



بسم الله الرحمن الرحيم
جامعة الشيخ عبدالله البدري



كلية الهندسة

قسم الهندسة الميكانيكية

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة
الميكانيكية

بعنوان:

استخدام الطاقة الشمسية في دورة التبريد الامتصاصية بمصفاة
الجيلي

إعداد الطلاب:

- ❖ علاء الدين عابدين حسن محمد احمد
- ❖ غزالي حمد السيد الطيب نورالدائم
- ❖ محمد نور عبدالله احمد

الإشراف الدكتور:

فتح الرحمن احمد

1443هـ / 2022 م



الأستهلال

قال تعالى:

﴿ وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ

وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٍ بِأَمْرِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَ

لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴾

صدق الله العظيم

سورة النحل الآية (12)

الإهداء

الي قمرين أهتدينا بضيائهما في طريق حياتنا

أمهاتنا وآبائنا

الي الشعل المضيئة التي واكبت مشوارنا

أخوتنا وأصدقائنا وزملائنا

لنتلك العقول النيرة التي تعلمنا في محرابها فأعطت حتي أبدعت

أساتذتنا الأجلاء

لكم أنتم رفقاء درب الكفاح وأحلي الذكريات التي سياتردد صداها

دوما في الأفق لتحرك حنيننا اليها ...

وأخيرا لكل من يحيون تراب أرضنا من أبناء شعبنا الحبيب

نهديهم هذا الجهد عله يعالج شيئا من القضية التي لامست وجداننا وضميرنا

الوطني قبل أي هدف

الشكر والعرفان

إن كل من كان لنا عوناً وسنداً في إنجاز هذا البحث
الكلمات لا تعبر عن حقيقة تقديرنا ومشاعرنا تجاهكم والحروف لا تسعها حدود
.... في حضرة مقامكم

الشكر كلمة العاجز عن العطاء ... وعطاءكم لا ينفذ.. فلکم التجلة والاحترام ...شكرنا
الجزيل للدكتور/ فتح الرحمن احمد

الذي أشرف على هذا البحث في جميع مراحلہ ولم يبخل علينا بكل ما لديه...
نسوق الشكر أجزله للسادة بمصفاة الجيلي ونتوجه بشكرنا
للمهندس/ نادر المك

و

للمهندس/ عبد الرحيم قراض

ولا ننسى أسمى آيات شكرنا لأساتذتنا الأجلاء وكل من ساعدنا في إنجاز هذا البحث
لهم جميعا الشكر والتقدير

المستخلص

في مصفاة الخرطوم يتم استخدام دورة بروميد الليثيوم-ماء (LiBr-H₂O) الامتصاصية لعمليات التبريد وتكييف الهواء لتغذية المباني القريبة من المحطة. الهدف من هذا المشروع هو إمكانية إضافة منظومة الطاقة الشمسية الي منظومة دورة التبريد للتقليل من التكاليف عند استخدام الدورة بالوقود الحيوي وذلك بالتعرف على استخدام التبريد بالطاقة الشمسية من خلال دورات التبريد الامتصاصية ، وعمل نموذج رياضي لقياس أداء المنظومة عند استخدام الطاقة الشمسية كمصدر حراري. ولكي نصل إلى تلك الأهداف بحثنا في جميع المكتبات الجامعية والمراجع والزيارات الميدانية لمصفاة الخرطوم لتلقي قدر كاف من المعرفة العلمية والتطبيقية من أيادي محترفة في هذا المجال.

وقد اتضح انه يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية جزئيا في عملية تشغيل منظومة التبريد الامتصاصي بمصفاة الخرطوم مما سوف يقلل من تكلفة التشغيل الكلية بحوالي 50% .

Abstract

At the Khartoum Refinery the Lithium Bromide-Water (LiBr-H₂O) sorption cycle is used for refrigeration and air conditioning processes to feed the buildings near the plant. The goal of this project is the possibility of adding the solar energy system to the cooling cycle system to reduce costs when using the cycle with biofuels by identifying the use of solar cooling through absorption cooling cycles, and making a mathematical model to measure the performance of the system when using solar energy as a heat source. In order to reach those goals, we searched all university libraries, references and field visits to the Khartoum Refinery to receive a sufficient amount of scientific and applied knowledge from professional hands in this field.

It has become clear that solar energy can be partially utilized in the process of operating the absorption cooling system at the Khartoum refinery, which will reduce the total operating cost by about 50%.

فهرس المحتويات

الصفحة	العنوان
-	البسمة
I	الاستهلال
II	الاهداء
III	الشكر والعرهان
IV	المستخلص
V	Abstract
VI	فهرس المحتويات
IX	فهرس الجداول
X	فهرس الاشكال
XI	فهرس المخططات
الباب الأول	
المقدمة	

1	1-1 تمهيد
2	2-1 اثر غازات التبريد الانضغاطي علي طبقة الاوزون
3	3-1 طرق ووسائل التبريد
4	4-1 التبريد الانضغاطي
5	5-1 أنواع التبريد الامتصاصي
5	6-1 الدراسات السابقة
6	7-1 مشكلة البحث
6	8-1 أهداف البحث
7	9-1 منهجية البحث
<p>الباب الثاني</p> <p>المبدأ الأساسي للدورة الامتصاصية</p>	
9	2-2 وصف الدورة الامتصاصية
10	3-2 المكونات الأساسية للدورة الامتصاصية
<p>الباب الثالث</p> <p>النموذج الرياضي لدورة التبريد الامتصاصية ثنائية التأثير</p>	

15	1-3 التحليل الحراري
16	2-3 تركيز المحلول لمختلف نقاط الدورة
17	3-3 المحتوى الحراري لمختلف نقاط الدورة
18	4-3 معدل التدفق الكتلي (Mass flow rate)
19	5-3 انتقال الحرارة
19	6-3 معامل الأداء (COP) Coefficient of Performance
الباب الرابع	
الأداء الحقيقي لدورة التبريد الامتصاصية بمصفاة الجيلي	
22	1-4 تمهيد
23	2-4 مكائن التبريد المستخدمة
25	3-4 الأداء الحقيقي للمنظومة
27	4-4 انتقال الحرارة ومعامل الأداء (COP)
الباب الخامس	
منظومة الطاقة الشمسية لمنظومة التبريد الامتصاصي بمصفاة الجيلي	
29	1-5 مقدمة

30	2-5 تحليل منظومة الطاقة الشمسية
34	3-5 تحليل منظومة الماء الساخن
36	4-5 نتائج تحليل منظومة الطاقة الشمسية والماء الساخن
الباب السادس الخاتمة والتوصيات والمراجع	
40	1-6 الخاتمة
41	2-6 التوصيات
42	3-6 المراجع

فهرس الجداول

الصفحة	العنوان
25	الجدول (1-4) القراءات المأخوذة من النظام الوسط وهو يعمل

26	جدول (2-4) نتائج الأداء الحقيقي للمنظومة
36	جدول (1-5) متغيرات الأداء في المنظومة
38	جدول (2-5) تغيرات حرارة الشمس والمولد والسخان الاحتياطي من الزمن

فهرس الأشكال

الصفحة	العنوان
9	الشكل (1-2) المبدأ الأساسي لدورة التبريد الامتصاصي (LiBr-H ₂ O)
11	الشكل (3-2) المكونات الأساسية للدورة الامتصاصية
15	الشكل (1-3) دورة التبريد الامتصاصية ثنائية التأثير
22	الشكل (1-4) محطة التبريد بمصفاء الجيلي

23	الشكل (2-4) المباني التي تغذيها المحطة
24	الشكل (3-4) مكائن التبريد (Chillers) بمصفاء الجيلي.
24	الشكل (4-4) لوحة تصميم ماكينة التبريد (Chiller).
29	شكل (1-5) دورة التبريد الامتصاصي مع منظومة الطاقة الشمسية.
31	شكل (2-5) المجمع الشمسي مفرغ الأنابيب
31	شكل (3-5) المجمع الشمسي الحراري متصل بخزان الماء الساخن
35	شكل (4-5) خزان الماء الساخن (بافتراض الخلط التام)
37	شكل (5-5) تركيز الطاقة الشمسية لحد الأيام (W/m^2)
37	شكل (6-5) تغيرات حرارة الشمس والمواد والسخان الاحتياطي مع الزمن

فهرس المخططات

الصفحة	العنوان
20	المخطط (1-3) متغيرات محلول LiBr-H ₂ O

21

المخطط (1-3) إنثاليبي - التركيز LiBr-H₂O

الباب الأول

المقدمة

1-1 تمهيد

الاحتباس الحراري

من المشاكل التي تواجه العالم والعلماء حاليا هي ظاهرة الاحتباس الحراري التي تتمثل في ازدياد حرارة الغلاف الجوي للكرة الأرضية نتيجة للارتفاع المفرط للغازات الدفيئة الناتجة عن الثورة الصناعية و زيادة انبعاث الغازات الدفيئة أو غازات الصوبة الخضراء (Greenhouse gases). أيضا من المشاكل التي تواجه العالم تآكل طبقة الأوزون والتي تحمي الأرض من دخول الأشعة فوق البنفسجية.

يساهم الاحتباس الحراري في وجود ثقب في طبقة الأوزون وبالعكس، عند وجود ثقب في طبقة الأوزون يحدث تسرب للأشعة فوق البنفسجية الي داخل الأرض مما يؤدي الي احتقان أكبر واحتباس للحرارة.

أحد أسباب الاحتباس الحراري وتآكل طبقة الأوزون هو الأنشطة الصناعية التي تسبب إطلاق مركبات الكلوروفلوروكربون (CFC و HCFC) من بعض الأنشطة الصناعية مثل:

- المبردات في المضخات الحرارية.
 - التلاجات والمجمدات.
 - مكيفات الهواء.
 - تصنيع منتجات الرغوة البلاستيكية والعزل.
 - غازات حاملة للمواد الكيميائية.
- ويعتبر التبريد من أكثر الأنشطة الصناعية المسببة لإطلاق الكلوروفلوروكربونات.

1-2 أثر غازات التبريد الانضغاطي على طبقة الأوزون

تتعدد غازات التبريد وتشمل طائفة كبيرة من المركبات الكيميائية ومن أهمها

R_{114} , R_{12B1} , R_{22} , R_{12} , R_{11} نظراً لاحتوائها على الكلور الذي يعتبر من اشد العناصر الكيميائية نشاطاً

وقدرة على الدخول في تفاعلات الأكسدة والاختزال لذلك فإن أثره مدمر للغاية على غاز الأوزون.

مما سبق، اتجه العالم لأنظمة التبريد الامتصاصي وهي أنظمة أقل شعبية من التبريد الانضغاطي، ولكن

نظراً لارتفاع أسعار الطاقة والتأثير البيئي لغازات التبريد خلال الفترة الماضية نالت أنظمة التبريد

الامتصاصي اهتماماً متزايداً وساهمت التحسينات في تكنولوجيا الامتصاص أيضاً في نمو شعبية أنظمة

الامتصاص للاستخدام المنزلي والصناعي، وزاد هذا الاهتمام في جميع أنحاء العالم لمزاياه التالية مقارنة مع

أنظمة التبريد الأخرى:

- عملية التبريد هادئة.
- موثوقية عالية.
- الخدمة الطويلة في الحياة.
- بساطة أدوات التحكم.
- سهولة التنفيذ.
- تلبية متطلبات الحمل بسهولة وكفاءة.
- الاستخدام الفعال والكفء لمصادر الطاقة المنخفضة مثل (الطاقة الشمسية - حرارة الأرض).

وزاد الاهتمام بأنظمة التبريد الامتصاصي في مجال الصناعة تحديداً في الآونة الأخيرة بسبب اتجاه العالم للاستخدام الرشيد لمصادر الطاقة وحماية البيئة والوقاية من ثقب طبقة الأوزون. هناك العديد من التطبيقات الصناعية التي هيمنت عليها الأنظمة الامتصاصية:

- صناعة المواد الغذائية (اللحوم ومنتجات الألبان والتجميد والتخزين).
- الصناعات البتروكيميائية.
- التوليد المشترك للطاقة بين إنتاج الحرارة والبرودة (محطات التثليج).
- أنظمة التهوية والتكييف.
- معدات التبريد.
- التخزين البارد.

1-3 طرق ووسائل التبريد

- التبريد عن طريق انضغاط البخار (Vapor compression cooling).
- التبريد عن طريق الامتصاص (Absorption cooling).
- التبريد التجفيفي (Desiccant cooling).
- التبريد التكثيفي (Condensing cooling).
- التبريد الكيميائي (Chemical cooling).
- التبريد بالهواء او التبريد التبخيري (Evaporative cooling).

1-4 التبريد الانضغاطي (Vapor compression cooling)

يعتبر من اكثر الدورات استخداما في التبريد يتم فيها استخدام وسيط ينقل الحرارة من الجزء المراد تبريده الي المحيط الخارجي يجب ان يمتاز هذا الوسيط بقابليته للتبخر عند ضغط ودرجة حرارة منخفضين ومن ثم يتكثف عند ضغط ودرجة حرارة مرتفعين نسبيا .

شرح الدورة :

تتكون الدورة من اربعة اجزاء رئيسية هي:

(1) الضاغط

(2) المكثف

(3) صمام التمدد

(4) المبخر

يدخل وسيط التبريد الضاغط بدرجة حرارة وضغط منخفضين وهو في صورة بخار فيرتفع ضغطه ودرجة حرارته ومن ثم يدخل الي المكثف وهناك يتم تبريده بالماء او الهواء فيتحول الوسيط الي سائل عند ضغط مرتفع , يدخل هذا السائل الي صمام التمدد الذي يقوم بخفض درجة الحرارة وضغط السائل نتيجة لتمدده يصاحب هذه العملية تحول جزء من السائل الي بخار يعرف بالغاز الوميض . يدخل سائل الوسيط ومعة الغاز والوميض الي المبخر وهو في الحيز المراد تبريده فيمتص الحرارة اللازمة لتبخره من الوسط المحيط فيتحول الي بخار وينتج اثر تبريدي وسط المحيط , يخرج الوسيط من البخر في صورة بخار منخفض الضغط ودرجة حرارة ويدخل الي الضاغط وتكرر الدورة مرة اخري .

5-1 أنواع التبريد الامتصاصي

من أشهر أنواع دورات التبريد الامتصاصية.

- دورة بروميد الليثيوم - الماء $\text{LiBr-H}_2\text{O}$

- دورة الأمونيا - الماء $\text{N}_2\text{H}_3 - \text{H}_2\text{O}$

دورة بروميد الليثيوم - الماء $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ في دورة بروميد الليثيوم - الماء الامتصاصي يستخدم الليثيوم كمادة

ماصة في حين يكون الماء هو وسيط التبريد. بينما في دورة الأمونيا - الماء $\text{N}_2\text{H}_3 - \text{H}_2\text{O}$ يستخدم الماء

كمادة ماصة في حين يكون الأمونيا وسيط التبريد.

6-1 الدراسات السابقة

- عرض M. Musa و A.Saleh تحليلاً شاملاً لتحسين تشغيل نظام امتصاصي يعمل بالطاقة

شمسية في المناطق الحارة.

لتحسين أداء النظام توصلوا الي أنه يجب التحكم في درجة حرارة المصدر في دالة في الإشعاع

الشمسي، مياه التبريد والمياه المبردة بتحكم مناسب، هذه الشروط الخارجية يمكن أن تراقب

لتحقق ظروف التحسين الحقيقية. [1]

- Assilzadeh و Kalogirou صمما نظام تبريد امتصاصي يستخدم $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ ويشغل

بالطاقة الشمسية باستخدام مجمع الأنابيب المفرغ واطهرا أن أداء النظام هو طور مع الاختلاف

النهارى للإشعاع الشمسي. [2]

- R. A. Rasih, F. N. Ani. قاما بعمل محاكاة لنظام تبريد شمسي وصمما النظام وفقاً لبيانات قياسية لمدينة كوالا في ماليزيا والغرض من الدراسة تحديد أداء ماكينة تبريد امتصاصية ثنائية التأثير تستخدم الطاقة الشمسية عن طريق المحاكاة، مبدئياً تم اختيار ثلاثة أنواع من المجمعات الشمسية لكن تم اختيار نوع الأنبوب المفرغ نسبةً لكفاءته العالية. [3]
- Abebayehu Assef بتطوير برنامج حاسوبي لتحسين نظام تبريد ثنائي التأثير يستخدم $\text{LiBr-H}_2\text{O}$. وتحصل على معامل الأداء الأمثل للنظام لسعة تبريده ثابتة وضغط علوي ثابت (ضغط المولد الأول)، وضغط أقل ثابت (ضغط المبخر والمكثف)، الضغط المتوسط (المولد الثاني) للنظام يتغير حتى يتم الحصول على معامل الأداء الأمثل. [4]

1-7 مشكلة البحث

في مصفاة الجيلي يتم استخدام وقود الديزل لتوليد البخار لتشغيل ماكينة التبريد. هذا الوقود تنتج عنه انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، أحد الغازات التي تسبب مشكلة الاحتباس الحراري وتآكل طبقة الأوزون. بمرور السنين يقل أو يكاد ينضب الوقود التقليدي ولذلك وجب البحث عن بدائل للطاقة التقليدية ومنها الطاقة الشمسية.

1-8 أهداف البحث

في مصفاة الخرطوم، يتم استخدام دورة $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ لعمليات التبريد وتكييف الهواء. الهدف من هذا المشروع هو إمكانية إضافة منظومة الطاقة الشمسية الي منظومة دورة التبريد وذلك بالخطوات التالية:

- 1- التعرف على استخدام التبريد بالطاقة الشمسية من خلال دورات التبريد الامتصاصية.
- 2- عمل نموذج رياضي لقياس أداء المنظومة عند استخدام الطاقة الشمسية كمصدر حراري.

1-9 منهجية البحث

لكي نصل إلى تلك الأهداف يتم البحث في جميع المكتبات الجامعية والمراجع والزيارات الميدانية لبعض المؤسسات التي تعمل في هذا المجال، لتلقي قدر كاف من المعرفة العلمية والتطبيقية من أيادي محترفة في هذا المجال.

الباب الثاني

دورة التبريد الامتصاصية،

(LiBr-H₂O)

1-2 المبدأ الأساسي

في أبسط نظم التبريد الامتصاصية (LiBr-H₂O) يتم الحصول على التبريد عن طريق توصيل وعاءين، أحدهما يحتوي مذيبي نقي (الماء) والآخر يحتوي محلول (LiBr-H₂O)، وبما أن الضغط يكاد يكون متساوياً في كلا العاءين في حالة الاتزان ستكون درجة حرارة المحلول اعلى من درجة حرارة المذيب النقي، هذا يعني أن المحلول اقل من المحيط، فبالتالي تم انتاج تأثير تبريدي في الوعاء الذي يحتوي المذيب النقي نسبة لهذا الفرق في درجة الحرارة. يتبخر المذيب (الماء) بسبب انتقال الحرارة من المحيط، ويتدفق الى الوعاء الذي يحتوي المحلول ويتم امتصاصه عن طريق المحلول. [5]

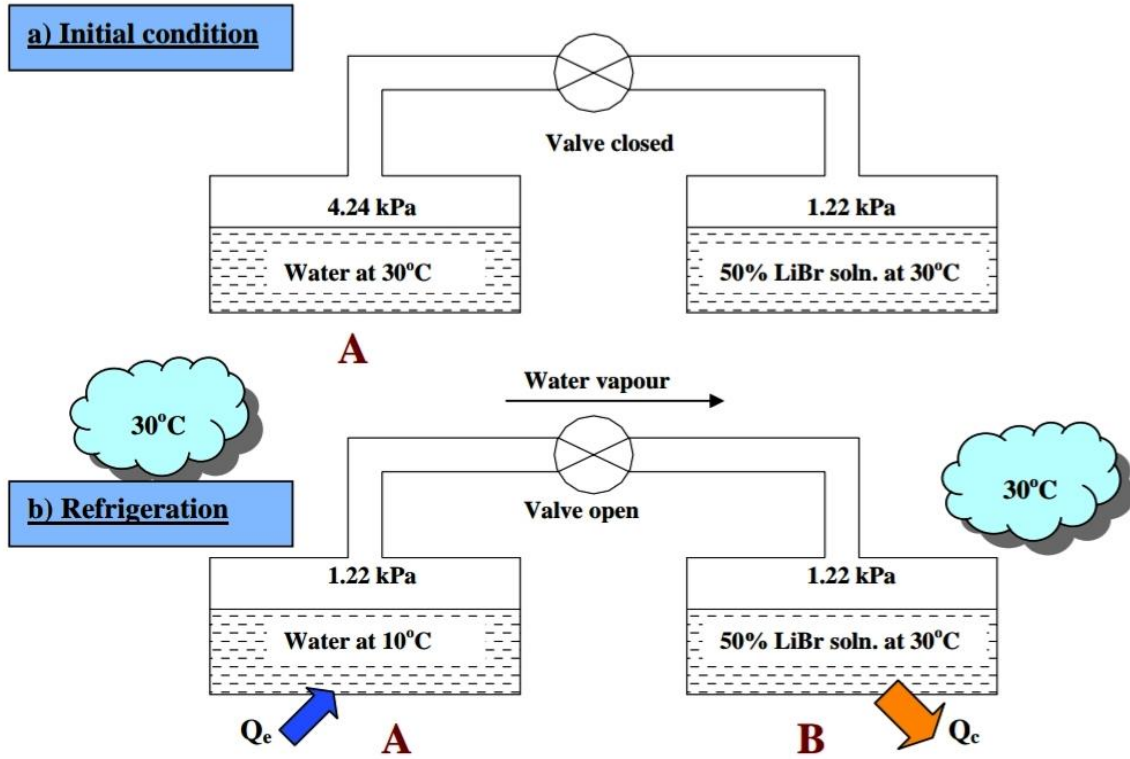
الشكل (1-2) يوضح وعاءين A و B متصلين ببعضهما بواسطة أنبوب وصمام. الوعاء A مملوء بماء نقي بينما الوعاء B مملوء بمحلول يحتوي 50% ماء و 50% (LiBr) (على أساس الكتلة). في البداية يكون الصمام مغلقاً والوعائين في حالة اتزان حراري مع المحيط أي عند 30°C يكون ضغط التشبع للماء 4.24kPa و ضغط الغليان للمحلول (50:50) هو 1.22kPa في الشكل (1-2).

عند فتح الصمام بين A و B ونسبة لفرق الضغط بين الوعاءين سيتدفق بخار الماء من A الى B.

بما أن الامتصاص في هذه الحالة طارد للحرارة فان الحرارة ستتطلق في الوعاء B.

اذا تم الحفاظ على التركيز ودرجة حرارة الوعاء B عند 50% 30°C على التوالي، عند الاتزان سيكون الضغط في النظام (A و B) 1.22kPa ودرجة حرارة الماء في A ستكون درجة حرارة التشبع المقابلة لـ (A و B) عند 1.22kPa والتي تساوي 10°C.

بما أن درجة حرارة الماء عند A أقل من درجة حرارة المحيط يمكن إنتاج تأثير تبريدي عن طريق انتقال حرارة من المحيط إلى الماء 10°C نسبة لهذا الانتقال يتبخّر الماء عند A وينتدفع إلى B ويتم امتصاصه بواسطة المحلول في B



الشكل (1-2) المبدأ الأساسي لدورة التبريد الامتصاصي (LiBr-H₂O)

2-2 وصف الدورة الامتصاصية

تتم العملية في وعاءين الوعاء العلوي يحتوي على المولد (Generator) والمكثف (Condenser) أما السفلي يحتوي على الماص (Absorber) والمبخر (Evaporator). الحرارة المزودة من المولد يتم إضافتها للمحلول (LiBr-H₂O)، هذه الحرارة تجعل المبرد (Refrigerant) وهو الماء يغلي

من المحلول في عملية تقطير وبخار الماء الناتج يمر الى المكثف حيث يتم استخدام وسيط تبريد لمكثف البخار الى الحالة السائلة يتدفق الماء الى المبخر حيث يمر خلال أنابيب تحتوي على السائل الوسيط المراد تبريده.

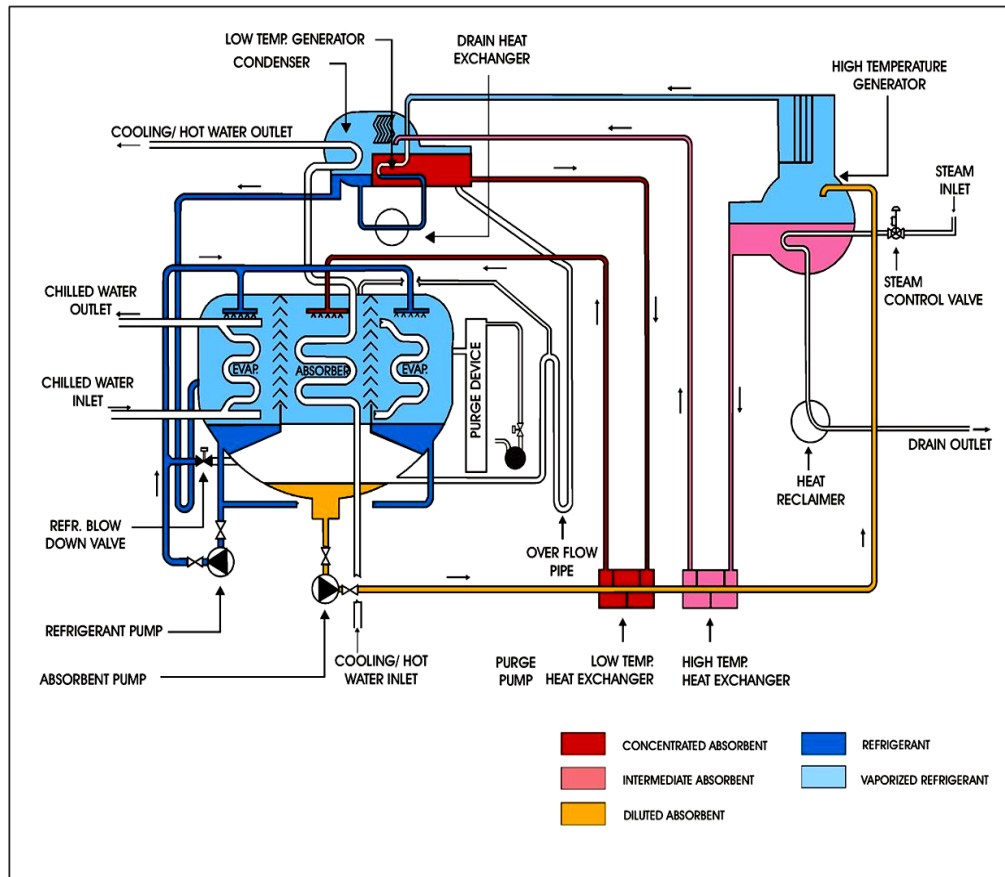
بالحفاظ على ضغط منخفض في الوعاء السفلي في المبخر والماص فان الماء يغلي عند درجة حرارة منخفضة هذا الغليان يجعل الماء يمتص الحرارة من الوسيط المراد تبريده وبالتالي تنخفض درجة حرارته. يمر الماء بعد ذلك الي الماص حيث يختلط مع محلول (LiBr-H₂O) القليل المحتوى المائي هذا المحلول القوي (Strong in LiBr) يميل لامتصاص البخار من المبخر بشكل محلول ضعيف، يتم ضخ المحلول الضعيف الى المولد لإعادة الدورة. [6]

2-3 المكونات الأساسية للدورة الامتصاصية

تتكون الدورة الامتصاصية من

1. المبخر.
2. الماص.
3. المولد مرتفع درجة الحرارة.
4. المولد منخفض درجة الحرارة والمكثف.
5. المبادل الحراري.

كما موضح في الشكل أدناه :



الشكل (2-3) المكونات الأساسية للدورة الامتصاصية [6]

1-3-2 المبخّر (Evaporator)

يحتوي المبخّر على حزمة أنابيب وغلّاف خارجي وحوض للمبرد تتدفق المياه المبردة خلال الأنابيب ومضخة لتدوير المبرد (Pump) من الحوض الى صواني التوزيع (distribution trays) من هذا الصواني يسقط المبرد (refrigerant) على أنابيب المبخّر.

ضغط الغلاف يكون منخفض، عند هذا الضغط المنخفض يتبخر المبرد عند درجة حرارة (3.7°C) ويستخرج الحرارة الكامنة للتبخر من الماء الدائر خلال أنابيب المبخر وهكذا يتم تبريده.

2-3-2 الماص (Absorber)

يحتوي على حزمة أنابيب وغلاف خارجي وصواني توزيع (Distribution trays) وحوض لتجميع الماص (absorbent collection sump)، المحلول الماص المركز (64%) الآتي من المولد منخفض درجة الحرارة (LTG) يغذى داخل صواني التوزيع، هذا المحلول يسقط على أنابيب الماص. المحلول المركز لديه تقارب (Affinity) بالماء، و بالتالي المبرد المتبخر (Vaporized Refrigerant) يتم امتصاصه عن طريقه فيصبح محلولاً مخففاً.

بسبب هذا الامتصاص يتم الحفاظ على الفراغ في الغلاف عند ضغط منخفض والتأكد من درجة حرارة المياه المبردة الضعيفة، خلال عملية الامتصاص تتولد حرارة تسمى حرارة الامتصاص (Heat of Absorption) وهذه الحرارة يتم التخلص منها عن طريق المياه المبردة الدائرة في أنابيب الماص والمحلول المخفف تجميعه في قاع الغلاف.

3-3-2 المولد مرتفع درجة الحرارة (High Temperature Generator)

يحتوي على حزمة أنابيب وغلاف خارجي ومزيلات قطرات الماء يمر البخار خلال الأنابيب المحلول المخفف يحيط بهذه الأنابيب ويتم تسخينه، فتزيد درجة حرارة المحلول حتى تصل نقطة الغليان، المبرد الذي تم امتصاصه (Absorbed Refrigerant) يغلي خارجاً من المحلول، فيزيد تركيز المحلول ويشار إليه بأنه

تركيز وسيط (Intermediate) المبرد المبخر في المولد يمر خلال المزيلات ويمر الى المولد منخفض درجة الحرارة (LTG).

2-3-4 المولد منخفض درجة الحرارة والمكثف (LTG&C) (Low Temperature Generator and Condenser)

المولد منخفض الحرارة (LTG) والمكثف (Condenser) لهما حزمة أنابيب مغلقة ومنفصلة عن طريق صفيحة عازلة.

يتدفق المبرد المبخر في المولد المرتفع الحرارة (HTG) الى المولد المنخفض الحرارة (LTG) ويسخن الماص متوسط التركيز خارج الأنابيب ويتكثف، المبرد المبخر من الماص متوسط التركيز يمر خلال المزيلات الى المكثف، هنا يبرد عن طريق مياه التبريد الدائرة في داخل أنابيب المكثف. بخار المبرد (Refrigerant vapor) يتكثف خلال أنابيب المكثف ويتجمع في الأسفل. المائع المكثف من المولد منخفض درجة الحرارة (LTG) والمكثف يختلطان ويتدفق الى المبخر الماص الذي أصبح مركزاً في المولد منخفض درجة الحرارة (LTG) يتصرف الى الماص (Absorber) ليبدأ دورة جديدة.

2-3-5 المبادل الحراري (Heat Exchanger)

المائع المخفف البارد يتم ضخه الى المولد المرتفع الحرارة (HTG) عن طريق مضخة المحلول (absorbent pump) أولاً خلال المبادل الحراري منخفض درجة الحرارة حيث يمتص الحرارة من الماص المركز ثانياً خلال جهاز استرداد الحرارة (Heat Reclaimer) حيث يمتص الحرارة من مكثف البخار، ومن ثم يمر خلال مبادل حراري مرتفع درجة الحرارة حيث يمتص الحرارة من المولد الوسيط.

في المبادلات الحرارية ترتفع درجة حرارة المحلول الماص قبل دخوله الى المولد المرتفع الحرارة (HTG) من اجل إعادة التسخين هذا يقلل الحرارة المطلوبة في المولد المرتفع الحرارة (HTG) هذا التقليل من الطاقة المطلوبة يزيد من كفاءة الدورة.

5-3-2 أجهزة الأمان والتحكم (Safety and Control System)

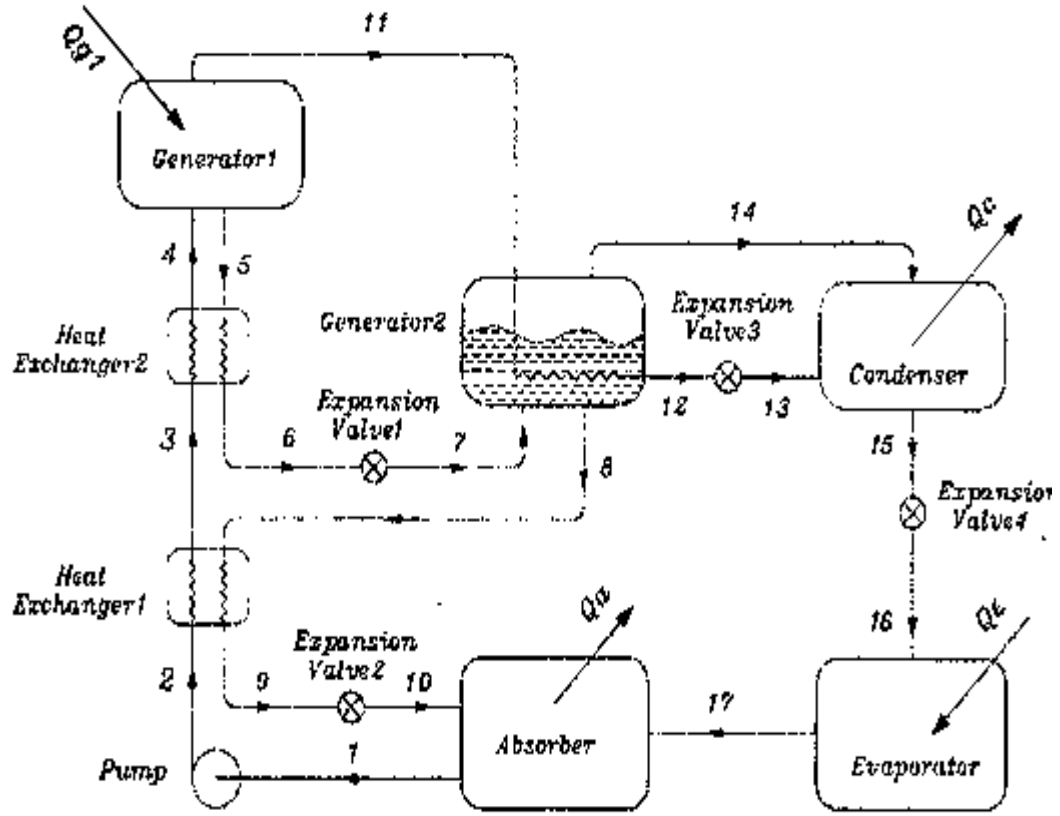
هنالك العديد من الأجهزة التي تساعد المشغل على التأكد من أن النظام يعمل بأمان وكفاءة مثل مضخة الفراغ (Vacuum pump) وعدد كبير من أجهزة القياس لدرجة الحرارة والضغط والصمامات.

الباب الثالث

النموذج الرياضي لدورة التبريد

الامتصاصية ثنائية التأثير

Mathematical model of Double
effect Absorption refrigeration
cycle



الشكل (1-3) دورة التبريد الامتصاصية ثنائية التأثير [4]

1-3 التحليل الحراري

يبدأ تحليل الدورة عند المكثف حيث درجة حرارة المكثف T_c تستخدم لتحديد ضغط التشبع P_c وضغط المولد

منخفض الضغط P_{G2}

درجة حرارة المبخر T_E تعطي ضغط الجزء المنخفض في المبخر والماص ومن درجة حرارة الماص وضغط

الجزء المنخفض يمكن حساب تركيز المحلول الضعيف.

الضغط المتوسط للمولد منخفض الضغط P_{G2} ودرجة الحرارة T_{G2} يستخدمان لإيجاد تركيز المحلول القوي

الناتج منه.

التراكيز التي تم إيجادها، والضغط ودرجات الحرارة عند مختلف النقاط والتوازن الكتلي لكل مكون مع كفاءات المبادلات الحرارية تعطي معدل تدفق الكتلة والمحتوى الحراري عند كل نقطة.

في التحليل الحراري يتم اخذ الاعتبارات الآتية

- الضغط المتوسط للنظام هو ضغط الاتزان المقابل لدرجة حرارة المكثف، بينما الضغط المرتفع والمنخفض للنظام هما المقابلان لدرجات حرارة التشبع المبخر والمولد مرتفع الضغط HPG.
- اتزان الكتلة والطاقة والموازونات الحرارية لكل نقطة تؤدي الى التحليل الكامل لدورة التبريد الامتصاصية.
- التحليل الحراري للدورة تم بناءً على نماذج رياضية مأخوذة من دراسات سابقة وبعض التعديلات عليها.

2-3 تركيز المحلول لمختلف نقاط الدورة

درجة الحرارة والضغط عند أي نقطة من نقاط الدورة تستخدم لإيجاد التركيز في تلك النقطة وذلك باستخدام المخطط رقم (1-3). تركيز المحلول من النقطة (1) الى النقطة (4) يعتبر ثابت وهو يمثل تركيز المحلول الضعيف، وكذلك من النقطة (5) الى النقطة (7) يعتبر ثابت، ومن النقطة (8) الى النقطة (10) أيضاً ثابت ويمثل التركيز القوي.

من المخطط (1-3) والمخطط (2-3) يمكن الحصول على المحتوى الحراري لمختلف نقاط الدورة كالآتي:
يحسب تركيز المحلول الضعيف بعد مغادرته الماص تحتسب قيمته عند ضغط ودرجة حرارة الماص (ضغط الماص = ضغط المبخر).

$$X_1 = X(P_A, T_A) = X_2 = X_3 = X_4 = X_{ws}$$

يحسب تركيز المحلول القوي المتوسط بعد أن يغادر المولد الأول عند درجة حرارة المولد الأول وضغطه.

$$X_5 = X(P_{G1}, T_{G1}) = X_6 = X_7 = X_{strong}$$

وكذلك يحسب تركيز المحلول القوي بعد أن يغادر المولد الثاني تحسب قيمته عند ضغط المكثف ودرجة حرارة المولد الثاني.

$$X_8 = X(P_{G2}, T_{G2}) = X_9 = X_{10} = X_{ss}$$

X: تركيز المحلول عند أي نقطة من نقاط الدورة

3-3 المحتوى الحراري لمختلف نقاط الدورة [7] ::

1-3-3 دورة المحلول (LiBr – H₂O)

$$h_1 = h(T_A, X_1); h_1 = h_2$$

$$T_3 = T(P_c, X_1); h_3 = h(T_3, X_1)$$

$$T_4 = T(P_{G1}, X_1); h_4 = h(T_4, X_1)$$

$$h_5 = h(T_{G1}, X_5)$$

$$T_6 = T(P_c, X_5); h_6 = h_7$$

$$h_8 = h(T_{G2}, X_8)$$

$$T_9 = T(P_E, X_8); h_9 = h(T_9, X_8)$$

2-3-3 دورة مائع التبريد H₂O

$$h_9 = h_{10}$$

من جدول البخار (باستخدام جدول البخار المحمص) (super-heated)

$$h_{11} = h(P_{G1}, T_{G1}); h_{12} = h_f @ T_{G2}$$

$$h_{13} = h_{12}; h_{14} = h_f @ T_{G2}$$

$$h_{15} = h_f @ T_c; h_{16} = h_{15}$$

$$h_{17} = h_g @ T_E$$

3-4 معدل التدفق الكتلي (Mass flow rate)

نسبة تدوير المحلول الضعيف (غني بالماء) في الماص

$$F = m_1 = m_2 = m_3 = m_4$$

$$= \frac{1 - X_a}{X_r - X_a} = \frac{1 - X_{H_2O}}{X_{H_2O} - X_{H_2O}}$$

F : معامل التدوير

نسبة تدوير المحلول القوي بال: (LiBr) وضعيف بالماء

$$F - 1 = m_{10} = m_9 = m_8$$

توازن المحتوى الحراري في المولد الثاني (Enthalpy balance G_2):

$$m_{11}h_{11} + m_7h_7 = m_{14}h_{14} + m_{13}h_{12} + m_8h_8$$

توازن الكتلة في المولد الثاني (mass balance of G_2):

$$m_{11} = m_{12} = m_{13} = 1 - m_{14}$$

$$m_{14} = 1 - m_{11}$$

$$m_7 = m_{14} + (F - 1)$$

بالتعويض وحل المعدلات أعلاه يمكن إيجاد:

$$m_{11}, m_7, m_{14}$$

3-5 انتقال الحرارة

$$Q_A = m_8h_{10} + m_{15}h_{15} - m_1h_1 \quad \text{الماص}$$

$$Q_{G1} = m_5h_5 + m_{11}h_{11} - m_4h_4 \quad \text{المولد الأول}$$

$$Q_{G2} = m_{11} (h_{11} - h_{12})$$
 المولد الثاني

$$Q_C = m_{13}h_{13} + m_{14}h_{14} - m_{15}h_{15}$$
 المكثف

$$Q_E = h_{17} - h_{15}$$
 المبخر

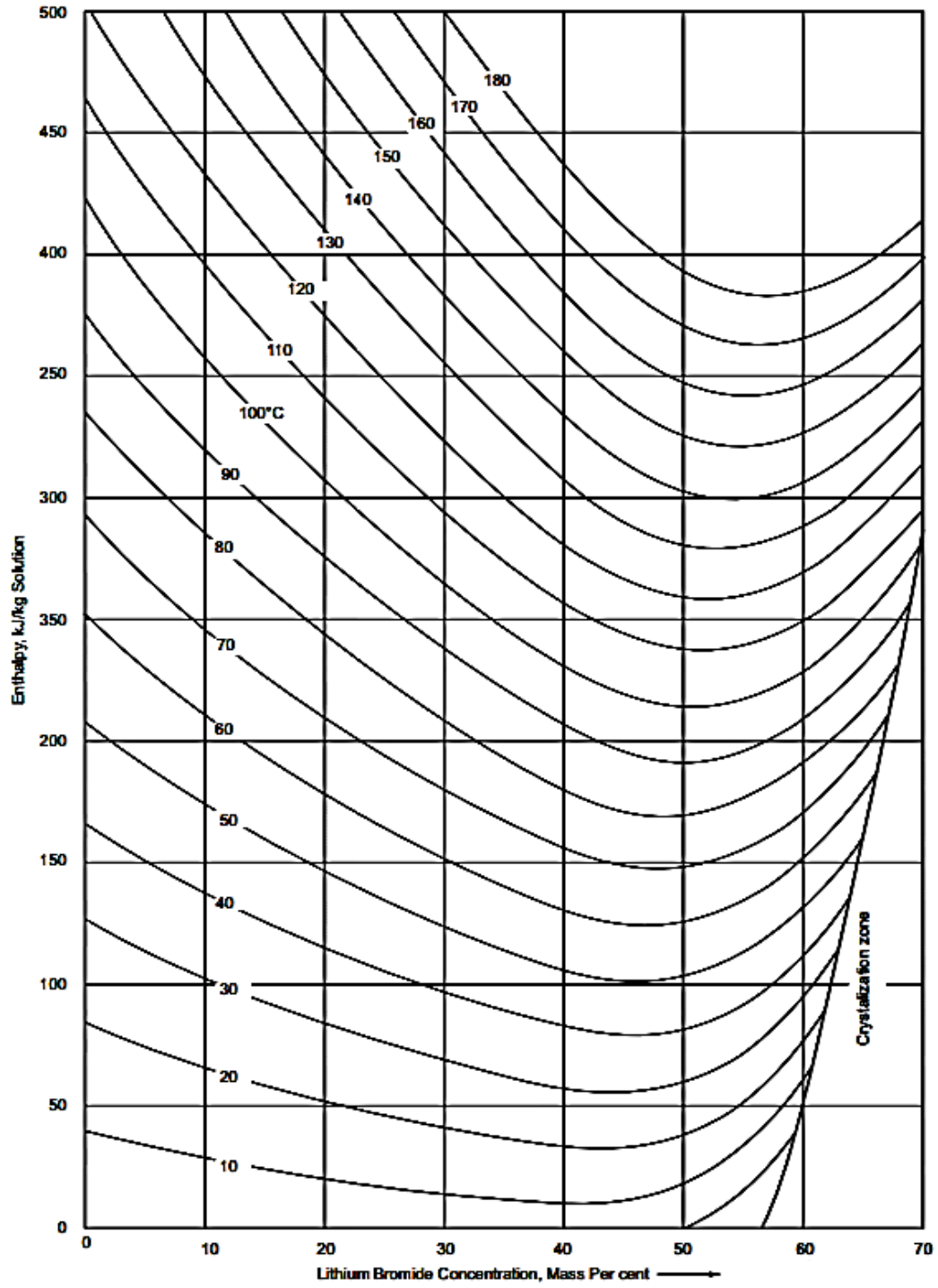
3-6 معامل الأداء (COP): Coefficient of Performance

هو النسبة بين الحرارة المستفاد منها سواء بالتبريد أو بالتسخين والشغل المبذول سواء لمضخة حرارية

أو ثلاجة أو نظام تكييف الهواء.

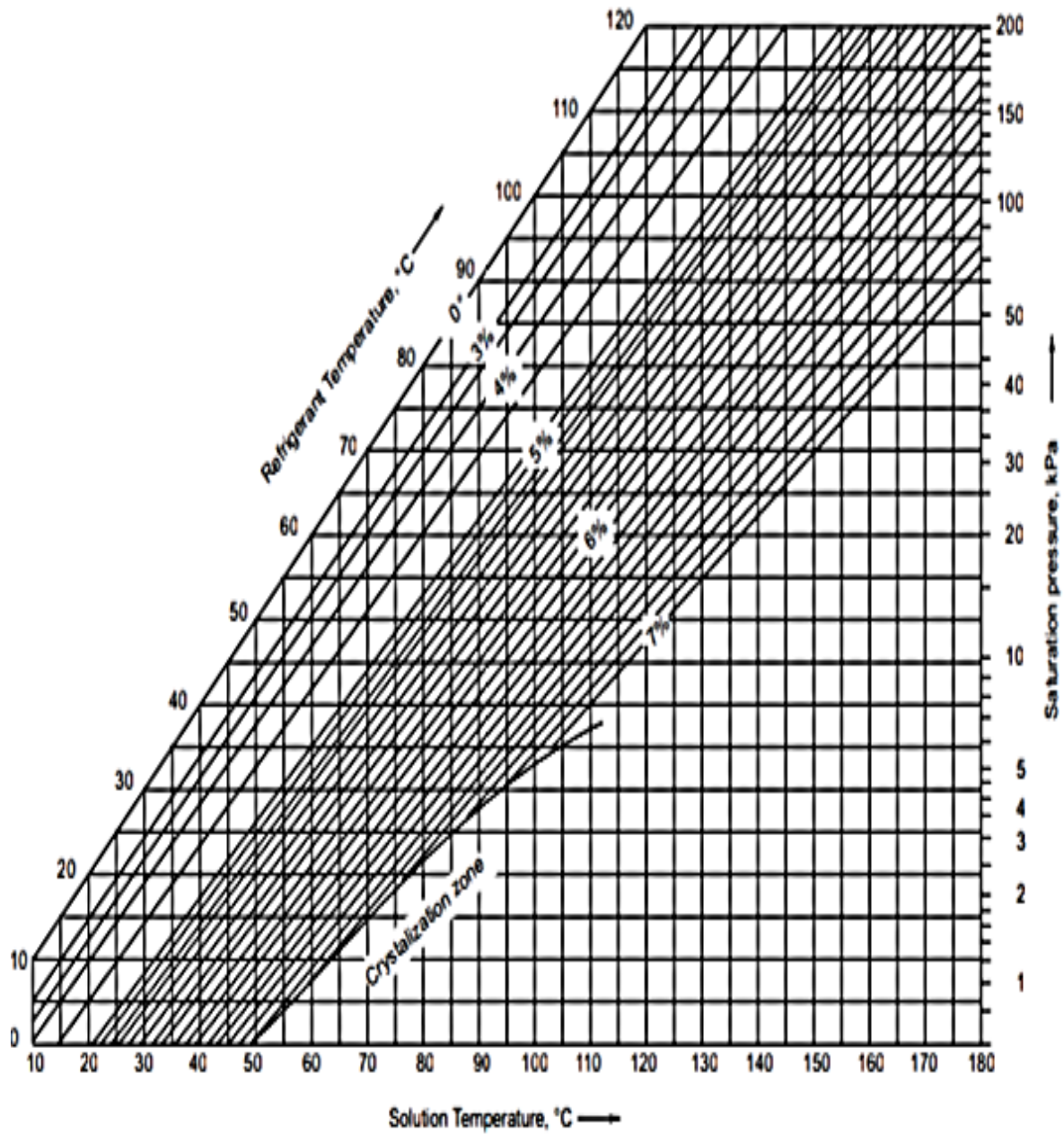
كل ما زاد معامل الأداء دل ذلك على انخفاض تكاليف التشغيل.

$$COP = \frac{Q_E}{Q_{G_1}}$$



Appendix C-9: Enthalpy Concentration Diagram for H₂O-LiBr₂ Solution

المخطط (1-3) متغيرات محلول LiBr-H₂O



Appendix C-8: ln p-1/T Diagram for H₂O-LiBr₂ Solutions

المخطط (2-3) إنتالبي - التركيز لمحلول LiBr-H₂O

الباب الرابع

الأداء الحقيقي لدورة التبريد الامتصاصية

بمصفاة الجيلي

1-4 تمهيد

تعمل محطة التبريد بمصفاة الجيلي على الدورة الامتصاصية ثنائية التأثير والتي تستخدم بروميد الليثيوم $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ تتكون المحطة من ثلاثة مكائن تبريد تستخدم لتغذية ثلاثة مباني اثنتين منها عبارة عن أربعة طوابق والآخر ثلاثة طوابق .

الشكل 1-4 يوضح صورة لمحطة التبريد بمصفاة الجيلي والشكل 2-4 يوضح المباني التي تغذيها

المحطة.



الشكل (1-4) محطة التبريد بمصفاة الجيلي



الشكل (2-4) المباني التي تغذيها المحطة

2-4 مكائن التبريد المستخدمة

مكائن التبريد بمصفاة الجيلي تستخدم بروميد الليثيوم LiBr كمادة ماصة و الماء H_2O كمائع تبريد

وتستخدم البخار الذي ينتج من الغلاية التي تستخدم وقود الديزل.

يستخدم خط (أنبوب) من الغلاية لإضافة الحرارة في المولد لتشغيل الدورة.

عدد المكائن المستخدمة ثلاثة سعة كل واحدة منها (1241 kW) كما موضح في الشكل (3-4)

و الشكل (4-4).



الشكل (3-4) مكائن التبريد (Chillers) بمصفاة الجيلي.

Panasonic			
LiBr ABSORPTION CHILLER/HEATER			
MODEL	SG-31HL	ORDER MODEL	SG-31HL
CHILLED WATER FLOW RATE	213 m ³ /h	REFRIGERATION CAPACITY	1244 KW
MAX OPERATING PRESSURE FOR CHILLED WATER SYSTEM	0.8 MPa	CHILLED WATER (INLET/OUTLET TEMP)	12 → 7 °C
COOLING WATER FLOW RATE	313 m ³ /h	COOLING WATER (INLET/OUTLET TEMP)	32 → 38 °C
MAX OPERATING PRESSURE FOR COOLING WATER SYSTEM	0.8 MPa	ELECTRIC SOURCE	3PH380V50HZ
STEAM CONSUMPTION	1422 kg/h	POWER	7.9
STEAM PRESSURE	0.6 MPa	DIMENSIONS	6800 2216 2840
OPERATION WEIGHT	11800 kg	MANUFACTURE No.	81716240
TRANS WEIGHT	10600 kg	MANUFACTURE DATE	2018 YEAR 10 MONTH

PANASONIC APPLIANCES AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION (DALIAN) CO., LTD

الشكل (4-4) لوحة تصميم ماكينة التبريد (Chiller)

4-3 الأداء الحقيقي للمنظومة

باستخدام النموذج الرياضي للدورة الامتصاصية ثنائية التأثير الذي تم إيراده في الباب الثالث ومن

القراءات التي تم أخذها من النظام اثناء عمله والموضحة في الجدول (1-4).

الجدول (1-4) القراءات المأخوذة من النظام الوسط اثناء عمله

100 kPa	ضغط المولد مرتفع درجة الحرارة
100°C	درجة حرارة المولد منخفض الحرارة
10.2°C – 7.5°C	درجة حرارة دخول وخروج المياه المبردة
28.3°C – 29.8°C	درجة حرارة مياه التبريد
145°C	درجة حرارة المولد مرتفع درجة الحرارة
40°C	درجة حرارة المكثف
10°C	درجة حرارة المبخر

وباستخدام قراءات الأداء الحقيقي لمختلف مكونات الدورة الموضحة في الجدول (1-4) تم الحصول على

الأداء الحقيقي للدورة الموضح في الجدول (2-4) وذلك باستخدام جداول البخار وفقا لحالة درجة الحرارة يتم

الحصول علي الضغوط لكل نقطة وباستخدام المخطط (2-3) إنثالبي - التركيز لمحلول LiBr-H₂O

يتم إيجاد التركيز ، ومن ثم عن طريق المخطط (1-3) متغيرات محلول LiBr-H₂O نوجد الانثالبي .

جدول (2-4) نتائج الأداء الحقيقي للمنظومة

state	T (°C)	P (kPa)	h (kJ/kg)	X% LiBr	M (kg)
1	35	1.2281	77.4	52.5	4.88
2	35	1.2281	77.4	52.5	4.88
3	68	7.3851	146.5	52.5	4.88
4	137	100	210	52.5	4.88
5	145	100	3315.5	56.2	4.299
6	77.3	7.3851	170.5	56.2	4.299
7	77.3	7.3581	170.5	56.2	4.299
8	100	7.3851	250	66	3.88
9	61	1.2281	165	66	3.88
10	61	1.2281	165	66	3.88
11	145	100	2766.351	0	0.580
12	100	100	419	0	0.580
13	100	7.3851	419	0	0.580
14	100	7.3851	2675.6	0	0.4194
15	40	7.3851	167.53	0	1
16	40	1.2281	167.53	0	1
17	10	1.2281	2519.2	0	1

4-4 انتقال الحرارة ومعامل الأداء (COP):

1/ الماص (Absorber)

$$\begin{aligned}Q_A &= m_8 h_{10} + m_{15} h_{15} - m_1 h_1 \\&= 3.88 \times 165 + 1 \times 167.53 - 4.88 \times 77.4 \\Q_A &= 430,018 \text{ KJ/kg}\end{aligned}$$

2/ المولد الأول (Generator G₁)

$$\begin{aligned}Q_{G1} &= m_5 h_5 + m_{11} h_{11} - m_4 h_4 \\&= 4.299 \times 315.5 + 0.580 \times 2766.351 - 4.88 \times 210 \\Q_A &= 1936.01 \text{ KJ/kg}\end{aligned}$$

3/ المولد الثاني (Generator G₂)

$$\begin{aligned}Q_{G2} &= m_{11} (h_{11} - h_{11}) \\&= 0.580 (2766.35 - 419) = 1361.46 \text{ KJ/kg}\end{aligned}$$

4/ المكثف (Condenser)

$$\begin{aligned}Q_c &= m_{13} h_{13} + m_{14} h_{14} - m_{15} h_{15} \\&= 0.580 \times 419 + 0.4194 \times 2675.6 - 1 \times 167.53 \\Q_c &= 1197.63 \text{ KJ/kg}\end{aligned}$$

5/ المبخّر (Evaporator)

$$Q_E = h_{17} - h_{15}$$

$$= 2519.2 - 167.53 = 2351.67 \text{ KJ/kg}$$

6/ معامل الأداء للدورة:

$$COP = \frac{Q_E}{Q_{G_1}} = \frac{2351.67}{1936.01} = 1.214$$

الباب الخامس

منظومة الطاقة الشمسية لمنظومة التبريد

الامتصاصي بمصفاة الجيلي

1-5 مقدمة

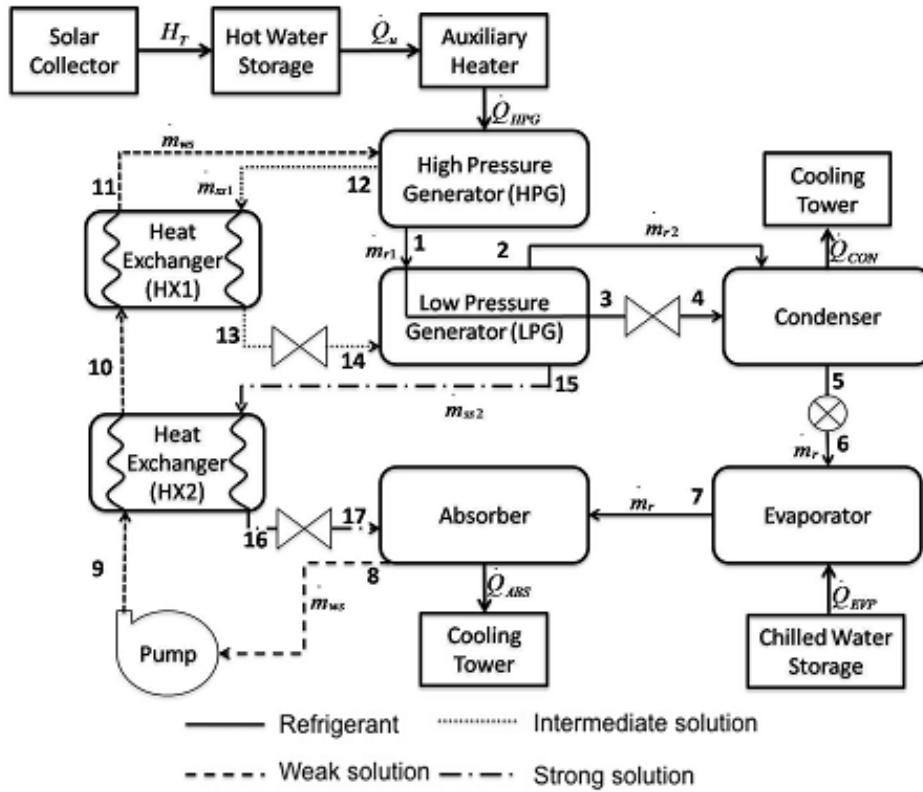
تتقسم منظومة التبريد الامتصاصي إلى جزئين:

1. الجزء الخاص بدورة الامتصاص والتبريد وقد تمت مناقشته في الأبواب السابقة.

2. الجزء الخاص بالطاقة الشمسية.

يمثل مولد البخار ذو الضغط العالي (HPG) عنصر مشترك بين الجزئين. يوضح الشكل (1-5) منظومة

التبريد الامتصاصي وكيفية ربطها بمنظومة الطاقة الشمسية.



شكل (1-5) دورة التبريد الامتصاصي مع منظومة الطاقة الشمسية.

يتم امتصاص الطاقة الشمسية بواسطة المجمع الشمسي لإنتاج الماء الساخن والذي يتم تخزينه في خزان الماء الساخن قبل ضخه إلى مولد البخار ذو الضغط العالي (HPG). عندما تنخفض درجة حرارة الماء الساخن إلى أقل من درجة الحرارة المطلوبة بمولد البخار، 145°C ، يتم تشغيل السخان الاحتياطي (Auxiliary Heater)، خلال فترة المساء والأيام الممطرة، لتزويد مولد البخار بالماء الساخن وبالتالي يمكن تشغيل دورة التبريد باستمرار خلال اليوم. في هذا البحث، السخان الاحتياطي هو الغلاية (Boiler) الموجود أصلاً ضمن منظومة التبريد ويستخدم في أغراض أخرى داخل المصفاة.

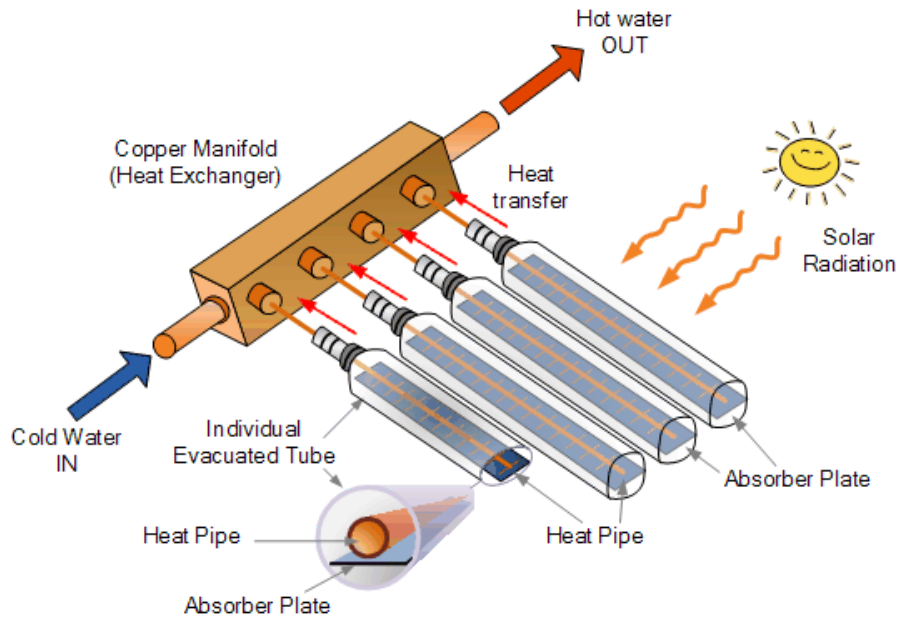
لإجراء عملية التحليل، تم تقسيم الجزء الخاص بالطاقة الشمسية إلى منظومتين:

▪ منظومة الطاقة الشمسية.

▪ منظومة الماء الساخن.

5-2 تحليل منظومة الطاقة الشمسية

يعتبر المجمع الشمسي الجزء الرئيس في منظومة الطاقة الشمسية والذي تتوفر منه عدة أنواع. في هذا البحث تم اختيار المجمع ذو الأنبوب المفرغ (Evacuated Tube Collector)، كما هو موضح بالشكل (5-2)، وذلك لكفاءته العالية في امتصاص الطاقة الشمسية ولعدم الحاجة الى نظام ضبط مستمر.



شكل (2-5) المجمع الشمسي مفرغ الأنابيب

في حالة الاستقرار ، الحرارة المفيدة والمزودة بواسطة المجمع الشمسي تساوي الحرارة الممتصة بواسطة المائع ناقل الحرارة منقوص منها المفقودات المباشرة وغير المباشرة من السطح. هذه العلاقة يمكن وصفها بواسطة كفاءة المجمع الشمسي (η_{col})، والحرارة المكتسبة والمستفادة (Q_u) كالآتي [1]:

$$\eta_{col} = (F_R)(\tau\alpha) - (F_R)(U_L)(T_{fi} - T_{fo}) / G$$

(5-1)

$$Q_u = (\eta_{col})(A)(G)$$

(5-2)

حيث،

η_{col} : كفاءة المجمع الشمسي.

τ : نفاذية الغلاف الجوي, s/m^2 .

α : الانتشارية الحرارية, m^2/s .

F_R : معامل تبديد الحرارة.

U_L : معامل إنتقال الحرارة, $W/m^2.K$.

T_{fi} : درجة حرارة دخول المائع للخران, $^{\circ}C$.

T_{fo} : درجة حرارة خروج المائع من الخزان, $^{\circ}C$.

G : شدة الأشعاع الشمسي, kJ/m^2 .

A : مساحة المجمع الشمسي, m^2 .

لتحديد مساحة المجمع الشمسي، يتطلب معرفة كسر الطاقة الشمسية والذي يعرف بالمعادلة التالية:

$$f_i = \frac{L_{s,i}}{L_{s,i} + L_{a,i}}$$

(5-3)

حيث،

f_i : كسر الطاقة الشمسية.

$L_{s,i}$: الطاقة الشمسية المزودة, kJ.

$L_{a,i}$: الطاقة الإضافية المطلوبة, kJ.

يجب إمالة المجمع الشمسي بزاوية معينة، β ، بالنسبة للسطح الأفقي للحصول على أعلى امتصاص للإشعاع الشمسي.

3-5 تحليل منظومة الماء الساخن

يوضع خزان الماء الساخن بعد المجمع الشمسي كما في الشكل (3-5) وبافتراض الخلط الجيد داخل الخزان لتبسيط التحليل كما في الشكل (4-5). بافتراض ثبات معدل إضافة الحرارة وسحبها في فترة زمنية محددة، Δt ، درجة الحرارة داخل خزان الماء يمكن حسابها كالآتي [4]:

$$T_{s,new} = T_{s,old} + (\Delta t / \dot{m} C_P)_s (\dot{Q}_u - \dot{Q}_l - \dot{Q}_{loss})$$

(5-4)

حيث :-

$T_{s,new}$: درجة حرارة الخزان الجديدة, °C.

$T_{s,old}$: درجة حرارة الخزان الجديدة, °C.

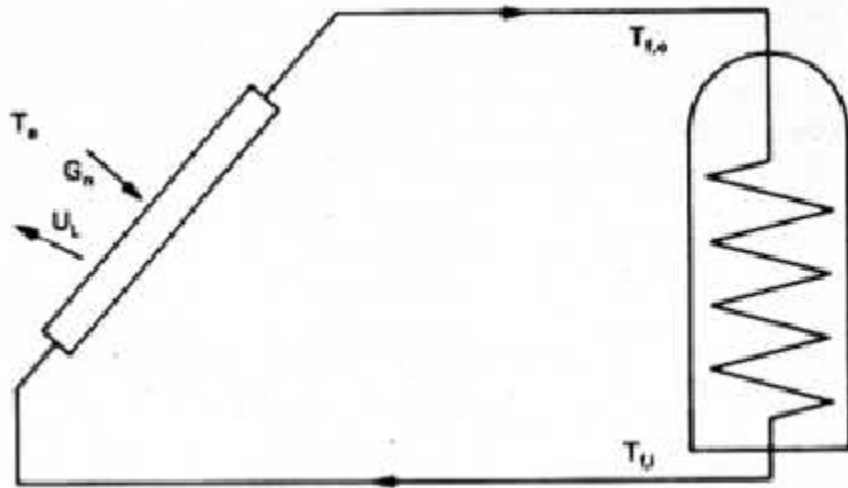
Δt : فترة زمنية, s.

\dot{m} : معدل التدفق الكتلي, kg/s.

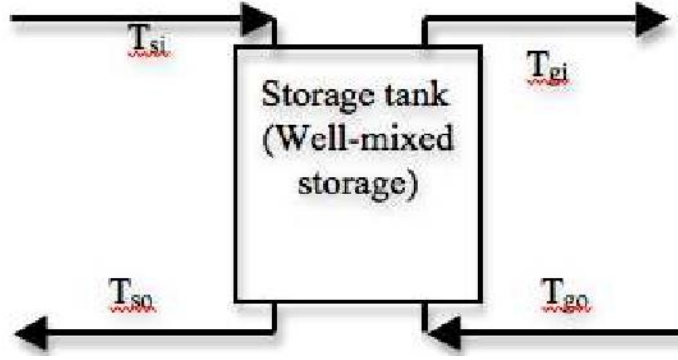
\dot{Q}_u : معدل الحرارة الداخلة للخزان, kW.

\dot{Q}_{loss} : معدل إضافة الحرارة للخزان, kW.

\dot{Q}_l : معدل سحب الحرارة من الخزان لمقابلة حمل المولد, kW.



شكل (3-5) المجمع الشمسي الحراري متصل بخزان الماء الساخن



شكل (4-5) خزان الماء الساخن (بافتراض الخلط التام)

الطاقة الشمسية (الحرارة) تنتقل من المجمع الشمسي إلى الخزان نتيجةً لفرق درجات الحرارة:

$$\dot{Q}_u = (\dot{m}C_P)(T_{f,o} - T_{f,i}) = (\dot{m}C_P)(T_{s,i} - T_{s,o})$$

(5-5)

T_{fi} : درجة حرارة دخول المائع للخزان, °C.

T_{fo} : درجة حرارة خروج المائع من الخزان, °C.

T_{si} : درجة حرارة دخول المائع للمجمع, °C.

T_{so} : درجة حرارة خروج المائع من المجمع, °C.

يتم معدل فقدان الحرارة داخل خزان الماء الساخن كالآتي:

$$\dot{Q}_{loss} = (UA)_s(T_{s,i} - T_{s,o})$$

(5-6)

معدل الحرارة المأخوذة لمقابلة حمل مولد البخار:

$$\dot{Q}_l = (\dot{m}C_P)(T_{g,i} - T_{g,o})$$

(5-7)

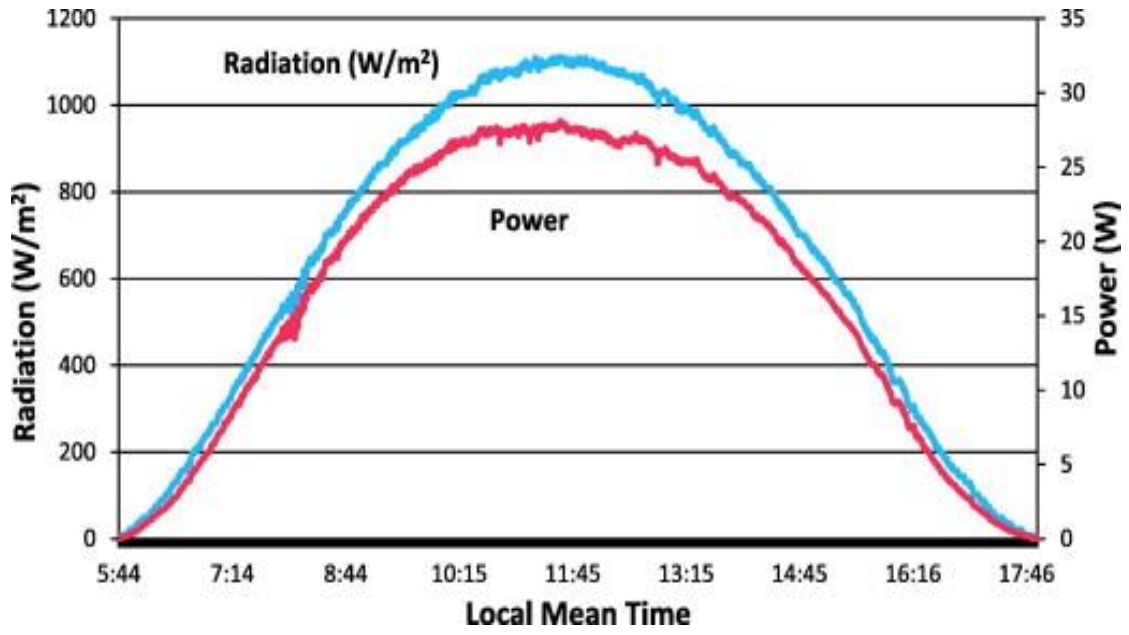
4-5 نتائج تحليل منظومة الطاقة الشمسية والماء الساخن

باستخدام البيانات (المتغيرات) في الجدول (1-5) وبيانات الطاقة الشمسية لاحت أيام السنة في الشكل (5-5)

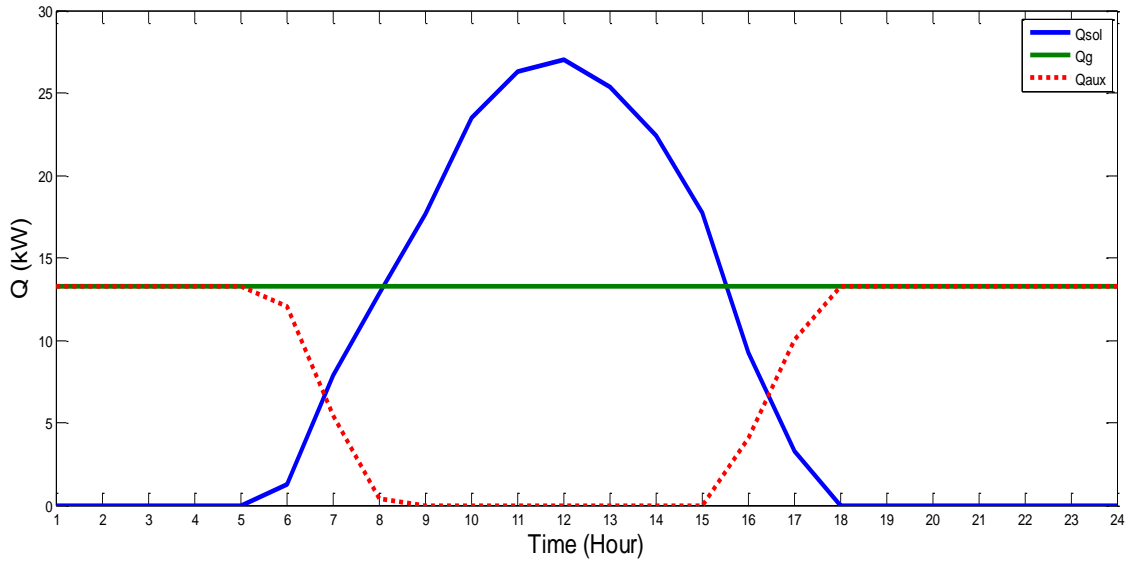
(5) والمعادلات السابقة، تم الحصول على النتائج في الجدول (2-5) والشكل (6-5).

جدول (1-5) متغيرات الأداء في المنظومة

القيمة	المتغير	القيمة	المتغير
2	$(F_R)(U_L)$	145°C	T_{gi}
0.73	$(F_R)(\tau\alpha)$	145°C	T_{go}
35 m ²	A_C	1422 kg/h	\dot{m}_g



شكل (5-5) تركيز الطاقة الشمسية لاحتياطي الأيام (W/m²)



شكل (5-6) تغيرات حرارة الشمس والمولد والسخان الاحتياطي مع الزمن

جدول (5-2) تغيرات حرارة الشمس والمولد والسخان الاحتياطي من الزمن

Q _{aux} (kW)	Q _g (kW)	Q _{sol} (kW)	Time (Hour)
13.272 13.272	13.272 13.272	0	1:00
13.272 13.272	13.272 13.272	0	2:00
13.272 12.047	13.272 13.272	0	3:00
5.418	13.272 13.272	0	4:00
0.409	13.272 13.272	0	5:00
0	13.272 13.272	0	6:00
0	13.272 13.272	1.225	7:00
0	13.272 13.272	7.854	8:00
0	13.272 13.272	12.863 17.644	9:00
0	13.272 13.272	23.458 26.276	10:00
0		27.027 25.365	11:00
0		22.428 17.718	12:00
0		9.223	13:00
4.045		3.271	14:00
10.001 13.272		0	15:00
13.272 13.272		0	16:00
13.272 13.272		0	17:00
13.272 13.272		0	18:00
		0	19:00
			20:00
			21:00
			22:00
			23:00
			24:00

من الشكل (5-5) والجدول (2-5)، وبمجرد يبدأ تزويد الخزان بالطاقة من المجمع الشمسي عند الساعة 6 ص تبدأ الحرارة المزودة بواسطة السخان الاحتياطي في التناقص حتى الساعة 9 ص والتي عندها يستطيع المجمع الشمسي تشغيل المنظومة بمفرده. عند الساعة 4 م يشتعل السخان الاحتياطي تلقائياً ليساعد الخزان في تحمل حمل المولد حتى الساعة 5 م والتي يبدأ السخان الاحتياطي في تشغيل المنظومة بمفرده حتى اليوم التالي.

الباب السادس

الخاتمة والتوصيات

1-6 الخاتمة

في هذا البحث تمت دراسة آلية لإدراج منظومة الطاقة الشمسية للعمل بالتوازي مع منظومة البخار (الغلاية)، ودراسة أنظمة التبريد الامتصاصي التي تستخدم بروميد الليثيوم-الماء ثنائية التأثير.

تمت هذه الدراسة بمصفاة الجيلي وتحصل الباحثون على:

- عمل نموذج رياضي لحساب متطلبات الدورة
- حساب الأحمال على أجزاء المنظومة المختلفة وحساب معامل الأداء لمنظومة التبريد
- السودان يتمتع بطاقة إشعاعية عالية وذلك نسبة لموقعه المداري
- كفاءة المجمع التي تم حسابها كانت 80% نسبة لحجم المجمع الشمسي وتكلفة تصنيعه
- دراسة منظومة الطاقة الشمسية وكيفية ربطها بمنظومة التبريد
- وقد اتضح انه يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية جزئياً في عملية تشغيل منظومة التبريد الامتصاصي بمصفاة الخرطوم مما سوف يقلل من تكلفة التشغيل الكلية بحوالي 50% .

2-6 التوصيات

- 1- نوصي باستمرار هذا البحث وذلك بتنفيذ الجانب العملي من البحث مع مراعاة استخدام برنامج الماتلاب لضمان الحصول على نتائج أكثر دقة
- 2- تحسين معدل انتقال الحرارة في المبخر والماص والمولد لزيادة كفاءة المنظومة.
- 3- نامل ان يكون هذا البحث نقطة البداية في مجال استغلال الطاقة الشمسية باستخدام المجمعات الشمسية في السودان كون التبريد والتكييف يستنزف كثير من الطاقة الكهربائية التي يعاني منها السودان شحاً .

- [1] A. Saleh, M.Musa, Optimization Study of a Single-Effect-Water-Lithium-Bromide absorption refrigeration system powered by flat-plate collector in hot regions. *Energy Conversion and Management*; (2014) P:29-36
- [2] Assilzadeh F, Kalogirou S.A, Ali Y, Sobian K. Simulation and Optimization of a Libr Solar Absorption Cooling System with Evacuated Tube Collectors. *Renewable Energy* (2005), 30:1143-59
- [3] R.A. Rasih, F.N. Ani. Double-Effect Solar Absorption Thermal Energy Storage. *Journa Mekanikal* (2012), No. 35, 38-53
- [4] Ababayehu Assefa. Optimization of Double Effect LiBr-H₂O Absorption System. *Journal of EEA*, Vol. 25, (2008)
- [5] IIT Kharagpur, The Version 1 ME, 4, Lesson 14 (2005)
- [6] Global, Thermax. "Engineering Solutions for Heating, Boilers, Cooling, Water & Waste Management, Specialty Chemicals, Air Pollution Control." *Thermaxglobal*, <https://www.thermaxglobal.com/double-effect-steam-fired-chiller-s2/>.
- [7] Arora, C.P; Refrigeration and Air Conditioning, Third Edition, TATA McGraw Hill Publishing Company, New Delhi, 110008, (2009)