عنوان الأطروحة ..

أستخدام (Heat pump) في نظام التدفيئة

مقدمة من المهندس الميكانيك

(توانا محمد محيدين)

رقم الهوية (٦٥٧٥)

سنة ٢٠٢٠

الهدف من العمل أطروحة :

دراسة للمضخة الحرارية: – مبدأ عملها

– ميزاتها

– وأهميتها البيئية و الاقتصادية.

وصف الأطروحة :

- ❖ دراسة مضخة حرارية لاستخدامها في تدفئة شقة سكنية تدفئة مركزية.
- ❖ الحمل الحراري للشقة المدروسة تخمينا هو :

$$Q_H = ٢٤\ kw$$

ويشمل هذا الرقم تدفئة المنزل وتأمين المياه الساخنة لاستعمالاتها مختلفة (مغاسل، حمامات،.....)

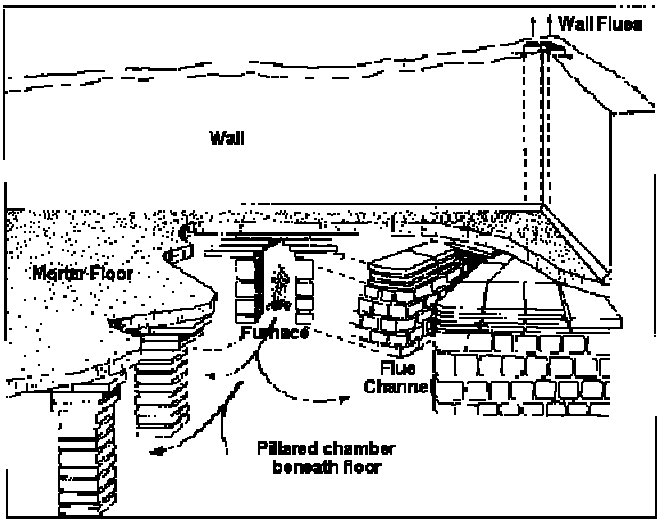
١-١- لمحة تاريخية:

منذ وجود الإنسان على وجه الأرض وهو يبحث عن الدفء و الحرارة في الشتاء وقد استعان ليحصل على ذلك بأساليب شتى، وكانت هذه الأساليب في البداية غير مجدية، إلى أن تم بالصدفة اكتشاف النار حيث بدأ عندئذٍ تطور استعمالها في مجالات مختلفة ، وكان أهمها التدفئة .

وقد مرت التدفئة بمراحل متعددة جداً كالمدفأة التي تعمل على الفحم الحجري والحطب و البترول وأخيراً اخترعت أجهزة التدفئة بالماء الساخن و أجهزة التدفئة المركزية.

ويمكن تلخيص هذه المراحل بما يلي:

– ٢١٥م : اخترع الرومان أول نظام للتدفئة المركزية حيث كانت تسمى التدفئة بطريقة (هيبوكوست *Hypocaust*) [شكل ١-١]، وهي عبارة عن غرفة احتراق توضع تحت المبنى مباشرةً و الوقود المستعمل فيها هو الخشب أو الفحم الحجري حيث تمر غازات الاحتراق تحت المبنى وتسخن أرض المبنى ثم تطرد هذه الغازات من فتحات موجودة على طرف المبنى .



شكل (١-١) التدفئة المركزية عند الرومان
(*Hypocaust*)

– **القرن العاشر الميلادي**: تطورت المواقد إلى مواقد مغلقة يتم فيها سحب الدخان المتولد عن الاحتراق بواسطة مدخنة خاصة، بعد أن كانت المواقد المستعملة مكشوفة تولد كمية كبيرة من الدخان.

– **القرن الثاني عشر**: تم إنشاء عدة أبنية في ألمانيا مدفّأة بواسطة أفران حجرية، حيث كانت النار المتولدة عن احتراق الخشب ترفع درجة حرارة الأحجار التي تعطي الحرارة المختزنة فيها للغرفة بعد انطفاء النار.

– **القرن السابع عشر**: تم وضع أساس علم الترموديناميك (*Thermodynamic*)

– **القرن الثامن عشر**: تمت صناعة أفران التدفئة بالهواء على السطح الخارجي للغرف، ثم يدفع هذا الهواء بواسطة ثقوب في الأرض إلى الغرفة، وهذه الأفران تحتوي على فتحة لدخول الهواء الخارجي ومدخنة للسحب، وبعد ذلك تم استعمال أنابيب حرارية تمر خلالها غازات الاحتراق وحولها هواء الغرفة أو بالعكس .

– **عام ١٧٥٠م**: نشأت التدفئة بالبخار في انكلترا بضغط يتراوح ما بين (١– ٢ bar).

- **عام ١٨٥٢م:** استخدم العالم لورد كالفن (*Lord Kelvin*) ما يسمى بالمضخة الحرارية بنجاح لأغراض التدفئة ولكن نتيجةً لانخفاض مردود عناصر الوحدة التبريدية فإنها لم تستخدم لأغراض التدفئة الفعلية.

- **عام ١٨٧٠م:** تم في الولايات المتحدة الأمريكية استعمال المراجل البخارية من الحديد الصلب .

- **عام ١٨٩٥م:** تمت صناعة المراجل ذات المقاطع.

- **عام ١٩٠٠م:** تم تحقيق أول تدفئة للبيوت وذلك بتدفئة أحد عشر بيتاً من مصدر واحد للتدفئة.

- **بداية القرن العشرين:** تطورت التدفئة بالماء باستعمال مضخات التسريع، وذلك في بيوت السكن و المؤسسات والمكاتب وغيرها أما في الأماكن الصناعية فقد استخدمت التدفئة بالبخار .

وفي ظل هذا التطور المتسارع للتدفئة وازدياد الحاجة لوسائل التدفئة، ظهرت هندسة التدفئة.

١-٢- هندسة التدفئة:

وهي تدفئة الغرف و الأماكن التي يتواجد فيها الإنسان و الكائنات الحية الأخرى في فصل الشتاء، والهدف منها رفع درجة حرارة الهواء في هذه الأماكن ورفع درجة حرارة الإشباع الرطبة للسطوح المحيطة بالغرفة بحيث تؤمن درجة الحرارة المناسبة لطبيعة استعمال المكان المدفّأ وعمل الأشخاص الموجودين فيه. كما تشمل هندسة التدفئة، تسخين المياه لاستخدامها في المجالات المختلفة، وتسخين المياه ليس فصلي كما هو الحال في تدفئة الجو، وإنما نحن بحاجة للماء الساخن على مدار العام.

وبشكل عام فإن مبدأ التدفئة بسيط . فالحرارة تنطلق من احتراق الوقود أو من مرور تيار كهربائي عبر ناقل. هذه الحرارة تستخدم لتدفئة المكان المطلوب إما بالإشعاع أو بوسائط النقل الحراري.

وعلى الرغم من بساطة مبدئها، فإن التدفئة تتطلب مجموعة من الاعتبارات تتلخص بما يلي:

١- الاقتصادية: فهناك تكاليف التركيب، التشغيل و الصيانة لأنظمة التدفئة ويجب أن نقلل من هذه التكاليف قدر الإمكان. فقد بينت الإحصائيات أن تكلفة تشغيل نظام تدفئة يعمل بشكل مثالي لمدة ٢٠ عام تقريباً، تفوق تكلفة تركيبه عدة مرات.

٢- الأمان: أنظمة التدفئة التي تستخدم الوقود القابل للاحتراق، تعمل على درجات حرارة عالية وتحرر العديد من الغازات السامة، كما أن المراجل التي يحصل فيها الاحتراق تعمل عند ضغوط عالية جداً. هذه المخاطر وغيرها يجب أن تتم السيطرة عليها كي لا تؤثر على الأشخاص أو على الممتلكات.

٣- الراحة: أن تجعل جميع سكان البناء راضين عن درجة الحرارة، أمرٌ صعب المنال، لأن متطلبات كل شخص تختلف عن الآخر. مع هذا فيجب أن يعمل نظام التدفئة ليجعل الغالبية من السكان راضين، ويؤمن لهم إمكانية التحكم بدرجة الحرارة بأنفسهم.

٤- الملائمة للبيئة: إن احتراق البترول يولد العديد من الغازات السامة الملوثة للطبيعة و التي تزيد من ظاهرتي ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية والأمطار الحامضية. لتقليل هذا الضرر، يجب أن تخفّض كمية الغازات الملوثة المتحررة في وحدة التسخين، وذلك إما بتغيير نوعية الوقود المستخدمة أو آلية الاحتراق، أو زيادة فعالية هذا الاحتراق.

≡ **أنظمة التدفئة يمكن تصنيفها في مجموعتين رئيسيتين:**

١ – أنظمة التدفئة المباشرة (*Direct heating systems*)

٢ – أنظمة التدفئة غير المباشرة (*Indirect heating systems*)

٢-١- أنظمة التدفئة المباشرة (*Direct Heating systems*):

وغالباً ما تستخدم هذه الأنظمة للأغراض الشخصية، وذلك بأجهزة تسخين مفردة، حيث يوضع الجهاز في الغرفة المراد تدفئتها بشكل مباشر، وتستمد هذه الأجهزة الطاقة اللازمة لعملها من مصادر مختلفة كالوقود السائل أو الغازي أو حتى التيار الكهربائي، وتتوقف كلفة وحجم هذه الأنظمة على درجة تعقيدها[شكل ٢-١].

شكل (٢-١) أنظمة التدفئة المباشرة (التقليدية)

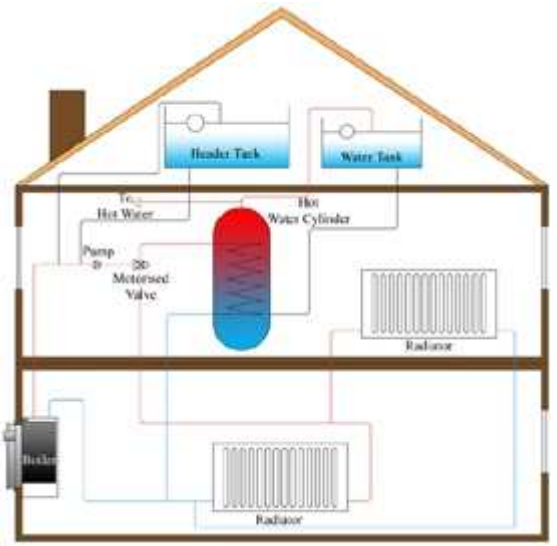
٢-٢- أنظمة التدفئة غير المباشرة (*Indirect heating systems*):

والمعروفة باسم أنظمة التدفئة المركزية (*Central Heating Systems*) لأنها تولد الحرارة في وحدة مركزية (المرجل)، ومن ثم تنقل الحرارة المتولدة إلى الأماكن المراد تدفئتها عن طريق وسيط التسخين سواء كان ماء، هواء أو بخار إلى المبادلات الحرارية في الأماكن المراد تدفئتها.

وتنقسم هذه أنظمة التدفئة المركزية حسب وسيط التسخين المستخدم إلى ثلاث أنواع :

٢-٢-١-نظام التدفئة بالماء الساخن (*Hot Water Heating System*):

يستخدم الماء في هذا النظام كوسيط لنقل الحرارة ، حيث يتم تسخينه في مراجل (*Boilers*) خاصة ، يدور بعدها في شبكة أنابيب بواسطة مضخات التدوير (*Circulating Pumps*) ثم يتوزع إلى المبادلات والمشعات الحرارية لتنتقل الحرارة بعد ذلك إلى الهواء المحيط [شكل ٢-٢].



شكل (٢-٢) نظام تدفئة بالماء الساخن

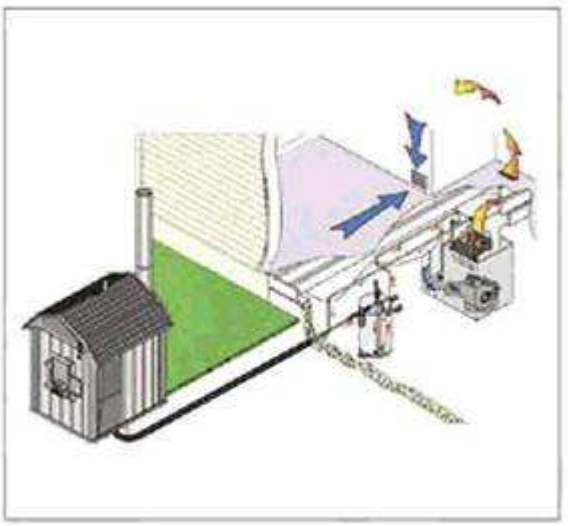
يعد هذا النظام الأكثر انتشاراً في تدفئة المنازل والمدارس والمستشفيات والفنادق .

ومن مميزاته :

- انخفاض تكلفته الإنشائية والتشغيلية مقارنة مع الأنظمة الأخرى.
- يؤمن ظروف صحية جيدة .
- سهولة أعمال الصيانة.

٢-٢-٢-نظام التدفئة بالهواء الساخن (*Hot Air Heating System*) :

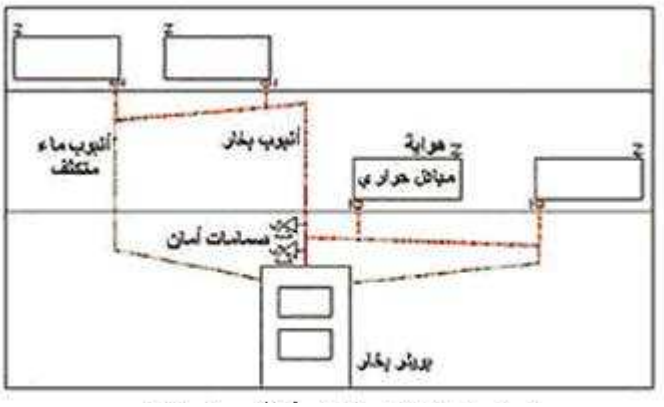
يستخدم الهواء في هذا النظام كوسيط لنقل الحرارة ، ويسخن (الهواء) بطرق مختلفة في وحدات تدفئة مركزية خارجية أو داخلية مستقلة ، ويدفع بعد ذلك في ممرات خاصة تسمى مجاري الهواء ، حيث يخرج من نهاية الممر إلى المكان المراد تدفئته[شكل ٢-٣].



شكل (٢-٣) نظام تدفئة بالهواء الساخن

٢-٢-٣- نظام التدفئة بالبخار (*Steam Heating System*):

يستخدم البخار في هذا النظام كوسيط لنقل الحرارة، حيث يتم توليد البخار في مراجل (*Steam Boilers*) خاصة بضغوط مختلفة ، يتحول الماء فيها إلى بخار[شكل ٢-٤].



شكل (٢-٤) نظام تدفئة بالبخار

يقتصر استخدام هذا النظام على المنشآت الصناعية ، ولا يستخدم في التدفئة المنزلية للأسباب التالية:

- كلفته الإنشائية والتشغيلية مرتفعة .
- حاجته إلى الكثير من وسائل التحكم والمراقبة الدائمة .
- خطورته الناتجة عن ارتفاع الضغط ودرجة الحرارة.

٢-٣- صفات أنظمة التدفئة المركزية بشكل عام:

١- تتم عملية حرق المحروقات المولدة للحرارة في مركز واحد تجري فيه بشكل أفضل من عمليات الاحتراق الفردية في المدافئ، ويكون مردود الاحتراق بالتالي أعلى.

٢- اختصار عدد المداخن وبالتالي تخفيف نسبة التلوث، بالإضافة للناحية الجمالية.

٣- الحفاظ على النظافة التامة في الغرف : أي ليس هناك نقل محروقات أو رماد داخل الغرف.

٤- التدفئة المركزية صحية، لإمكان ضبط درجة الحرارة المطلوبة بشكل آلي، بالإضافة إلى تقارب درجات الحرارة في مختلف غرف المسكن الواحد.

٥- باستخدام التدفئة المركزية، تصبح درجة حرارة هواء الغرفة معتدلة ومتساوية في مختلف أرجائها.

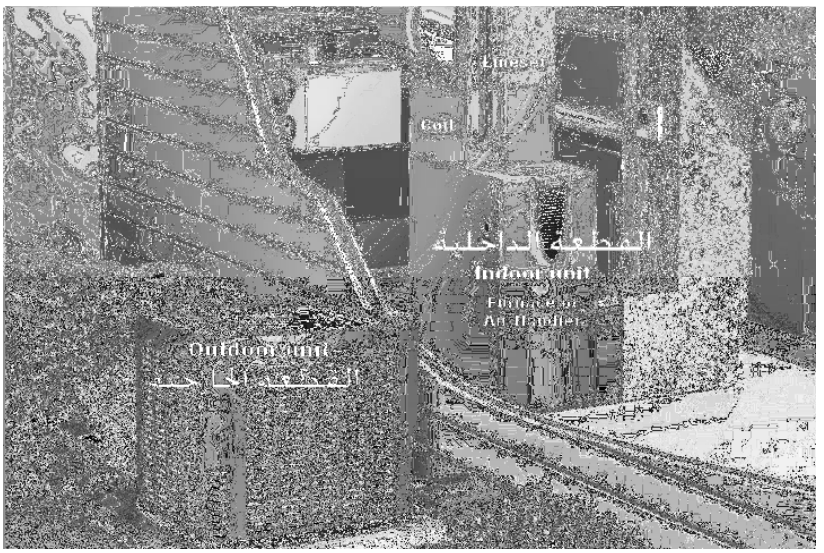
٦- لا تقتصر التدفئة المركزية على غرف المعيشة و الغرف الرئيسية، بل تمتد لتشمل الممرات و الحمامات و جميع الغرف الثانوية.

الصفة الرئيسية المشتركة لكل أنظمة التدفئة آنفة الذكر هو حاجتها للوقود بكميات كبيرة من أجل عملية الاحتراق في المرجل، الذي يقوم بإعطاء الحرارة لوسيط التدفئة (ماء – هواء – بخار – غاز .....)، وغالباً ما يكون الوقود هو البترول، والذي يضعنا استخدامه أمام النقاط التالية:

أولاً: بدأ منذ أواسط القرن العشرين الاحتياطي العالمي من البترول بالتناقص تدريجياً مما أدى إلى تنازع الدول على هذه الثروة، وارتفاع ثمن هذه المادة الأساسية في توليد الطاقة.

ثانياً: كما هو معروف، فإن احتراق البترول يولد العديد من الغازات السامة الملوثة للبيعة و التي تزيد من ظاهرتي ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية والأمطار الحامضية.

ظهور هاتين المشكلتين وغيرهما، دعا العلماء والباحثين إلى التفكير بشكل جدي بوسيلة تدفئة تغني عن استخدام البترول فكان ظهور ما يسمى **بالمضخة الحرارية** ....



شكل (٢-٥) مضخة حرارية منزلية

♦ كان العالم لورد كالفن (*Lord Kelvin*) هو أول من استخدم المضخة الحرارية عام ١٨٥٢م، ولكنها لم تستخدم بشكل فعلي لأغراض التدفئة إلا خلال الحرب العالمية الثانية حيث استخدمها المهندسون السويسريون بنجاح عندما كان استيراد الفحم متوقفاً. وفي عام ١٩٧٣م ازداد الاهتمام بها بسبب بدء أزمة البترول في العالم وانخفاض موارد الطاقة الأولية (الفحم، الغاز الطبيعي.....). وفي الوقت الحاضر تستخدم المضخة الحرارية بشكل عام في العديد من المجالات ليس فقط من أجل تدفئة المباني و المنازل، ولكن من أجل العديد من الأغراض الصناعية.

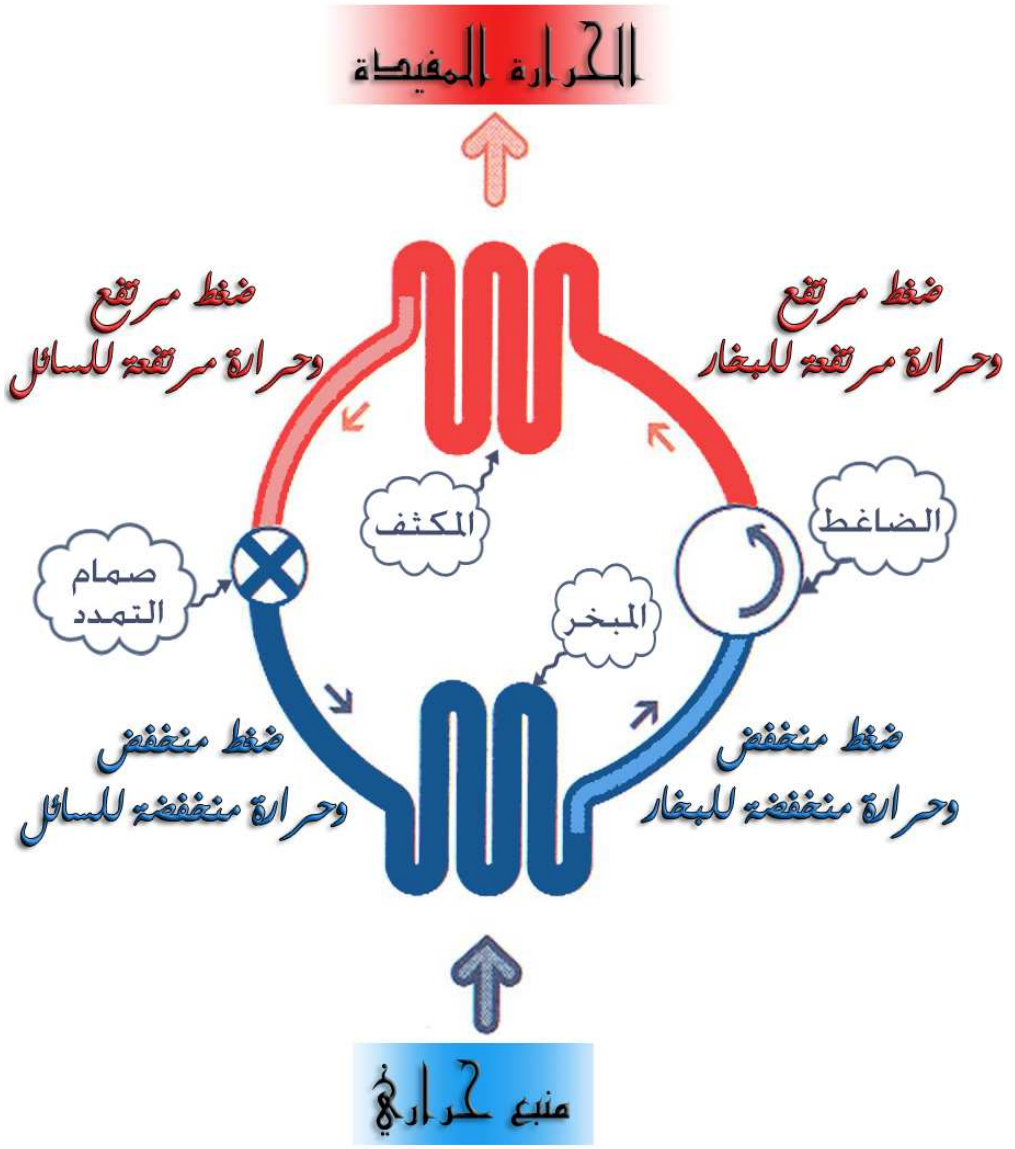
♦ وتعد المضخات الحرارية وسيلة استثمار جيدة من أجل تطوير عمليات التشغيل بظروف اقتصادية جيدة لإمكانية استخدام الطاقة البديلة في تشغيلها مثل مياه الآبار والبحيرات والتربة والهواء الخارجي وغيرها وذلك في مجال درجات حرارة منخفضة {راجع الفقرة ٣-٦}، وباستخدامها هذه المصادر البديلة عن البترول تكون المضخة الحرارية قد حلت مشاكل استخدام البترول.

٣-١- المضخة الحرارية ومبدأ عملها:

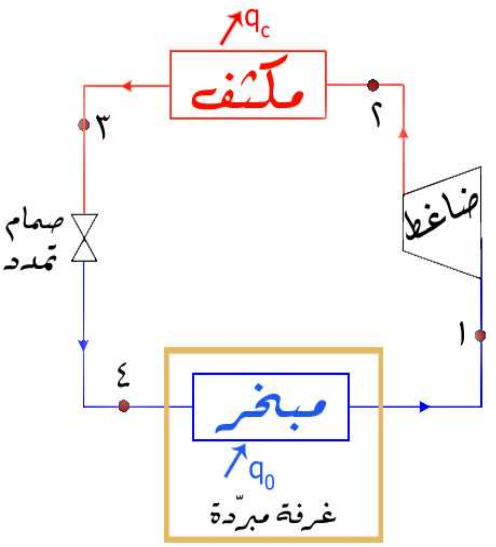
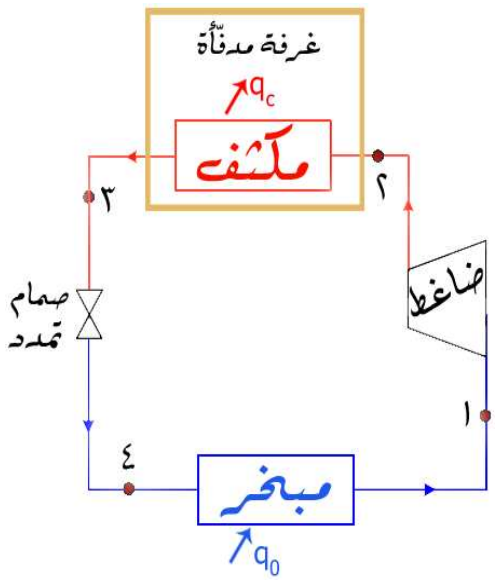
أي ضخ الحرارة من مستوى ذو درجة حرارة منخفضة إلى مستوى ذو درجة الحرارة الأعلى المطلوبة، أي أن المضخة الحرارية هي آلة تبريد تتم فيها الاستفادة من الحرارة المطروحة من آلة التبريد عبر المكثف حيث أن استخدام المضخة الحرارية هو توفير في استهلاك الطاقة.

إن كافة أنظمة التبريد لها وظيفة أولية وهي سحب كمية الحرارة من سويات حرارة منخفضة، أما عملية بث كمية حرارة (التخلص منها) في المكثف تحت درجة حرارة التكاثف فليست سوى عملية ثانوية إلا أنها ضرورية لتحقيق الدارة المغلقة (دورة كارنو).

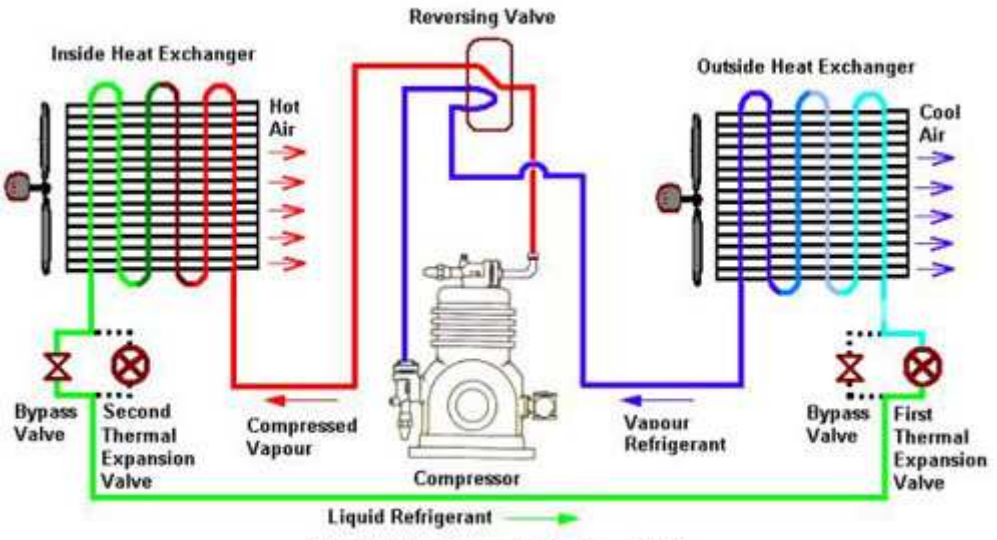
وعليه فإنه يمكن الاستفادة من كمية الحرارة المطروحة في المكثف لأغراض مختلفة مثل التدفئة و التسخين. إذاً عندما تكون الفائدة من آلة التبريد هي كمية الحرارة المطروحة في المكثف تحت درجة حرارة عالية نسبياً C^{o} (٤٠ – ٥٠) فإننا نسمي نظام التبريد هذا **بالمضخة الحرارية،** وهذا يعني أن المضخة الحرارية وآلة التبريد لا تختلفان عن بعضهما من حيث المبدأ وتنفيذ العمليات الترموديناميكية في الدارة، أو حتى في الأجزاء الرئيسية للدارة (الضاغط – المكثف – صمام التمدد – المبخر) مع الاختلاف فقط في هدف الاستعمال.



شكل (٣-١) دارة مبسطة للمضخة الحرارية

دارة التبريد Refrigerating Circuit	المضخة الحرارية Heat Pump
	
عند تشغيل آلة التبريد، تكون استطاعة المبخر (استطاعة التبريد) عند درجة الحرارة المنخفضة المحددة حسب الهدف من العملية، ودرجة حرارة التكاثف يتم اختيارها منخفضة قدر الإمكان.	بينما في المضخة الحرارية، تكون استطاعة المكثف (استطاعة التسخين) عند درجة حرارة العالية المحددة حسب الهدف من العملية، بينما درجة الحرارة في المبخر يتم اختيارها مرتفعة قدر الإمكان.

في أبسط صورة، نجد أن المضخة الحرارية لها تركيب يختلف قليلاً عن جهاز تكييف الهواء العادي، حيث يجهز **بصمام عكس دارة** (*Reversing Valve*) [شكل ٣-٢] يمكّن وسيط التبريد من الجريان باتجاه معاكس (*Backwards*)، فتمتص الحرارة من الهواء الخارجي وتدخله إلى أماكن الإقامة ، أي أن الملف الداخلي (*Indoor Coil*) والذي يعمل كمبخر في فصل الصيف يكون هو المكثف في الشتاء.



شكل (٣-٢) دارة تبريد مزودة بصمام عكس دارة

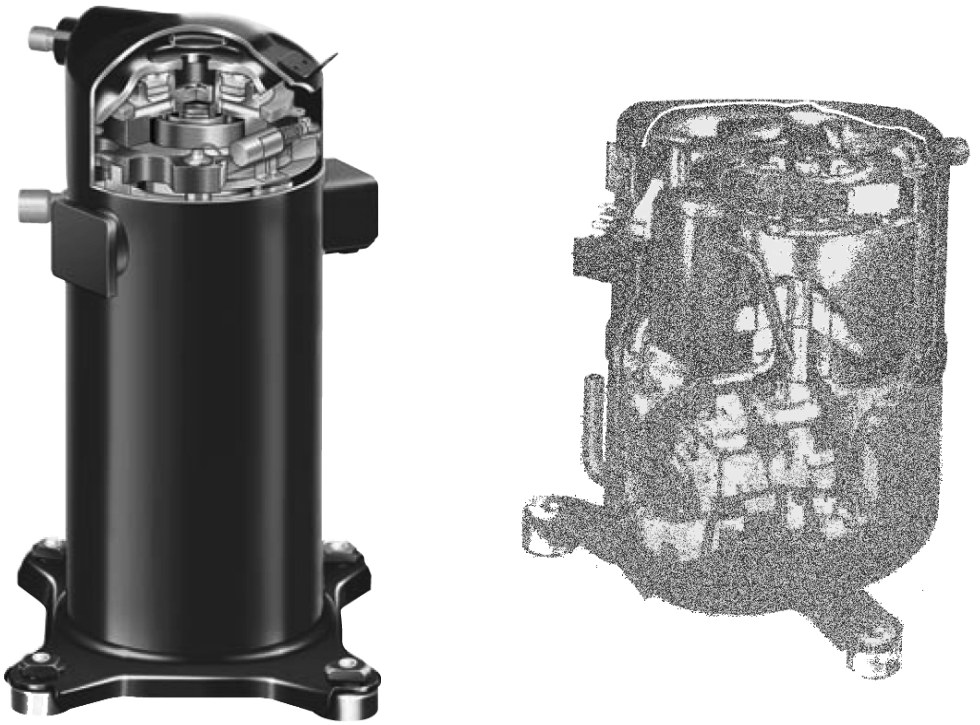
≅ تعتمد جميع عمليات التدفئة والتكييف والتبريد على عمليات انتقال الحرارة (التبادل الحراري)، ولا بد من توافر حيز ووسط مناسب تنتقل عبره الحرارة من وسيط لآخر ويتم ذلك عن طريق **المبادل الحراري** (سطح التبادل الحراري).

٣-٢- أجزاء المضخة الحرارية:

كما ذكر سابقاً فإن الأجزاء الأساسية للمضخة الحرارية لا تختلف عن أجزاء دارة التبريد، وهي :

٣-٢-١- **الضاغط** (*Compressor*):

وظيفته سحب وسيط التبريد من المبخر ورفع ضغطه ودرجة حرارته، حيث يقود هذا الضاغط محرك كهربائي موصول معه [شكل ٣-٣].



شكل (٣-٣) ضواغط

تصنيف الضواغط:

١- حسب مبدأ عملها (حجمية – حركية)

٢- حسب إنتاجيتها التبريدية (صغيرة – متوسطة - كبيرة)

٣- حسب عدد مراحل الانضغاط (ذات مرحلة واحدة – متعددة المراحل وتسلسلية)

* وتعتبر الضواغط المكبسية (وهي من أنواع الضواغط الحجمية) من أكثر الأنواع انتشاراً في آلات التبريد.

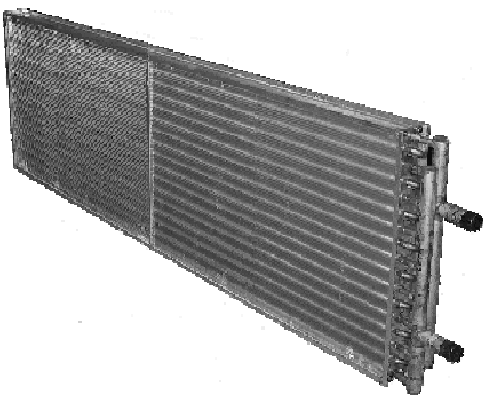
* وهناك الضواغط التوربينية و التي تتميز بالمقارنة مع الضواغط المكبسية بالميزات التالية:

- صغيرة الحجم و خفيفة الوزن.

- سهولة التصنيع و الأمان في الاستخدام.
- غياب قوى الاهتزاز الترددية.
- سهولة تنظيم تدفق البخار.
- إمكانية اتصالها مباشرةً مع محرك سريع الدوران.
- إمكانية استعمالها للحصول على مجال حراري واسع.

٣-٢-٢- المكثف (*Condenser*):

هو عبارة عن مبادل حراري يتم بواسطته طرح الحرارة إلى الوسط الخارجي، حيث تنتقل فيه الحرارة من بخار وسيط التبريد الساخن عبر جدران أنابيب المكثف إلى سائل تبريد المكثف وذلك في دارة التبريد العادية، أما في المضخة الحرارية فيتم الحصول منه على الحرارة المفيدة المطلوبة [شكل ٣-٤] و [شكل ٣-٥].



شكل (٣-٤) مكثف مائي

شكل (٣-٥) مكثف مائي (حزمة أنابيب) لمضخة حرارية مركزية

تصنيف المكثفات:

تصنف المكثفات حسب الوسط المبرد للمكثف إلى مائية وتبخرية (مزيج من الماء و الهواء) وهوائية. وفي المضخة الحرارية يتم الاستفادة من كل من الأنواع السابقة للمكثفات: فالمائية يستفاد منها في تسخين المياه لاستعمالات متعددة (مثل حمامات المنازل)، والهوائية يستفاد منها في تدفئة الهواء (هواء الغرف).

٣-٢-٣- صمام التمدد (*Expansion Valve*)

هو عبارة عن الجزء الذي يتم فيه خفض ضغط وسيط التبريد من ضغط التكاثف المرتفع إلى ضغط منخفض بالإضافة إلى تنظيم عملية تدفق وسيط التبريد السائل إلى المبخر حسب الحاجة [شكل ٣-٦].

شكل (٣-٦) مقطع في صمام تمدد

تصنيف صمامات التمدد:

في الوقت الحالي يوجد أنواع كثيرة ومتعددة من صمامات التمدد ولكن أهمها وأكثرها انتشاراً الأنواع التالية:

١- صمام التمدد ثابت الضغط (الآلي).

٢- صمام التمدد الحراري (الترموستاتي).

٣- صمام التمدد ذو الفواشة.

٤- صمام التمدد اليدوي.

٥- الأنبوبة الشعرية.

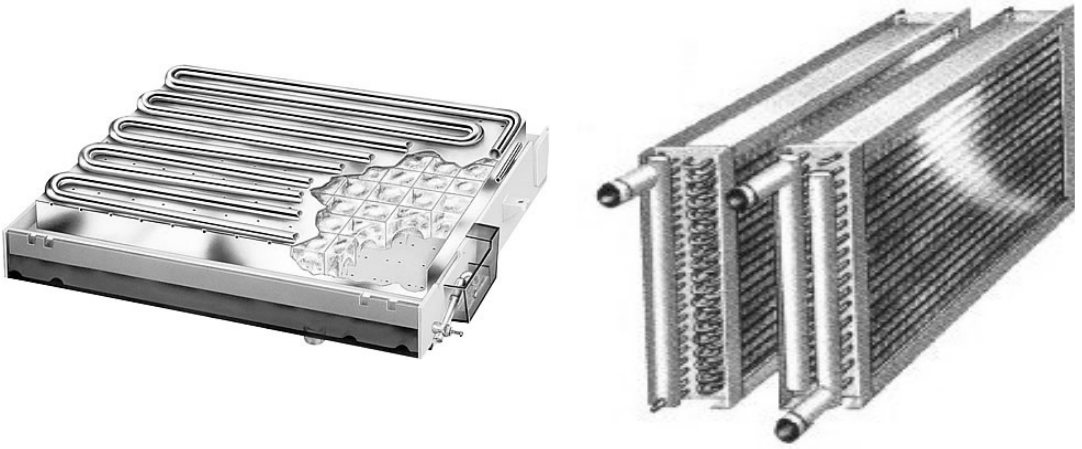
ويتم تحديد النوع المناسب انطلاقاً من ظروف وشروط العمل التي سيعمل فيها الصمام، وذلك من النشرات الفنية بناءً على ما يلي :

- نوع وسيط التبريد.
- درجة حرارة غليان وسيط التبريد.
- مقدار هبوط الضغط المطلوب في الصمام.
- الحمل الحراري على المبخرات.

ويعد صمام التمدد الحراري أنسب نوع للاستخدام في منشآتنا التبريدية.

٣-٢-٤- المبخر (*Evaporator*):

وهو عبارة عن مبادل حراري يتم بواسطته نقل الحرارة من الوسط المراد تبريده إلى وسيط التبريد الذي يمتص الحرارة من الوسط المبرَّد [شكل ٣-٧].



شكل (٣-٧) مبخرات

تصنيف المبخرات:

١- حسب المادة المراد تبريدها (موائع أو غازات).

٢- حسب طريقة تماس وسط التبريد مع المبخر:

- مبخرات مغمورة: حيث يغمر وسيط التبريد السائل القسم الأكبر من المبخر.
- مبخرات جافة: حيث يعطى المبخر الكمية اللازمة من وسيط التبريد.
- مبخرات الرش (البخ)
- مبخرات ذات تدوير قسري لوسيط التبريد.

٣- حسب مكان وضع المبخرات (تعلق في السقف أو توضع على الأرض).

٣-٣- دارة المضخة الحرارية:

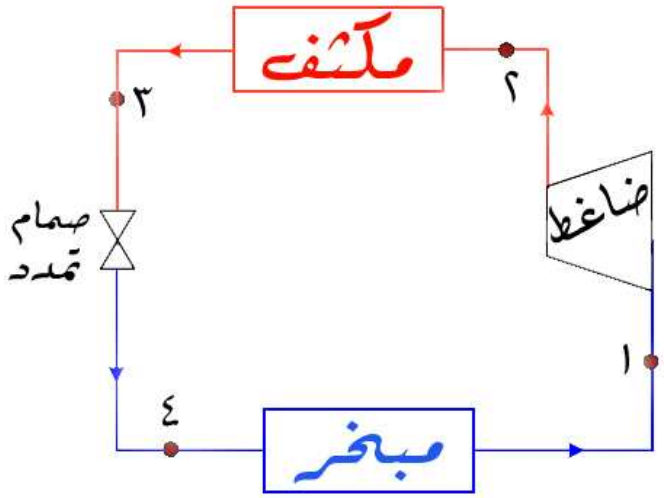
- يقوم الضاغط بعملية ضغط وسيط التبريد وتحويله من غاز ذي ضغط منخفض إلى غاز محمّص ذي ضغط ودرجة حرارة عاليين وذلك بثبات الانتروبي (s=const) وتمثل بالعملية (١-٢) على مخطط (p – h).
- يتجه بعدها وسيط التبريد إلى المكثف الذي يقوم بعملية تكثيف وسيط التبريد وتحويله إلى الحالة السائلة عند ضغط عالي ودرجة حرارة مناظرة لهذا الضغط، وذلك من خلال عملية طرد للحرارة التي يحملها وسيط التبريد والتي يستفاد منها، وتتم هذه العملية

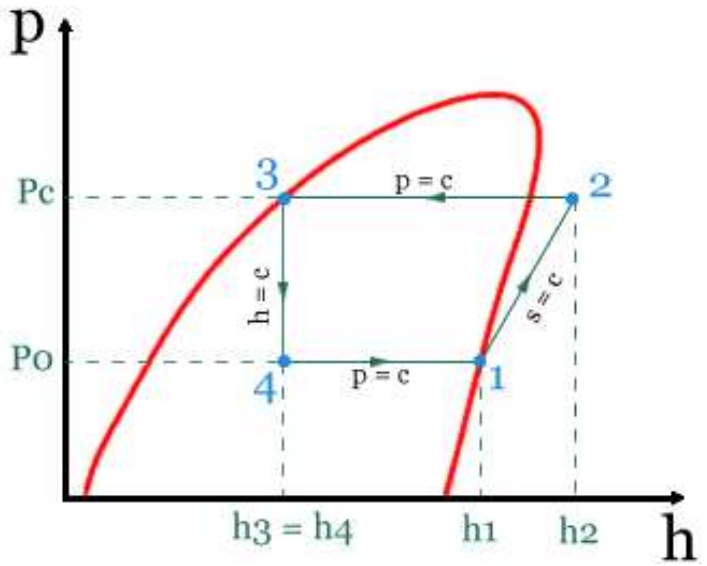
بثبات الضغط (p=const) وتمثل بالعملية (٢-٣) على مخطط (p – h).

- يتجه بعدها وسيط التبريد لصمام التمدد والذي يعمل على خفض ضغط وسيط التبريد وذلك بثبات الانتالبي (h=const) وتمثل بالعملية (٣-٤) على مخطط (p – h)، وينتج عن هذه العملية تحول وسيط التبريد إلى خليط مشبع من الغاز و السائل ولكن كمية السائل فيه أكبر من كمية الغاز.
- ثم يتجه وسيط التبريد إلى المبخر وفيه يتم تحويل الخليط المشبع إلى الحالة الغازية من خلال عملية امتصاص الحرارة من وسط أسخن من وسيط التبريد، وتتم هذه العملية بثبات الضغط (p=const) وتمثل بالعملية (٤-١) على مخطط (p – h).
- ثم يعود وسيط التبريد إلى الضاغط حيث تبدأ دورة جديدة.

ويبين [شكل ٣-٨] جميع العمليات السابقة.

العمليات الأساسية الدورة الحرارية للمضخة الحرارية		
العملية	جزء الدارة	العلاقة الأساسية
١-٢	الضاغط	$S_٢=S_١$
٢-٣	المكثف	$P_٣=P_٢$
٣-٤	صمام التمدد	$h_٤=h_٣$
٤-١	المبخر	$P_١=P_٤$



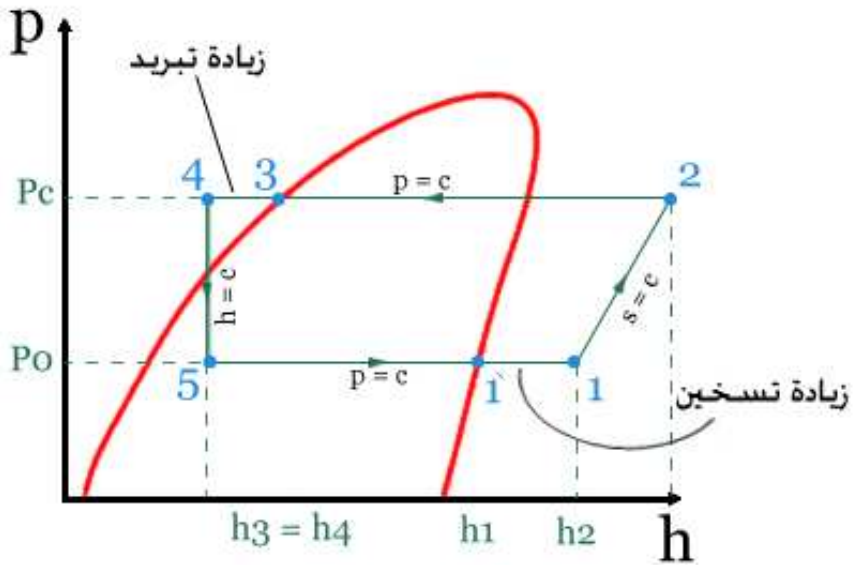


شكل (٣-٨) الدورة الحرارية المثالية للمضخة الحرارية

زيادة التبريد وزيادة التسخين (*Over Heating & Over Cooling*):

الدارة السابقة تبقى نظرية ولكن عملياً يجب أن نقوم ببعض التعديلات البسيطة [شكل ٣-٩]:

- بعد خروج وسيط التبريد من المبخر (هنا وسيط التبريد هو الفريون R-٢٢) يكون على شكل بخار مشبع جاف ولكنه عملياً يبقى رطباً نوعاً ما، وبما أن دخول أي قطرة من السائل إلى الضاغط تؤدي لحدوث ما يعرف بظاهرة التكهف، مما يؤدي لتخريب الضاغط بشكل كبير، لذا نقوم بما يسمى زيادة تسخين (تحميص) له لضمان دخوله إلى الضاغط على شكل بخار جاف تماماً (بخار محمّص)، وتمثل بالعملية (١-١ً) على مخطط (p – h).
- بعد خروج وسيط التبريد من المكثف يكون في حالة سائلة غير مشبعة تماماً إذ قد تحتوي على البخار بنسبة قليلة، لذا نقوم بما يسمى زيادة تبريد له لضمان مروره ضمن صمام التمدد بحالة سائلة تماماً لتحسين مردود صمام التمدد،وتمثل بالعملية (٣-٤) على مخطط (p – h).



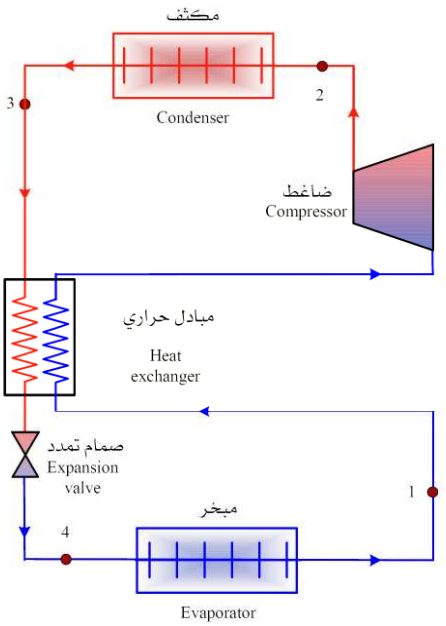
شكل (٣-٩) الدورة الحرارية الحقيقية للمضخة الحرارية

≅ هذا وهناك عدة وسائل للقيام بزيادة التسخين نذكر منها :

أ- استخدام المحمصات (*accumulators*).

ب- الاستفادة من حرارة السائل بعد المكثف في تسخين البخار قبل الضاغط عن طريق مبادل حراري [شكل ٣-١٠].

ج- زيادة أطوال الأنابيب الواصلة بين المبخر و الضاغط من أجل ضمان حصول التحميص الكامل للبخار.



شكل (٣-١٠)

الاستفادة من حرارة السائل بعد المكثف في تسخين البخار قبل الضاغط

٣-٤- أنظمة المضخات الحرارية:

أنظمة المضخات الحرارية شائعة الاستخدام هي:

١- **دراة هواء – هواء** (*Air to Air*): في هذا النظام يستخدم الهواء الجوي كمصدر للحرارة كما يستخدم لأخذ الحرارة من المكثف

٢- **دارة ماء – هواء** (*Water to Air*): في هذا النظام تستخدم المياه الطبيعية كمصدر للحرارة ويستخدم الهواء كحامل لهذه الحرارة مباشرةً إلى المكان المكيّف.

٣- **دارة هواء – ماء** (*Air to Water*): في هذا النظام يستخدم الهواء الخارجي كمصدر للحرارة ويستخدم الماء كوسيط نقل بين الهواء الذاهب إلى المكان المكيف ووسيط التبريد القادم إلى وشيعة الماء.

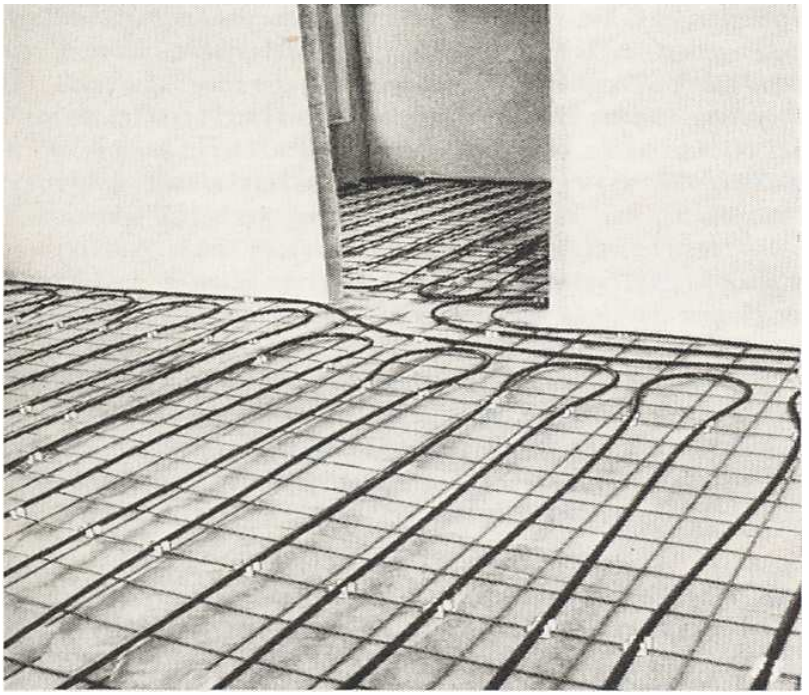
٤- **دارة ماء – ماء** (*Water to Water*): في هذا النظام تستخدم المياه كمصدر للحرارة كما تستخدم لأخذ الحرارة من المكثف.

٥- **دارة هواء – سائل** (*Air to Liquid*): في هذا النوع يستخدم الهواء كمصدر للحرارة و السائل يستخدم لإعطاء الحرارة إلى الهواء الذي يغذي المكان المكيف.

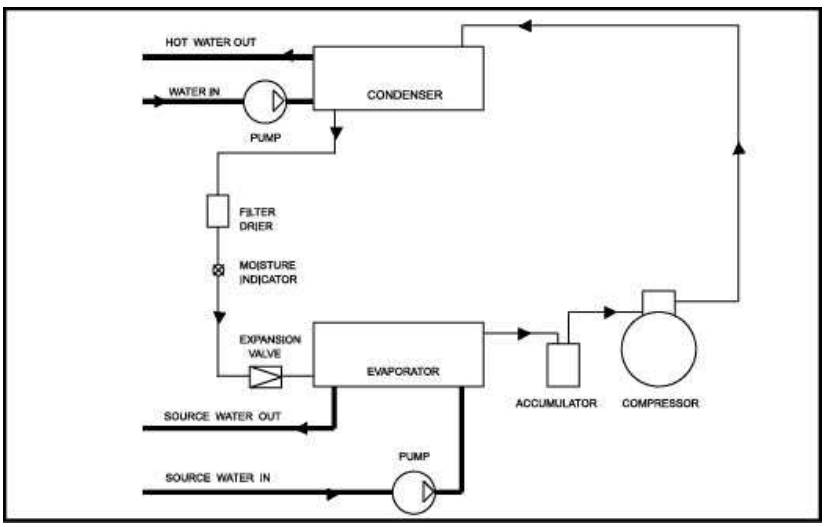
ويلاحظ أن الدارات الثلاث الأولى أكثر بساطةً في التركيب و التصميم وأكثر اقتصادية بالتشغيل، ومعامل الأداء لهذه الدارات أكبر منه لأي دارة أخرى، وتستخدم الوشائع في الدارات الثلاث آنفة الذكر كمبخرات ومكثفات بآن واحد.

أما في الدارتين الأخيرتين فتكون الدارة ثابتة ووسيط التبريد يتدفق باتجاه واحد فقط، مما يقلل من مشكلات التسرب ومشكلات عودة الزيت للضاغط.

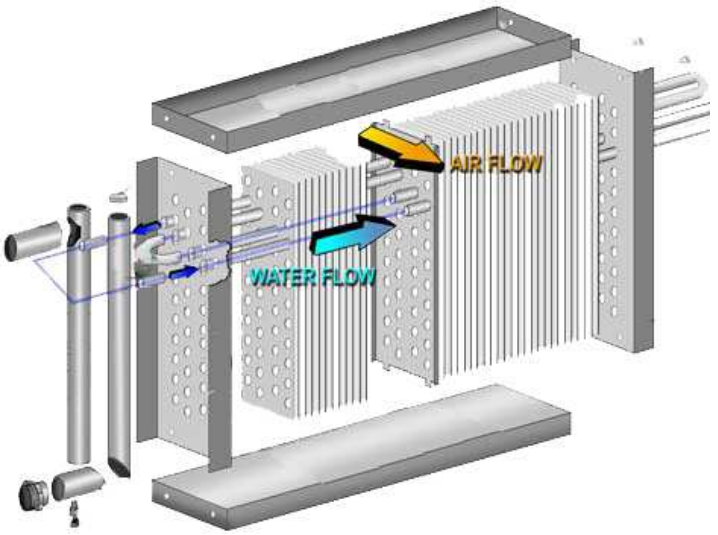
❖ المضخة المستخدمة هنا هي من النوع دارة ماء – ماء (*Water to Water*) وبالتالي فيمكن وصلها بشبكة أنابيب تدفئة أرضية [شكل ٣-١١] أو بشبكة أنابيب مياه الاستعمال [شكل ٣-١٢]، أو حتى يمكن استخدام أجهزة التبادل الحراري مع الهواء (وحدات الفان كويل) [شكل ٣-١٣]



شكل (٣-١١) شبكة أنابيب تدفئة أرضية



شكل (٣-١٢) الا تفادة من المضخة الحرارية في تسخين المياه وتبريدها



شكل (٣-١٣) مقطع في وحدة الفان كويل

وبشكل عام فجميع الدارات السابقة يدور فيها وسيط يقوم بنقل الطاقة الحرارية بين طرفي الدارة (هواء – ماء.....)، ويسمى وسيط التبريد حيث أن دارة المضخة الحرارية لا تختلف عن دارة التبريد من حيث المبدأ {راجع الفقرة ٣-١}

٣-٥- وسائط التبريد وخواصها:

وسيط التبريد هو المادة التي يمكن بواسطتها تحقيق دورة ترموديناميكية عكسية يتم بنتيجتها نقل الحرارة من الوسيط المبرد ذو درجة الحرارة المنخفضة إلى الوسط الخارجي كالماء و الهواء ذو درجة الحرارة المرتفعة.

نوعية الوسيط المستخدم للتبريد تحدد نوعية وخواص آلة التبريد وحتى اقتصاديتها، ومن هنا تبرز أهمية التعرف على الخواص الترموديناميكية و الفيزيوحرارية لوسائط التبريد.

أ- الخواص الترموديناميكية:

١- يجب ألا تكون قيمة الضغط في نهاية عملية الانضغاط كبيرة جداً وذلك بسبب أن زيادة قيمة الضغط تؤدي إلى زيادة تعقيد آلة التبريد وزيادة تكاليفها.

٢- يفضل أن يكون ضغط بخار وسيط التبريد ضمن المبخر أعلى من الضغط الجوي منعاً من حدوث تسرب الهواء إلى داخل آلة التبريد مما يؤدي لتخريبها.

٣- يفضل أن تكون قيمة نسبة الانضغاط أصغر ما يمكن لأن انخفاض هذه النسبة يؤدي إلى انخفاض القدرة المبروفة في الضاغط وإلى زيادة مردود الضاغط.

٤- يجب أن تكون درجة حرارة الغليان لوسيط التبريد منخفضة لأنها تحدد أخفض درجة حرارة يمكن الحصول عليها. ويجب أن تكون درجة الحرارة الحرجة مرتفعة لأنها تمكن من إجراء عملية التكاثف عند درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط.

٥- يجب أن تكون قيمة حرارة التبخر مرتفعة مما يؤدي إلى انخفاض وزن كمية وسيط التبريد الدائرة في الآلة و الضرورية للحصول على الحمل التبريدي المطلوب.

٦- كبر القيمة الإنتاجية التبريدية الحجمية.

ب- الخواص الفيزيوحرارية:

تتأثر قيمة معامل الانتقال الحراري (α) أثناء عمليتي التكاثف و الغليان بالعوامل التالية:

١- اللزوجة (μ).

٢- الكثافة (ρ).

٣- معامل التوصيل الحراري (λ).

٤- حرارة التبخر (r).

حيث تتناسب قيمة α أثناء عمليتي التكاثف و الغليان طرداً مع r و ρ و λ وعكساً مع μ، لذلك يفضل أن تتصف وسائط التبريد بقيم عالية لـ (λ،ρ،r) وقيم منخفضاً لـ μ وذلك من أجل الحصول على معامل انتقال حراري جيد.

٣-٥-١ تصنيف وسائط التبريد:

❖ تصنف في ثلاث مجموعات:

- المجموعة الأولى: وهي الوسائط الأكثر أماناً (الهالوكربونات -عائلة الفريون)، مثال ذلك:
R-٢٢ ، R-١٢ ، R-٥٠٢ ، R-١٣٤ ، R-٤٠٤a ، R-٤٠٧a ، R-٤١١b

- المجموعة الثانية: وهي سامة ولحد ما قابلة للاشتعال، مثال ذلك: R-٤٠ ، R-٧٦٤

- المجموعة الثالثة: وهي مجموعة وسائط التبريد القابلة للاشتعال، مثال ذلك:
R-١٧٠ ، R-٢٩٠

❖ كما تقسم وسائط التبريد إلى قسمين:

١- وسائط التبريد الأولية (*Primary Refrigerants*): تسمى بهذا الاسم لأنها تغير حالتها عند اكتسابها وفقدانها الحرارة مثل: R-١٢ ، R-٢٢ ، R-٥٠٢.

٢- وسائط التبريد الثانوية (*Secondary Refrigerants*): والأكثر استعمالاً منها: الماء – كلوريد الكالسيوم – كلوريد الصوديوم – المحاليل الملحية – الايتيلين – الميتانول – الغليسرين.

٣-٥-٢- استعمال وسائط التبريد:

هناك وسائط كثيرة أهمها الأمونيا (NH_3) وعائلة الفريون (يميزها الحرف R)، ولكن في عمليات التبريد و التكييف غالباً ما يستخدم غاز الفريون بصيغه المختلفة كوسيط للدارة، حيث أنه يتمتع بخواص ترموديناميكية و فيزيوحرارية ملائمة للعمل في مختلف العوامل الجوية. نذكر فيما يلي أهم صيغ غاز الفريون المستخدمة مع خواصها:

١- الفريون (R-١٢) :

- وسيط ثقيل لا لون له ورائحته خفيفة جداً ويعتبر من أقل وسائط التبريد تأثيراً على الإنسان.

- درجة حرارة غليانه الطبيعية C^o (٣٠.١-)، ويمكن استعماله حتى درجة حرارة تكاثف C^o (٧٠).
- كثافة البخار المشبع له أكبر بحوالي ٦ مرات من كثافة أبخرة الأمونيا المشبعة مما يؤدي إلى حدوث ضياعات هيدروليكية أكبر أثناء دوران وسيط التبريد.

٢- الفريون (R-٢٢) :

- يقترب في خواصه الترموديناميكية من الأمونيا وفي خواصه الكيميائية من الفريون (R-١٢).
- درجة حرارة غليانه الطبيعية C^o (٤٠.١-)
- يستعمل في آلات التبريد ذات مرحلة الانضغاط الواحدة للحصول على درجة حرارة قدرها C^o (٢٥-)، وفي حال استعماله في آلات تبريد ذات مرحلتي انضغاط يمكن الحصول على درجة حرارة أقل.

٣- الفريونات (R-٥٠٢)، (R-٤٠٧)، (R-١٣٤):

وتدعى بالفريونات صديقة البيئة بسبب محدودية ضررها للبيئة والغلاف الجوي، ولكن استخدامها مازال محدوداً بسبب تكاليفها الباهظة.

٣-٦- منابع الطاقة للمضخة الحرارية:

إن اقتصادية بناء المضخة الحرارية وتشغيلها يتعلق بمنابع الطاقة الحرارية ودرجة حرارتها، ويجب أن تتمتع هذه المنابع بالخواص التالية:

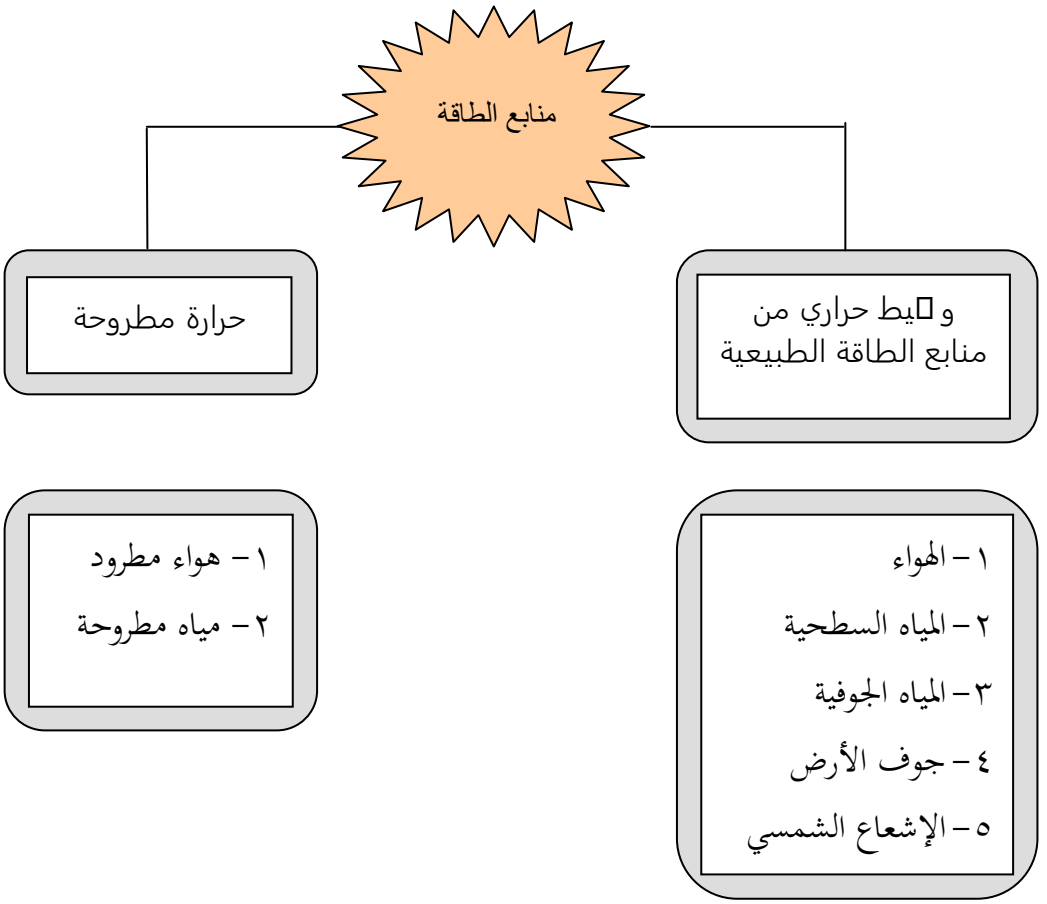
١- ينبغي أن تكون كمية الحرارة الضرورية و اللازمة دوماً وفي كل وقت، كافية لتزويد المضخة الحرارية.

٢- يجب أن تكون درجة حرارة المنبع مرتفعة ما أمكن من أجل الحصول على فرق كبير في درجات الحرارة بين المنبع و المستفيد، وبالتالي التوصل لدرجات حرارة مرتفعة C^o (٥٠ - ٦٠).

٣- تكاليف استثمار المنبع منخفضة.

٤ – يجب أن يكون استهلاك الطاقة لنقل الحرارة من خلال المضخات و المراوح منخفض.

أما منابع الطاقة المستخدمة في التطبيقات العملية فيمكن تصنيفها وفقاً للمخطط التالي:

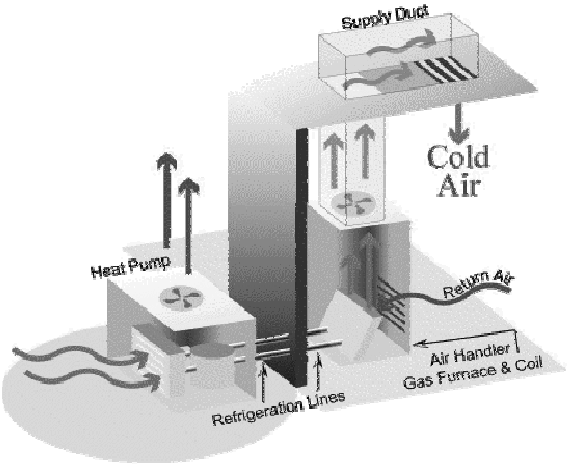


شكل (٣-١٤) منابع الطاقة للمضخة الحرارية

٣-٦-١- الهواء:

موجود في كل مكان ويمكن توريده في أشكال مختلفة وفقاً لاحتياجات كمية الحرارة، علاوةً على ذلك يمكن استخدامه بدرجات حرارة ورطوبة نسبية مختلفة.

عند استخدام الهواء كمنبع حراري يجب معرفة تغير درجات الحرارة و الرطوبة على مدار أيام العام من أجل تحديد مواصفات المبادل الحراري الهوائي. إن تحديد درجات الحرارة يقتضي معرفة التوزيع المنتظم للانتالبي و البارمترات الأخرى [شكل ٣-١٥].



شكل (٣-١٥) الا□تفادة من الهواء

٣-٦-٢- الماء:

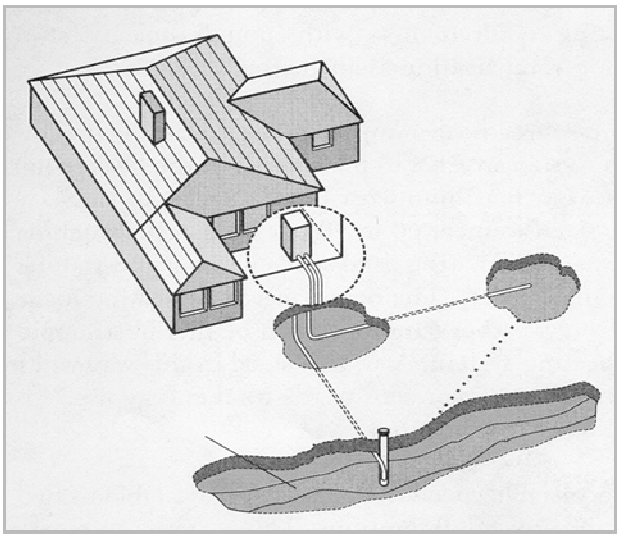
يعتبر الماء منبع حراري مثالي بسبب ارتفاع سعته الحرارية ومزاياه الجيدة للانتقال الحراري كما هو معروف عنه كوسيط مبرد.

توجد المياه بعدة أشكال : سطحية (أنهار، بحيرات) – مياه جوفية.

– المياه الجوفية: تملك درجة حرارة منتظمة وثابتة على مدار العام ويمكن أن تتغير في مجال ضئيل بالتالي يمكن اعتبارها منبع حراري جيد يعطي معامل تدفئة مناسب ومرتفع. عند استخدام المياه الجوفية ومعرفة الكمية المطلوبة، يجب اقتراح وحساب مخزون المياه الجوفية المستعملة، تعطي تجربة الحفر معلومات كافية عن نوعية المياه وعمق البحيرة الجوفية (المخزون)

[شكل ٣-١٦]. يمكن تقييم ذلك وفق هيئة المواصفات و المقاييس والـ*DIN* الألماني.على سبيل المثال تحسب كمية المياه لشقة سكنية (كمنبع حراري) وفقاً لمساحة الشقة

كمية الماء = مساحة الشقة × ١٠ (ليتر)



شكل (٣-١٦) الا□تفادة من المياه الجوفية

– المياه السطحية: تتراوح درجة حرارة مياه الأنهار و البحيرات C^{o} (٢٥-٢) ونادراً ما تتجمد الأنهار و البحيرات، ونلاحظ أن كثيراً من الأنهار عليها حمل كبير من جراء مياه التبريد للمنشآت الصناعية، حيث ترتب□ دارات التبريد مع الأنهار. بالإضافة إلى ذلك يمكن استخدام هذه المياه كمنبع حراري للمضخات الحرارية، كما يجب اختبار هذه المياه و التأكد من عدم إمكانية تجمدها.

بشكل عام يمكن استخدام حوالي ٩٠ % من مياه الأنهار والبحيرات الموجودة وفقاً للخبرات و التجارب العملية.

٣-٦-٣- القشرة الأرضية:

تملك القشرة الأرضية قدرة كبيرة على تخزين الحرارة الممتصة من الإشعاع الشمسي وحرارة الشمس وتحافظ على درجة حرارتها اعتباراً من عمق ١٠m وتساوي درجة حرارتها تقريباً C^o ١٠ وهذه الدرجة تعطي معامل تدفئة جيد.

طالما أن مواصفات القشرة الأرضية مختلفة فيجب معرفة البارمترات التالية:

λ معامل التوصيل الحراري C السعة الحرارية النوعية

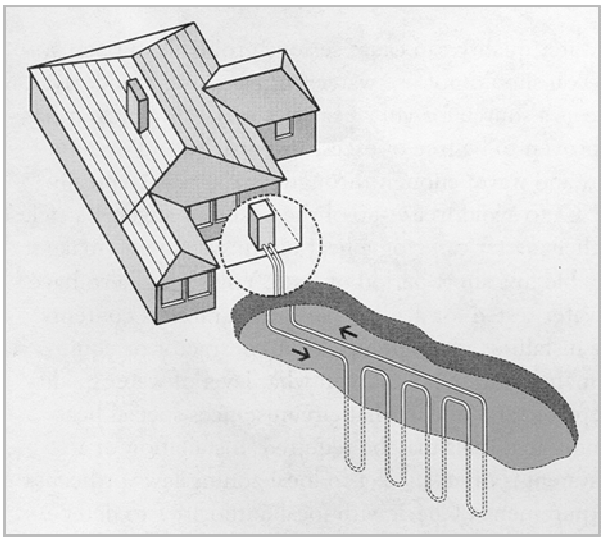
ρ الكثافة

يتأثر معامل التوصيل الحراري بالرطوبة و الكثافة.

في خلال عمليات الانتشار ينشأ تبديد للرطوبة الناتجة عن هبوط التدرج في درجات الحرارة باتجاه المبادل الحراري، هذا التبديد للرطوبة يحسن معامل التوصيل λ حول المبادل الحراري.

عندما يوضع المبخر (المبادل الحراري) ذو الأنابيب بالقرب أو تحت سطح المياه الباطنية ينشأ انتقال حراري إضافي عندما تكون سرعة الانسياب للمياه أكبر من ٣ mm/h وفقاً للأسس الاقتصادية توضع المبادلات الحرارية ذات الأنابيب (على شكل لفة) وعلى عمق لا يزيد عن ١ – ٢ m.

هذا التغير في درجات الحرارة له فائدة كبرى للمضخات الحرارية حيث أنه خلال فترة استهلاك الحرارة المطلوبة يبقى المنبع الحراري دافئاً [شكل ٣-١٧].



شكل (٣-١٧) الا□تفادة من حرارة جوف الأرض

وتبين القياسات أنه خلال فترة ٢٠ عام لتشغيل مضخة حرارية لتدفئة منزل مساحته m^2 ٢٢٠ واستهلاك طاقة حوالي M.w.h ٣ ودرجة حرارة البئر C^o ٥+، يبدأ طور التدفئة من درجة حرارة C^o ٨- في فصل الشتاء وتتجمد القشرة الأرضية بقطر m ٠.٥ حول أنابيب المبخر ويستمر التبريد حتى فصل الربيع، وتتعدل درجة حرارة الأرض خلال فصل الصيف.

٣-٦-٤- منابع أخرى للطاقة:

- الطاقة الشمسية: من خلال المجتمعات الشمسية المرتبطة مع خزان، يمكن للمضخة الحرارية الاستفادة من هذه الطاقة في مجال واسع الاستخدام.

- المياه الصناعية: ناتجة عن المصانع و المعامل، ويمكن الاستفادة من حرارتها في عمليات التكثيف و التجفيف في الصناعة.

ويتم الاستفادة من حرارة هذه المنابع بواسطة المبادلات الحرارية، ويلاحظ من خلال الدراسات أن أفضل منبع للمضخة الحرارية هو الهواء.

٤-١- تحديد درجة حرارة غليان وسيط التبريد:

تتعلق درجة حرارة غليان وسيط التبريد بدرجة المنبع الحراري للمضخة (والذي هو الماء في هذا المشروع)، وفق العلاقة التالية:

$$t_{.} = (t_{w,e} - \Delta t_{w,.}) - \Delta t_{m,.} \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$

$\Delta t_{m,.}$: فرق درجات الحرارة اللوغاريتمية الوسطية، وتؤخذ عادةً :

$$\Delta t_{m,.} = ٤ \div ٧ \ C^{o}$$

نختارها :

$$\Delta t_{m,.} = ٦ \ C^{o}$$

$t_{w,e}$: درجة حرارة دخول المياه إلى المبخر، وتؤخذ عادةً:

$$t_{w,e} = ٧ \div ١٥ \ C^{o}$$

نختارها :

$$t_{w,e} = ٩ \ C^{o}$$

$\Delta t_{w,.}$: فرق درجات الحرارة لدخول المياه وخروجها من المبخر (مياه المنبع الحراري)، وتؤخذ عادةً:

$$\Delta t_{w,.} = ٤ \div ٥ \ C^{o}$$

نختارها :

$$\Delta t_{w,.} = ٥ \ C^{o}$$

وبالتعويض في العلاقة (١) ينتج :

$$t_{.} = ٩ - ٥ - ٦ = -٢ \ C^{o}$$

٤-٢- تحديد درجة حرارة التكاثف لوسيط التبريد:

وهي تتعلق بدرجة حرارة المستهلك (المياه الساخنة)، وفق العلاقة التالية:

$$t_{c} = (t_{H,e} + \Delta t_{w}) + \Delta t_{m,c} \quad \ldots\ldots\ldots (٢)$$

$\Delta t_{m,c}$: فرق درجات الحرارة اللوغاريتمية الوسطية، وتؤخذ عادةً :

$$\Delta t_{m,c} = ٤ \div ٨ \ C^o$$

نختارها :

$$\Delta t_{m,c} = ٥ \ C^o$$

$t_{H,e}$: درجة حرارة دخول المياه إلى المكثف، وتؤخذ عادةً:

$$t_{H,e} = ٣٥ \div ٥٠ \ C^o$$

نختارها :

$$t_{H,e} = ٣٥ \ C^o$$

Δt_w: فرق درجات الحرارة لدخول المياه وخروجها من المكثف (مياه التدفئة)، وتؤخذ عادةً:

$$\Delta t_w = ١٠ \ C^o$$

وبالتعويض في العلاقة (٢) ينتج :

$$t_. = ٣٥ + ١٠ + ٥ = ٥٠ \ C^o$$

٤-٣- تحديد زيادة التبريد وزيادة التسخين:

كما أشير في الفقرة (٣-٣) نقوم بزيادة تسخين بعد المبخر وزيادة تبريد بعد المكثف، وفي الفريون R-٢٢ عادةً ما تؤخذ درجة زيادة التسخين حوالي C^o ١٥، وزيادة التبريد حوالي ٤ C^o.

٤-٤- تحديد نسبة الانضغاط:

نقوم بتحديد الضغط $P_.$ ، P_c من جداول الاشباع للفريون R-٢٢ وذلك بدلالة درجتي الحرارة $t_.$ ، t_c:

$$t_. = -٢ \ C^o \longrightarrow P_. = ٤.٦٦٧ \ bar$$

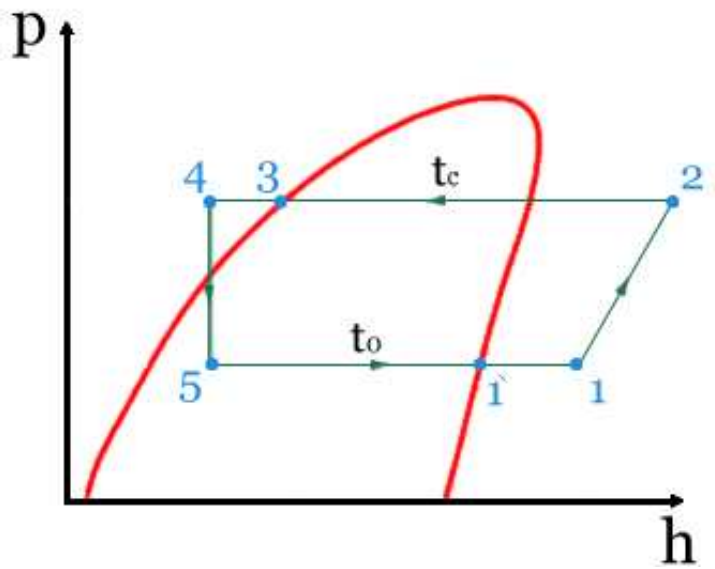
$$t_c = ٥٠ \ C^o \longrightarrow P_c = ١٩.٣٩٥ \ bar$$

وبالتالي نسبة الانضغاط تكون:

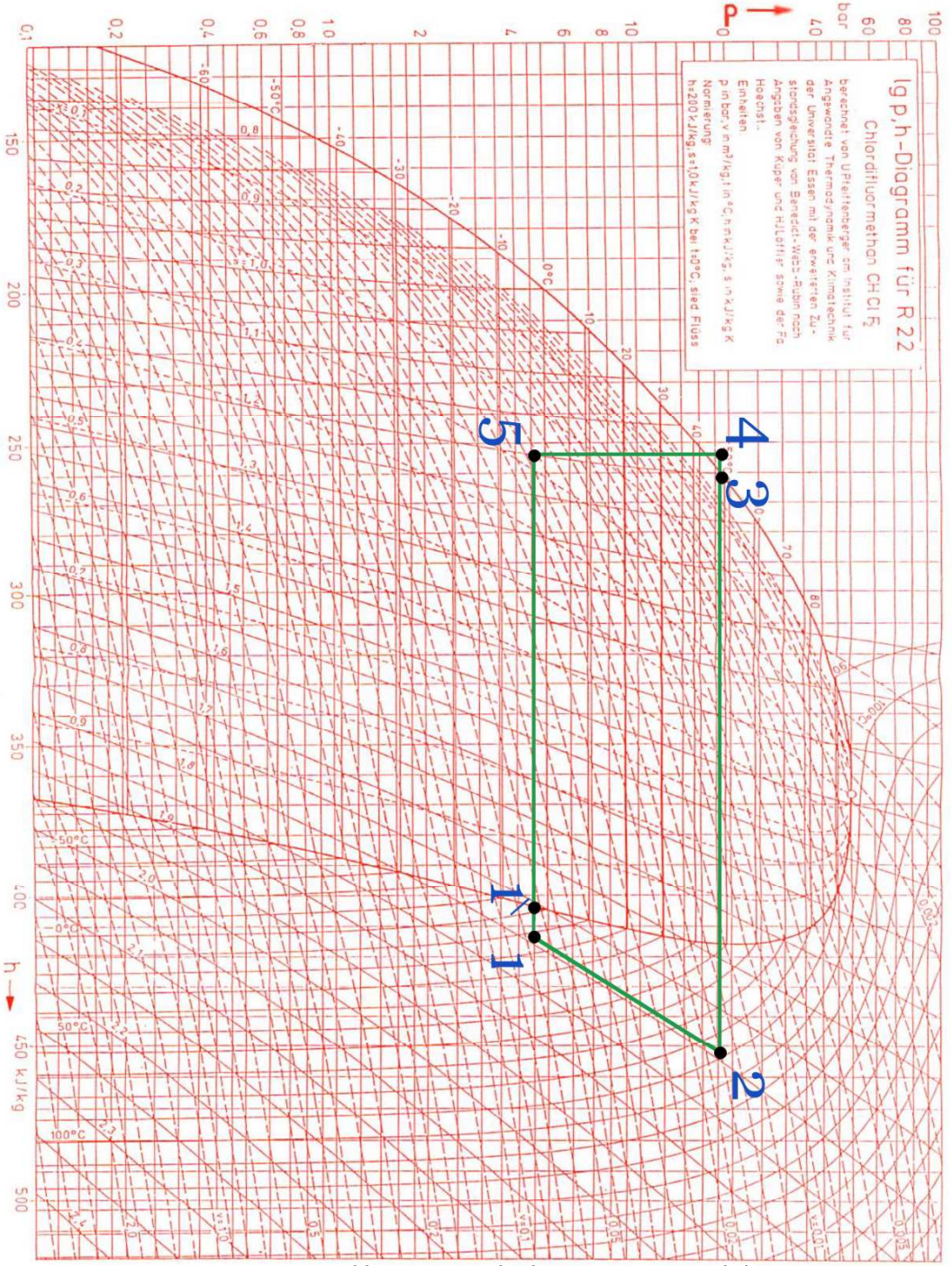
$$M_c = P_c / P_. = ٤.٢ < ٩$$

وبما أن نسبة الانضغاط أقل من ٩ لذلك تؤخذ دارة تبريد بمرحلة واحدة (ضاغط ذي مرحلة واحدة).

٤-٥- تحديد بارمترات دارة المضخة الحرارية :



شكل (٤-١) تمثيل الدورة الحرارية للمضخة الحرارية على مخطط (p - h)



شكل (٤-٢) مخطط (p - h) للفريون R-٢٢

النقطة	حالة النقطة	t (C°)	p (bar)	h (kj/kg)	s (kj/kg C°)
١َ	بخار مشبع رطب	-٢	٤.٦٦٧	٤٠٥.٥	١.٧٥
١	بخار محمّص	١٣	٤.٦٦٧	٤١٤.٢	١.٧٩
٢	بخار محمّص	٩٠	١٩.٣٩٥	٤٥٤.٣	١.٧٩
٣	بخار مشبع رطب	٥٠	١٩.٣٩٥	٢٦٢.٨	١.٢١
٤	سائل	٤٦	١٩.٣٩٥	٢٥٤.٣	١.١٨
٥	بخار مشبع رطب	-٢	٤.٦٦٧	٢٥٤.٣	١.٢

٤-٦- تحديد كمية وسيط التبريد المار في الدارة:

تعطى كمية وسيط التبريد وفقاً للموازنة الحرارية التالية:

استطاعة المكثف = الحمل الحراري للتدفئة

$$Q_c = Q_H$$

$$Q_c = Q_H$$

$$m_c \cdot \Delta h_c = Q_H \Longrightarrow$$

$$m_c = Q_H/\Delta h_c = ٢٠/(٤٥٤.٣ - ٢٥٤.٣) = ٠.١ \text{ kg/sec}$$

٤-٧- تحديد تدفق المياه اللازمة للتدفئة :

$$Q_c = m_{cw} \cdot C_{p,w} \cdot \Delta t_{w,c} \Longrightarrow$$

$$m_{cw} = Q_c / (C_{p,w} \cdot \Delta t_{w,c})$$

$\Delta t_{w,c}$: فرق درجات الحرارة اللوغاريتمية. $\Delta t_{w,c} = ٥ \text{ C°}$

$C_{p,w}$: الحرارة النوعية للماء. $C_{p,w} = ٤.٢ \text{ kj/kg C°}$

Q_c: الحمل الحراري على المكثف وهو يساوي إلى حمل التدفئة.

m_{cw}: تدفق مياه التدفئة في المكثف.

$$m_{cw} = ٢٠/(٤.٢\times٥) = ٠.٩٥ \text{ kg/sec}$$

٤-٨- تحديد تدفق مياه المنبع الحراري:

$$m_{w,.} = \frac{m_c\,(h_١ - h_٥)}{C_p \,.\, \Delta t_{w,.}}$$

$$m_{w,.} = \frac{٠.١\ (٤١٤.٢ - ٢٥٤.٣)}{٤.٢ \times ٥} = ٠.٧٦ \text{ kg/sec}$$

وتؤخذ سرعة تدفق المياه في الأنابيب:

$$c_w = (٠.٥ \div ٣) \text{ m/sec}$$

٤-٩- اختيار أجزاء المضخة الحرارية:

نقوم بحساب استطاعة كل من الضاغط و المبخر و المكثف، وبعدها من كتالوجات قياسية عالمية نختار وحدة المضخة الحرارية كآلة متكاملة.

٤-٩-١- اختيار الضاغط:

تعطى استطاعة الضاغط بالعلاقة:

$$W = m_c\,(h_٢ - h_١)$$

$$W = ٠.١\ (٤٥٤.٣ - ٤١٤.٢\ ) = ٤.٠١ \text{ kw}$$

٤-٩-٢- اختيار المكثف:

وجد أن استطاعة المكثف هي الاستطاعة اللازمة للتدفئة (الحمل الحراري):

$$Q_c = Q_H = ٢٤ \text{ kw}$$

٤-٩-٣- اختيار المبخر:

تعطى استطاعة المبخر بالعلاقة:

$$Q_{.} = m_{c} \cdot (h_{١} - h_{٥})$$

$$Q_{.} = ٠.١ \ (٤١٤.٢ - ٢٥٤.٣) = ١٦ \ kw$$

٤-١٠- حساب معامل الأداء للدارة:

يعطى معامل الأداء للمضخة الحرارية بنسبة استطاعة المكثف إلى استطاعة الضاغط:

$$\varepsilon = \frac{Q_c}{W}$$

$$\varepsilon = \frac{٢٠}{٤.٠١} = ٤.٩٨$$

٤-١١- اختيار المضخة الحرارية المناسبة:

من القيم التي نتجت معنا وبالعودة إلى الكاتالوكات التصميمية للمضخات الحرارية نختار المضخة الحرارية المناسبة.

بالعودة إلى كاتالوكات شركة CIAT نجد المضخة المناسبة من النوع (AURÉA – ٨٠Z) [شكل ٤-٣]

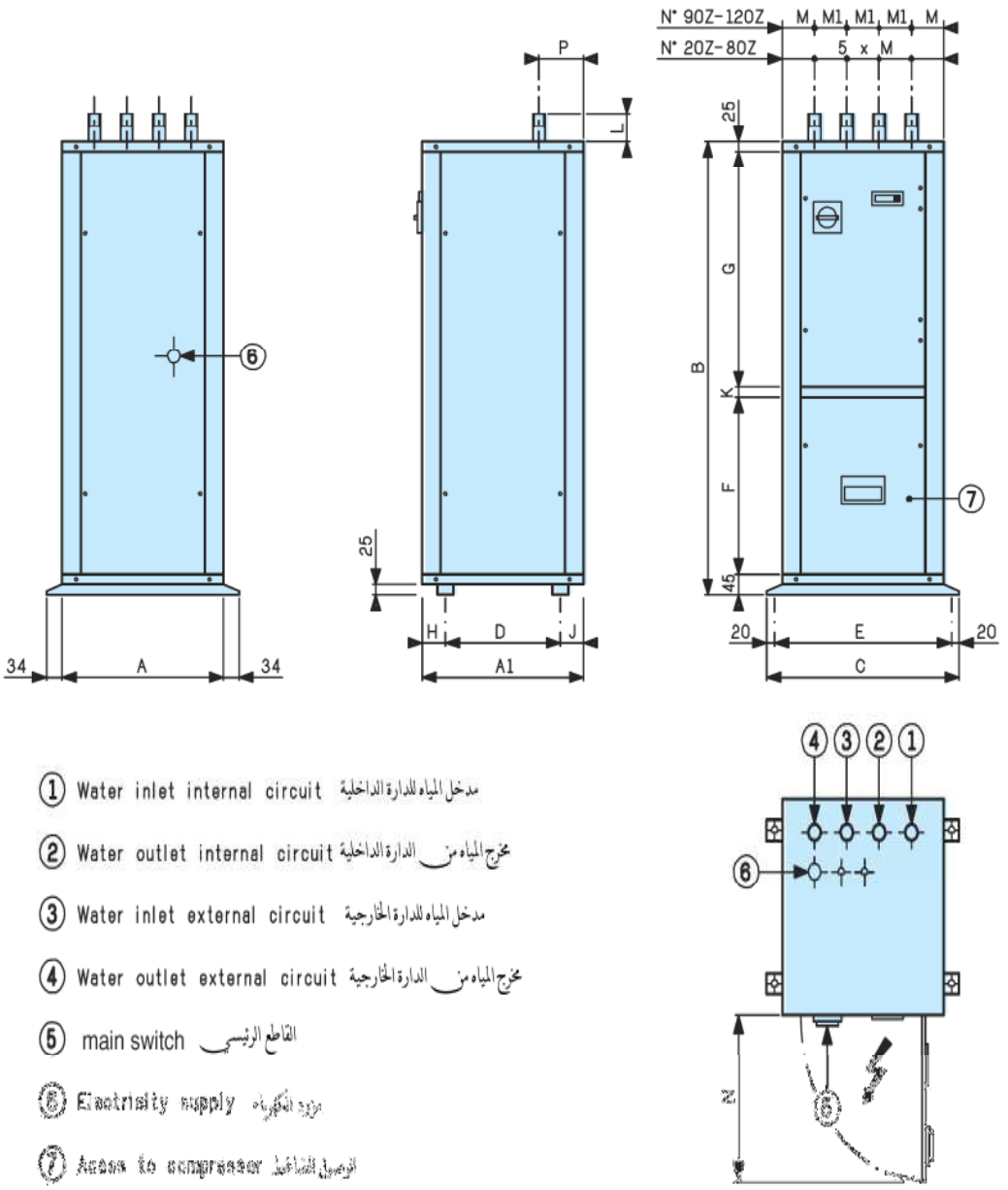
شكل (٤-٣) المضخة الحرارية الـ
CIAT (AURÉA – ٨٠Z)

وذلك بناءً على الجدول الآتي:

AUREA		20Z	30Z	40Z	50Z	60Z	70Z	80Z	90Z	120Z
Number of circuits						1				
Cooling capacity	(1) kW	4.9	6.7	9.1	10.9	13.7	16.3	18.3	18.7	26.2
Absorbed power	(1) kW	1.4	1.7	2.4	3.1	3.5	4.3	4.7	5.9	8.2
Heating capacity	(2) kW	5.8	7.8	10.8	13.1	16.0	19.4	21.5	23.4	32.6
Power consumption	(2) kW	1.3	1.6	2.4	2.9	3.4	4.2	4.5	5.8	8.0
C.O.P.		4.46	4.87	4.5	4.51	4.7	4.61	4.77	4.03	4.07

CIAT	القيمة المحسوبة نظرياً	المضخة الحرارية المختارة *CIAT* (*AURÉA – ٨٠Z*)
استـــاعة التدفئـــة (المكثـــف) [kw]	٢٠	٢١.٥
استاعة التبريد (المبخر) [kw]	١٦	١٨.٣
استاعة الضاغط [kw]	٤.٠١	٤.٥
معامل الأداء	٤.٩٨	٤.٧٧

ويوضح [شكل ٤-٤] مخططاً تفصيلياً للمضخة الحرارية المختارة مع الأبعاد الرئيسية لها:



شكل (٤-٤) مخطط تفصيلي للمضخة الحرارية (*AURÉA – CIAT ٨٠Z*)

وهذه الأبعاد موضحة بدقة في الجدول التالي:

AURÉA	Dimensions															Connection diameter				Mass kg
	A	A1	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	M1	N	P	①	②	③	④	
20 Z	400	400	1050	468	273	428	410	540	63,5	63,5	30	59	80		275	60	G3/4"M				73
30 Z																					80
40 Z																	G1"M				113
50 Z																					120
60 Z	500	500	1290	568	313	528	475	710	113	74	35	63	100		375	80					123
70 Z																	G1 "1/4M				129
80 Z																					130
90 Z	820	500	1518	888	313	848	700	714	104	84	35	63	150	173	708	80	G1 "1/4M				191
120 Z																	G1 "1/2M				205

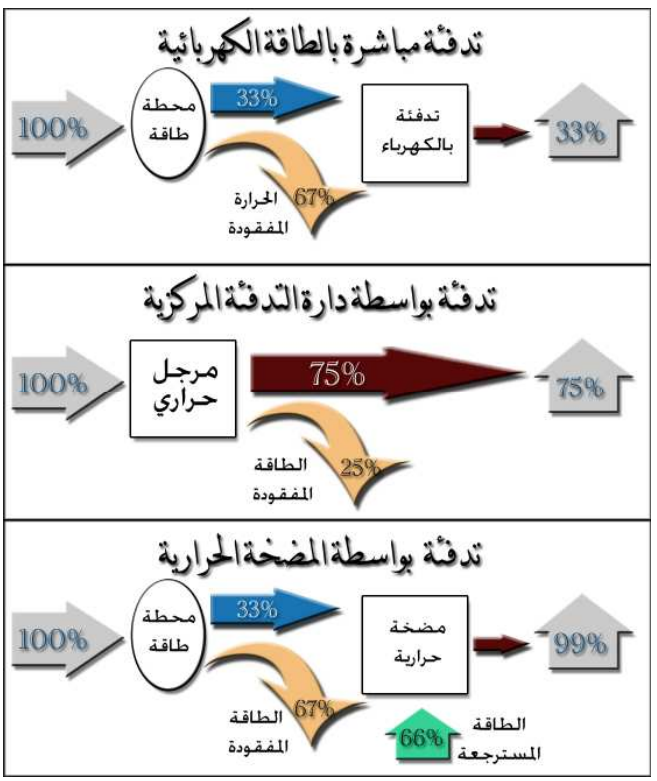
مقدمة :

إذا قورن استهلاك الطاقة الكهربائية في المضخة الحرارية معها في جميع أنظمة التدفئة الأخرى (المباشرة وغير المباشرة)، يلاحظ أن الوفر الذي نحصل عليه عند استخدام المضخة الحرارية يتراوح بين (٦٥ – ٧٠) %.

من ناحية المقارنة الاقتصادية بين المضخة الحرارية وطرق التدفئة التقليدية (محطات تدفئة – حرق الوقود السائل....)، ينبغي الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- مردود التدفئة المباشرة بالطاقة الكهربائية يصل لحوالي (٣٠ – ٤٠) %.
- مردود التدفئة بواسطة دارة التدفئة المركزية يصل لحوالي (٧٠ – ٧٥) %.
- أما عند استخدام المضخة الحرارية فقد يصل المردود لحوالي ١٠٠% أي بوفر ٢٥%.

نلاحظ مما سبق المبرر الاقتصادي لاستخدام المضخة الحرارية لما تحققه من وفر كبير على مستوى الاقتصاد الوطني [شكل ٥-١].

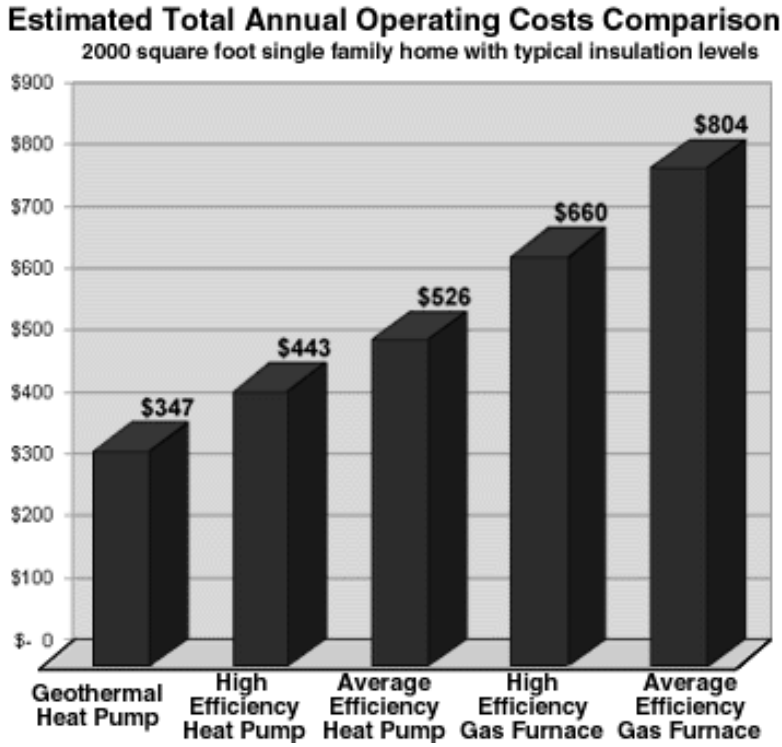


شكل (٥-١) مقارنة أنظمة التدفئة مع المضخة الحرارية

٥-١- مبررات ا□تخدام المضخة الحرارية:

١- نتيجة الدراسات والأبحاث لحرق الوقود و الغازات لأغراض التدفئة (تدفئة شقة سكنية مثلاً)، تبين أنه من جراء حرق البترول ينتج حوالي ٦٠٠٠ kg من CO_2 سنوياً، ومن حرق الغاز الطبيعي ينتج حوالي ٤٠٠ kg منه. أي أن استعمال الوقود للتدفئة يشكل حوالي ٤٠ % من طرح CO_2، مما يؤثر بشكل كبير على ظاهرة الاحتباس الحراري. أما المضخة الحرارية فتعمل دون طرح غازات ملوثة أو على الأقل بنسبة منخفضة مقارنةً مع حرق الوقود التقليدي.

٢- بينت الدراسات أنه لإنتاج ١ kwh من الحرارة يلزم ٠.١ L من الوقود السائل، أما باستخدام المضخة الحرارية للتدفئة فقد يلزم طاقة أقل، والسبب في ذلك بأن المضخة الحرارية تسحب حوالي ٧٥% من الطاقة المطلوبة منها عبر الوسط المحيط، مما يوفر جزءاً كبيراً من الاقتصاد الوطني، ويحافظ على الثروات الطبيعية. ويبين [الشكل ٥-٣] مقارنة بين الكلفة التقديرية (بالدولار الأمريكي) لتدفئة منزل مساحته ft^2 ٢٠٠٠ لمدة سنة كاملة باستخدام مضخة حرارية أو نظام التدفئة بالغاز، مع اعتبار شروط العزل الحرارية المثالية.



شكل (٥-٣) مقارنة ما بين نظام تدفئة الغاز و المضخة الحرارية

٣- إن التدفئة بالمضخة الحرارية تؤمن الراحة الحرارية المطلوبة وبرفاهية عالية وبدون ضجيج و□يانة أقل ما يمكن.

٤- باستغنائها عن احتراق الوقود أو إشعاله، تقدم المضخة الحرارية أماناً في التشغيل و الاستثمار.

٥- المضخة الحرارية نظام تدفئة مثالي بالمقارنة مع أنظمة التدفئة التقليدية.

٦- المضخة الحرارية ذات استعمالات متعددة حيث يمكن استخدامها في ف□ل ال□يف للتبريد أيضاً {راجع الفقرة ٣-١}.

B

المراجع المستخدمة

اسم المرجع	المؤلف
المضخات الحرارية وتطبيقاتها	د.م. وجيه ناعمة
هندسة التبريد	د.م. نديم مخيبر ، د.م. علي عيسى
أساسيات تقنية التبريد و التكييف	منهاج المؤسسة العامة للتعليم الفني و التدريب المهني (المملكة العربية السعودية)
Heating Ventilation and Air Conditioning	Richard Nicholls
Heat Pump Technology	Dr. Hans Ludwig von Cube & Prof. Fritz Steimle

رقم الصفحة

الهدف من العمل ١

وصف ١

الفصل الأول

مقدمة عن التدفئة

١-١ لمحة تاريخية ٢

١-٢ هندسة التدفئة ٤

الفصل الثاني

أنظمة التدفئة

٢-١ أنظمة التدفئة المباشرة ٦

٢-٢ أنظمة التدفئة غير المباشرة ٧

٢-٢-١ نظام التدفئة بالماء الساخن ٧

٢-٢-٢ نظام التدفئة بالهواء الساخن ٨

٢-٢-٣ نظام التدفئة بالبخار ٨

٢-٣ صفات أنظمة التدفئة المركزية بشكل عام ٩

الفصل الثالث

المضخة الحرارية

٣-١ المضخة الحرارية ومبدأ عملها ١٢

٣-٢ أجزاء المضخة الحرارية ١٥

٣-٢-١ الضاغط ١٦
٣-٢-٢ المكثف ١٧
٣-٢-٣ صمام التمدد ١٨
٣-٢-٤ المبخر ١٩
٣-٣ دارة المضخة الحرارية ٢٠
٣-٤ أنظمة المضخات الحرارية ٢٥
٣-٥ وسائط التبريد وخواصها ٢٧
٣-٥-١ تصنيف وسائط التبريد ٢٩
٣-٥-٢ استعمال وسائط التبريد ٢٩
٣-٦ منابع الطاقة للمضخة الحرارية ٣٠
٣-٦-١ الهواء ٣٢
٣-٦-٢ الماء ٣٢
٣-٦-٣ القشرة الأرضية ٣٤
٣-٦-٤ منابع أخرى ٣٥

الفصل الرابع

اختيار المضخة الحرارية

٤-١ تحديد درجة غليان وسيط التبريد ٣٦
٤-٢ تحديد درجة تكاثف وسيط التبريد ٣٦
٤-٣ تحديد زيادة التبريد وزيادة التسخين ٣٧
٤-٤ تحديد نسبة الانضغاط ٣٧
٤-٥ تحديد بارامترات دارة المضخة الحرارية ٣٨
٤-٦ تحديد كمية وسيط التبريد المار في الدارة ٤٠

٤-٧ تحديد تدفق المياه اللازمة للتدفئة ٤٠
٤-٨ تحديد تدفق مياه المنبع الحراري ٤١
٤-٩ اختيار أجزاء المضخة الحرارية ٤١
٤-٩-١ اختيار الضاغط ٤١
٤-٩-٢ اختيار المكثف ٤١
٤-٩-٣ اختيار المبخر ٤٢
٤-١٠ حساب معامل الأداء للدارة ٤٢
٤-١١ اختيار المضخة الحرارية المناسبة ٤٢

الفصل
الخامس

المضخة الحرارية ومستقبل التدفئة

مقدمة ٤٦
٥-١ مبررات استخدام المضخة الحرارية ٤٧

المراجع ٥٠

المستخدمة