



دراسة وتحليل مجمع شمسي من نوع القطع المكافئ باستخدام منظومة التتبع الشمسي

حسام سامي ذياب

اسم الباحث: د. فياض محمد عبد

جامعة تكريت - كلية الهندسة

الموقع: جامعة تكريت - كلية الهندسة

h_s_d_1983@yahoo.com

الأيمل: fayadh_mohamed@yahoo.com

الخلاصة:

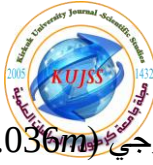
ان استثمار الطاقة الشمسية يحتاج الى الية معينة تتمثل باستخدام المركبات الشمسية التي تعمل بمبدأ تجميع الأشعة الشمسية الساقطة على الأرض وتركيزها في الجزء الذي يراد الاستفادة منه وذلك حسب الغرض او الهدف من التصميم، وان الهدف من في الدراسة الحالية

١-تسخين الماء

٢-دراسة الأداء الحراري للمنظومة.

ولتحقيق الهدف من الدراسة تم تصنيع لاقط أسطواني من نوع القطع المكافئ لتجميع الاشعة الشمسية في بؤرة اللاقط الشمسي لغرض الحصول على اعلى طاقة حرارية يستفاد منها في رفع درجة حرارة الماء لتحقيق الغرض من الدراسة. وأجريت القياسات والحسابات في فصل الشتاء في شهر كانون الثاني والصيف في شهر أيار وفي موقع جامعة تكريت (أذ تم تصنيع لاقط أسطواني من نوع القطع الاسطواني (Parabolic Trough Solar Collector) بطول (2.4m) وبعرض (0.8m) وبمساحة ($1.92 m^2$) وتم تغليف القوس العاكس للإشعاع برقائق الألمنيوم (Aluminum Foil) لزيادة الأشعة المنعكسة على الأنبوب الماص وتم تثبيته على قاعدة متحركة من الحديد ومجهز بجهاز سيطرة يعمل على تعقب حركة الشمس بصورة أوتوماتيكية من خلال حساس مربوط في اعلى اللاقط الشمسي. تم استخدام نوعين من الأنابيب الماصة بطول (2.4m) يمر من خلالها الماء المستخدم كوسط ناقل للحرارة.

١- أنبوب ماص مصنوع من النحاس قطره الخارجي (0.03m) والداخلي (0.028m) مصبوغ باللون الأسود



٢- أنبوب ماص نحاس مصبوغ باللون الأسود ومغلف بأنبوب زجاج قطره الخارجي (0.036m) والداخلي (0.034m) مفرغ من الهواء. وخزان بسعة (80L) لخزن الماء الساخن. حيث تم أخذ القراءات في فصل الشتاء في شهر كانون الثاني والصيف في شهر أيار وباستخدام معدل التدفق الكتلي للماء ($m^{\circ}= 0.02\text{Kg/sec}$) وأظهرت النتائج ان كفاءة المنظومة والطاقة الحرارية المفيدة التي تم الحصول عليها في فصل الصيف اعلى منها في فصل الشتاء وكانت كفاءة المنظومة والطاقة الحرارية المفيدة التي تم الحصول عليها باستخدام الأنبوب النحاسي المغلف بالزجاج كانت اعلى من تلك التي تم الحصول عليها من الانبوب النحاسي وكلاهما يتناسبان طرديا مع

١- معدل التدفق الكتلي للماء

٢- كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض

حيث كانت اعلى كفاءة عملية للمنظومة (46.68%) اما الخسائر الحرارية في الخزان فأنها تزداد بزيادة الفرق بين درجة حرارة الماء داخل الخزان ودرجة حرارة المحيط الخارجي.

الكلمات الدالة: كفاءة المجمع الشمسي، الإشعاع الشمسي، التتبع الشمسي

Experimental Performance exploration of Parabolic Trough Solar Collector with Solar Tracking System

Web Site: www.kujss.com Email: kirkukjournsci@yahoo.com,
kirkukjournsci@gmail.com



Researcher name: Fayadh Mohamed Abed

Hussam Sami Dheyab

**Location: Tikrit University
Engineering**

**Tikrit University College of
College of Engineering**

Email: fayadh_mohamed@yahoo.com

h_s_d_1983@yahoo.com

Abstract

The investment of the solar energy needs to be specific mechanism represent by using concentrates solar operating principle of solar radiation falling assembled on the ground and focus on the part that is intended to benefit from it ,depending on the purpose or goal of the design , and in the current study , the objective of study is

1- Heat the water

2- Study the thermal performance of the solar collector

To achieve the objective of the study was the study of manufactured parabola system to collect sun's rays at the center of the solar collector. For obtaining, a highest thermal energy utilized to raise temperature of water. Depending on the purpose of the study the measurement were carried out and the accounts in winter season at (January) & summer season at (May) at the University of Tikrit as site.

Where they were manufacturing pickup Cylindrical Trough Solar Collectors (PTSC) length (2.4m) and a width (0.8m) and area (1.92 m²) was packing bow inverter radiation (Aluminum Foil) to increase the reflected rays on the absorber tube was installed on the base of animations of iron and equipped with control works to track the



movement of the sun by using automatic sensor tied at the top of the solar collector, In these study used Two kind of Absorbent tube, length (2.4m).

1-The Absorbent tube made of copper outer diameter (0.03m) and internal

(0.028m) painted in black color.

2- The copper tube dyed in black and coated by glass tube outer diameter (0.036 m) and internal (0.034 m) vacuumed from the air.

Also we use a tank capacity (80L) for storage of the hot water. Lasted experiments in winter season at (January) & summer season at (May) using one values of mass flow rate ($m^{\circ} = 0.02\text{Kg} / \text{sec}$)

The results showed that the efficiency of the system and useful thermal energy that have been obtained using evacuated glass tube were higher than those obtained from the tube copper and proportionate directly proportional to the mass flow rate of the water and the amount solar radiation falling on the surface of the earth and that the higher efficiency of the system (46.68%).

Key words: parabolic trough efficiency, solar radiation, Solar Tracking

الرموز المستخدمة:

m° : معدل التدفق الكتلي.	Q_u : الطاقة المفيدة
T_{fo} : درجة حرارة خروج المائع.	C_p : الحرارة النوعية للمائع.
I_b : الاشعاع الشمسي.	درجة حرارة دخول المائع.
η_{Ex} : الكفاءة العملية للاقط الشمسي.	A_a : مساحة اللاقط الشمسي.

١-المقدمة (Introduction)

تشكل الطاقة ركناً أساسياً في البناء الاقتصادي لجميع الدول وخصوصاً الصناعية منها حيث أصبح مقدار استهلاك الطاقة مؤشراً لمدى تقدم هذه الدول بسبب استخدامها في شتى المجالات لذلك فأن الترشيح في استهلاك الطاقة التقليدية والبحث في إيجاد البدائل أمراً ضرورياً ليس للدول المتقدمة صناعياً فحسب بل لكل دول العالم.

وعندما نتحدث عن الطاقة نعني الطاقة بكل أنواعها (الطاقة الكهربائية ، الطاقة المغناطيسية ، طاقة دوران الأرض حول نفسها ، طاقة الرياح) وغيرها من الطاقات التي يجب أن تكون متداخلة و مترابطة مع بعضها البعض لتحقيق التوازن الكوني وأن الشمس هي المصدر الرئيسي لكل الطاقات في الكرة الأرضية سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة كونها تعتبر مصدر الحياة على سطح الأرض وفي العقود القليلة الماضية بدأت مؤشرات تلوح بنفاذ النفط الخام والفحم والغاز الطبيعي [1] ونتيجة لحاجة البشر المستمرة على الطاقة توجه العلماء والمختصون بالبحث عن مصادر جديدة للطاقة وكانت الطاقة الشمسية من أول الطاقات التي تم توجه إليها لكونها طاقة متجددة وخالية من الملوثات ويمكن استخدامها في العديد من التطبيقات العامة وغير المعقدة لا شك ان الدول التي تتمتع بجو صحو اشعاع شمسي عالي لها فرص كبيره في استغلال هذه الطاقة بأقصى درجه من الفعالية والكفاءة العالية ومن بين هذه الدول العراق حيث يتسلم اشعاع شمسي يقدر ب (3000) ساعة في السنة .

لقد ازداد الاهتمام في العقدين الأخيرين في البحوث التي تختص في مجال الطاقة الشمسية وخصوصا تلك التي تعنى في المجمع الشمسي الاسطواني ذو القطع المكافئ ومن مختلف الجوانب.

وقد بدأت الدراسات التحليلية على المركز الاسطواني المقعر في الستينات حيث أجرى الباحث (Lof.G.O.G) في عام (1962) [2] مع عدد من الباحثين دراسة نظرية لمعرفة تأثير قطر الأنبوب الماص على أداء المركز وفي نفس الوقت أجريت دراسة عملية لقياس أداء المركز عند استعمال أنابيب امتصاص ذات أقطار مختلفة وقد بينت النتائج النظرية والعملية بان زيادة مساحة أنبوب الامتصاص يعني زيادة الفقدان الحراري وزيادة عامل الاعتراض (النسبة بين الأشعة المعكوسة التي يقطعها السطح الماص إلى الأشعة الكلية المعكوسة من السطح العاكس)



اجرى الباحث (Treadwell .G) في عام (1976) [3] دراسة عملية على بعض الاختبارات التصميمية للمركز الاسطوانى ذو القطع المكافئ والتي تشمل نوع السطح العاكس للأشعة الشمسية وموقع الأنبوب الماص وأبعاد المركز الشمسي وتوضيح مدى تأثيرها على كفاءة الاقط وقد اوضحت النتائج بأن (استعمال أسطح ذات انعكاسية جيدة يزيد من كفاءة المركزات الشمسية بشكل كبير هنالك تحسن ملحوظ في الكفاءة عند استعمال الأغشية الزجاجية من نوع (soda lime Glass) لكون الصورة تكون خالية من التشويه والانكسارات وكذلك لان فقدان الحراري يتناسب بشكل مباشر مع مساحة سطح الامتصاص وأن انحراف سطح الامتصاص عند الخط البؤري الحقيقي يؤثر سلبياً وبشكل كبير على كفاءة المركزات وتعطي زاوية الحافة التي تتراوح بين (110° - 120°) أقصى قيمة لمعدل المسافة من السطح العاكس الى البؤرة وتظهر تحسن كبير في الكفاءة عند الدقة في التصميم .

درس الباحث (Ihab H.Farag) في عام (1980) [4] أداء المركزات الشمسية الاسطوانية وكان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو استخدام الزعانف (fins) المصنوعة من النحاس مثبتة على السطح الداخلي للأنبوب الماص (المصنوع من النحاس) والموضوع على طول خط البؤرة لزيادة المساحة السطحية داخل البؤرة كوسط ناقل للحرارة حيث تم تغيير عدد الزعانف الموضوعة على الأنبوب النحاسي لتحديد أفضل كفاءة للمركز الشمسي استخدمت مجموعتين من الزعانف تتوزع على نموذجين وكما يأتي.

النموذج الأول: مكون من (6) زعانف والمساحة بين زعنفة وأخرى (0.229 m)

النموذج الثاني: يتكون من (9) زعانف والمساحة بين زعنفة وأخرى (0.153 m) ومن خلال النتائج تبين إن أعلى كفاءة تم الحصول عليها من خلال استخدام النموذج الأول حيث بلغت (43%) إما الثاني بلغت (41%) حيث إن بالرغم إن زيادة عدد الزعانف يزيد من المساحة السطحية لكن يؤدي أيضا إلى زيادة في انخفاض الضغط وبالتالي يقلل من معدل تدفق الهواء لذلك يجب استخدام مضخة لدفع الهواء ذات قدرة عالية وهذا يزيد من كلفة المنظومة

قام الباحثان (Thomas Harm & Michael Brooks) عام (2000) [5] بأجراء بحث في قسم الهندسة الميكانيكية في جامعة (stellen bosch) في جنوب إفريقيا بأجراء دراسة عملية شملت تصميم وبناء واختبار مجمع شمسي اسطوانى ذو مقطع مكافئ حيث تم تصنيع

المركز الاسطواني المقعر وتم مقارنة مع النتائج النظرية لهذا المركز عن طريق تصميم برنامج لهذا المركز واستخدم في هذا البحث نوعين من المستلمات في منطقة البؤرة المستلم الأول عبارة عن أنبوب نحاسي يكون مكشوف ، والثاني عبارة عن أنبوب نحاسي موضوع داخل أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء حيث تم طلاء الأنبوب الماص النحاسي بطلاء انتقائي لماع لتقليل الانبعاثية وزيادة الامتصاصية كذلك تم معاملة الغلاف الزجاجي كيميائياً من خلال اضافة نسبة من الحديد والصدويوم لتحمل درجات الحرارة العالية وتقليل الخسائر البصرية الناتجة من انكسار جزء من الاشعة ، حيث أظهرت النتائج إن كفاءة الأنبوب الماص المغطى بالزجاج اعلى من الأنبوب المكشوف خاصة في درجات الحرارة العالية حيث بلغت الكفاءة في حالة المكشوف (53.8%) و (55.2%) في حالة الأنبوب المغطى بالزجاج وبالرغم من ان هذا البحث تم إنشائه بأقل التقنيات تطوراً وان الكفاءة الحرارية اقل من التوقع لكن يبين المركز امكانية جيده للحصول على مصدر حراري عملي في جنوب افريقيا.

قام الباحث (Michal geyre) وآخرون في عام (2002) [6] بعمل دراسة نظرية وعملية لمجمع شمسي مقعر ذو القطع مكافئ يسمى (Euro Trough) من خلال تطوير جيل من مراكز الطاقة الشمسية وتقليل الكلفة حيث تم تصنيع نموذجين من المراكز (ET100& ET150) وتم تصميمها وتطويرها من اجل الاستفادة منها في توليد البخار الشمسي اللازم للتطبيقات الحرارية وتوليد الطاقة الكهربائية حيث ان انظمة توليد الطاقة الكهربائية في ولاية كاليفورنيا يمكن ان تكمل باستخدام هذين النموذجين للحصول على طاقة تصل الى (200 MW) وقد تم تأهيل هذه المحطة فعلياً خلال المدة من (2000-2002) واستخدمت نفس المواد في صناعة النموذجين لكن الاختلاف بينهما كان في اطوال المراكز ومساحتها وعدد الانابيب الماصة حيث بلغ النموذج (ET150) طول (148.5 m) بمساحة ($817.5 m^2$) اما نموذج (ET100) بطول (99.5 m) وبمساحة ($545 m^2$) .

قام الباحث (علي فلاح محمد) في عام (2007) [7] من اجراء بحثاً يشمل (دراسة عملية لأداء مركز شمسي اسطواني مقعر ذو القطع المكافئ في بغداد) بهدف التوصل الى وضع بعض الاسس التصميمية الملائمة لبيئة العراق وتطوير نموذج المراكز بشكل يمكن من خلاله تحديد كفاءة المراكز الشمسية الاسطوانية ذات القطع المكافئ اذ شملت الدراسة تصميم وتصنيع مراكز شمسية اسطوانية عدد (2) اثنان بمساحة اجمالية مقدارها ($3.75m^2$) واستخدام (ورق

الالمنيوم) كسطح عاكس للإشعاع وتم وضع في بؤرة كل لاقط ثلاثة انابيب امتصاص مصنوعة من النحاس وغلفت هذه الانابيب بأنابيب من الزجاج الحراري البايركس ذو قابلية عالية على تحمل درجات الحرارة العالية ولتقليل الخسائر الحرارية حيث تم استخدام صفائح من الالمنيوم مقوسة بشكل نصف دائري من اجل تقليل خسائر الحمل الحراري وقد تم استخدام مضخة لتدوير الماء لزيادة قابلية المبادل على نقل الحرارة بالإضافة الى اجراء قياس لأغلب العوامل والظروف الجوية التي تؤثر على كفاءة اللواقط في العراق.

في عام (2012) أجرى (Govindaraj Kumaresan) [8] وزملائه دراسة عملية في جنوب الهند بجامعة (Anna) لأداء مجمع شمسي ذو القطع المكافئ مع وجود خزان للمائع الناقل للحرارة ونظام تعقب يحرك المجمع الشمسي واستخدم (Therminol 55) كمائع ناقل للحرارة وتم طلي الانبوب بلون اسود لكي يزيد من امتصاصية الانبوب لأشعة الشمس ويقلل من الاشعة المنعكسة كما استخدم غطاء زجاجي من نوع (Borosilicate Glass) وكانت مساحة اللاقط ($7.5m^2$) واستخدم تدفق كتلي ($0.1kg/sec$). وقد وجد الباحثون ان كفاءة المجمع تعتمد بشكل اساسي على كمية الاشعاع المباشر الساقط على اللاقط وكمية الحرارة المكتسبة ، كما وجدوا ان افضل كفاءة للمجمع الشمسي كانت عند الساعة (12:00) كما ان الحرارة المفقودة من الخزان اكبر من الحرارة المكتسبة بعد الساعة (14:00) وهذا يقلل من معدل درجة حرارة المائع الناقل للحرارة لذلك لا يتطلب استخدام الخزان الحراري بعد الساعة (14:00).

وفي عام (2013) قام (Khaled AL-Zahrani) [9] بدراسة عملية بمدينة ينبع غرب المملكة العربية السعودية لمجمع شمسي نوع حوضي القطع المكافئ لإيجاد كفاءة هذا المجمع. استخدم في هذا البحث لاقط شمسي بمساحة ($0.75 m^2$) وانبوب ماص مصنوع من النحاس بقطر (30 mm) وسمك (6 mm) ومطلي باللون الاسود، وهذا الانبوب مغلف بغطاء زجاجي. المجمع مربوط مع خزان بسعة (25 L). استخدم الماء كوسط ناقل للحرارة وعند معدل تدفق ($0.03 Kg/sec$). منظومة التتبع كانت باتجاه واحد واخذت القراءات كل (15 دقيقة). استنتج الباحث ان معدل الكفاءة بحدود (38.8 %) وان اعلى كفاءة للمجمع بلغت (52 %) في وقت الظهيرة (الذروة) .

ان الهدف من هذا البحث هو إيجاد الكفاءة لمجمع شمسي نوع أسطواناني ذو قطع مكافئ ذو مساحة ($1.92 m^2$) حيث تم تصنيعه محليا وتم استخدام الماء كمائع ناقل للحرارة ودراسة

العوامل الخارجية التي تؤثر على عمل المنظومة مثل درجة حرارة المحيط والرطوبة النسبية وسرعة الرياح وشدة الإشعاع الشمسي.

٢- الجزء العملي (experimental part)

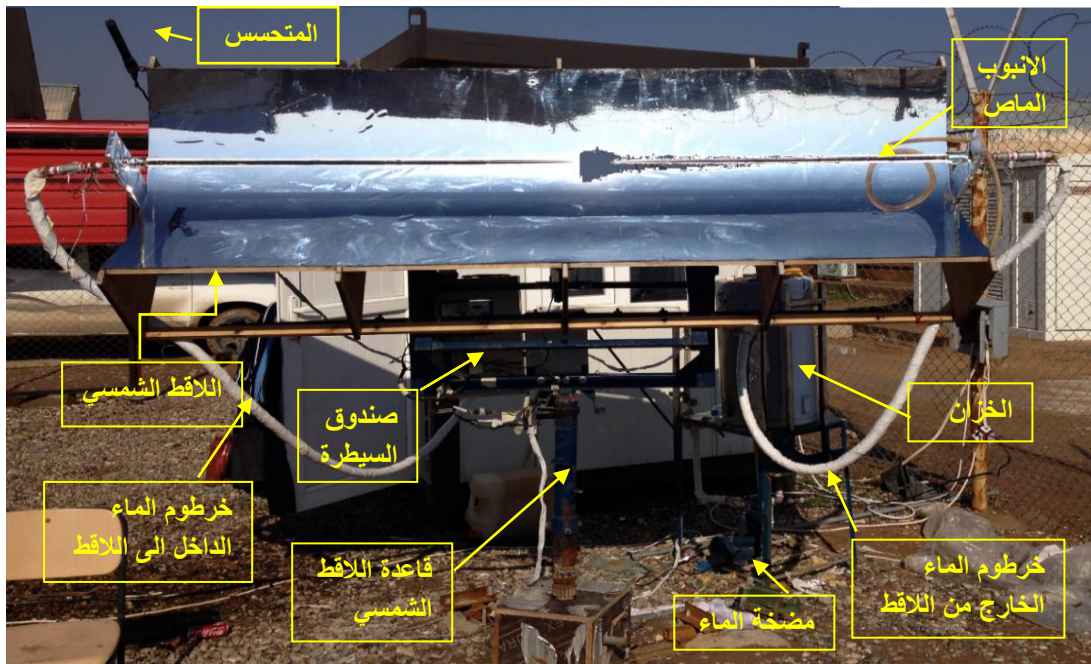
٢-١- الجهاز المستخدم: -

في هذا البحث تم استخدام في مركز أسطواني ذو قطع مكافئ بطول (2.4 m) وعرض (0.8 m) وبمساحة كلية مقدارها (1.92 m²) تم وضعه على قاعدة مصنوعة من الحديد مكونة من جزئين رئيسيين الجزء العلوي متحرك والجزء السفلي ثابت ومجهز بجهاز تتبع تلقائي يعمل على تتبع حركة الشمس اثناء النهار لضمان تعامد اللاقط الشمسي على الشمس في أي لحظة ومجهز بنوعين من الأنابيب الماصة الأول مصنوع من النحاس المصبوغ باللون الأسود قطره الخارجي (0.03 m) والداخلي (0.028 m) والنوع الثاني مصنوع من النحاس المصبوغ باللون الأسود والمغلف بالزجاج الحراري البايوركس والمفرغ من الهواء قطره الخارجي (0.036 m) والداخلي (0.034 m) لتقليل الخسائر الحرارية بالحمل والإشعاع وتم تصنيع اللاقط بزواوية حافة (Rim angle) مقدارها (90°). للحصول على اعلى كفاءة للمجمع الشمسي ونسبة تركيز (25.6%) أما القياسات فتمت وفق المعيار القياسي اشري (ASHRAE 93-1986, RA91).

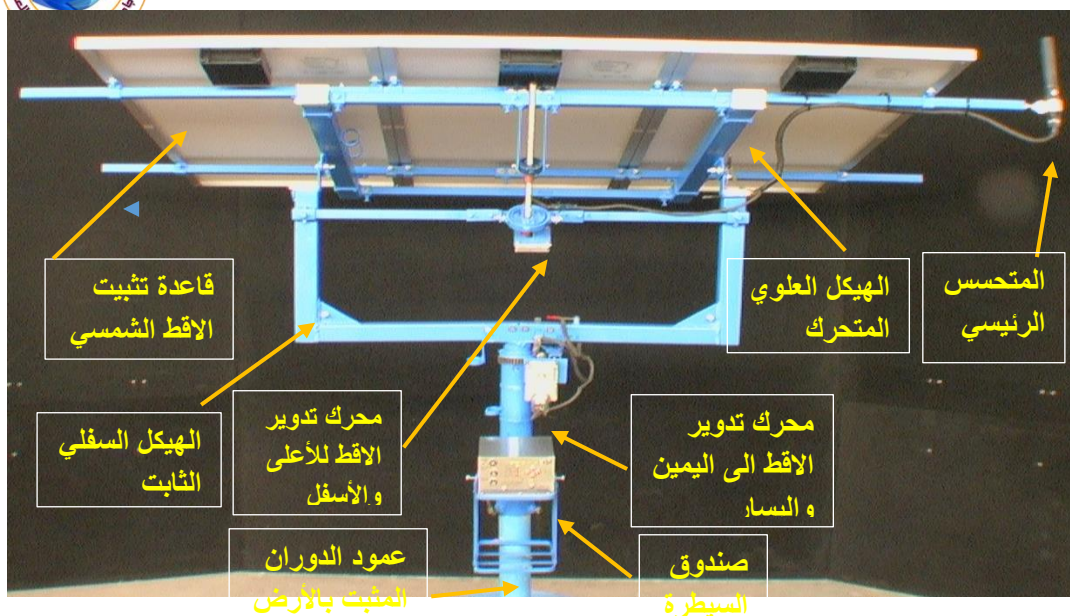
ويتكون المركز الشمسي من:

(٢-١-١) الهيكل: تم تصنيع هيكل المركز من الخشب الخفيف وذلك لتقليل وزن المركز وبالتالي تقليل الحمل على منظومة التتبع التلقائي بحيث تصبح حركة المركز سهلة باتجاه المحورين حيث تم تصنيع 6 مقاطع من الخشب بطول (0.8 m) للمقطع الواحد وبسمك (0.01 m) وتم تثبيتها بأعمدة من الخشب بحيث أصبحت المسافة بين أي مقطعين (0.4 m) فأصبح طول الهيكل (2.4 m) وعرضه (0.8 m) كما مبين بالشكل رقم (1) وتم حفر هذه المقاطع من الأعلى بشكل قوس بحيث اخذت شكل أسطواني مقعر ثم تم تثبيت طبقة من الخشب المعاكس سهل الانحناء بسمك (0.005 m) داخل منطقة الحفر للمقاطع المثبتة بطول (2.4 m) وبعرض (0.8 m) بحيث أصبحت بشكل مركز اسطواني ذو قطع مكافئ ثم تم تغليف لوحة الخشب المعاكس بطبقة من الألمنيوم بنفس الأبعاد للحصول على سطح ناعم ومن ثم تم تغليف الألمنيوم بطبقة من رقائق الألمنيوم (Aluminum Foil) ذات العكسية الجيدة للإشعاع والتي

تكون بشكل طبقه لاصقه حيث تم اختيارها لكونها قليلة الثمن من جهة ومتوفرة في الأسواق من جهة أخرى .



الشكل (1) يوضح ابعاد اللاقط الأسطواناني ذو القطع المكافئ
تم وضع المركز الشمسي على قاعدة مصنوعة من الحديد مكونة من عدة أجزاء.



شكل (2) يوضح الأجزاء الرئيسية للهيكل الحديدي الذي يتم عليه تثبيت الاقط الشمسي

(٢-١-٢) الجزء العلوي المتحرك: مكون من هيكل حديد على شكل مستطيل عمودي الشكل (2) ارتفاعه (0.914m) وعرضه (0.863m) مثبت عليه قاعدة تحتوي على (Nut) في منتصف الضلع العلوي للمستطيل المتحرك وتم ربط في منتصف الضلعين العمودين محور يحتوي على تجويف دائري يتم تثبيته على الجزء الثابت من القاعدة بواسطة (Pin) بحيث يمكن للمركز المثبت على الهيكل المتحرك الدوران حول المحور الى الأعلى والأسفل وتم تثبيت انبوبين ذات مقطع مربع بأبعاد (0.025m) مربع الأول مثبت بشكل افقي في اعلى المستطيل والثاني في الأسفل ويحتوي كل أنبوب على عدد من القواعد المثبتة التي تستخدم لتثبيت المركز الشمسي بحيث يكون المركز مثبت بشكل افقي ومرتبطة بالقاعدة من الوسط .

(٣-١-٢) الجزء السفلي الثابت : والمكون من هيكل بشكل مستطيل أيضا ولكن اكبر من الجزء المتحرك بقليل وكما موضح بالشكل (2) تم تثبيت محرك كهربائي صغير في منتصف الضلع العلوي من الهيكل الثابت يحتوي على مسنن عمودي طويل مثبت من نهايته في ال (Nat) الموجود في الجزء المتحرك من القاعدة وان مبدأ عمله يشبه عمل (Screw) أي عند دوران المحرك باتجاه عقرب الساعة ونتيجة كون ال (Nat) ثابت يعمل المسنن الطويل على سحب القاعدة المتحركة الى الأعلى وبالتالي دوران المركز الى الأعلى والعكس بالعكس ويحتوي الهيكل الثابت في منتصف الضلع السفلي على محرك كهربائي صغير بنفس مواصفات المحرك

الأول مثبت بصورة افقيه يقوم بتدوير ترس نوع (دودي) يتم تعشيقة على ترس سيطواني ذو اسنان مستقيمة مثبت على عمود الدوران المتصل بالأرض يقوم بتدوير الاقط الى اليمين واليسار.

(٢-١-٤) **عمود الدوران المثبت بالأرض:** الشكل (2) والمكون من انبوبين الخارجي بقطر (0.1 m) وبسمك (0.003 m) والمثبت عليه الترس العدل بصوره افقيه والداخلي بقطر (0.076 m) مثبت داخل الأنبوب الخارجي بوسائد عدد (2) من الأعلى والأسفل وبذلك عندما يدور المحرك الكهربائي باتجاه عقرب الساعة يدور الاقط باتجاه اليمين والعكس بالعكس.

(٢-١-٥) **منظومة التتبع التلقائي الأتوماتيكية:** تم استخدام منظومة تتبع تلقائي لقرص الشمس أوتوماتيكية مصنعة من قبل شركة (acro solar lasers) الأمريكية حيث أن هذه المنظومة مصممة بدقة عالية ومجهزة بعدد من المتحسسات الرئيسية والثانوية والتي تعمل على تحديد موقع الشمس في أي لحظة من النهار وتغيير اتجاه الاقط الشمسي بدقة بحيث يكون عمودي على قرص الشمس في أي وقت يختاره المستخدم.

وتتكون هذه المنظومة من جزئين:

(٢-١-٥-١) **صندوق السيطرة الرئيسي** الشكل (3) وهو عبارة عن صندوق يحتوي في داخله على خارطة كهربائية تضم مجموعة من الدوائر الكهربائية التي تقوم بتحويل الإشارة القادمة من المتحسس الرئيسي الى أيعاز كهربائي ينتقل عبر الأسلاك الى المحركات الكهربائية المسؤولة عن حركة الاقط باتجاه المحور الافقي والعمودي وكذلك يحتوي الجزء الأمامي من الصندوق على لوحة تحتوي على عدد من المفاتيح الكهربائية المسؤولة عن تشغيل مضخة الماء وإطفائها وتشغيل وإطفاء التتبع التلقائي الأوتوماتيكي وكذلك تحتوي على أربعة مفاتيح تستخدم لتحريك الاقط بدون نظام التتبع التلقائي بالاتجاهات الأربعة (الشمال، الجنوب، الشرق، الغرب) (٢-١-٥-٢) **المتحسس الرئيسي (Head Sensor):** وهو الجزء المسؤول عن تحديد موقع الشمس في السماء حيث يعمل بطريقة معينة على تحديد موقع الشمس في أي لحظة من وقت التشغيل.



شكل (3) يوضح صندوق السيطرة الرئيسي لمنظومة التتبع التلقائي للشمس

(٢-٢) حساب كفاءة المجمع الشمسي: -

تم في هذا البحث اجراء نوعين من الاختبارات على المجمع الشمسي الحوضي ذو القطع المكافئ باستخدام الماء كمائع ناقل للحرارة للاختبار الأول في فصل الشتاء (شهر كانون الثاني) باستخدام أنبوب ماص نحاس مصبوغ باللون الاسود مغلف بالزجاج الحراري ومفرغ من الهواء والثاني في فصل الصيف (شهر أيار) باستخدام نوعين من الانابيب الماصة الأول انبوب نحاس مصبوغ باللون الأسود والثاني انبوب نحاس مصبوغ باللون الأسود مغلف بالزجاج الحراري ومفرغ من الهواء وليومين مختلفين في شهر أيار ولكن متقاربين في قيمة الإشعاع الشمسي وبنفس معدل التدفق الكتلي (0.02) كغم/ثانية. واخذت القراءات التي تشمل الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة المائع عند الدخول الى الأنبوب الماص وعند خروجه ودرجة حرارة المحيط كل (15) دقيقة ومن الساعة (9:00) صباحا حتى الساعة (2:00) بعد الظهر.

تم حساب الطاقة الشمسية التي ممكن الاستفادة منها من المعادلة الآتية [10]:

$$Q_{Useful} = m \cdot C_p (T_{f,o} - T_{f,i}) \dots \dots \dots (1)$$

وتحسب الطاقة الكلية الساقطة على اللاقط الشمسي من المعادلة الآتية [10]:

$$Q_{total} = I_b \cdot A_a \dots \dots \dots (2)$$

تحسب الكفاءة العملية من المعادلة التالية [10]:

$$\eta_{Exp.} = \frac{Q_u}{Q_{total}} \dots \dots \dots (3)$$

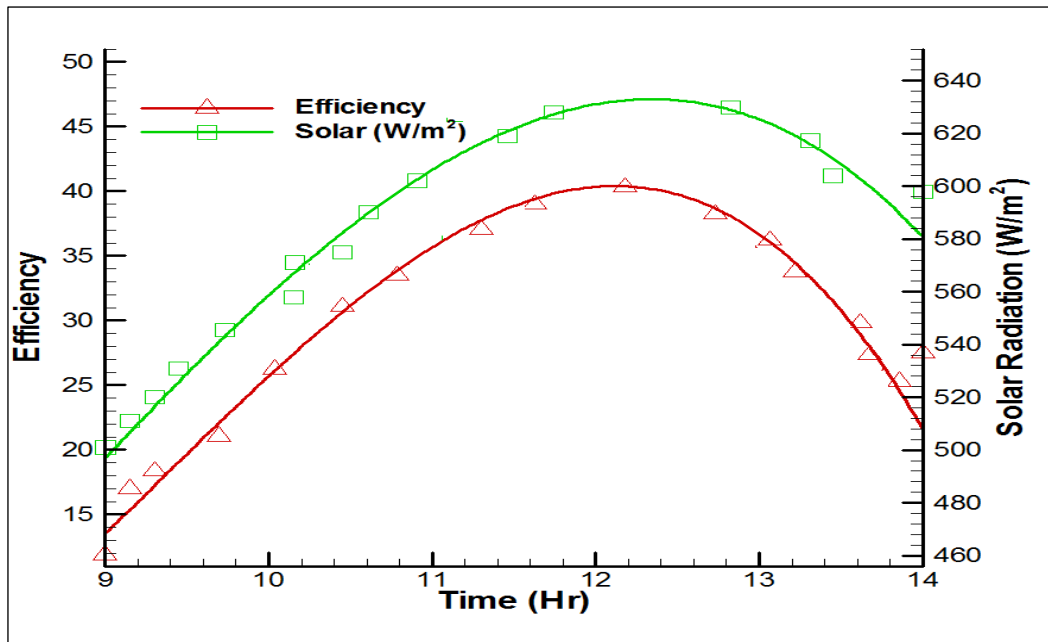
$$\eta_{Exp.} = \frac{m^{\circ} \cdot C_p (T_{f,o} - T_{f,i})}{A_a \cdot I_b}$$

$$\dots \dots \dots (4)$$

٣- النتائج والمناقشة (Result & Discussion)

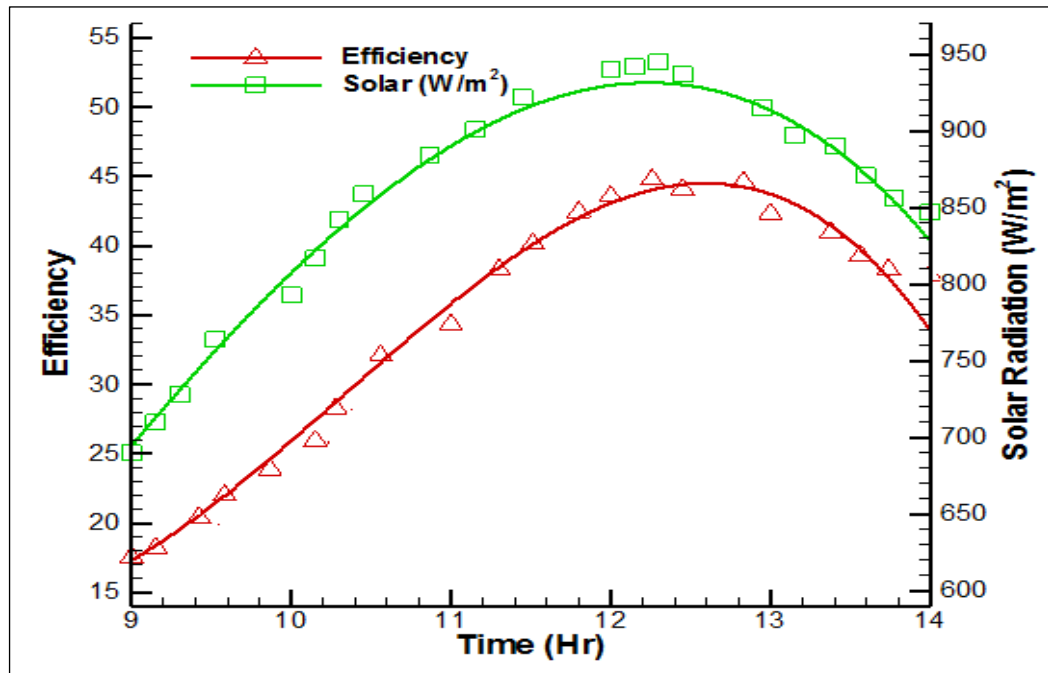
يتضمن هذا الفصل مقارنة النتائج العملية التي تم الحصول عليها من التجارب العملية التي تم اجراءها في فصل الشتاء (شهر كانون الثاني) وفي فصل الصيف (شهر أيار) من الساعة التاسعة صباحا الى الساعة الثانية بعد الظهر وباستخدام أنبوب ماص نحاس مصبوغ باللون الأسود ومغلف بأنبوب زجاج ومفرغ من الهواء.

واجراء مقارنة للنتائج العملية في (شهر أيار) عند استخدام نوعين من الانابيب الماصة أنبوب ماص نحاس مصبوغ باللون الأسود وأنبوب ماص نحاس مصبوغ باللون الأسود ومغلف بأنبوب زجاج ومفرغ من الهواء وبمعدل تدفق كتلي للماء (0.02) كغم/ثانية وتشمل النتائج تغير قيمة الإشعاع الشمسي والكفاءة الحرارية (الساعية) للمنظومة مع الزمن، تغير قيمة الطاقة الحرارية الفعالة (المفيدة) التي اكتسبها الماء والخسائر الحرارية في الخزان مع الزمن.



شكل (4) الكفاءة الساعية للمجمع الشمسي والإشعاع الشمسي مع الزمن ليوم (5/1/2014)

(أنبوب ماص زجاج)-----($m^{\circ} = 0.02 \text{ Kg/sec}$)



شكل (5) الكفاءة الساعية للمجمع الشمسي والإشعاع الشمسي مع الزمن ليوم (18/5/2014)

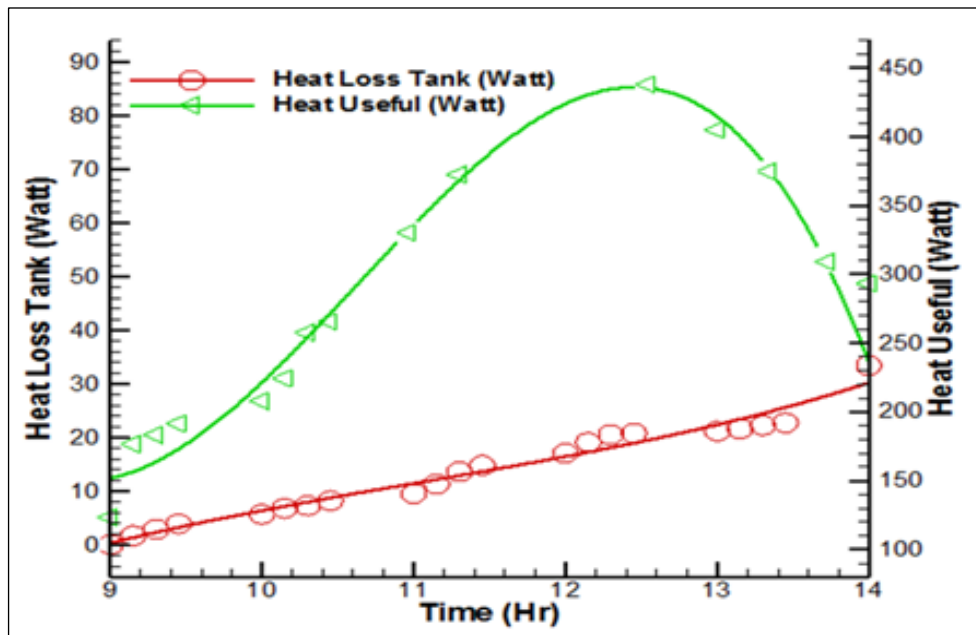
(أنبوب ماص زجاج)-----($m^{\circ} = 0.02 \text{ Kg/sec}$)

يلاحظ في الشكل (4) ان قيمة الكفاءة الساعية للمجمع الشمسي بلغت (12.13%) عند القراءة الأولى في الساعة (9:00) صباحا ثم تزداد بشكل تدريجي مع زيادة كمية الإشعاع الشمسي الى ان تصل الى اقصى قيمة (39.62%) عند وقت الذروة في الساعة (12:30) ثم تبدأ بالانخفاض تدريجيا الى ان تصل (22.18%) عند اخر قراءة في الساعة (2:00) بعد الظهر. اما بالنسبة لشدة الإشعاع الشمسي فأن قيمته تتغير من (493 W/m^2) عند القراءة الأولى في الساعة (9:00) صباحا ثم يستمر بالزيادة بصورة تدريجية الى ان يصل (631 W/m^2) في الساعة (12:45) ومن ثم ينخفض بشكل بطيء لتصل قيمته (582 W/m^2) عند القراءة الأخيرة في الاختبار في الساعة الثانية بعد الظهر .

ومن خلال ملاحظة الشكل (5) نجد ان قيمة الكفاءة الساعية للمجمع الشمسي (17.2%) في الساعة (9:00) صباحا ثم تزداد بشكل تدريجي مع زيادة الاشعاع الشمسي الى ان تبلغ اعلى قيمة (44.3%) في وقت الذروة عند الساعة (12:45) بعد الظهر ثم تبدأ بالانخفاض تدريجيا مع انخفاض كمية الاشعاع الشمسي لتصل الى (35.1%) عند اخذ القراءة الأخيرة في الساعة الثانية بعد الظهر. اما بالنسبة لشدة الإشعاع الشمسي فأن قيمته عند القراءة الأولى (681 W/m^2) ثم يستمر بالزيادة مع ارتفاع قرص الشمس بالأفق الى ان يبلغ اعلى قيمة (937 W/m^2) في وقت الذروة ثم يأخذ بالانخفاض تدريجيا مع نزول قرص الشمس ليصل الى (836 W/m^2) في الساعة الثانية بعد الظهر.

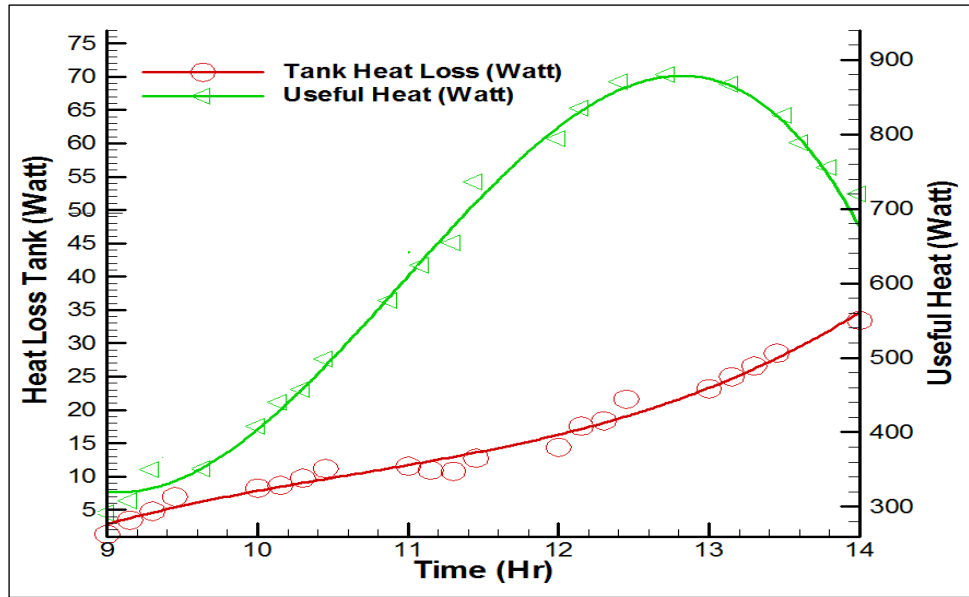
ومن خلال مقارنة الشكلين (4) و(5) وعند اخذ اعلى قيم للكفاءة الساعية للمنظومة الشمسية وشدة الاشعاع الشمسي في وقت الذروة (12:45) بعد الظهر نجدها في فصل الشتاء (39.62%) (631 W/m^2) على التوالي في حين نجدها في فصل الصيف عند نفس الوقت (44.3%) (937 W/m^2) على التوالي ، ان الزيادة في شدة الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض في فصل الصيف بالمقارنة مع فصل الشتاء حصل نتيجة الى ارتفاع قرص الشمس في السماء نتيجة حركة الأرض بزاوية مقدارها (23.5) وبذلك يكون القطب الشمالي مقابل لأشعة الشمس وتكون الاشعة الساقطة على الأرض في العراق شبه عمودية وذات طاقة حرارية عالية اما بالنسبة للكفاءة الساعية للمنظومة فأن هذا الفرق في القيم حصل نتيجة شدة الاشعاع الشمسي العالية في الصيف التي تعمل على تسخين الانبوب الماص بشكل عالي مقارنة مع الشتاء وبذلك يكون الفرق كبير

بين درجة حرارة المائع الداخل الى المنظومة ودرجة حرارة المائع الخارج من جهاز في فصل الصيف مقارنة مع فصل الشتاء وبذلك تكون الكفاءة الساعية للمنظومة الشمسية اعلى في فصل الصيف على الرغم من استخدام نفس الأنبوب الماص ونفس كمية التدفق الكتلي للمائع.



شكل (6) الطاقة المفيدة والخسائر الحرارية في الخزان للمجمع الشمسي مع الزمن

ليوم (5/1/2014) (أنبوب ماص زجاج)-----($m^{\circ}=0.02$ Kg/sec)



شكل (7) تغير الطاقة المفيدة والخسائر الحرارية في الخزان مع الزمن ليوم (18/5/2014)

(أنبوب ماص زجاج)-----($m^{\circ} = 0.02 \text{ Kg/sec}$)

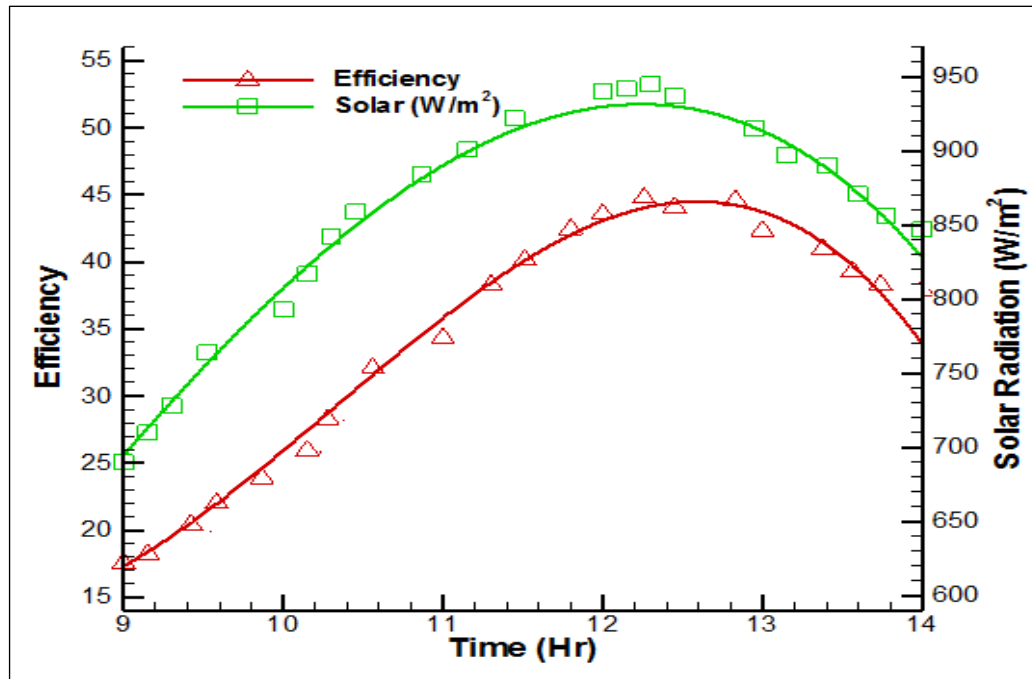
حيث ان الشكل (6) يوضح كمية الطاقة الحرارية التي اكتسبها الماء اثناء مروره في داخل الأنبوب الماص وكمية الخسائر الحرارية بالحمل والتوصيل في الخزان مع الزمن عند معدل تدفق كتلي للماء مقداره ($m^{\circ} = 0.02 \text{ Kg/sec}$) حيث يلاحظ في هذا الشكل ان قيمة الطاقة الحرارية التي اكتسبها الماء عند القراءة الأولى (162Watt) في الساعة (9:00) صباحا ثم تزداد بشكل تدريجي مع زيادة كمية الإشعاع الشمسي الى ان تصل الى اقصى قيمة (447.558 Watt) عند وقت الذروة في الساعة (12:30) ثم تبدأ بالانخفاض تدريجيا الى ان تصل (248.534 Watt) عند اخر قراءة في الساعة (2:00) بعد الظهر، اما بالنسبة للخسائر الحرارية بالحمل والتوصيل في الخزان فأن قيمتها تتغير من (1.32 Watt) عند القراءة الأولى في الساعة (9:00) صباحا ثم يستمر بالزيادة بصورة تدريجية الى ان يصل (31.322 Watt) في الساعة (2:00) بعد الظهر.

ومن خلال ملاحظة الشكل (7) نجد ان كمية الطاقة الحرارية المكتسبة من قبل الماء وكمية الخسائر الحرارية بالحمل والتوصيل في الخزان مع الزمن كانت (321 Watt) (2.47Watt) على التوالي ثم تزداد الحرارة المكتسبة والخسائر الحرارية في الخزان بشكل تدريجي الى ان تصل الطاقة المكتسبة اعلى قيمة (887.58 Watt) في حين بلغت الخسائر الحرارية في الخزان (23.1Watt) عند وقت الذروة في الساعة (1:00) بعد الظهر ثم تبدأ الطاقة الحرارية



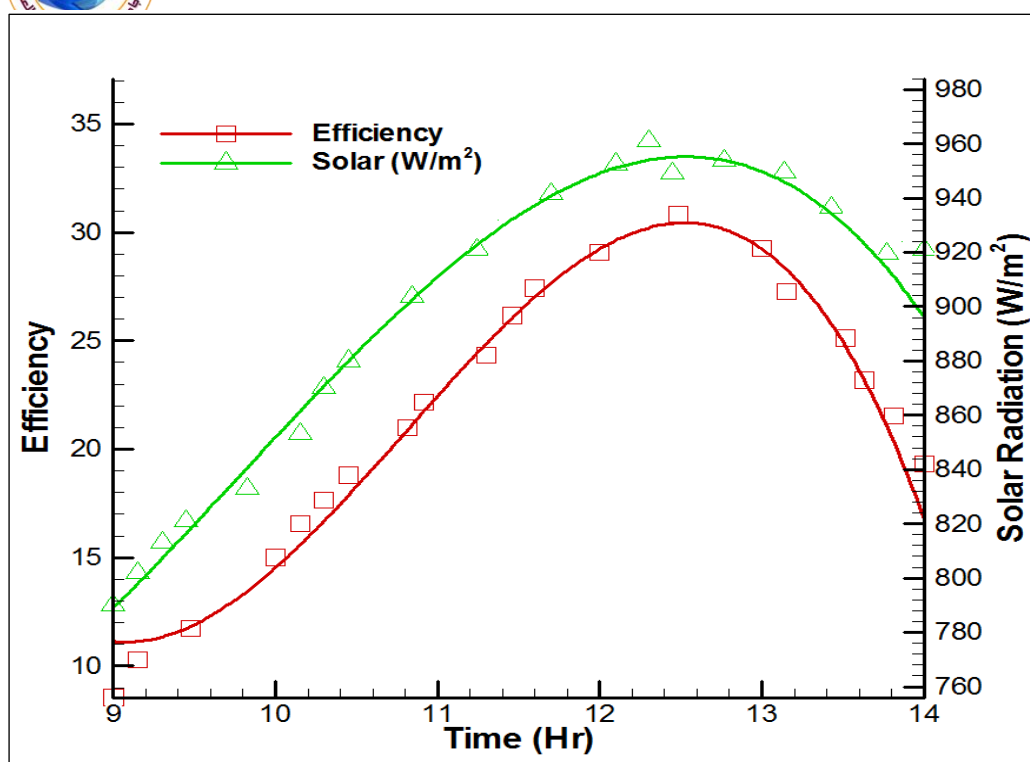
بالانخفاض تدريجيا الى ان تصل (643.5 Watt) في حين تستمر الخسائر الحرارية بالزيادة حتى تصل الى اعلى قيمة (35.9Watt) عند اخر قراءة في الساعة (2:00) بعد الظهر. وباستخدام معدل تدفق كتلي للماء مقداره ($m^{\circ}= 0.02 \text{ Kg/sec}$)

من خلال ملاحظة الشكلين (6) و(7) نجد ان هنالك ارتفاع في قيم كلا من الطاقة الحرارية المكتسبة والخسائر الحرارية بالحمل والتوصيل في الخزان وذلك بسبب زيادة شدة الإشعاع الشمسي تزامنا مع ارتفاع قرص الشمس في السماء خلال النهار وصولا الى زمن الذروة ثم تبدأ الطاقة الحرارية المكتسبة بالانخفاض نتيجة انخفاض شدة الاشعاع الشمسي بعد الظهر في حين تستمر الخسائر الحرارية بالارتفاع وذلك لان الخسائر الحرارية تعتمد على الفرق بين درجة حرارة الماء المستخدم كوسط ناقل للحرارة في الخزان والمحيط وبما ان الماء يستمر بالتسخين حتى وان كان بمعدل اقل من وقت الذروة فان درجة حرارته تستمر بالارتفاع وبذلك يزداد الفرق بين درجة حرارته ودرجة حرارة المحيط. ونلاحظ أيضا من خلال مقارنة الشكلين وبأخذ وقت الذروة ان الطاقة الحرارية المكتسبة في فصل الشتاء شهر كانون الثاني كانت (447.558 Watt) في حين كانت الطاقة المكتسبة في فصل الصيف شهر أيار (887.58 Watt) أي ان الفرق (440.03Watt) ان هذا الفرق الكبير في كمية الطاقة الحرارية المكتسبة حصل نتيجة ارتفاع شدة الاشعاع الشمسي الواصل الى الأرض في فصل الصيف والتي تصل الى (1150W/m^2) بالمقارنة في شدة الاشعاع الشمسي في فصل الشتاء التي لا تزيد عن (600W/m^2) في حال كانت السماء صافية وخالية من الغيوم والغبار، وكذلك الخسائر الحرارية في فصل الصيف اعلى منها في فصل الشتاء بسبب ارتفاع كمية الحرارة المكتسبة من قبل الماء المستخدم كوسط ناقل للحرارة يؤدي الى زيادة الفرق بين درجة حرارة الخزان ودرجة حرارة المحيط الخارجي وبالتالي زيادة الخسائر الحرارية بالخزان بالحمل والتوصيل.



شكل (8) الكفاءة الساعية للمجمع الشمسي والإشعاع الشمسي مع الزمن ليوم
(18/5/2014)

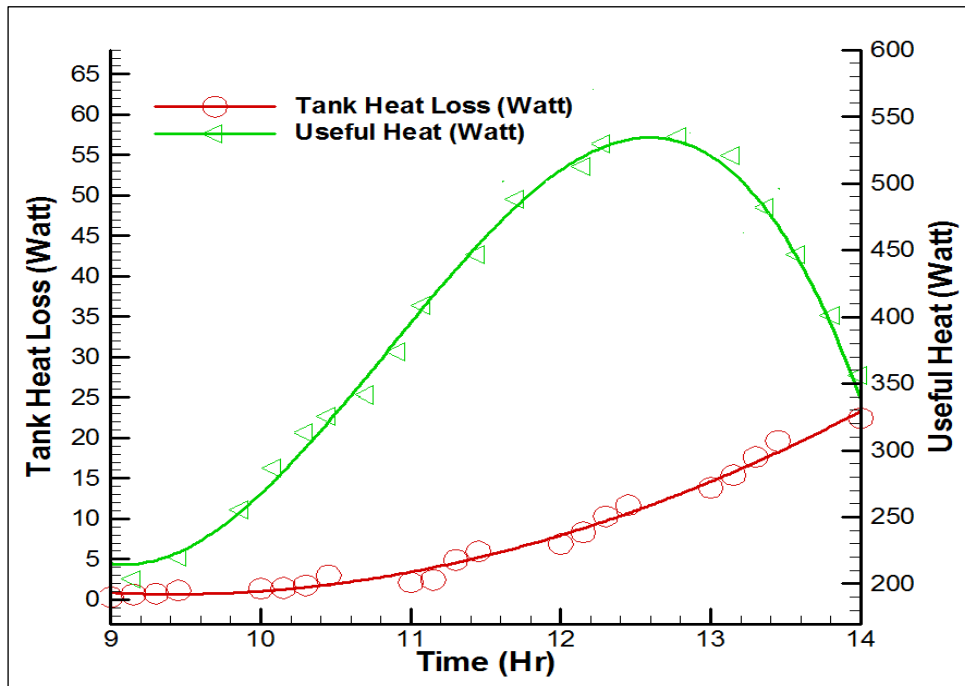
(أنبوب ماص زجاج)-----($m = 0.02 \text{ Kg/sec}$)



شكل (9) الكفاءة الساعية للمجمع الشمسي والإشعاع الشمسي مع الزمن ليوم (4/5/2014)

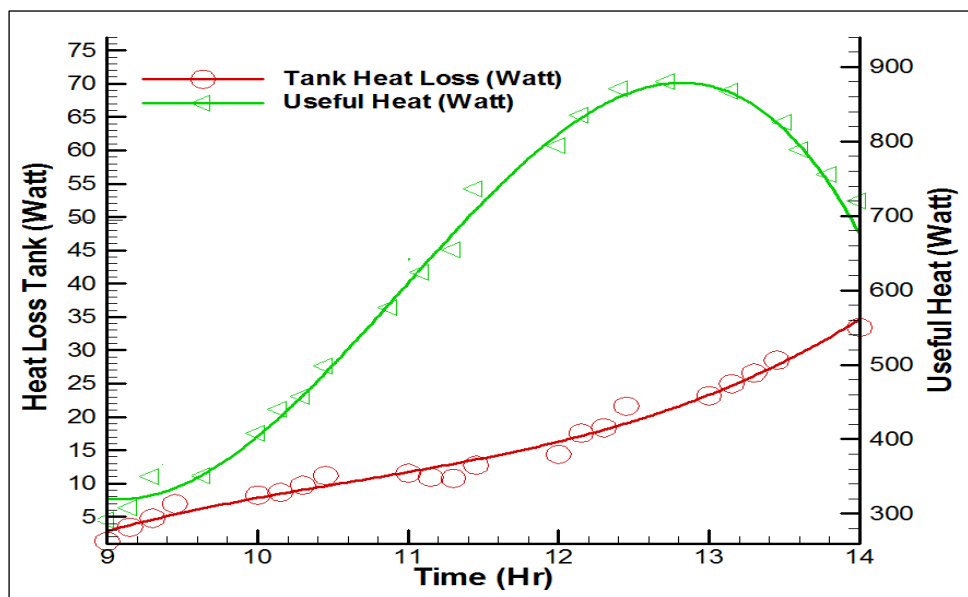
(أنبوب ماص نحاس)-----($m = 0.02 \text{ Kg/sec}$)

حيث نلاحظ من خلال الشكل (8) ان اعلى قيمة للكفاءة الساعية للمجمع الشمسي عند استخدام الانبوب النحاس والمغلف بالزجاج الحراري والمفرغ من الهواء (44.68%) في وقت الذروة عند الساعة (12:30) في حين بلغت اعلى قيمة للكفاءة الساعية للمجمع الشمسي (31.45%) باستخدام الانبوب الماص النحاس أي ان الفرق في الكفاءة بين الحالتين بلغ (13.23%) وكما موضح بالشكل (9) ان هذا الفرق الكبير في قيمة الكفاءة الساعية وعلى الرغم من استخدام قيمة واحدة لمعدل التدفق الكتلي للماء ($m = 0.02 \text{ Kg/sec}$) وكذلك قيم الإشعاع الشمسي الساقط على المجمع الشمسي متقاربة ويعود السبب لوجود خسائر حرارية كبيرة بالحمل والإشعاع عند استخدام أنبوب ماص نحاس بالمقارنة مع الانبوب الماص الزجاج المفرغ من الهواء الذي يتميز بكون الخسائر الحرارية فيه قليلة كون الفراغ بين الأنبوب النحاس والزجاج بعد تفريغه من الهواء اصبح ليس هنالك وسط ناقل للحرارة من الأنبوب الماص الى المحيط الخارجي بالإضافة الى كون الأنبوب الزجاج يعمل على منع تماس الهواء الخارجي بالأنبوب الماص النحاس وبذلك تكون الخسائر الحرارية اقل.



شكل (10) تغير الطاقة المفيدة والخسائر الحرارية في الخزان مع الزمن ليوم

(4/5/2014) (أنبوب ماص نحاس)-----($m^{\circ} = 0.02 \text{ Kg/sec}$)



شكل (11) تغير الطاقة المفيدة والخسائر الحرارية في الخزان مع الزمن ليوم

حيث نلاحظ من خلال الشكل (10) ان اعلى قيمة للطاقة الحرارية الفعالة (534Watt) والخسائر الحرارية بالحمل والتوصيل في الخزان باستخدام الانبوب الماص النحاس (21.3 Watt) في حين بلغت اعلى قيمة الطاقة الحرارية الفعالة (892.3Watt) والخسائر الحرارية في الخزان (34.7 Watt) عند استخدام أنبوب ماص زجاج مفرغ من الهواء كما موضح بالشكل (11) ان هذا الفرق في قيم كلا من الطاقة الحرارية الفعالة (المفيدة) والخسائر الحرارية في الخزان وعلى الرغم من استخدام قيمة واحدة لمعدل التدفق الكتلي للماء وكذلك قيم الاشعاع الشمسي الساقط على المجمع الشمسي متقاربة يعود لوجود خسائر حرارية كبيرة بالحمل والتوصيل عند استخدام أنبوب ماص نحاس مما يؤدي الى ضياع جزء كبير من الطاقة الحرارية المفيدة التي من المفروض امتصاصها من قبل الماء اما بالنسبة الى الفرق في قيم الخسائر الحرارية في الخزان للحالتين فيعود السبب الى انه عند استخدام أنبوب زجاج مفرغ من الهواء ونتيجة لقلة الخسائر الحرارية فان درجة حرارة الماء داخل الخزان تكون اعلى منها باستخدام الانبوب النحاس فيصبح الفرق بين درجة حرارة الماء داخل الخزان والمحيط الخارجي اكبر وبالتالي الخسائر الحرارية في الخزان تكون اكبر.

٤-الاستنتاجات (conclusions)

استنتج من البحث الذي أجري عمليا على المجمع الشمسي الأسطواني ذو القطع المكافئ باستخدام الماء كوسط ناقل للحرارة ان كفاءة المجمع الشمسي والطاقة الفعالة والفرق بين درجات دخول الماء وخروجه من اللاقط تزداد بزيادة كمية الإشعاع الشمسي وان كفاءة المنظومة والطاقة الفعالة تزداد عند استخدام أنبوب نحاس مغلف بالزجاج ومفرغ من الهواء وذلك لانخفاض قيم الخسائر الحرارية بالحمل والإشعاع.



المصادر (References)

[١] نور الدين عبد الله الربيعي. (1983) . الأفاق العلمية لاستثمار الطاقة الشمسية الطبعة الاولى، دار الحرية ، بغداد.

[2] Lof.G.O.G. (1962). Energy Balance of Parabolic Cylindrical Solar Concentrator. Engineering Power Journal. pp. 24-32

[3]Treadwell.G.W. (1976). Design Consideration for parabolic Cylindrical Solar Collector's S.I.S. Canada Inc. 15th_20th Winnipeg vol .2 PP.235_252

[4] Ihab H.Farag. (1980). Design and Performance of concentrating Solar Collector. Fundamentals and Application .Vol (1) pp. 11-13

[5] Thomas Harms and Michael Brooks. (2000) .Design construction and Testing of parabolic Trough Solar Collector for A developing country



Application. Department of Mechanical Engineering University of Stellenbosch South Africa Inc. www.mantac.ac.za/ingxoxo_v2htm

[6] Michael Geyer, Rafael Osuna, Antonio Esteban, Paul Nava. (2002). EUROTROUGH – Parabolic Trough Collector Developed for cost Efficient Solar Power Generation Inc.

www.sbp.de/de/html/contact/download/Euro

[٧] علي فلاح محمد. (2007) دراسة عملية لأداء مركز شمسي أسطواني مقعر ذو القطع مكافئ رسالة ماجستير، قسم هندسة المكنائن والمعدات، الجامعة التكنولوجية.

[8] Govindaraj Kumaresan and Rahulram Sridhar & Ramalingom Velraj (2012). Performance studies of a solar parabolic trough collector with a thermal energy storage system, Energy 47.pp. 395-402

[9] Khaled Al-Zahrani. (2013) . The Application of Parabolic Trough Technology Under yanbu Climatein Saudi Arabia, World Applied Sciences Journal 23 (10), pp. 1386-1391

[10] F. P. Incropera and D. P. DeWitt. (2002). Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 5th ed. (Wiley, USA,).