دراسة عملية لبيان تأثير تغير بعض أجزاء منظومة التبريد على معامل الأداء

أياد كاظم خليف

الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

في هذا البحث التجريبي تم دراسة تأثير تغير بعض اجزاء وحدة التكييف على معامل ادائها. تشمل هذه التغيرات اضافة مكثف ثانوي , تغير سرعة مرونة المكثف، تغير وسيلة تبريد المكثف من هواء الى ماء، تغير معدل التدفق الحجمي للماء واخيراً تغير طول الانبوبة الشعرية باطوال متعددة.

أظهرت النتائج إن C.O.P يزداد بمقدار (21.6%-32.2%) تقريباُ عندما يتم استعمال مكثف ثانوي إلى منظومة التبريد. لكن تغير وسيلة تبريد المكثف من هواء إلى ماء سوف يؤدي إلى زيادة C.O.P بمقدار (11.3%-22.6%) تقريباً. أن منظومة تبريد التي تعمل بمكثفين مبرد بالهواء يكون معامل الأداء اكبر بمقدار (6.4%-16.6%) تقريباً فيما يتعلق بمنظومة تعمل بمكثف مبرد بالماء.

وجد أيضا إن طول الانبوبة الشعرية له تأثير معاكس على C.O.P . حيث زيادة الطول من 1.92m الى 2.4m سوف يؤدي إلى نقصان معامل الأداء بمقدار (3.8%-8%) . وتقليل الطول من 1.92m الى 1.4 m تصاحبه زيادة بمقدار (2.6%-6.7%) .

Abstract

In this paper an experimental study was carried out on the effects of manipulating some parts of the air conditioning unit on its coefficient of performance. It covers, effects of an auxiliary condenser, variable fan's speed, changing the coolant of the condenser from air to water with variable volume flow rate, in addition of adopting capillary tube of multiple length.

The results show that the C.O.P was increased between 21.6% - 32.2% when the auxiliary condenser was used. But its value only increased by 11.3% - 22.6% when the cooling fluid is changed from air to water. However when two a i r c o o l e d condensers were used the increasing in C.O.P. was between 6.4% - 16.6% with respect to water cooling condenser

It was also found that the length of capillary tube has two opposite tendencies on the C.O.P. of the air conditioning unit . In one of them the value of C.O.P was decreased by 3.8%-8% when the capillary tube's length changed from 1.92 m to 2.4 m, and it was increased by 2.6% - 6.7% when the tube's length decreased from 1.92m to 1.4m

مقدمة

أن النهضة الصناعية والتكنولوجية الحديثة التي شهدها العالم وما رافق تلك النهضة من توسع كبير للمدنية الحديثة وفي كل المجالات الاجتماعية والصناعية والزراعية , قد أدى بأنظمة تكييف الهواء بأنواعها كافة إلى إن تصبح أكثر استعمالاً وفعالية وذات قدرة اكبر على الولوج في مجالات الحياة كافة . مما جعل عملية تطورها أسرع وبشكل مذهل كي تتماشى مع التقدم السريع الحاصل في هذا المجالات

وكنتيجة حتمية لهذا التطور كان لابد من العمل الحثيث على رفع كفاءة أداء هذه الأجهزة وتقليل هدرها للطاقة إلى اقل قدر مستطاع [اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي أسيا , 2002]. ومن اجل تحقيق هذه الغاية كان من الضروري توفير دراسات سواء كانت نظرية أم عملية تتناول كل ما يتعلق بهذه الأجهزة من مكونات مادية وظروف بيئية ومما له الأثر في توفير السبل الكفيلة برفع كفاءة أداء هذه الأجهزة إلى المستوى المطلوب .

ومن الدراسات التي تناولت هذا الموضوع دراسة الباحث [التميمي , 1989] بدراسة هدفت إلى دراسة تأثير تحويرين على الجهاز في أداء مكيفة الهواء الأول بإضافة مكثف ثانوي يربط على التوالي مع المكثف الرئيسي وذلك لتبريد مائع التثليج إضافيا , والثاني بإضافة مكثف ثانوي يربط على التوالي مع المكثف الرئيسي

وإضافة مبخر ثانوي يربط على التوازي مع المبخر الرئيسي , إذ يجري تثبيته قبل المكثف الثانوي , وقد توصل الباحث إلى إن التحوير الأول يسبب زيادة في معامل الأداء بنسب تتراوح بين (9.623% – 15.694%) وانخفاضا في القدرة الكهربائية التي يستهلكها الضاغط بنسب بين (8.779% – 13.569%) وفي ظروف تشغيل مختلفة

إما التحوير الثاني فبين زيادة في معامل الأداء بنسب تتراوح بين (5.424% – 11.703%) ونقصان في القدرة الكهربائية المستهلكة بنسب تتراوح بين (5.144% – 10.468%) وفي ظروف تشغيل مختلفة

قام الباحث [النجار , 1987] بدراسة عملية ولاحظ أنة بزيادة معدل التدفق ألحجمي للهواء عبر المبخر والمكثف يزداد معامل الأداء للمكيفة ويقل مقدار الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل الضاغط .

قامت الباحثة [فائزة , 1988]بدراسة كان الهدف منها تحسين أداء مكيفة الهواء التقليدية ذلك بإضافة مبخر ثانوي يربط مرة على التوالي والأخرى على التوازي مع المبخر الرئيسي لتبريد الهواء الخارجي قبل مروره عبر المكثف , وقد تم الحصول على زيادة في معامل الأداء تراوحت بين (0.8% – 4%) ونقصان في القدرة الكهربائية المستهلكة بين (0.6% – 3.9%) عند إضافة المبخر الثانوي على التوالي , إما في حالة ربط المبخر الثانوي على التوازي مع المبخر الرئيسي فقد أظهرت النتائج إن مقدار الزيادة في معامل الأداء كانت (6.9% – 1.4%) , إما مقدار النقصان في القدرة الكهربائية المستهلكة فتراوحت (6.9% – 9.4%) ولظروف تشغيل مختلفة .

قام الباحث [Nussbaum , 1984] بعمل مقارنة بين المكثفات المبردة بالهواء والمبردة بالماء , وبين أن مميزات المكثفات المبردة بالهواء هي انخفاض الكلفة الابتدائية , وكلفة التشغيل , سهولة الصيانة . ومن ابرز محدداتها هي اعتمادها على درجة حرارة المحيط الخارجي والتي تسبب درجة تكثيف عالية في حالة الجو الحار وبالتالي إلى زيادة الطاقة الكهربائية المطلوبة .

وقام الباحث [Stoecker , 1981] بدراسة علية لغرض المقارنة بين مكيفتين يستخدم في الأولى صمام تمدد وفي الثانية أنبوبة شعرية فلاحظوا إن هناك زيادة في معامل أداء المكيفة الأولى بما يعادل (2%) عن معامل أداء المكيفة الثانية . وكذلك إن كمية مائع في المكية الثانية هي اكبر مما في الكيف الأولى.

قام الباحث [zakrzewski , 1983] بوضع مبادل حراري بين البخار في خط السحب والسائل بعد المكثف ووجد إن هذه الطريقة تعطي زيادة في سعة التبريد ومعامل الأداء ووجد كذلك إن كفاءة ألحجميه تزداد بزيادة درجة التحميص وكذلك تضمن الحصول على مائع التبريد بحالة بخار محمص عند دخوله الضاغط وكانت الدراسة على مائع R-12 وR-502 .

الهدف من البحث

الهدف الأساسي من البحث الحالي هو :

1- دراسة تأثير مجموعة من العوامل في أداء منظومة تبريد قبل وبعد أجراء التحوير عليها ومنها :
   - معدل التدفق ألحجمي للهواء المار على المكثف
   - معدل التدفق ألحجمي للماء المار على المكثف

2 – دراسة تأثير أجراء التحوير الأول على منظومة التبريد , وذلك بوضع مكثف ثانوي يربط على التوالي مع المكثف الرئيسي وذلك لتبريد مائع التثليج تبريداً أضافيا .

3 – دراسة تأثير أجراء التحوير الثاني على منظومة التبريد , وذلك بوضع المكثف الثانوي بخزان ماء لتبريد مائع التثليج وإلغاء المكثف الرئيسي .

4 – دراسة تأثير أجراء التحوير الثالث على منظومة التبريد , وذلك بتغير طول الأنبوبة الشعرية

5 – مقارنة أداء منظومة التبريد بعد أجراء التحويرين الأول والثاني مع أدائهما قبل أجراء التحوير ولظروف تشغيل مختلفة .

معامل أداء دورة التبريد

تم حساب معامل أداء دورة التبريد من العادلة التالية [Yuns , 2006].

$$c.o.p = \frac{R_E}{W_{Comp}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث إن :

R_E = يمثل مقدار الحرارة الممتصة في ملف التبريد ويمثل

$$R_E = m_r \times (h_7 - h_6) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

m_r = معد التدفق الكتلي لمائع التبريد في الدورة (kg/sec)

$(h_7 - h_6)$ = فرق المحتوى الحراري لمائع التبريد عند مدخل ومخرج المبخر(kJ/kg)

$$W_{Comp} = m_r \times (h_3 - h_1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

$(h_3 - h_1)$ = فرق المحتوى الحراري لمائع التبريد عند مدخل ومخرج الضاغط

وتعتبر قيمة m_r ثابتة في الدورة عند حساب معامل الأداء , وعلية سيكون الاعتماد عند حساب قيمة معامل الأداء على التغير في قيم المحتوى الحراري لمائع التبريد والتي تم تحديدها من جداول ومخططات الضغط – المحتوى الحراري (p – h) .

الجانب العملي

1- تهيئة الجهاز

ان الغاية الأساسية من البحث هي دراسة لرفع أداء منظومة تبريد. تتكون هذه المنظومة من أربعة أجزاء رئيسية هي الضاغط، المكثف، المبخروالانبوبة الشعرية كما مبين في الإشكال (2,3,16).

وان جميع هذه الأجزاء مثبتة على قاعدة معدنية ذات إبعاده cm^2 (120X100) .

تم الاعتماد على ضاغط ترددي Reciprocating compressor محكم الغلق ايطالي المنشأ موديل (ESM9H). [Dossat , 1991] , استناداً على سعة التبريد الواجب توفرها من قبل ملف التبريد حيث كان ذو نسبة انضغاط مقاربة إلى (6) وقدرة (1/4hp) ذو فولتية (220/240V) وبتردد (50Hz) ويفصله عن القاعدة المعدنية عدد من القطع المطاطية والتي يكون الغرض منها تقليل الاهتزاز الحاصل نتيجة تشغيل الضاغط.

المكثف المستخدم من نوع أنبوب وزعنفة وبأبعاد خارجية مقدارها (25X28X8 cm) مؤلف من ثلاث صفوف وتسعة أعمدة مؤلفة من أنبوب نحاس بقطر (9.525mm) وطول (27cm).

أما المبخر المستخدم كان من نوع أنبوب وزعنفة وبأبعاد خارجية مقدارها (25X26X6 cm) مؤلف من صفين وثمان أعمدة مؤلف من أنبوب نحاس بقطر (9.525mm) وطول (25 cm)

تم الاعتماد على أنبوب شعري مصنع من مادة النحاس بقطر داخلي مقداره 2mm وطول (1.92m) . أن مائع التثليج المستخدم في هذه المنظومة هو (R_{12}) ويبين جدول رقم (1) المواصفات الفنية لمائع التبريد R12 [ضياء, 1987 و Dupont, 2003] . كذلك تم إضافة مجموعة من المقاييس الكهربائية متمثلة بمقياس التيار (Ameter) ومقياس الجهد في الدائرة (Voltmeter) بالإضافة إلى منظم (Regulator) لغرض التحكم بالفولتية المجهزة إلى مروحة المكثف .

منهجية التجارب العملية

تم تقسيم التجارب إلى أربعة مجاميع تمثل كل مجموعة منها حالة من حالة تشغيل الجهاز وكما يرد تفاصيلها أدناه وتضم كل حالة من هذه الحالات مجموعة من المتغيرات الواجب قياسها منها درجات الحرارة والضغط لمائع التثليج عند الدخول والخروج لكل جزء من أجزاء منظومة التبريد وتتم اخذ هذه القراءات في أوقات مختلفة.

1- الحالة الأولى:

وكانت خطوات العمل بالشكل التالي

أ- قفل الصمامات اليدوية كل من (7,6,2) كما موضح بالشكل (2) وتكون نتيجة هذا العمل عزل المكثف الثانوي المبرد بالهواء عن باقي المنظومة.

ب- وضع مؤشر الفولتية في المنظم(regulator) عند 220 V فتكون سرعة مروحة المكثف 1300 rpm.

ت- تشغيل الجهاز واخذ القراءات اللازمة.

ج- تغيير الفولتية المجهزة إلى مروحة المكثف عن طريق (regulator) وبالتالي تغير سرعة المروحة واخذ القراءات عند كل تغيير .

2- الحالة الثانية:

كانت خطوات العمل بالشكل التالي:

أ- قفل الصمامات اليدوية كل من (5,4,2) كما موضح بالشكل (2) لإضافة تأثير المكثف الثانوي المبرد بالهواء الى منظومة التبريد.

ب- وضع مؤشر الفولتية في المنظم (regulator) عند 220V فتكون سرعة المروحة للمكثف الأول وللمكثف الثانوي عند 1300 rpm

ج- تشغيل الجهاز واخذ القراءات اللازمة.

د- تغيير الفولتية المجهزة الى مروحة المكثفين عن طريق (regulator) وبالتالي تغير سرعة المروحة واخذ القراءات كل تغير.

3- الحالة الثالثة:

كانت خطوات العمل بالشكل التالي:

أ- وضع المكثف الثاني (الثانوي) في خزان ماء ذو أبعاد (30×25×14cm) كما موضح بالشكل (3).

ب- قفل الصمامات اليدوية كل من (5,3,1) وتكون نتيجة هذه العمل عزل المكثف الاول المبرد بالهواء عن باقي المنظومة.

ج-تجهيز خزان الماء بمعدل تدفق حجمي 91 ml/ sec وتشغيل الجهاز واخذ القراءات.

د- تغيير معدل التدفق ألحجمي للماء المجهز للخزان وتسجيل القراءات عند كل تغيير

4-الحالة الرابعة:

كانت الخطوات بالشكل التالي:

أ- قفل الصمامات اليدوية (7,6,2) اي استخدام المكثف الأول المبرد بالهواء وطول أنبوبة شعرية 1.92m.

ب- تثبيت سرعة مروحة المكثف 1300 rpm.

ج- تشغيل الجهاز واخذ القراءات اللازمة .

د- تغيير طول الأنبوبة الشعرية الى الأطوال 2.4 m,1.44m واخذ القراءات عند كل تغيير.

أجهزة القياس المستخدمة وكيفية معايرتها:

1- جهاز قياس درجة الحرارة:

تم استخدام جهاز رقمي لقياس درجة الحرارة في مواضع مختلفة من منظومة التبريد وكان بالمواصفات التالية:

Digital Thermometer
Type K/J, 4 Channels, rs 232
Model: Tm-903A
Range (-50C^o to 1300C^o)

اما بالنسبة للمزدوجات الحرارية فكانت بالمواصفات التالية:

Thermocouple probe (type K)
Model: TP-01
Measure Range (-40C^o To 250C^o)

وقد تم تثبيت الجزء الحساس للمزدوج الحراري في الأماكن المخصصة لقياس درجة الحرارة وبإحكام وتم عزل منطقة التثبيت حرارياً وذلك لضمان عدم تأثر القراءة بدرجة حرارة المحيط الخارجي .

وقد تمت معايرة الجهاز المستخدم لقياس درجة الحرارة عن طريق استخدام محرار زئبقي يعمل بمدى (-2C^o to 110C^o) وذلك بوضع المحرار الزئبقي والجزء الحساس للمزدوج الحراري في اناء يحوي خليط من الثلج والماء المقطر ويتم تسخينه بانتظام حتى نصل لدرجة حرارة (100C^o) وتم اخذ مجموعة من القراءات للمحرار والجهاز الرقمي لتحديد الانحراف في قراءة المتحسس الحراري المربوط على جهاز الثرموميتر .

2- مقياس الضغط:

تم استخدام مقياس ضغط لتحديد قيمة ضغط الدفع والسحب وبالمواصفات التالية:

Type (Bourdan Gauge)
Model: Robin air/USA
Range: Low and high pressure Gauge:
(-2 bar to 17 bar)

وقد تمت معايرة مقياس الضغط عن طريق استخدام مقياس الضغط الميت حيث تم تسليط مجموعة من القوى المعلومة القيمة (الوزن مضروباً في التعجيل الأرضي) على وحدة مساحة معلومة ثم مقارنة قيمة هذا الضغط مع قراءة مقياس الضغط المراد استخدامه .

تحليل النتائج والمناقشة :

تم إجراء مجموعة من التجارب على منظومة التبريد المقترحة لغرض دراسة بعض العوامل التي تؤثر في معامل الأداء , وقد بلغ مجموع التجارب العملية (14) تجربة قبل وبعد إجراء التحويرات وبأربع مجاميع . حيث تم وضع النتائج التي تم التوصل إليها بهيئة جداول مصنفة وفقا لطبيعة التغيير في إجراء منظومة التبريد وهذه النتائج موضحة في الجداول (2 إلى 15) .

مناقشة النتائج

1- تأثير إضافة مكثف ثانوي على منظومة التبريد :

في هذه المرحلة تم إجراء التحوير الأول وذلك بربط مكثف ثانوي على التوالي مع المكثف الرئيسي بحيث أن سائل مائع التثليج الخارج من المكثف الرئيسي يتم تبريده تبريداً اضافياً داخل أنابيب المكثف الثانوي وباستغلال الهواء الخارجي . وكانت النتيجة انخفاضا في درجة حرارة التشبع لمائع التثليج وانخفاض في كل من ضغط المكثف وشغل الضاغط أما التأثير ألتبريدي فقد ازداد وبالتالي زيادة في معامل الأداء . علما إن في هذه المرحلة تم تغير معدل التدفق ألحجمي للهواء الداخل المكثف الرئيسي والمكثف الثانوي عن طريق تغير سرعة المروحة . تبين الإشكال (4 إلى 7) تأثير التحوير على معامل الأداء ومقارنتها مع النتائج قبل التحوير . ومن الرسوم تبين أن إضافة مكثف ثانوي إلى منظومة التبريد سوف يؤدي إلى زيادة معامل أداء الدورة بنسبة تتراوح (29.5%-21.6%) عندما تكون عدد دورات مروحة المكثف 1300rpm. وبنسبة تتراوح (32.2%-24.3%) عندما تكون عدد دورات مروحة المكثف 1100rpm. وبنسبة تتراوح (31%-21.6%) عندما تكون عدد دورات مروحة المكثف 900rpm . وبنسبة تتراوح(30%-24.5%) عندما تكون عدد دورات مروحة المكثف 700rpm

2 – تأثير تغير وسيلة تبريد المكثف :

تم في هذه المرحلة وضع المكث الثانوي في خزان ماء وهو التحوير الثاني وإلغاء المكثف الرئيسي المبرد بالهواء .

وكانت النتيجة حصول انخفاض في شغل الضاغط اكبر مما هو علية قبل التحوير , ولكن بزيادة طفيفة عن التحوير الأول . أما التأثير ألتبريدي فصاحبة زيادة عما علية قبل التحوير , وانخفاض اكبر مما هو علية في التحوير الأول . وبالتالي حصول زيادة في معامل الأداء عما هو علية قبل التحوير , ولكن بقيم اقل مما هو علية في التحوير الأول . تبين الأشكال (8 إلى11) تأثير التحوير الثاني على معامل الأداء ومقارنتها بالتحوير الأول وما قبل التحوير . استخدام مكثف مبرد بالماء بدل المكثف المبرد بالهواء في الدورة سوف يؤدي إلى زيادة معامل أداء الدورة بنسبة تتراوح (22%-16.3%) عند استخدام الماء بمعدل تدفق حجمي 91ml/s بدل المكثف المبرد بالهواء بعدد دورات 1300rpm. وبنسبة تتراوح(22%- 17.1%) عند استخدام الماء بمعدل 78.2ml/s بدل المكثف المبرد بالهواء بعدد دورات 1100rpm. وبنسبة (18.8%-14.3%) عند استخدام الماء بمعدل 63ml/s. بدل المكثف المبرد بالهواء بعدد دورات 900rpm. وبنسبة تتراوح (16.6%-10%) عند استخدام الماء بمعدل 53.1ml/s بدل المكثف المبرد بالهواء بعدد دورات 700rpm. ويعود سبب هذه الزيادة عند كل معدل ماء ان الحرارة النوعية للماء اكبر من الهواء وبالتالي سحب الماء للحرارة سوف يكون اكبر . استخدام المكثفين المبردة بالهواء تكون ذات معامل أداء اكبر من المكثف المبرد بالماء حيث تتراوح نسبة الزيادة -11%) (6.4% عند 1300 rpm ومعدل تدفق ماء 91 ml/s و بنسبة تتراوح(12.8%-7.7%) عند1100 rpm ومعدل تدفق ماء 78.2 m/s بنسبة تتراوح (14.5%-7.5%) عند 900 rpm ومعدل تدفق ماء 63ml/s

بنسبة تتراوح(10%-16.6%) عند 700 rpm و 53.1 ml/s. و يعود سبب هذه الزيادة أن سائل التبريد سوف يجد مساحة كافية للتبادل الحراري .

3 – تأثير تغير طول الأنبوبة الشعرية على منظومة التبريد :

تم في هذه المرحلة تغير طول الأنبوبة الشعرية وهو التحوير الثالث . لبيان تأثير تغير الطول على معالم أداء الدورة . عند تقليل الطول من 1.92m إلى 1.44m كانت النتيجة حصول زيادة في ضغط المبخر وما ينتج عنة انخفاض قليل في شغل الضاغط . وزيادة في التأثير ألتبريدي وهذه بدورة يؤدي إلى زيادة طفيفة في معامل الأداء بنسبة تتراوح (3.8%-8%) . أما زيادة طول الأنبوبة الشعرية من 1.92m إلى 2.44m ينتج انخفاض في ضغط المبخر وزيادة شغل الضاغط ونقصان في التأثير ألتبريدي مما ينتج عنة تقليل في معامل الأداء بنسبة تتراوح (3.3%-6.7%) . ويبين الشكل (15) تأثير تغير طول الأنبوبة الشعرية.

4–تأثير السرعة الدورانية لمراوح تحريك الهواء :

أن تأثير السرعة الدورانية لمراوح تحريك الهواء نابع من تأثير معدل التدفق ألحجمي للهواء المار عبر المكثف , حيث يلاحظ إن زيادة معدل التدفق ألحجمي للهواء يؤدي إلى زيادة في التأثير ألتبريدي ومعامل الأداء وهذا يعود إلى زيادة كمية الحرارة المطروحة من المكثف وتقليل ضغط المكثف . تبين الإشكال (13,12,7,6,5,4) تأثير زيادة السرعة الدورانية على معامل الأداء .

الاستنتاجات:

1- إضافة مكثف ثانوي إلى منظومة التبريد بنفس إبعاد المكثف الأول سوف يؤدي إلى زيادة معامل الأداء بمقدار (21.6% -32.2%) تقريبا.

2- استبدال وسيط التبريد من هواء إلى ماء لتبريد المكثف سوف يؤدي إلى رفع معامل الأداء بمقدار (11.3 - 22.6%) تقريبا

3- تغيير طول الأنبوبة الشعرية له تأثير على معامل الأداء فزيادة طول الأنبوبة من 1.92m إلى 2.4m سوف يؤدي إلى تقليل معامل الأداء بمقدار (3.8% - 8%) تقريبا. إما تقليل طول الأنبوبة من 1.92m إلى 1.4m سوف يزيد مقدار معامل الأداء (2.6 - 6.7%) تقريبا.

4 – إن العمل بمكثفين مبردة بالهواء ينتج معامل أداء اكبر من العمل بمكثف مبرد بالماء بنسبة تتراوح (6.4%-16.6%) تقريبا .

الرموز المستخدمة

$t_i.com$	درجة حرارة مائع التثليج الداخل للضاغط
$t_o.com$	درجة حرارة مائع التثليج الخارج من الضاغط
$t_i.con_1$	درجة حرارة مائع التثليج الداخل للمكثف الاول المبرد بالهواء
$t_o.con$	درجة حرارة مائع التثليج الخارج من المكثف الاول المبرد بالهواء
$t_i.con_2$	درجة حرارة مائع التثليج الداخل للمكثف الثانوي المبرد بالهواء
$t_o.con_2$	درجة حرارة مائع التثليج الخارج من المكثف الثانوي المبرد بالهواء
$t_i.con.w$	درجة حرارة مائع التثليج الداخل للمكثف الثاني المبرد بالماء
$t_o.con.w$	درجة حرارة مائع التثليج الخارج من المكثف الثاني المبرد باماء
$t_i.Ev$	درجة حرارة مائع التثليج الداخل للمبخر
$t_o.Ev$	درجة حرارة مائع التثليج الخارج من للمبخر
$P_i.con_1$	ضغط مائع التثليج الداخل الى المكثف الاول المبرد بالهواء
$P_o.con_1$	ضغط مائع التثليج الخارج من المكثف الاول المبرد بالهواء
$P_i.con_2$	ضغط مائع التثليج الداخل الى المكثف الثانوي المبرد بالهواء
$P_o.con_2$	ضغط مائع التثليج الخارج من المكثف الثانوي المبرد بالهواء
$P_i.con.w$	ضغط مائع التثليج الداخل الى المكثف الثاني المبرد بالماء
$P_i.con.w$	ضغط مائع التثليج الخارج من المكثف الثاني المبرد بالماء
$P_i.Ev$	ضغط مائع التثليج الداخل الى المبخر
$P_o.Ev$	ضغط مائع التثليج الداخل الى المبخر

المصادر

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي أسيا, 2002 " ترشيد استهلاك الطاقة بإقطاع الأبنية " مؤتمر القمة العالمي للطاقة المستدامة بوهانسبرغ .

التميمي, عبد الكريم رسول, 1989 " تأثير استخدام مكثف ثانوي ومبخر ثانوي في أداء مكيفات الهواء الصغيرة " , رسالة ماجستير , قسم المكائن والمعدات , الجامعة التكنولوجية .

النجار, روجيه كمال, 1987 " تحسين كفاءة مكيفات الهواء الصغيرة " , رسالة ماجستير, قسم هندسة المكائن والمعدات, الجامعة التكنولوجية .

ناصر, فائزة شدود , 1988" تحسين كفاءة مكيفات الهواء الصغيرة " , رسالة ماجستير, قسم المكائن والمعدات , الجامعة التكنولوجية .

ضياء, تاج الدين, 1987"آلات التبريد" الطبعة الثانية, كلية الهندسة الميكانيكية, منشورات جامعة حلب.

Dossat, Roy.J.1991,"Principles of Refrigeration", Third Edition, prentice –Hall international editions.

Dupont suva .2003 "Retrofit guideline for DuPont Suva, HFC refrigerants Suva R_{1342} for R_{12} retrofit", Technical information paper DuPont company.

Nussbaum , O .1984 ,"Application of Air Cooled Condensers in European Supermarket Refrigeration Systems " , International Journal of Refrigeration , Volume 7, Number 3, pp . 173-177 .

Stoecker , D. W. F .1981, Smith L. David , and Emde B. N ., " Influence of The Expansion Device on The Seasonal Energy Requirements of a Residential Air Conditioner ", AHSRAE TRANS ., Part 1, pp . 349 – 360 .

Yuns A . Cengel .2006," Thermodynamics an Engineering Approach ", Chapter 11 , Pag . 618-620 .

Zakrzewski , B.1983, " The Effect of Heat Regeneration in Refrigerating Cycles With Chlorofluorocarbon Refrigeration ", International Journal of Refrigeration , Volume 6, Number 2, pp . 100 – 102

جدول رقم (1) الموصفات الفنية لمائع التبريد

1-Thermodaynamical properties of R_{12} (ضياء ,1987, وDupont ,2003)

Properties	R_{12}
Boiling point °C	-29.79
Freezing point °C	-158
Critical temperature °C	112
Critical pressure (Kpa)	4113
Vaporization latent heat at 25 °C (kJ/kgK)	165.1
Liquid specific heat at 25 °C (kJ/kgK)	0.971
Vapor specific heat at 1 atmosphere and 25°C (kJ/kgK)	0.607
Ratio c_p/c_v at 1 atmosphere	1.14
Thermal conductivity of liquid at 25°C $(\frac{w}{mk})$	0.071
Thermal conductivity of vapor at 1 atmosphere $(\frac{w}{mk})$	0.0096

2- Chemical and physical properties of R_{12}

Properties	R_{12}
Formula	CL_2F_2C
Molecular Weight	120.93
Critical Density (kg/m^3)	558
Liquid Density at 25Cº (kg/m^3)	1311
Saturated Vapor Density (kg/m^3)	6.33
Solubility in Water at 1 atmosphere/25Cº (%mass)	0.028
Solubility in Refrigerant at 1 atmosphere/ 25Cº(%mass)	0.009

جدول رقم 2 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة 1300rpm

time(min)	Pi.con.1	Po.con.1	Pi.Ev	Po.Ev	ti.con.1	to.con.1	ti.Ev	to.Ev	ti.com	to.com

	bar	bar	bar	bar	C°	C°	C°	C°		
15	12	11.7	1.9	1.6	63	45	-5	10	13	66.5
30	12	11.7	1.9	1.6	68	47	-6	7.5	10	70
45	12	11.7	2	1.6	71	48	-9	5	9	72
60	12.5	12	2	1.7	74.5	50	-10	4	7	77

جدول رقم3 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة 1100rpm

time(min)	Pi.con.1 bar	Po.con.1 bar	Pi.Ev bar	Po.Ev bar	ti.con.1 C°	to.con.1 C°	ti.Ev C°	to.Ev C°	ti.com	to.com
15	12.4	12	2	1.75	67	46	-4	12	14	70
30	12.4	12	2	1.75	69.5	48.5	-5	9	11	72.5
45	12.5	12	2.2	1.8	73	51	-7	7	10	75
60	12.75	12.5	2	1.8	77	52	-8	6	9	80

جدول رقم 4 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة 900rpm

time(min)	Pi.con.1 bar	Po.con.1 bar	Pi.Ev bar	Po.Ev bar	ti.con.1 C°	to.con.1 C°	ti.Ev C°	to.Ev C°	ti.com	to.com
15	12.5	12.25	2	1.8	70.5	48	-3.5	13.5	15	73
30	12.5	12.25	2	1.8	74	51	-5	11	13	75
45	12.75	12.25	2.1	1.8	77	53	-6.5	9	11	79
60	13	12.5	2.1	1.9	80	56	-7	8	10	83

جدول رقم 5 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة بسرعة 700rpm

time(min)	Pi.con.1 bar	Po.con.1 bar	Pi.Ev bar	Po.Eo bar	ti.con.1 C°	to.con.1 C°	ti.Ev C°	to.Ev C°	ti.com	to.com
15	12.75	12.5	2	2	70	50	-1	14	15	73
30	12.75	12.5	2	2.1	75	53	-3	11	14	76
45	13	12.5	2	2.1	77	56	-4.5	10	13	80
60	13	12.5	2	2.1	83	58	-6	9	11	86

جدول رقم6 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثفين مبردة بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة 1300rpm

time (min)	$P_{i.con1}$ bar	$P_{o.con1}$ bar	$P_{i.con2}$ bar	$P_{o.con2}$ bar	$P_{i.Ev}$ bar	$P_{o.Ev}$ bar	$t_{i.con1}$ C°	$t_{o.con1}$ C°	$t_{i.con2}$ C°	$t_{o.con2}$ C°	$t_{i.Ev}$ C°	$t_{o.Ev}$ C°	$t_{i.com}$ C°	$t_{o.com}$ C°
15	11.5	11.2	11	10.5	1.6	1.3	54	38	35	32	-8	6	9	59
30	11.5	11.2	11	10.5	1.6	1.3	58	41	38	34	-10	5	8.5	62
45	11.5	11.2	11	10.5	1.6	1.3	62	45	40	37	-12	3.5	7	67
60	11.8	11.3	11	10.7	1.6	1.3	66	47	43	38	-12	3	6	70

جدول رقم 7 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثفين مبردة بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة 1100rpm

time (min)	$P_{i.con1}$ bar	$P_{o.con1}$ bar	$P_{i.con2}$ bar	$P_{o.con2}$ bar	$P_{i.Ev}$ bar	$P_{o.Ev}$ bar	$t_{i.con1}$ C°	$t_{o.con1}$ C°	$t_{i.con2}$ C°	$t_{o.con2}$ C°	$t_{i.Ev}$ C°	$t_{o.Ev}$ C°	$t_{i.com}$ C°	$t_{o.com}$ C°

15	11.7	11.5	11. 3	10.9	1.75	1.5	55	41	39	35	-8	7	10	60
30	11.7	11.5	11.3	10.9	1.75	1.5	58.5	45	42	36	-10	5.5	9	64
45	11.7	11.5	11.3	10.9	1.75	1.5	64	46.5	42	39	-10	4	6	67
60	12	11.6	11.4	11	1.9	1.6	67	48	44	40	-10.5	4	5	72

جدول رقم 8 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثفين مبردة بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة 900rpm

time (min)	$P_{i.con1}$ bar	$P_{o.con1}$ bar	$P_{i.con2}$ bar	$P_{o.con2}$ bar	$P_{i.Ev}$ bar	$P_{o.Ev}$ bar	$t_{i.con1}$ C°	$t_{o.con1}$ C°	$t_{i.con2}$ C°	$t_{o.con2}$ C°	$t_{i.Ev}$ C°	$t_{o.Ev}$ C°	$t_{i.com}$ C°	$t_{o.com}$ C°
15	11.8	11.6	11. 4	11	1.8	1.5	59	45	42	38	-6	8	12	63
30	11.8	11.6	11.4	11	1.9	1.5	64	48	45	40	-9	6	10	66
45	12	11.7	11.4	11	1.9	1.6	66	52	49	43	-10	5.5	9	69
60	12	11.7	11.4	11	1.9	1.6	71	54	49	44	-10	5.5	8.5	75

جدول رقم 9 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثفين مبردة بالهواء عندما تكون عدد دورات المروحة 700rpm

time (min)	$P_{i.con1}$ bar	$P_{o.con1}$ bar	$P_{i.con2}$ bar	$P_{o.con2}$ bar	$P_{i.Ev}$ bar	$P_{o.Ev}$ bar	$t_{i.con1}$ C°	$t_{o.con1}$ C°	$t_{i.con2}$ C°	$t_{o.con2}$ C°	$t_{i.Ev}$ C°	$t_{o.Ev}$ C°	$t_{i.com}$ C°	$t_{o.com}$ C°
15	12	11.6	11.5	11.3	1.8	1.5	64	48	46	41	-4	10	15	67
30	12.3	11.6	11.5	11.3	1.8	1.5	67	50	48	44	-7	9	13	70
45	12	11.6	11.5	11.4	1.8	1.65	69	53	50	45	-8	7	19	73
60	12.2	11.7	11.5	11.3	1.8	1.6	73	53	50	46	-9	7	11	76

جدول رقم 10 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالماء بمعدل تدفق حجمي 91ml/s

Time(min)	Pi.con.w bar	Po.con.w bar	Pi.Ev bar	Po.Ev bar	ti.con.w C°	to.con.w C°	ti.Ev C°	to.Ev C°	ti.com C°	to.com C°
15	11.5	11	1.75	1.5	58	39	-6	8	11	63
30	11.5	11	1.75	1.5	64	39	-6	6.5	10	63
45	11.75	11.4	1.8	1.5	66	45	-9	4	8	69
60	11.75	11.4	1.8	1.5	68	45.5	-11	2	5	72

جدول رقم 11 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالماء بمعدل تدفق حجمي 78.2 ml /s

Time(min)	Pi.con.w bar	Po.con.w bar	Pi.Ev bar	Po.Ev bar	ti.con.w C°	to.con.w C°	ti.Ev C°	to.Ev C°	ti.com C°	to.com C°
15	11.7	11.4	1.8	1.5	60	42	-4	10	14	63
30	11.7	11.4	1.8	1.5	66	45	-5	7	12	68
45	11.6	11.4	1.85	1.5	68	46	-6.5	5	9	71
60	11.7	11.4	1.9	1.5	71	48	-9	4	8.5	74

جدول رقم 12 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالماء بمعدل تدفق حجمي 63 ml /s

Time(min)	Pi.con.w bar	Po.con.w bar	Pi.Ev bar	Po.Ev bar	ti.con.w C°	to.con.w C°	ti.Ev C°	to.Ev C°	ti.com C°	to.com C°
15	11.7	11.5	1.9	1.6	65	45	-4	11	15	69

30	11.7	11.5	1.9	1.6	69	49	-6	9	15	73
45	11.7	11.5	2	1.6	70	50	-7	7	13	74
60	11.9	11.5	2	1.7	74	51	-9	6	10	78

جدول رقم13 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالماء بمعدل تدفق حجمي 53.1 ml /s

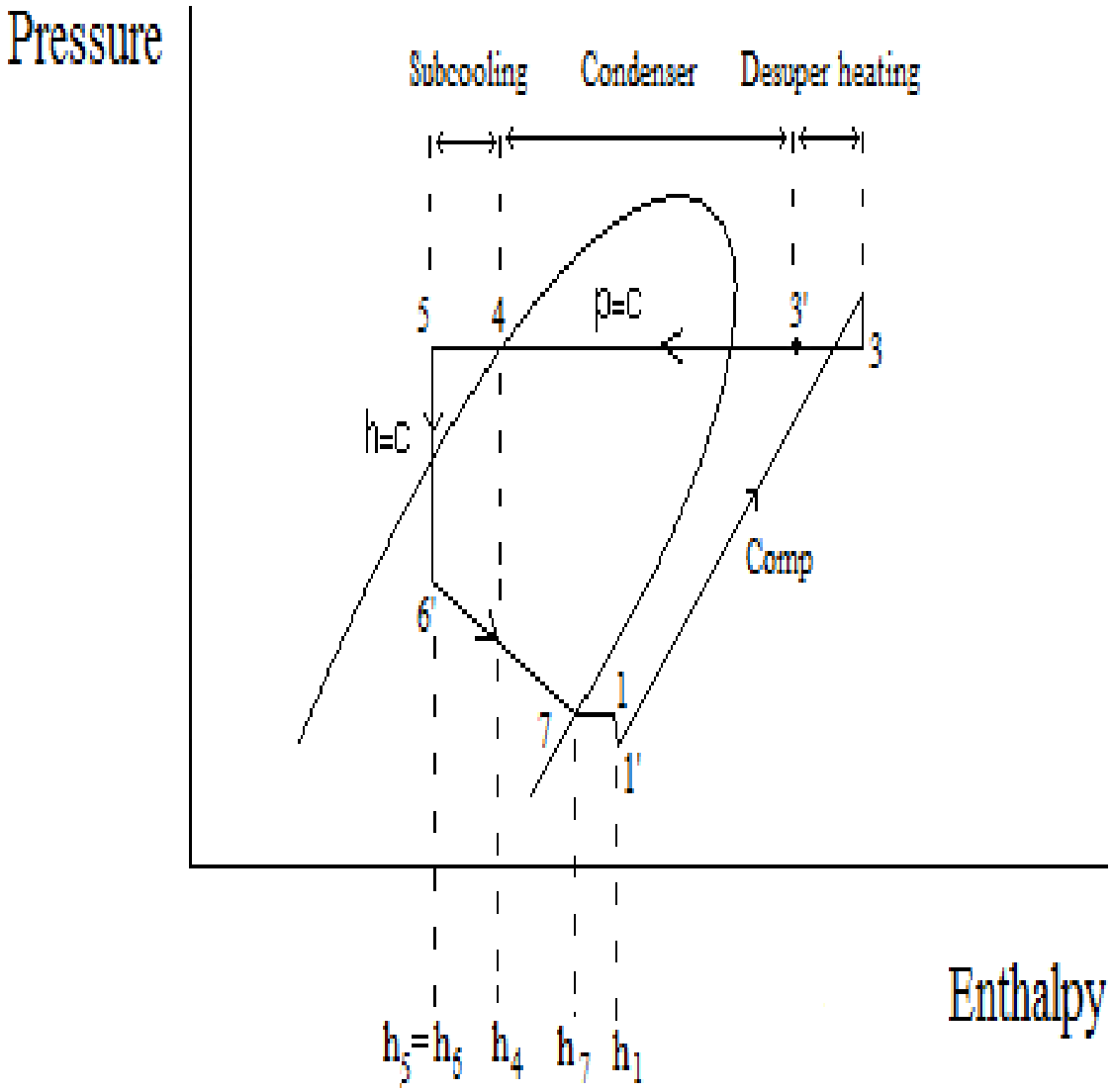
Time(min)	Pi.con.w bar	Po.con.w bar	Pi.Ev bar	Po.Ev bar	ti.con.w C°	to.con.w C°	ti.Ev C°	to.Ev C°	ti.com C°	to.com C°
15	11.8	11.6	2	1.75	66	45	-2	12	14	68
30	11.8	11.6	2	1.75	71	50	-5	10	12.5	72
45	12	11.75	2	1.75	73	51	-6	10	12	75
60	11.9	11.5	2	1.75	76	53	-8	12	11	79.5

جدول رقم 14 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالهواء وطول انبوبة شعرية 1.44m بقطر 2mm

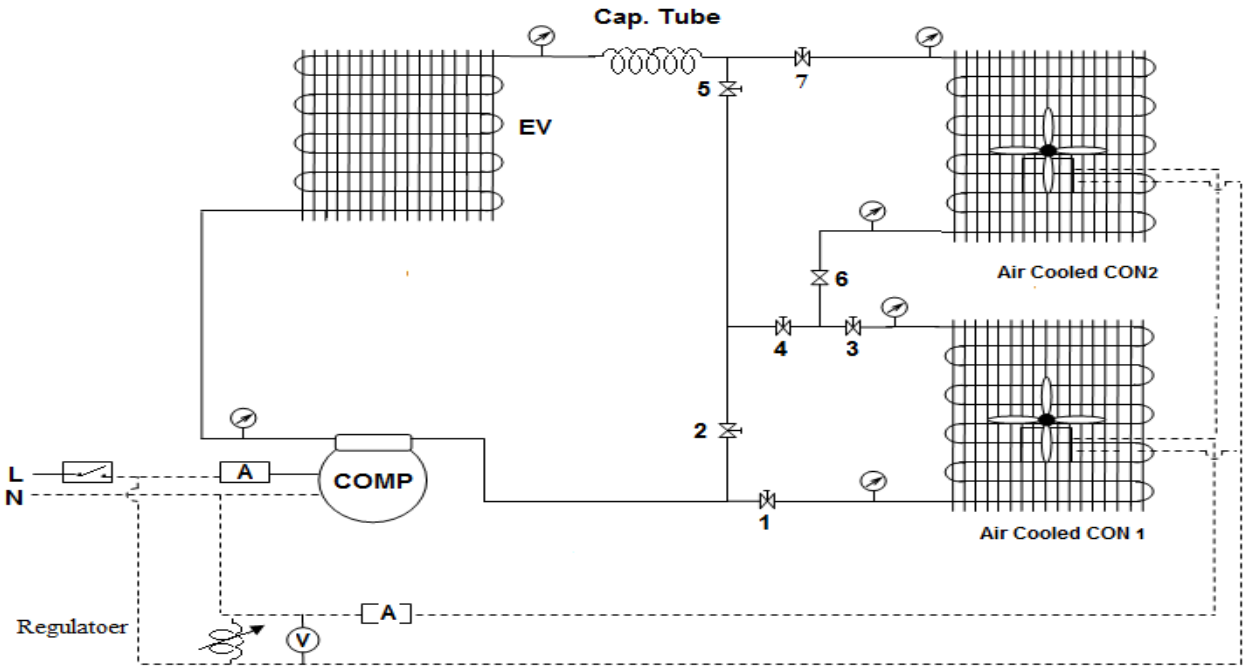
time (min)	$P_{i.con1}$ bar	$P_{o.con1}$ bar	$P_{i.Ev}$ bar	$P_{o.Ev}$ bar	$t_{i.con1}$	$t_{o.con1}$	$t_{i.Ev}$	$t_{o.Ev}$	$t_{i.com}$	$t_{o.cm}$
15	12.5	11.8	2.2	1.9	63.5	45	-4	12	14	67
30	12.2	11.8	2.2	1.9	70	48	-5	9	13	73
45	12.2	11.8	2.2	1.9	72	50	-8	8	11.5	75
60	12.5	12	2.4	2	76	53	-8	7	10	80

جدول رقم 15 نتائج اختبار منظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالهواء وطول الانبوبة شعرية 2.44m بقطر 2mm

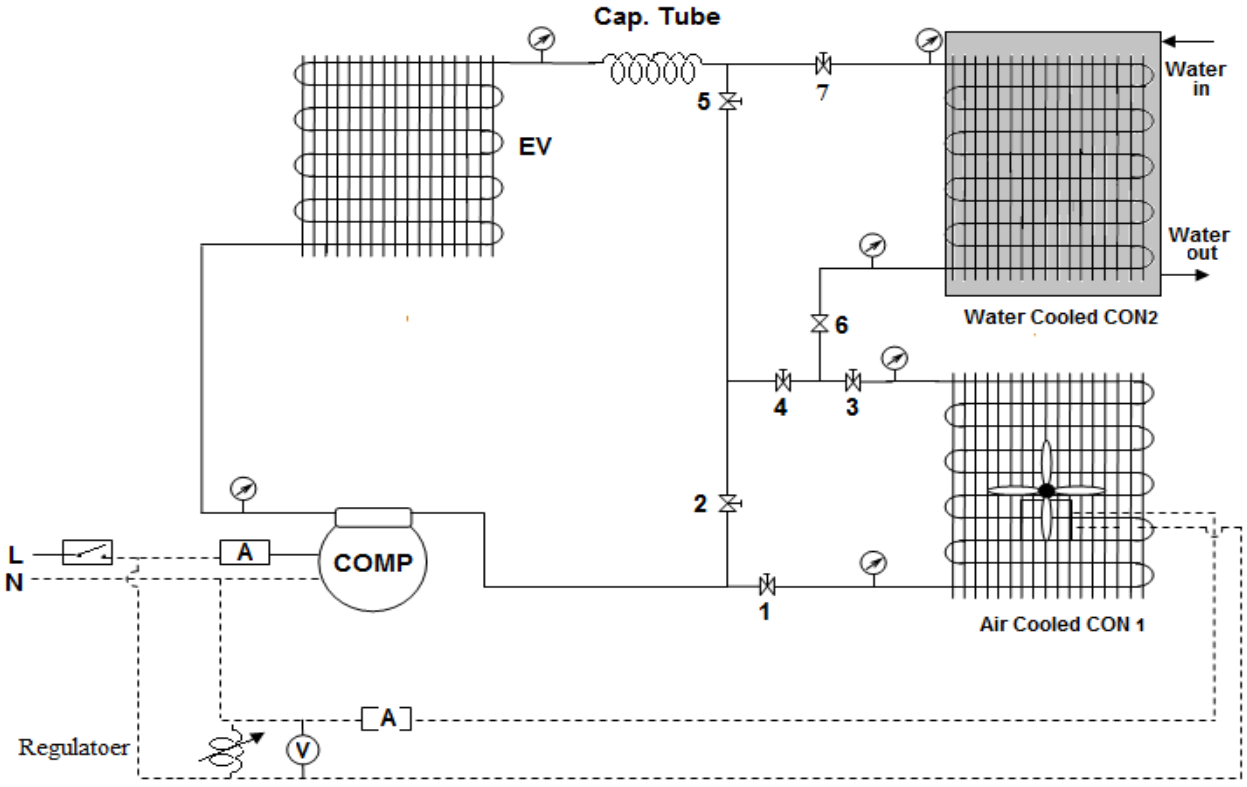
time (min)	$P_{i.con1}$ bar	$P_{o.con1}$ bar	$P_{i.Ev}$ bar	$P_{o.Ev}$ bar	$t_{i.con1}$	$t_{o.con1}$	$t_{i.Ev}$	$t_{o.Ev}$	$t_{i.com}$	$t_{o.cm}$
15	11.8	11.5	1.7	1.3	62	44	-8	7	10	65
30	11.8	11.5	1.7	1.3	65	47	-9	4.5	8	69
45	11.8	11.5	1.8	1.3	67	48	-9	3	5.5	71
60	12	11.5	1.8	1.35	70	52	-12	1	4	74



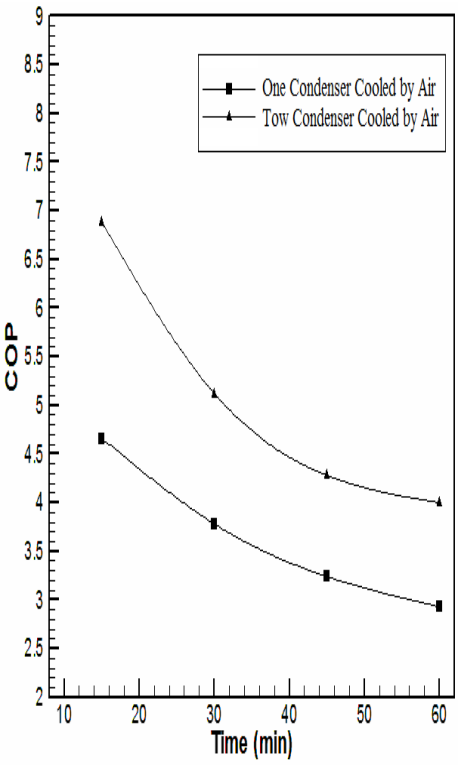
شكل رقم (1) العلاقة بين الضغط والمحتوى الحراري لدورة
تعمل كدورة نموذجية وحقيقية



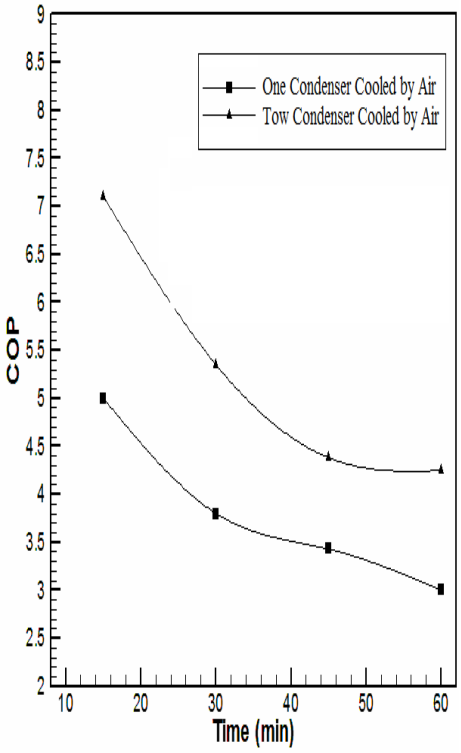
شكل رقم (2) يوضح الدورة الميكانيكية والكهربائية لمنظومة تبريد تعمل بمكثفين او مكثف واحد مبردة بالهواء



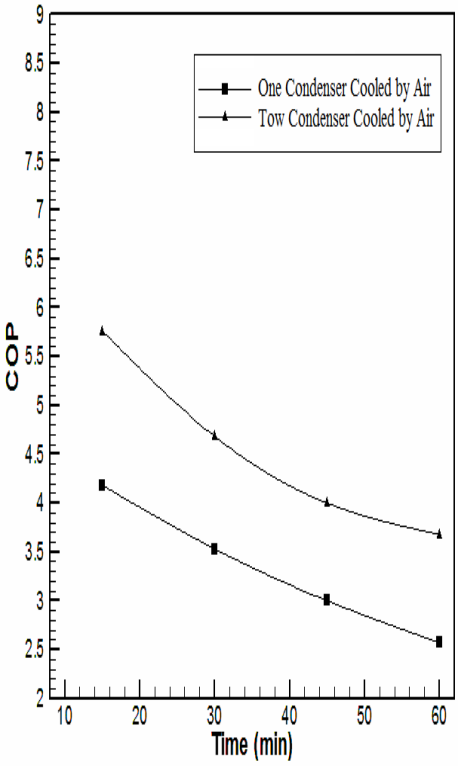
شكل رقم (3) يوضح الدورة الميكانيكية والكهربائية لمنظومة تبريد تعمل بمكثف مبرد بالماء



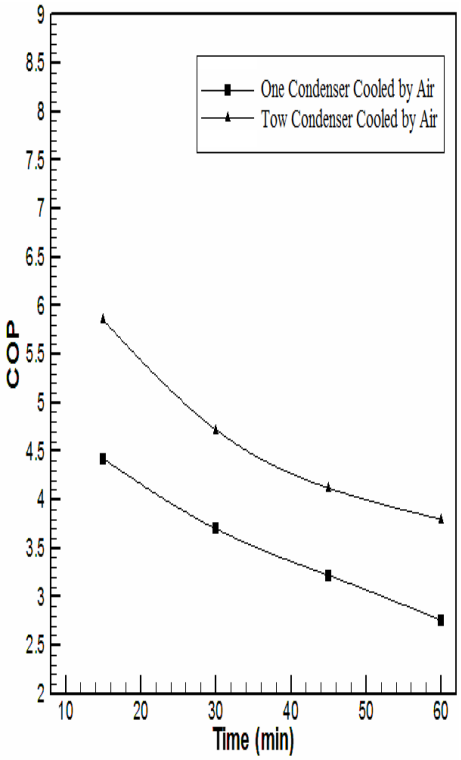
شكل (5) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثفين ومكثف واحد مبردة بالهواء عند العمل بعدد دورات مروحة المكثف 1100 rpm



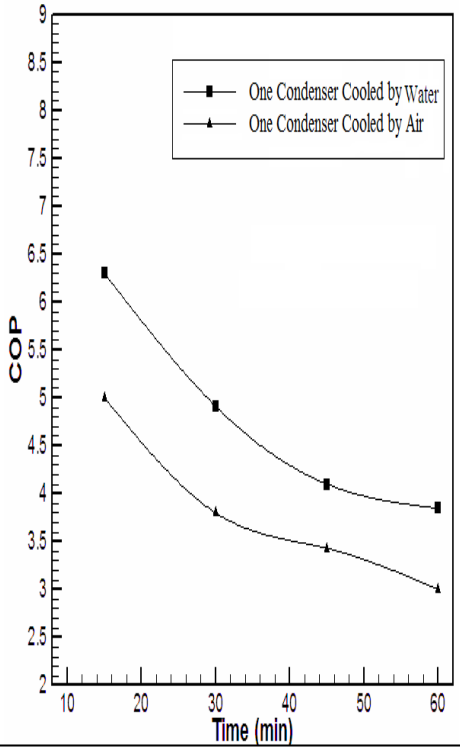
شكل (4) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثفين ومكثف واحد مبردة بالهواء عند العمل بعدد دورات مروحة المكثف 1300 rpm



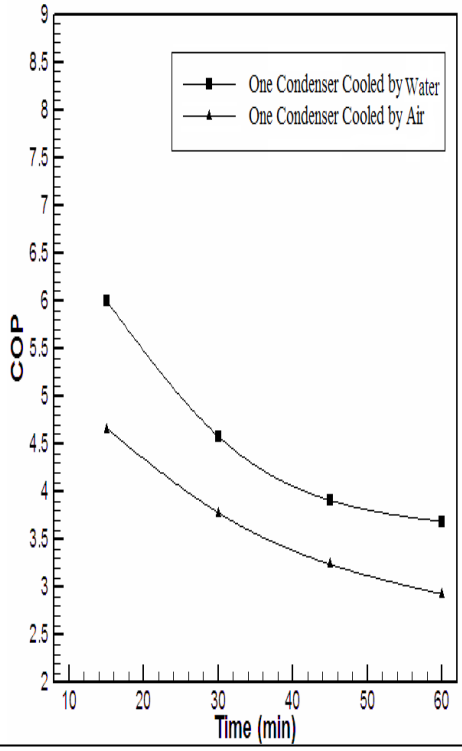
شكل (7) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثفين ومكثف واحد مبردة بالهواء عند العمل بعدد دورات مروحة المكثف 700 rpm



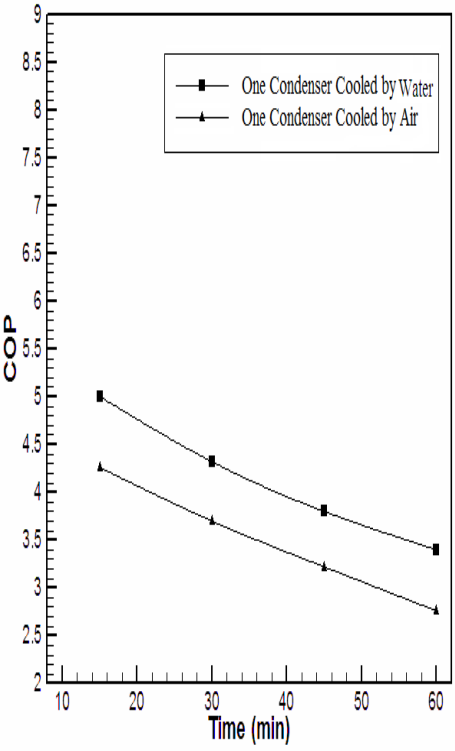
شكل (6) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثفين ومكثف واحد مبردة بالهواء عند العمل بعدد دورات مروحة المكثف 900 rpm



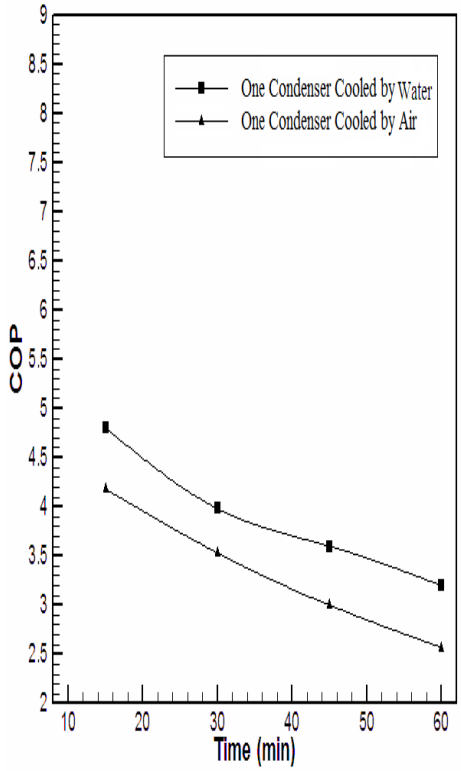
شكل (8) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثف مبرد بالماء ومكثف مبردة بالهواء عند العمل ب 91ml/s و 1300 rpm



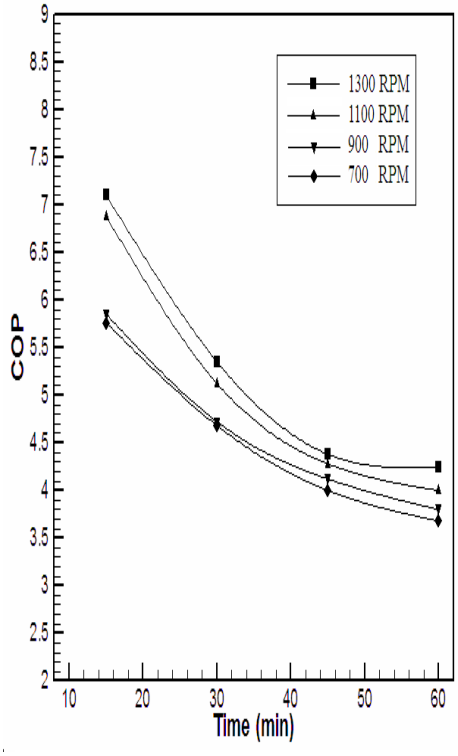
شكل (9) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثف مبرد بالماء ومكثف مبردة بالهواء عند العمل ب 78ml/s و 1100 rpm



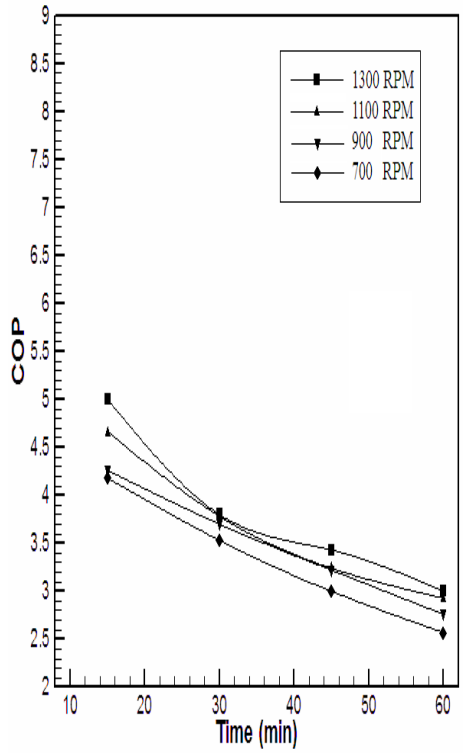
شكل (10) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثف مبرد بالماء ومكثف مبردة بالهواء عند العمل ب 63ml/s و 900 rpm



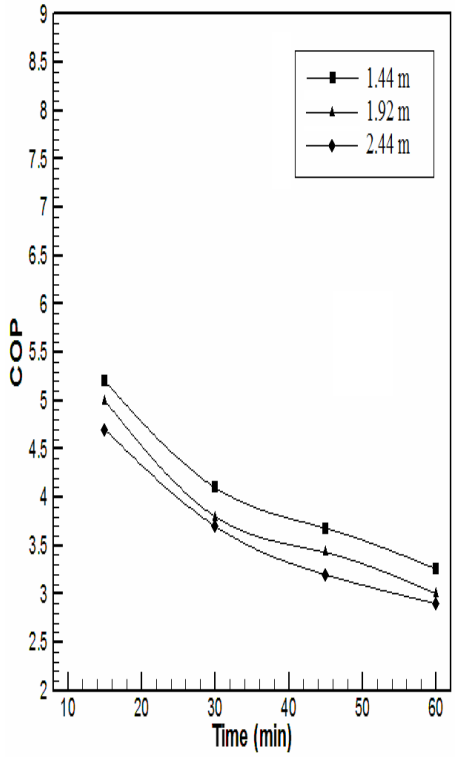
شكل (11) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن لمكثف مبرد بالماء ومكثف مبردة بالهواء عند العمل ب 53ml/s و 700 rpm



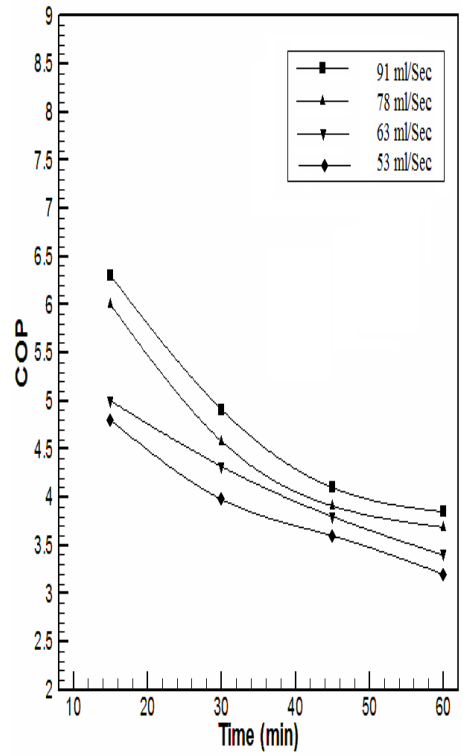
شكل (13) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن عند العمل بمكثفين مبردة بالهواء عند تغير عدد دورات مروحة المكثفين



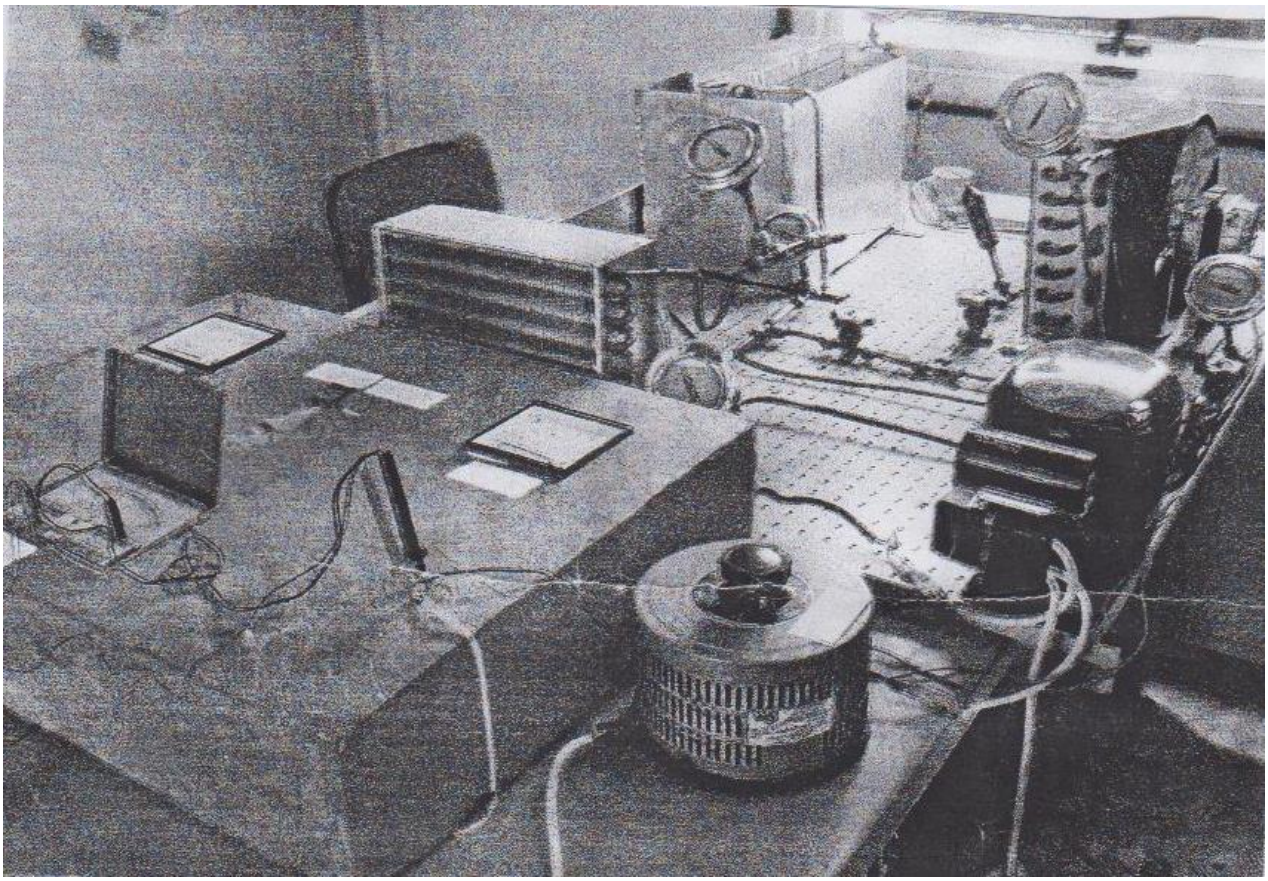
شكل (12) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن عند العمل بمكثف مبردة بالهواء عند تغير عدد دورات مروحة المكثف



شكل (15) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن عند العمل بمكثف مبردة بالهواء عند تغير طول الأنبوبة الشعرية وعند العمل 1300 rpm



شكل (14) العلاقة بين معامل الأداء لمنظومة التبريد مع الزمن عند العمل بمكثف مبردة بالماء عند تغير معدل التدفق ألحجمي للماء



شكل (16) يوضح منظومة التبريد