دراسة الخواص التصميمية للمجمعات الشمسية الهوائية

د . حسن الربيعي*
م . مهدي ابوروين*
م . صلاح التركي*

أ ـ مقدمة

في مطلع السبعينات وقف العالم على ابواب ازمتين حادتين لم يكن احد يتوقع خطورتهما في ذلك الوقت . وهما ازمة مصادر الطاقة التقليدية ومشكلة حفظ البيئة . مما دفع العالم الى البحث العلمي فى وضع الحلول المناسبة على المستويين القريب والبعيد لغرض المحافظة على مصادر الطاقة التقليدية وازالة مسببات التلوث البيئى الناتجة عن استعمالها في مجالات الصناعة والزراعة والخدمات العامة . لذلك توجه الاهتمام في العالم الى دراسة مصادر الطاقة الجديدة (البديلة) .

تشير معظم الدراسات الى ان الموقع الجغرافى للجماهيرية يتميز بنسب مرتفعة من معدلات الأشعاع الشمسي الساقط على سطح الارض وساعات طويلة لسطوع الشمس مما يشجع على استغلال طاقة الاشعاع الشمسي كمصدر لانتاج الطاقة الحرارية وذلك عن طريق التحويل الحرارى للطاقة الشمسية باستخدام المجمعات الشمسية . ويعتبر مجال تسخين الهواء لغرض تجفيف المنتجات الزراعية والتحوم هذا بالاضافة الى التدفئة في فصل الشتاء من التطبيقات المهمة في الوقت الحاضر وفي المستقبل القريب حيث تزداد اهمية الطاقة الشمسية هذه الاغراض في المناطق البعيدة عن مصادر الطاقة الكهربائية والمناطق النائية . وقد تركز الاهتمام في المجتمعات الريفية في كثير من اقطار العالم الثالث الى استخدام المجففات الشمسية البسيطة والقائمة على استخدام المجمعات الشمسية المتخصصة لتسخين اهواء ذات السريان القسرى فى المجففات الكبيرة وذات السريان الطبيعي في المجففات المنفردة الصغيرة الحجم . ان استخدام الطاقة الشمسية في مجال الصناعات الغذائية وعمليات التجفيف سوف يؤدي الى تقليل الاعتماد على الطاقة الشائعة الاستعمال مثل النفط والغاز والكهرباء والتقليل من مسببات تلوث البيئة . هذا بالاضافة الى ذلك فان استخدام الطاقة الشمسية بشكل عام سوف يساهم في المحافظة على الثروة النفطية من الاستهلاك المتزايد واطالة عمر المخزون النفطى . لذلك لابد من تقييم ودراسة منظومات التجفيف باستخدام الطاقة الشمسية وتتكون هذه المنظومات عادة من المجمع الشمسي المخصص لتسخين الهواء (المائع الناقل للحرارة) والمجاري المخصصة لسريان المائع الناقل للحرارة . وتعتبر المجمعات الشمسية هي الاساس لهذه المنظومات لذلك سوف نتناول في دراستنا هذه بحث العوامل المؤثرة على فعالية واداء هذه النوعية من المجمعات الشمسية .

تشير الدراسة التحليلية للمجمعات الشمسية المستوية المخصصة لتسخين الهواء الى اعتماد كل من المواصفات التصميمية وكفاءة المجمع الشمسى بشكل كبير على خواص المجمع التصميمية . لذلك عند دراسة تأثير هذه الخواص يتطلب الأمر إجراء الحسابات التصميمية للمجمع في كل حالة . لذلك سوف نتبع في اجراء البحث على الخواص التصميمية للمجمع الشمسي طريقة النمذجة الرياضية حيث تتطلب هذه الطريقة نموذجا رياضيا لتصميم المجمع الشمسى المدروس . وينم عن طريقه

* جامعة سبها

بحث تأثير جميع الخواص التصميمية للمجمع الشمسي على كفاءته ومواصفاته التصميمية .

2 ـ خواص التصميم المدروس للمجمع الشمسي

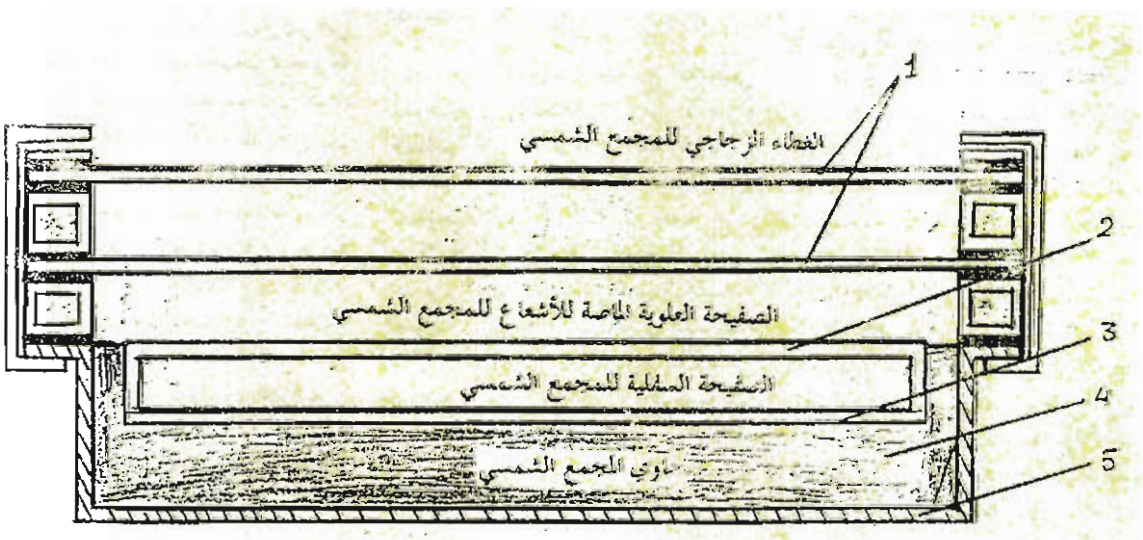
تتلخص المهمة الاساسية للمجمع الشمسي في التقاط الاشعة الشمسية وتحويل طاقتها بواسطة الصفيحة العلوية الماصة للأشعاع الى طاقة حرارية تنتقل الى المائع الناقل للحرارة (الهواء) . الذي يسري في المجرى المخصص لسريانه داخل المجمع لرفع درجة حرارته . وتستخدم هذه المجمعات لرفع درجة حرارة الهواء حتى 100مْ .

لتوضيح المبادىء الاساسية لعمل المجمعات الشمسية المستوية الهوائية . لابد من اعطاء فكرة عامة عن نموذج بسيط لهذا النوع من المجمعات الشمسية .

يتكون تصميم المجمع الشمسي كما هو موضح في الشكل (1) بشكل اساسي من الهيكل الخارجي . والذى هو عبارة عن صندوق معدني يصنع من مادة يسهل التعامل معها اثناء التصنيع والتركيب وتكون لها القدرة على مقاومة الظروف الجوية المختلفة من درجة الحرارة وغيرها من العوامل الاخرى . ويصنع عادة من الصفيح المعدني او الالومنيوم او البلاستيك المقوى . ويحوى بداخله المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة والعازل الحرارى ويثبت على السطح العلوي الاغطية الشفافة . ويصنع المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة من الحديد المجلفن او الصلب بسمك (1 ـ 2مم) وتتم عن طريق سطحه العلوى عملية امتصاص الاشعة الساقطة على سطح المجمع . ويغطى المجمع بلوح او اكثر من الزجاج او البلاستك وذلك بسمك (3 ـ 4مم) لتقليل الفقد الحرارى من السطح العلوى للمجمع ولمنع الغبار من التوضع على الصفيحة الماصة للأشعاع . يتميز الزجاج عن البلاستك بعدم تغير لونه مع الزمن ويفضل استخدام لوحين زجاجين في المناطق الباردة او عندما تكون درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة للمجمع مرتفعة وذلك للتقليل من الفقد الحرارى من المجمع نظرا لانخفاض درجة حرارة الوسط المحيط في الحالة الاولى او ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للاشعاع في الحالة الثانية . ويستعمل العازل الحراري بسمك (8 ـ 10مم) لتقليل الفقد الحرارى من السطح السفلى للمجمع وكذلك من السطوح الجانبية ويصنع عادة من الصوف الزجاجى او من مادة رغوية اسفنجية لها قيمة منخفضة لمعامل التوصيل الحرارى .

3 . طريقة دراسة الخواص التصميمية للمجمعات الشمسية المخصصة لتسخين الهواء :

ان الطريقة العامة لاجراء هذا النوع من الدراسات استخدام طريقة النمذجة الرياضية كما ذكرنا في الفقرة (1) والتي يتم فيها وصف العلاقات الكمية للخواص الاساسية لتصميم المجمع الشمسي المدروس وعلاقة هذه الخواص بالمواصفات التصميمية للمجمع . وباستخدام هذه الطريقة نستطيع تحديد تأثير هذه الخواص على المواصفات التصميمية واداء المجمع الشمسي . وبذلك عند حل هذه المسألة سوف تتم دراسة تأثير الخواص التصميمية والتشغيلية للمجمع الشمسي (المسافة



شكل رقم (1) مقطع عرضي في المجمع الشمسي

بين الصفيحة العلوية والصفيحة السفلية ، عرض المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة ، المسافة بين الصفيحة العلوية للمجمع والغطاء الزجاجي ، كمية الأشعاع الشمسي الساقط على وجه المجمع ، عدد اغطية المجمع ، درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة الى المجمع ، معدل تدفق المائع الناقل للحرارة ، طول الصفيحة الماصة للاشعاع باتجاه سريان المائع الناقل للحرارة) على المواصفات التصميمية للمجمع (معامل فقد الحرارة الكلي من المجمع ، معامل فاعلية المجمع ، معامل سحب الحرارة من المجمع ، كفاءة المجمع الشمسي ، درجة حرارة خروج المائع الناقل للحرارة من المجمع ، مقدار الفقد الهيدروليكي للمائع الناقل للحرارة) .

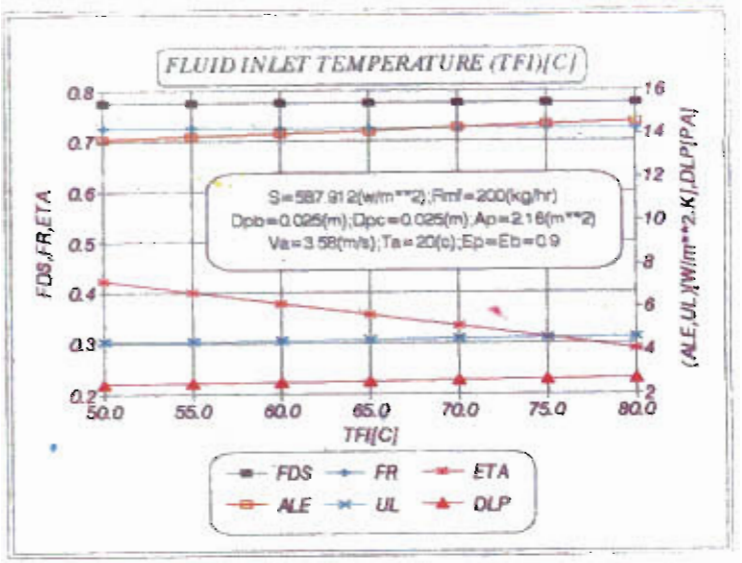
وعند عمل النموذج الرياضي للمجمع الشمسي يمكن اعتباره وحدة مؤلفة من عدة اجزاء مرتبطة مع بعضها في عملية انتاج كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع . ولهذا السبب فان اختلاف احدى هذه الخواص المدروسة او اي تغيير في تصميم اي جزء سوف يؤثر بمقدار معين على المواصفات التصميمية للمجمع الشمسي كوحدة متكاملة وعلى سبيل المثال فان العلاقة بين الخواص والمواصفات التصميمية توصف بمجموعة من العلاقات غير الخطية ومن هذه المعادلات (معادلات الاتزان الحراري للطاقة الحرارية المفقودة من السطح العلوي للمجمع ، معادلة حساب درجة الحرارة المتوسطة للصفيحة السفلية والصفيحة الماصة للاشعاع ، معادلة حساب معامل نقل الحرارة بين المائع الناقل للحرارة والسطح الداخلي للمجرى المخصص لسريان المائع ، معادلة حساب معامل فقد الحرارة الكلي ، معادلة حساب معامل فاعلية المجمع ومعامل سحب الحرارة وكمية الطاقة الحرارية المفيدة وكفاءة المجمع الشمسي . وبناء على ذلك يمكن كتابة النموذج الرياضي لتصميم المجمع الشمسي المدروس حسب العلاقات الرياضية والمعادلات الحرية ووفقا للطرق المستخدمه لاجراء هذا النوع من الحسابات وهي :

* طريقة حساب مضروب معامل النفاذية في معامل الامتصاصية[1] .
* طريقة حساب الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصوره عمودية على وجه المجمع بطريقة السماء الصافية [4 ، 2] .
* طريقة حساب معامل نقل الحرارة للمائع الناقل للحرارة (الهواء) الذي يسري داخل المجرى .
* طريقة حساب المواصفات التصميمية للمجمع (معامل فاعلية المجمع ، معامل فقد الحرارة الكلي للمجمع ، ومعامل سحب الحرارة من المجمع وكفاءة المجمع الشمسي) .
* طريقة حساب معامل فقد الحرارة من السطح العلوي للمجمع[3] .
* طريقة حساب معامل فقد الحرارة من السطح السفلي للمجمع [3] .
* طريقة حساب الفقد الهيدروليكي للمائع الناقل للحرارة [7 ، 6] .

4 ـ طريقة حل النموذج الرياضي للتصميم المدروس

يتكون تصميم المجمع الشمسي الموضح في الشكل (1) من الاجزاء الاساسية التي تم ذكرها في الفقرة (2) . وان المائع الناقل للحرارة يسري بين الصفيحة العلوية والسفلية للمجمع . لذلك فقد تم كتابة النموذج الرياضي لتصميم مجمع شمسي من نوع الصفيحة العلوية والسفلية وفقا للطرق السابقة الذكر (الفقرة 3) . والبرنامج يتألف من برنامج رئيسي وعدة برامج فرعية يتم استدعاؤها في هذا البرنامج . والشكل ( ) يوضح مخطط سير العمليات للبرنامج الرئيسي وبذلك فان حساب التصميم الحراري للمجمع الشمسي المدروس يبدأ من تحديد زاوية الساعة والخواص التصميمية للمجمع . بعدها يتم استدعاء البرنامج الفرعي المخصص لحساب الأشعاع الشمسي المباشر والانتشاري الذي يسقط بصورة عمودية على السطح الافقي باستخدام طريقة السماء الصافية ويتم تجهيز هذا البرنامج الفرعي بالبيانات اللازمة عن طريق البرنامج الرئيسي . ومن الجدير بالذكر ان البيانات اللازم ادخالها للبرنامج الفرعي هي (اليوم المخصص من الشهر ، زاوية الانحراف ، ثابت الأشعاع الشمسي ، ارتفاع الموقع المدروس عن سطح البحر ، زاوية خط العرض للموقع المدروس ، الوقت الظاهري ، طبيعة الطقس ومدى الرؤيا) . ان حساب كمية الأشعاع الشمسي العمودي على السطح الافقي يعتبر مرحلة تجهيز البيانات اللازمة لحساب التصميم الحراري للمجمع الشمسي وبعد الانتهاء من هذه العملية ينتقل التحكم الى البرنامج الرئيسي عند بداية حساب كمية الاشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع بعد ذلك يتم استدعاء البرنامج الفرعي المخصص لحساب معامل النفاذية لأغطية المجمع .

وكذلك مضروب معامل النفاذية في معامل الامتصاصية بالنسبة للأشعاع الشمسي المباشر والانتشاري . وبعد الانتهاء من هذه العملية يعود التحكم الى البرنامج الرئيسي لحساب كمية الأشعاع الشمسي الممتص من قبل صفيحة المجمع . بعدها ينتقل التحكم الى البرنامج الفرعي المخصص لحساب معامل نقل الحرارة بين السطح الداخلي لجدار داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة . والبيانات اللازم ادخالها لاجراء الحسابات في هذا البرنامج الفرعي عن طريق البرنامج الرئيسي تشمل (معدل تدفق المائع (الهواء) الناقل للحرارة ، درجة حرارة الدخول والخروج للمائع (الهواء) الناقل للحرارة ، المسافة بين الصفيحة العلوية والصفيحة



شكل رقم (2) دراسة تأثير درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة للمجمع الشمسى على المواصفات التصميمية للمجمع

السفلية ، وبعد اجراء عملية الحساب لمعاملات نقل الحرارة السابقة الذكر اعلاه يعود التحكم الى البرنامج الرئيسي عند بداية حساب المواصفات التصميمية للمجمع معامل فاعلية المجمع ، معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع ، ومعامل سحب الحرارة من المجمع ، درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع . حيث يتم في البرنامج الرئيسي بعد هذه الخطوة اعداد البيانات اللازمة لحساب معامل فقد الحرارة من السطح العلوى للمجمع . بعد ذلك يتم استدعاء البرنامج الفرعى المخصص لحساب معامل فقد الحرارة من السطح العلوى للمجمع والبيانات اللازمة لاجراء الحسابات في هذا البرنامج الفرعى يتم تجهيزها عن طريق البرنامج الرئيسي وتشمل هذه البيانات (درجة حرارة الهواء الخارجى ، سرعة الريح ، درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع ، عدد اغطية المجمع وغيرها من البيانات الاخرى اللازمة لاجراء هذا النوع من الحسابات) .

وحال الانتهاء من تحديد معامل فقد الحرارة من السطح العلوى للمجمع ينتقل التحكم الى البرنامج الرئيسي للمقارنة بين القيمة المفروضة والقيمة المحسوبة لمعامل فقد الحرارة الكلي للمجمع فاذا كان مقدار الفرق بين هذه القيم ضمن مجال الدقة المسموح به ينتقل التحكم الى البرنامج الرئيسي الى حساب درجة حرارة خروج المائع الناقل للحرارة من المجمع ومن ثم المقارنة بين درجة الحرارة المفروضة والدرجة المحسوبة لخروج المائع الناقل للحرارة فاذا كان الفرق بين هاتين القيمتين ضمن مجال الدقة المسموح به فى هذه الحالة يتم حساب كفاءة المجمع الشمسى ومقدار الفقد في الضغط للمائع الناقل للحرارة وبذلك يتم تكرار الحسابات فى البرنامج عدة مرات عن طريق اختيار مناسب للبدائل ذات القيم المختلفة للخواص المدروسة التى تم ذكرها اعلاه . ومن الجدير بالذكر فى حالة عدم تحقق مقادير الدقة المطلوبة فى حساب بعض المتغيرات المفروضة يعود التحكم في البرنامج الى العبارة التى تلى عبارة فرض هذا المتغير مباشرة بعد ان يتم استبدال القيمة المفروضة بالقيمة المحسوبة .

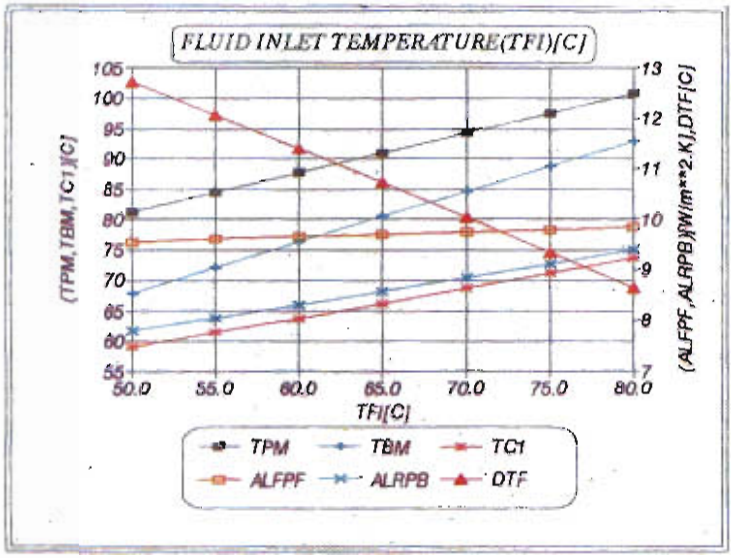
5 ـ نتائج دراسة الخواص التصميمية واداء النموذج المدروس للمجمع الشمسى

باستخدام النموذج الرياضى للمجمع الشمسى المخصص لتسخين الهواء الذى ثم وصفه فى الفقرة السابقة . ثم بحث تأثير الخواص التصميمية للنموذج الرياضى المخصص لتسخين الهواء المبين بالشكل (1) على مواصفاته التصميمية واداءه . حيث تمت دراسة تأثير تغير احد الخواص التصميمية على اداء المجمع ومواصفاته بثبوت الخواص الاخرى . وقد بينت نتائج هذه الدراسة تأثير العوامل المختلفة على المواصفات التصميمية واداء المجمع الشمسى (معامل فاعلية المجمع (FDS) ، ومعامل سحب الحرارة (FR) ، وكفاءة المجمع (ETA) ، ومعامل نقل الحرارة المكافئ للحمل والأشعاع الحرارى داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى (ALE) ، ومعامل فقد الحرارة الكلى للمجمع (UL) وكذلك مقدار الفقد فى الضغط للمائع الناقل للحرارة داخل المجمع (DLP) . هذا بالاضافة الى ذلك تم بحث تأثير هذه العوامل على معاملات نقل الحرارة عن طريق الحمل الحرارى القسرى على السطح الداخلى لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع (ALFPF) والأشعاع الحرارى بين الصفيحة الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية للمجمع الشمسى (ALRPB) داخل المجمع . وكذلك درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع العلوية والسفلية (TBM , TPM) والسطح الداخلى للغطاء الزجاجى الاول (TCI) ومقدار الارتفاع فى درجة حرارة المائع الناقل للحرارة داخل المجمع (DTF) .

وبناء على ما تقدم تم دراسة تأثير ارتفاع درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة الى المجمع الشمسى (TFI) على مواصفاته التصميمية (FDS,FR,ETA,ALE,UL,DLP)

عند ثبوت الخواص الاخرى المدروسة . حيث يلاحظ من الشكل (2) ان زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة الى المجمع الشمسى تؤدى الى ارتفاع بسيط في قيمة معامل فاعلية المجمع . وسبب ذلك يعود على زيادة معامل نقل الحرارة المكافئ للحمل والأشعاع والحمل الحرارى داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة بمقدار اكبر من الارتفاع فى قيمة معامل فقد الحرارة من صفيحة المجمع الماصة للأشعاع الى الوسط المحيط ، او بطريقة اخرى فان ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة المكافئ للأشعاع والحمل الحرارى داخل المجرى تؤدى الى انخفاض مقدار الفرق بين درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع ودرجة حرارة المائع الموضعية مما سبب ذلك في انخفاض كمية الطاقة الحرارية المفيدة (dqu) للمجمع الشمسى بمقدار اصغر من مقدار الهبوط فى كمية الطاقة الحرارية المفيدة القصوى للمجمع الشمسى عندما تصبح درجة حرارة صفيحة المجمع الشمسى مساوية لدرجة حرارة المائع الموضعية (dqu) max .

ويلاحظ كذلك من الشكل (2) تأثير ارتفاع درجة حرارة المائع الناقل للحرارة على قيمة معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع من المائع الناقل للحرارة الى الوسط المحيط . حيث يلاحظ من الشكل (2) ارتفاع قيمة معامل فقد الحرارة الكلي للمجمع الشمسى مع زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة . والسبب فى ذلك يمكن تفسيره الى ارتفاع قيمة درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية (الشكل (3) . مما يؤدى ذلك الى زيادة الفواقد الحرارية للمجمع من السطح العلوى والسفلى . وبالتالى ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المفقودة من المجمع بمقدار اكبر من الزيادة فى فرق درجات الحرارة بين المائع الناقل للحرارة والوسط المحيط .



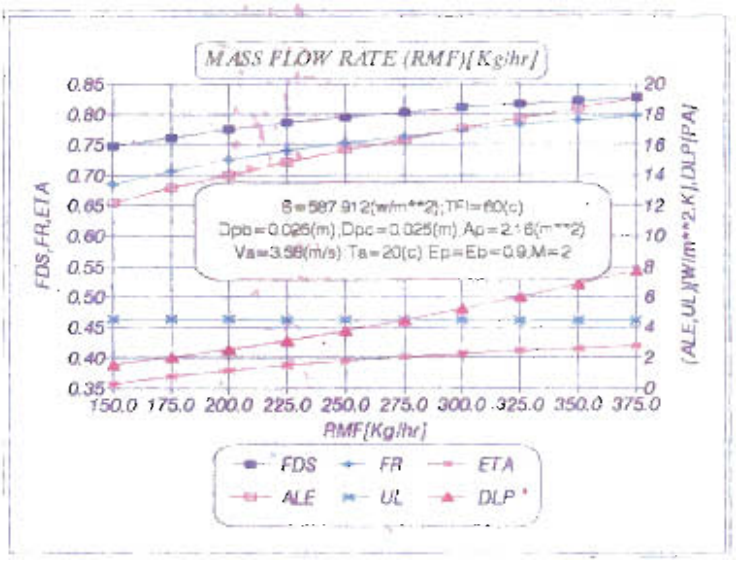
شكل رقم (3) دراسة تأثير درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة للمجمع الشمسى على (TPM, TBM , TCI , ALFPF , ALRPB , DTF)

ويلاحظ من الشكل (2) ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة المكافئ للحمل والأشعاع الحرارى داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة مع زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة للمجمع الشمسى . والسبب فى ذلك هو ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة المكافئ للأشعاع الحرارى بين صفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية للمجمع (الشكل (3)) . وكذلك ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة عن طريق الحمل الحرارى على السطح الداخلى لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع وعلى سطح الصفيحة السفلية للمجمع الشمسى . ويلاحظ من الشكل (2) انخفاض بسيط فى قيمة معامل سحب الحرارة للمجمع الشمسى مع ارتفاع درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة . والسبب فى ذلك يعود على زيادة معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع للأسباب التى ذكرناها اعلاه . مما يؤدى ذلك الى انخفاض كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع بمقدار اكبر من الانخفاض فى كمية الطاقة الحرارية المفيدة القصوى عندما تصبح درجة حرارة صفيحة المجمع مساوية لدرجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة للمجمع الشمسى . وبناء على ما تقدم يلاحظ من الشكل (2) انخفاض كفاءة المجمع الشمسى اللحظية مع زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة . أما تأثير ارتفاع درجة حرارة المائع الناقل للحرارة للمجمع على مقدار الفقد فى الضغط للمائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى فهو مبين فى الشكل (2) . حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع قيمة مقدار الفقد فى الضغط للمائع الناقل للحرارة مع زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة . والسبب فى ذلك هو زيادة سرعة المائع الناقل للحرارة بسبب انخفاض كثافة المائع الناقل للحرارة مع ارتفاع درجة حرارته .

وكذلك تمت دراسة تأثير درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة الى المجمع على درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع . حيث يلاحظ من الشكل (3) زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل

الحرارة تؤدى الى ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع العلوية . كنتيجة لارتفاع درجة الحرارة المتوسطة للمائع الناقل للحرارة فى المجرى المخصص لسريانه داخل المجمع . ويلاحظ من الشكل (3) ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع السفلية مع زيادة درجة حرارة الدخول المائع الناقل للحرارة . وذلك بسبب ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المنبعثة عن طريق الأشعاع الحرارى من الصفيحة العلوية الى الصفيحة السفلية . مما يؤدى ذلك الى ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المنصبة للصفيحة السفلية . ومن ثم ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لهذه الصفيحة . ويلاحظ كذلك من الشكل (3) ارتفاع درجة حرارة السطح الداخلى للغطاء الزجاجى الاول مع ارتفاع درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة والسبب فى ذلك هو زيادة كمية الطاقة الحرارية المفقودة عن طريق الحمل والأشعاع الحرارى من الصفيحة الماصة للأشعاع الى الغطاء الزجاجى . كنتيجة لارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع . وبناء على ما تقدم سوف تزداد كمية الحرارة المفقودة من المجمع الشمسى بسبب ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة الماصة للأشعاع وكذلك الصفيحة السفلية . مما يؤدى ذلك الى انخفاض كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع الشمسى ومن ثم هبوط معدل الزيادة في درجة حرارة المائع الناقل للحرارة (لاحظ الشكل (3)) .

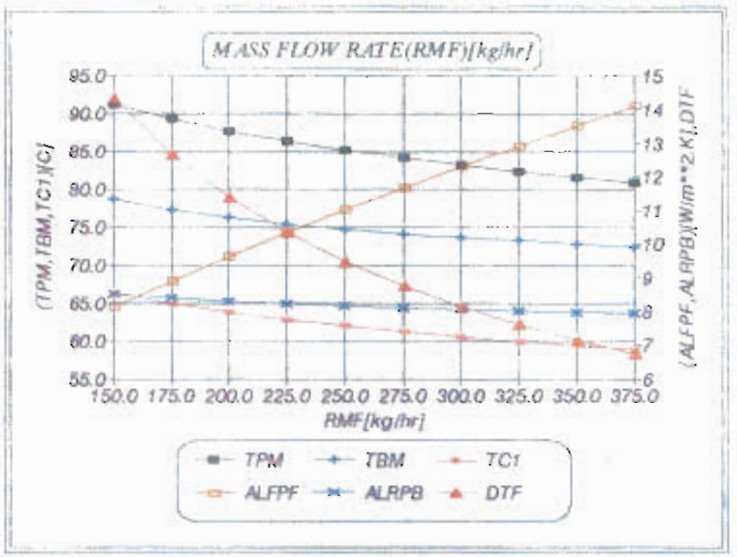
تأثير درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة على معامل نقل الحرارة المكافىء للأشعاع الحرارى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة مبين فى الشكل (3) . حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة المكافىء للأشعاع الحرارى داخل المجمع المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة مع زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة . والسبب فى ذلك هو ارتفاع درجه الحرارة المتوسطة لصفيحة الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية للأسباب التى ذكرناها اعلاه . ويلاحظ من الشكل (3) ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة عن طريق الحمل الحرارى القسرى على السطح الداخلى لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية مع زيادة درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة . والسبب فى ذلك هو انخفاض كثافة المائع الناقل للحرارة مع ارتفاع درجة حرارته مما يؤدى الى سرعة المائع الناقل للحرارة ومن ثم ارتفاع مقياس الحمل الحرارى القسرى داخل المجرى رقم نسلت (Pc) . وبالتالى ارتفاع رقم نسلت (Nuf) للمائع الناقل للحرارة داخل المجرى .



شكل رقم (4) تأثير معدل تدفق المائع الناقل للحرارة الى المجمع الشمسى على الخواص التصميمية

وقد تمت دراسة تأثير ارتفاع معدل تدفق المائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى (RMF) على المواصفات التصميمية للمجمع (FDS,FR,ETA,ALE,UL,DLP) عند ثبوت الخواص الاخرى المدروسة . حيث يلاحظ من الشكل (4) انه مع زيادة معدل التدفق للمائع الناقل للحرارة الى المجمع تؤدى الى ارتفاع معامل فاعلية المجمع . وسبب ذلك يمكن تفسيره الى زيادة قيمة معامل نقل الحرارة المكافىء للحمل والأشعاع الحرارى داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة . وانخفاض قيمة معامل فقد الحرارة الكلى من صفيحة المجمع الماصة للاشعاع إلى الوسط المحيط بسبب انخفاض درجة الحرارة المتوسطة لهذه الصفيحة (شكل (5)) .

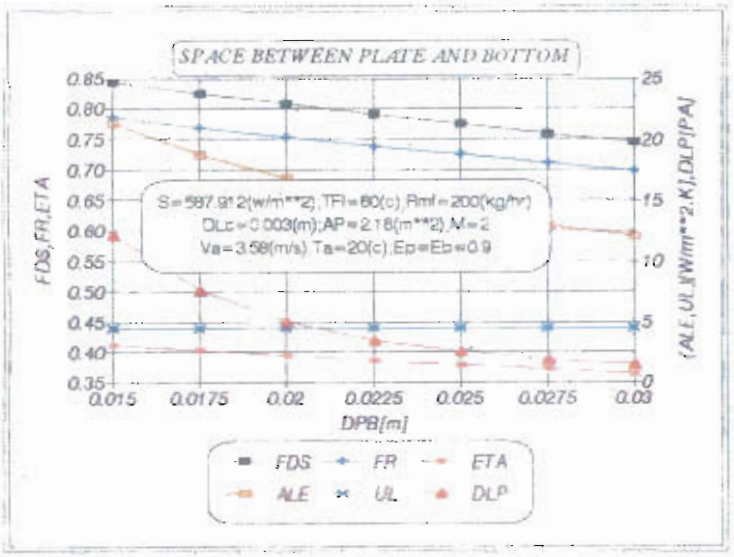
ويلاحظ من الشكل (4) كذلك تأثير زيادة معدل التدفق المائع الناقل للحرارة على معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع . وكما هو مبين فى الشكل فان معدل التدفق للمائع للحرارة تؤدى الى انخفاض بسيط في قيمة معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع وسبب ذلك يعود الى زيادة السعة الحرارية للمائع الناقل للحرارة وكذلك ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة المكافىء للحمل والأشعاع الحرارى داخل



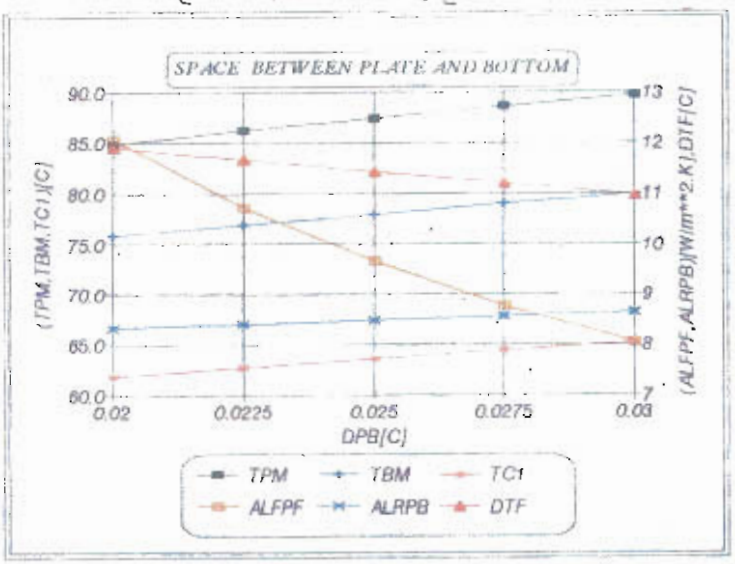
شكل رقم (5) تغير معدل تدفق المائع الناقل للحرارة الى المجمع الشمسى على (TPM, TBM , TCI , ALFPF , ALRPB , DTF)

محرى . ثم يؤدى ذلك الى انخفاض درجة حرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع وكذلك الصفيحة السفلية (الشكل (5)) . ومن ثم هبوط كمية الطاقة الحرارية المفقوده من السطح العلوى والسفلى للمجمع بمقدار اكبر من الانخفاض فى فرق درجات الحرارة بين المائع الناقل للحرارة والوسط المحيط . ويبين الشكل (4) تأثير زيادة معدل التدفق للمائع الناقل للحرارة على معامل سحب الحرارة للمجمع . حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع فى قيمة معامل سحب الحرارة للمجمع مع زيادة معدل التدفق . ويمكن تفسير ذلك الى انخفاض الفرق بين درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة ودرجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع . بسبب زيادة معدل السعة الحرارية للمائع الناقل للحرارة وكذلك انخفاض قيمة معامل نقل الحرارة على السطح السفلى لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع . مما يؤدى ذلك الى زيادة كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع بمقدار اكبر من الزيادة فى كمية الطاقة الحرارية المفيدة القصوى (QU) عندما تصبح درجة حرارة صفيحة المجمع مساوية لدرجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة . ويلاحظ من الشكل (4) ارتفاع كفاءة المجمع الشمسى مع زيادة معدل التدفق للمائع الناقل للحرارة والسبب فى ذلك هو زيادة كمية الطاقة الحرارية المفيدة التى يكتسبها المائع الناقل للحرارة كنتيجة لارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة على السطح السفلى لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع وكذلك الصفيحة السفلية (الشكل (5)) وانخفاض مقدار الزيادة فى درجه حرارة المائع الناقل للحرارة . مما يؤدى الى انخفاض كمية الطاقة الحرارية المفقودة من المجمع الى الوسط المحيط والشكل (4) يبين تأثير زيادة معدل التدفق للمائع الناقل للحرارة على معامل الفقد فى الضغط فيلاحظ من الشكل ان ارتفاع معدل تدفق المائع الناقل للحرارة تؤدى الى زيادة قيمة الفقد فى الضغط نتيجة لارتفاع سرعة المائع الناقل للحرارة داخل المجمع .

ويبين الشكل (5) تأثير زيادة معدل التدفق على درجات الحرارة المتوسطة لكل من الصفيحة العلوية الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية والسطح الداخلى للغطاء الزجاجى الاول فيلاحظ من الشكل (5) عند زيادة معدل تدفق المائع الناقل للحرارة فان درجة حرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع تنخفض نتيجة لارتفاع سرعة المائع الناقل للحرارة . ومن ثم زيادة معامل نقل الحرارة على سطح الصفيحة الماصة للاشعاع . وكذلك انخفاض معدل الزيادة فى درجة حرارة المائع الناقل للحرارة داخل المجرى بسبب زيادة معدل السعة الحرارية للمائع الناقل للحرارة . اما انخفاض درجة الحرارة المتوسطه للسطح الداخل للغطاء الزجاجى الاول وكذلك الصفيحة السفلية للمجمع الشمسى مع زيادة معدل تدفق المائع الناقل للحرارة فيمكن تفسيره الى هبوط كمية الطاقة الحرارية المنتقلة عن طريق الأشعاع الحرارى من صفيحة المجمع الماصة للأشعاع الى الصفيحة السفلية بسبب انخفاض درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع . وكذلك كمية الطاقة الحرارية المنتقلة عن طريق الأشعاع والحمل الحرارى من صفيحةالمجمع الماصة للأشعاع الى السطح الداخلى للغطاء الزجاجى الاول . هذا بالاضافة الى زيادة كثافة المائع الناقل للحرارة بسبب معدل الزيادة فى درجة حرارته . ويلاحظ من الشكل (5) انخفاض قيمة معامل نقل الحرارة المكافئ للأشعاع الحرارى بين صفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية مع زيادة معدل تدفق المائع الناقل للحرارة . والسبب فى ذلك هو انخفاض درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية للاسباب السابقة الذكر اعلاه . ويلاحظ كذلك من الشكل (5) ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة عن طريق الحمل الحرارى القسرى داخل المجرى المحصور



شكل رقم (6) تأثير المسافة بين الصفيحة العلوية الماصة للاشعاع والصفيحة السفلية للمجمع



شكل رقم (7) تأثير المسافة بين الصفيحة العلوية الماصة للاشعاع والصفيحة السفلية للمجمع على (TPM, TBM , TCI , ALFPF , ALRPB , DTF)

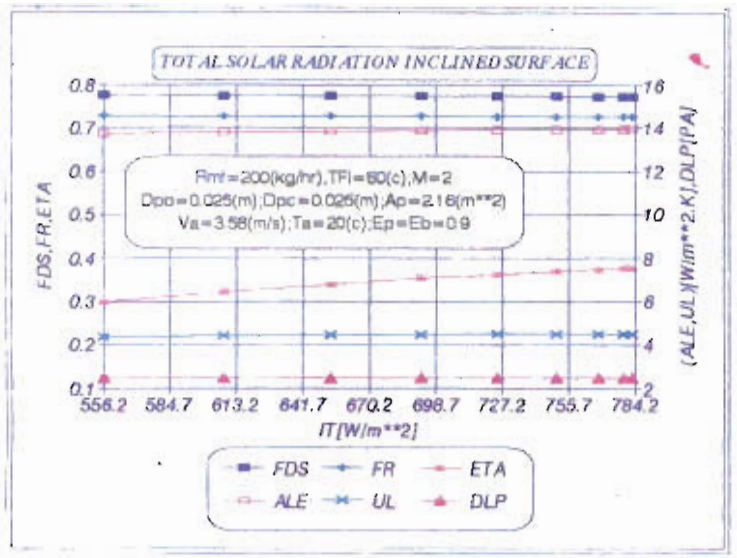
المعبدة للمجمع الشمسي .

وقد تمت دراسة تأثير زيادة كمية الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع الشمسي (IT) على مواصفاته التصميمية عند (FDS,FR,ETA,UL,DLP) ثبوت الخواص الاخرى حيث يلاحظ من الشكل (8) ان زيادة كمية الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط على سطح المجمع بصورة عمودية تؤدي الى انخفاض معامل فاعلية المجمع كنتيجة لارتفاع معامل فقد الحرارة الكلي من

وقد تمت دراسة تأثير زيادة المسافة بين صفيحة المجمع الماصة للاشعاع والصفيحة السفلية (DLP) على المواصفات التصميمية للمجمع (FDS,FR,ETA,ALE,UL,DLP) عند ثبوت الخواص الاخرى حيث يلاحظ من الشكل (6) ان زيادة المسافة بين صفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية تؤدي الى انخفاض معامل فاعلية المجمع والسبب في ذلك يعود الى زيادة مساحة مقطع المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة عن طريق الحمل الحراري القسري داخل المجرى الشكل (7) . وكذلك ارتفاع قيمة معامل قيمة فقد الحرارة الكلي من صفيحة المجمع الماصة للاشعاع الى الوسط المحيط . او بطريقة اخرى فإن زيادة المسافة بين صفيحة المجمع الماصة للاشعاع والصفيحة السفلية تؤدي الى ارتفاع درجة حرارة المائع الناقل للحرارة السفلي للصفيحة الماصة للاشعاع وكذلك الصفيحة السفلية للمجمع فيلاحظ من الشكل (7) انخفاض قيمته مع زيادة المسافة بين الصفيحة الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية . والسبب في ذلك هو زيادة مساحة المجرى المخصص للسريان مما يؤدي الى انخفاض سرعة المائع الناقل للحرارة داخل المجرى المخصص لسريانه في المجمع الشمسي . ويلاحظ من الشكل (7) انخفاض سرعة المائع الناقل للحرارة مع زيادة المسافة بين الصفيحة الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية . والسبب في ذلك يعود الى زيادة كمية الحرارة المفقودة من المجمع الشمسي ومن ثم انخفاض كميه الطاقة الحرارية

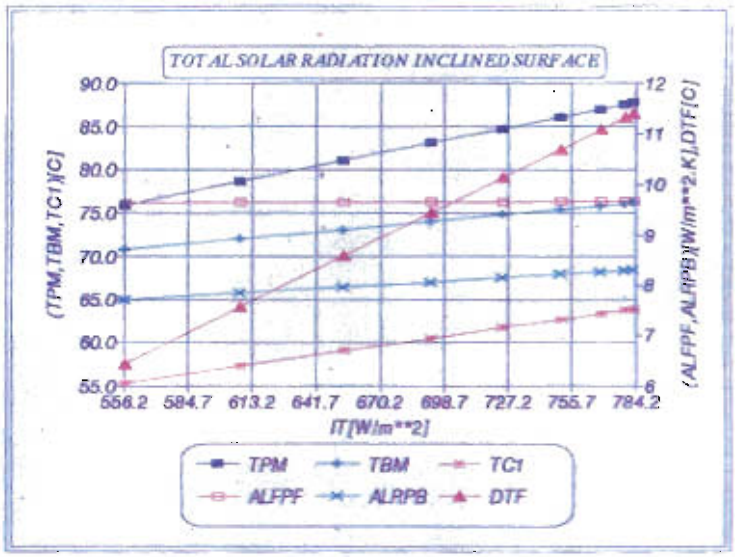
صفيحة المجمع المصمتة للأشعاع الى الوسط المحيط بمقدار اكبر من الزيادة فى قيمة معامل نقل الحرارة المكافىء للحمل والأشعاع الحرارى فى المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى . او بطريقة اخرى فان زيادة كمية الأشعاع الشمسى الذى يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع تؤدى الى ارتفاع درجة حرارة المائع الناقل للحرارة بمقدار اصغر من الزيادة فى درجة الحراره المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع الشكل (9) . مما يؤدى ذلك الى ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع (dqu) بمقدار اصغر من الزيادة فى كمية الطاقة الحرارية المفيدة القصوى عندما تصبح درجة حرارة صفيحة المجمع مساوية لدرجة حرارة المائع الناقل للحرارة الموضعية max (dqu) . وبذلك سوف تنخفض بمقدار بسيط قيمة معامل فاعلية المجمع . ويلاحظ كذلك من الشكل (8) ارتفاع قيمة معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع مع زيادة كمية الأشعاع الشمسى الكلى الذى يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع . والسبب فى ذلك هو زيادة كمية الأشعاع الشمسى الممتص مما يؤدى ذلك الى ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية ومن ثم زيادةالفقد الحرارى من المجمع عن طريق السطح العلوى والسفلى للمجمع الشمسى . وبالتالى ارتفاع كمية الحرارة المفقودة من المجمع بمقدار اكبر من الزيادة فى فرق درجات الحرارة بين المائع الناقل للحرارة والوسط المحيط .

تأثير زيادة كمية الأشعاع الشمسى الكلى على معامل سحب الحرارة للمجمع الشمسى مبين فى الشكل (8) . حيث يلاحظ من الشكل انخفاض بسيط فى قيمة معامل سحب الحرارة للمجمع الشمسى مع زيادة الأشعاع الشمسى الكلى الذى يسقط بصورة عمودية على



شكل رقم (8) تأثير كمية الاشعاع الشمسى الكلى الذى يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع على المواصفات التصميمية للمجمع الشمسى

سطح المجمع . وسبب ذلك يعود الى زيادة معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع وكذلك انخفاض قيمة معامل فاعلية المجمع . وبهذا فان معدل الزيادة فى كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع الشمسى (Qu)اصغر من معدل الارتفاع فى كمية الطاقة الحرارية المفيدة القصوى عندما تصبح درجة حرارة صفيحة المجمع الماصة للأشعاع مساوية لدرجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة (Qu) max . وذلك لارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع (لاحظ الشكل(9)) . تأثير زيادة كمية الأشعاع الشمسى الكلى (الذى يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع) على كفاءة المجمع الشمسى موضحا فى الشكل (8) . حيث يبين الشكل ارتفاع كفاءة المجمع الشمسى مع زيادة كمية الأشعاع الشمسى الكلى . وسبب ذلك يعود الى زيادة كمية الطاقة الحرارية المفيدة كنتيجة لزيادة كمية الأشعاع الشمسى الممتص من قبل صفيحة المجمع الماصة للأشعاع بالرغم من الزيادة فى قيمة معامل فقد الحراره الكلى . حيث فى هذه الحالة مقدار الزيادة فى كمية الطاقة الحرارية المفيده للمجمع الشمسى اكبر من مقدار الارتفاع فى كمية الطاقة الحرارية المفقودة من المجمع الشمسى عن طريق السطح العلوى والسفلى للمجمع ويلاحظ من الشكل (8) ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة المكافىء للحمل والأشعاع الحرارى داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة مع زيادة كمية الأشعاع الشمسى الكلى الذى يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع الشمسى . وسبب ذلك يمكن تفسيره الى ارتفاع معامل نقل الحرارة المكافىء عن طريق الأشعاع والحمل الحرارى داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى (لاحظ الشكل (8)) . وبين كذلك الشكل (8) تأثير زيادة كمية الأشعاع الشمسى الكلى على مقدار الفقد فى الضغط المائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع مقدار الفقد فى



شكل رقم (9) تأثير كمية الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع (TPM, TBM , TCI , ALFPF , ALRPB , DTF)

الضغط للمائع الناقل للحرارة داخل المجمع مع زيادة الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع الشمسي . والسبب في ذلك يمكن تفسيره الى ارتفاع سرعة المائع الناقل للحرارة في المجرى المخصص لسريانه داخل المجمع كنتيجة لانخفاض كثافة المائع الناقل للحرارة مع زيادة درجة حرارته .

تأثير كمية الأشعاع الشمسي الكلي على درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الشمسي مبين في الشكل (9) . حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع مع زيادة كمية الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع الشمسي . وذلك بسبب ارتفاع كمية الأشعاع الشمسي الممتص من قبل صفيحة المجمع . ومن المعروف ان ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع . سوف تؤدي الى زيادة كمية الطاقة الحرارية المنتقلة عن طريق الأشعاع الحراري من الصفيحة الماصة للأشعاع الى الصفيحة السفلية . وبذلك سوف ترتفع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع السفلية (لاحظ الشكل (9)) . وكذلك فان زيادة درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع سوف تؤدي الى ارتفاع كمية الطاقة الحرارية المفقودة عن طريق الحمل والأشعاع الحراري من هذه الصفيحة الى الغطاء الزجاجي الاول . مما يسبب في ارتفاع درجة حرارة السطح الداخلي للغطاء الزجاجي الاول كما مبين في الشكل (9) . تأثير كمية الأشعاع الشمسي الكلي على معامل نقل الحرارة المكافىء للأشعاع الحراري بين الصفيحة الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية مبين في الشكل (9) حيث يلاحظ من الشكل ارتفاع قيمة معامل نقل الحرارة المكافىء للأشعاع الحراري مع زيادة كمية الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع الشمسي . وسبب ذلك يمكن تفسيره الى ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة للصفيحة الماصة للأشعاع وكذلك الصفيحة السفلية مع زيادة كمية الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع للأسباب التي تم ذكرها اعلاه . اما معامل نقل الحرارة عن طريق الحمل الحراري القسري على السطح السفلي للصفيحة الماصة للأشعاع وكذلك الصفيحة السفلية للمجمع فترتفع قيمتها مع زيادة كمية الأشعاع الشمسي الكلي على سطح المجمع . والسبب في ذلك هو ارتفاع درجة حرارة المائع الناقل للحرارة مع زيادة كمية الأشعاع الكلي مما يؤدي ذلك الى انخفاض كثافة المائع الناقل للحرارة ومن ثم زيادة السرعة داخل المجرى المخصص لسريانه داخل المجمع الشمسي . وبالتالي ارتفاع مقياس الحمل الحراري القسري رقم بيكل (Pc) . وبذلك سوف ترتفع قيمة رقم نسلت (Nuf) للمائع الناقل للحرارة .

ويلاحظ من الشكل (9) ارتفاع مقدار الفرق في درجة حرارة المائع الناقل للحرارة مع زيادة كمية الأشعاع الشمسي الكلي الذي يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع . والسبب في ذلك يعود الى زيادة كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع الشمسي (كنتيجة لزيادة كمية الأشعاع الشمسي الممتص) بمقدار اكبر من الزيادة في كمية الطاقة الحرارية المفقودة من المجمع الشمسي . مما يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة خروج المائع الناقل للحرارة من المجمع الشمسي .

5 ـ خلاصة النتائج والتوصيات

تشير نتائج دراسة الخواص التصميمة للمجمعات الشمسية اهوائية الى :

1 ـ انخفاض كفاءة المجمع الشمسي بشكل كبير مع ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للأشعاع . وبذلك للحصول على كفاءة مناسبة للمجمع الشمسي (ETA = 40 %) ، في حالة استخدام صبغة اعتيادية على سطح صفيحة المجمع الماصة

للأشعاع ، من الضرورى تحديد درجة حرارة دخول المائع الناقل للحرارة فى المجال التالى $TFI \leq 60C$.

2 ـ زيادة معدل التدفق للمائع الناقل للحرارة تؤدى الى ارتفاع مقدار الفقد فى الضغط للمائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى وكذلك زيادة كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع الشمسى . وبناء على ذلك لأختيار القيمة (المثالية) لمعدل تدفق المائع الناقل للحرارة لابد من اجراء دراسة اقتصادية لتحديد هذه القيمة التى يتحقق عندها اقصى مردود اقتصادى ناتج عن مقدار الزيادة فى كمية الطاقة الحرارية المفيدة للمجمع مقارنة مع الارتفاع فى كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة لدفع المائع الناقل للحرارة عبر المجمع الشمسى .

3 ـ ارتفاع بسيط فى قيمة معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع الشمسى (UL) وانخفاض مواصفاته التصميمه (FDS,FR,ETA) مع زيادة المسافة بين صفيحة المجمع الماصة للأشعاع والصفيحة السفلية . وذلك بسبب هبوط قيمة معامل نقل الحرارة المكافى للأشعاع الحرارى داخل هذا المجرى .

4 – زيادة كمية الاشعاع الشمسى الكلى الذى يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع تؤدى الى ارتفاع كفاءة المجمع الشمسى بالرغم من الزيادة فى معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع الشمسى وانخفاض قيمة معامل الفاعلية وسحب الحرارة للمجمع الشمسى وذلك بسبب ارتفاع كمية الاشعاع الشمسى الممتص بمقدار اكبر من الزيادة فى كمية الطاقة الحرارية المفقودة من المجمع الشمسى نتيجة لارتفاع معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع الشمسى .

الرموز المستخدمة مع الرسوم التوضيحية

FDS معامل فاعلية المجمع
FR معامل سحب الحرارة
ETA كفاءة المجمع اللحظية
ALE معامل نقل الحرارة المكافئ للحمل والاشعاع الحرارى داخل المجرى المخصص لسريان المائع الناقل للحرارة فى المجمع الشمسى
UT معامل فقد الحرارة من السطح العلوى للمجمع
UL معامل فقد الحرارة الكلى من المائع الناقل للحرارة الى الوسط المحيط
DLP مقدار الفقد فى الضغط للمائع الناقل للحرارة فى المجرى المخصص لسريانه داخل المجمع الشمسى
DTF مقدار ارتفاع فى درجة حرارة المائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى
ALFPF معامل نقل الحرارة من صفيحة المجمع الى المائع الناقل للحرارة
ALRPB معامل نقل الحرارة المكافئ للاشعاع الحرارى بين صفيحة المجمع الماصة للاشعاع العلوية والصفيحة السفلية
DPb المسافة بين صفيحة المجمع الماصة للاشعاع والصفيحة السفلية
DPC المسافة بين صفيحة المجمع الماصة للاشعاع والغطاء الزجاجى الاول
DCC المسافة بين الغطاء الزجاجى الاول والثانى
Ep معامل الانبعاثية لصفيحة المجمع الماصة للاشعاع
EbC معامل الانبعاثية للصفيحة السفلية للمجمع
Va سرعة الريح
Ta درجة حرارة الهواء الخارجى
M عدد الاغطية الزجاجية
TPM درجة الحرارة المتوسطة لصفيحة المجمع الماصة للاشعاع
TBM درجة الحرارة المتوسطة للصفيحة السفلية
TCI درجة الحرارة المتوسطة للسطح الداخلى للغطاء الزجاجى الاول
IT الاشعاع الشمسى الكلى الذى يسقط بصورة عمودية على سطح المجمع
S كمية الاشعاع الشمسى الممتص من قبل صفيحة المجمع الماصة للاشعاع
RMF معدل تدفق المائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسى
TFI درجة حرارة دخول المائع الناقل الى داخل المجمع الشمسى
AP المساحة السطحية لصفيحة المجمع الماصة للاشعاع ●

المصادر : REFERENCES

1 – دكتور يحى القلال والمهندس محمد جمال
استعمال مجففات الطاقة الشمسية لحفظ الفواكه والخضروات مجلة الطاقة الشمسية العدد الثانى(1993) ، مركز دراسات الطاقة الشمسية ، طرابلس الجماهيرية .

2 – J·A·DUFFLE and W·A· BECKMAN (1980) Solar Engineering of thermal Processes· JOHN WILEY· NEWYORK

3 – S·P SUKHATME (1983) Solar Energy Principle of thermal Collection and Storage· Indian Institue of Technology

4 – BECKMAN W·A· and J·A·DUFFLE(1990) Evalution of hourly tilted surface radiation models· solar energyvol·45NO·1.PP·9,17

5 – M·A·S·Malik and F·H·Buelow(1975) Hydrodynamic and Heat Trnsfer characteristics of a Heat AliDuct Hchotechnipue and development, vol·2, NO3·

6 – W·F·Stokr (1958) Refrigeration and Ali condititionong· Mcgraw, Hill, NEW YORK·

* ملخص البحث :

الغاية الاساسية من البحث هي دراسة الخواص التصميمية واداء المجمعات الشمسية المستوية الهوائية . ولإجراء هذا النوع من الدراسة تم استخدام طريقة النمذجة الرياضية لدراسة الخواص التصميمية لنموذج من تصاميم المجمعات الشمسية الهوائية . وقد تناولت الدراسة بحث تأثير الخواص التصميمية للمجمع الشمسى على مواصفاته التصميمية (معامل فاعلية المجمع ، معامل سحب الحرارة ، كفاءة المجمع الشمسى ، معامل فقد الحرارة الكلى للمجمع الشمسي وكذلك مقدار الفقد في الضغط للمائع الناقل للحرارة داخل المجمع الشمسي) واعطيت الاشكال التوضيحية المطلوبة لهذا الغرض .