије код расхладних система. Правилним одржавањем и контролом система рада расхладне инсталације односно њеним деловима, добиће се ефикаснији рад система и смањиће се трошкови енергената.

7. Литература

- [1] Др. Душан Гвозденац и Иштван Вањур, *Расхладна техника*, Нови Сад, 2010
- [2] Zoran K. Morvay and Dušan D. Gvozdenac, „*Applied Industrial Energy and Environmental Management*“, 2008
- [3] Industrijal energy audits and training programme, Athens, October 2003
- [4] <https://www.scribd.com/doc/124298075/rashladni-uredjaji>, приступљено септембра 2014. год.
- [5] Проф. др Франц Коси, мр Зоран Стајић, Јела Буразер, Побољшање енергетске ефикасности код расхладних индустријских система.
- [6] <https://www.scribd.com>, приступљено септембра 2014. год.
- [7] Bureau of Energy Efficiency , COOLING TOWER
- [8] Др Душан Гордић, „Енерго-еко менаџмент у индустрији намештаја“, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2011