

An Economic Importance for Using the Flat Plate Solar Receiver in a Single Effect Cooling System Operation

Dr. Hashim Abid Hussien

Materials Engineering Department, University of Technology / Baghdad

Email: doctorhashim2004@yahoo.com

Received on: 5/12/2012 & Accepted on: 4/4/2013

ABSTRACT

Today, an electric consumption on the cooling are increased and the sources of classical energy in words and in our country are decreased, in additional, the heat emission phenomena and desert climate, making us to research about solar energy which available in our country. Single effect cooling system is chosen in this work to applied the solar energy since, the temperature required to working it is not high, and there is a possibility to use solar energy under the conditions OF Erbil city. The temperature ranges re for heating water of generation system are determined and COP variation with condensation temperature are studied by using the diagrams. Solar receiver area calculated by using (F-chart) method .The working are simulated for summer months by using TRNSYS program's which is dependent on weather data . Average heating load for each month are calculated , also the average radiation daily and cooling load for summer months are calculated .The results indicated that, the optimum area was equal to (160 m²) which satisfied the maximum value of P*F to produce cooling power 50 kW and COP = 80% . The simulation was by TRNSYS program which predicted the performance of flat plate solar recovers through the Summer months.

Keywords: New Energy, Cooling System, Flat Plate Solar Receivers

الأهمية الاقتصادية لاستخدام الملاقط الشمسي المسطح في تشغيل منظومة التبريد ذات التأثير الأحادي

الخلاصة

إن استهلاك الطاقة الكهربائية لأغراض التكييف في ازدياد كبير ومصدر الطاقة التقليدية في العالم وفي بلدنا يتناقص إضافة إلى ظواهر الاحتباس الحراري والتصحّر مما يتوجب علينا التوجه إلى زيادة البحث عن استخدام الطاقة الشمسية التي يتمتع بها بلدنا في معظم أيام السنة . اختص هذا البحث باختبار منظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي بإمكانية عملها بالطاقة الشمسية لأن درجة الحرارة اللازمة لتشغيلها ليست مرتفعة كثيرا ويمكن توفيرها من استخدام اللواقط الشمسية المسطحة الأكثر اقتصادية بالظروف المناخية في فصل الصيف لمدينة اربيل . تم تحديد مجال درجة الحرارة اللازمة لتسخين الماء لمولد المنظومة باستخدام المخططات وتم التأكد أولا من ملائمة معامل الأداء COP وتغيره تبعا لتغير درجة حرارة المولد وتغير درجة حرارة التكاليف . تم حساب المساحة المثلى حراريا للواقط الشمسية باستخدام طريقة (F – Chart) وتم حساب المتوسط اليومي والشهري للإشعاع الشمسي المباشر لأشهر الصيف الأربعة . تمت محاكاة العمل خلال أشهر الصيف الأربعة باستخدام برنامج الـ (TRNSYS) وهو أشهر البرامج المستخدمة بمحاكاة اغلب الأنظمة الحرارية اعتمادا على المعطيات والبيانات الواقعية الممكن إعطاؤها كبيانات

الطقس. بينت النتائج أن المساحة المثلى حرارياً للواقط الشمسية المسطحة من نوع ألماني (vitosol-100 viessmann) كانت تساوي $A_{opt} = 160 \text{ m}^2$ والتي أعطت قيمة عظمى لكل من معامل التغطية F والطاقة الإنتاجية P وهذه القيمة تمكننا من تشغيل منظومة التبريد ذات تأثير أحادي تعمل بالطاقة الشمسية بإمكانها أن تنتج قدرة تبريدية مقدارها 50 kW و بمعامل أداء 80% . تم تمثيل نتائج المحاكاة ببيانيا وبينت التنبؤ بأداء اللواقط الشمسية المسطحة صيفاً.

الرموز والمصطلحات

- A : مساحة اللواقط الشمسية [m^2]
- c_1, c_2 : معاملات الكفاءة لللاقط الشمسي من الدرجة الأولى والثانية [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$].
- c_0 : معامل الكفاءة عندما تتساوى درجة حرارة اللاقط والوسط المحيط ($c_0 \approx \tau_{cov} \cdot \alpha_{abs}$) [-].
- COP : معامل الأداء
- $\frac{F_{R'}}{F_R}$: نسبة تصحيح معامل انتقال الحرارة بسبب وجود المبادل الحراري (وجود المبادل الحراري = 1)
- f : نسبة تدوير المحلول الغني القادم إلى المولد المقابل لكل Kg من البخار المتكاثف
- G : الإشعاع الشمسي اليومي لكل وحدة مساحة من اللاقط [$\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$].
- H_T : المتوسط الشهري للإشعاع اليومي الساقط على سطح مائل [$\text{J}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$].
- I_D : المعدل الوسطي للإشعاع الشمسي اليومي على سطح اللاقط [$\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$].
- L : إجمالي حمل التسخين المطلوب خلال الشهر [J/month].
- N : عدد أيام الشهر
- Q_{SM} : مجموع كمية الحرارة الشمسية الداخلية إلى النظام شهرياً و تقدر بـ [kJ/month].
- Q_{WM} : مجموع حمل تسخين الماء الشهري و تقدر بـ [kJ/month].
- Q_{CM} : المعدل الوسطي للطاقة الناتجة من اللاقط في الشهر [$\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{month}$].
- R_b : المتوسط الشهري للإشعاع اليومي المباشر الساقط على السطح المائل إلى نظيره الساقط
- T_a : المتوسط الشهري لدرجات الحرارة الخارجي [$^{\circ}\text{C}$]، (نحصل عليه من سجلات الأرصاد الجوية)
- T_h : درجة حرارة الماء الساخن [kJ/h]
- T_{REF} : درجة الحرارة الاستنادية وتؤخذ مساوية لـ 100 [$^{\circ}\text{C}$]
- T_a : درجة حرارة الوسط المحيط باللاقط [$^{\circ}\text{C}$].
- U_L : معامل الفقد الحراري الكلي للاقط [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{C}$].
- ρ : انعكاسية الأرض (قيمتها حوالي 0.2 وتزيد إلى 0.7 إذا كان سطح الأرض مغطى بالجليد) .
- η : المعدل الوسطي لفعالية اللواقط عند تشغيلها بدرجات حرارة الماء الساخن المنزلية .
- $(\tau\alpha)_n$: حاصل ضرب نفاذية أغطية المجمع وامتصاصية اللوح الماص للأشعة الشمسية الساقطة عمودياً
- $\frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n}$: التصحيح في قيمة $(\tau\alpha)$ والناتج عن تغير زاوية ورود الأشعة الشمسية على سطح المجمع .
- α_{abs} : معامل امتصاصية السطح الماص
- τ_{cov} : معامل نفوذية الغطاء الشفاف .

المقدمة INTRODUCTION

تعتبر منظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي (Single Effect Cycle) هي المنظومة الأبسط والأكثر شيوعاً بين منظومات التبريد الأخرى في إمكانية تشغيلها بالطاقة الشمسية وينتشر في الوقت الحاضر استعمال منظومات التبريد العاملة على الأمونيا والماء أو العاملة على الماء وبروميد الليثيوم ، حيث يتم الاختيار وفق نوعية المنبع الحراري و خواص المادة الماصة ووسيط التبريد المستخدمين [1] . يتم الحصول على التبريد الإصطناعي في منظومة التبريد الامتصاصية بمساعدة الدورتين المباشرة والعكسية معاً . تعمل الدائرة على محلول متجانس مؤلف من مركبين و أحياناً ثلاثة مركبات ، يسمى أحد المركبين وسيط التبريد و المركب الآخر المادة الماصة . يجب أن تتمتع المادة الماصة بخواص رئيسية أهمها : انحلال وسيط التبريد فيها بشكل كامل وسريع ، أن تكون درجة حرارة غليانها أكبر من درجة حرارة غليان وسيط التبريد بكثير . إذا كان محتوى وسيط التبريد في المحلول عالياً يسمى محلولاً غنياً . إن أكثر منظومات التبريد الامتصاصية انتشاراً هي التي تعمل على محلول ثنائي يتألف من مادة ماصة ووسيط تبريد ، وأكثر المحاليل انتشاراً في الوقت الحاضر هي محلول الأمونيا مع الماء و كذلك محلول الماء مع بروميد الليثيوم ، حيث في حالة استعمال (أمونيا - ماء) يعد الماء مادة ماصة والأمونيا وسيط تبريد، بينما في حالة استعمال الماء مع بروميد الليثيوم يعتبر الماء وسيط تبريد و بروميد الليثيوم مادة ماصة . إذا كان وسيط التبريد قليل الانحلال في المادة الماصة فإن الدورة المباشرة تصبح صعبة التحقق ، و كذلك فإن الفرق الصغير في درجتي حرارة الغليان بين المادة الماصة و وسيط التبريد يعقد مخطط المنظومة ويؤدي إلى ضياعات إضافية في الدورة الفعلية المباشرة ، إذاً كلما زاد الفرق بين درجتي حرارة الغليان فإن التصميم يكون أسهل [2] .

اللواقط الشمسية للسطح المستوي تقسم حسب نوع المائع المستخدم فيها، فهناك لواقط السطح المستوي السائلي والغازية . وغالباً ما يستخدم الماء أو مزيج من الماء ومانع التجمد في اللواقط السائلة والهواء في اللواقط الغازية . ومن الناحية الاقتصادية يأخذ الانتقال الحراري بعين الاعتبار حيث يعتبر مزيج الماء ومانع التجمد من أفضل أنواع السوائل جميعاً ، ولكن هناك بعض العيوب مثل قابلية الماء للتجمد والتسرب والصدأ، ويمكن التغلب على مشكلة الصدأ بإضافة بعض المواد وتفريغ المجمع من الماء في حالة عدم استخدامه واستخدام المعادن المقاومة للصدأ عند التصنيع، أما في حالة استخدام لواقط السطح المستوي الغازية فلا يسبب التسرب أية مشكلة مع أنه غير مرغوب ولا تظهر مشاكل الصدأ أو التجمد ولكن المردود أقل]. يصنع السطح الماص للحرارة من لوح مستوي من مادة موصلة للحرارة توصل به الأنابيب الحاملة للسائل جيداً وقد تكون تلك الأنابيب فوق أو تحت السطح الماص وفي بعض التصميمات تكون جزءاً لا يتجزأ من السطح الماص وفي بعض التصميمات الأخرى يصنع السطح الماص من ألواح معدنية موجة حيث يسيل السائل في أخاديد التموجات ، ويستخدم الزجاج أو اللدائن الشفافة كغطاء للمجمع وقد يستخدم لوح واحد أو أكثر كغطاء تبعاً لاستخدام المجمع وموقعه [3] .

المعادلات الحاكمة لحساب معامل الأداء COP لمنظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي

لحساب معامل الأداء وللتأكد من عمل المنظومة بما يتناسب وطبيعة الغاية المطلوبة منها ولكي نرسم مخطط تغيير معامل الأداء COP تبعاً لتغير درجة الحرارة في المولد . يوضح الشكل(1) المخطط المبسط لمنظومة التبريد ذات التأثير الأحادي [2]:

يمكن أن نقيس قيم المتغيرات للنقاط الأساسية لمنظومة التبريد ذات التأثير الأحادي وهي :- نسبة تدوير المحلول f , كمية الحرارة المطروحة في المبادل الحراري q , حالة المحلول الغني بعد المبادل الحراري h₃ , كمية الحرارة المقدمة في المولد q_{gen} , كمية الحرارة المطروحة في المكثف q_c , الإنتاجية التبريدية q_e , كمية الحرارة المطروحة في وعاء الامتصاص q_a , وكذلك يمكن إجراء الموازنة الحرارية للمنظومة وكما في المعادلات الرياضية التالية [2] :-

$$f = x_4 / (x_4 - x_1) \quad \dots (1)$$

$$q = (f-1).(h_4-h_5) \quad \dots(2)$$

$$h_3 = h_2 + q/f \quad \dots (3)$$

$$q_{gen} = h_7 + (f-1). h_4 - f . h_3 \quad \dots(4)$$

$$q_c = h_7 - h_8 \quad \dots(5)$$

$$q_e = h_{10} - h_9 \quad \dots(6)$$

$$q_a = h_{10} - h_5 + f.(h_5 - h_1) \quad \dots(7)$$

$$\Sigma q = q_{gen} + q_e \quad \dots(8)$$

$$\Sigma q = q_c + q_a \quad \dots(9)$$

$$COP = \frac{q_e}{q_{gen}} \quad \dots(10)$$

تم الحل بواسطة استخدام برنامج (Engineering equation solver) حيث أنه وبعد كتابة معادلات ميزان الطاقة والكتلة للمنظومة بمساعدة هذا البرنامج , يمكن إعطاء أمر Solve ليتم حل هذه المعادلات وذلك بعد إدخال مجموعة من المتغيرات كعناصر إدخال عندها يعطي البرنامج قيم درجات الحرارة والضغوط والانتالي والانتروبي والقدرة الحرارية ومعامل الأداء للمنظومة كعناصر إخراج . ويتم دراسة أداء المنظومة من خلال تغيير قيم عناصر الإدخال ، كأن نغير مثلاً درجة حرارة التكاثر، وبعد الحل يمكن ملاحظة التغير الحاصل في باقي القيم , ويمكن بعد ذلك من خلال هذا البرنامج رسم منحنيات

بيانية تصف هذا التأثير ، على فرض أن درجة حرارة مياه التبريد الخارجة من برج التبريد والداخلية إلى المكثف أعلى من درجة الحرارة الرطبة بـ 4.5 درجة أي مساوية $26 \approx 21.6 + 4.5$ °C ، وبفرض ارتفاع درجة حرارة مياه التبريد في المكثف 5 درجات ، تكون درجة حرارة الخروج من المكثف 31C ، وبالتالي تكون درجة حرارة تكاثف وسيط التبريد $T_k = 31 + \Delta T = 31 + 5 = 36$ °C ، درجة حرارة تبخر 5 °C .

طريقة تحديد مجال درجة الحرارة (T_g) في المولد على مخطط درجة الحرارة-الضغط-التركيز (P-T-X) :
لرسم مخطط تغير معامل الأداء تبعاً لدرجة الحرارة في المولد في المنظومة ذات التأثير الأحادي عند درجة تكاثف 36 °C ودرجة تبخر 5 °C يلزم أولاً تحديد مجال درجة الحرارة في المولد T_g . إن أصغر قيمة لـ T_g هي درجة حرارة الغليان في المولد T_b ، وأكبر قيمة T_{max} هي الدرجة التي تؤدي إلى تبلور محلول بروميد الليثيوم والماء عند مدخل وعاء الامتصاص .

ويتم تحديد T_b ، T_{max} بمساعدة مخطط (P-T-X) (الضغط-درجة الحرارة-التركيز) الموضح في الشكل (٥) وذلك كما يلي : نحدد على محور درجة الحرارة الأفقي خطاً عمودياً يمثل درجة حرارة التبخر $T_o = 5$ C فينقطع مع خط الماء النقي (pure water) في النقطة 10 التي تمثل درجة حرارة خروج وسيط التبريد (الماء) من المبخر وبالتالي تتحدد قيمة الضغط في المبخر P_o .

وبنفس الطريقة نحدد خطاً عمودياً يمثل درجة حرارة التكاثف $T_k = 36$ °C يتقاطع مع خط الماء النقي في النقطة 8 التي تمثل درجة حرارة خروج وسيط التبريد من المكثف، وبواسطتها تتحدد قيمة الضغط في المكثف P_k . وباعتبار درجة حرارة خروج المحلول من وعاء الامتصاص مساوية لدرجة حرارة تكاثف وسيط التبريد تتحدد النقطة 1 من تقاطع خط درجة الحرارة T_k مع الضغط P_o .

وبرسم خط تركيز ثابت من النقطة 1 باتجاه الضغط P_k نحصل على نقطة تمثل حالة بدء الغليان في المولد ومنها تتحدد الدرجة $T_b = 71$ °C ولتحديد درجة الحرارة العظمى المسموح بها في المولد ، ننتقل من أخطر موقع للنقطة 6 على خط الضغط P_o ومن ثم نرسم خط تركيز ثابت من النقطة 6 باتجاه الضغط P_k فتتحدد النقطة 4 التي تحدد درجة الحرارة العظمى المسموح بها في المولد ونحصل على 82 °C $71 < T_g <$

اختيار نوعية اللواقط الشمسية وتحديد مساحتها:-

توجد ثلاثة أنواع من اللواقط الشمسية (١) اللواقط المسطحة وهي سهلة التصنيع ومنخفضة السعر بالمقارنة مع اللواقط الأخرى والأكثر شيوعاً ، (٢) المفرغة من الهواء فهي تتميز بان كفاءة الأنابيب الغازي المفرغ أعلى بكثير عن غيره من الأنابيب خلال يوم شمسي كامل في المنظومات المغلقة ، (٣) اللواقط المركزة فهي تتناسب مع التطبيقات التي تحتاج إلى طاقة عند درجات حرارة مرتفعة ويمكن الحصول على ذلك بوضع بعض الأجهزة البصرية من عدسات أو مرايا بين مصدر الطاقة والمستقبل وذلك لزيادة تركيز الأشعة الساقطة على المجموع . تم في بحثنا هذا استخدام اللواقط الشمسية المسطحة لتجميع الطاقة الشمسية المتوفرة في بلادنا على طول أشهر السنة لاستخدامها في توفير الحرارة اللازمة لتشغيل منظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي لأنها تتطلب درجات حرارة منخفضة أقل من (100 °C) وتتميز لواقط السطح المستوي بقلّة التكلفة وبساطة التركيب وكما موضح في الشكل رقم (٢) . تم اختيار الظروف المناخية لمدينة اربيل

وذلك لان المنطقة الشمالية تتميز بأنها اقل مناطق العراق من ناحية الغبار الذي يؤثر سلبا على أداء وعمل اللواقط الشمسية . في المناطق المدارية والباردة قد يستخدم غطائين أو ثلاثة لتقليل الفقد الحراري، ويراعى أن يكون الغطاء العلوي مقوماً للصدمات ويتحمل سقوط الأمطار والتلوج والغبار والرمل عليه، وفي كل الحالات يجب أن تكون الأغشية من مواد شفافة ذات نفاذية عالية للإشعاع الشمسي ومن المفضل أن تكون ذات انبعاثية قليلة للإشعاع الحراري أي أسطح انتقائية، ويجب أيضاً استخدام مواد عازلة للحرارة أسفل وحول جوانب المجمع وذلك لتقليل الفقد الحراري من هذه الأماكن . يبين الشكل (٣) دائرة اللواقط الشمسية المطلوبة لتشغيل دائرة التبريد الامتصاصية حيث يقاد الماء الساخن الخارج من الخزان الحراري إلى المولد ليقوم بتبخير وسيط التبريد [3].

يمكن تحديد مساحة اللواقط الشمسية استناداً إلى استطاعة المولد ودرجة الحرارة المطلوبة فيه ويتم اختيار نوعية اللاقط وسعة الخزان الحراري [4] :-

$$A = P / G \quad \eta \quad \dots(11)$$

$$SHFDHW = \frac{Q_{SM}}{Q_{WM}} \quad \dots(12)$$

$$A = \frac{Q_{SM}}{Q_{cM}} \quad \dots (13)$$

$$\dots (14) \quad Q_{CM} = \eta . P . I_D . N$$

حساب المساحة المثلى حرارياً للواقط الشمسية المسطحة باستخدام طريقة مخطط (F- CHART) :-

تعتبر هذه الطريقة من أفضل الطرق لحساب مساحة المجمعات الشمسية ، حيث تستخدم لتصميم أنظمة تسخين الماء بالطاقة الشمسية باستخدام المجمعات المستوية مع جريان قسري . يمثل مخطط F العلاقة بين ثلاث كميات لا بعدية : X : وتعبّر عن نسبة الطاقة المفقودة من المجمع عند درجة الحرارة الاستنادية الى حمل التسخين ، Y : نسبة الطاقة الشمسية الممتصة إلى حمل التسخين ، F : نسبة الحمل الحراري الذي تغطيه الطاقة الشمسية . إن قيمة X تعتمد على مدى كفاءة تصميم المجمع، أما قيمة Y فتعتمد على موقع استخدام المجمع ومقدار الطاقة الشمسية الواردة إليه ، ويبين الشكل رقم (٤) مخطط F والذي استنبط من عدد كبير من تجارب المحاكاة العددية لنظم مماثلة . يستخدم المخطط في الشكل رقم (٥) تحديد قيمة F بعد معرفة قيمتي X ، Y أي تحديد نسبة الحمل الحراري الذي تتحملة الطاقة الشمسية لكل شهر من أشهر العمل ، وبالتالي يمكن تحديد النسبة السنوية التي تتحملها الطاقة الشمسية من الحمل الحراري المطلوب ويمكن حساب قيمة كل من X ، Y ، F رياضياً من العلاقات الرياضية التالية [4,5] :-

$$X = F_R . U_L . \left(\frac{F_{R'}}{F_R} \right) . (\overline{T_{REF}} - \overline{T_a}) . \Delta t . \frac{A}{L} \quad \dots (15)$$

$$\dots (16) Y = F_R(\tau\alpha)_n \left(\frac{F_{R'}}{F_R} \right) \cdot \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} \cdot \overline{H_T} \cdot N \cdot \frac{A}{L}$$

$$F = 1.029.Y - 0.065.X - 0.245.Y^2 + 0.0018.X^2 + 0.0215.Y^3 \dots (17)$$

$$0 \leq X \leq 18$$

$$0 < Y < 3$$

يتم الحصول على قيم كل من $F_R \cdot U$ ، $F_R(\tau\alpha)_n$ من نتائج اختبار اللاقط ، كما يحسب المتوسط الشهري للإشعاع اليومي الساقط على سطح مائل بالعلاقة :-

$$\dots (18) R = \left(1 - \frac{H_d}{H} \right) R_b + \frac{H_d}{H} \left(\frac{1 + \text{Cos}S}{2} \right) + \rho \left(\frac{1 - \text{Cos}S}{2} \right)$$

إن الحد الأول من المعادلة ينتج من الإشعاع المباشر والثاني من الإشعاع المنتشر والثالث من الإشعاع المنعكس عن الأرض .

يمكن حساب نسبة الإشعاع المنتشر إلى الإشعاع الكلي $\frac{H_d}{H}$ عند موضع ما بمعرفة K_T

$$\dots (19) \frac{H_d}{H} = 1.39 - 4.03K_T + 5.53K_T^2 - 3.11K_T^3$$

أولاً- تحديد المساحة المثلى حرارياً للواظ الشمسية :

يتم حساب قيمة F_i لمساحات مختلفة، ويمكن إيجاد قيمة F التي تمثل تغطية الحمل وذلك عند كل قيمة مفترضة للمساحة A من خلال العلاقات التالية [9] :-

$$\dots (20) F = \frac{\sum(Li \times Fi)}{\sum Li}$$

$$\dots (21) P = \frac{\sum(Li \times Fi)}{A}$$

يتبع كل من معامل التغطية F و الطاقة الإنتاجية P لمساحة اللاقط ، حيث أن معامل التغطية يتزايد مع تزايد مساحة اللواقط إلى أن يصل قيمته العظمى $F=I$ عندما $A=A_{max}$ ، مما يدل على أن كل زيادة على هذه المساحة خسارة حتمية من الناحية الحرارية . وكي يكون النظام فعالا من الناحية الحرارية لا بد من تحقيق الشرطين التاليين : ١- معامل تغطية مرتفع ، ٢- طاقة إنتاجية مرتفعة و تكون المساحة المحققة لهذين الشرطين ($A_{Optimal}$) موافقة للقيمة العظمى :

$$(F \times P)_{\max} \equiv A_{Optimal} \quad \dots (22)$$

ثانياً- حساب أهم المتغيرات المؤثرة على أداء دائرة اللواقط الشمسية

أ- حساب معدل المتوسط الشهري للإشعاع اليومي المباشر R_b :

للحصول على تجميع أعظمي للاقط الشمسي المسطح يتم ميلانه بزواياة مثلى على سطح الأرض مساوية زاوية خط العرض [6] . ومن أجل الأداء على مدار السنة حيث الطلب على الطاقة شتاءً أكبر منه صيفاً فان زاوية الميل المثلى تكون أكبر بمعدل (10 - 20) درجة من زاوية خط العرض . ولذلك نختار زاوية ميل المجمعات $S = 48.3$ ، أي أكبر من زاوية خط العرض بـ 15 درجة .

يتم حساب R_b بالطرق البيانية و ذلك باستعمال مخططات خاصة للعلاقة بين زاوية خط العرض φ و المعامل $\overline{R_b}$ و ذلك عند فرق محدد لـ $(\varphi - S)$ كما في الشكل (٦) .

ب - حساب المتوسط الشهري لقيمة $(\tau\alpha)$:

لإيجاد قيمة المتوسط الشهري $(\tau\alpha)$ نستخدم العلاقة التالية [6,7] :

$$\dots (23) \quad \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} = \left(1 - \frac{Hd}{H}\right) \cdot \frac{R_b}{R} \cdot \frac{(\tau\alpha)_b}{(\tau\alpha)_n} + \frac{Hd}{H} \cdot \frac{1}{R} \cdot \left(\frac{1 + \cos B}{2}\right) \cdot \frac{(\tau\alpha)_d}{(\tau\alpha)_n} + \rho \cdot \frac{1}{R} \cdot \left(\frac{1 - \cos B}{2}\right) \cdot \frac{(\tau\alpha)_r}{(\tau\alpha)_n}$$

عند قياس أداء المجمعات المستوية يتم تعريضها لأشعة عمودية على سطحها تقريباً وذلك عند الظهر . يمكن إيجاد النسبة $\frac{\tau}{\tau_n}$ بدلالة زاوية السقوط على المجمع θ وهي الزاوية بين الإشعاع الساقط والإشعاع العمودي كما يمكن إيجاد قيمة النسبة $\frac{\alpha}{\alpha_n}$ بدلالة زاوية السقوط على المجمع من العلاقة بين $\frac{\alpha}{\alpha_n}$

وزاوية سقوط الأشعة للوح أسود لا اصطفاي و يلزم معرفة المتوسط الشهري لزاوية سقوط الأشعة على سطح المجمع حيث نجد قيمة θ_b (زاوية سقوط الإشعاع المباشر) من المخطط في الشكل (٧) ، أما زاويتي الإشعاع المنعكس والمنتشر فيمكن اعتبارهما مساويتين لـ 60° .

ج- حساب المتوسط الشهري للحمل الحراري اللازم لتسخين المياه اللازمة لعمل المنظومة . نحسب الحمل التبريدي لأشهر حزيران وتموز وآب وأيلول ونحدد الحمل التبريدي التصميمي Q_L ثم نحسب

الاستطاعة التبريدية للمبخر Q_e ، ثم نقوم بحسابات الدائرة الامتصاصية ومن ضمنها الاستطاعة الحرارية للمولد Q_g (والتي يتوجب تأمينها من اللواقط الشمسية) ونعتمد قيمة η لحساب قيمة Q_g لكل ساعة تصميمية لأشهر حزيران وتموز وآب وأيلول استناداً للعلاقة الرياضية التالية [8 , 1] :

$$\dots (24) Q_g = \frac{Q_L}{\eta}$$

ولحساب حمل التسخين الشهري $\left[\frac{MJ}{month} \right]$ نستخدم العلاقة التالية : (عدد ساعات التشغيل اليومية [8])
 $N * 3.6$ (الحمل الوسطي للمولد $[kW]$) ، L_{month} ، من أجل استطاعة تبريدية $Q_e = 50 [kW]$ ،
 $COP = 0.8$ تكون الاستطاعة المطلوبة في المولد :

د - حساب قيم $F_R \cdot U$ ، $F_R(\tau\alpha)_n$:

من منحنى كفاءة اللاقط المستخدم (لاقط مسطح ألماني نوع vitosol 100 viessmann) ومن منحنى الأداء عند شدة إشعاع شمسي W/m^2 ، $G=800$ ، $F_R \cdot U = 3.94 [W / m^2 . C^\circ]$ ،
 $\eta = F_R(\tau\alpha)_n = 0.791$

المحاكاة باستخدام برنامج الـ TRNSYS :

إن محاكاة عمل منظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي والعاملة على بروميد الليثيوم والماء اكتسبت أهمية قصوى كون عملية المحاكاة أثبتت إنها من الأمور الأساسية التي يمكن الاعتماد عليها في الوقت الحالي حيث تكمن أهميتها في توفير الوقت الذي تستهلكه التجارب العملية وتوفير الأموال المصروفة على هذه التجارب وإمكانية اعتمادها على تغيرات الطقس اللاخطية بالإضافة لذلك فهي تعطي نتائج لتغيرات زمنية طويلة وقصيرة ومن أشهر البرامج المستخدمة وأكثرها وثوقية في المحاكاة هو برنامج الـ TRNSYS .

TRNSYS هو عبارة عن برنامج تم استخدامه في حل المعادلات الجبرية والتفاضلية الحاكمة في هذا البحث لامتلاكه على مكونات أنظمة الطاقة الشائعة الاستخدام كما انه مكننا من كتابة المكونات التي تم استخدامها بواسطة لغة البرمجة Fortran ، بالإضافة لذلك له قابلية القيام بمحاكاة معظم الأنظمة الحرارية بشكل قريب جداً من الواقع وذلك بسبب المعطيات والبيانات الواقعية الممكن إعطاؤها للمكونات كبيانات الطقس لمدينة اربيل بعد أن تم تحديد المساحة المثلى حرارياً للواقط الشمسية المسطحة اللازمة لتشغيل دائرة تبريد امتصاصية عاملة على بروميد الليثيوم والماء ذات تأثير أحادي هي $A=160 m^2$ ومن أجل تحقيق استطاعة تبريدية $Q_e=50 kW$ ، واستطاعة مصروفة في المولد $Q_{gen}=62.5 kW$ ، و معامل أداء $COP = 0.8$ وان مواصفات اللاقط الشمسي المستخدم من نوع ألماني (vitosol-100 viessmann) منحنى ذي كفاءة تربيعية يمكن وصفها بالعلاقة الرياضية التالية [10,11,12] :

واستناداً إلى بيانات اللاقط المستخدم فإن قيم المعاملات لللاقط الشمسي المستخدم هي :-

$$C_0 = 0.8 ; C_1 = 13kJ / h.m^2.k ; C_2 = 0.05kJ / h.m^2.k^2$$

حيث تم إدخال هذه القيم كبيانات ادخال في برنامج الـ TRNSYS .

$$\dots (25) \eta_{coll} = c_0 - c_1 \cdot \frac{\bar{T}_{abs} - T_{amb}}{I_g} - c_2 \frac{(\bar{T}_{abs} - T_{amb})^2}{I_g}$$

النتائج والمناقشة (Results and Discussion)

جداول رقم (٥،٤،٣،٢،١) تبين نتائج حساب المتغيرات الرئيسية المهمة لكل من معامل التغطية F والطاقة الإنتاجية P لمساحة اللاقط عند تغير مساحة اللواقط الشمسية المسطحة لأشهر الصيف الأربعة وذلك لاختيار المساحة الأمثل حرارياً . جدول رقم (٦) يلخص نتائج حساب المتوسط الشهري للإشعاع اليومي الساقط على سطح مائل H_T للأشهر الأربعة . جدول رقم (٧) يوضح نتائج الحمل الوسطي للمولد [kW] $L_{month} =$ (لأشهر الصيف الأربعة وهو يبين إن أعلى حمل وسطي هو لشهري تموز وآب بينما جدول رقم (٨) يلخص نتائج حساب المتوسط الشهري لنفاذية أعطية المجمع وامتصاصية اللوح الماص للأشعة الشمسية الساقطة عمودياً على سطح المجمع $(\tau\alpha)$ للأشهر الأربعة .

الشكل (٨) يوضح تغير معامل الأداء ومعامل تدوير المحلول تبعاً لتغير درجة الحرارة وقد وجدنا تزايداً سريعاً لمعامل الأداء في البداية مع تزايد T_g ويفسر ذلك بالتناقص الكبير في قيمة معامل التدوير f ، وبعد ذلك يصبح تزايد COP بطيئاً جداً حيث تتراوح قيمة معامل الأداء $COP=(0.30 \div 0.81)$ عند درجة حرارة في المولد $T_g=(71 \div 82)^\circ C$ ، ولكن تقترب قيمة COP من 0.80 ابتداءً من $T_g=76^\circ C$.

الشكل (٩) يوضح تأثير تغير معامل الأداء COP مع تغير درجة حرارة التكاثر T_k عند درجات حرارة مختلفة في المولد T_g . حيث يوضح تأثير تغير درجة التكاثر (نتيجة لتغير ظروف الوسط المحيط) على أداء المنظومة وإلى أي حد يُسمح بتغير درجة التكاثر فيها سواءً بالزيادة أو بالنقصان دون الوصول إلى حادثة التبلور عند مدخل وعاء الامتصاص حتى يمكن التغلب على مشكلة تبلور المحلول .

إن المفهوم الفيزيائي أو التقني لاختيار المساحة المثلى حرارياً للواقط الشمسية المسطحة تقتضي أن يكون F.P أعظماً عند المساحة المعينة و هذا يعني أن تحقيق الأداء الحراري الأمثل لنظام تسخين المياه الشمسي المصمم لدينا عند المساحة المدروسة يتحقق عندما يكون F.P وكفاءات العناصر المكونة للنظام أعظماً عند المساحة المدروسة كما هو موضح في شكل رقم (١١) الذي يوضح العلاقة بين تغير مساحة اللواقط الشمسية المسطحة مع F*P وقد نتج عن هذا التغير إن أحسن وأفضل مساحة هي $(A=160 m^2)$ لأنها أعطت أعظم F*P كافية لتشغيل منظومة تبريد امتصاصية ذات تأثير أحادي تعمل بالطاقة الشمسية. بعد أن تم إدخال القيم كبيانات إدخال في برنامج الـ TRNSYS ومساحة اللواقط الشمسية المسطحة المستخدمة $(A=160m^2)$ ، وكذلك تم إدخال بيانات الطقس لمدينة اربيل . ومن ثم حصلنا بعد إتمام عملية ربط مكونات دائرة اللواقط في برنامج الـ TRNSYS على مخطط يعطي تغيرات درجة حرارة الماء الساخن الخارج من الخزان الحراري في دائرة اللواقط الشمسية والذاهب إلى المولد T_n خلال أشهر الصيف وكذلك تغيرات استطاعة المسخن المساعد الذي يزود به الخزان الحراري Q_{aux} لتغطية فترات ضعف أو غياب الإشعاع الشمسي .

إن نتائج محاكاة عمل اللواقط الشمسية لتشغيل منظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي باستخدام برنامج TRNSYS يمكن ملاحظتها في الإشكال رقم (١٣،١٢،١١) والتي كما نلاحظ من

المخططات أن هناك فترات لا تستطيع اللواقط الشمسية عندها تأمين درجة الحرارة المطلوبة في المولد ، فيتم الاستعانة بمسخنات مساعدة باستطاعة معينة نستنتجها من المخطط في اللحظة الزمنية المطلوبة .

الاستنتاجات (Conclusions)

إن خلاصة استنتاجنا من هذا البحث يمكن تلخيصها كما يلي :-

١. تحديد المساحة المثلى للواقط الشمسية من العوامل المهمة جدا لأنها هي التي تحدد قيمة معامل التغطية F وقيمة الطاقة الإنتاجية P وفي هذا البحث تم تحديد المساحة المثلى للواقط الشمسية المسطحة من نوع ألماني (vitosol-100 viessmann) وكانت تساوي $A_{opt} = 160 \text{ m}^2$ لأنها توافق قيمة عظمى $F \cdot P$ حيث تم تشغيل دائرة تبريد امتصاصية ذات تأثير أحادي تعمل على بروميد الليثيوم والماء باستطاعة تبريدية 50 kW ومعامل أداء 0.8 .

٢. يمكن التنبؤ بأداء دائرة اللواقط الشمسية خلال فترة العمل من خلال معرفة تغيرات درجة حرارة الماء الساخن القادم إلى المولد (درجة الحرارة المغذية للمولد)، الأمر الذي يعطينا فكرة واضحة عن قيمة معامل الأداء لدائرة التبريد الامتصاصية في أي لحظة زمنية .

٣. لاحظنا من المخططات أن هناك فترات زمنية لا تستطيع اللواقط الشمسية عندها تأمين درجة الحرارة المطلوبة في المولد فيتم الاستعانة بمسخنات مساعدة باستطاعة معينة نستنتجها من المخطط في اللحظة الزمنية المطلوبة.

٤. نظام محاكاة الأنظمة الحرارية قريب جداً من الواقع من خلال استخدام برنامج TRNSYS وذلك بسبب المعطيات والبيانات الواقعية الممكن إعطاؤها للمكونات كبيانات الطقس ..

٥. استخدام بروميد الليثيوم مع الماء كوسيط تشغيل لمنظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي هو أكثر ملائمة للعمل في ظروف موقع مدينة اربيل لأغراض التكييف، خصوصاً إمكانية التشغيل بالمجمعات الشمسية المسطحة، بالإضافة لمعامل الأمان.

جدول رقم (١) نتائج حساب معامل التغطية F و الطاقة الإنتاجية P عندما تكون مساحة اللواقط الشمسية ($A=140 \text{ m}^2$) .

$F \cdot P$	P	F	أيلول	آب	تموز	حزيران	$A=140 \text{ m}^2$
1007.267	1256.968	0.801346	1.939373	1.868203	1.860578	1.913955	X
			1.112756	1.239773	1.233005	1.260476	Y
			0.748993	0.817048	0.814269	0.82412	Fi
			54000	55800	55800	54000	L

جدول رقم (٢) نتائج حساب معامل التغطية F و الطاقة الإنتاجية P عندما تكون مساحة اللواقط الشمسية ($A=150 \text{ m}^2$) .

$F*P$	P	F	أيلول	آب	تموز	حزيران	$A=150 \text{ m}^2$
1018.05 3	1220.83 1	0.83390 1	2.07789 9	2.00164 6	1.99347 6	2.05066 6	X
			1.19223 9	1.32832 8	1.32107 7	1.35051	Y
			0.78183 2	0.84959 9	0.84690 3	0.85631 4	Fi
			54000	55800	55800	54000	L

جدول رقم (٣) نتائج حساب معامل التغطية F والطاقة الإنتاجية P عندما تكون مساحة اللواقط الشمسية ($A=160. \text{ m}^2$)

$F*P$	P	F	أيلول	آب	تموز	حزيران	$A=160 \text{ m}^2$
1022.587	1184.694	0.863165	2.216426	2.135089	2.126375	2.187377	X
			1.271721	1.416884	1.409149	1.440544	Y
			0.811915	0.878708	0.876134	0.884953	Fi
			54000	55800	55800	54000	L

جدول رقم (٤) نتائج حساب معامل التغطية F والطاقة الإنتاجية P عندما تكون مساحة اللواقط الشمسية ($A=170 \text{ m}^2$)

$F*P$	P	F	أيلول	آب	تموز	حزيران	$A=170 \text{ m}^2$
1021.226	1148.557	0.889138	2.354952	2.268532	2.259273	2.324088	X
			1.351204	1.505439	1.497221	1.530578	Y
			0.839244	0.904377	0.901962	0.910035	Fi
			54000	55800	55800	54000	L

جدول رقم (٥) نتائج حساب معامل التغطية F والطاقة الإنتاجية P عندما تكون مساحة اللواقط الشمسية ($A=180 \text{ m}^2$)

$F*P$	P	F	أيلول	آب	تموز	حزيران	$A=180 \text{ m}^2$
1014.327	1112.42	0.91182	2.493479	2.401975	2.392171	2.460799	X
			1.430686	1.593994	1.585293	1.620612	Y
			0.863818	0.926604	0.924386	0.931561	Fi
			54000	55800	55800	54000	L

جدول رقم (٦) نتائج حساب المتوسط الشهري للإشعاع اليومي الساقط على سطح مائل H_T للأشهر الأربعة.

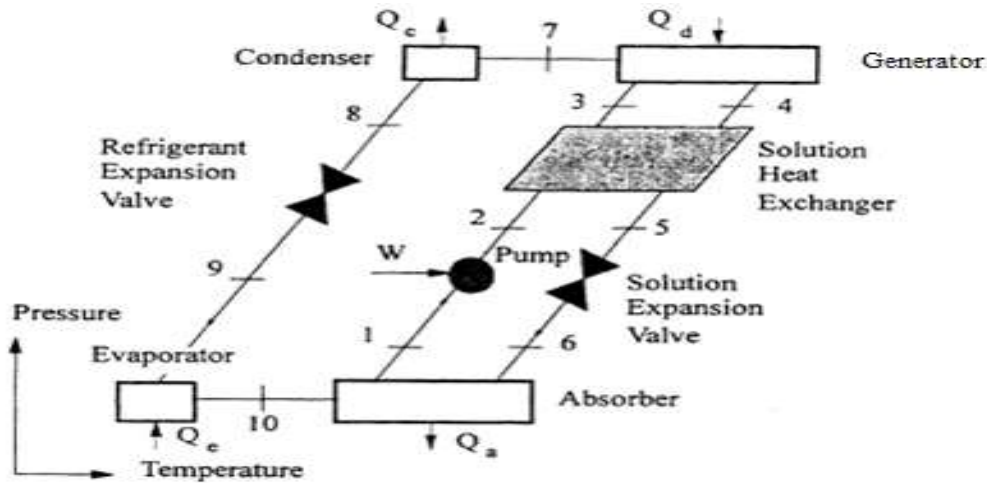
H_T [MJ / m ² .day]	R	R_b	$\frac{H_d}{H}$	H_d [MJ / m ² .day]	H [MJ / m ² .day]	T_a [C°]	
23.92	0.84	0.80	0.229	6.52	28.48	24.7	حزيران
23.40	0.84	0.80	0.226	6.30	27.86	26.8	تموز
23.48	0.94	0.93	0.236	5.90	24.98	26.5	آب
22.41	1.09	1.13	0.257	5.29	20.56	23.7	أيلول

جدول رقم (٧) نتائج حساب متوسط الحمل الحراري الشهري L_{month} لأشهر الصيف الأربعة.

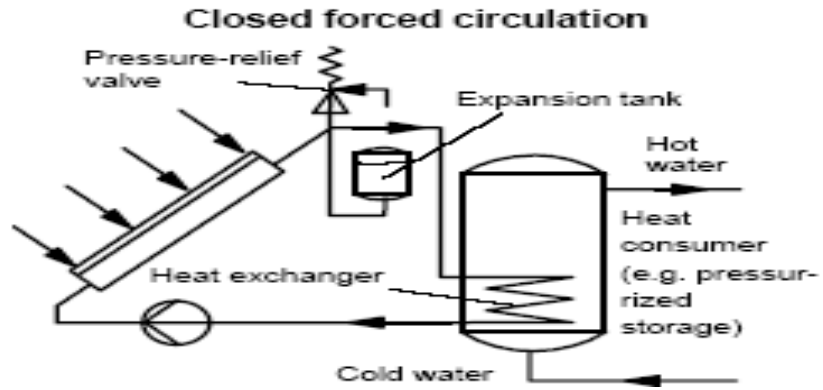
$\left[\frac{MJ}{month}\right] L_{month}$	
54000	حزيران
55800	تموز
55800	آب
54000	أيلول

جدول رقم (٨) نتائج حساب المتوسط الشهري لنفاذية أغطية المجمع وامتصاصية اللوح الماص للأشعة الشمسية الساقطة عمودياً على سطح المجمع $(\tau\alpha)$.

أيلول	آب	تموز	حزيران	
41	46.5	51.5	53	θ_b
67	67	67	67	θ_r
57	57	57	57	θ_d
0.98	0.97	0.94	0.92	$\left(\frac{\tau}{\tau_n}\right)_b$
0.77	0.77	0.77	0.77	$\left(\frac{\tau}{\tau_n}\right)_r$
0.9	0.9	0.9	0.9	$\left(\frac{\tau}{\tau_n}\right)_d$
0.99	0.98	0.97	0.96	$\left(\frac{\alpha}{\alpha_n}\right)_b$
0.86	0.86	0.86	0.86	$\left(\frac{\alpha}{\alpha_n}\right)_r$
0.93	0.93	0.93	0.93	$\left(\frac{\alpha}{\alpha_n}\right)_d$
0.932	0.917	0.886	0.865	$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$



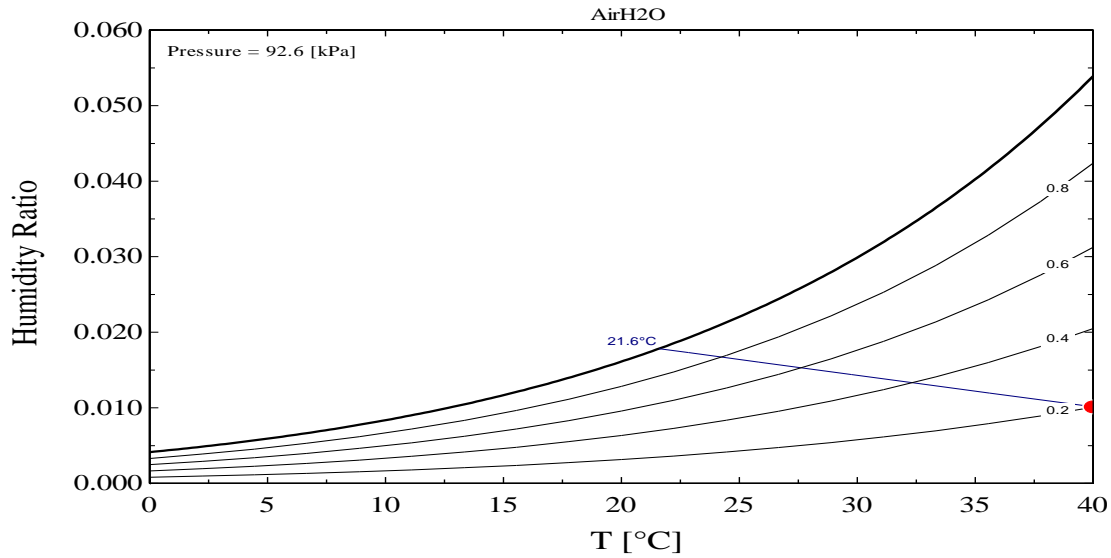
الشكل (١) المخطط المبسط لمنظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي [2].



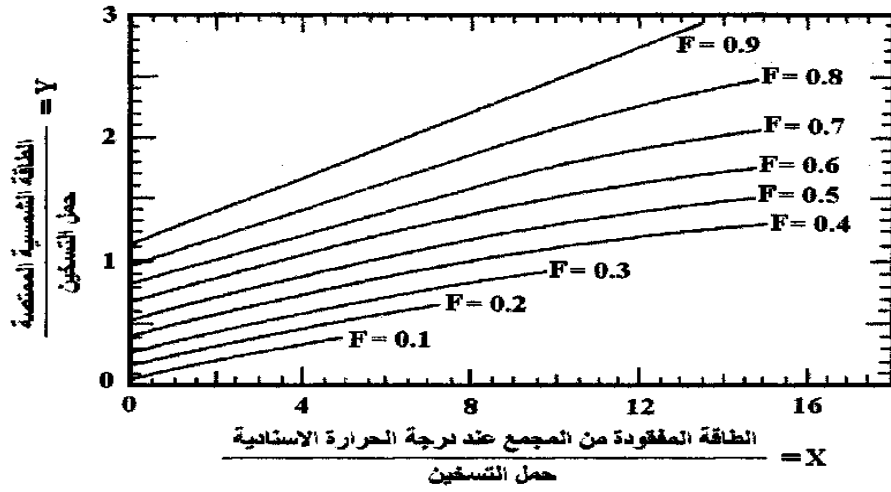
الشكل (٢) دائرة اللواقط الشمسية المطلوبة لتشغيل منظومة تبريد امتصاصية [1].



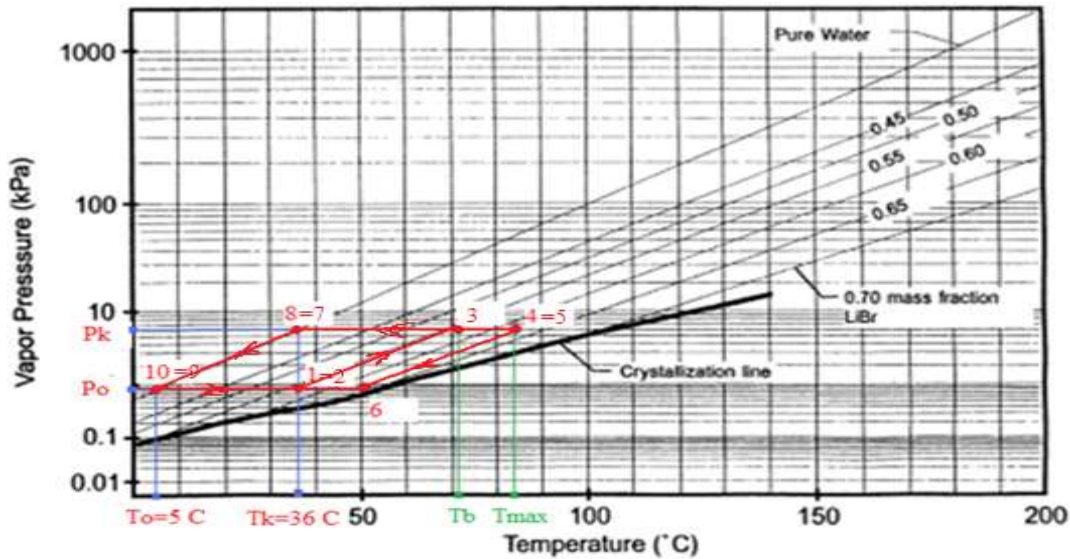
الشكل (٣) صورة المجمع الشمسي المسطح [1].



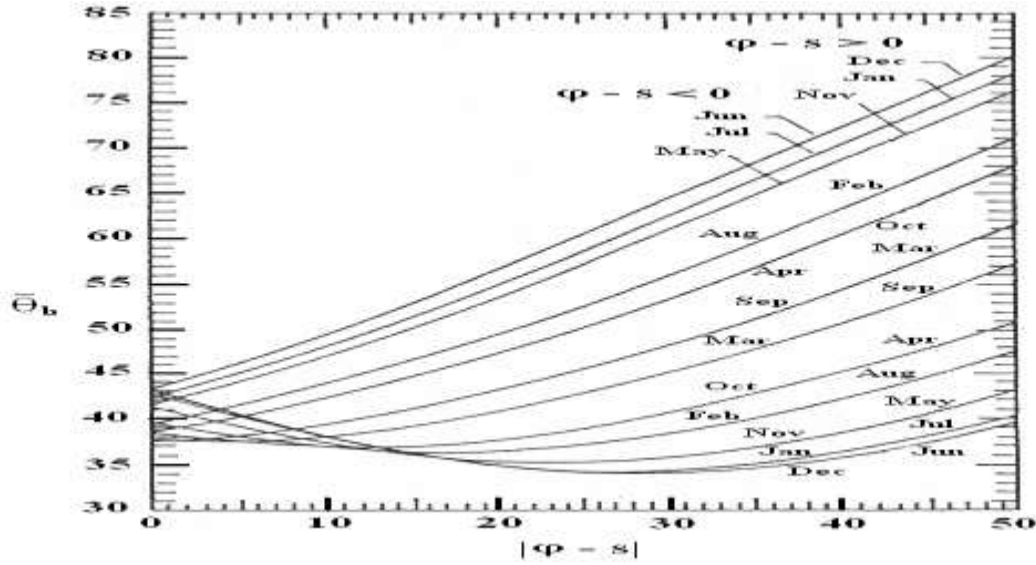
الشكل (٤) المخطط السايكومترى للهواء في الظروف المناخية لمدينة اربيل.



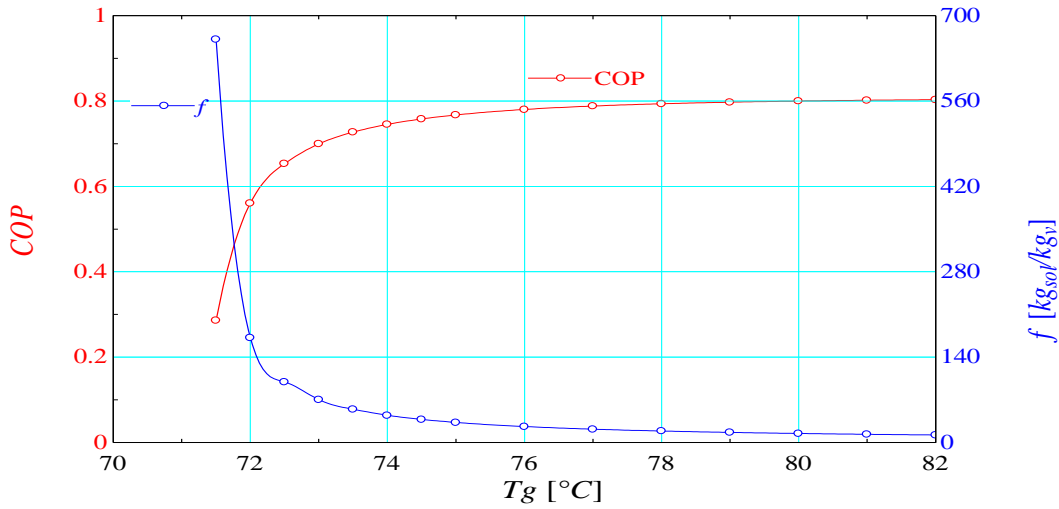
الشكل (٥) مخطط F-chart لأنظمة تستخدم وسائط تخزين ونقل حراري [5].



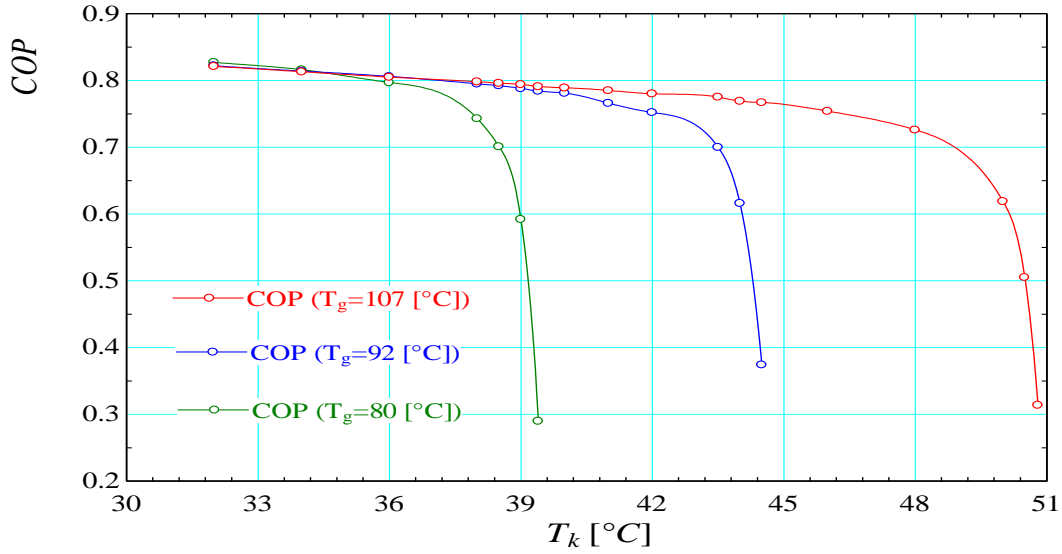
الشكل (٦) تحديد مجال درجة حرارة مولد منظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي على مخطط P-T-X.



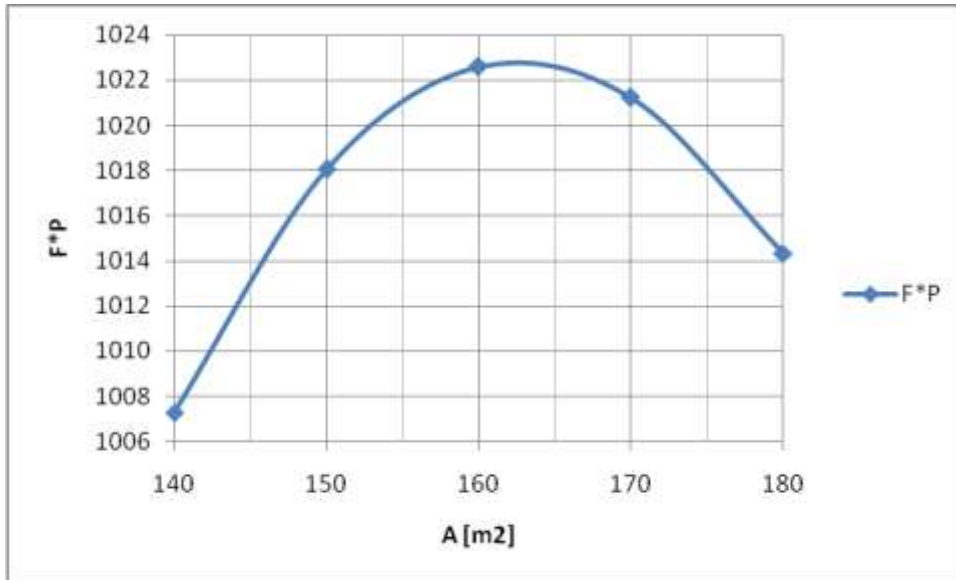
الشكل (٧) المتوسط الشهري لزاوية سقوط الإشعاع المباشر على سطح المجمع (θ_b) بدلالة الفرق ($\phi - S$).



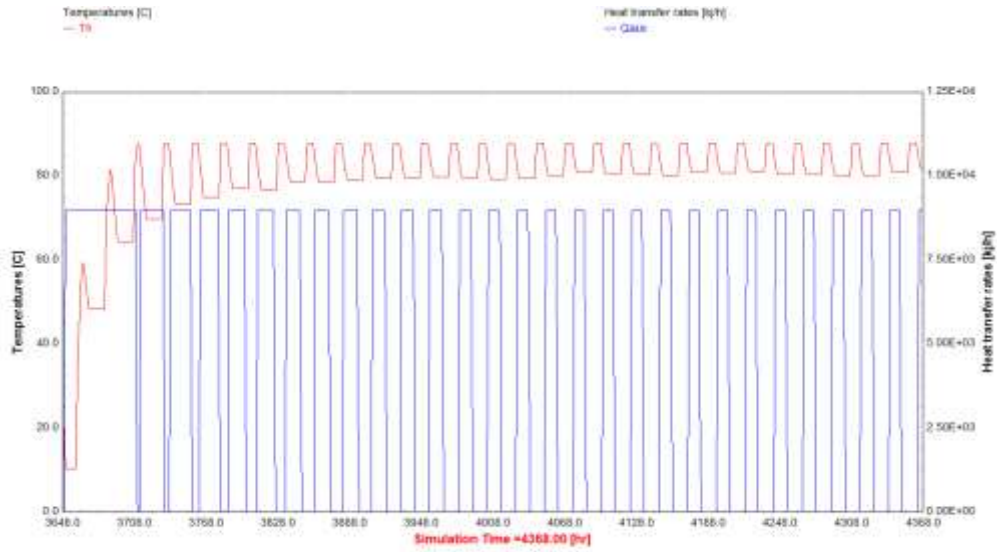
الشكل (٨) تغير معامل الأداء COP ومعامل التدوير f مع درجة الحرارة في المولد T_g لمنظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي.



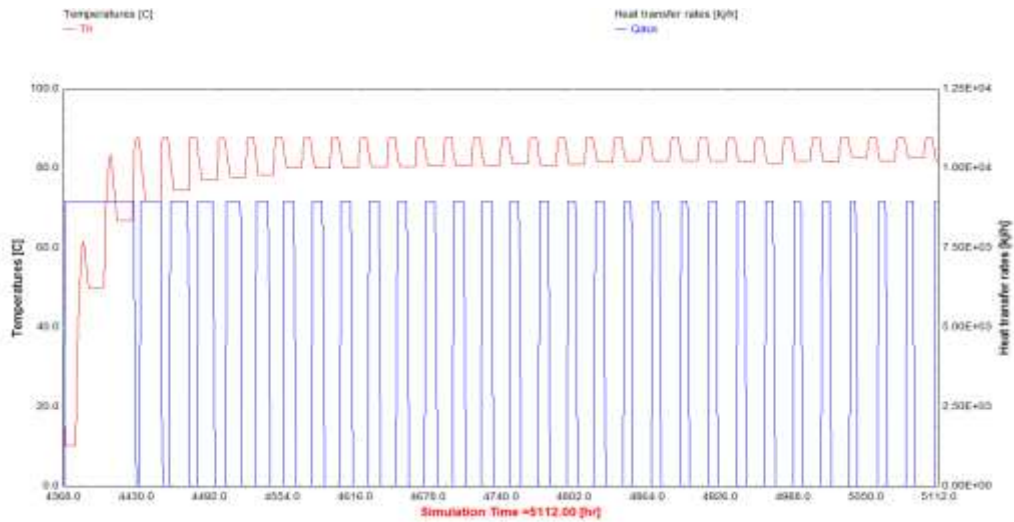
الشكل (٩) تغير معامل الأداء COP مع درجة حرارة التكاثف T_k عند درجات حرارة مختلفة في المولد T_g لمنظومة التبريد الامتصاصية ذات التأثير الأحادي.



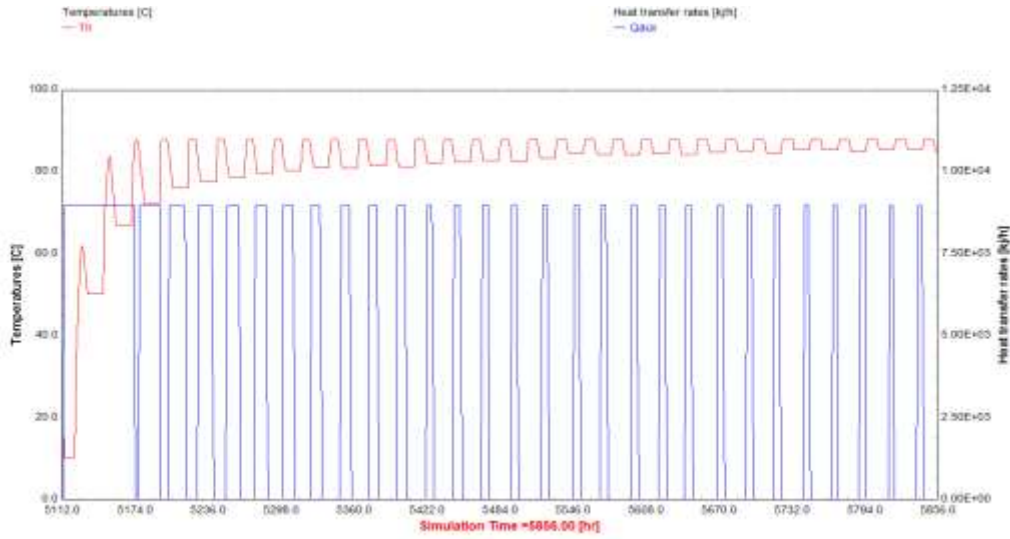
الشكل (١٠) تغير قيمة معامل التغطية والطاقة الإنتاجية $F*P$ مع مساحة اللواقط الشمسية A .



الشكل (١١) تغيرات درجة حرارة الماء الساخن (T_h) ومعدل انتقال الحرارة (Q_{aux}) خلال شهر حزيران.



الشكل (١٢) تغيرات درجة حرارة الماء الساخن (T_h) ومعدل انتقال الحرارة (Q_{aux}) خلال شهر تموز.



الشكل (١٣) تغيرات درجة حرارة الماء الساخن (T_h) ومعدل انتقال الحرارة (Q_{aux}) خلال شهر آب.

REFERENCES

- [1]. Henning, H-Solar assisted air conditioning in buildings .Springer wien New York, 2ed.USA, P P: 4- 32, 2006.
- [2]. Solar absorption cooling, 1ST and 2nd progress report, D.S. Kim and C.A. Infante Ferreira, Delft university of technology, Faculty of Design, Construction and Production, Mechanical Engineering and Marine Technology ,2004.
- [3].] Rona, A. Solar house, Elsevier, England, pp: 40-90, 2004
- [4]. Duffie and W.A. Beckman, J.A. "Solar engineering of thermal processes "Wiley Inter science, New York, (1980)
- [5].Air-Conditioning and Refrigeration Mechanical Engineering Handbook Ed. Frank Kreith ,2008.
- [6]. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Refrigeration Handbook, Atlanta, Georgia,1986.
- [7]. ASHRAE Handbook, (2000-2001)
- [8]. Heat Transfer Text Book Third Dition John H. Lienhard IV / John H venhard ,1985.
- [9]. Refrigeration and Air-Conditioning Third edition A. R. Trott and T. Welch , 2004.
- [10]. R salgado,P Rodriguez,M venegas,M izquierdo,A lecuoma-Experimental a nalaysis of thermal storage tank configuration in a solar cooling instaliation with an absorption chiller ,2008.
- [11]. solar hot water.comwww.Apricus
- [12]. <http://www.science direct.com>