مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 15/العدد4/كانون الأول 2008 (14 -28)

دراسة عملية لبيان تأثير الاختلاف في طول الأنبوب الشعري على أداء منظومة التثليج الأنضغاطية باستخدام مائع التثليج (R134a)

ثامر خلف سالم	سعد سامي فرحان	سامر محمود خلف
مدرس مساعد	مدرس مساعد	مدرس مساعد
قسم الهندسة الميكانيكية	قسم هندسة المكائن والمعدات	قسم الهندسة الميكانيكية
جامعة تكريت	الجامعة التكنولوجية	جامعة تكريت

الخلاصة:

دُرس في هذا البحث تجريبيا أداء منظومة التثليج الانضغاطية بالاعتماد على تغيير طول الأنبوب الشعري وباستخدام مائع التثليج (R134a). أجريت الاختبارات لثلاث قيم من أطوال الأنبوب الشعري (120,100,80cm) مع تغيير معدل التدفق ألكتلي لكل طول وكانت تتراوح قيمه بين (6 g/s -2) مع ثبوت قطر الأنبوب الشعري الذي يساوي (2mm).

بينت النتائج المستحصلة أن معامل الأداء للدورة(COP) يقل بنسبة (38.14%) كلما زاد معدل التدفق ألكتلي من (6 g/s -2) و بنسبة (6.65%) كلما زاد طول الأنبوب الشعري من (80-120cm) وتكون قيمته عند الطول (80cm) هي أكبر من الطول (120cm) عند أقل تدفق بينما تتقارب قيمة (COP) لجميع الأطوال عند التدفقات الكبيرة. كما بينت النتائج أن (COP) يقل مع ازدياد درجات حرارة المكثف لجميع الاطوال. وتبين من الدراسة أيضا أن القدرة الانضغاطية للضاغط تزداد مع زيادة درجة حرارة المكثف بنسبة (68.36%)وتزداد مع زيادة طول الأنبوب الشعري بنسبة (9.54%) مع تقارب قيمه عند الطولين (120,100cm). اظهرت الدراسة ايضا ان درجة حرارة التبريد الإضافي ثابتة عند التدفقات القليلة وتقل عند التدفقات الأكبر بنسبة (34.35%). خلال هذه الدراسة وجد أن أفضل طول أستخدم في دورة التثليج وعند أدنى تدفق كتلي (2.78 g/s) هو الطول (80 cm) لأنه يعطي أعلى أداء وأقل قدرة أنضغاطية وعند أعلى تدفق كتلي (5.83 g/s) وجد أن الطول (100 cm) يعطي أعلى أداء وأقل قدرة أنضغاطية.

الكلمات الدالة: طول الأنبوب الشعري أداء دورة التثليج الأنضغاطية R134a .

الرمـــــــوز المستخدمة		
A	مساحة المقطع للأنبوب الشعري	m^2
C	سرعة المائع	m/s
Cc	نسبة الخلوص الحجمية = 0.04	--
CL	معامل تصحيح خسائر المكبس والصمامات = 0.8	--
D	القطر الداخلي للأنبوب الشعري	mm
E	القدرة الكهربائية	Watt
h	المحتوى الحراري للمائع	kJ/kg
I	التيار	A
L	طول الأنبوب الشعري	cm
m^o	معدل التدفق ألكتلي	kg/s
n	الأس البوليتروبي	-
P	الضغط	bar
Q	معدل التصريف الحجمي	L/min
Qe	سعة تبريد المنظومة	Watt
Qc	الحرارة المطروحة من المكثف	Watt
Rc	نسبة الأنضغاط	-
T	درجة الحرارة	^oC
	القدرة الأنضغاطية للضاغط	Watt
v	الحجم النوعي للمائع	m^3/kg

V	فرق الجهد	volt
Vcc	السعة الحجمية لتبريد الغاز	kJ/m^3
We	القدرة الكهربائية الداخلة إلى الضاغط	Watt
Wc	شغل الضاغط	kJ/kg
X	نسبة غاز التذرير	--
ρ	الكثافة	kg/m^3
η_e	الكفاءة الكهربائية	%
η_v	الكفاءة الحجمية	%
المختصرات		
g	غاز أو بخار	-
f	سائل	-
COP	معامل الأداء	-

المقدمة

لمنظومات التثليج الأنضغاطية استعمالات واسعة في جميع مجالات الحياة منها التطبيقات الصناعية والزراعية والكيميائية. تتألف دورة التثليج الانضغاطية من أربعة أجزاء رئيسية هي الضاغط والمكثف وأداة التمدد والمبخر ولكل من هذه المكونات الأربعة خصائص تصميمية وخصائص أداء معينة كما إن هذه الأجزاء لها أشكال وتصاميم مختلفة [1].أحدى هذه الأجزاء الرئيسية لمنظومة التثليج الأنضغاطية هي وسيلة التمدد التي تقسم إلى أنواع عديدة حسب الظروف التصميمية للدورة، من هذه الأنواع هو الأنبوب الشعري الذي هو عبارة عن أنبوب بسيط بقطر داخلي يتراوح بين (0.5-2 mm) وبطول أقل من متر إلى حوالي ستة أمتار ويستعمل غالبا في منظومات التثليج الصغيرة التي لا تتجاوز سعة التثليج

فيها عن (10 kW) ويستعمل كوسيلة تمدد والسيطرة على معدل التدفق ألكتلي لمائع التثليج[2]. قام الباحثون (Cooper L. , et al.) [3] في عام (1957) بدراسة نظرية وعملية على أنبوب شعري باستخدام مائعي التثليج (R-12) و (R-22) وبينت النتائج بان الطول المحسوب من البرنامج هو اقصر من الطول الحقيقي ووجدوا بان أهم الأسباب التي أدت إلى هذا الحيود هي ظاهرة التأخر في الغليان أي استمرار المائع بالحالة السائلة بعد خط الإشباع ببضع درجات بين ^{o}C (2.7- 5.5).

قام الباحثون (Krolict , et al.) [4] في عام (1983) بدراسة نظرية لأداة تمدد من نوع أنبوب شعري وقدموا أنموذج رياضي يقوم بربط معادلة الاستمرارية والزخم والطاقة واعتمدوا طريقة (Rang-Kutta) العددية في الحل، واعتبروا إن الجريان ثنائي الطور داخل الأنبوب الشعري هو جريان فقاعي (Bubble flow) وأعطى الأنموذج نتائج جيدة بالمقارنة مع النتائج العملية ونتائج أنموذج الجريان المتجانس للباحثان (Awn A.G. & Rezk A.M.) [5] في عام (1979) ولحالتي الجريان الادياباتي واللادياباتي ، وعند مقارنة نتائج الأنموذج الفقاعي مع الأنموذج المتجانس وجد أن الأنموذج الفقاعي يكون أكثر تطابقا مع النتائج العملية.

وفي عام (1997) قدم الباحث نشوان[6] دراسة حول تصميم ومحاكاة منظومة تثليج انضغاطية تعمل بمائع التثليج (R-22) وتستعمل مكثف ومبخر من نوع الاسطوانة والأنابيب وأداة التمدد من نوع أنبوب شعري حيث قام ببناء برنامجي حاسوبي يقوم الأول بتصميم المنظومة والثاني يقوم بمحاكاتها وأعطى الأنموذج نتائج جيدة بالمقارنة مع النتائج العملية للباحث إذ لم تتجاوز نسبة الخطأ (±10.2%) للقدرة المستهلكة في الضاغط و (±6.19%) لمعامل أداء الجهاز و (±4.5%) لسعة التبريد. قدم الباحث (Hussain)[7] في عام (1998) أنموذج حسابي لدورة تثليج انضغاطية يتكون من برنامجين الأول للدورة الانضغاطية النموذجية المثالية والثاني للدورة الانضغاطية الحقيقية لغرض مماثلة العمليات الحرارية والجريانية التي تحدث في كل جزء من مكونات الدورة وتم تصميم الأنموذج العددي بشكل نمذجي حتى يتسنى إمكانية إدخال المتغيرات في مكونات الدورة ومائع التثليج وقد أعطى الأنموذج نتائج جيدة بالمقارنة مع النتائج العملية للباحث إذ لم تتجاوز نسبة الخطأ(7 - إلى 3 - %) للقدرة المستهلكة في الضاغط و (11.3 - إلى 0.7+ %) لمعامل الأداء.

وفي عام (2001) قام الباحث (احمد عبد النبي)[8] ببناء أنموذج رياضي لمحاكاة منظومة تثليج انضغاطية والذي يمكن بواسطته التنبؤ بأداء المنظومة عند استخدام موائع تثليج بديلة ولمعرفة صحة العلاقات المستخدمة قام الباحث بإجراء تجارب عملية على منظومة تبريد انضغاطية باستخدام مائعي التثليج (R-22) و (R-290) ومن خلال عملية المقارنة تبين إن نسبة الحيود لمعامل أداء الدورة لم تتجاوز (5.8%) عند استخدام مائع التثليج (R-22) و (6.78%) عند استخدام مائع التثليج (R-290) ، كما أكدت النتائج المستحصلة على ضرورة إجراء تغييرات تصميمية على الأجزاء التي تستخدم مائع التثليج (R-290) كزيادة طول الأنبوب الشعري بمقدار (17%) وزيادة الإزاحة الحجمية للضاغط بنسبة (20%) لإنتاج نفس السعة لمائع التثليج (R-22).

قام الباحث (M.A.Akintunde) [9] في عام (2007) باستخراج طول الأنبوب الشعري

بالاعتماد على العديد من معاملات الاحتكاك ومعادلة اللزوجة للجريان ثنائي الطور وبينت النتائج بان طول الأنبوب الشعري يعتمد على كلا من عدد رينولدز (Re) ونسبة التذرير (dryness fraction) كما قام الباحث بمقارنة الأطوال المستخرجة مع الطول القياسي المعطى في (ASHRAE) وأظهرت النتائج تقارب جيد بزيادة درجة التبريد الإضافي (sub-cooling).

الجانب العملي

نظرا لتطور موائع التثليج ومنها (R134a) واستخدامه في منظومات التثليج ،عهدنا إلى القيام بدراسة عملية لمعرفة تأثير التغير في طول الأنبوب الشعري على أداء منظومة التثليج الأنضغاطية وللأطوال(120,100,80 cm) وباستخدام مائع التثليج (R134a).

الجهاز المستخدم

يتألف الجهاز المستخدم في إجراء التجارب العملية والموضح في الصورة الفوتوغرافية الشكل (A-1) والرسم التخطيطي (B-1) من الأجزاء التالية:

1-الضاغط (Compressor):

يعد الضاغط قلب دورة التثليج الانضغاطية، ولم تتسع وتنمو صناعة التثليج إلا بعد تطور وتقدم صناعة الضاغط ويجري خلاله عملية انضغاط بخار مائع التثليج ، فقد تم استخدام ضاغط ترددي (Reciprocating Compressor) خلال البحث الحالي.

2-المكثف (Condenser):

تم استخدام مكثف من نوع أنبوب -زعنفة (fin-tube) مجهز بمروحة تدفع الهواء خلاله حيث يتخلل الهواء من بين الزعانف والسطوح الخارجية لأنابيب المكثف ليحصل التبادل الحراري بين المكثف والهواء الخارجي حيث يتم طرح الحرارة من المكثف إلى المحيط الخارجي ويؤدي ذلك إلى تكثف مائع التثليج داخل الأنابيب.

3-المبخر (Evaporator):

تم استخدام مبخر من نوع أنبوب -زعنفة (fin-tube) مجهز بمروحة حيث يمر الهواء عبر الزعانف والأسطح الخارجية لأنابيب المبخر ليحصل التبادل الحراري بينهما مما يؤدي إلى اكتساب الحرارة إلى داخل أنابيب المبخر وبالتالي تبخر مائع التثليج.

4-أداة التمدد (Expansion device):

تتلخص وظيفة أداة التمدد بتقليل الضغط في منظومة التثليج من الضغط العالي في المكثف إلى الضغط الواطئ في المبخر نتيجة الاحتكاك وتسارع السائل فيه بسبب قطره الصغير، وتم استخدام ألانبوب الشعري (Capillary tube) كوسيلة تمدد مصنوع من النحاس وبقطر (2mm) وبأطوال مختلفة (120,100,80 cm).

أجهزة القياس

تم استخدام مجموعة من أجهزة القياس لغرض أجراء التجارب العملية وفيما يلي تعريف بالوسائل المستخدمة في القياس:

1- قياس التدفق (Flow Measurement):

تم استخدام مقياس تدفق من نوع (Rotometer) يقرأ معدل التدفق للمدى (0-0.3 L/min).

2- قياس الضغط (Pressure Measurement):

لقياس ضغط المبخر استخدم مقياس ضغط بمدى (1-to 15 bar) ولقياس ضغط المكثف تم استخدام مقياس ضغط بمدى (0 to 35 bar).

3- قياس درجة الحرارة

(Temperature Measurement) :

تم استخدام مزدوجات حرارية من نوع (T) لقياس درجة حرارة كل النقاط المبينة في الشكل (2) الذي يوضح مخطط الأجزاء الرئيسية لدورة التثليج وتمثيلها على مخطط (p-h) وهذه المزدوجات الحرارية مربوطة مع مقياس درجة الحرارة الرقمي(Digital Thermometer).

مائع التثليج

تم استخدام مائع التثليج (R134a) من مجموعة (HFC's) والتي تسمى بصديقة الأوزون وذلك لعدم احتواء تركيبها الكيميائي على ذرة الكلور ولها عامل نضوب الأوزون (ODP) مساوي للصفر[10] .جدول رقم (1) يوضح لنا الخواص الفيزياوية لمائع التثليج المستخدم في التجارب العملية[11].

طريقة أجراء الحسابات

قبل البدء بالتجارب تمت معايرة المزدوجات الحرارية باستعمال محرار زئبقي في عملية المعايرة وذلك بوضع الجزء الحساس للمزدوج الحراري والمحرار الزئبقي في أناء يحتوي على خليط من الماء المقطر والثلج وأخذت قراءتيهما وبعدها تم تسخين الخليط باستخدام مسخن كهربائي وتم تسجيل قراءة المحرار الزئبقي وقراءة المزدوج الحراري إلى أن نصل إلى درجة حرارة (100 ^{o}C) ويوضح الشكل (3) نتائج المعايرة للمزدوجات الحرارية المستخدمة في المنظومة. وكانت درجة حرارة المحيط الخارجي ضمن مدى (20-25 ^{o}C)، وطريقة أجراء التجارب يمكن توضيحها بالخطوات التالية: -

1-تشغيل منظومة التثليج الانضغاطية.

2-التحكم بمعدل التدفق الحجمي بوحدات (L/min) بواسطة صمام تحكم خلال مقياس التدفق (Rotometer).

3-التحكم بمسار الجريان لمائع التثليج خلال الأطوال الثلاث للأنبوب الشعري بواسطة ثلاث صمامات للتحكم وموضحة في الشكل (A-1) و (B-1).

4-يترك الجهاز لمدة (60-90) دقيقة للوصول إلى حالة الاستقرار ويتم معرفة ذلك عند ثبوت درجات الحرارة والضغوط على طول الدورة. حيث تؤخذ قراءات الضغوط وذلك بأستخدام مقياسي ضغط أحدهما يقيس الضغط العالي (high pressure) والآخر يقيس الضغط الواطئ (Low pressure) أما درجات الحرارة فتقرأ على طول الدورة مع معدل التدفق ألكتلي والتيار والفولتية والقدرة الكهربائية الداخلة إلى الضاغط.

تم حساب خواص مائع التثليج (R134a) المستخدم اعتمادا على تغير درجات حرارة المائع في دورة التثليج وتحسب من المعادلات التجريبية التالية[11] :

- في حالة الأشباع:

$$h_f = 199.69 + 1.36T + 0.00321\,T^2 - 6.78*10^{-5}T^3 + 7.05*10^{-7}T^4 \quad \text{.....(1)}$$

$$h_g = 399.31 + 0.55T - 0.0038\,T^2 + 11.32*10^{-5}T^3 - 1.19*10^{-6}T^4 \quad \text{.. (2)}$$

$$\rho_f = 1296.6 - 3.48T - 0.025T^2 + 1.132*10^{-4}T^3 - 7.4351*10^{-6}T^4 \quad \text{.....(3)}$$

$$v_g = 0.0698 - 0.0025T + 5*10^{-5}T^2 - 5.22*10^{-7}T^3 + 2.102*10^{-9}T^4 \quad \text{...(4)}$$

$$v_f = 7.8*10^{-4} + 2.62*10^{-6}T - 1.67*10^{-8}T^2 - 1.44*10^{-10}T^3 + 6.98*10^{-12}T^4 \quad \text{.....(5)}$$

- وفي حالة التحميص:

$$h_1 = 400.87 + 0.519T + 0.00891T^2 - 7.386*10^{-5}T^3 + 2.194*10^{-7}T^4 \quad \text{...(6)}$$

$$v_1 = 0.049 + 2.77*10^{-4}T - 4.298*10^{-7}T^2 + 1.064*10^{-9}T^3 \quad \text{.....(7)}$$

$$h_2 = 391.496 + 0.912266T + 0.000487326T^2 \quad \text{.....(8)}$$

$$v_2 = 0.0302 + 2.03*10^{-4}T - 3.2201*10^{-7}T^2 + 6.1447*10^{-10}T^3 \quad \text{.....(9)}$$

في حين تم حساب معدل التدفق ألكتلي للمائع m^o ووحداتها (kg/s) من المعادلة التالية[2] :

$$m^o = \rho_f * Q \quad \text{.....(10)}$$

سرعة المائع تم حسابها من المعادلة التالية:

$$C = \frac{m^o}{A.\rho_f} \quad \text{.....(11)}$$

$$A = \frac{\pi.D^2}{4}$$

إن نسبة التذرير (X) تم احتسابها اعتمادا على معادلة الاستمرارية ومعادلة الطاقة: -

$$1000h_5 + \frac{v_5^2.S^2}{2} = 1000h_4 + \frac{C^2}{2}$$

$$1000h_{f5} + 1000(h_{g5} - h_{f5}) + \frac{\left[v_{f5} + (v_{gf} - v_{f5})X\right]^2}{2} * S^2 = 1000h_{f4} + \frac{C^2}{2}$$

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

.....(12)

حيث أن

$$a = \frac{(v_{g5} - v_{f5}).S^2}{2}$$

$$b = 1000(h_{g5} - h_{f5}) + (v_{g5} - v_{f5}).v_{f5}.S^2$$

$$c = 1000(h_{f5} - h_{f4}) + \frac{v_{f5}^2.S^2}{2} - \frac{C^2}{2}$$

$$S = \frac{m^o}{A}$$

ولغرض احتساب المحتوى الحراري الخارج من الأنبوب الشعري اعتمادا على نسبة التذرير (X) تستخدم المعادلات التالية:

$$h = h_f(1 - X) + X.h_g$$

$$v = v_f(1 - X) + X.v_g$$

.....(13)

إن تحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية ينتج عنها خسائر نتيجة الاحتكاك و الهسترة ومقاومة الأسلاك والتي تمثل بمجموعها الكفاءة الكهربائية للمحرك الكهربائي[8] :

$$\eta_e = \frac{We}{E} \quad \text{.....(14)}$$

حيث أن

$$E = I * V$$

إن عملية الانضغاط تحدث بأجراء بوليتروبي وان لها نفس قيمة الأس البوليتروبي (n) ويتمثل الأجراء بالمعادلة:

$$Pv^n = \text{constant}$$

وتم استخراج الكفاءة الحجمية للضاغط من المعادلة التالية[7] :

$$\eta_v = Cl.\left[1 - Cc.\left[(Rc)^{\frac{1}{n}} - 1\right]\right] \quad \text{.....(15)}$$

$$Rc = \frac{Pc}{Pe}$$

وبتطبيق معادلة الحالة للتدفق المستمر على أجزاء الدورة وبإهمال التغير في الطاقة الكامنة والحركية نحصل على المعادلات التالية [1] :

<u>للضاغط :</u> ان المحتوى الحراري لمائع التثليج يزداد خلال شوط الأنضغاط البولتروبي من (1-2) كما مبين في الشكل (2)، ويمكن الحصول على القدرة اللازمة لضغط بخار مائع التثليج من المعادلة التالية:

$$TCP = \dot{m}^o.Wc$$

$$Wc = h_2 - h_1$$

.....(16)

<u>للمكثف:</u> الأجراء (2-3) تجري عملية التكثيف بثبوت الضغط وتم حساب معدل الحرارة المطروحة من المكثف من المعادلة التالية:

$$Qc = \dot{m}^o.(h_2 - h_3)$$

.....(17)

ولأداة التمدد: (4-5) تجري عملية التمدد أديباتيا بثبوت المحتوى الحراري وبتعبير أخر فأن:

$$h_4 = h_5$$

وللمبخر: الأجراء(5-6) تجري عملية التبخر بثبوت الضغط وتم حساب معدل الحرارة المسحوبة في المبخر من المعادلة التالية:

$$Qe = m^o.qe$$
$$qe = h_6 - h_5$$

.....(18)

وتم حساب السعة الحجمية لتبريد الغاز بوحدات (kJ/m^3) من المعادلة التالية:

$$Vcc = \frac{qe}{v_1}$$

.....(19)

أما معامل الأداء لدورة التثليج الانضغاطية فقد تم حسابها من المعادلة التالية:

$$COP = \frac{Qe}{TCP}$$

.....(20)

النتائج و المناقشة

شمل البحث استقصاء تجريبي لمعرفة تأثير طول الأنبوب الشعري على أداء منظومة التثليج الانضغاطية باستخدام مائع التثليج R134a ، وأن وصف الجهاز وطريقة أجراء التجارب وضحت في الجانب العملي. شملت التجارب تغير معدل التدفق ألكتلي من (2-6 g/s) ولأطوال الأنبوب الشعري الثلاث (120,100,80 cm).الجدول رقم (2) يوضح مقارنة للنتائج الحسابية لأدنى وأعلى تدفق كتلي للمائع وللأطوال الثلاثة للأنبوب الشعري.

الشكل(4) يوضح تغير معامل أداء منظومة التثليج الأنضغاطية (COP) بالنسبة لتغير طول الأنبوب الشعري (L) مع تغير معدل التدفق ألكتلي للمائع ويلاحظ من الشكل أن معامل الأداء يقل كلما زاد معدل التدفق ألكتلي وذلك بسبب زيادة القدرة المستهلكة في الضاغط اللازمة لضغط الكمية الإضافية للمائع، لذلك فان أقل قيمة لمعامل الأداء عند الطول(L=120cm) وعند $\left(m^o = 2.78g/s\right)$ كانت(COP=5) وأكبر قيمة عند الطول (L=80cm) كانت (COP=6.33) ولنفس التدفق.والشكل (5) يبين الاختلاف في معامل الأداء لأطوال الأنبوب الشعري الثلاث حيث نلاحظ أن أعلى معامل أداء عند الطول (L=80cm) مقارنتا بالأطوال الأخرى وعند جميع درجات حرارة التكثيف، ويعود السبب إلى زيادة سرعة المائع في الأنبوب الشعري وبالتالي تزداد الخسائر بسبب زيادة الاحتكاك بين المائع والسطح الداخلي للأنبوب الشعري. الشكل (6) يوضح تغير القدرة الانضغاطية لمائع التثليج R134a مع تغير طول الأنبوب الشعري ولمختلف درجات حرارة المكثف اعتمادا على تغيير معدل التدفق الكتلي، حيث نلاحظ ان اقل قدرة انضغاطية هي عند الطول (L=80 cm) وكانت (TCP=80.04 Watt) وأعلى قدرة أنضغاطية عند الطول (L=120cm) وكانت (TCP=114.47 Watt)، وذلك لأن نسبة الأنضغاط (Rc) عند (L=80 cm) هي اقل من نسبة الانضغاط عند (L=120cm) وبالتالي سوف يحتاج الضاغط إلى قدرة اقل للأنضغاط. الشكل (7) يوضح تغير ضغط المبخر لأطوال الأنبوب الشعري الثلاثة مع اختلاف معدل التدفق ألكتلي، ويلاحظ أنه بزيادة طول الأنبوب الشعري يقل ضغط المبخر وذلك بسبب زيادة الخسائر داخل الأنبوب الشعري وبالتالي نقصان ضغط المبخر بنسبة (10.92%) والذي بدوره يزداد مع زيادة معدل التدفق ألكتلي بنسبة (57.11%).

الشكل (8) يوضح تغير درجة حرارة التبريد الإضافي مع تغير معدل التدفق ألكتلي ولمختلف أطوال الأنبوب الشعري حيث نلاحظ من الشكل نقصان درجة حرارة التبريد الاضافي مع زيادة معدل التدفق ألكتلي وتزداد بزيادة طول الأنبوب الشعري ويعود السبب أنه بزيادة طول الأنبوب الشعري تزداد القدرة الأنضغاطية بنسبة (19.54%) وبالتالي تحتاج الدورة إلى زيادة في درجة حرارة التبريد الإضافي بنسبة (23%) كلما زاد معدل التدفق ألكتلي.ويوضح الشكل (9) مخطط الدورة على إحداثيات (ضغط- أنثالبي) للمائع (R134a) مع اختلاف طول الأنبوب الشعري وعند معدل التدفق ألكتلي $\left(m^o = 4.44g/s\right)$ ويلاحظ من الشكل أنه بزيادة طول الأنبوب الشعري ترافقها زيادة في القدرة المجهزة للضاغط بنسبة (9.78%) مع زيادة في سعة التثليج بنسبة (1.61%) و نقصان في أداء المنظومة بنسبة (8.31%).

الاستنتاجات

تم في هذا البحث تغيير معدل التدفق الكتلي من (6 -2 g/s) وباستخدام أطوال الأنبوب الشعري (120,100,80cm) حصلنا على الاستنتاجات التالية:

1.أن معامل الأداء لدورة التثليج الانضغاطية (COP) يقل بنسبة (38.14%) عند ازدياد معدل التدفق ألكتلي ، وبنسبة (6.65%) كلما زاد طول الأنبوب الشعري من (120-80cm).

2.القدرة الأنضغاطية للضاغط تزداد بنسبة (68.36%) بزيادة معدل التدفق ألكتلي للمائع R134a ، و بنسبة (9.54%) بزيادة طول الأنبوب الشعري.

3. بزيادة الطول للأنبوب الشعري بثبوت القطر يقل ضغط المبخر بنسبة (10.92%) وذلك لزيادة الخسائر داخل الأنبوب الشعري.

4. أن الزيادة في درجة حرارة التبريد الإضافي (Sub-cooling) تزداد بنسبة (23%) عند الطول (L=120cm) مقارنة مع الأطوال الأخرى(100,80cm).

5. لوحظ من هذه الدراسة أن أفضل طول للأنبوب الشعري أستخدم في منظومة التثليج الانضغاطية بالاعتماد على معدل التدفق ألكتلي هما الطول (80 cm) عند أدنى تدفق كتلي (2.78 g/s)، والطو (100 cm) عند أعلى تدفق كتلي (5.83 g/s) لأنهما يعطيان أعلى أداء للدورة وأقل قدرة أنضغاطية.

التوصيات

من خلال إجراء هذا البحث وما تم الحصول عليه يوصى بأجراء بعض الدراسات المكملة لهذه الدراسة:

1) دراسة تأثير التغير في قطر الأنبوب الشعري على أداء المنظومة مع ثبوت طول الأنبوب ولنفس مائع التثليج.

2) دراسة تأثير أداة التمدد (صمام التمدد والأنبوب الشعري) على أداء المنظومة.

3) دراسة تأثير التغير في درجة حرارة المحيط على أداء المنظومة باختلاف أطوال الأنبوب الشعري وبثبوت معدل التدفق الكتلي.

المصادر

[1] الدكتور خالد الجودي "مبادئ هندسة تكييف الهواء والتثليج" جامعة البصرة. (1986)

[2] W.F.stoeker, “Refrigeration and Air condition”, Mc Graw-Hill puplishing company ltd, second Edition, (1982).

[3] Cooper L., et al., "Simple selection method for capillaries derived from physical flow conditions" Refrigeration Engineering, (1957),Vol.65, No.7, pp. (37-41).

[4] Krolickt Z., et al., "Model of throttling capillary tube with matastable process", proc. of the XVI congr. Of ref., Paris, 1983, pp. (699-709).

[5] Awn A.G. and Rezk A.M.," Investigation on flow of R-22 through capillary tube", proc. of the XV Int. congr. of ref., Venice,1979, pp (789-809).

[6] نشوان باسم بهنام "استخدام الحاسبة في تصميم ومحاكاة منظومة تثليج انضغاطية" رسالة ماجستير، قسم هندسة المكائن والمعدات ، الجامعة التكنولوجية ، 1997.

[7] Hussain R.M.,"Anumerical simulation of vapour compression refrigeration cycle using alternative refrigerants", ph.D Thesis, Baghdad university, Mech. Eng. Dept, (1998).

[8] احمد عبد النبي عمران مقارنة اداء مائع التثليج R22و R290 في منظومة تثليج انضغاطية ودراسة تأثرها على الأنبوب الشعر " رسالة ماجستير، قسم هندسة المكائن والمعدات، الجامعة التكنولوجة 2001.

[9] M.A.Akintunde,"The effects of friction factors on capillary tube length", the pacific journal of science and technology, 2007, Vol.8, No.2, pp (.238-245).

[10] Wojdon W, and George M.,” How to Replace CFC Refrigerants Hydrocarbon Processing “ , August 1994,PP.(107-112).

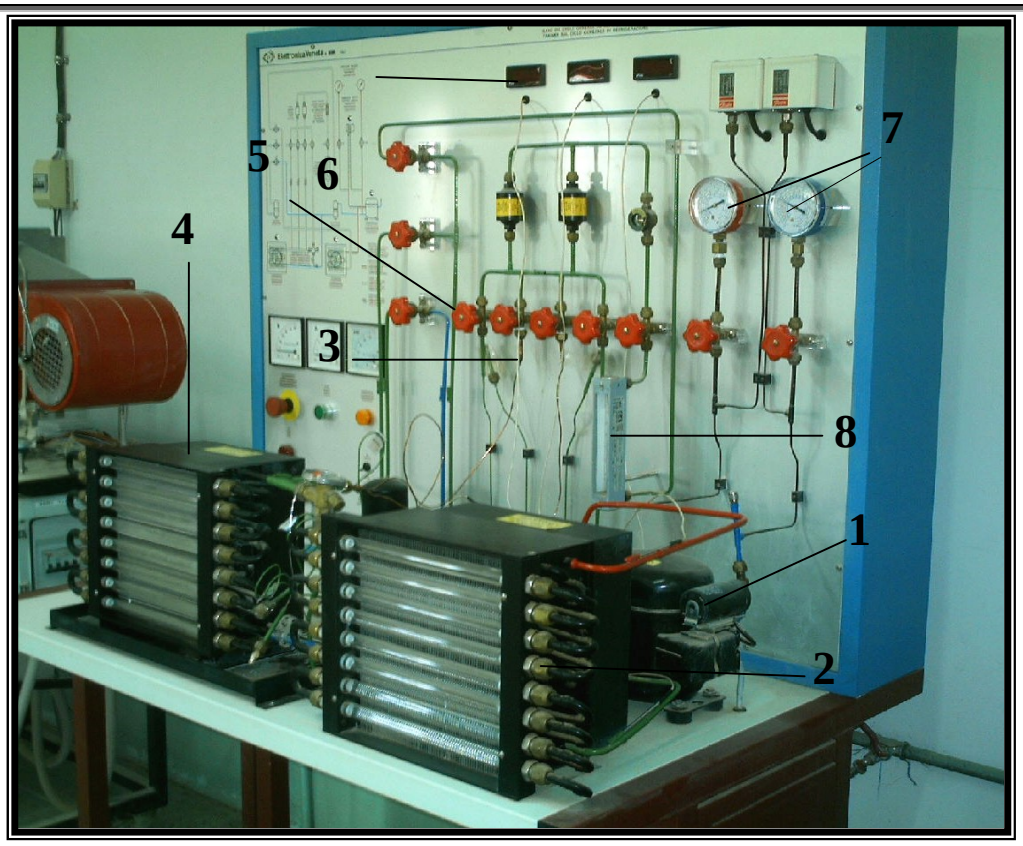
[11] ASHRAE Fundamental Handbook, 1997.

جدول رقم (1) يبين الخواص الفيزياوية لمائع التثليج المستخدم.

No	Chemical name	Chemical formula	Molecular mass	Boiling point (c^o)	Freezing point (c^o)	Critical pressure (bar)	Critical temperature (c^o)	Critical volume (L/Kg)
R134a	Tetrafluoroethan	CF3CH2F	102.03	-26.16	-96.6	40.76	101.1	1.81

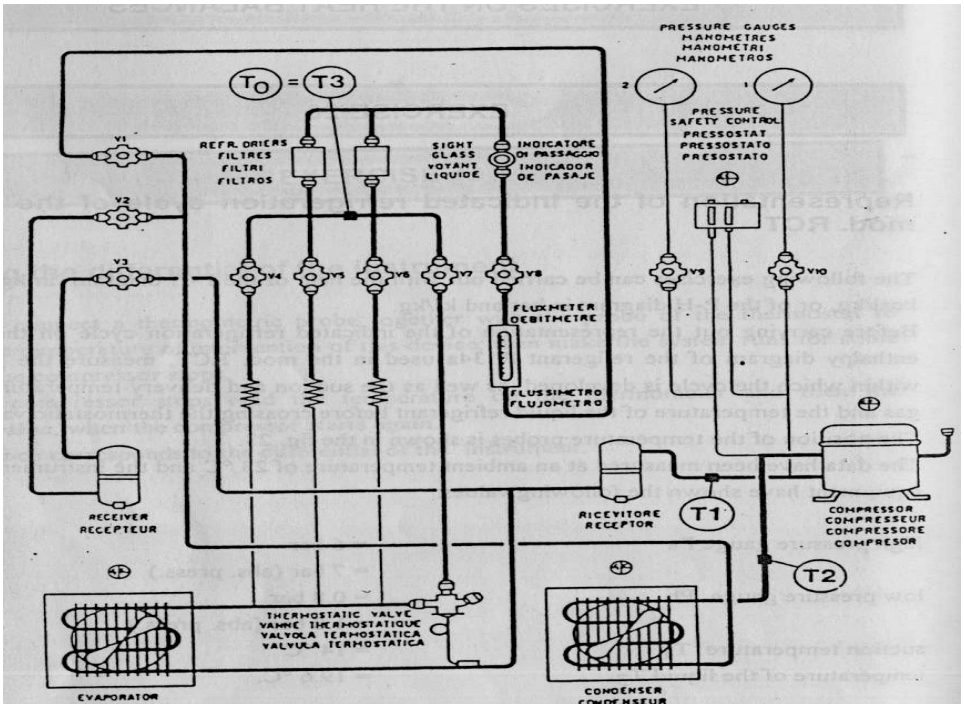
جدول رقم (2) مقارنة النتائج الحسابية للدورة بأخذ أدنى وأعلى تدفق كتلي ولأطوال مختلفة للأنبوب الشعري

Mass flow rate	2.78 g/s			5.833 g/s		
L (cm)	80	100	120	80	100	120
TCP (Watt)	80.04	92.87	114.4663	309.912	295.433	304.816
Vcc (KJ/m^3)	3379.044	3393.207	3411.311	3448.425	3430.839	3444.078
COP (-)	6.328	5.5323	5.0004	3.3302	3.5608	3.43066
Qe (Watt)	506.494	513.781	572.377	1032.073	1051.973	1045.72
X (-)	0.179343	0.172588	0.158506	0.094602	0.0842764	0.09421
% η_v	56.96377	55.07865	53.6478	68.764	68.2834	68.2468
η_e %	60.7211	56.7376	60.0751	65.764	66.5377	66.762
n (-)	1.117814	1.121528	1.127953	1.209325	1.206889	1.205678
Tsub-cooling (c^o)	1.2	1.4	1.5	0.65	0.85	1
Rc (-)	6.227	6.398	6.43	10.732	11.44	12

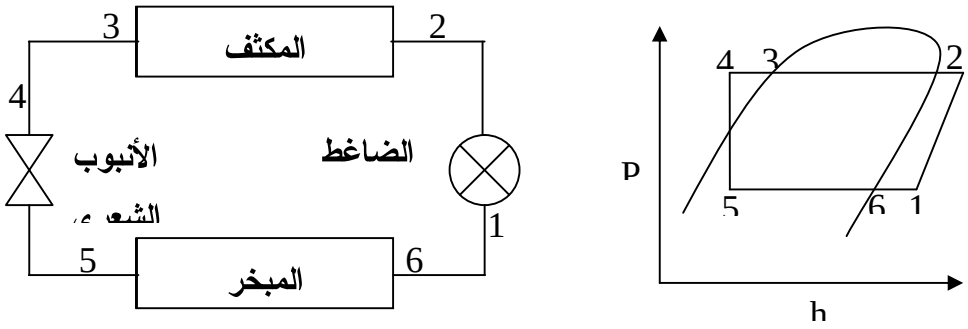


شكل (A-1) صورة فوتوغرافية توضح الجهاز المستخدم في البحث

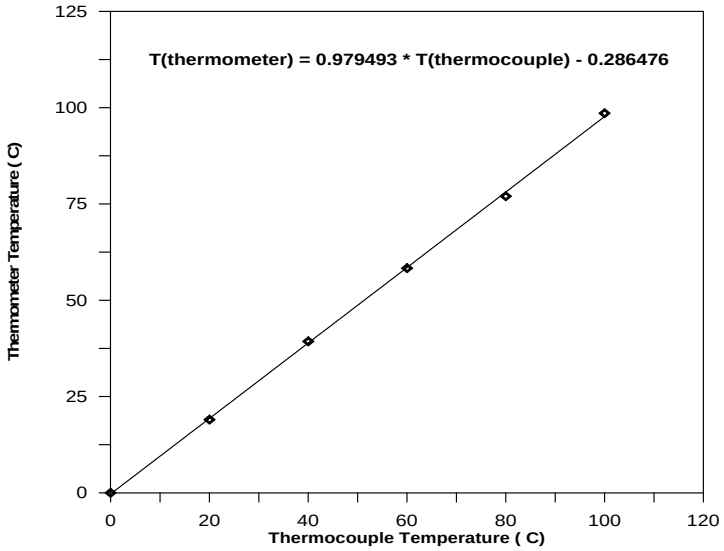
(1) ضاغط (2) مكثف (3) الأنبوب الشعري (4) المبخر (5) صمام التحكم (6) مقياس رقمي لقياس درجات الحرارة (7) مقياسي الضغط (8) مقياس التدفق ألحجمي



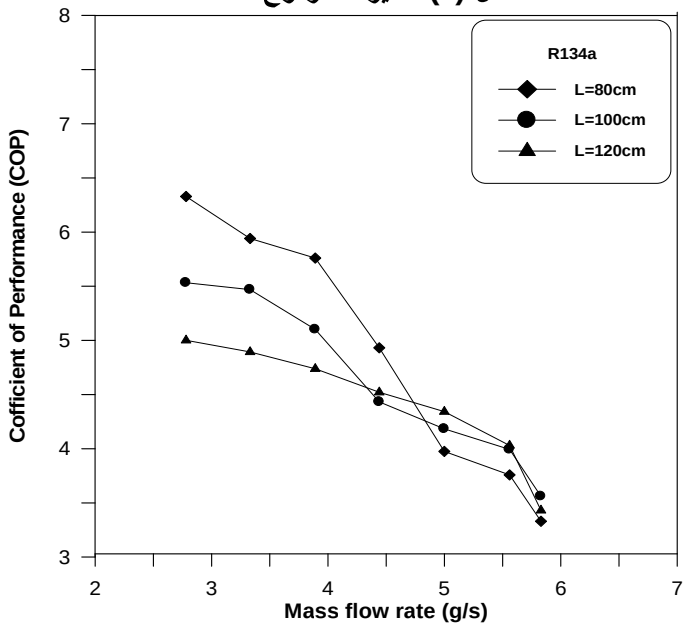
شكل (B-1) رسم تخطيطي للجهاز



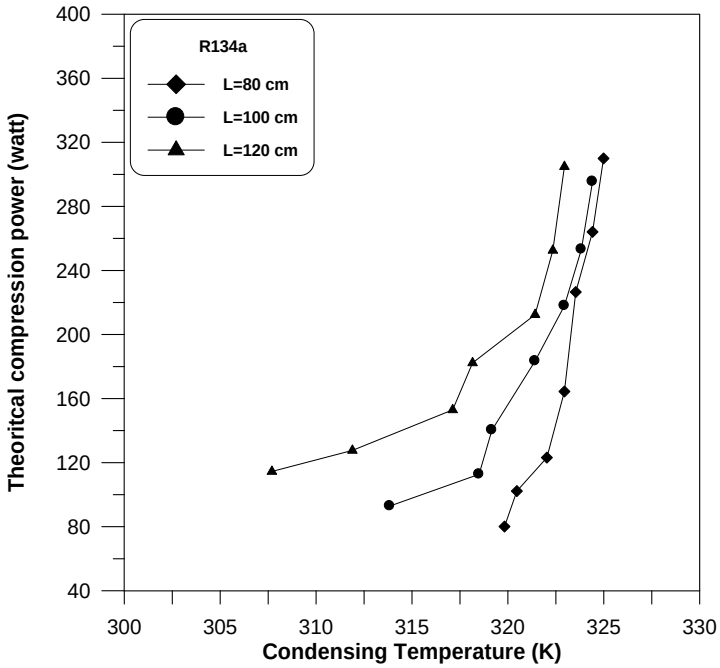
شكل (2) يوضح مخطط الأجزاء الرئيسية لدورة التثليج الانضغاطية وتمثيلها على مخطط (p-h)



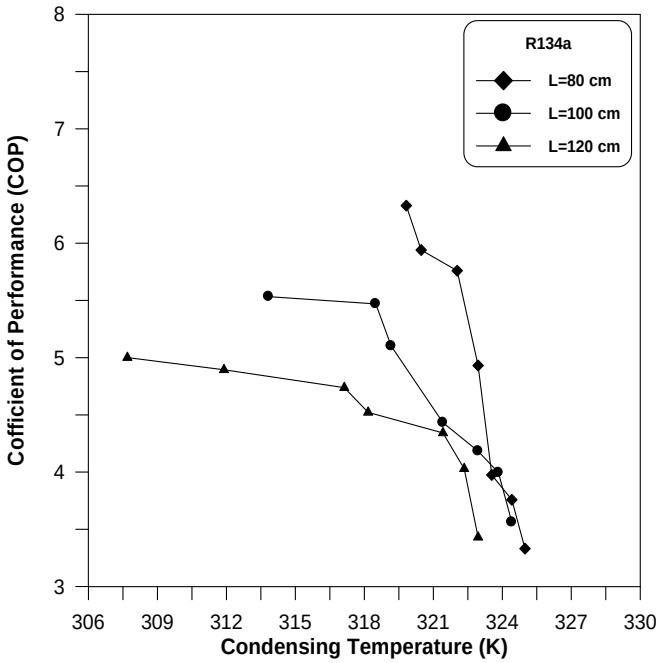
شكل (3) معايرة المزدوج



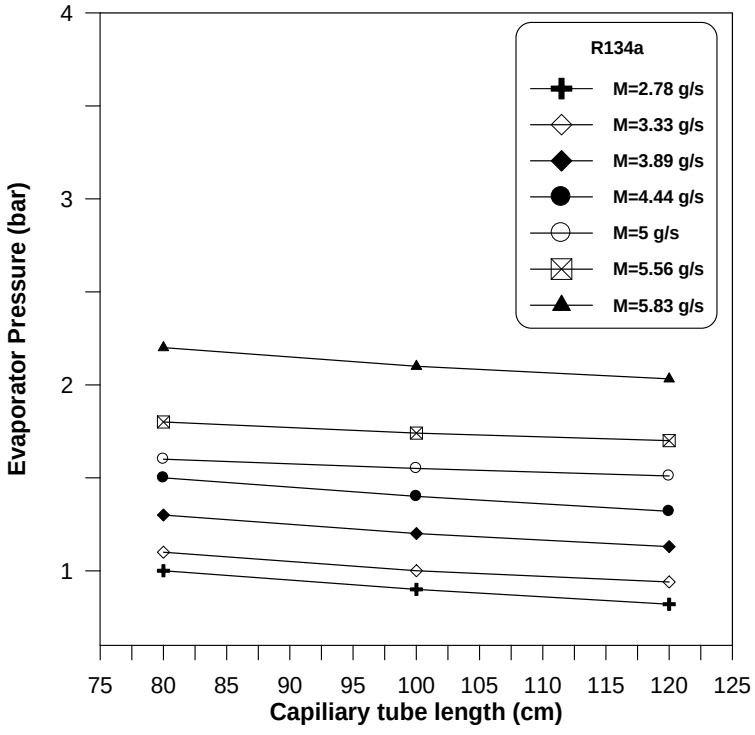
شكل (4) يوضح تغير معامل أداء المنظومة مع تغير معدل التدفق ألكتلي لمختلف أطوال الأنبوب الشعري



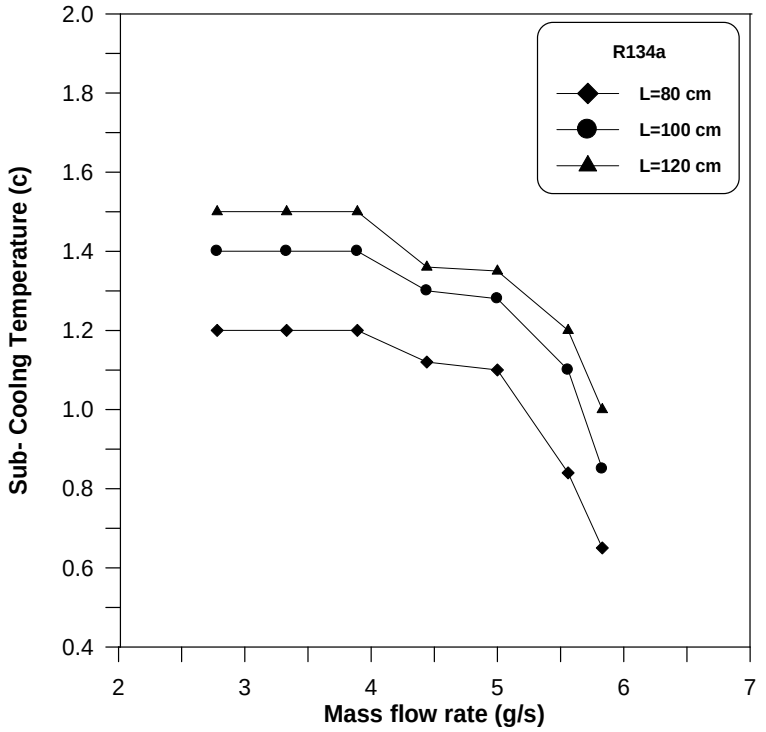
شكل (6) يوضح تغير قدرة الأنضغاط النظرية مع تغير درجة حرارة التكثيف لمختلف أطوال الأنبوب الشعري



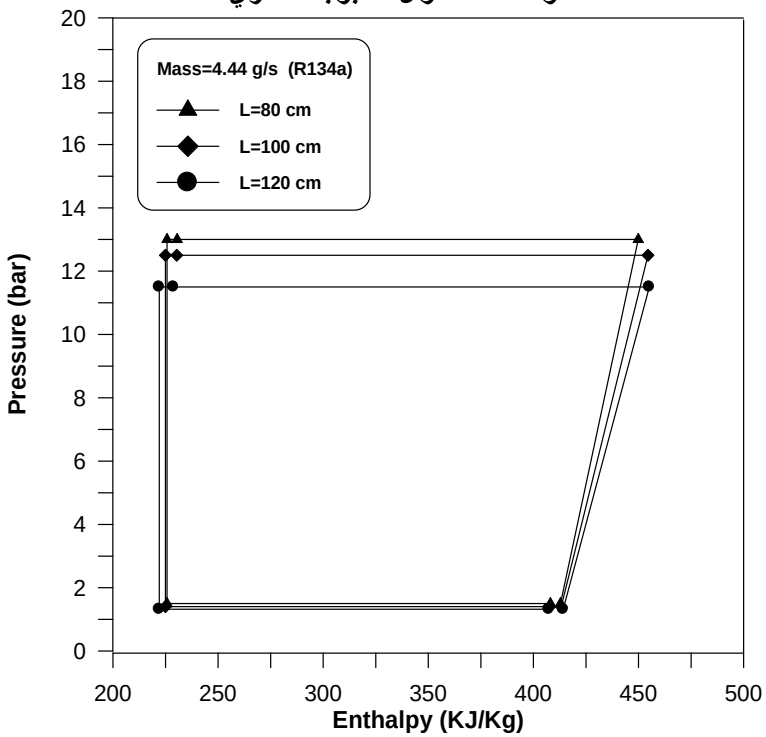
شكل (5) يوضح تغير معامل أداء المنظومة مع تغير درجة حرارة التكثيف لمختلف أطوال الأنبوب الشعري



شكل (7) يوضح التغير في ضغط المبخر مع التغير في طول الأنبوب الشعري عند معدلات تدفق مختلفة



شكل (8) يوضح التغير في درجة حرارة التبريد الإضافي مع التغير في معدلات التدفق ولمختلف أطوال الأنبوب الشعري



شكل (9) يوضح مخطط المنظومة على إحداثيات (ضغط - أنثالبي) عند معدل التدفق ألكتلي (4.44 g/s) ولمختلف أطوال الأنبوب الشعري

مجلة تكريت للعلوم الهندسية/المجلد 15/العدد4/كانون الأول 2008 (14 -28)

AN EXPERIMENTAL STUDY TO SHOW THE EFFECT OF DIFFERENCE IN CAPILLARY TUBE LENGTH ON COMPRESSION REFRIGERATION SYSTEM PERFORMANCE BY USING THE REFRIGERANT (R134A)

Thamir K. Salim
Assistant Lecture
Mech. Eng. Dep.
University of Tikrit

Saad S. Farhan
Assistant Lecture
Mech. Eng. Dep.
University of Technology

Samer M. Khalaf
Assistant Lecture
Mech. Eng. Dep.
University of Tikrit

ABSTRACT

An experimental compression refrigeration system performance study was presented in this research depending on the change of the capillary tube length and by using (R134a).

The tests were done for three capillary tube lengths (80,100,120cm) and changing mass flow rate for each length. Their values were (2 – 6g/s) with capillary tube diameter (2mm).

The results showed that the (COP) decreases by (38.14%) as the mass flow rate increases from (2 – 6g/s), and by (6.65%) as the capillary tube length increases from (80-120 cm). At (L=80Cm) the (COP) value will be greater than it's value at (L=120Cm) for lowest mass flow rate, while it's values converge for all lengths at high mass flow rate .Also it was declared that (COP) will decrease as the condenser temperature increases for all lengths.

The study showed that the compressor compression power increases as the condenser temperature increases by (68.36%), and increases as the capillary tube length increases by (9.54%) with convergence value at (100 cm) and (120 cm) . This study showed also that sub-cooling temperature stays constant at low flow rates, and decreases at higher flow rates by (34.35%).

Through this study was found best length used in refrigeration cycle at lowest mass flow rate (2.78 g/s) is (80Cm) which will give highest performance and lowest compression power, and at high mass flow rate (5.83 g/s) found the length (100Cm) will give highest performance and lowest compression power.

KEY WORDS: Capillary tube length, compression refrigeration cycle Performance, R134a

This document was created with Win2PDF available at http://www.win2pdf.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.