

## دراسة نظرية لمنظومة تبريد امتصاصي احادية المفعول ( بروميد الليثيوم-ماء)

محمد أبو القاسم البشير عبدالدائم فاطمة محمد أحمد الغول

قسم الفيزياء- كلية العلوم- جامعة سبها

**المخلص:** تقدم هذه الورقة دراسة نظرية لمنظومة تبريد امتصاصي احادية المفعول تعمل بزوج (بروميد الليثيوم- ماء) لغرض التعرف على أدائها، أنجزت هذه الدراسة باستخدام درجات حرارة تشغيل متغيرة لقيم مختلفة لدرجة حرارة التكييف ودرجة حرارة الامتصاص لمستويين للضغط العلوي ومستوى واحد للضغط السفلي ولقيمة محددة لفاعلية المبادل الحراري للمحلول، أظهرت النتائج المتحصل عليها أن معامل الأداء للمنظومة المقترحة يتحسن برفع درجة حرارة التشغيل بالمولد، وأظهرت النتائج أيضا أن أفضل معامل أداء للمنظومة المقترحة يتحقق باستخدام مستوى الضغط العلوي الأول عند درجة حرارة امتصاص منخفضة ودرجة حرارة تكييف متدنية تحقق التبريد الدوني ومساوية لدرجة حرارة الماص، رفع مستوى الضغط العلوي بالمنظومة لم يحسن معامل أدائها.

عناصر الدراسة- أنظمة التبريد الامتصاصي، معامل الأداء (COP)، تقنيات الامتصاص المتاحة، البرنامج الحاسوبي (EES).

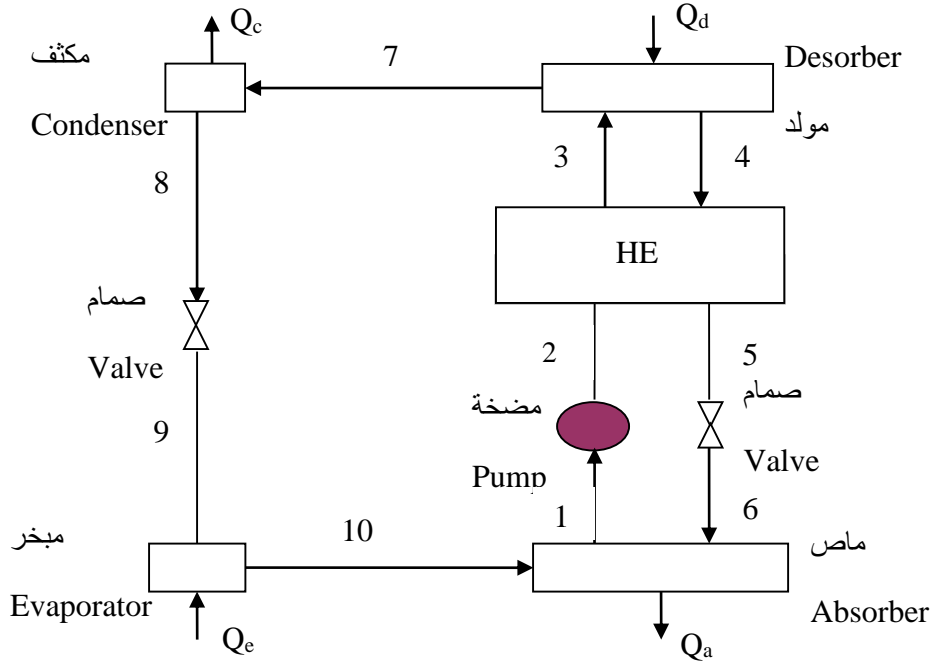
بالمقارنة كان لتقنيات الامتصاص المطورة معاملات أداء افضل من تقنية التبريد الامتصاصي احادية المفعول، الا أنها كانت أكثر تعقيدا و اعلى تكلفة أساسية [1-2]، حازت منظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول بسبب بساطة تكوينها وقلت تكلفتها الأساسية على اهتمام أكثر و اجريت عليها العديد من الدراسات، تناول بعضها ادخال تعديلات عليها بهدف تحسين ادائها مثل استخدام القادف الحراري بين القطع الأساسية المكونة لها [3-5] وتغيير مسارات السريان العامل بداخلها [6,7]، كما اجريت دراسات أخرى اختبرت ادائها بأستعمال ازواج مختلفة لغرض تحديد أفضل زوج عامل يحقق اعلى اداء [8-14]، زيادة على ذلك تناولتها دراسات عدة بهدف الكشف وفهم الظروف التشغيلية المؤثرة عليها، حيث بينت هذه الدراسات أن ادائها يتأثر بشكل عام بالظروف التشغيلية المتمثلة في درجات الحرارة لمكوناتها والضغوط العاملة بها، بالإضافة للخصائص المختلفة للأزواج العاملة وكفاءة القطع المكونة لها ولكن لم تحدها بشكل نهائي ولا تزال مجال اهتمام [20-15]، سنقوم في هذا الدراسة بالتحقق من اداء منظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول (بروميد الليثيوم- ماء) المقترحة شكل(1) لأجل الكشف وتحديد المعايير التشغيلية المثلى لها، وسيتم ذلك باستخدام قيم متغيرة لدرجات حرارة المولد لضغوط علوية مختارة وقيم متساوية ومختلفة لدرجات حرارة المكثف والماص.

**1 - المقدمة:** صارت منظومات التبريد الامتصاصي تمثل خيارا اقتصاديا وبيئيا بديلا عن منظومات التبريد الأنضغاطي التقليدية، فمنظومات التبريد الامتصاصي تعمل بالحرارة ذات المستوى المتدني التي يمكن الحصول عليها عن طريق أستعادة جزء من الحرارة المفقودة من العمليات الصناعية و المنظومات الحرارية المختلفة أو عن طريق الأستغلال المباشر للمصادر الحرارية منخفضة المستوى مثل الطاقة الشمسية وطاقة حرارة جوف الأرض وغيرها، زيادة استغلال كميات الحرارة المهدورة واستخدام المصادر الحرارية المتجددة المتاحة تساعد على توفير مخزون الطاقة الأحفورية المحدود وتقلل من نواتج الأحتراق المنبعثة في الجو، أكثر من ذلك استخدام منظومات التبريد الامتصاصي يخفف الحمل على الشبكة العامة للكهرباء الناتج عن منظومات التبريد الأنضغاطي ويحد من التلوث الحراري ويحمي طبقة الأوزون من التآكل نتيجة تسرب غازات كلوروفلوروكربون في الجو، من جانب اخر تعاني تقنية التبريد الامتصاصي الأساسية احادية المفعول من تدني معامل ادائها وبذلت جهود كثيرة من قبل المختصين لتحسينه، وكنتيجه لهذه المجهودات ظهرت تقنيات امتصاص مطورة أخرى مثل تقنية الامتصاص مزدوجة المفعول وتقنية نصف المفعول وتقنية التبادل الحراري بين المولد والماص (GAX) وتقنية الامتصاص ثلاثية المفعول،

فاعلية للمبادل الحراري	Eff
نسبة التدوير	F
الأنتالبي (kJ/kg)	h
الكتلة (kg/s)	m
الضغط (kPa)	P
كمية الحرارة (kW)	Q
درجة الحرارة (°C)	T
الحجم النوعي (m <sup>3</sup> /kg)	v
الشغل (kW)	W
تركيز المحلول (%)	x
<b>ثانياً: الرموز السفلية</b>	
الرمز	المعنى
a	الماص
c	المكثف
d	المولد
e	المبخر
H	العلوي
L	السفلي
p	المضخة
HX	المبادل الحراري للمحلول
10-1	نقاط الحالة بالمنظومة

- وصف المنظومة: منظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول (بروميد الليثيوم-ماء) الموضحة بالشكل (1) تعمل بمستويين للضغط، الضغط العلوي وهو ضغط التشبع لدرجة حرارة التكثيف بالمكثف والأخر السفلي وهو ضغط التشبع لدرجة حرارة التبريد المختارة بالمبخر، يتم ضخ المحلول بواسطة المضخة من الماص عبر المبادل الحراري للمحلول الى المولد الذي تتم فيه عملية التسخين وفصل كمية من المبرد (بخار الماء)، يتدفق المبرد الى المكثف ويتم تكثيفه الي سائل، يصل بعدها المبرد عبر صمام التمدد الى المبخر بضغط سفلي ودرجة حرارة متدنية، ثم يتبخر نتيجة امتصاصه الحرارة من حمل التبريد، بعد ذلك يغادر البخار الناتج الى الماص ليمتصه المحلول القوي التركيز العائد من المولد عبر المبادل الحراري، كنتيجة يُصبح المحلول داخل الماص ضعيف التركيز ويُعاد ضخه بواسطة المضخة الى المنظومة وهكذا يستمر تدوير المحلول.

الرموز  
اولاً: الرموز العلوية  
الرمز المعنى  
COP معامل الأداء



الشكل (1): منظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول المقترحة.

### 3 - الوصف الحرارى للمنظومة

العمليات التي تتم خلال منظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول (بروميد الليثيوم- ماء) الموضحة في الشكل (1) توصف كالتالي:-

- الماص: داخل الماص يتم امتصاص البخار القادم من المبخر، كمية الحرارة الناتجة عن هذه العملية تُحسب:-

$$\dot{Q}_a = \dot{m}_{10} h_{10} + \dot{m}_6 h_6 - \dot{m}_1 h_1 \quad (1)$$

المضخة: يضخ المحلول المخفف بواسطة المضخة من الماص الى المولد عبر المبادل الحرارى للمحلول ويُحسب الشغل اللازم لهذه العملية كالاتي:-

$$\dot{w}_p = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) \quad (2)$$

$$\dot{w}_p = \dot{m}_1 v_1 (p_c - p_e) \quad (3)$$

المبادل الحرارى للمحلول: تُحسب فاعلية المبادل الحرارى للمحلول من العلاقة الآتية:-

$$Eff_{HX} = \frac{T_4 - T_5}{T_4 - T_2} \quad (4)$$

المولد: يتم داخل المولد عملية تسخين المحلول المخفف وينتج عن ذلك فصل المبرد، كمية الحرارة المعطاة للمولد تُحسب:-

$$\dot{Q}_d = \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_7 h_7 - \dot{m}_3 h_3 \quad (5)$$

موازنة الكتلة للمولد هي:-

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{m}_7 \quad (6)$$

موازنة الكتلة بدلالة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول:-

$$\dot{m}_3 x_3 = \dot{m}_4 x_4 + \dot{m}_7 x_7 \quad (7)$$

المكثف: كمية الحرارة المستخلصة من عملية التكثيف تُحسب:-

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_7 (h_7 - h_8) \quad (8)$$

الصمامات: نتيجة مرور المحلول والمبرد عبر صماما التمدد بالمنظومة الآتية:-

$$h_5 = h_6 \quad (9)$$

$$h_8 = h_9 \quad (10)$$

المبخر: يتم تبخير المبرد داخل المبخر نتيجة امتصاصه حرارة حمل التبريد ويُحسب حمل التبريد كالاتي:-

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_9 (h_{10} - h_9) \quad (11)$$

نسبة التدوير تحسب كالاتي:-

$$F = \frac{\dot{m}_3}{\dot{m}_7} \quad (12)$$

$$F = \frac{x_4}{x_4 - x_3} \quad (13)$$

معامل الاداء: معامل اداء المنظومة يُحسب من العلاقة التالية (بعد اهمال شغل المضخة لصغره):-

$$COP = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_d} \quad (14)$$

#### 4 الفرضيات

أجريت هذه الدراسة بناءً على الفرضيات التالية:-

- حالة المنظومة مستقرة والتدفق منتظم والفقد في الضغط مهمل لصغره.
- المنظومة معزولة عزلاً حرارياً تاماً ولا يوجد تبادل حراري بين المنظومة والمحيط.
- الضغط العلوي للمنظومة هو ضغط التشبع لدرجة حرارة المكثف المختارة.
- الضغط السفلي للمنظومة هو ضغط التشبع لدرجة حرارة المبخر المحددة.
- درجات حرارة التشغيل بالمولد متغيرة.
- تركيز المحلول القوي ونسبة التدوير ناتج لظروف التشغيل.
- التركيز الضعيف ناتج لدرجة حرارة الماص والضغط السفلي.
- الكتلة المتدفقة في المنظومة فرضت (1kg/s).
- فاعلية المبادل الحراري للمحلول أختبرت لتكون (0.65).

#### 5 النتائج والمناقشة

أستخدم بمنظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول المقترحة مستويين للضغط العلوي وأختبرت لحالتين لكل مستوى كما في الجدول التالي:-

الجدول(1): معايير التشغيل المختارة ومدى درجات الحرارة بالمولد لكل حالة.

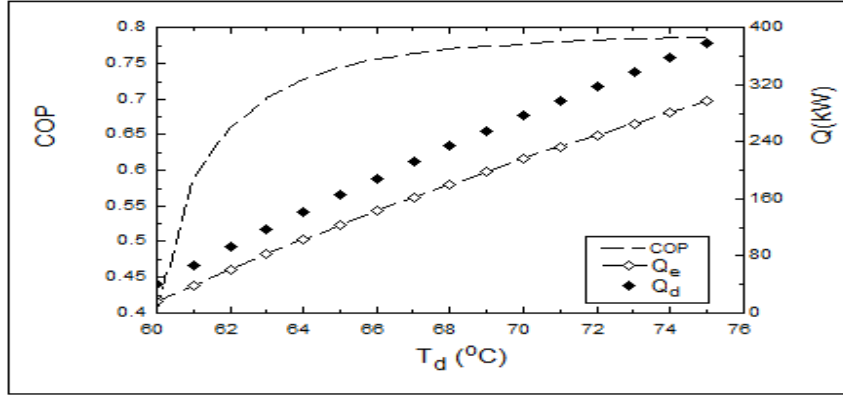
الحالة	$T_c(^{\circ}C)$	$T_a(^{\circ}C)$	$P_H(kPa)$	$T_d(^{\circ}C)$	$P_L(kPa)$	$T_e(^{\circ}C)$
الأولى	30	30	4.25	60-75	0.81	4
الثانية	20	20		50-65		
الثالثة	40	40	82-95			
الرابعة	30	30	71-95			

#### الضغط العلوي الأول

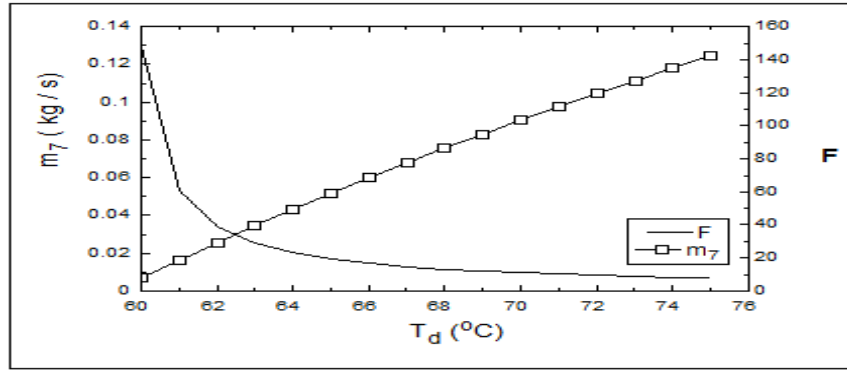
مستوى الضغط العلوي الأول المستخدم بمنظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول المقترحة للحالتين الأولى والثانية كان ( $P_H=4.25kPa$ ).

المولد حيث يصل أعلى قيمة له ( $COP=0.79$ ) عند أقصى درجة حرارة تشغيلية ( $T_d=75^{\circ}C$ )، يعود التحسن في معامل الأداء لمعدل الزيادة في كمية التبريد المنتجة والذي كان اكبر منه في كمية الحرارة المعطاة بالمولد، من جهة اخرى رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد ينتج عنه زيادة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول القوي العائد للماص (شكل 4)، هذا الأمر يسبب في حدوث التبلر للمادة العاملة بالمنظومة المقترحة ويحدث في هذه الحالة عندما تتخطى درجة حرارة التشغيل بالمولد  $75^{\circ}C$  (درجة حرارة الفصل الدنيا للمبرد  $60^{\circ}C$ )، زيادة على ذلك رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد لم يؤثر في تركيز المحلول الضعيف (شكل 4)، تركيز المحلول الضعيف يتأثر بدرجة حرارة الامتصاص ومستوى الضغط السفلي للمنظومة

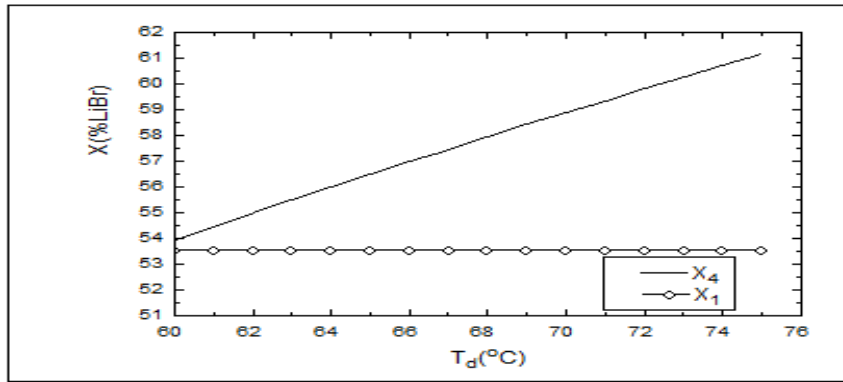
- الحالة الاولى: يبين الشكل (2) زيادة كمية الحرارة المعطاة بالمولد مع رفع درجة حرارة التشغيل، ويبين ايضا تحسن كمية التبريد المنتجة من المبخر برفع درجة حرارة التشغيل بالمولد، والتي تكون اكبر ما يمكن عند أقصى درجة حرارة تشغيل بالمولد ( $T_d=75^{\circ}C$ )، تحسن كمية التبريد المنتجة عائد لزيادة كمية المبرد المنفصلة داخل المولد بسبب رفع درجة حرارة التشغيل الذي يرافقه تدني في نسبة التدوير (شكل 3)، ويبين الشكل من جانب اخر تحسن معامل الأداء للمنظومة المقترحة مع ارتفاع درجة حرارة



الشكل (2): كمية التبريد المنتجة وكمية الحرارة المعطاة بالمولد ومعامل الاداء مع درجة حرارة المولد  
 .( $P_H=4.25\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^\circ\text{C}$ )



الشكل (3): كتلة المبرد المنفصلة ونسبة التدوير مع درجة حرارة المولد  
 .( $P_H=4.25\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^\circ\text{C}$ )



الشكل (4): تركيز بروميد الليثيوم في المحلول مع درجة حرارة المولد  
 .( $P_H=4.25\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^\circ\text{C}$ )

المطرودة من المكثف ناتجة عن زيادة كمية المبرد المنفصلة بالمولد والداخل للمكثف (شكل 3)، على الجهة الأخرى زيادة كمية المبرد المنفصلة تزيد من كمية التبريد المنتجة في

يوضح الشكل (5) زيادة كميات الحرارة المطرودة من المكثف والماص مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد عندما ( $T_c=T_a=30^\circ\text{C}$ )، زيادة كمية الحرارة

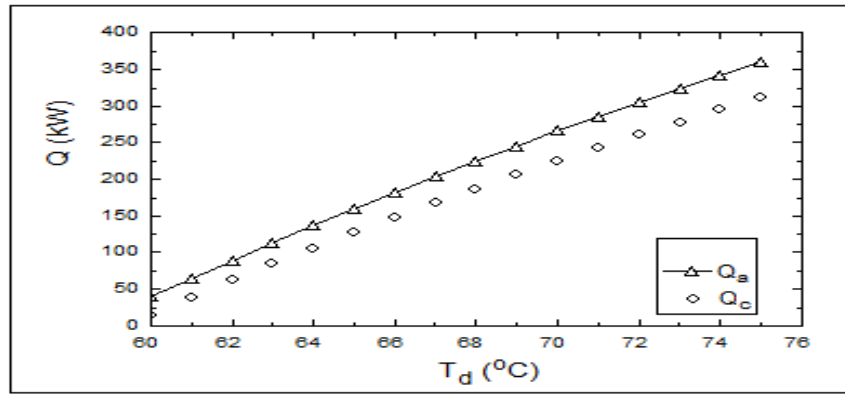
(شكل 2)، مقارنة بالحالة الأولى (COP=0.84)،

يبين الشكل (7) زيادة كتلة المبرد المنفصلة بالمولد مع رفع درجة حرارة التشغيل وانخفاض نسبة تدوير المحلول، تصرفات مشابه للحالة الأولى (شكل 3) ولكن بكميات اكبر للمبرد المنفصل وقيم اقل لنسبة التدوير، ويُعزى السبب في ذلك لزياد نسبة المبرد بالمحلول الضعيف نتيجة خفض درجة حرارة الماص بضغط سفلي ثابت (شكل 8).

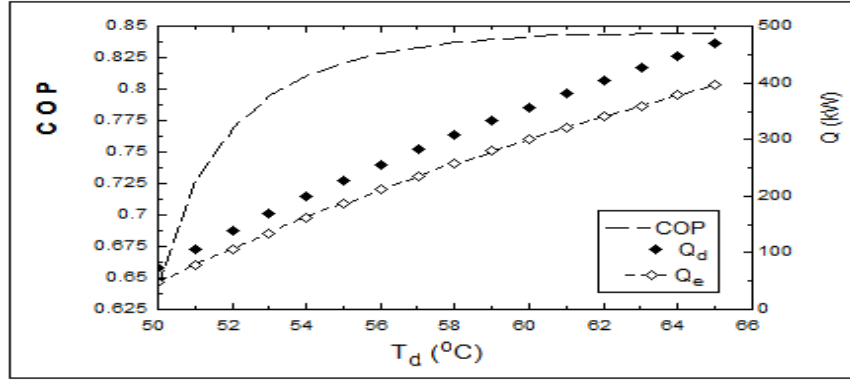
يوضح الشكل (8) زيادة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول القوي العائد الى الماص مع ارتفاع درجة حرارة التشغيل بالمولد، هذه الزيادة لنسبة بروميد الليثيوم في المحلول القوي بالمولد تسبب في حدوث التبخر عندما تتجاوز درجة حرارة التشغيل  $65^{\circ}\text{C}$ ، ويوضح الشكل ايضا ثبوت تركيز المحلول الضعيف وعدم تأثرة بتغير درجة حرارة المولد، تركيز المحلول الضعيف يعتمد على درجة حرارة الامتصاص ومستوى الضغط السفلي بالمنظومة، ولهذه الحالة الثانية نلاحظ انخفاض نسبة تركيز المحلول الضعيف مقارنة بالحالة الأولى (شكل 4) بسبب خفض درجة حرارة الامتصاص بالماص الى ( $T_a=20^{\circ}\text{C}$ ) عند ضغط سفلي ثابت.

المبخر وينتج عن ذلك زيادة كمية الحرارة التي يحتويها البخار الداخل للماص، مما يزيد من كمية الحرارة الناتجة عن امتصاص البخار بالماص.

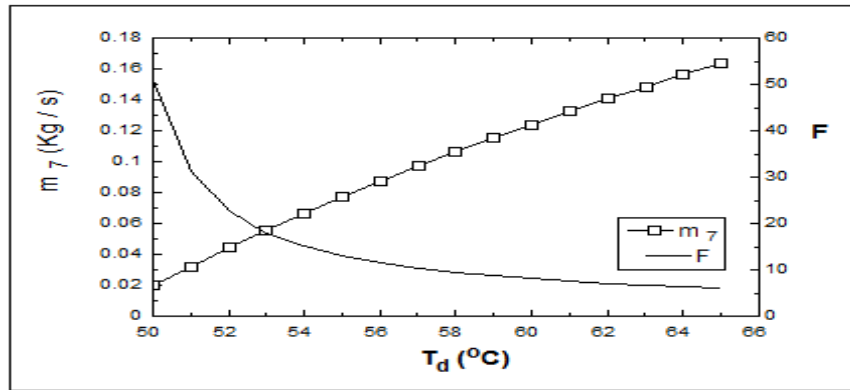
الحالة الثانية: يوضح الشكل (6) زيادة كمية الحرارة المعطاة بالمولد بسبب رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد، ويوضح كذلك زيادة كمية التبريد المنتجة مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد، تصرفات مماثلة للحالة الأولى ولكن بكميات مغايرة، وذلك نتيجة خفض كلا من درجة حرارة الامتصاص بضغط سفلي ثابت ( $T_a=20^{\circ}\text{C}$ ) ودرجة حرارة التكثيف بضغط علوي ثابت ( $T_c=20^{\circ}\text{C}$ )، خفض درجة حرارة الامتصاص بالماص عند ضغط سفلي ثابت ينتج عنه تدنى تركيز بروميد الليثيوم في المحلول الضعيف (شكل 8) مما أدى الى زيادة حضور المبرد بالمحلول الضعيف، هذا الأمر عجل بدرجة حرارة الفصل الدنيا للمبرد بالمولد الى ( $T_h=50^{\circ}\text{C}$  بضغط علوي ثابت) مقارنة بالحالة الأولى وزاد كمية المبرد المنفصلة (شكل 7)، أكثر من ذلك أدى خفض درجة حرارة التكثيف بالمكثف بضغط علوي ثابت الى حدوث تبريد دوني للمبرد (خفض انثاليبي الماء المكثف)، وكننتيجة زادة كمية التبريد المنتجة وتحسن معامل الأداء للمنظومة المقترحة حيث وصل



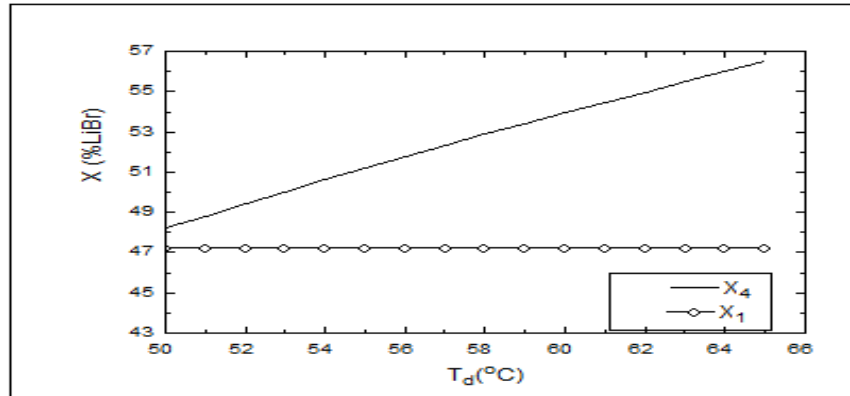
الشكل (5): كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف مع درجة حرارة المولد ( $P_H=4.25\text{kPa}$ ,  $T_c=4^{\circ}\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^{\circ}\text{C}$ ).



الشكل (6): كمية التبريد المنتجة، كمية الحرارة المعطاة بالمولد ومعامل الاداء مع درجة حرارة المولد  $(P_H=4.25\text{kPa}, T_e=4^\circ\text{C}, T_a=T_c=20^\circ\text{C})$ .



الشكل (7): كتلة المبرد المنفصلة ونسبة التدوير مع درجة حرارة المولد  $(P_H=4.25\text{kPa}, T_e=4^\circ\text{C}, T_a=T_c=20^\circ\text{C})$ .

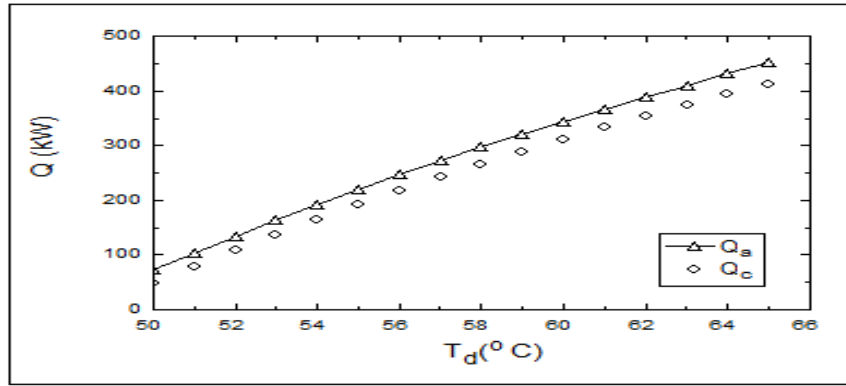


الشكل (8): تركيز بروميد الليثيوم في المحلول مع درجة حرارة المولد  $(P_H=4.25\text{kPa}, T_e=4^\circ\text{C}, T_a=T_c=20^\circ\text{C})$ .

الحالة لكميات الحرارة المطرودة من المكثف ناتجة عن زيادة كمية الحرارة التي يحتويها المبرد المنفصل الداخل للمكثف (شكل 7)، وعلى الجهة الأخرى زيادة كمية الحرارة المفقودة من الماص عائدة لزيادة كمية

الشكل (9) يبين ان كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف عندما  $(T_a=T_c=20^\circ\text{C})$  لها تصرفات مماثلة لما هو متحصل عليه في الحالة الأولى (شكل 5) ولكن بكميات اكبر، الزيادة في هذه

الحرارة التي يحملها البخار القادم من المبخر (نتيجة زيادة كتلة المبرد).



الشكل (9): كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف مع درجة حرارة المولد ( $P_H=4.25\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=20^\circ\text{C}$ ).

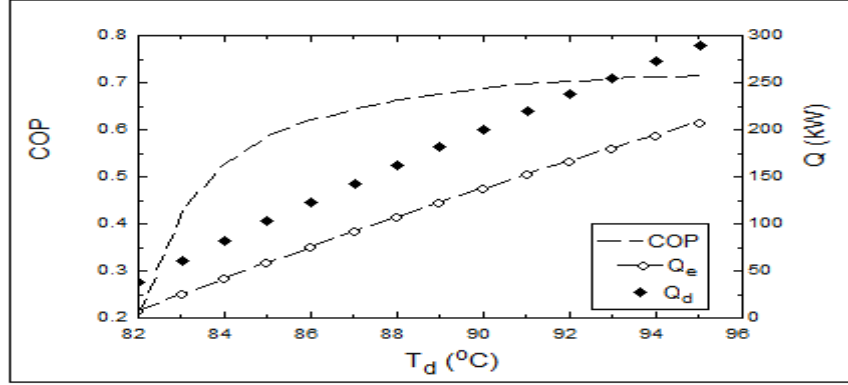
## 2- الضغط العلوي الثاني

الضغط العلوي الثاني ( $P_H=7.83\text{kPa}$ ) استخدم في منظومة التبريد الامتصاصي المقترحة لحالتين وكانت النتائج المتحصل عليها كما يلي:-

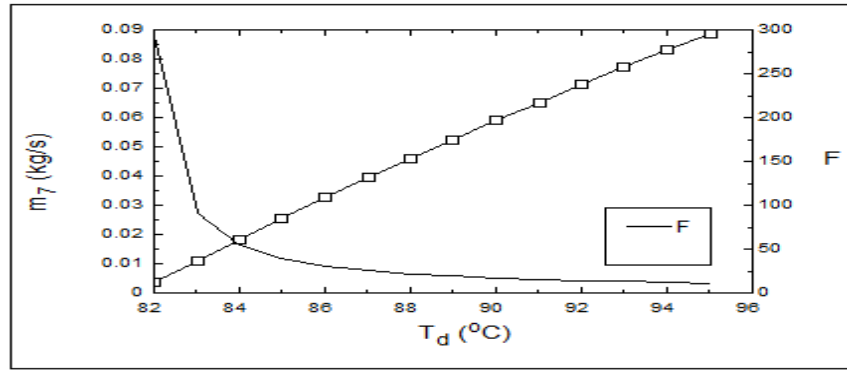
مشابهة لما هو متحصل عليه في الحالتين الأولى والثانية ولكن بمقادير مختلفة، كتلة المبرد المنفصلة بالمولد في هذه الحالة الثالثة أقل ونسبة التدوير أعلى (شكل 7)، ولأكثر من ذلك نلاحظ انخفاض في كميات الحرارة المعطاة وكميات التبريد المنتجة مقارنة بالحالتين السابقتين الأولى والثانية، ويعود هذا للزيادة في تركيز بروميد الليثيوم في المحلول الضعيف بسبب رفع درجة حرارة الامتصاص بضغط سفلي ثابت الأمر الذي يترتب عليه انخفاض كتلة المبرد المنفصلة بالمولد (شكل 12)، أكثر من ذلك زيادة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول القوي المتجه للماص مع ارتفاع درجة حرارة التشغيل بالمولد تؤدي الى حدوث التبخر بالمنظومة، وكخلاصة بينت النتائج المتحصل عليها أن درجة حرارة التشغيل القصوى الممكنة بالمولد لهذه الحالة الثالثة هي ( $T_d=95^\circ\text{C}$ ).

● الحالة الثالثة: يوضح الشكل (10) زيادة كمية الحرارة المعطاة بالمولد، وتحسن كمية التبريد المنتجة من المبخر مع ارتفاع درجة حرارة التشغيل بالمولد والتي تكون أكبر ما يمكن عند أقصى قيمة لدرجة حرارة التشغيل ( $T_h=95^\circ\text{C}$ )، كما يوضح تحسن معامل الاداء للمنظومة المقترحة مع ارتفاع درجة حرارة المولد والذي يصل اعلى قيمة له ( $\text{COP}=0.72$  عند  $T_h=95^\circ\text{C}$ )، تصرفات هذه النتائج مماثلة لما هو متحصل عليه في الحالتين الأولى والثانية ولكن بالمقارنة نلاحظ انخفاض معامل اداء منظومة التبريد الامتصاصي المقترحة في هذه الحالة الثالثة رغم ارتفاع مستوى درجات حرارة التشغيل بالمولد الناتج عن رفع مستوى الضغط العلوي بالمنظومة، من جانب آخر كتلة المبرد المنفصلة تزداد في الحالة الثالثة مع ارتفاع درجة حرارة المولد وتنخفض نسبة التدوير (شكل 11)، هذه التصرفات ايضا

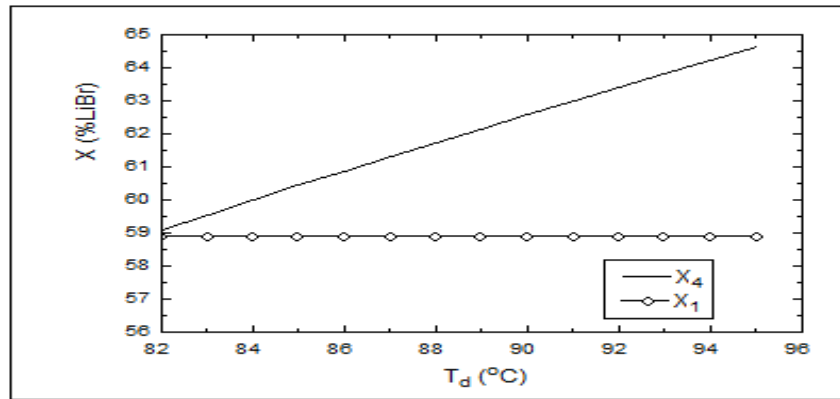




الشكل (10): كمية التبريد المنتجة وكمية الحرارة المعطاة بالمولد ومعامل الاداء مع درجة حرارة المولد ( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=40^\circ\text{C}$ ).



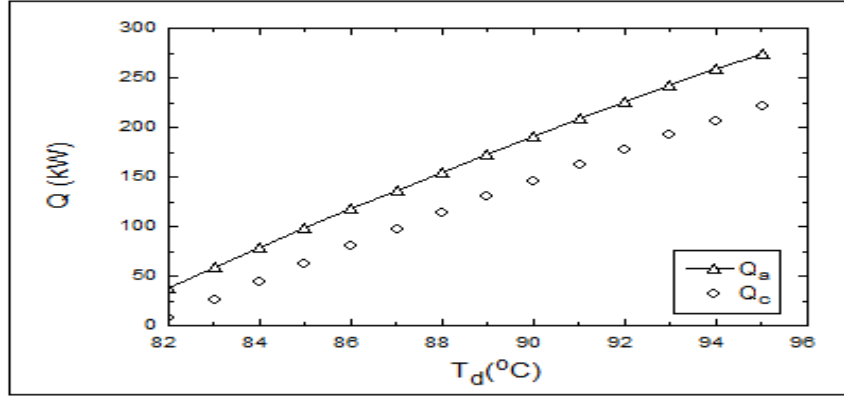
الشكل (11): كتلة المبرد المنفصلة ونسبة التدوير مع درجة حرارة المولد ( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=40^\circ\text{C}$ ).



الشكل (12): تركيز بروميد الليثيوم في المحلول مع درجة حرارة التشغيل المولد ( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=40^\circ\text{C}$ ).

المطرودة من المكثف والماص لهذه الحالة الثالثة اقل من ما هو عليه في الحالتين الأولى والثانية، وذلك بسبب انخفاض كتلة المبرد المنفصلة وارتفاع درجتي حرارة التكثيف والامتصاص.

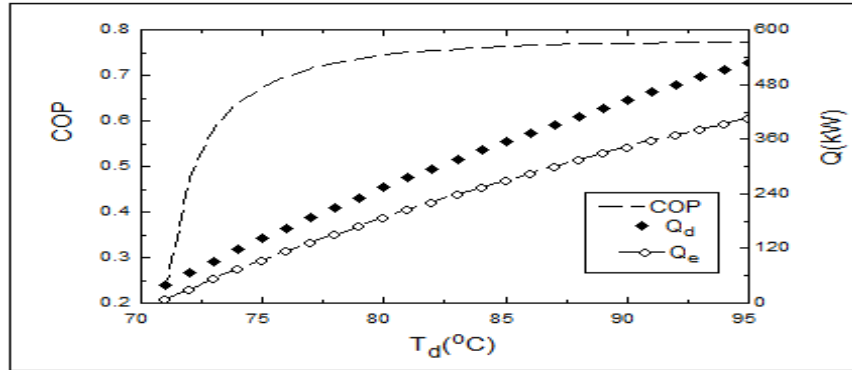
يبين الشكل (13) زيادة كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف مع درجة حرارة المولد، تصرفات مطابقة لما هو ناتج عن الحالتين السابقتين الأولى والثانية، وبمقارنة الكميات نلاحظ ان كميات الحرارة



الشكل (13): كميات الحرارة المطرودة من الماص والمكثف مع درجة حرارة المولد  
( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_c=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=40^\circ\text{C}$ )

النتائج أن معامل اداء المنظومة المقترحة كان افضل في هذه الحالة الرابعة مقارنة بالحالة السابقة الثالثة حيث وصل  $\text{COP}=0.77$  عند ( $T_d=95^\circ\text{C}$ )، بسبب استخدام درجات حرارة منخفضة ومتساوية في الماص والمكثف.

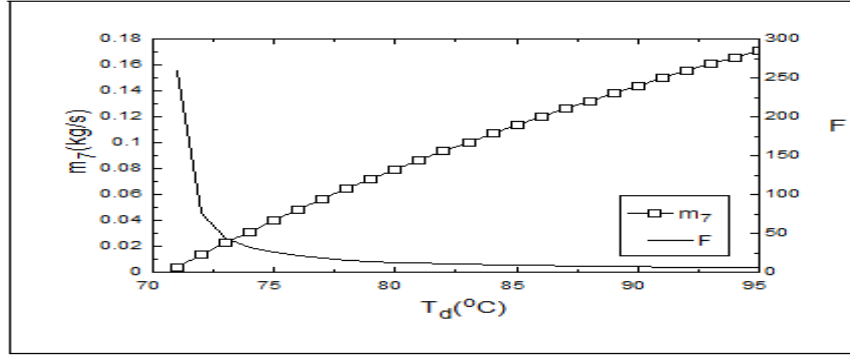
● الحالة الرابعة: النتائج الموضحة بالشكل (14) تبين زيادة في كمية الحرارة المعطاة مع رفع درجة حرارة التشغيل بالمولد، وتبين ايضا تحسن كمية التبريد المنتجة مقارنة بالحالة الثالثة نتيجة خفض درجة حرارة المكثف بضغط علوي ثابت (حدوث تبريد دوني للمبريد)، كما نلاحظ من



الشكل (14): كمية التبريد المنتجة وكمية الحرارة المعطاة بالمولد ومعامل الاداء مع درجة حرارة المولد  
( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_c=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^\circ\text{C}$ )

تركيز المحلول الضعيف بسبب خفض درجة حرارة الأمتصاص بالماص بضغط سفلي ثابت، زيادة على ماسبق انخفاض تركيز المحلول الضعيف عجل بدرجة حرارة الفصل الأولى بالمولد لهذه الحالة الرابعة الى ( $71^\circ\text{C}$ ) بضغط علوي ثابت ومساوي للحالة الثالثة.

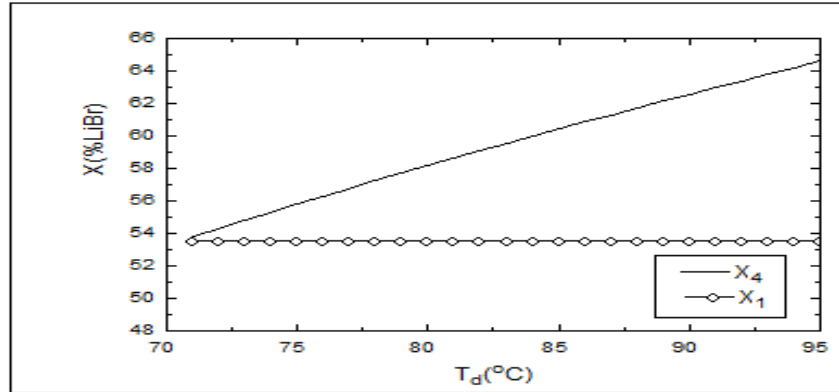
زيادة كمية المبرد المنفصلة وانخفاض نسبة التدوير للمحلول مع درجة حرارة التشغيل بالمولد مبينة في الشكل (15)، وهي نتائج مماثلة في التصرف لما هو متحصل عليه في الحالة الثالثة (الشكل 11) ولكن بكميات مختلفة، حيث كانت كميات المبرد المنفصلة في هذه الحالة اكبر ونسبة التدوير اقل، نتيجة تدني



الشكل (15): كتلة المبرد المنفصلة ونسبة التدوير مع درجة حرارة المولد  
( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^\circ\text{C}$ )

الشكل ثبوت تركيز المحلول الضعيف مع زيادة درجة حرارة التشغيل بالمولد، وبالمقارنة بالحالة الثالثة نلاحظ تدني في تركيز المحلول الضعيف لهذه الحالة نتيجة خفض درجة حرارة الأمتصاص عند ضغط سفلي ثابت، هذا الأمر زاد من كمية المبرد المنفصلة بالمولد وحسن معامل الأداء للمنظومة.

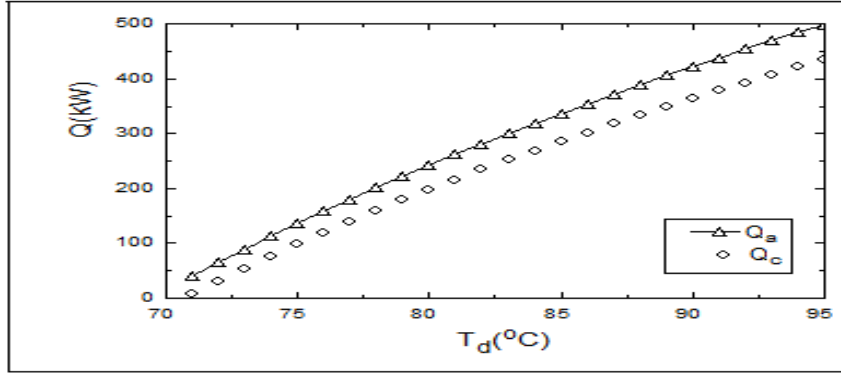
النتائج الممثلة في الشكل (16) توضح زيادة تركيز بروميد الليثيوم في المحلول القوي مع ارتفاع درجة حرارة التشغيل بالمولد، وبالمقارنة مع الحالة الثالثة نلاحظ تطابق في التصرف والقيم لأغلب النتائج (عدى تراكيز المحلول لدرجات حرارة التشغيل المتدنية لهذه الحالة)، من جانب آخر نلاحظ في



الشكل (16): تركيز المحلول مع درجة حرارة المولد ( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^\circ\text{C}$ )

(شكل 15)، ويبين الشكل أيضا زيادة كميات الحرارة المطرود من الماص نتيجة خفض درجة حرارة الأمتصاص بالماص عند ضغط سفلي ثابت وزيادة كمية الحرارة التي يحملها البخار القادم من المبخر.

يبين الشكل (17) زيادة كميات الحرارة المطرودة من المكثف نتيجة لخفض درجة حرارة التكثيف عند ضغط علوى ثابت (حالة تبريد دوني للمبرد) بالإضافة الى زيادة كمية المبرد المنفصلة بالمولد



الشكل (17): كميات الحرارة المطرودة من الماص و المكثف مع درجة حرارة المولد  
( $P_H=7.38\text{kPa}$ ,  $T_e=4^\circ\text{C}$ ,  $T_a=T_c=30^\circ\text{C}$ )

الجدول(2): أعلى معاملات الاداء للمنظومة المقترحة ( $P_L=0.81\text{kPa}$ )

الحالة	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$T_a(^{\circ}\text{C})$	$P_H(\text{kPa})$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	$m_7 (\text{kg/s})$	COP
الثانية	20	20	4.25	65	0.16	0.84
الرابعة	30	30	7.38	95	0.17	0.77

قيمة له عند اعلى درجة حرارة تشغيلية ممكنة بالمولد لكل حالة، كما بينت النتائج أن معامل اداء منظومة التبريد الامتصاصي المقترحة يتدنى برفع مستوى الضغط العلوي، من جهة اخرى أظهرت النتائج أن خفض درجة حرارة الماص بضغط سفلي ثابت واستخدام التبريد الدوني بالمكثف يزيد من كمية التبريد المنتجة ويحسن معامل اداء المنظومة المقترحة، ولكنه يزيد من كميات الحرارة المفقودة من المكثف والماص، كمحصلة وللحصول على أعلى معامل اداء نوصي بتشغيل المنظومة المقترحة عند مستوى الضغط العلوي الأول وبدرجة حرارة تكثيف متدنية تحقق التبريد الدوني ومساوية لدرجة حرارة الامتصاص، كما نوصي مستقبلا بأختبار المنظومة المقترحة بأستخدام أزواج عاملة أخرى املا في تحقيق معامل اداء افضل.

يوضح الجدول (2) ان أعلى معاملات الأداء للمنظومة المقترحة كانت في الحالتين الثانية والرابعة، وباستخدام درجات حرارة امتصاص متدنية ودرجات حرارة منخفضة بالمكثف ينتج عنها تبريد دوني للمبرد ومساوية لدرجة حرارة الماص، ويوضح ايضا ان اعلى معامل أداء يتحقق في الحالة الثانية باستخدام مستوى الضغط العلوي الأول ودرجات حرارة بالمكثف والماص متدنية ومتساوية ( $T_a=T_c=20^\circ\text{C}$ )، وبدرجة حرارة تشغيل منخفضة.

#### 6 الخلاصة

بينت النتائج المتحصل عليها ان معامل اداء منظومة التبريد الامتصاصي احادية المفعول المقترحة يتحسن برفع درجة حرارة التشغيل بالمولد ويصل اقصى

### A Theoretical Study of Single Effect Absorption Refrigeration System (Water-Lithium Bromide)

Mohammed Abdu Aldaem Fatma Mohammed Algul

**Abstract:** This paper presents a theoretical study of single effect absorption refrigeration system (Water-Lithium Bromide) with the object of providing better understanding to its

performance. This study has been carried out by using different values of the operational generator temperature ( $T_d$ ), various values of condensing and absorbing temperatures ( $T_c$  and  $T_a$ ) respectively, for two high pressure levels, one low pressure level and a fixed value of the solution heat exchanger effectiveness. The results obtained showed that the COP of the proposed absorption refrigeration system improves with the increase in operational generator temperature ( $T_d$ ). Moreover, the results obtained illustrated that better COP of the proposed absorption system could be realized when operated at the first high pressure level using low and equal absorbing and condensing temperatures (sub cooling temperature). The increase in high pressure level of the proposed absorption system won't improve its COP.

### المراجع

- Absorption Single Effect Absorption Refrigeration Systems”, Applied Energy (133) pp. 335–346, (2014).
- 6- **A. M. Abed, M.A. Alghoul, R. Sirawn, A. N. Al-Shamani, K. Sopian,** “Performance Enhancement of Ejector absorption Cooling Cycle by Re-Arrangement of Solution Streamlines and adding RHE”, Applied Thermal Engineering, 77, pp. 65-75, (2015).
- 7- **O. Kaynakli,** “Thermodynamic Analysis of Vapor Absorption Refrigeration Cycle with Three Heat Exchangers: User-Friendly Software”, 2<sup>nd</sup> (ICRSET 2014) March 21-22, (2014) Dubai (UAE).
- 8- **M. Kernén, L.L. Lee and H.P. Blanco,** “A Study of Solution Properties to Optimize Absorption Cycle COP”, Int. J. of Refrigeration, vol. 18 No.1 (1995).
- 9- **W. Kai, O.Abdelaziz,E. A. Vineyard,** “Thermophysical Properties of Lithium Bromide +1, 2-Propanediol Aqueous Solutions- Solubility, Density and Viscosity”, International Refrigeration and Air Conditioning Conference, July 16-19, (2012) Purdue (France).
- 1- **Herold. K. E, Radermacher. R and Klein. S. A,** “Absorption Chillers and Heat Pumps”, Published by C.R.C. Press, Inc. (1996).
- 2- **P.Srikhirin, S. Aphornratanacand, S. Chungpaibulpatana,** “A Review of Absorption Refrigeration Technologies”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 343–372, (2001).
- 3- **J. C. B. Jaramillo, L. F.Pellegrini, S. D. Oliveira Jr,** “Exergoeconomic Comparison of Absorption Refrigeration Systems Including A Hybrid Absorption - Ejecto Compression Chiller”,Dyna, Ano 78, No. 168, pp. 81-89, Agosto(2011).
- 4- **A. M. Al-Saffawi, A. M. Al-Hasani,** “A Theoretical Comparison of A Combined Ejector–Absorption Refrigeration System with A Conventional Absorption System”, Engineering and Development, Vol. 17, No.2, pp. 1813- 7822, (2013).
- 5- **L. G.Farshi, A.H. Mosaffa, C.A. I. Ferreira, M.A. Rosen,** “Thermodynamic Analysis and Comparison of Combined Ejector–

- Maps for Absorption Refrigeration Systems”, Applied Thermal Engineering vol. 17, No. 3, pp. 211-221, (1997).
- 16- **H. T. Chua, J. M. Gordon, K. C. Ng and Q. Han**, “Entropy Production Analysis and Experimental Confirmation of Absorption Systems”, Int. J. of Refrigeration, vol. 20, No. 3, pp. 179-190, (1997).
- 17- **S. Sedigh, H. Saffari**, “Thermodynamic Analysis of Single Effect and Half Effect Absorption Refrigeration Systems”, Int. J. of Energy and Technology 3 (25), pp.1-9, (2011).
- 18- **Y. Singh, D. Kumar, A. Kumar, and A. Singla**, “Mathematical Modeling and Analysis of Absorption Refrigeration System Using Waste Heat of Diesel Genset”, Emerging Research In Management & Technology, pp. 46-50, (2013).
- 19- **J. M. Labus, J. C. Bruno and A. Coronas**, “Review on Absorption Technology with Emphasis on Small Capacity Absorption Machines”, Thermal Science vol. 17, No. 3, pp. 739-762, (2013).
- 20- **S. Kaushik, D. S. Singh**, “Thermodynamic analysis of vapor Absorption Refrigeration System and Calculation of COP”, (IJRASET), vol.2, pp.73-80, (2014).
- 10- **W. Chen, S. Liang, Y. Guo, K. Cheng, X. Gui and D. Tang**, “Thermodynamic Performances of [mmim]DMP/Methanol Absorption Refrigeration”, J. of Thermal Science, vol.21, No.6, pp. 557–563, (2012).
- 11- **K. Parham, U. Atiko, M. Yari and O. P. Agboola**, “Evaluation and Optimization of Single Stage Absorption Chiller using (LiCl + H<sub>2</sub>O) as the Working pair”, Advances In Mechanical Engineering, Article ID 683157, Hindawi Publishing Corporation, (2013).
- 12- **M. Khamooshi, K. Parham and U. Atikol**, “Overview of Ionic Liquids used as Working Fluids in Absorption Cycles”, Advances In Mechanical Engineering, Article ID 620592, Hindawi Publishing Corporation, (2013).
- 13- **V. H. F. Flores, J. C. Roman, G. M. Alpirez**, “Performance Analysis of Different Working Fluids for an Absorption Refrigeration Cycle”, American J. of Environmental Engineering, 4(4a) pp. 1-10. (2014).
- 14- **L. Garousi, C. A. I. Ferreira, S.M.S. Mahmoudi and M. A. Rosen**, “First and second law analysis of ammonia/salt absorption refrigeration systems”, Int. J. of Refrigeration, (40) pp. 111-121, (2014).
- 15- **D. W. Sun**, “Thermodynamic Design Data and Optimum Design