International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
العدد 28
Volume 28
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

دراسة تأثير تغير درجات حرارة الغرفة على معامل أداء الثلاجة المنزلية

محمد خليفة الاخضر
Mohalk67@gmail.com

نورالدين عبد الحميد المجدوب
majdobnour@gmail.com

المعهد العالي للعلوم والتقنية بالزاوية

الملخص

إن دراسة معامل أداء الثلاجة المنزلية بالنسبة لتغير درجات حرارة الغرفة تتطلب إجراء تعديل وتطوير على الثلاجة المعنية حيث تم وضع وتثبيت أجهزة قياس الضغط وقياس درجات الحرارة عند النقاط المراد تتبعها ثم اخذت قراءات لدرجات الحرارة من $20C^0$ إلى $37C^0$في أيام وأوقات مختلفة، وكانت النتيجة إن متوسط معاملات الأداء المحسوبة تزداد من $20C^0$ إلى $28C^0$ وعند الدرجة الاخيرة للحرارة وصل معامل الأداء إلي اعلي قيمة له.

الكلمات الدليلية: الثلاجة المنزلية، معامل أداء، درجات الحرارة، الانثالبي.

Abstract.

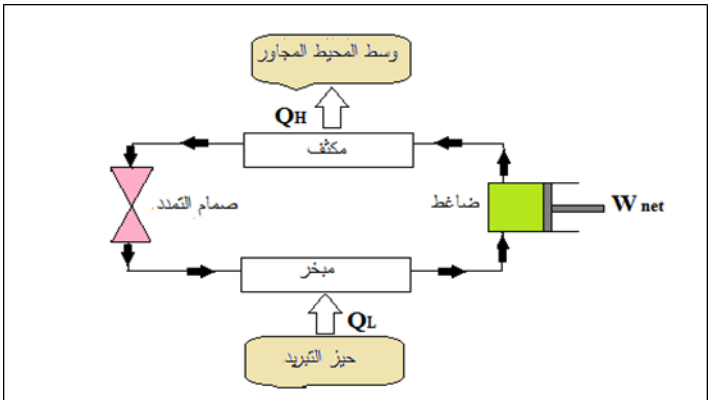
In order to study the coefficient of performance of the refrigerator it's required to apply some tools in order to measure the pressures and temperatures at all points in the pipes of the refrigerator that the study carried on for several days and different temperatures evaluated from $20C^0$ to $37C^0$. Data was obtained and calculated to measure the mean value of the coefficient of performance from the calculation the performance value increase from $20C^0$ until $28C^0$ and in that case, the coefficient of $28C^0$ was the peak of value.

1- المقدمة

إن عمل الثلاجة المنزلية هو تبريد الأشياء المراد الحفاظ عليها طازجة مثل اللحوم والخضروات، وغيرها ويمكن تعريف مصطلح التبريد بأنه عملية سحب كمية حرارية من المادة المراد تبريدها تحت ظروف مسيطر عليها، وتتضمن هذه العملية انخفاض في درجة حرارة الجسم والمحافظة عليها عند درجات حرارة أقل من درجة حرارة المحيط. وتختلف

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

أشكال الثلاجات في الحجم والنوع، أما مكونات أجزائها فهي لا تختلف كثيرا حيث تتكون الثلاجة المنزلية من أربعة أجزاء رئيسية هي الضاغط (compressor)– المكثف (condenser) – صمام التمدد (expansion valve)– المبخر (evaporator) [1] كما يوضحه الشكل (1) حيث يستخدم غاز (R134) كوسيط التبريد في الثلاجات المنزلية ويعتبر من أكثر وسائط التبريد استعمالاً في الوقت الحاضر ومن مواصفاته: أن اسمه العام Tetrafluoroethane والصيغة العلمية له CF_3CH_2F والرمز R–134a إما درجة الغليان فهي 26.1– ^0C [2].



شكل (1) يوضح المكونات الرئيسية للثلاجة المنزلية

تتركز الدراسة في هذه الورقة العلمية على تأثير تغير درجات حرارة الغرفة على معامل الأداء للثلاجة المنزلية والتي أجريت بمعمل التكييف والتبريد بالمعهد العالي للعلوم والتقنية بالزاوية في أيام وأوقات مختلفة. هناك دراسات وأبحاث كثيرة نشرت في هذا المجال نذكر منها علي سبيل المثال لا الحصر ما نشرته جامعة Purdue University **2014** والتي ذكرت فيها أن أنظمة التبريد الخاصة بمحل السوبر ماركت استخدمت فيه مجموعة متنوعة من الطرق والأساليب مثل دمج أنظمة التدفئة والتبريد وضبط نقاط الضغط واستخدام مراوح المكثف لتقليل من استهلاك الطاقة وتحسين معامل الأداء وأظهرت النتائج

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

انه عندما تكون درجة حرارة المحيط الخارجية اقل من 15 درجة مئوية فانه لا يوجد فرق واضح في تحسين معامل أداء النظام ومع ذلك عندما تزيد درجة حرارة المحيط عن هذه العتبة فان طريقة التحكم التي تعمل علي تحسين معامل الأداء للنظام تكون أفضل بكثير[3]. ومن بين الدراسات التي نشرت أيضا الورقة العلمية بالمرجع رقم [4] والتي تمحورت حول تحسين أداء النظام من حيث عمل الضاغط وسعة التبريد ومعامل الأداء الثلاجة المنزلية ذات الطراز رقم NRB33TA ومن خلال تحديد ثلاث متغيرات مهمة إثناء عملية التشغيل وهي درجة الحرارة والضغط وتدفق مادة التبريد وذلك بوضع مجسات لقياس درجات الحرارة واستخدام مقياس الضغط ومقياس التدفق المغناطيسي لقياس تدفق مادة التبريد. بحيث أظهرت النتائج أن متوسط معاملات الأداء كانت 2.7. وهناك دراسة أخرى نشرت عام 2015 تركزت علي تحسين معامل أداء الثلاجة المنزلية باستخدام ثلاث تصميمات للمكثفات cond2, cond1 بالإضافة إلي المكثف الأصلي للثلاجة وأظهرت النتائج أن متوسط معامل الأداء Cop ازداد عن حالته بنسبة 14% إلي 20% علي التوالي بالنسبة للمكثفات المذكورة [5].

2- الجانب النظري: معامل الأداء

يعبر عن كفاءة الثلاجة بدلالة معامل يسمي معامل الأداء (coefficient of performance) COP ويستهدف من استخدام الثلاجة إزالة الحرارة Q_L من حيز التبريد. ونحتاج للوصول لهذا الهدف عمل شغل مبذول من الضاغط W_{in} ، [1,3] ويعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية:

$$COP = \frac{desired\ output}{required\ input} = \frac{Q_l}{W_{in}}$$

كما يمكن التعبير عن علاقة معامل الأداء كما يلي:

$$COP = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{Q_H / Q_L - 1}$$

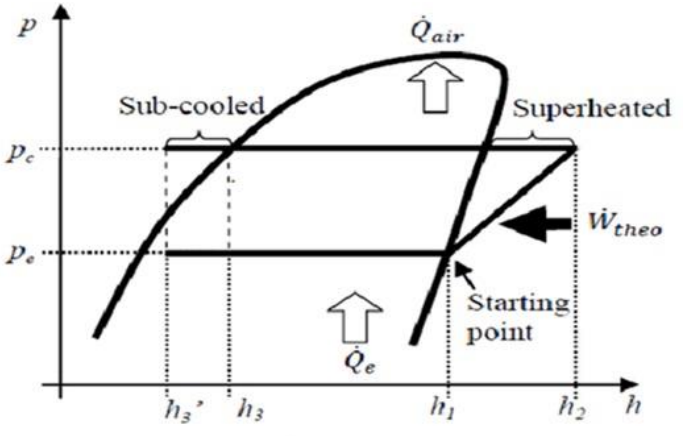
$$W_{in} = Q_H - Q_L \qquad (kJ)$$

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

حيث يمثل الرمز W_{in} الشغل الضاغط والرمز Q_L تمثل الحرارة الممتصة من المبخر أما Q_H فهيا تمثل الحرارة المتبددة إلى المحيط ويلاحظ انه يمكن لقيمة COP أن تكون أكبر من واحد. إي إن كمية الحرارة المزالة من حيز التبريد اعلي من كمية مدخل الشغل. وهذا عكس الكفاءة الحرارية التي لا يمكن أن تكون اعلي من واحد ويعد التعبير عن كفاءة الثلاجة بمصطلح أخر، وهو معامل الأداء، احد الأسباب لتفادي غرابة الحصول علي كفاءة اعلي من واحد. [1] ولحساب معامل الأداء لأبدا من حساب الانثالبيا h (الخاصية المركبة) والانثالبيا هي من ضمن الخواص الديناميكية الحرارية التي تحسب من خلال جداول الخواص الديناميكية الحرارية لبعض المواد والموجودة كملحق في المرجعين [1,2] بحيث يكتب المحتوي الحراري أو الانثالبي بالمعادلة h = u+pv (kJ/kg) وقد تختلف الوحدة الناتجة من حاصل ضرب الضغط p في الحجم v عن وحدة الطاقة الداخلية u بمعامل فقط ويكون $1kPa.m^3 = 1kJ$ [1−2] ويمكن تلخيص ما يحدث في دورة الثلاجة في نقاط [1,2,3] كما يلي.

2.1− الضاغط:− عملية رفع درجة الحرارة والضغط بواسطة الشغل

عند دخول وسيط التبريد إلى الضاغط وفي حالتها الأولى (h_1) كما بالشكل (2).



p-h diagram

شكل (2) يوضح دورة التبريد للثلاجة

المصدر : مرجع رقم [3]

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

يتم ضغط الوسيط عن طريق عملية ترددية للمكبس حيث يزداد ضغط وسيط التبريد من ضغط منخفض إلى ضغط عالي (h_2) وبالتالي يتم بذل شغل للضاغط وباستخدام القانون الأول للديناميكا الحرارية المرحلة بين (2-1).

حيث $q = 0$

$$q - w = h_e - h_i \Rightarrow -w = h_e - h_i \Rightarrow -w = h_2 - h_1$$
$$\Rightarrow w = h_1 - h_2$$

حيث w (kJ/kg) ترمز إلي الشغل النوعي و q (kJ/kg) ترمز إلي كمية الحرارة النوعية و h (kJ/kg) ترمز إلي الانثالبي و الانثالبي h_2 عند خروجه من الضاغط ودخول المكثف وh_1 الانثالبي عند دخوله ضاغط وخروجه من المبخر و الانثالبي $h_4 = h_3$ عند خروجه من المكثف ودخوله صمام التمدد .

2.2- المكثف:- عملية فقد درجة الحرارة مع ثبوت الضغط

عند مرور وســـيط التبريد ودخوله للمكثف إلى خروجه من (نقطة 3-2) وذلك بعد خروجه من الضاغط (h_2) يحدث تبادل حراري بين الهواء المحيط بالثلاجة وخروجه من المكثف عند النقطة 3 (h_3) مع ثبوت الضغط فتصبح معادلته على الشكل التالي:

$W = 0$

$$q - w = h_e - h_i \Rightarrow q = h_e - h_i \Rightarrow q_c = h_2 - h_3$$

2.3- صمام التمدد "الأنبوبة الشعرية":- عملية خفض الضغط مع ثبوت درجة الحرارة

تعرف بعملية خنق وسيط التبريد ويتم في ذلك خفض الضغط العالي الخارج من المكثف إلى ضغط منخفض في المبخر وباعتبار أنه لا يوجد فقد للحرارة $q=0$ ولا شغل مبذول $w=0$ وباستخدام القانون الأول للديناميكا الحرارية تكون معادلة الإجراء بين النقطتين (4-3).

$$q - w = h_e - h_i \Rightarrow 0 = h_e - h_i \Rightarrow h_e = h_i \Rightarrow h_3 = h_4$$

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

2.4- المبخر:- عملية اكتساب درجة الحرارة مع ثبوت الضغط

في هذه العملية يكتسب وسيط التبريد حرارة من الحيز المراد تبريده متمثلا من النقطة (3) إلى النقطة (1) مكونا بخار مشبعاً وفي هذه المرحلة فان القانون الأول للديناميكا الحرارية الخاصة بالمبخر يكون على الشكل:

$$q_e - w = h_e - h_i \Rightarrow q_e = h_e - h_i \Rightarrow \quad q_e = h_1 - h_3$$

حيث q_e ترمز إلي الحرارة المكتسبة(kJ/kg) و qc ترمز إلي الحرارة المفقودة (kJ/kg) و p_c يرمز إلي الضغط المرتفع (P_H) و p_e يرمز إلي الضغط المنخفض (P_L)

2.5- آلية عمل الثلاجة:

يقوم الضاغط بضغط الغاز (وسيط التبريد) فترتفع درجة حرارته وضغطه ويقوم المبادل الحراري (المكثف) المركب خارج الثلاجة بفقد وتشتيت حرارته العالية والمكتسبة من الضغط العالي الذي تعرض له إلى المحيط الخارجي، وعندما يبرد يتكاثف وسيط التبريد على شكل سائل ويتدفّق من خلال صمام التمدد، ثم ينتقل من منطقة عالية الضغط إلى منطقة يكون فيها الضغط منخفض وفي هذه الحالة يتوسع ويتبخر، وفي تبخره يمتص الحرارة ويجعل داخل الثلاجة باردا، والملفات الحلزونية داخل الثلاجة تسمح للوسيط بامتصاص الحرارة جاعلا داخل الثلاجة أكثر برودة، وبهذه الطريقة تستمر العملية وتتكرر ويبقي داخل الثلاجة باردا مادامت متصلة بالكهرباء.

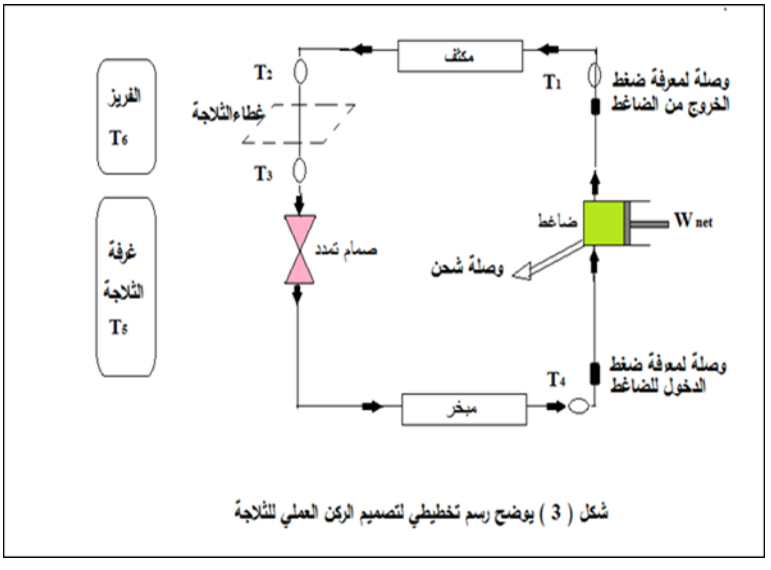
3- الجانب العملي

3.1 الإضافات والتعديلات على الثلاجة.

جهزت الثلاجة المنزلية نوع CODAMA وموديل L58CZ وبمواصفات قدرة 1PH وجهد تشغيلي 220-240V–50Hz وبوسيط تبريد R134a ووضعت أجهزة قياس الضغط وأجهزة قياس درجة الحرارة وثبتت علي مواسير الثلاجة بداية من مواسير الخروج من الضاغط ومروراً بالمكثف وعند باب الثلاجة وعند نقطة الرجوع من المبخر كما تم

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

تركيب وإدخال نقاط قياس درجات الحرارة في الغرفة الداخلية للثلاجة والفريزر والمخطط التالي يوضح التعديلات التي أجريت علي الثلاجة كما هو موضح بالشكل رقم (3).



شكل (3) يوضح رسم تخطيطي لتصميم الركن العملي للثلاجة

3.2- تشغيل الثلاجة واخذ القراءات

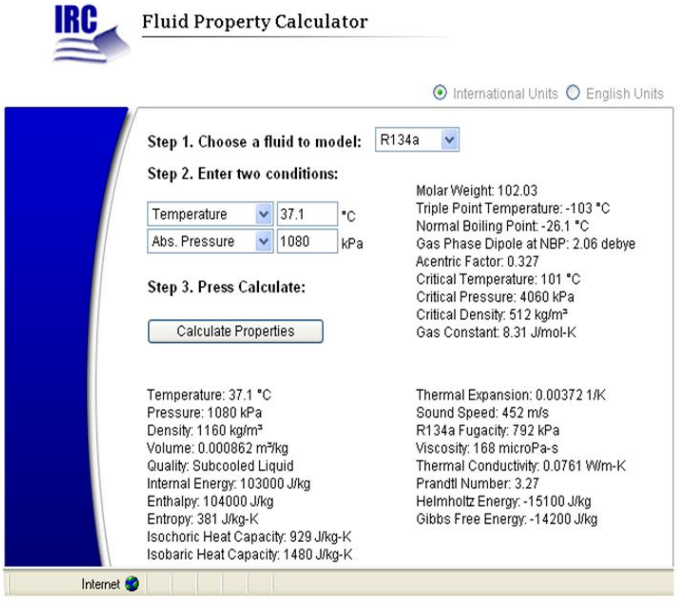
وضعت الأجهزة بشكل مرتب وواضح في لوحة خارجية **ثم** فحصت المنظومة وتم تفريغ الهواء وتأكد انه لا يوجد رطوبة في المنظومة بعد ذلك تم تعبئة المنظومة بالغاز (R134). وتركت الثلاجة فترة لمعرفة أذا كان هناك أي تسرب قد يظهر عند جانبي الضغط العالي والمنخفض ثم شغلت الثلاجة فترة لضمان أنه لا يوجد بها أي خطا فني.

3.3- القراءات والنتائج وتحليل البيانات

شغلت الثلاجة المنزلية وضبطت أجهزة القياس ثم سجلت القراءات عند درجات حرارة مختلفة وهي (^{0}20 – ^{0}22 – ^{0}24 – ^{0}26 – ^{0}28 – ^{0}30 – ^{0}33 – ^{0}35 – ^{0}37) في الأيام التي كانت فيها درجة حرارة الجو مطابقة لهذه الدرجات الحرارية، ولحساب معامل الأداء يجب حساب الانثالبي عمليا وكمية الحرارة المفقودة والمكتسبة وذلك باستخدام جداول الخواص الديناميكا الحرارية The table of Thermodynamics Properties

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

for R−134a الموجودة كملاحق بالمرجعين [1,2] وبمساعدة البرنامج الالكتروني IRC الموضح بشكل (4) في حساب المتغيرات الحرارية ثم مقارنتها بالجداول المذكورة والتأكد من صحتها. وضعت النتائج في جداول كما بالجدول (1) عند درجة الحرارة (^{0}20) والجدول (2) لكل درجات الحرارة المأخوذة.



اشكل (4) يوضح الموقع الالكتروني المساعد في حساب الانثالبي

3.3.1- عينة من حسابات المتغيرات عند درجة حرارة الغرفة (^{0}20).

جدول (1) يبين درجات الحرارة والضغط المأخوذة عن درجة (^{0}20)

T6(C^0)	T5(C^0)	T4(C^0)	T3(C^0)	T2(C^0)	T1(C^0)	P_L(MPa)	P_H (MPa)	الوقف
−31	−0.4	18.4	22	27.5	63	1.1	12	01:00

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

وباستخدام برنامج حساب المتغيرات الحرارية المذكور سابقا بالموقع الالكتروني IRC وذلك لاستخراج الانتالبي h في كل مرحلة وبعد التأكد من أن هذه الأرقام صحيحة عن طريق الجداول والخرائط بالمرجعين [2-1].كانت النتائج كما يلي:

h2	h3	h4	h1
293	90	90	271

بحيث يحسب الشغل ألانضغاطي (W_c) من العلاقة

$$w_c = h_2 - h_1$$

W= 293-271= 22 kJ/kg

وتحسب الحرارة المفقودة عند المكثف (q_C) من العلاقة

$$q_c = h_2 - h_3$$

q_c = 293-90= 203 kJ/kg

وعند الصمام لا يوجد فقد في الحرارة

$$h_4 = h_3$$

أما الحرارة المكتسبة في المبخر (q_e) فتحسب من العلاقة

$$q_e = h_1 - h_4$$

q_e = 271-90 = 181 kJ/kg

ويحسب معامل أداء الثلاجة عند درجة حرارة (^{0}20) من العلاقة

$$COP = \frac{desired\ output}{required\ input} = \frac{Q_l}{W_{in}}$$

$$COP = \frac{181}{22} = 8.2273$$

معامل أداء الثلاجة عند درجة حرارة (^{0}20) هي (8.2273).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

وبنفس الطريقة تم حساب معاملات الأداء عند درجات الحرارة المسجلة بالغرفة في أيام وأوقات مختلفة كما مبين بالجدول (2).:

جدول(2) يبين نتائج معامل الأداء بنسبة لدرجات الحرارة المأخوذة في فترات مختلفة

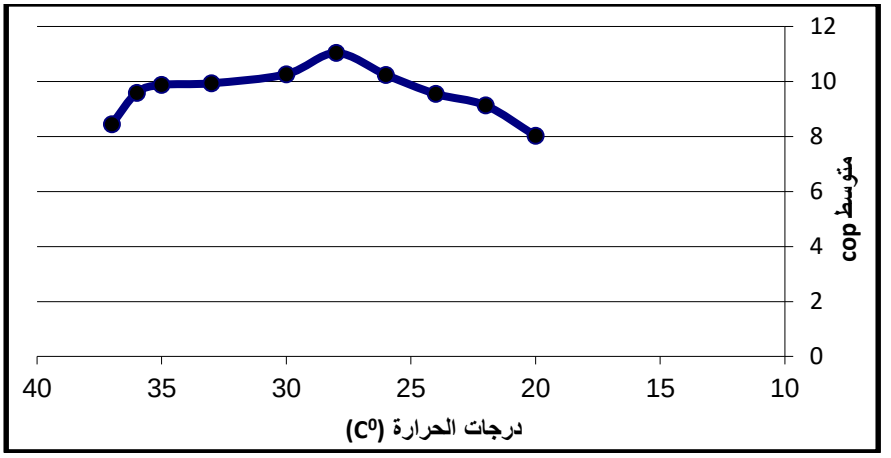
^{0}37	^{0}36	^{0}35	^{0}33	^{0}30	^{0}28	^{0}26	^{0}24	^{0}22	^{0}20	(C^0)درجات.ح التوقيت
-1.19	-1.21	163	-1.31	-1.26	-1.25	-1.28	-1.97	-1.24	-1.28	00:05
-1.18	-1.23	41.25	-1.28	-1.25	-1.26	-1.28	-1.33	-1.29	-1.27	00:10
-1.19	-1.21	27.83	-1.26	-1.24	26.34	-1.21	-1.35	-1.27	-1.25	00:15
167	20.75	21	58	28.98	18.3	-1.28	26.97	-1.26	25.38	00:20
33.4	15.27	11.78	29	25.05	15.22	30.31	21.08	30.63	17.87	00:25
14.08	15.54	9.76	21.75	19.61	14.05	16.50	17.7	20.4	15	00:30
10.5	13.15	10.43	17.59	19.64	12.19	16.50	17.91	16.7	12.09	00:35
9.94	13.15	10.5	13.47	13.62	13.04	12.97	12.69	14.05	9.91	00:40
9.5	10.68	10.43	11.59	11.8	12.21	11.33	10.41	12.24	9.98	00:45
9.44	10.68	10.43	10.90	11.05	12.19	10.55	9.8	10.74	9.02	00:50
9.44	10	9.82	10.34	10.41	11.43	10.64	10.48	10.68	8.16	00:55
8.5	10	9.94	9.82	9.77	10.81	10.62	11.38	9.02	8.22	01:00
8.45	9.5	9.94	9.82	9.77	10.86	9.50	9.41	8.04	7.48	01:05
8.09	9	8.84	9.76	10.41	10.82	10.07	9.46	8.10	7.50	01:10
7.72	9	10	9.25	9.85	10.82	10.05	8.48	8.09	7.52	01:15
7.77	9	9.94	9.26	9.85	10.2	10.05	8.52	8.10	7.88	01:20
7.77	9	9.44	9.27	9.85	10.18	10.03	8.98	8.10	7.22	01:25
7.72	9	9.94	9.28	9.83	10.78	9.52	8.50	8.10	7.22	01:30

من خلال الجدول (2) يمكن حساب متوسط مجموع معاملات الأداء لكل درجة حرارة ووضعه في جدول (3) ليسهل دراسته وباستخدام برنامج Excel تتحصل علي منحني المقارنة الموضح بالشكل(5)

جدول(3) يبين متوسط مجموع معاملات الأداء لكل درجة

^{0}37	^{0}36	^{0}35	^{0}33	^{0}30	^{0}28	^{0}26	^{0}24	^{0}22	^{0}20	درجات الحرارة(C^0)
8.44	9.58	9.87	9.93	10.26	11.03	10.24	9.54	9.12	8.02	متوسط Cop

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية



الشكل (5) يوضح منحني المقارنة بين متوسط معامل الأداء ودرجة الحرارة الغرفة المأخوذة

عند تحليل النتائج والبيانات وبالنظر إلي التغير الحاصل في معامل الأداء شكل(5) والذي يكون واضح عندما تزداد درجة الحرارة من (20^0) إلى درجة (28^0) تدريجيا، وهي أعلى قيمة محسوبة لمعامل أداء الثلاجة حيث أن القيمة المسجلة عند (28^0) هي أعلى معامل الأداء للثلاجة ومن الملاحظ أيضاً أنها قلت بعد هذه الدرجة لتصل إلى درجة (37^0) إلى أدنى درجة ويرجع ذلك إلي الفارق بين Q_L ,Q_H والذي يعتمد عليه معامل الأداء.

4- الخلاصة

من خلال تحليل القراءات المتحصل عليها لمعامل أداء الثلاجة بالنسبة لدرجات حرارة الغرفة توصلنا إلي معرفة أداء الثلاجة في ظروف حرارية مختلفة ومعرفة الدرجة المناسبة لأعلى معامل أداء لهذا النوع من الثلاجات بحيث كانت درجة $28c^0$ هي أفضل درجة تعمل عندها الثلاجة بشكل جيد وبمعامل أداء عالي

5- التوصيات.

لغرض نجاح أي عمل من الأعمال النظرية أو العملية يجب توفير أساليب ومواصفات عملية وهندسية دقيقة، لذلك نوصى بضرورة التخطيط السليم وعمل تصميمات تتماشي

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

مع أساليب الدراسة كما نوصي باستخدام مثل هذه الدراسة لتكون مصدر معرفة و نموذج معملي للطلاب المعاهد العليا والكليات الهندسية في مجال التكييف والتبريد.

المراجع

[1] الديناميكا الحرارية، الدكتور صالح محمد أبو غريس، أستاذ بقسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، كلية الهندسة جامعة الفاتح، **2001**.

[2]Thermodynamics: An Engineering Approach. 9th Edition. By Yunus Cengel and Michael Boles **ISBN10: 1259822672. ISBN13: 9781259822674.** Copyright: **2019**

[3]Martin R. Braun ,**2014**, The University of Sheffield, United Kingdom, & Stephen B. M. Beck The University of Sheffield, United Kingdom, & Ha?im Altan The British University in Dubai, Dubai Academic International City, United Arab Emirates, **"Comparing COP Optimization with Maximizing the Coefficient of System Performance for Refrigeration Systems in Supermarkets"**

[4]"Performance Analysis Of A Domestic Refrigerator" by T.M. Yusof. Abd Aziz Azizuddin .Published 2010 . Engineeering Corpus ID: 31017439

[5]"Coefficient of Performance Enhancement of Refrigeration cycles by Eng.Naser R.M.AL-Ajmi.Published 2015. Engineering Corpus ID: 14297048

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية