الطاقة الشمسية لتبريد نموذج بيت صغير باستخدام دورة الامتزاز المتناوبة*

ناجي عبدالله حسين العماري *

1- مقدمـــة

إن أكثر الاستعمالات شيوعا للطاقة الشمسية هي في أنظمة تسخين الماء والتدفئة أو إنتاج الطاقة الكهربية، ولكن الطاقة الشمسية يمكن أيضا استخدامها في أغراض التبريد، حيث هناك الحاجة لحفظ الأطعمة والأدوية(وتشمل إنتاج الثلج وتخزين اللقاحات) وتبريد أماكن المعيشة (تكييف الهواء).

وتتكون أنظمة التبريد الشمسية من جزئين رئيسيين هما جهاز التبريد والمصدر الشمسي الحراري لتشغيله والـذي يمثل الشمس في حالة الأنظمة الواقعية، أو مصادر بديلة إذا لم تتوفر الظروف المناخية المناسبة كما في الأنظمة البحثيـة المعملية. وهناك العديد من أنظمة التبريد مثل نظام الامتزاز / الامتصاص (Adsorption/ Absorption)، ونظام إزالـة الرطوبـة (Dehumidification)، ونظام النفاث الطـارد (Jet Ejector)، والتبريد الطبيعي (Natural Cooling).

الطاقة الحرارية تنتقل من المصدر الشمسي الحـراري إلى جهاز التبريد عن طريق ما يعـرف بـالمجمع ذى اللـوح المستوي (Flat Plate Collector) وهذه المجمعـات ذات اللوح المستوي تعمل عند درجات حرارة مختلفة طبقـاً إلى الصنع والكفاءة والاستعمال. وفي هذا البحث تم استخدام جهاز تبريد يعتمد على دورة الامتزاز ويسـخن بمصـدر حراري بديل وتنقل الطاقة الحرارية باستخدام مجمـع ذى اللوح المستوي. أيضاً في مثل هذه الأنظمة فإن هناك دورتي عمل مختلفتين يتم استخدامهما هما الـدورة المسـتمرة (Continuos Cycle) والدورة المتناوبـة (Intermittent Cycle). في هذا البحث تم استخدام الدورة المتناوبة.

2- دورة الامتزاز

في كل أنظمة الامتزاز أو الامتصاص فإن الحرارة تعطي إلى المولد عند درجة حرارة T_g ، بينما يتم استخلاصها من المبخر حيث يتم إنتاج "البرودة" عند درجة حـرارة T_e . الحرارة تطرد من النظام إلى الوسط المحيط (خارج المكـان المراد تبريده) من المكثف عند درجة حـرارة T_c، ومـن الممتص عند درجة حرارة T_a. درجتا الحرارة T_a و T_c هما تقريبا متساويتان وسوف نشير إليهما بدرجة الحـرارة T_c

* قسم الفيزياء – كلية العلوم – جامعة قاريونس

★ ورقة مقدمة للندوة العلمية حول الطاقة الشمسية 25-1999/05/26 براك – الجماهيرية

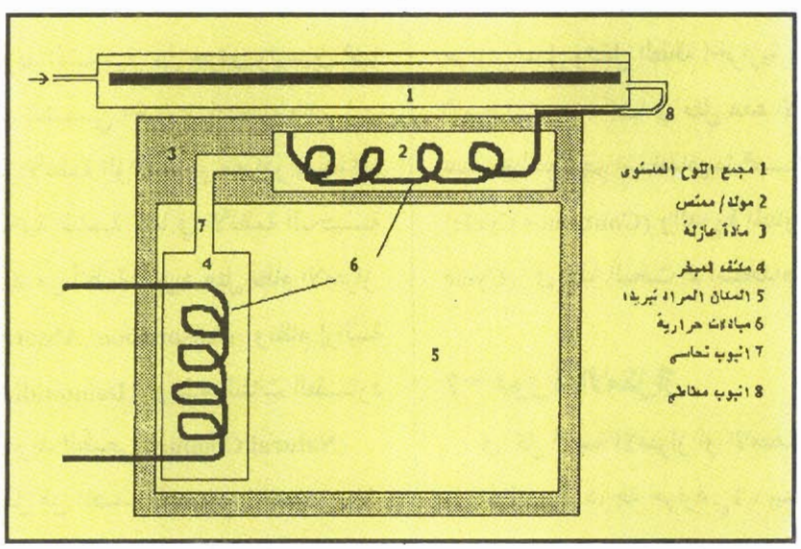
والتي تختلف عن درجة حرارة الغرفة بدرجات قليلة. كمية الحرارة المعطاة عند النهاية (المنطقة) الساخنة ستكون دائماً أكبر من كمية الحرارة المستخلصة من النهاية (المنطقة) الباردة.

وعلى هذا الأساس يعرف معامل الأداء (Coefficient of Performance. COP) على أنه النسبة بين كمية الحرارة المستخلصة من عند المنطقة الباردة إلى كمية الحرارة المعطاة عند المنطقة الساخنة. وبالتالي فإن COP =1 لنظام مثالي، و COP < 1 لأنظمة عملية واقعية، فعلى سبيل المثال COP ≈ 0.7 لمجمعات صناعية، COP < 0.4 لوحدات صغيرة. درجة الحرارة $T_g - T_c$، تسمى "الرفع" ودرجة الحرارة $T_c - T_e$ تسمى "الخفض".

درجة حرارة الرفع تساوي تقريباً درجة حرارة الخفض في حالة الأنظمة المثالية، ويكون الرفع دائماً أكبر من الخفض في حالة الأنظمة الواقعية. درجة حرارة التشغيل للمولد يتم تثبتها وبالتالي يتم تثبيت درجة حرارة المجمع. إذا افترضنا أننا نريد درجة الحرارة عند المبخر T_e، على أنها تساوي على سبيل المثال 10 °C، وإذا كانت درجة حرارة الغرفة حوالي 22 °C وبالتالي هذا يثبت درجة حرارة المكثف T_c إلى حوالي 28 °C ويصبح الخفض تقريباً 18 °C، على المعطيات السابقة فإن الرفع يكون في المدى إلى 30 °C – 25 وهذا يجعل درجة حرارة المولد T_g تقريباً في المدى 58 °C – 53. درجة حرارة المجمع سوف تكون أكثر سخونة بقليل من هذه الدرجة والتي تعتبر معقولة بالنسبة لمجمع ذي اللوح المستوي. ولكن إذا لم يعمل المجمع عند درجة الحرارة هذه، فيجب زيادة درجة حرارة المبخر T_e، على سبيل المثال إلى 13 °C وبالتالي درجة حرارة المولد T_g تصبح تقريباً في المدى 55 °C – 50، أي أن درجة حرارة المولد T_g، قد نقصت إلى مقدار ممكن. أي إنقاص آخر في T_g يتم الحصول عليه على حساب الزيادة في T_e.

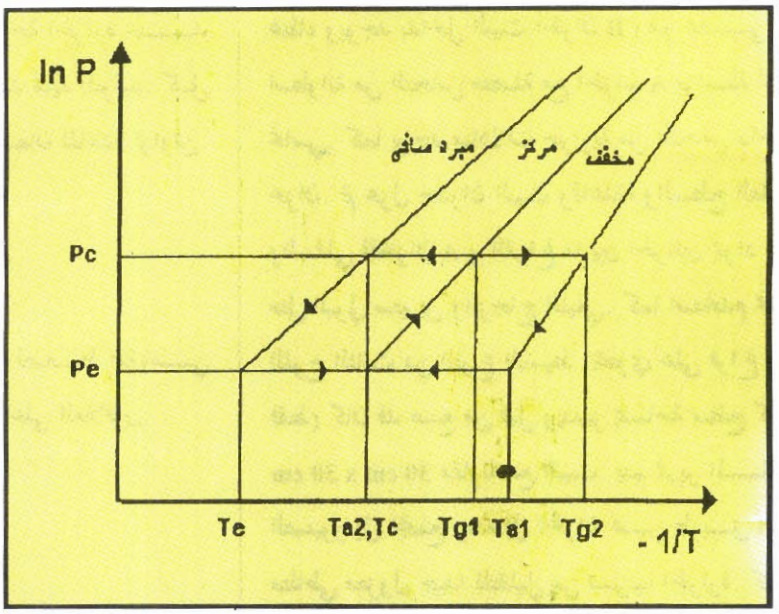
3- الدورة المتناوبة

النظام المستخدم لهذه الدورة يتكون من خزانين متصلين مع بعضهما، كل خزان يقوم بأداء وظيفتين كما في شكل (1). الخزان A يعمل على أنه مولد وممتص بينما الخزان B يقوم بدور المكثف والمبخر. يحتوي الخزان A على خليط من المبرد والمادة المازة؛ ويحتوي الخزان B على المبرد فقط.



شكل (1)

يمكن فهم طريقة عمل هذه الدورة بمساعدة شكل (2). عند غياب المصدر الحراري الشمسي البديل (مصابيح متغيرة الشدة في وضع إطفاء) ويمثل هذا الصباح الباكر مثلاً، فإن النظام عند درجة



شكل (2)

حرارة الغرفة (المعمل) T_{a2} وهي تتراوح بين (25-24°C). عند تشغيل المصابيح الضوئية لمحاكاة المصدر الحراري الشمسي، فإنه يتم تسخين الخليط المركز للمبرد والمادة المازة في الخزان A عن طريق المجمع ذي اللوح المستوي، ويؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة في المولد، وبالتالي يرتفع ضغط المبرد إلى ضغط معين P_c وتبدأ العملية العكسية للامتزاز حيث يتم انتقال المبرد عند ضغط ثابت إلى المكثف.

يتمدد المبرد عند المكثف ويتكثف وتهبط درجة حرارته وضغطه. في نفس الوقت فإن درجة حرارة المولد مستمرة في الارتفاع وعملية انتقال المبرد عند ضغط ثابت مستمرة وهكذا تخف درجة تركيز الخليط حتى تصل إلى درجة حرارة قصوى محددة T_{g2} وهكذا يصبح الخليط المركز مخففا عند هذه المرحلة.

عند إطفاء المصابيح الضوئية لمحاكاة فترة غياب الشمس، فإن المادة المازة تبرد وينخفض ضغطها إلى ضغط متساو أو أقل من ضغط المبرد في الخزان B وهذا يؤدي إلى تبخر المبرد إلى الخزان A عن طريق امتزاز الحرارة من الوسط المراد تبريده ويبرد نفسه إلى درجة حرارة الوسط، ثم يستخلص كمية أخرى من الحرارة من الوسط حتى يبرده إلى درجة الحرارة المطلوبة T_e. مقدار T_e يعتمد على نوعية غرض التبريد مثل تكييف الهواء أو التجميد العميق .. الخ.

درجة الحرارة T_e تمثل درجة الحرارة عند طرد الحرارة ويجب أن تكون أقرب ما يمكن إلى درجة حرارة الغرفة كما تسمح به ميكانيكية انتقال الحرارة والعملية الاقتصادية. درجة الحرارة T_{a2} يجب أن تكون أقل ما يمكن حتى يكون تركيز الخليط أكبر ما يمكن وهذا سيجعل للتغير في التركيز قيمة عظمى في عملية الامتزاز العكسية، وبالتالي فإن كمية المادة التي تسخن وتبرد بالمبرد الممتز بدون فائدة تصبح قيمة صغرى. T_{a2} أيضا محددة بنفس الاعتبارات السابقة في حالة درجة الحرارة T_e. على الرغم من أن T_{a2} ليست بالضروري مساوية T_c، فإنه من المفيد اعتبار الحالة البسيطة التي يكونان فيها متساويان.

4- ثرموديناميكا دورة الامتزاز

من خلال الرسم البياني في شكل (2) فإن درجات الحرارة المختلفة تتمثل في الآتي:

T_{a1}هي درجة الحرارة عند بداية الامتزاز، T_{a2} هي درجة الحرارة عند نهاية الامتزاز، T_e هي درجة حرارة التبخر، T_c

هي درجة حرارة التكثيف، T_{g1} هي درجة الحرارة عند بداية التوليد، T_{g2}هي درجة الحرارة عند نهاية التوليد. كل من المبرد والايسوستر (isosteres) يخضعان لقاعدة تراوتن:

$$\ln p \propto \left(1 - \frac{T}{T_b}\right)$$

حيث T_b تمثل نقطة الغليان عند الضغط المقياسي (1 ضغط جوي). ومنه يمكن الحصول على العلاقتين:

$$T_{a2}^2 = T_e T_{g1}$$
$$T_{g1} T_{a1} = T_{g2} T_{a2}$$

ومنهما يمكن الحصول على T_{g1} بمعلومية T_{a2} والتي تبلغ حوالي 24 °C و T_e التي تتغير من 10 °C إلى 22 °C في العادة T_{g2} أكبر من T_{g1} بمقدار 10 °C على أقل تقدير. ويمكن أن نلاحظ أن T_{a2} تكون أقرب ما يكون من درجة حرارة الغرفة لتجنب درجات حرارة توليد عالية T_{g1} و T_{g2}.

يعرف معامل الأداء، COP بأنه النسبة بين كمية الحرارة للتبخر عند T_e إلى متوسط كمية الحرارة للامتزاز، ويعطي للنظام العملي المستخدم بإحدى المعادلتين:

$$COP = T_e/T_{g1} = T_e/T_{a2}$$
$$COP = T_e/T_{g2} = T_e/T_{a1}$$

5- التجربة

1.5 نظام التبريد والأجهزة المستعملة:

يتكون نظام التبريد من نموذج لبيت مصنوع من الخشب أبعاده (20cm x 20cm x 30 cm)، ويوجد على السطح العلوي للبيت الخزان A وهو صندوق من الألومنيوم له غطاء ويوجد بداخل البيت الخزان B وهو على هيئة اسطوانة من النحاس متصلة مع الخزان A بواسطة أنبوب نحاسي. كما يوجد مبادلات حرارية من النحاس داخل كل خزان. تم عزل جدران البيت وقاعدته والسطح العلوي والسفلي للخزان A و الفراغ ما بين الخزانين بمواد عازلة مثل البولي ستيرين والزجاج الليفي. كما استخدم مجمع ذو اللوح الثابت من النوع البسيط (يحتوي على فراغ واحد فقط) كان قد صنع من قبل ويتميز بمساحة سطح كبيرة 30 cm x 30 cm مقارنة مع البيت. يتم تمرير الماء من الصنبور إلى المجمع ومنه إلى الخزان عن طريق أنبوب مطاطي معزول جيدا للتقليل من تسرب الحرارة. كما يتم نقل الماء أيضا إلى المبادلات الحرارية من الصنبور عن طريق أنابيب مطاطية. استعملت مصابيح متغيرة الشدة متصلة بمحول وتقاس شدتها بواسطة مقياس ضوئي. تم التأكد من عدم وجود تسرب للمبرد من النظام باستخدام مواد لاصقة. كما استخدمت الترمومترات والازدواجيات الحرارية لقياس درجة الحرارة.

2.5 المبرد والمادة المازة

النوعان الرئيسيان للمبرد المستخدمان في هذه التجربة هما الماء والميثانول، وهما للمادة المازة الزيوليت والفحم المنشط. الزيوليت هي سيليكات الألومنيوم والصوديوم أو البوتاسيوم، ولها هيكلية إسفنجية تسمح بمرور الماء بحرية خلالها، ولها أيضا مساحة سطح عالية بحيث تستطيع أن تمتز بحوالي 30% من وزنها ماء، كما أنها متوفرة طبيعيا ورخيصة الثمن. أنواع الأخلاط التي تم اختبارها هي: (1) الماء والزيوليت . (2) الميثانول والفحم المنشط (3) الميثانول والزيوليت . الفحم المنشط يتميز عن الزيوليت بعدة ميزات منها أنه أرخص من الزيوليت ويمكن أن يصنع

بالخواص التي تتناسب مع الاستخدام عن طريق تغيير زمن التنشيط، كما أنه يمكن تصنيعه في موطن توافره الأصلي.

3.5 الاختبارات والنتائج

لقد تم إجراء العديد من الاختبارات على أنواع مختلفة من الأخلاط وتحديد معامل الأداء لكل خليط وتسجيل الملاحظات المهمة مع الأخذ في الاعتبار النقاط العملية التالية:

أ) ثبتت المصابيح الضوئية على مسافة ثابتة فوق المجمع ذي اللوح المستوي، وتم تحديد شدة الأشعة الساقطة عليه عند خمس مناطق مختلفة على المجمع بواسطة المقياس الضوئي وأخذ متوسط هذه القراءات.

ب) تحديد معدل التدفق للماء من الصنبور R (m^3/s) بواسطة إناء مدرج وساعة إيقاف.

ج) عند استعمال الازدواج الحراري للقياس فإن عملية معايرة يتم إجراؤها قبل البدء في التجربة كما في الجدول (1).

د) يتم تمرير الماء في المبادل الحراري في المكثف في الجزء الأول من الدورة المساعدة في عملية التكثيف وفي المبادل الحراري للممتص في الجزء الثاني من الدورة للمساعدة في عملية الامتزاز.

وكانت النتائج المتحصل عليها كما يلي:

النتيجة (1) :- خليط الماء والزيوليت

متوسط الشدة = $3240\ W/M^2$

معدل التدفق (R) = $1.94x10^{-6}\ m^3/s$

بعد ساعة من العمل وصلت درجة حرارة المولد 38° C وهذه ليست كافية لبدء عملية الامتزاز العكسية (التوليد) للماء. وعند محاولة تشغيل النظام لفترة زمنية أطول مثلا

جدول (1)

EMF (MV)	T(C)	EMF (MV)	T(C)	EMF (MV)	T(C)	EMF (MV)	T(C)	EMF (MV)	T(C)	EMF (MV)	T(C)
0.5	14	1.1	27	1.4	37	1.9	50	2.4	61	2.8	72
0.6	16	1.1	28	1.4	38	2.0	51	2.5	62	2.8	73
0.6	18	1.2	29	1.5	40	2.1	52	2.5	63	2.9	74
0.7	19	1.2	30	1.5	41	2.2	54	2.6	65	3.0	75
0.8	20	1.2	32	1.6	42	2.2	55	2.6	66	3.0	76
0.9	23	1.2	33	1.7	43	2.2	57	2.2	67	3.1	77
0.9	24	1.3	34	1.7	44	2.3	58	2.7	68	3.1	78
1.0	25	1.3	35	1.7	46	2.3	59	2.7	69	3.2	79
1.0	26	1.3	36	1.8	48	2.3	60	2.7	70	3.2	80

من خمس إلى ست ساعات أدى هذا إلى صعوبات عملية منها التسخين العالي للمصابيح للحصول علي نفس الشدة ، وكذلك فقدان المجمع الحراري لكفاءته عند درجات حرارة مرتفعة.

خطوات أخرى اتخذت وهي تغير معدل تدفق الماء إلى معدل اقل من السابق $R=1.36x10^{-6}$ m^3/S ، وزيادة التشغيل إلى زمن أطول من 2 إلى 3 ساعات. وفي هذه الحالة وصلت درجة حرارة الماء عند الخروج إلى 50° C. مع اعتبار الفاقد في درجة الحرارة فإن درجة حرارة المولد قد تصل إلى 52° C بعد إطفاء المصابيح لتبدأ عملية التبريد، وبعد مرور ساعة لم يلاحظ أي تغيير على درجة حرارة المكان المراد تبريده بل على العكس من ذلك كان هناك ارتفاع طفيف في درجة الحرارة عن درجة حرارة المعمل ، وبالتالي تم إيقاف التجربة . يعتقد بأن المشاكل التي حدثت في دورة التبريد تكمن في العزل السيئ للمولد (الخزان A) مما سبب في تسرب الحرارة إلى البيت وأيضا من الجدران الأخرى للبيت على نحو اقل. عدم كفاية الزمن لحدوث عملية الامتزاز لتلافي جميع الصعوبات السابقة يتطلب تحسين العازل للجدران والمولد خاصة، والبحث عن بديل لمبرد آخر يتطاير عند درجات حرارة اقل من الماء. في التجارب التالية تم استعمال الميثانول (Bp=65 °C) .

النتيجة (2) :- خليط الميثانول والفحم المنشط

متوسط شدة الأشعة = 2916 W/m^2

تم قياس درجة حرارة الماء الخارج من المجمع T_{out} ، وهي تقريبا تساوي درجة حرارة الدخول للمولد بافتراض عدم وجود أي فقدان حراري بين المجمع والمولد عند العزل الجيد. قيست درجة حرارة المولد T_g ودرجة حرارة المكثف (السطح الخارجي للخزان) T_c . زمن التشغيل للمصابيح 4 ساعات وتم الحصول على النتائج الواردة في الجدول (2).

جدول (2)

T_c(C)	T_g(C)	T_{out}(C)	$R(m^3/s)x10^{-6}$
17	49	51	2.50
19	55	59	2.17
21	56	56	1.60
18	50	50	1.90

جدول (3)

T_c(mv)	T_g(mv)	T_{space}(C)
0.8	2.1	26
0.9	1.8	26
0.9	1.1	27
0.9	0.8	26
0.9	0.7	26
0.9	0.6	25
0.9	0.6	24
0.9	0.6	23.8
0.9	0.6	23.5
0.9	0.6	23

نلاحظ نقصان درجة الحرارة القصوى من المجمع مع زيادة زمن التشغيل بسبب النقصان في كفاءة المجمع. ثم أطفئت المصابيح لتبدأ عملية التبريد وتم الحصول على النتائج في الجدول (3). حيث T_a درجة حرارة المولد/الممتص و T_e درجة حرارة المبخر/المكثف. درجة حرارة الغرفة = 25° C وكان زمن تشغيل الدورة 4 ساعات. هذا يعني أن هناك تبريدا بمقدار درجتين عن درجة حرارة الغرفة ، وكان من الممكن أن يزداد اكثر من ذلك إذا استمرت الدورة لزمن أطول. مع ملاحظة أن المكان المراد تبريده قد ارتفعت درجة حرارته قليلا في بداية الدورة وذلك بسبب العزل. يمكن حساب

معامل الأداء من المعادلة (متوسط القيم للدورة):

$COP = T_c / T_g = 0.71 / 2.02 = 0.35$

النتيجة (3) :-خليط الميثانول والفحم المنشط، تشغيل ثاني

متوسط شدة الإضاءة =W/m^2 2995 ، وكما في التجربة السابقة زمن تشغيل المصابيح 4 ساعات ولكن تم زيادة زمن دورة التبريد إلى 7 ساعات. النتائج المتحصل عليها كما في الجدولين (4) و (5).

درجة حرارة الغرفة = 24 °C، وهذا يعني أن هناك تبريدا للبيت بمقدار 3 إلى 4 درجات. ومعامل الأداء COP = 0.41 نلاحظ مقدارا عاليا للتبريد وارتفاع معامل الأداء وهذا يرجع إلى زيادة زمن دورة التبريد.

النتيجة (4) :-خليط الميثانول والزيوليت

متوسط شدة الإضاءة = 3788 W/m^2 وكما في التجربة السابقة زمن تشغيل المصابيح 4 ساعات ولكن زمن دورة التبريد تم زيادته إلى 7 ساعات. النتائج المتحصل عليها في الجدول (6) والجدول (7).

درجة حرارة الغرفة = 25° c - 24°.5، وهذا يعطي تبريدا للبيت بمقدار 3 – 2.5درجات. معامل الأداء COP = 0.26 نلاحظ ارتفاع درجة حرارة البيت في بداية دورة التبريد بسبب تسرب الحرارة.

النتيجة (5) :-خليط الميثانول والزيوليت ، تشغيل ثاني

متوسط شدة الإضاءة = 1800 W/m^2، وزمن تشغيل المصابيح = ساعتان ، وبسبب تغيرات في ضغط الماء كان هناك ثلاثة معدلات تدفق خلال عملية التسخين وكانت النتائج للتجربة كما في الجدولين (8) و (9)

درجة حرارة الغرفة = 25° c - 24°.5 ، وهذا يعطي تبريدا للبيت بمقدار 25°C – 24.5° درجات. معامل الأداء COP = 0.33 نلاحظ ارتفاع درجة حرارة البيت في بداية دورة التبريد بسبب تسرب الحرارة واستعمال هواء في المبادل الحراري للمولد بدلا من الماء في بداية الدورة .

جدول (4)

T_c(C)	T_g(C)	T_{out}(C)	$R(m^3/s)x10^{-6}$
21	32	65	1.25
25	68	74	1.90
19	55	55	1.70

جدول (5)

T_c(mv)	T_g(mv)	T_{space}(C)	HUOR
0.9	1.2	24	1
0.9	0.6	23	2
0.9	0.6	22	3
0.8	0.6	21.5	4
0.8	0.6	21	5
0.8	0.6	20.8	6
0.8	0.6	20.5	7

6. الاستنتاج والمناقشة

1. يمكن القول من خلال الاختبارات السابقة : إن مشكلة تسرب الحرارة إلى البيت تمثل عائقا كبيرا على عملية التبريد، ولهذا السبب يجب التفكير في تصميم آخر يتم فيه إبعاد المولد عن البيت والبحث أيضا عن مادة عازلة جيدة .

2. يجب إعطاء كل من دورة التسخين ودورة التبريد الوقت الكافي للحصول على نتائج جيدة.

3. درجة حرارة المولد لا تبقى ثابتة بسبب تغيرات في معدل تدفق الماء في المبادل الحراري ، وهذا يرجع إلى تغيرات في ضغط ماء الصنبور. يمكن استخدام وسائل أخرى مثل خزان الرأس الثابت والسيفون الحراري (Thermos siphoning) للمائع المستخدم في المبادلات الحرارية.

4. المجمع ذو اللوح المستوي المستخدم يبدو انه غير كاف للغرض ويستحسن استعمال بديل افضل ذي كفاءة عالية.

5. معاملات الأداء ومقدار التبريد كان أعلى ما يكون في حالة خليط الميثانول والفحم المنشط ولكن هذا لا يلغي أهمية الزيوليت كمادة مازة جيدة ويجب إجراء اختبارات أخرى عليها . ارتفاع درجة حرارة المولد T_g لا يؤدي إلا إلى انخفاض في قيمة معامل الأداء كما في الشكل (3) الذي يمثل العلاقة بين COP و T_g عند قيم مختلفة لدرجة حرارة المكثف T_c .

جدول (6)

T_c(MV)	T_g(MV)	T_{out}(MV)	$R(m^3/s)x10^{-6}$
0.7	1.3	2.2	–
0.7	1.5	2.4	–
0.7	2.1	3.0	–
0.7	2.4	3.0	–
0.6	2.2	2.6	1.9
0.7	2.8	3.0	1.8

جدول (7)

T_c(mv)	T_g(mv)	T_{space}(C)	HUOR
0.8	2.1	27.5	1
0.9	0.8	26.5	2
0.9	0.9	25	3
0.9	0.7	23	4
0.9	0.6	22	5
0.9	0.6	22	6
0.9	0.6	22	7

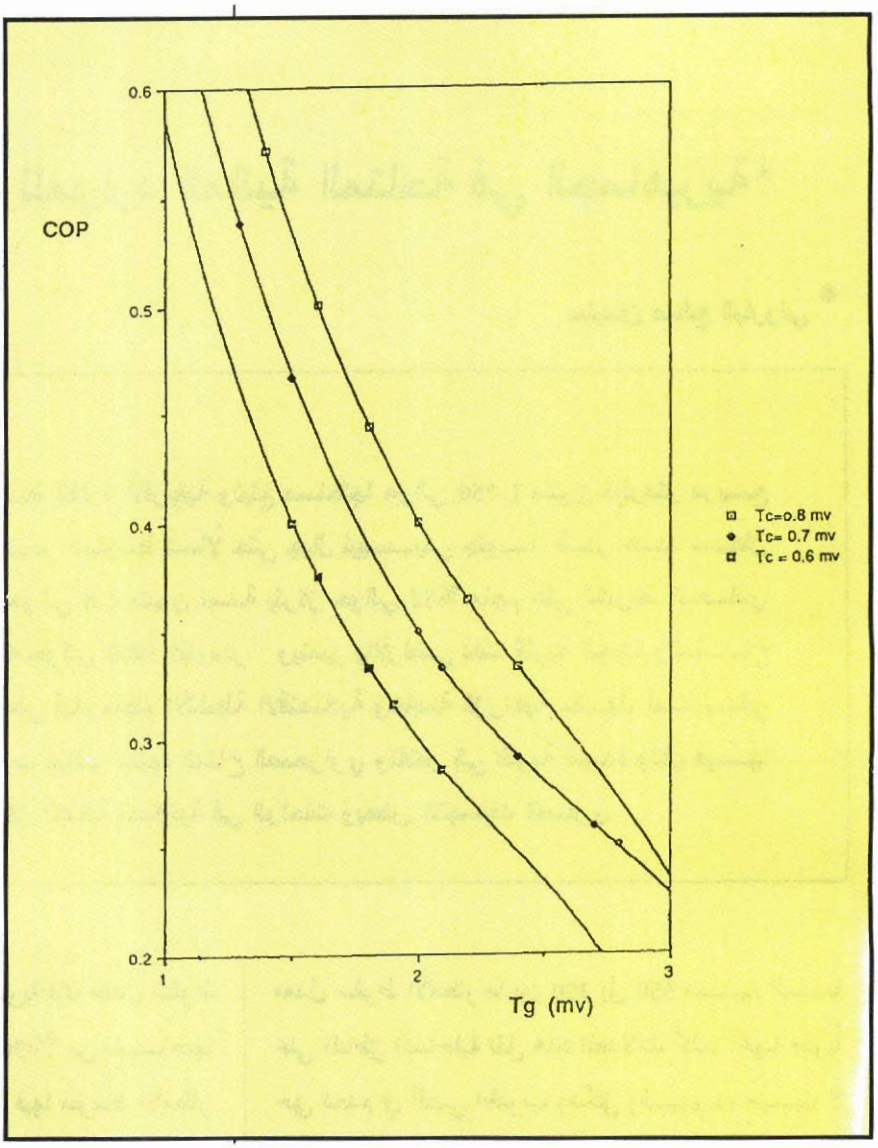
جدول (8)

T_c(MV)	T_g(MV)	T_{out}(MV)	R
0.7	1.5	2.8	R1
0.7	2.0	2.8	
0.7	2.1	2.8	
0.6	1.6	2.0	R2
0.6	1.8	2.1	
0.6	1.9	2.5	
0.6	1.8	2.0	R3
0.6	1.9	2.2	
0.6	1.9	2.4	
0.6	2.1	2.6	

.6

جدول (9)

T_c(mv)	T_g(mv)	T_{space}(C)	HUOR	
0.9	1.7	27	1	مولد يبرد بالهواء
0.9	1.5	27	2	
1.0	1.4	27	3	
1.0	1.2	26	4	
1.0	0.9	25	5	مولد يبرد بالماء
1.0	0.8	25	6	
1.0	0.7	24	7	
0.9	0.7	23	8	
0.9	0.6	22	9	



شكل (3)

وفي النهاية يمكن القول بأن دورة الامتزاز المتناوبة هي بديل جيد يمكن استغلاله في أغراض التبريد ولكن بعد التغلب على الصعوبات السابق ذكرها وإجراء اختبارات أخرى على تصاميم مختلفة للدورة. النظام يمكن بعد ذلك اختباره على نموذج أكبر أو حتى حقيقي.

7. المراجع

1.R.E.Critoph, Performance Limitations of Adsorption Cycles for Solar Cooling, Solar Energy, England 1988, pp. 21-31.

2. Paul J. Wilbur and Thomas R. Manikin, A Comparison of Solar Adsorption Air Conditioning system Solar Energy, USA 1976, pp. 569-576.

3. M. L. Warren and M. Wahlig, cost and performance for commercial Active Solar Absorption cooling systems, Transactions of the ASME. Journal of Solar Energy Engineering. U.S.A, 1985. PP. 136.

4. A.A.M Sayigh. Solar Energy Engineering.

5. J.B. Goodenough, Prospects and Scope for Solar Energy Technology Transfer and Change in the Arab world, edited by A. B. Zahlan.

6. Harry Tabor, Use of Solar Energy for Cooling Purposes, Proceedings of the United Nations Conference on New Sources of Energy. Of Solar Energy, Vol. 6.

7. R. Chung and J.A.Duffie Cooling with Solar Energy, Proceedings of the United Nations conference on New Sources of Energy, Solar Energy, Vol. 6.

8. N. Sheridn, Prospects of Solar Air Conditioning In Australia, Proceedings of the United Nations Conference on New Sources of Energy. Solar Energy. Vol. 6.

9. Assad Takla, Development of Solar Energy Utilization in Developing Countries, Technology for Solar Energy Utilization.

10. A.A.M Sayigh. of Solar Flat Plate Collectors, Technology For Solar Energy Utilization

11. Erich A. Farber, Solar Refrigeration and Cooling. Technology for Solar Energy Utilization.

12. A. Eggers-Lura, Solar Refrigeration in Developing Countries, Technology for Solar Energy Utilization.

13. V. G. Bhide, Solar Space Heating and Cooling. Technology for Solar Energy Utilization.