

Applied Study to Demonstrate the Potential of the Work of the Refrigerator to Work as a Heat Recovery Device

Ali Abdul whaab Ismiael

Electromechanical Engineering Department, University of Technology/Baghdad

Email: Ayadali_2002t@yahoo.com

Received on: 3/3/2011 & Accepted on: 6/10/2011

ABSTRACT

The research includes an applied study and description of the possibility of heat recovery from the superheated vapour in the discharge of compressor of a domestic refrigerator for a purpose of using it in heating food, i.e. operating as a heat pump. The modified design of refrigeration cycle in a order to as reverse the flow of the refrigerant fluid in two way, the first includes a heat recovery coil & solenoid valves, and the second the addition of a heat Recovery coil and a three way reverse valve, and designing the electric cycles for both models.

The effect of this modification on the coefficient of performance in a partial and total load operation were obtained. There has been an improvement in the operation of cycle performance, while working as a heat pumps of (10%) more than its refrigeration cycle only. This addition comes from the increase of sub-cooling Liquid of refrigerant by (3 to up 6) C°. This has improved the extracted heat in evaporator coil. The temperature of the heat cabinet may reach 60 C° and it is a sufficient for heat the food. The effect of this modification on the rates of pressure drop in tubes was found to be of little amount, and its effect on the performance of the compressor may be negligible.

تطبيق عملي لبيان إمكانية عمل الثلاجة كأداة أسترداد حرارية

الخلاصة

تضمن البحث دراسة عملية لبيان إمكانية استرداد حرارة تحميص البخار المغادر للضاغط في دورة التبريد للثلاجة المنزلية بهدف الاستفادة منها في إعادة تسخين الأطعمة وبالتالي عمل الثلاجة كمضخة حرارية، ولهذا الغرض تم إجراء تعديل في تصميم دورة التبريد لعكس جريان مائع التبريد بأسلوبين مقترحين يشمل الأول إضافة ملف لإعادة التسخين وصمامات مغناطيسية والثاني إضافة ملف لإعادة التسخين وصمام عاكس ثلاثي الاتجاهات، مع تصميم الدوائر الكهربائية لكلا الأسلوبين.

تم حساب تأثير هذا التعديل على أداء دورة التبريد (C.O.P) في حالتى التشغيل الجزئي والكلى للحمل الحراري، حيث لوحظ التحسن في معامل أداء الدورة عند عملها كمضخة حرارية بنسبة تصل إلى أكثر من (10%) عن عملها كدورة تبريد فقط، وان هذه الزيادة تعود إلى انخفاض في درجة سائل مائع التبريد المغادر للمكثف وبمقدار يتراوح من 3C° إلى 6C° مما حسن من مقدار الحرارة المسحوبة في ملف المبخر. كذلك إمكانية أن تصل درجة حرارة هواء كابينة حاظفة التسخين إلى (60 C°) وهي درجة كافية وعالية نسبياً لإعادة تسخين الأطعمة.

كذلك تم دراسة تأثير هذا التعديل على معدلات هبوط الضغط في أنابيب الدورة ولوحظ بأن مقدار هبوط الضغط ثابت تقريباً وتأثيره معدوم على أداء الضاغط.

الكلمات المرشدة: حرارة التجميد - المضخة الحرارية - دورة التبريد - استرداد الحرارة

المقدمة

لقد أصبحت أجهزة التبريد وتكييف الهواء جزءاً لا يتجزأ من الحياة اليومية خصوصاً في المناطق التي تتميز بالمناخ الحار. لتوفير الراحة لشاغلي الأماكن بالإضافة الى استخدامها الواسع في تبريد وحفظ الأغذية وعملها في التطبيقات الصناعية المختلفة.

وتشكل الطاقة المستهلكة في معدات التبريد جزءاً كبيراً من مجمل الطاقة المستهلكة في المنازل حيث بلغت نسبة (63%) من استهلاك الطاقة المنزلي [1].

لذا أنصب الاهتمام حديثاً على محاولة تقليل الطاقة المصروفة في هذه الأجهزة أو محاولة استرداد الطاقة الحرارية الضائعة والاستفادة منها في عمليات التبريد والتسخين.

ومن هذه الدراسات والتي تناولت مفهوم استرداد الحرارة (Heat Recovery). دراسة

(SADC, 1999) [2]. استخدمت دورة التبريد كمضخة حرارية (Heat Pump

Arrangement) بأسلوب الدائرة المغلقة (Closed Cycle). حيث يتم تسخين الهواء الخارجي

(Fresh Outdoor air) المار عبر أنابيب ملف المكثف (Condenser Coil) وتجهيز للغرفة.

ثم يتم استرداد الحرارة المتبقية في الهواء العائد (Return air) في تبخر مائع التبريد عبر أنابيب

المبخر (Evaporator coil) قبل طرح الهواء الى الخارج (Exhaust Air)، وبالتالي تطبيق

مبدأ حفظ الطاقة في دورة التبريد.

أما دراسة (Thomas2003) [3]. فقد بينت إمكانية أسترجاع الحرارة من مياه تبريد

المكثف في وحدات مثلج المياه (Water Chiller) والاستفادة منها في تسخين أو إعادة تسخين

مياه التدفئة الداخلية (Domestic water) في المستشفيات. شملت منظومة الأسترجاع

(Dedicated heat Recovery chiller DHRC) على مبادل حراري (Heat Exchanger)

بين مياه المكثف وبين مياه التدفئة خزان لتجميع المياه ومضخات للتدوير أو ضحت الدراسة

تحسين معامل أداء وحدة التثليج (C.O.P) عند تشغيل مبادل أسترجاع الحرارة بنسبة كبيرة

وتقليل الطاقة المصروفة في ضاغط وحدة التثليج. أما دراسة (SADC 2006) [4] فقد

أستخدمت مائع (Ethylene glycol) في دائرة مغلقة تتكون من مبادلين حراريين أحدهما لسحب

الحرارة من الهواء الخارجي (Outside Air) وتبريده. والمبادل الأخر لسحب الحرارة من

الهواء العادم (Exhaust Air) قبل طرده الى الخارج. كفاءة نقل الحرارة كانت لاتقل عن

60%. وأستخدم مضخة لتدوير المائع بين المبادلين.

أما دراسة (Michael 2008) [5] فأستخدم وحدة أسترداد الحرارة (Heat Recovery

Unit) لأسترجاع حرارة التجميد من المائع التبريد (R-22) في وحدة التبريد المنفصلة (Split

Air conditioner Unit). والأستفادة منها لتسخين المياه. بينت الدراسة إمكانية توفير ما بين

(8%-15%) من الطاقة اللازمة لتسخين المياه.

وعليه يسعى البحث إلى تقديم دراسة عملية لبيان تأثير عكس جريان مائع التبريد لغرض

استرداد حرارة تجميد البخار (Super heated vapour Degree Recovery) والأستفادة

منها في حفظ وإعادة تسخين الأطعمة كأسلوب مقترح من أساليب استرداد الطاقة في دورات

التبريد، وعمل الثلجة المنزلية وفق مبدأ المضخة الحرارية (heat pump) وبذلك إمكانية

استخدامها لإغراض التجميد والتبريد وإعادة التسخين معاً.

تصميم دورة التبريد في الثلاجة المنزلية

تتكون دورة التبريد في الثلاجة المنزلية كما هو معلوم من ضاغط ترددي محكم القفل (Free - Air Compressor) (Hermetic Reciprocating) مكثف هوائي حر (Free - Air Condenser) ميخر هوائي (Air - Evaporator) وأنبوبة شعيرية (Capillary) مع المجفف (Filter dryer) بالإضافة إلى مجموعة الأنابيب لربط الدورة، والثلاجة تتكون من خزانين احدهما للتجميد يوضع بداخلها انابيب المبخر وكابينة ثانية لغرض التبريد ويكون هيكل الثلاجة معزول حرارياً. والدورة موضحة بالشكل (1).

خطة البحث

لغرض تحقيق هدف البحث في استخدام الثلاجة كمضخة حرارية تم اضافة الاجزاء التالية:

1- كابينة التسخين (heating cabinet) تم تصميم كابينة حافظة التسخين على هيئة حافظة جهاز الفرن الكهربائي المنزلي. حيث كانت ابعاد الحافظة من الداخل (حيز التسخين) العرض 42cm، الارتفاع 20cm، العمق 41cm. اما الابعاد الخارجية العرض 55cm، الارتفاع 32cm، العمق 41cm. وضع داخل حيز التسخين ملف استرداد الحرارة (heat recovery coil) وهو عبارة عن ملف صغير بنفس قطر ومعدن أنابيب المكثف للثلاجة (قطر 4mm، وطول 125cm حيث تمثل المساحة الكلية للملف (25%) من المساحة الكلية للمكثف الثلاث الاصلي، وهي المساحة المخصصة لإزالة حرارة التحميص من بخار المحمص لمائع التبريد وتحويله إلى بخار مشبع في المكثفات [6] اما هيكل الحافظة فيتم عزلة حرارياً باستخدام الصوف الزجاجي بسمك 1.5cm من كافة الجوانب ومن ثم وضع كمية من مادة العازل السائل (الفوم) بسمك 2 cm للحصول على عزل جيد [7] بحيث يحدث التبادل الحراري بين البخار المحمص وبين هواء الحافظة المحيط بالأطعمة بواسطة مروحة صغيرة تركيب داخل الحافظة لزيادة فاعلية سحب حرارة التحميص والاستفادة منها في تسخين الاطعمة. أما محركها الكهربائي يتم تركيبه خارج الحافظة من اجل عدم اشغال جزء من مساحة الحافظة من جهة ولسهولة عملية الصيانة عند الحاجة من جهة ثانية. وتم تركيب باب زجاجية للحافظة من النوع المقاوم والعازل للحرارة، كما موضح بالشكل (2).

2- صمام عدم الإرجاع (Cheack Valves):

يوضع صمام عدم الإرجاع على الأنبوب الواصل بين مخرج الحافظة وبين أنبوب التصريف (Discharge Line) الواصل إلى المكثف، لمنع التدفق العكسي لمائع التبريد في المكثف وتجمعه داخل ملف إعادة تسخين للحافظة عند هبوط الضغط في حالة عدم تشغيل الحافظة.

3- خط الامرار الجانبي (By-Pass Line):

يتم إضافة وصلة ربط على شكل حرف (T) تركيب على خط التصريف للضاغط مباشرة وتركب عليها الصمامات اللازمة لعكس جريان البخار المحمص الخارج من الضاغط باتجاه ملف إعادة التسخين للحافظة بدل حركته باتجاه المكثف. ولهذا الغرض تم اقتراح أسلوبين لعمل الصمامات:-

الأسلوب الأول

استخدام صمامين مغناطيسيين (Solenoid Valves) لغرض القفل أو الفتح يعملان بشكل متعاكسين في الحركة، أحدهما متصل بالمكثف مباشرة، والآخر يتم توصيله بخط الإمرار الجانبي لملف الحافظة وهذا الأسلوب موضح بالشكل (3)

الأسلوب الثاني

استخدام الصمام العاكس الثلاثي الاتجاهات (3-ways Receiver Valve) بدل من الصمامين المغناطيسيين ويربط مع خط الإمرار الجانبي لملف إعادة التسخين وهذا الأسلوب موضح في الشكل (4).

تصميم الدائرة الكهربائية

تتألف الدائرة الكهربائية للثلجة المنزلية كما هو معلوم من ملفات المحرك الكهربائي للضاغط والمتمثلة بملفات التشغيل (Running Coil) وملفات التقويم (Starting Coil) ومن قاطع الوقاية من زيادة الحمل (Over Load) قاطع الوقاية من زيادة التيار (Relay) بالإضافة إلى وحدة التحكم بدرجات الحرارة المطلوبة (Thermostatic Control) ومجموعة الأسلاك الكهربائية. تم إجراء التعديل في الدائرة الكهربائية لتلائم مع هدف البحث، حيث تم إعداد دائرة كهربائية خاصة عند استخدام الصمامات المغناطيسية أو الصمام العاكس، كما هو موضح بالأشكال (5) (6).

والتي تبين أن أجزاء الدورة الكهربائية عند استخدام عملية عكس جريان مائع التبريد هي نفسها للدورة الكهربائية العادية، إلا أنه تم إضافة مفتاح كهربائي قلاب (Contactor Switch) يرتبط بمؤقت زمني للتشغيل (Timer) يعمل على إيصال التيار الكهربائي إلى الصمامات المغناطيسية أو الصمام العاكس وتشغيل مروحة الحافظة ضمن فترة زمنية مطلوبة يتحكم بها المؤقت الزمني، لإعادة تسخين الطعام وتشغيل الدورة كمضخة حرارية.

تصميم الدائرة الاختبارية

تم تصميم دائرة اختبارية لغرض تحقيق هدف البحث، وذلك بإضافة مجموعة من مقاييس الضغط ودرجة الحرارة لمائع التبريد والهواء داخل خزانتها حافظة التسخين والتبريد والموضحة تفصيلياً ومواقعها في الأشكال (3) (4). كما تم ربط الدائرة الميكانيكية بواسطة الوصلات واللحام وتوصيل خطوط الأنابيب والموضحة في الجدول (1) وتم شحن الدائرة بمائع تبريد R-12 بمقدار 90 غم.

كذلك تم إضافة مجموعة من المقاييس الكهربائية المتمثلة بمقياس التيار (Ammeter) ومقياس الجهد في الدائرة (Voltmeter) بالإضافة إلى مفاتيح التحكم ومصابيح الإشارة لبيان مرور التيار في الصمامات أو عند تشغيل الدائرة الميكانيكية كدورة تبريد فقط أو كدورة مضخة حرارية. كما هو موضح في الأشكال (5) (6).

تحليل النتائج والمناقشة

تم إجراء مجموعة من التجارب على الثلجة المختبرية لغرض بيان تأثير إضافة ملف إعادة تسخين على معامل أداء دورة التبريد (Coefficient of Performance) C.O.P، حيث تم تشغيل الدورة وفق حالتين، الأولى أثناء التشغيل الجزئي للحمل الحراري (Partial Load) حيث تم تسجيل القراءات كل (10min) لمحاكاة عمل الثلجة أثناء التشغيل المتقطع للحمل الحراري، أما الحالة الثانية فأتى أثناء التشغيل المستمر (الكلي) (Total Load) حيث تم التشغيل لمدة ساعة متواصلة وتسجيل القراءات كل (10min) دون إيقاف عمل الضاغط لمحاكاة أداء الثلجة أثناء التشغيل الطويل وتم تسجيل القراءات للثلجة الاختبارية في غرفة ضمن الظروف الحرارية

الاعتيادية بحدود من 25-27 C⁰ في داخل غرفة جيدة التهوية وتبين الجداول (3)، (4)، (5)، (2) القراءات العملية وفق الحالتين وأثناء عكس جريان مائع التبريد باتجاه ملف إعادة التسخين مع دورة التبريد الاعتيادية أو بدونه. وفي ادناه مناقشة عناصر البحث الرئيسية:

1. درجة سائل مائع التبريد

يلاحظ بأن درجة حرارة سائل مائع التبريد المغادر للمكثف (t_3) عند تشغيل الثلجة كدورة تبريد وإعادة تسخين تتخفض بمقدار يتراوح من 3C⁰ الى 6C⁰ عن حالة تشغيل الثلجة لدورة تبريد فقط.

اي انه عند عكس الجريان سيحدث زيادة في مقدار افراط تبريد السائل (Sub cooling Liquid) في المكثف وقبل دخول سائل مائع التبريد للمبادل الحراري (Heat Exchanger) الواصل بين خطي الانبويه الشعرية لخط السائل (Liquid Line) وخط سحب البخار للضاغط (Suction Line). وهذه الزيادة تعتبر عالية نسبياً في مكثفات الثلجات المنزلية ذات التبريد الهوائي الحر [8] [9]

ونتيجة لذلك سترتفع مقدار الحرارة المسحوبة في ملف المبخر اي زيادة التأثير التبريدي [Refrigerating Effect] للدورة.

2. منطقة ازالة التجميد

دورة التبريد ومخطط الضغط - المحتوى الحراري (P-H) للثلجة بأستخدام حافظة إعادة التسخين او بدونها فتم توضيحه بالاشكال (8) (9) (10) والتي تبين انه عند استخدام الصمامات المضافة للدورة سيكون اجراء استرداد (ازالة) حرارة التجميد محدد بين النقاط (6) - (8) والتي كان من المفروض ان تطرح هذه الحرارة الى الخارج في المكثف. ولكن تم الاستفادة منها في تسخين الطعام في ملف إعادة التسخين.

3. معامل الاداء

تم حساب معامل اداء دورة التبريد (C.O.P) في حالتي التشغيل المتقطع والمستمر من خلال [10].

$$C.O.P = \frac{Q_{Evap.}}{W_{comp.}}$$

حيث انه:

$$Q_{Evap.} \text{ يمثل مقدار الحرارة الممتصة في ملف المبخر ويمثل} \\ = mr \cdot \Delta H_{4,5}$$

$$mr = \text{معدل التدفق الكتلي لمائع التبريد في الدورة Kg/sec}$$

$$\Delta H_{4,5} = \text{فرق المحتوى الحراري لمائع التبريد بين ملفات المبخر KJ/Kg}$$

$$W_{comp.} = \text{مقدار الشغل المصروف في الضاغط ويمثل:}$$

$$= mr \cdot \Delta H_{1,2}$$

$$H_{1,2} = \text{فرق المحتوى الحراري لمائع التبريد في الضاغط.}$$

وتعتبر قيمة mr ثابتة في الدورة. عن حساب معامل الاداء وعليه سيكون الاعتماد عند تحديد قيمة معامل الاداء على التغير في قيم المحتوى الحراري لمائع التبريد والتي تم تحديدها من جداول ومخططات الضغط - المحتوى الحراري (P-H) لمائع التبريد R-12 وتم ادراج نتائج معامل الاداء في الجدول (6).

ويلاحظ بأن هنالك تحسن في معامل الاداء عند عكس جريان مائع التبريد بأتجاه حافظة اعادة التسخين بنسبة تصل الى اكثر من (10%) عن تشغيل الدورة بشكل اعتيادي.

4. خزانة حافظة اعادة التسخين:

يلاحظ من الجداول (4)، (5) بأن درجة حرارة الهواء داخل كابينة حافظة اعادة التسخين لانقل تقريباً عن $40^{\circ}C$ بعد 10 دقائق من التشغيل لتصل الى $60^{\circ}C$ بعد ساعة من التشغيل اي بزيادة تقريباً تتراوح من 3-5 درجات مئوية عند كل 10 دقائق.

وان هذه الدرجة قابلة للزيادة عند استمرار عملية التشغيل او عند ازدياد درجة تحميمص البخار القادم من الضاغط اثناء عمل دورة التبريد بالاضافة الى ان تدوير الهواء المحصور داخل حافظة التسخين من قبل المروحة سيجعل درجة الحرارة داخلها ستبقى عالية وبالتالي امكانية الاستفادة منها في اعادة تسخين الطعام او المحافظة عليه بشكل ساخن على الاقل. [11]

5. هبوط الضغط

تم حساب مقدار الهبوط في ضغط مائع التبريد نتيجة اضافة الصمامات المغناطيسية والعاكسة او ملف اعادة التسخين وبشكل عملي والموضحة في الجدول (7) حيث يتبين وبصورة عامة ان معدلات فرق الضغط قليلة وقد تكون ثابتة لكون ان قطر انبوب ملف اعادة التسخين هو نفسه قطر انابيب المكثف بالاضافة الى قصر المسافة بين مواقع الصمامات او ملف اعادة التسخين وبين الاجزاء الرئيسية للدورة. مما يجعل الاطوال الاضافية قليلة وبالتالي تكون معدلات هبوط الضغط ثابتة تقريباً وهي ضمن المعدلات التصميمية لدورات التبريد في صناعة الثلجات المنزلية [12][13].

6. موقع حافظة التسخين

ان موقع الحافظة ضمن الدراسة الحالية كان في داخل كابينة جسم الثلجة. وعلى الرغم من ان هيكل الحافظة معزول حرارياً وضمن مواصفات العزل الحراري الخاصة بهيكل الثلجات المنزلية واجهزة تسخين الطعام [14][15][16].
الا انه يفضل ان يكون موقعها مفصول عن كابينة الثلجة. بحيث تصنع الثلجة المنزلية من ثلاثة اقسام.

هي كابينة للتجميد وكابينة التبريد وكابينة اعادة التسخين بباب مستقلة معزولة حرارياً.

7. الطاقة المستهلكة

تم قياس شدة التيار الكهربائي والفولتية المسحوبة من قبل الثلجة المنزلية أثناء تشغيلها كدورة تبريد فقط أو أثناء تشغيل الحافظة. وحسبت القدرة المستهلكة من خلال [17]

$$P = I \cdot V$$

حيث أنه:-

P: يمثل القدرة الكهربائية المستهلكة بوحدة (w)

I: قيمة التيار الكهربائي المسحوب بوحدة Amper

V: فرق الجهد (الفولتية) بوحدة Volt

ويلاحظ من الجدول (8) بان القدرة الكهربائية ثابتة تقريباً في الحالتين حيث أن الفرق لا يتعدى (25 w) وهذه قيمة أستهلاك المروحة والصمامات المغناطيسية وهي قليلة.

8. الكلفة الأولية والتشغيلية

عند إجراء أي تطوير أو تغيير في دورات التبريد لابد من معرفة مدى تأثير هذا التطوير من الناحية الاقتصادية (الكلفة). بصفه عامة تقسم التكاليف الى أولية وتشغيلية تمثل الكلفة الاولية (Initial Cost) كلفة شراء الجهاز (الثلجة) والتي تختلف قيمتها بحسب الشركة المصنعة ومواصفات التصنيع أو حجم وسعة الثلجة المنزلية [18]. وعليه فإن فكرة وجود حافظة

للتسخين واسترداد الحرارة وعمل الثلجة المنزلية بثلاث وظائف (تجميد، تبريد، إعادة تسخين) بدل من وظيفتين لاتعني بالضرورة ارتفاع في الكلفة الأولية بسبب اختلاف قيمة تكاليف التصنيع التي يتم اعتمادها من قبل الشركات المصنعة. ولذا لا يمكن تخمين قيمة أولية للكلفة التي تخضع بالإضافة لما سبق الى العديد من المتغيرات كقيمة الضرائب وتقلبات الأسعار في السوق. أما الكلفة التشغيلية (Operation Cost) فتمثل بكلفة أستهلاك الطاقة الكهربائية للمجهزة للتشغيل وكلفة الصيانة والأدماة [18].

بينت الدراسة بأنه لافرق تقريباً بين القدرة الكهربائية عند تشغيل الثلجة بصورة أعتيادية أو عند تشغيلها مع حافظة التسخين.

كما أن الزمن المحدد لتشغيل الحافظة (أو جزء من هذا الزمن) يتم مع تشغيل دورة التبريد نفسها أي أنه ضمن نفس الفترة الزمنية لعمل الضاغط تتم عملية استرداد الحرارة في حافظة التسخين لذا لا يترتب عنه زيادة عالية في قيمة كلفة الطاقة المستهلكة.

أما كلفة الصيانة (maintenance cost) فتمثل أجور تصليح أو استبدال الأجزاء التالفة. إن الإضافات المقترحة على الثلجة من (مروحة، صمامات، مؤقت زمني) هي إضافات بسيطة وغير معقدة وبالتالي لاتحتاج الى صيانة مكلفة [19] فمثلاً محرك المروحة يقع خارج الحافظة التسخين حيث يمكن استبداله مباشرة عند التعطل أو إجراء الصيانة عليه دون إيقاف عمل الثلجة كذلك الحال بالنسبة للصمامات والمؤقت الزمني والدراسة الحالية تفضل استخدام الصمام العاكس الثلاثي الأتجاه بدل من الصمامات المغناطيسية لأن كلفة صيانة صمام واحد أقل بطبيعة الحال من كلفة صيانة صمامين على رغم من قلة تكاليف وأستبدال الصمامات بصورة عامة في أجهزة ودورات التبريد [20].

الاستنتاجات

من خلال هذه الدراسة ونتائجها يمكن استخلاص الآتي:

1. إمكانية الاستفادة من الحرارة الضائعة في دورة تبريد الثلجة المنزلية عن طريق استرداد حرارة التجميد لإعادة تسخين الطعام والمحافظة عليه ساخناً على الأقل وبالتالي عمل الثلجة كمضخة حرارية في نفس الوقت.
2. تحسن معامل أداء دورة التبريد الثلجة عند تشغيل دورة استرداد الحرارة (حافظة التسخين) مع دورة التبريد الاعتيادية.
3. إن استخدام الصمامات المغناطيسية (Solenoided Valves) أو الصمام العاكس (Reverse valves) لا يؤثر على معامل أداء الدورة. حيث إن النتائج واحدة من استخدام الواسيلتين. لذا فإن استخدام احدهما يحقق مبدأ استخدام الثلجة كمضخة حرارية.

المصادر

- [1] اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي اسيا "ترشيد أستهلاك الطاقة بأقطاع الأبنية". مؤتمر القمة العالمي المستدامة بوهانسبرغ 8/26 - 2002/9/4.
- [2] SADC, Energy sector module 15. Heat Recovery systems "Heat pump Arrangement" Industrial Energy management project for Candia. www.simp.co.Ze/maunals/htm.1999.
- [3] Thomas H. Durkin, P.E "Dedicated heat Recovery chiller" Ashrae journal, October. 2003 pag 18-22.
- [4] SADC, Energy Efficiency Guide for Industry in Asia. www.energettefficiencyasia.org. 2006.
- [5] Michael. G, Yogesh magar "Heat Recovery from vapor compression air conditioning" may, 2008, www.Turbotecproducts.com

- [6]"ASHRAE Hand book of Equipment", 1985, chapter 20, American society of heating, Refrigeration and air-condiating engineering, pag 21-28.
- [7]"ASHRAE Hand book of Equipment", 1983, chapter 38, American society of heating, Refrigeration and air-condiating engineering, pag 4-6.
- [8]Roy. J. Dossat "Principles of Refrigeration", 2002, Chapter 11, Part 3, Pag.134-139.
- [9]"Hand book of Refrigeration", 1977, chapter 8, Trane air-conditioning company, Pag. 35-37.
- [10]Yuns A. Cengel "Thermodynamics an Engineering Approach" 2006, Chapter 11, Pag. 618-620.
- [11]"ASHRAE Hand book of fundamentals", 1981, chapter 31, American society of heating, Refrigeration and air-conducting engineering, pag. 9-1.
- [12]Althouse,"Modren Refrigeration and Air –conditioning" 1988, Chapter5, Pag. 141-159.
- [13]R.Z, wang. 2001, "performance improvement of adsorption cooling by heat and mass recovery operation ", international journal of Refrigeration, volume 24, issue 7, July, pages 602-611.
- [14]"ASHRAE Hand book of Application", 1985, chapter 30, American society of heating, Refrigeration and air-condiating engineering, pag 15-20.
- [15]Althouse," Modren Refrigeration and Air –conditioning" 1988, Chapter13, Pag. 475-530.
- [16] مقابلات شخصية مع المهندسين والفنيين في مجال هندسة التبريد في الشركة العامة للصناعات الكهربائية - وزارة الصناعة والمعادن.
- [17]William. C. Whitman "Refrigeration & Air conditioning Technology" 1995.
- [18] "ASHRAE Handbook of Applications", American society of Heating, Refrigeration and air-conditioning engineering, chapter 35, 1999.
- [19]النواحي الفنية والعملية في نظم التكييف والتبريد الجزء الأول. "نظم التبريد" 2006.
- [20] Automatic Controls for Refrigeration plant and Air conditioning systems Danfoss. Catalogue RK.00.H5.02, 1997.

الجدول (1) يوضح خطوط اتابيب الدائرة الميكانيكية

الخط	تركيبه
A	يتم تركيبه بين مخرج الضاغط ووصلة الحرف T
B	هو الخط الواصل بين الصمام المغناطيسي الأول ومدخل المكثف .
C	هو الخط الواصل بين الصمام المغناطيسي الثاني ومدخل الحافظة (المبادل الحراري للحافظة)
D	يتم تركيبه على الخط الراجع من الحافظة ويكون متصل بالخط للمكثف بواسطة وصلة حرف T ويتم تركيب عليه صمام عدم الرجوع لمنع التدفق العكسي لمركب التبريد .
E	هو الخط الواصل بين مخرج المكثف ومدخل الأنبوبة الشعرية بحيث تركيب عليه زجاجة بيان والفلتر
F	هو الخط الواصل بين مخرج الفلتر ومدخل المبخر ويكون في الثلجة المنزلية عبارة عن الأنبوبة الشعرية.
H	هو الخط الواصل بين مخرج المبخر وخط السحب للضاغط وتلف الماسورة الشعرية حول ها الخط لعمل المبادل الحراري.

الجدول رقم (2) يوضح قراءات تشغيل الدورة بأسلوب التبريد الاعتيادي وبشكل منقطع

درجات الحرارة (°C)								الضغط (Bar)					الزمن min
سطح المبخر	خط السحب	خروج المبخر	دخول المبخر	خروج المكثف	دخول المكثف	خط الطرد	خزانة للثلاجة	المقيا س5	المقيا س4	المقيا س3	المقيا س2	المقيا س1	
8-	14	12	6-	47	52	61	27	0.4	1	12	-	12.5	10
20-	9	2.5	10-	47	56	71.5	19	0.4	0.9	12	-	12.5	20
20-	10.5	3	- 13.7	52	69	86.5	12	0.4	0.9	12.5	-	13	30
20-	12	4.2	12-	52	72.5	92	10	0.4	0.9	12.2 5	-	13.25	40
20-	12	4.5	12-	56	77	98	8	0.4	0.9	13.5	-	13.75	50

الجدول رقم (3) يوضح قراءات تشغيل الدورة بأسلوب التبريد الاعتيادي وبشكل مستمر

درجات الحرارة (°C)								الضغط (Bar)					الزمن min
سطح المبخر	خط السحب	خروج المبخر	دخول المبخر	خروج المكثف	دخول المكثف	خط الطرد	خزانة للثلاجة	المقيا س5	المقيا س4	المقيا س3	المقيا س2	المقيا س1	
8-	14	12	5-	47	52	61	28	0.4	1	12	-	12.5	10
20-	11	6	6-	48	53	69	21	0.5	1	12.5	-	13	20
20-	10.5	4.5	9-	49	57	76	17	0.5	0.9	12	-	12.25	30
20-	9.7	2.5	8-	49	59	80	15	0.5	0.9	12	-	12.25	40
20-	9.4	2.4	10-	50	62	84	12	0.5	0.9	12	-	12.25	50
21-	9.5	2.3	11.5-	51	63	88	10	0.5	0.9	12	-	12.25	60

21-	9.5	2.4	10-	51	66	90	9	0.5	0.9	12	-	12.25	70
-----	-----	-----	-----	----	----	----	---	-----	-----	----	---	-------	----

الجدول رقم (4) يوضح قراءات تشغيل الدورة بأسلوب التبريد الاعتيادي وبشكل متقطع مع عكس جريان مائع التبريد الخارج من الضاغط إلى المبادل الحراري الخاص بالحافطة وقد تم إجراء ذلك باستخدام الصمام العاكس وصمام القفل والفتح

درجات الحرارة (°C)										الضغط (Bar)				الزمن min
سطح	خروج	دخول	خروج	دخول	دخول الحافطة	خط الطرد	كابينة الحاوية	خزانة الثلج	المقاس 5	المقاس 4	المقاس 3	المقاس 2	المقاس 1	
t_7	t_1	t_5	t_4	t_3	t_6	t_2	فضة	ة	5	4	3	2	1	
4-	16.5	12.5	8-	41	45	51	55	39	32	0.3	0.9	9.75	10.25	10
-18	12	9	7-	48	54	70	74	46	21	0.4	0.9	12.2	12.5	20
-20	11	3.5	-11	49	53	83	88	50	17.5	0.5	0.9	13.75	13.25	30
-21	13.7	5	8-	52	59	86.5	95	54	15	0.6	0.9	14.75	14.25	40
-22	15.5	6.5	-10	54	58	87	98	60	13	0.6	1	14.75	15	50

الجدول رقم (5) يوضح قراءات تشغيل الدورة بأسلوب التبريد الاعتيادي بشكل مستمر مع عكس جريان مانع التبريد الخارج من الضاغط إلى المبادل الحراري الخاص بالحافطة وقد تم اجراء ذلك بأستخدام الصمام العاكس وصمام قفل وفتح.

درجة كابينه التلاجة	درجات الحرارة (°C)								الضغط (Bar)					الزمن n	
	سطح المبخر t_7	خط السحب t_1	خروج الم بخر t_5	دخول الم بخر t_4	خروج المكثف t_3	دخول المكثف t_6	دخول الحا فلة t_8	خط الطرد t_2	كابينة الحا فلة	المقيا س5	المق ياس 4	المق ياس 3	المق ياس 2		المق ياس 1
28	4-	16.5	8	12-	41	46	50	57	38	0.3	0.8	10	10.15	10.25	10
23	18-	11	4	9-	43	47	60	67	43	0.4	0.9	11	11.15	11.25	20
17	21-	10	2	10.5-	43	47	64	75	46	0.4	0.8	11.25	11.60	11.75	30
16	22-	9	1	12-	45	47	65.5	79	47.5	0.4	0.8	11.25	11.60	11.75	40
15	22-	10	0.5	13-	45	48	68	83	49	0.4	0.8	11.25	11.60	11.75	50
13	22-	9	1	11.5-	45	48	71	84.5	52	0.4	0.8	11.25	11.60	11.75	60
11	22-	9.5	0.5-	12.5-	46	50	78	86	55	0.4	0.8	11.25	11.60	11.75	70

الجدول (6) يوضح معاملات اداء دورة التبريد
الجدول (7) يوضح القراءات العملية لهبوط الضغط في الدورة

معامل أداء الدورة في حالة التشغيل المستمر (C.O.P)		T Min
تلاجة مع حافطة تسخين	تلاجة عادية	
9.9	7	10
5.5	5	20
5.2	4	30
4.6	3.5	40
4.6	3	50
4.3	2.6	60
4.07	2.5	70

معامل أداء الدورة في حالة التشغيل المتقطع (C.O.P)		T Min
تلاجة مع حافطة تسخين	تلاجة عادية	
9.9	7	10
4.5	4	20
3.5	3	30
3	2.7	40
3	2.5	50

جدول (8) بين قيمة أستهلاك التيار الكهربائي والقدرة

تشغيل منقطع-ثلاجة مع حاظفة تسخين		تشغيل منقطع-ثلاجة عادية		الزمن min
القدرة w	التيار A	القدرة w	التيار A	
178.8	0.813	154	0.7	10
167.86	0.763	143	0.65	20
167.86	0.763	143	0.65	30
167.86	0.763	143	0.65	40
167.86	0.763	143	0.65	50

قيمة الفولتية = 220v, 50Hz

تشغيل مستمر-ثلاجة مع حاظفة تسخين		تشغيل مستمر-ثلاجة عادية		الزمن min
القدرة w	التيار A	القدرة w	التيار A	
178.8	0.813	154	0.7	10
167.86	0.763	143	0.65	20
167.86	0.763	143	0.65	30
178.8	0.813	154	0.7	40
167.86	0.763	143	0.65	50
178.8	0.813	154	0.7	60
178.8	0.813	154	0.7	70

قيمة الفولتية = 220v, 50Hz

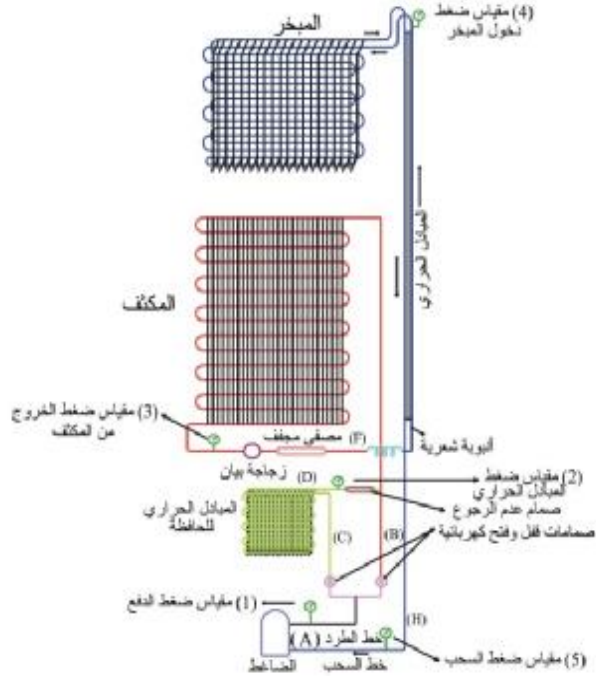
تشغيل مستمر		تشغيل منقطع		دار هبوط الضغط p Δ bar
ثلاجة مع حاظفة تسخين	ثلاجة عادية	ثلاجة مع حاظفة تسخين	ثلاجة عادية	
0.3	0.33	0.3	0.55	المكثف
0.13	-	0.25	-	حاظفة التسخين
10.22	11.14	11.58	11.53	الأنبوبة الشعرية
0.42	0.44	0.44	0.52	المبخر



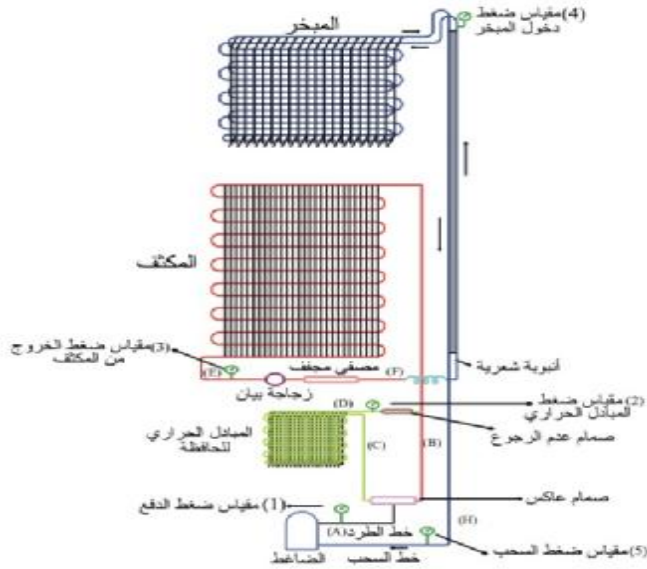
الشكل (1) يوضح الدائرة الميكانيكية للتلحاجه المنزلية



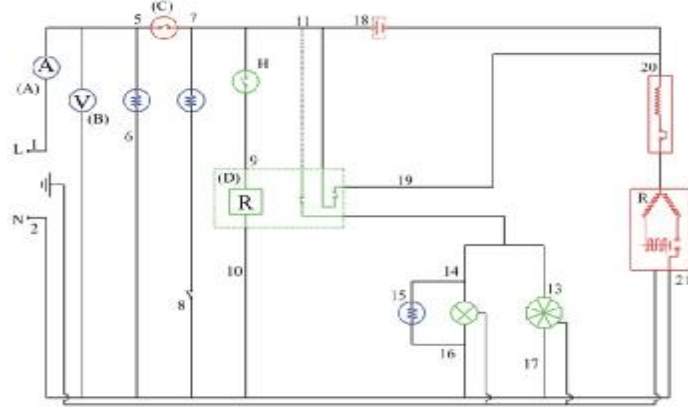
الشكل (2) يوضح تصميم حافظة إعادة التسخين



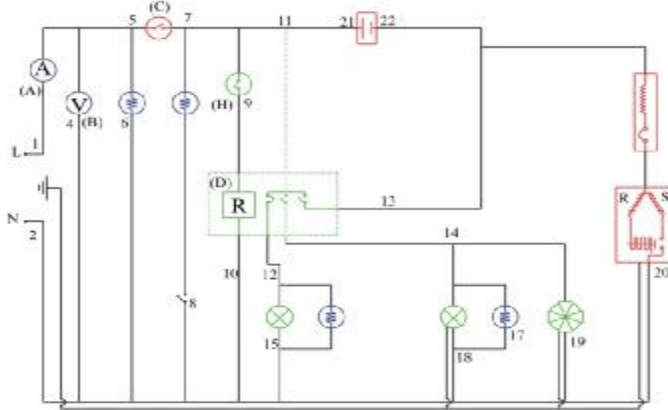
الشكل (3) يوضح الدائرة الميكانيكية للتلاجة باستخدام صمامان قفل وفتح



الشكل (4) يوضح الدائرة الميكانيكية للتلاجة باستخدام صمام عاكس



الشكل (5) يوضح الدائرة الكهربائية النهائية للتلاجة في حالة استخدام الصمام العاكس



الشكل (6) يوضح الدائرة الكهربائية النهائية للتلاجة في حالة استخدام صمامان قفل وفتح

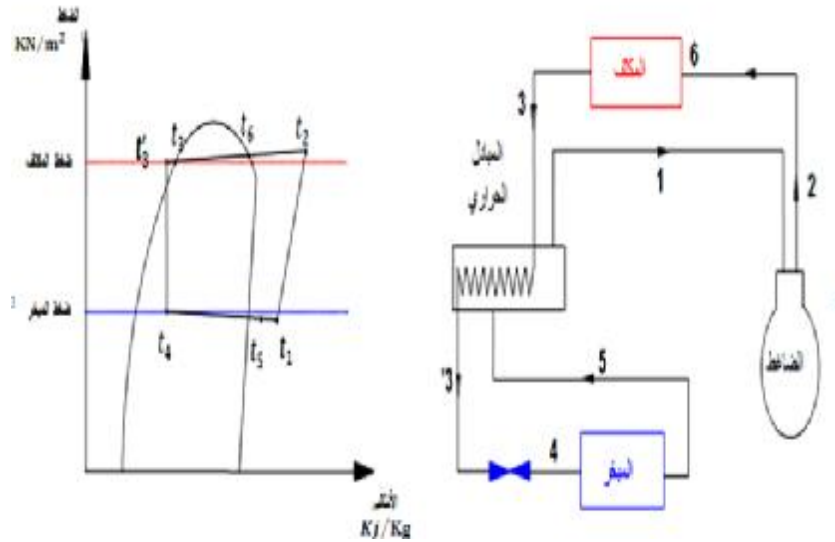
الرمز	الاسم
1—(A)—3	جهاز قياس التيار (A)
3—(V)—4	جهاز قياس الفولت (B)
5—(C)—7	المفتاح الرئيسي (C)
7—(H)—9	موقت التشغيل (H)
12—(X)—15	صمام قفل فتح
14—(W)—17	مصباح تنبيه تشغيل الحافظة
8—(W)—7	مصباح كنبية التلاجة
5—(W)—6	مصباح التنبيه بوصول التيار
14—(W)—19	مروحة كنبية الحافظة
12—(W)—16	مصباح التنبيه بعمل نورة التبريد الاحتياطية
14—(X)—18	صمام قفل فتح
21—(F)—22	فترميدات
	مفتاح قلاب (D)

الرمز	الاسم
1—(A)—3	جهاز قياس التيار (A)
3—(V)—4	جهاز قياس الفولت (B)
5—(C)—7	المفتاح الرئيسي (C)
7—(H)—9	موقت التشغيل (H)
14—(X)—16	صمام عاكس
16—(W)—15	مصباح تنبيه تشغيل الحافظة
8—(W)—7	مصباح كنبية التلاجة
5—(W)—6	مصباح التنبيه بوصول التيار
13—(W)—17	مروحة كنبية الحافظة
	مفتاح فصل ووصل التيار كهربائياً (D)
	ضامض التلاجة

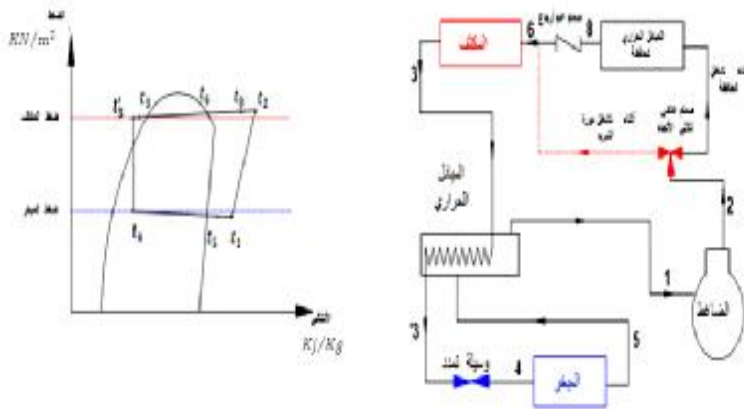
	الأجزاء الأساسية
	الأجزاء المضافة
	مقاس للدائرة الاختيارية



شكل (7) يوضح مجموعة مقاييس الضغط والشكل النهائي للتلاجة



الشكل (8) يوضح مخطط (P-H) لدورة التبريد الاعتيادية للتلاجة



الشكل (9) يوضح مخطط (P-H) ودورة التبريد مع إعادة التسخين