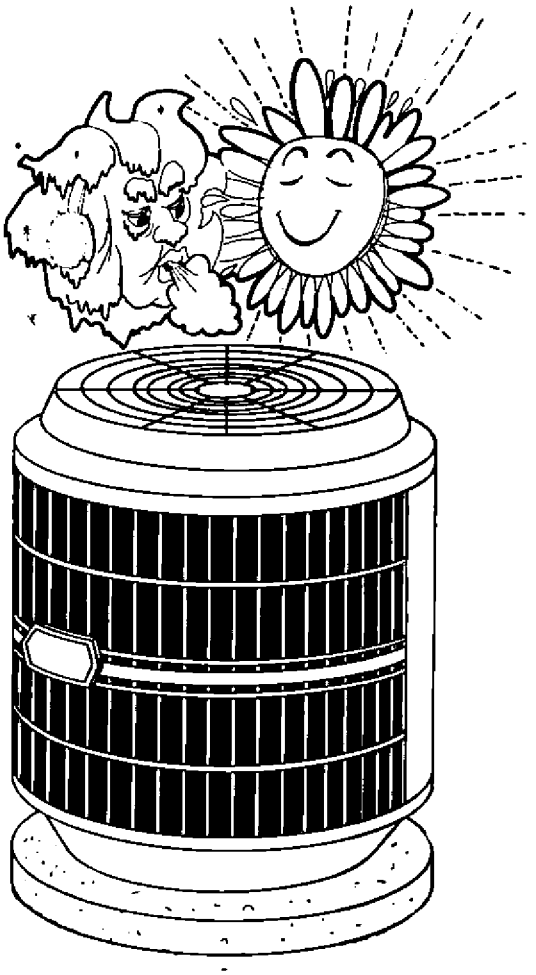
الفصل السّابع



الطلمبات الحرارية

الفصل السابع

الطلمبات الحرارية

الطلمبة الحرارية (Heat pump) أو التى يطلق عليها أحيانًا وحدة تكييف الهواء ذات الدورة المعكوسة (Reverse Cycle Airconditioner) قد تم استعمالها منذ عدّة سنين مضت. إن عملية رفع الحرارة من الهواء الموجود داخل المكان وطردها للهواء الخارجى عن طريق نقل الحرارة باستعمال مركب التبريد هى طريقة أساسية فى تكييف الهواء. وبعكس هذه العملية أصبح ممكنًا إعطاء حرارة داخل الأماكن خلال فصل الشتاء وانتشر الترويج لهذه الطريقة فى نهاية عام ١٩٤٠ وبداية عام ١٩٥٠. ولكن من سوء الحظ فإن الأجهزة التى قد استخدمت فى ذلك الوقت لم تكن مصمّمة بطريقة مناسبة نظرًا للإجهادات الإضافية التى تتواجد فى استعمالات الطلمبات الحرارية. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأشخاص الذين قاموا بتركيب هذه الأجهزة وكذلك الفنيين الذين قد أشرفوا على خدمتها لم تكن لديهم إلّا معلومات قليلة عن الطلمبات الحرارية ممّا جعل لها مشاكل سيئة. ونتيجة لذلك فإن الطلمبات الحرارية التى استخدمت فى بداية الخمسينات فشلت بدرجة أثارت الدهشة مما جعل استعمالها غير مرغوب فيه، ووضعت معظم الشركات المنتجة لها تصميماتها على الأرفف واتجهت إلى تصنيع أجهزة تكييف هواء أخرى.

ونظرًا لأن البترول كان متوفرًا ومتاحًا بسعر رخيص، وكذلك الكهرباء كانت رخيصة، فإن سوق أجهزة تكييف الهواء العادية كان ينمو بسرعة، ولذلك لم يكن هناك أىّ اتجاه فى ذلك الوقت لترويج أجهزة غير مناسبة. وبتحديد استهلاك البترول فى عام ١٩٧٣، والزيادة المطّردة بشكل غير عادى فى جميع مصادر الطاقة، فإنه أصبح استخدام أجهزة ذات كفاءة اقتصادية عالية فى الطاقة أمرًا إجباريًّا لا مفرّ منه؛ ولهذا أعطت غالبية الشركات الكبيرة إنتباهها مرّة أخرى إلى الطلمبة الحرارية وأصبح الآن سوقها من أسرع القطاعات نموًّا بالنسبة لأجهزة تكييف الهواء.

وبالإضافة لاقتصاديات الطاقة فإن هناك أسبابًا وعوامل هامّة أخرى من أجلها أصبحت الطلمبة الحرارية تُتيح طريقة ناجحة فى تدفئة وتبريد أماكن الإقامة. هذا وبعض هذه

العوامل لم يكن أيضًا موجودًا منذ بضع سنين قليلة مضت. وفيما يلى هذه الأسباب والعوامل الهامة:

١ - إن المساكن تعزل حراريًا الآن بطريقة ومواد أفضل، مما سبّب انخفاضًا فى ثمن الأجهزة.

٢ - تم تصميم ضواغط وملفّات خاصّة لهذا الاستعمال لها جودة عالية.

٣ - لا تحتاج المساكن الآن لفتحات أو مداخن، نظرًا لأنه لاتوجد عوادم احتراق تعمل على تلوّث الهواء.

٤ - الأجهزة، وعلى الأخصّ الجزء الذى يركب داخل المكان منها تحتلّ حيزًا أقل.

٥ - المنظمات والبلوف العاكسة يمكن الاعتماد عليها.

٦ - بذل جهد هندسى كبير لاكتشاف وفهم ما يحدث حقيقة داخل الأجهزة، وبذلك أصبح التصميم الكلّى أفضل كثيرًا.

٧ - الاستعمال أصبح أكثر دقّة.

٨ - كثر عدد الفنيين الذين أمكن تدريبهم لتركيب وخدمة الطلمبات الحرارية بطريقة صحيحة.

ما هى الطلمبة الحرارية؟

فى أبسط صورة، نجد أن الطلمبة الحرارية لها تركيب يختلف قليلًا عن جهاز تكييف الهواء العادى، حيث تجهز لإمكانية دورانها أيضًا إلى الخلف (Backwards). وأثناء دورانها إلى الخلف، فإنها تمتصّ الحرارة من الهواء الخارجى وتدخلها إلى داخل أماكن الإقامة.

إن معظم الفنيين يمكنهم أن يفهموا أن جهاز تكييف الهواء يمكن جعله يدور إلى الخلف بسرعة كافية، ولكن ما يحيرّ الكثير منهم أنه كيف يمكن عمل ذلك؟ حتى بالدوران إلى الخلف، يمكن للطلمبة الحرارية أخذ حرارة من الهواء الخارجى عندما يكون باردًا جدًّا.

وحقيقة الموضوع هو أن هواء الشتاء الخارجى البارد دائما يحتوى على كمية من الحرارة... إن قراءة درجة حرارة صفر °ف فى الشتاء لاتعنى أنه لا توجد حرارة فى الهواء. ومن الواضح تمامًا أن الهواء عند «تحت الصفر» يشتمل على حرارة أقل من الهواء عند درجة الصفر.

إن النقطة المطلقة التى لاتوجد بها حرارة فى الهواء هى - ٤٥٩°ف ويطلق عليها «الصفر المطلق - Absolute Zero».

ونظرًا لأن «الصفر المطلق» هو - ٤٥٩°ف، فإنه يكون من الواضح أن الهواء مازال يحتوى على ٤٥٩ مرّة حرارة عند صفر°ف، كما هو الحال بين صفر°ف فى يوم شتاء و١٠٠°ف فى يوم حار صيفًا.

وتقوم الطلمبة الحرارية بامتصاص هذه الحرارة بتبخّر مركب التبريد داخل الملف الخارجى «Outside Coil» عند درجة حرارة أقل من درجة حرارة الهواء الخارجى، مسببّة سريان الحرارة من الهواء إلى مركب التبريد. أليس ذلك بسيطًا!

ولكنه ليس بالبساطة التى فكّرت فيها بعض المصانع عند بداية صناعة الطلمبات الحرارية حيث إن كل ما قامت به هذه المصانع فى ذلك الوقت هو تركّب بلف ذى أربعة سكك «Four Way ValVe» لعكس سريان مركب التبريد فى جهاز تكييف الهواء العادى. وبهذه الطريقة تمّ إنتاج أجهزة كانت مصدرًا لحدوث متاعب مستمرّة، وفشلت أيضًا فى إعطاء التدفئة المطلوبة وإحتاجت كذلك إلى مصاريف باهظة لخدمتها.

إن الطلمبة الحرارية لها حالات تشغيل خاصة لتصميمها الفريد، فمثلاً الملف الداخلى «Indoor Coil» الذى يعمل كملف مبخّر فى دورة الصيف يكون هو ملفّ المكثف فى الشتاء. ومن أجل ذلك يجب أن يكون له مساحة مسطح أكبر فى العادة وذلك للمحافظة على درجات حرارة التكاثف من الارتفاع بدرجة خطيرة. والمجمع (Accumulator) الذى يركب فقط فى أجهزة تكييف الهواء الجيدة التصميم يكون ضروريًّا فى الطلمبة الحرارة، مثل مسخّن صندوق المرفق الذى يجعل زيت الضاغط خاليًا من مركب التبريد خلال حالات التقويم عند درجات الحرارة المنخفضة. ويجب كذلك إعطاء إنتباه خاصّ لاختيار الضاغط لعمل الطلمبة الحرارية نظراً لأنه يعمل خلال العالم كله وعند ضغوط تشغيل مختلفة تمامًا عن جهاز تكييف الهواء العادى.

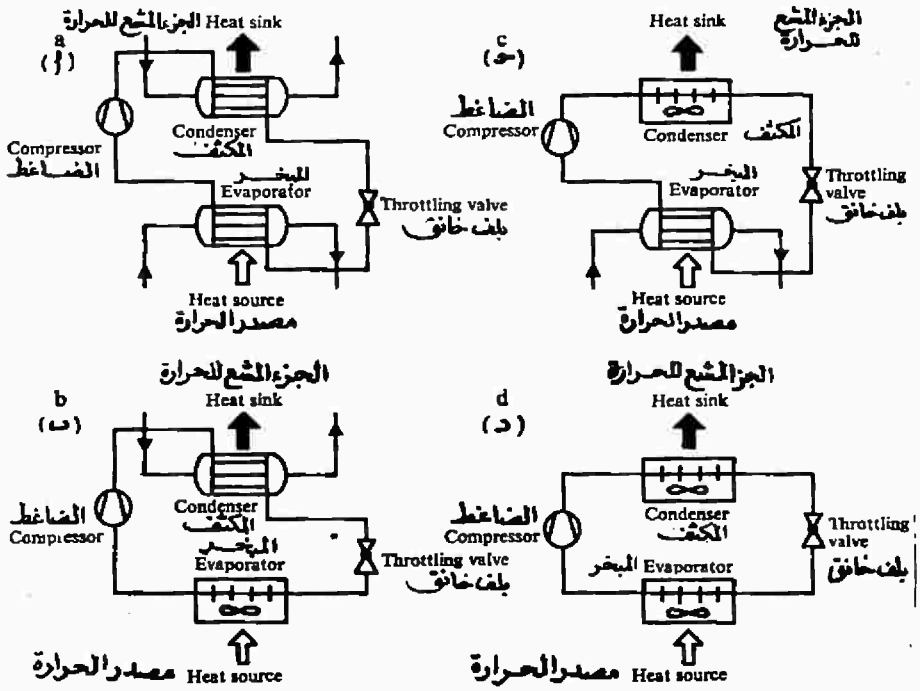
وهذا نجد أن الطلمبة الحرارية ليست أكثر من جهاز تكييف هواء يمكن أن يدور إلى الخلف - ولكن مرة أخرى أليست كذلك!

الطرق المختلفة لعمل الطلمبات الحرارية

تتوقف هذه الطرق على مصادر الحرارة، والجزء المشعّ للحرارة (Heat Sink) وأجهزة نقل الحرارة (Heat Carriers) ولذلك يمكن بإختصار توصيف أنواع الطلمبات الحرارية بالطرق المختلفة لعملها الآتية، وكما توضّحها الرسومات الظاهرة فى الرسم رقم (٧-١)

(أ) الطلمبة الحرارية ماء / ماء: رسم رقم (٧-١أ).

مصدر الحرارة:



رسم رقم (٧-١) الأنواع المختلفة من الطلمبات الحرارية.

الأرض، الماء الموجود على السطح، الماء المستهلك، التربة (غير مباشرة).

الجزء المشعّ للحرارة:

عملية تسخين الماء.

المبدلات الحرارية:

المكثف ذو الغلاف والمواسير.

المبخّر ذو الغلاف والمواسير أو المبخر اللوح.

(ب) الطلمبة الحرارية هواء / ماء: رسم رقم (٧-١ب).

مصدر الحرارة:

الهواء الخارجي، الهواء الفاسد أو الراجع.

الجزء المشع للحرارة:

عملية تسخين الماء.

المبدلات الحرارية:

المكثّف ذو الغلاف والمواسير.

المبخر ذو المواسير والزعانف.

(حـ) الطلمبة الحرارية ماء/هواء: رسم رقم (٧-١حـ).

مصدر الحرارة:

الأرض، الماء الموجود على السطح، الماء المستهلك، التربة (غير مباشرة).

الجزء المشعّ للحرارة:

عملية تسخين الماء.

المبدلات الحرارية:

المكثّف ذو المواسير والزعانف.

المبخّر ذو الغلاف والمواسير.

(د) الطلمبة الحرارية هواء / هواء: رسم رقم (٧-١د).

مصدر الحرارة:

الهواء الخارجى، الهواء الفاسد أو الراجع.

الجزء المشع للحرارة:

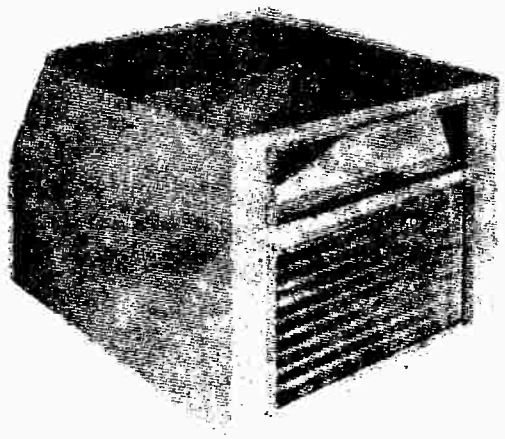
عملية تسخين الماء.

المبدلات الحرارية:

المكثف ذو المواسير والزعانف.

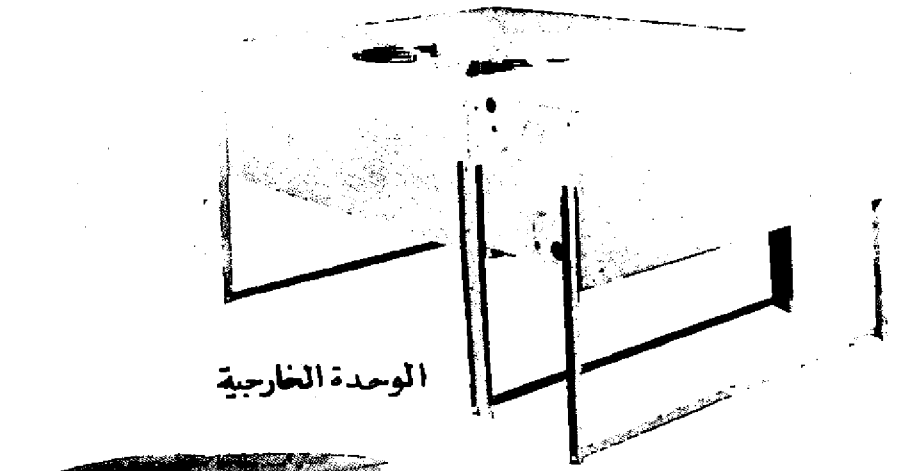
المبخر ذو المواسير والزعانف.

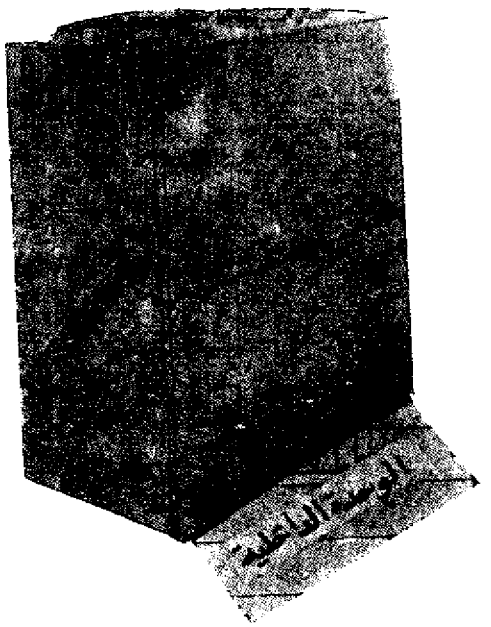
ولسهولة توضيح عمل الطلمبات الحرارية سنقصر كلامنا فى هذا الفصل من الكتاب عن الطلمبات الحرارية من طراز هواء/هواء (Air to Air Heat Pumps) والتى تكون جميع أجزائها إمّا مجمعة داخل كابينة واحدة (Self Contained Unit) كالتى يظهر شكل إحداها فى الرسم رقم (٧-٢) أو التى تكون أجزاؤها مركّبة داخل كابينتين منفصلتين، كابينة الوحدة الخارجية (Outdoor Unit) وكابينة الوحدة الداخلية (Indoor Unit) كالوحدتين



رسم رقم (٧-٢) الشكل الخارجى للطلمبة الحرارية المجمعة.

اللتين تظهران فى الرسم رقم (٧-٣) والتى يطلق عليها أيضا الطريقة المنفصلة (Split System).



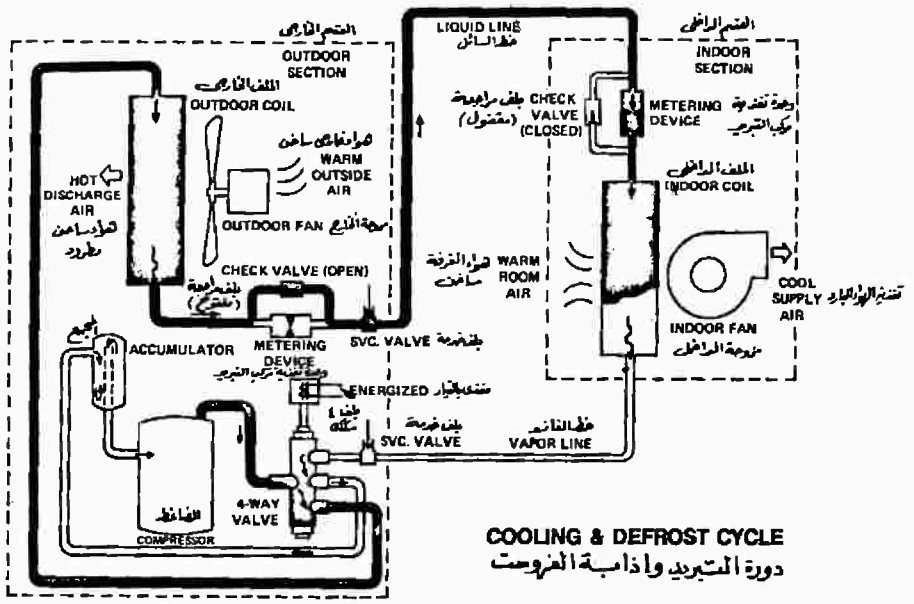


رسم رقم (٧-٣) الطلمبة الحرارية المنفصلة التى تتكون من الوحدة الداخلية والوحدة الخارجية.

كيف تعمل الطلمبة الحرارية؟
(من طراز هواء / هواء)

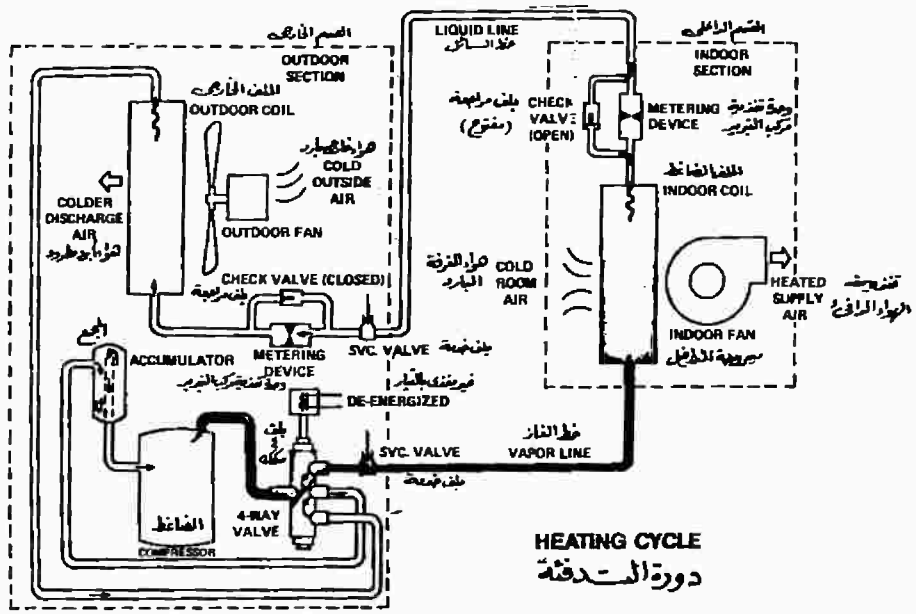
أثناء القيام بعملية التبريد، تنقل الحرارة إلى مركب التبريد. ويتم تبريد ورفع الرطوبة الزائدة من الهواء الساخن الموجود داخل المكان، حيث يعاد توزيعه خلال شبكة مجارى الهواء. والحرارة التى يكون قد امتصها مركب التبريد تطرد إلى الخارج بواسطة الملف الخارجى (تنظر دورة التبريد وإذابة الفروست (ديفروست) المبيّنة فى الرسم رقم (٧-٤).

وعندما يطلب الترموستات المركب بالمكان التدفئة، فإن البلف ذا الأربع سكك (4 Way Valve) يأخذ وضعة الآخر أو توماتيكيا ويعكس الدورة. والحرارة التى تمتصّ من الهواء الخارجى تغيّر مركب التبريد من سائل ذى درجة حرارة منخفضة إلى غاز ذى ضغط ودرجة حرارة منخفضة. ويسحب هذا الغاز إلى الضاغط، حيث يقوم بضغطه إلى غاز ذى ضغط ودرجة حرارة عالية ويدفعه إلى الملفّ الداخلى. ويعمل الآن الملف الداخلى كمكثّف لدائرة



رسم رقم (٧-٤) دورة التبريد وإذابة الفروست (ديفروست) للطلمبة الحرارية من طراز هواء / هواء.

مركب التبريد حيث يعطى حرارة الغاز ذى درجة الحرارة المرتفعة إلى الهواء الذى يتحرك خلال الملف كما هو مبين بالرسم رقم (٧-٥).



رسم رقم (٧-٥) دورة التدفئة للطلمبة الحرارية من طراز هواء / هواء.

وأثناء دورة التدفئة، فإن الهواء الخارجى الذى يمرّ خلال الملفّ الخارجى يعطى حرارته إلى مركب التبريد، حتى ولو كانت درجة حرارة هذا الهواء الخارجى ٣٥ أو ٤٠°ف (أعلى قليلاً من درجة التجمد)، فإن تخفيض درجة الحرارة بقدر يبلغ تقريبًا ١٠ درجات، عندما يعطى حرارته، فإنه يسبّب تجمّد الرطوبة الموجودة بالهواء ويتكوّن الفروست على الملف الخارجى. وفى حالة عدم وجود بعض الوسائل لإذابة هذا الفروست (ديفروست) بطريقة دورية، فإنه قد يستمر يتجمع فوق الملف حتى يصبح هذا الملف مسدودًا بالفروست) مسبّبًا تخفيض سعة الوحدة بدرجة كبيرة. وطريقة إذابة الفروست هذه (ديفروست) تتغيّر باختلاف المصانع التى تنتج الطلمبات الحرارية.

وأحد هذه الطرق يستخدم بها المسخّنات الكهربائية ذات المقاومة لإذابة الفروست، ولكن الطريقة الأخرى الشائعة الاستعمال هى عكس البلف ذى الأربعة سكك الذى يقوم

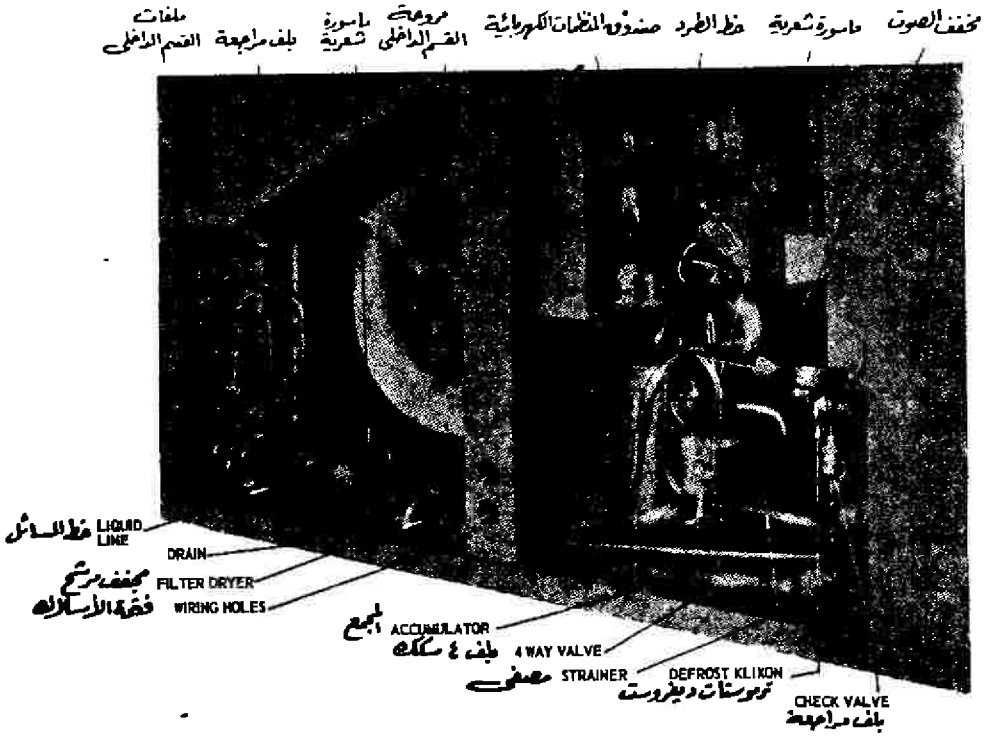
بعكس عمل الوحدة إلى عملية التبريد، حيث يعمل الآن الملف الخارجي كملف مكثف ساخن يُذيب الفروست المتجمع فوقه. ولمعالجة تغذية الهواء الداخلي، نظراً لكون الوحدة تعمل فى دورة التبريد (عملية الديفروست) فإنه يتم تغذية مسخّنات مقاومة كهربائية إضافية (Supplemental Resistance Heaters) بالتيار مركبة فى مسار تيار الهواء الداخلي، وبذلك يتم معالجة تأثير التبريد ومنع حدوث تيارات هواء باردة. وعندما تحسّ منظمات الديفروست بأنه قد تمّ إذابة الفروست، فإن البلف ذا الأربع سكك يعكس وضعه وتستأنف الوحدة عملية التدفئة.

هذا ونظرًا لعدم إمكان مرور سائل مركب التبريد فى اتجاه عكسى بسهولة خلال بلف التمّدد الحرارى أو الماسورة الشعرية (Metering Device) الموجودة بدائرة مركب التبريد، لذلك يمر هذا السائل خلال ماسورة تهريب (By - Pass Line) كما هو موضح بكل من الرسم رقم (٧-٤) و (٧-٥)، حيث نجد أن هذه الماسورة تشتمل أيضًا على بلف مراجعة (Check Valve) يمنع مرور سائل مركب التبريد فى اتجاه معاكس داخل ماسورة التهريب. ولإمكان تحويل سائل مركب التبريد أثناء دورة التدفئة إلى غاز داخل الملف الخارجي حتى يصل إلى الضاغط بهذا الشكل، فإنه يركّب فى الجهاز بلف تمدد حرارى آخر أو ماسورة شعرية أخرى (Metering Device) عند مدخل الملف الخارجي للقيام بهذا العمل.

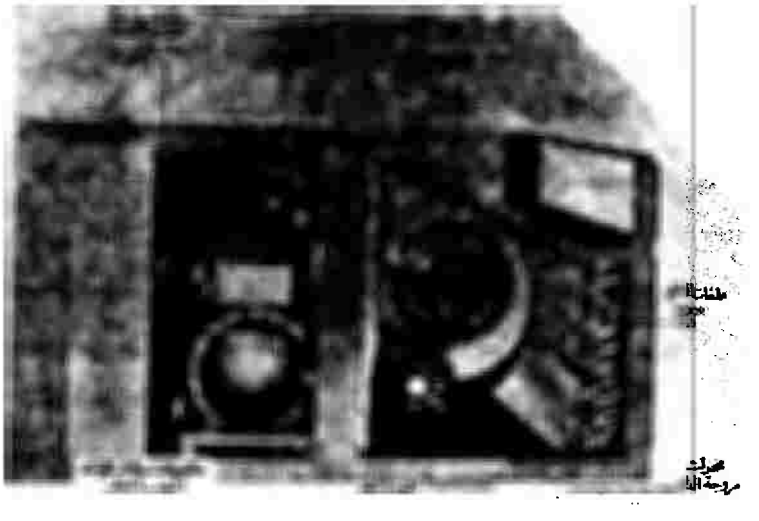
الأجزاء التى تشتمل عليها الطلمبة الحرارية المجمعة داخل كابينة واحدة:

الرسم رقم (٧-٦) والرسم رقم (٧-٧) يوضحان الأجزاء المختلفة التى يشتمل عليها هذا الطراز من وحدات الطلمبات الحرارية المجمعة داخل كابينة واحدة (Selfcontained Heat Pump Units). ونلاحظ من هذين الرسمين أن دائرة مركب التبريد الخاصة بهذه الوحدة تشتمل على مواسير شعرية لتنظيم دخول كمية سائل مركب التبريد بكل من الملف الداخلي والملف الخارجي بالوحدة.

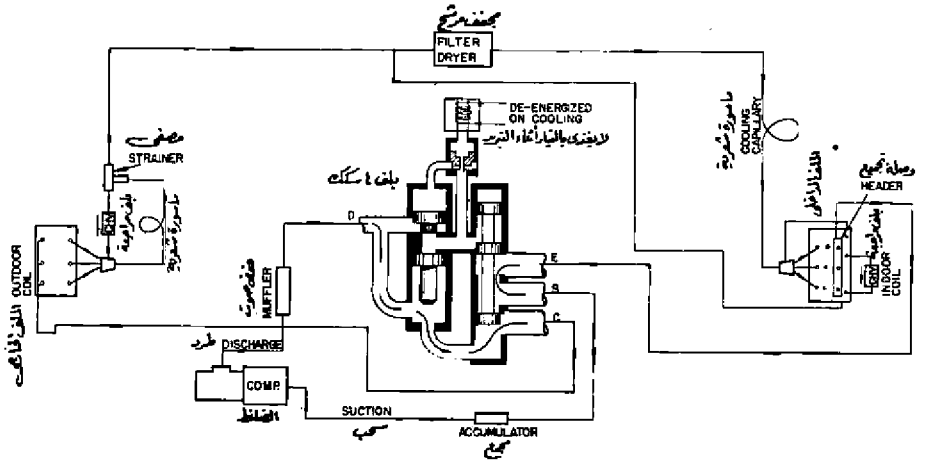
والرسم رقم (٧-٨) يبيّن دائرة مركب التبريد المبسّطة لوحدة الطلمبة الحرارية التى تشتمل على مواسير شعرية لتنظيم دخول كمية سائل مركب التبريد بكل من الملف الداخلي، والملف الخارجي المركبة بهذه الوحدة أثناء عملها دورة التبريد (Cooling Cycle)،



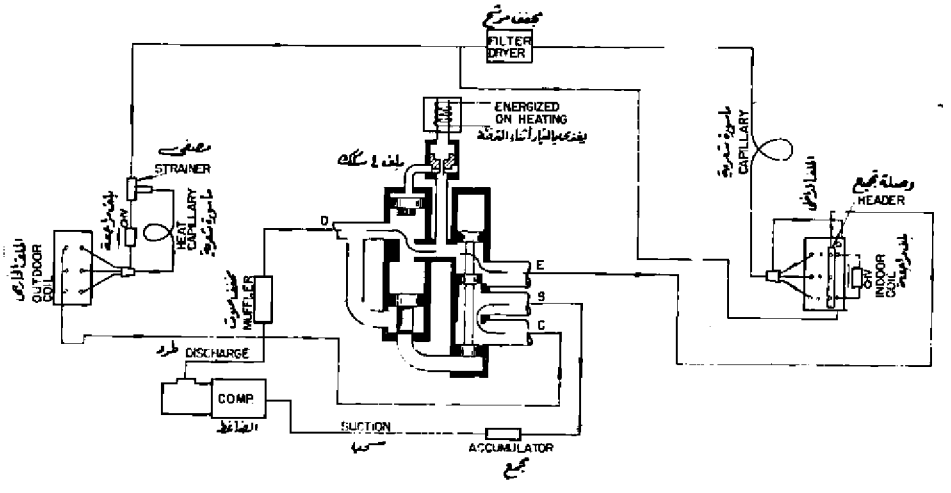
رسم رقم (٧-٦) الجانب الأيسر لوحدة طلمبة حرارية مجمعة داخل كابينة واحدة تظهر به الأجزاء المختلفة التى تتواجد بهذه الناحية.



رسم رقم (٧-٧) الجانب الأيمن للطلمبة الحرارية الظاهرة بالرسم السابق، يبين الأجزاء المختلفة التى تتواجد بهذه الناحية.

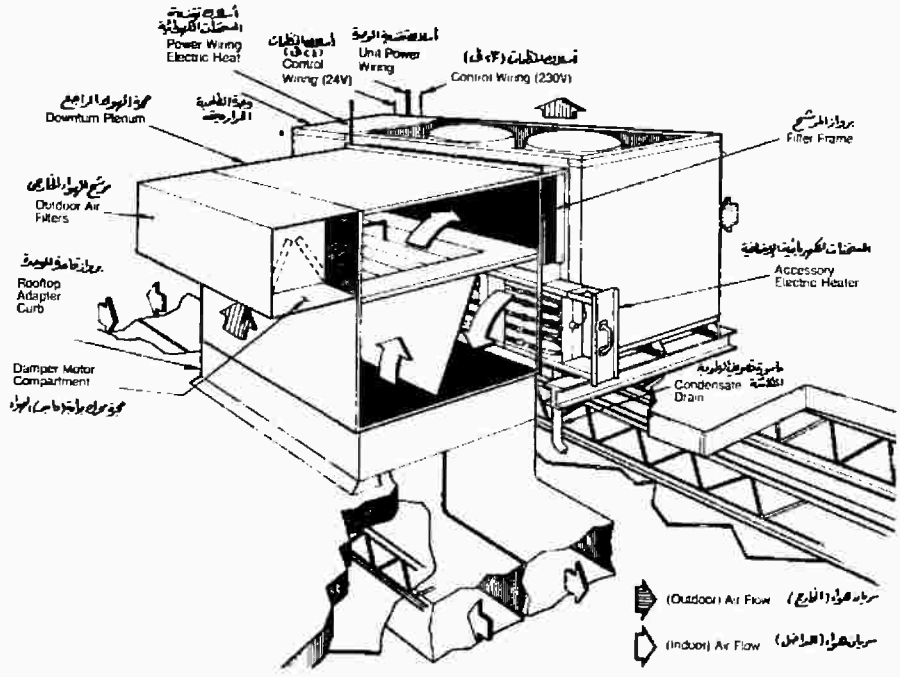


رسم رقم (٧-٨) دائرة مركب التبريد المبسطة لوحدة الطلمبة الحرارية التى تشتمل على مواسير شعرية وذلك أثناء عملها دورة التبريد.



رسم رقم (٧-٩) دائرة مركب التبريد المبسطة لوحدة الطلمبة الحرارية التى تشتمل على مواسير شعرية وذلك أثناء عملها دورة التدفئة.

بينما الرسم رقم (٧-٩) يبين هذه الدائرة أثناء عملها دورة التدفئة (Heating Cycle). هذا ويوجد طراز حديث من هذه الطلمبات الحرارية المجمعة داخل كابنية واحدة ذو تصميم خاص لتركيبه فوق أسطح مبانى المنشآت التجارية والصناعية والعملية (Rooftop Heat Pump Package) وذلك بالطريقة الموضحة بالرسم رقم (٧-١٠).



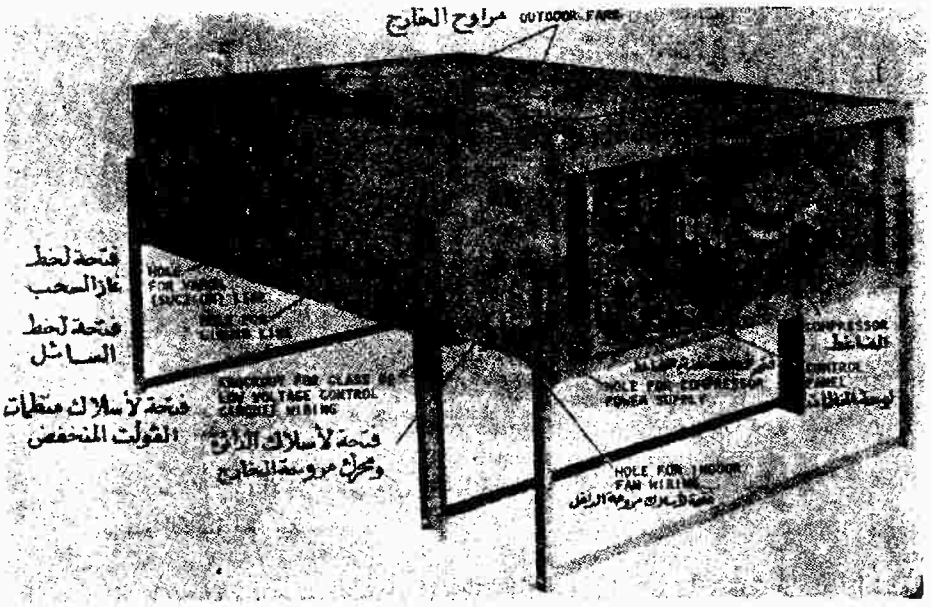
رسم رقم (٧-١٠) طريقة تركيب الطلمبة الحرارية المجمعة داخل كابينة واحدة فوق سطح المبنى.

الأجزاء التى تشتمل عليها الطلمبة الحرارية التى تكون أجزاؤها مركبة داخل كابنتين:

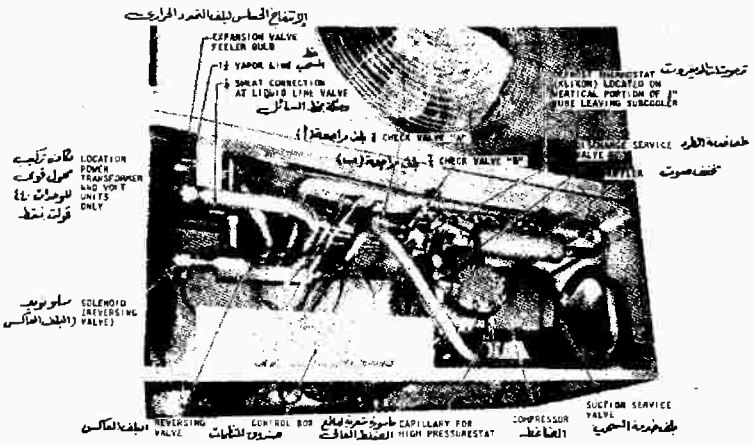
هذا النوع من الطلمبات الحرارية يعرف بالطراز المنفصل (Split Type Heat Pump) وهو يتركب من وحدة كابينة خارجية ووحدة كابينة داخلية يتم توصيل دائرة مركب التبريد الخاصة بها بواسطة مواسير مركب تبريد.

الرسم رقم (٧-١١) يبيّن الشكل الخارجى لوحدة الكابينة الخارجية (Outdoor Unit) لهذا الطراز من وحدات الطملبات الحرارية، وذلك بعد رفع غطائها الجانبى ليظهر كل من الضاغط ولوحة المفاتيح والمنظمات الكهربائية الخاصة بتشغيل هذه الوحدة.

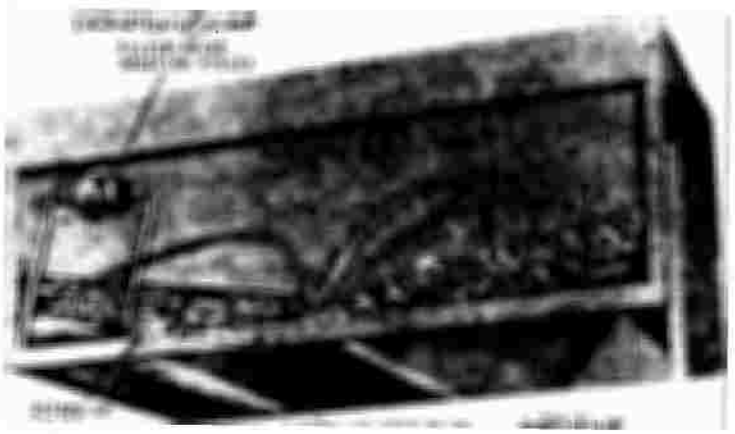
والرسم رقم (٧-١٢)يبين المنظر العلوى لقسم الضاغط حيث تظهر به الأجزاء المختلفة التى يحتويها هذا القسم، بينما الرسم رقم (٧-١٣) يظهر الأجزاء الأخرى التى يمكن رؤيتها من ناحية النهاية المقابلة لقسم الضاغط.



رسم رقم (٧-١١) الشكل الخارجي لوحدة الكابينة الخارجية للطلمبة الحرارية من الطراز المنفصل وذلك بعد رفع غطائها الجانبي لتظهر الأجزاء الموجودة بهذا الجانب.

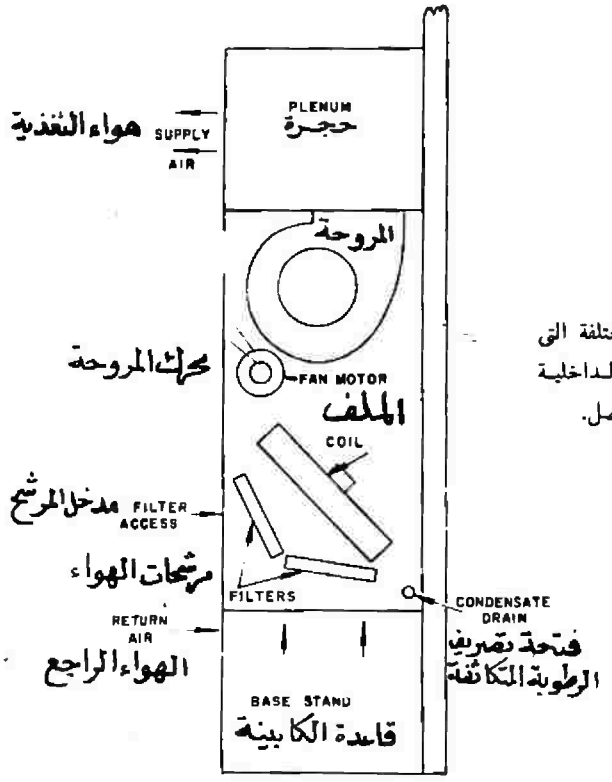


رسم رقم (٧-١٢) المنظر العلوى لقسم الضاغط الموجود بوحدة الكابينة الخارجية، تظهر به الأجزاء المختلفة التى يحتويها هذا القسم.

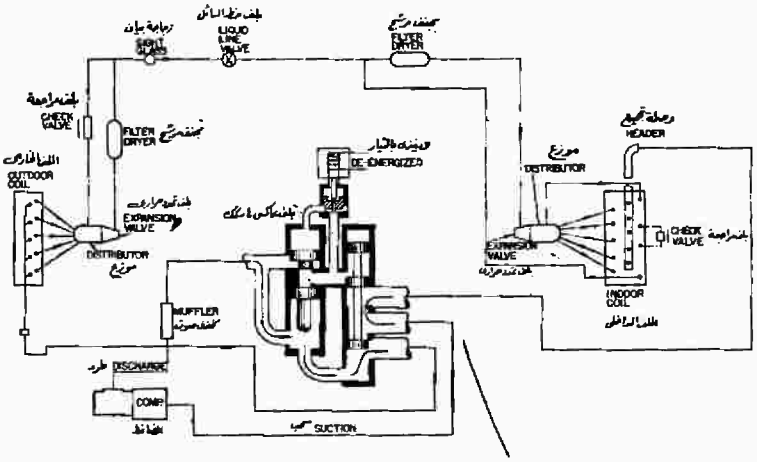


رسم رقم (٧-١٣) الأجزاء التى يمكن رؤيتها من ناحية النهاية المقابلة لقسم الضاغط بوحدة الكابينة الخارجية.

الرسم رقم (٧-١٤) يوضح الأجزاء المختلفة التى تشتمل عليها وحدة كابينة داخلية (Indoor Unit) من النوع الرأس لهذا الطراز من الطلمبات الحرارية.

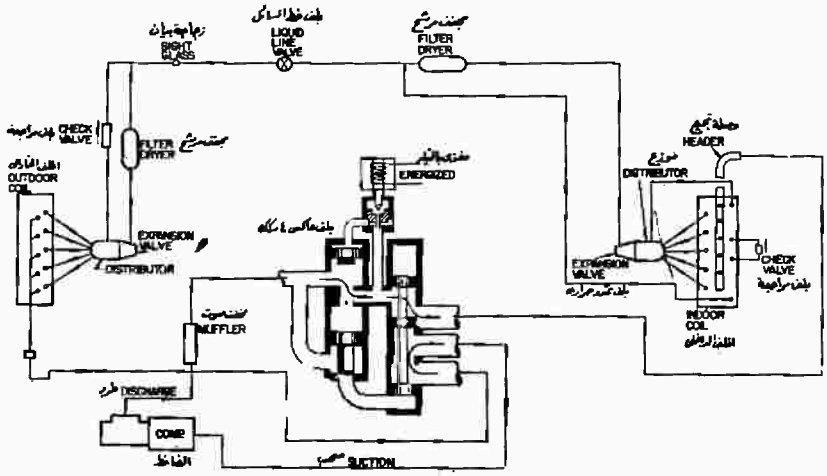


رسم رقم (٧-١٤) الأجزاء المختلفة التى تشتمل عليها وحدة الكابينة الداخلية للطلمبة الحرارية من الطراز المنفصل.



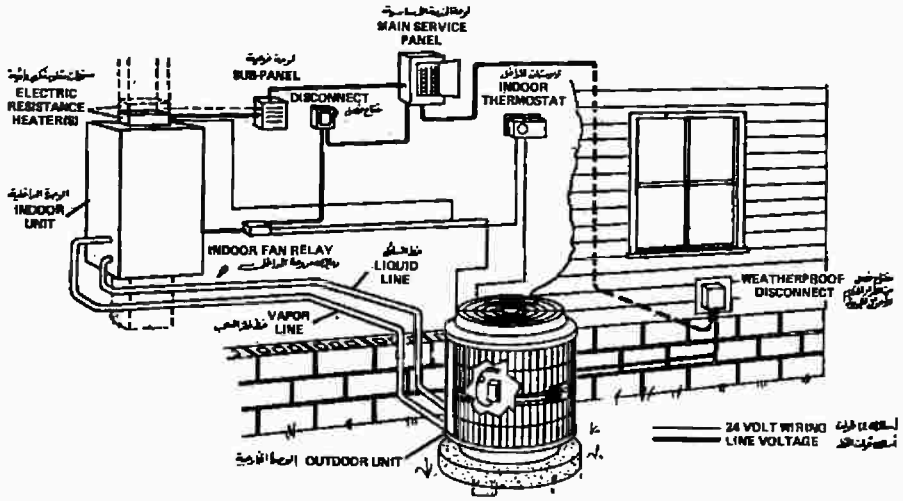
رسم رقم (٧-١٥) دائرة مركب التبريد المبسطة لوحدة طلمبة حرارية من الطراز المنفصل تشتمل على بلف تمدد حرارى وذلك أثناء دورة التبريد.

الرسم رقم (٧-١٥) يبنّ دائرة مركّب التبريد المبسّطة لوحدة طلمبة حرارية من الطراز المنفصل تشتمل على بلف تمدّد حرارى لتنظيم دخول كمية سائل مركّب التبريد بكل من الملّف الداخلى والملف الخارجى بهذه الطلمبة الحرارية أثناء عملها دورة التبريد (Cooling Cycle). بينما الرسم رقم (٧-١٦) يبين هذه الدائرة أثناء عملها دورة التدفئة (Heating Cycle).



رسم رقم (٧-١٦) دائرة مركب التبريد المبسطة لوحدة طلمبة حرارية من الطراز المنفصل تشتمل على بلف تمدد حرارى وذلك أثناء دورة التدفئة.

هذا والرسم رقم (٧-١٧) يوضح طريقة نموذجية لتوصيلات كل من مواسير مركب التبريد والأجزاء الكهربائية المختلفة لطملبة حرارية من الطراز المنفصل تشتمل على وحدة خارجية ووحدة داخلية.



رسم رقم (٧-١٧) طريقة نموذجية لتوصيلات كل من مواسير مركب التبريد والأجزاء الكهربائية المختلفة لطلمبة حرارية من الطراز المنفصل تشتمل على وحدة داخلية ووحدة خارجية.