

### المنظومة الطوعية لتتبع أشعة الشمس

جاسم محمد جاسم      غالب عبد الوهاب      قصي محمد سلمان

جامعة بابل - كلية العلوم للبنات - قسم فيزياء الليزر

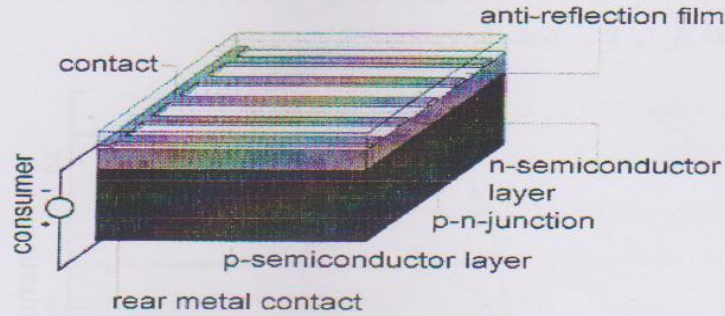


#### الخلاصة

يمكن تحسين كفاءة أداء اللوح الشمسي المستخدم في تحويل الطاقة الشمسية بشكل مباشر إلى طاقة كهربائية من خلال الاستفادة القصوى من الطاقة الشمسية ضمن فترة تواجدها، عن طريق تتبع اللوح الشمسي إلى قرص الشمس المتحرك ضمن مدار الطبيعي بواسطة منظومة تتبع طوعي تتألف من خلية شمسية أو كاشف رباعي، إذا أردنا أن يكون التتبع ذا دقة عالية لاستلام أكبر مقدار من أشعة الشمس وتحويلها إلى إشارة كهربائية، وايضا تتألف من محرك كهربائي لتدوير اللوح الشمسي بالاتجاه الأفقي أو العمودي ودائرة سيطرة إلكترونية تقوم باستلام الإشارة الكهربائية وتحليلها ثم إرسال إشارة كهربائية إلى المحرك لتدوير اللوح الشمسي باتجاه حركة قرص الشمس بما يضمن تحقيق أعلى كفاءة للمنظومة.

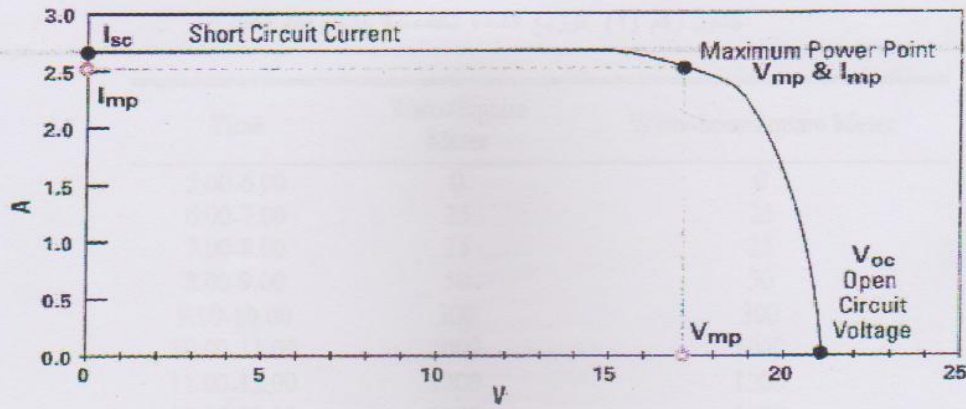
#### المقدمة

تحويل الخلايا الشمسية الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية بدون عمليات وسطية، فهي تتمتع حزمة عريضة من الطيف الشمسي وتحويل جزء من هذه الإشعاعات إلى طاقة كهربائية حيث يمكن استخدامها في الحال أو تخزينها. تصنع غالبية الخلايا الشمسية من السيلكون وهو من أشباه الموصلات. الشكل رقم (١) يبين خلية شمسية حيث أن أي خلية شمسية مثالية تتألف من غطاء زجاجي خارجي وقطبين أحدهما خلفي والآخر أمامي وطبقات من شبه الموصل، حيث تكون أشعة الشمس مجمعة على القطب الأمامي فيمر التيار الكهربائي عائداً إلى الخلية الشمسية عبر القطب الخلفي.



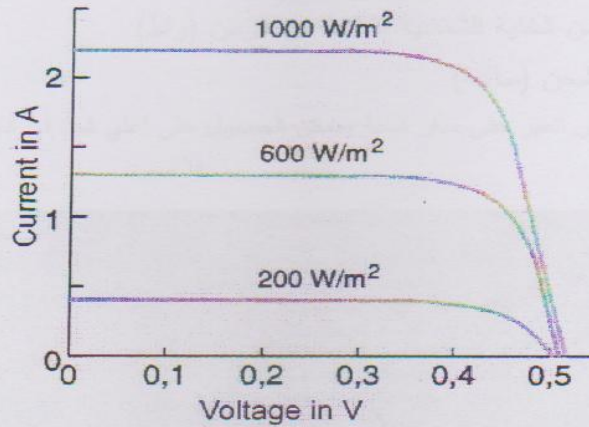
الشكل رقم (١) يبين الأجزاء التي تتألف منها الخلية الشمسية [1]

إن الغاية الأساسية من الخلية الكهروضوئية هي أن تعطي تياراً وجهداً كهربائياً معيناً ليغطي أحمال معينة ولذلك فإن خاصية التيار - فولت ( $I - V$ ) للخلية تعتبر النقطة الأساسية في اختبار الخلية، وتمثل هذه الخاصية عادة على شكل منحنى يسمى منحنى عمل الخلية الكهروضوئية كما مبين في الشكل رقم (٢).



الشكل رقم (٢) يمثل الخواص الكهربائية للخلية الشمسية [1].

عندما تكون دائرة الخلية تكون في حالة قصر تكون  $(V = 0)$  و التيار يساوي تيار القصر  $(I_{sc})$ . وعندما تكون دائرة الخلية تكون مفتوحة الجهد عندها يساوي  $V_{oc}$  والتيار  $(I = 0)$ . تؤخذ نقطة عمل الخلية الكهروضوئية في النقطة التي يكون فيها الجهد والتيار أكبر ما يمكن أي في النقطة التي تكون فيها القدرة أعظم ميمكن  $(P_{Max} = I_{Max} \times V_{Max})$ . وتعتمد قيمة الجهد الناتج على نوع المادة المصنع منها الخلية الشمسية فـا لخلايا المصنعة من السيلكون تصل تقريبا إلى  $(0.5)$  فولت إما قيمة التيار فيعتمد على قيمة شدة الأشعة الساقطة على الخلية الشمسية وكما مبين في الشكل رقم (٣)، حيث نلاحظ كلما زادت شدة الأشعة الساقطة كان لها التأثير المباشر في زيادة قيمة التيار.



الشكل رقم (٣) يمثل الخواص الكهربائية للخلية الشمسية (Si) كدالة شدة الأشعة الساقطة [2].

إن شدة أشعة الشمس هي ليست قيمة ثابتة على مدار الساعة وإنما تكون متغيرة بين شروق قرص الشمس وغروبه وتكون اعلى شدة لأشعة الشمس في منتصف الوقت كما مبين في الجدول رقم (١) وعليه تتغير القدرة الكهربائية المجهزة من الخلية الشمسية تبعا لذلك.



جدول رقم (١) توزيع الشدة الشمسية ليوم واحد [3].

Time	Watts/Square Meter	Watts-hour/Square Meter
5.00-6.00	0	0
6.00-7.00	25	25
7.00-8.00	25	25
8.00-9.00	50	50
9.00-10.00	300	300
10.00-11.00	1000	1000
11.00-12.00	1200	1200
12.00-13.00	1000	1000
13.00-14.00	300	300
14.00-15.00	50	50
15.00-16.00	25	25
16.00-17.00	25	25
17.00-18.00	0	0
Total Watts-hour/Square Meter		4000

ان (Watt-Hours) يمكن ايجادها من العلاقة  $W =$

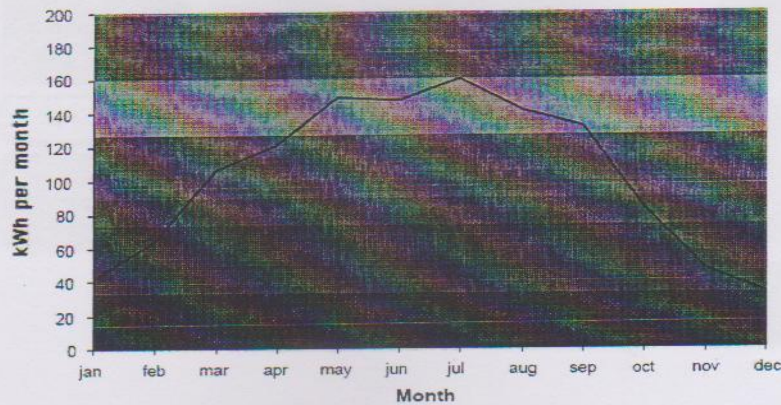
$P \cdot t$  حيث ان:

$W$ : القدره الكهربائيه

$P$ : القدره المجهزه من الخليه الشمسيه لساعه من الزمن (واط)

$t$ : الفترة الزمنية للشحن (ساعه)

كما ان شدة أشعة الشمس تتغير على مدار السنة ويمكن الحصول على اعلي شدة في شهر تموز كما مبين من الشكل رقم (٤).



الشكل رقم (٤) توزيع الشدة الشمسية على مدار سنة كاملة [3].

مجلة جامعة بابل / العلوم / العدد (١) / المجلد (١٦) (عدد خاص / المؤتمر العلمي العاشر: ٢٠٠٨

من العوامل المهمة الأخرى المؤثرة في قيمة القدرة الكهربائية المجهزة من قبل اللوح الشمسي التي يجب إن تؤخذ بنظر الاعتبار هي كفاءة التحويل وإبعاد اللوح الشمسي كما مبين في الجدول رقم (٢).

الجدول رقم (٢) تأثير كفاءة التحويل والمساحة للخلية الشمسية على القدرة الخارجة [4].

PV module efficiency* (percent)	PV capacity rating (watts)							
	100	250	500	1000	2000	4000	10000	100000
	Roof area needed in square feet							
4	30	75	150	300	600	1200	3000	30000
8	15	38	75	150	300	600	1500	15000
12	10	25	50	100	200	400	1000	10000
16	8	20	40	80	160	320	800	8000

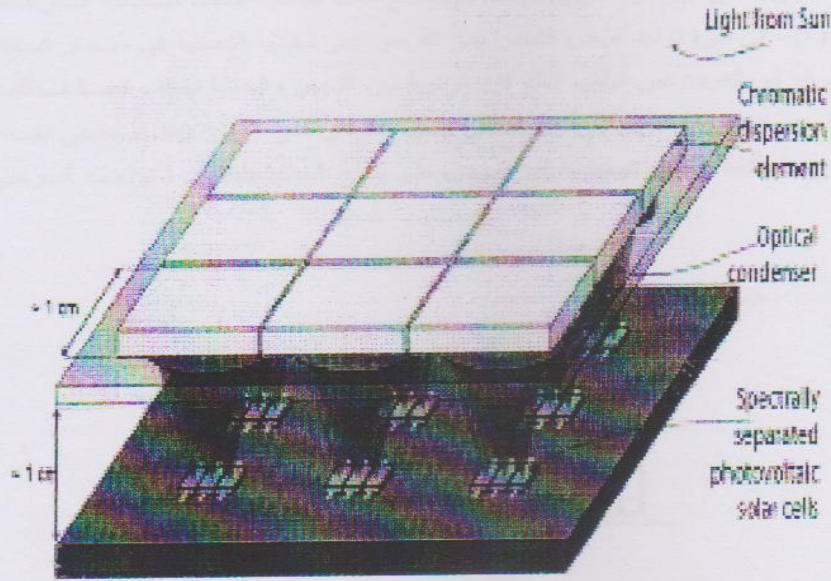
حيث تم تحسين كفاءة تحويل الخلية الشمسية من ١٦% إلى ٤٠% عن طريق إنتاج خلية شمسية ذات الوصلات الأربح [5] ومن ثم ٥٥% بإنتاج نوع جديد اخر من الخلايا الشمسية تدعى الخلايا الشمسية ذات الوصلات الستة (6 junction solar cell) والمبينة في الشكل رقم (٥) .

6J Solar Cell Band Gaps	Thermodynamic efficiency	Practical efficiency limit	Practical efficiency limit
High Eg 2.4 eV	14.9%	13.8%	13.8%
GaInP 1.84 eV	16.6%	14.3%	14.3%
GaAs 1.43 eV	13.9%	11.7%	12.0%
Si 1.12 eV	9.7%	7.8%	8.5%
0.95 eV	5.0%	3.6%	4.0%
0.70 eV	4.1%	2.9%	3.0%
Total $\eta = 64.2\%$		Total $\eta = 54.3\%$	Total $\eta = 55.6\%$

الشكل رقم (٥) الخلية الشمسية ذات الوصلات الستة [6].



، لكل وصلة من هذه الوصلات قيمة للفجوة تختلف عن الأخرى ويتألي لها استجابة لطول موجي معين. يعتمد مبدأ عملها على فصل الطيف الشمسي من خلال عنصر بصري إلى مكوناته اللونية ومن ثم إسقاطه على مجاميع من الخلايا لكل مدى من اللون وكما مبين في الشكل رقم (٦).



الشكل رقم (٦) مبدأ عمل الخلية ذات الوصلات الستة [6]

### المكونات العامة للمنظومة

#### اللوحة الشمسية

اللوحة الشمسية المستخدم في هذا البحث يتكون من العديد من الخلايا الشمسية ربطت بشكل مشترك (ربط توالي + توازي)، والذي يمكن الحصول منه على جهد يصل إلى (١٨) فولت وتيار يصل إلى (١٨٠٠) ملي أمبير تقريبا.

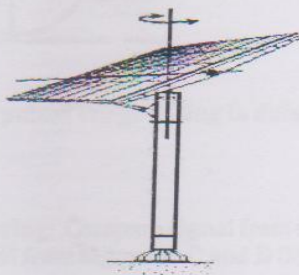
#### البطارية

البطارية هي مركب كيميائي يقوم بتخزين الطاقة الكهربائية، تتميز البطاريات بخاصيتين مشتركتين: الجهد الافتراضي، وسعة الخزن يعبر عنها بـ Ampere Hours. توجد أنواع كثيرة من البطاريات تختلف وفق اختلاف التقنية المصنوعة بها. عملية الشحن تكون بربط البطارية بمنبع للتيار حيث لا يتعدى تيار الشحن C١ و لا أقل من C/2. هي السعة التي تميز البطارية (تكون مكتوبة في البطارية عادة، كمثال على ذلك سعة بطارية هي 850mAh، يعني قيمة C هي ٠,٨٥ ampere). ولشحن البطارية وفق هذه الشروط فإن مدة الشحن ستطول بين الساعتين والثلاث ساعات. وشحن البطارية يمر بثلاث مراحل تقريبا . المرحلة الأولى توفر تيار مستمر ثابت، ونقوم برفع قيمة الجهد تدريجيا حتى نصل للجهد الافتراضي ١٢ فولت (الجهد يجب أن يكون معدلا ومقوما (Regulated and redressed). نمر مباشرة للمرحلة الثانية وهي ملأ البطارية و هي بترك الجهد في قيمته الثابتة، ونقوم بخفض قيمة التيار تدريجيا. يعني هذا أن عملية الشحن هي عملية

منظمة ونيسنت، عشوائية و تحتاج لدارة خاصة تقوم بمراقبة الشحن [7]. في هذا البحث تم استخدام اللوح الشمسي لشحن البطارية الخاصة بالمنظومة بشكل مباشر.

#### ضبط زاوية سقوط الشمس

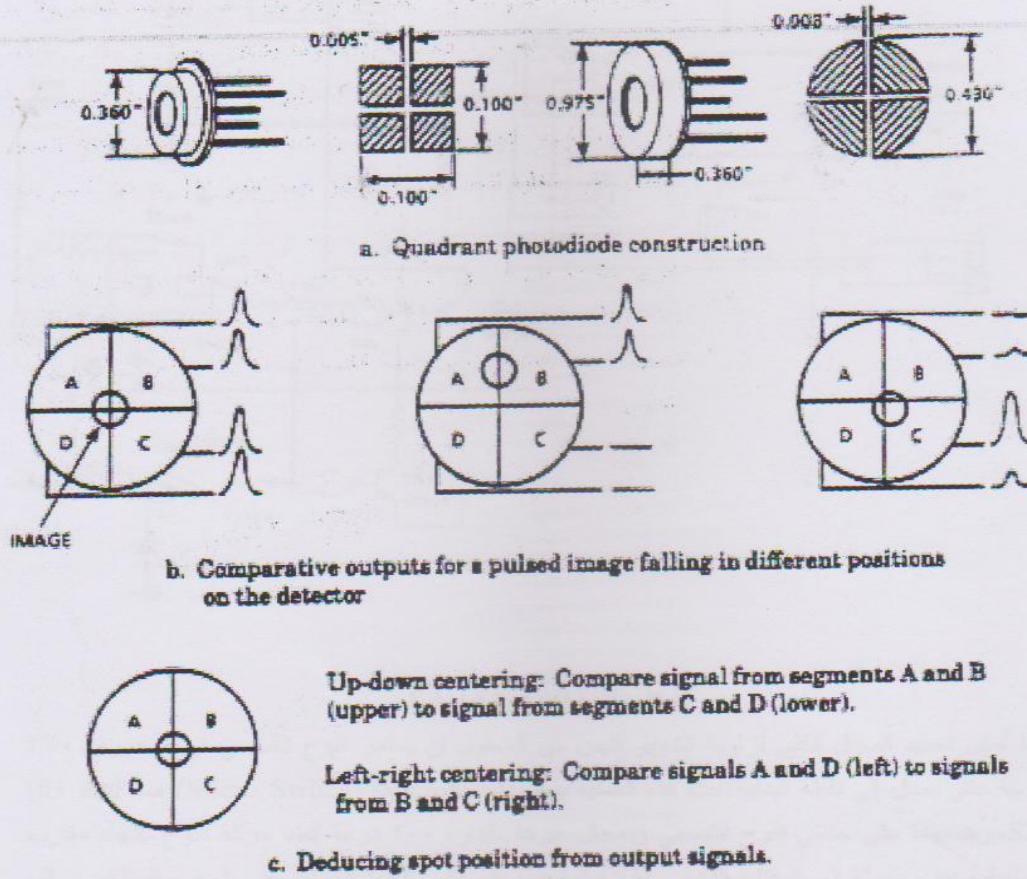
تتأثر قيمة التيار الكهربائي المتولد من الخلية الشمسية بشدة أشعة الشمس وعلى يجب ضبط زاوية سقوط الشمس على الخلية للحصول على أكبر قيمة للتيار [3]. لذا تم صنع خلايا شمسية بقاعدة ميكانيكية متحركة كما بينها الشكل رقم (٧) ، في فترة تواجد قرص الشمس يمر القرص عبر الخلايا الشمسية في مسار شبه دائري من جهة من الشرق إلى الغرب عبر الأفق، لذلك فإن الزاوية بين الشمس والخلايا تختلف تبعاً لذلك، علماً أن أفضل زاوية موجودة هي عندما تسقط أشعة الشمس بشكل عمودي على الخلايا. وبناءً على ذلك لتحقيق أفضل النتائج جعل أشعة الشمس تسقط بشكل عمودي على سطح الخلايا طيلة فترة تواجد قرص الشمس.



الشكل رقم (٧) القاعدة الميكانيكية

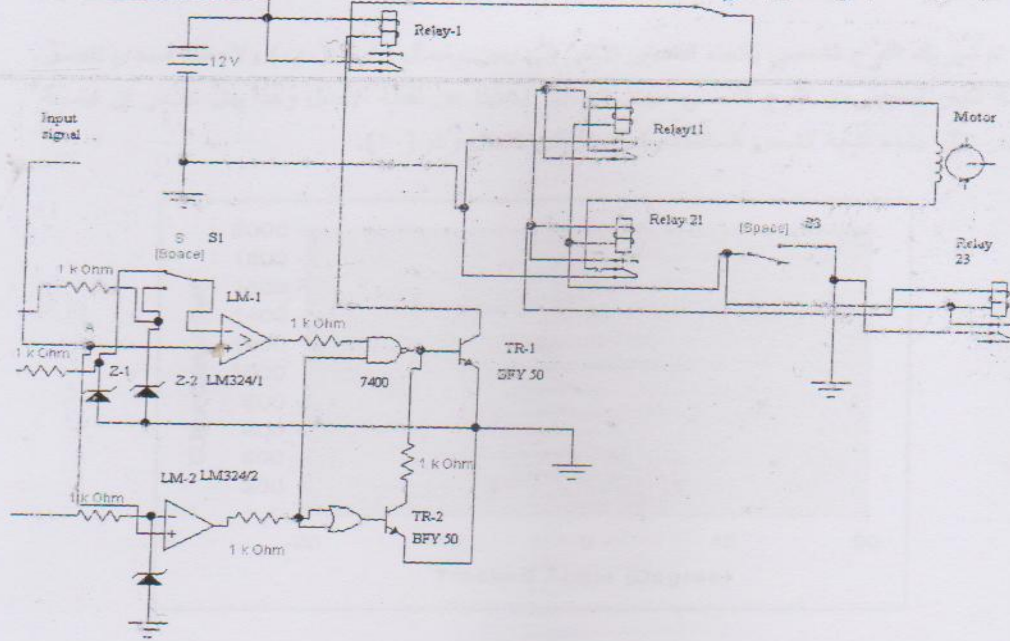
ويتم ذلك باستخدام أما كاشف رباعي الذي هو عبارة عن أربع قطع ذات مساحة مساوية لكل من هذه القطع وصلة خرج خاصة بها وبالتالي يمكن إن توفر المعلومات بتغير موقع صورة الأشعة الساقطة عليها كما مبين في الشكل رقم (٨)، ولتحديد موقع القرص في الأعلى أو الأسفل يمكن من خلال العلاقة التالية  $(A + B) - (C + D)$  إما لتحديد موقع القرص في اتجاه اليمين أو اليسار يتم عن طريق المعادلة الآتية  $(A + D) - (B + C)$ .





الشكل رقم (٨) الكاشف الرباعي [9]

أو باستخدام خلية ضوئية واتي تم اعتمادها في هذا البحث. ولكي يتتبع اللوح الشمسي حركة قرص الشمس بشكل مستمر وطوعي تمت السيطرة على المحرك الكهربائي المسؤول على تدوير اللوح عن طريق دائرة السيطرة المبينة في الشكل رقم (٩). ترسل الإشارة الكهربائية من الخلية الضوئية إلى المقارن رقم (١) الذي يجهز احد اطرافه بفولتية المرجعية عن طريق المفتاح الاختياري رقم (S1) حيث يمكن عن طريقة اختيار جهدين مرجعين تبعا لحالة الطقس إن كان صيفا أم شتاء والطرف الآخر مربوط إلى الخلية الشمسية ، فإذا كان الجهد الواصل أعلى من الجهد المرجعي يعني هذا إن زاوية التدوير للوح الشمسي تتلاءم تماما مع شدة أشعة الشمس والحاجة لتدوير اللوح الشمسي ، إما إذا كان أقل من ذلك ترسل إشارة كهربائية من المقارن رقم (١) إلى الترانزستور (T1) المسيطر على المرحل (R1) لتجهيز المحرك بالجهد اللازم لتدويره باتجاه عقارب الساعة. وعندما تصل شدة الشمس إلى القيمة المطلوبة سوف يقوم المقارن بإرسال إشارة أخرى إلى الترانزستور (T1) الذي يقوم بدورة بقطع الجهد الواصل إلى المحرك وبالتالي يدور اللوح الشمسي بأفضل زاوية يمكن الحصول منها على أقصى شدة لأشعة الشمس وتكرر هذه العملية بشكل مستمر مع حركة قرص الشمس.



الشكل رقم (٩) دائرة السيطرة

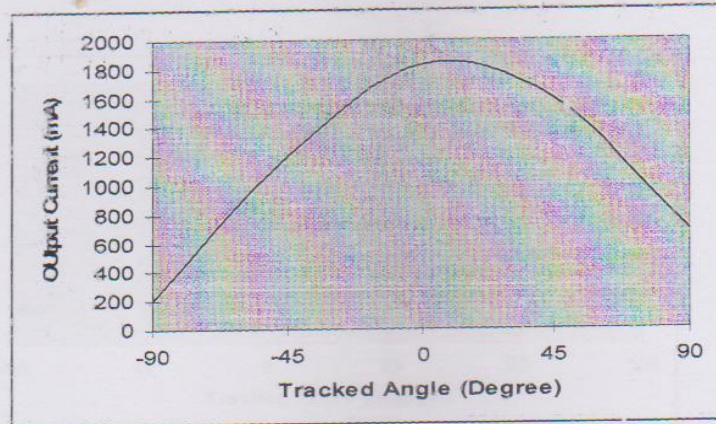
كما أمكن تحديد المجال الكلي لزاوية التدوير فليس من المعقول إن يستمر اللوح الشمسي في الدوران ٣٦٠ درجة حتى يصل إلى نقطة البداية. تمت هذه العملية باستخدام مفاتيح دقيقة (Micro Switch) هما (S3 and S2)، بوضعهما على جانبي اللوح الشمسي وبمجال حركة مقداره ٢٠٠ درجة فعند حركة اللوح باتجاه عقارب الساعة وعند وصوله إلى المفتاح الدقيق (S3) وتماسهما يتم عكس الجهد المسلط على المحرك الكهربائي بواسطة المرحل، (R<sub>21</sub>, R<sub>22</sub> and R<sub>23</sub>) وبهذا يتم عكس حركة اللوح الشمسي لتكون بعكس عقارب الساعة وعند وصوله إلى المفتاح الدقيق (S2) وتماسهما مع بعض يتم أيضا عكس الجهد المسلط على المحرك الكهربائي بواسطة المرحل، (R<sub>2</sub>) وبهذا يتم عكس حركة اللوح الشمسي مرة أخرى لتكون مع عقارب الساعة. كما أمكن تحديد فترة التتبع وتحديد وجود قرص الشمس أي إن عملية التتبع تتوقف عند غروب قرص الشمس ولا تبدأ ألامع الشروق وذلك بالاستفادة من المقارن (LM1) للعمل مع المقارن (LM2) لقطع تجهيز الجهد إلى المحرك الكهربائي في حال عدم توغر الطاقة الشمسية، حيث يقوم المقارن (LM2) بإرسال إشارة إلى الترانزستور (T2) ليقوم بدورة بقطع دائرة تجهيز الجهد عن المحرك الكهربائي وبالتالي توقفه تماما عن العمل، إلا بإشارة أخرى من نفس المقارن تسمح بأصال الجهد إلى المحرك ثم تبدأ عملية التتبع إلى قرص الشمس.

#### القياسات العملية

لمعرفة تأثير زاوية الدوران للوح الشمسي مع قرص الشمس بشكل عملي تم اخذ القياسات الآتية باعتبار الزاوية (٠,٠) تمثل الزاوية التي تم الحصول عندها على أقصى كفاءة للمنظومة في الساعة الثانية عشر صباحا ليوم ٢٠٠٨/١/٧ في جو مشمس.

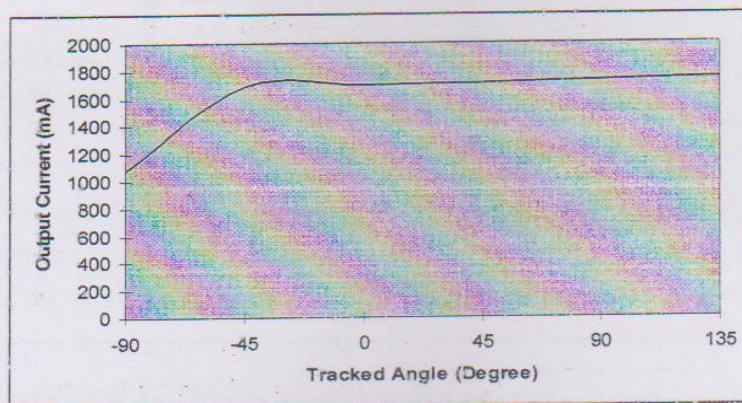


١- تم تحريك اللوح الشمسي باتجاه المحور الأفقي إلى يمين وشمال زاوية (٠,٠) ولاحظنا مدى تغير قيمة التيار المجهز من اللوح الشمسي حيث يقل كلما ابتعدنا عن نقطة الأصل وهذا يدل على أن قيمة التيار تتأثر بشدة أشعة الشمس الساقطة وكما مبين في الشكل رقم (١٠).



الشكل رقم (١٠) العلاقة بين قيمة التيار وتغير الزاوية الأفقية للوح الشمسي

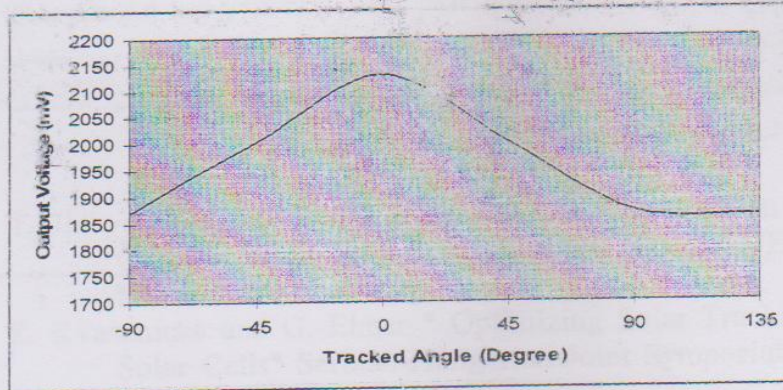
٢- تم تحريك اللوح الشمسي باتجاه المحور العمودي (Y) إلى اعلي وأسفل زاوية (٠,٠) ولاحظنا مدى تغير قيمة التيار المجهز من اللوح الشمسي حيث كان هذا التغير محدود جدا وبنسبة لا تتجاوز ٣% في المنطقة المحصورة بين الزاوية (140 , -50) درجة لكون مجال الرؤية للوح الشمسي تعد جدا كبيرة ووجود قرص الشمس مقابل اللوح الشمسي ساعد على استقرار خرج التيار، ولكن بعد الزاوية (140) درجة سوف تبدأ شدة أشعة الشمس الساقطة على اللوح الشمسي نقل وبلتالي سوف تؤدي الى هبوط في قيمة التيار، وكما مبين في الشكل رقم (١١). ومن الناحية العملية لا يتطلب تدوير اللوح الشمسي الى ابعد من (١٣٥) درجة لكي يتمكن من متابعة حركة قرص الشمس وعليه لم يتم للتطرق للقيم بعد هذه الزاوية.



الشكل رقم (١١) العلاقة بين قيمة التيار وتغير الزاوية العمودية للوح الشمسي

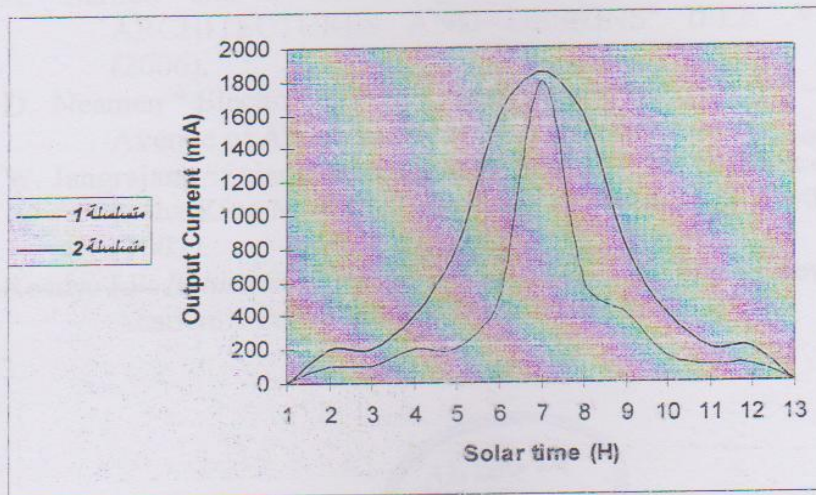


٣- تم تحريك اللوح الشمسي باتجاه المحور الأفقي إلى يمين وشمال زاوية (١٠٠) ولاحظنا مدى تغير قيمة الجهد المجهز من اللوح الشمسي حيث يقل كلما ابتعدنا عن نقطة الأصل وهذا يدل على أن قيمة الجهد تتأثر بشدة أشعة الشمس المباشرة وكما هو مبين في الشكل رقم (١٢) ولكن يبقى التأثير الأكبر والأساس لنوع المادة المصنوع منها الخلية الشمسية.



الشكل رقم (١٢) العلاقة بين قيمة الجهد وتغير الزاوية الأفقية للوح الشمسي

٤- إن نظام الخلايا الشمسية المتحركة يتيح إمكانية تتبع حركة قرص الشمس والاستفادة من الطاقة الشمسية لأطول فترة ممكنة كما مبين من الشكل رقم (١٣) حيث إن الفترة الفعالة للطاقة الشمسية هي أربع ساعات فإذا كان اللوح الشمسي ثابت نستفيد فقط من ساعتين إما إذا كان متحرك فيمكن الاستفادة من طيلة الأربع ساعات.



الشكل رقم (١٣) توزيع قيمة خرج التيار الخلية الثابتة (متسلسلة ٢) والمتحركة متسلسلة (١)



#### الاستنتاجات

يعرض هذا التصميم بشكل ناجح أهمية التتبع ألواح الشمسي إلى حركة قرص الشمس من ناحيتين على قدر كبير من الأهمية أولهما أهمية التتبع من شدة أشعة الشمس طيلة فترة تواجدها وثانيها إمكانية تقليل لألواح الشمسية المساحة المطلوبة لنفس القدرة الكهربائية. ومن خلال ملاحظتنا إلى تغير في قيمة التيار المخرج من الألواح الشمسية بتأثير اتجاه الأفقي والعمودي لاحظنا أن قيمة التيار تتأثر بشكل كبير عند الحركة باتجاه الأفقي وهذه القيمة تتأثر بشكل جدا بسيط عند الحركة باتجاه العمودي وعليه لم تكن هنالك حاجة فعلية للسيطرة على حركة ألواح الشمسي باتجاهين وبالتالي الاستغناء عن الكاشف الرباعي في عملية السيطرة والاكتفاء بالخلية الضوئية.

#### المصادر

- T. Jinayim, " Highly Efficient Low Power Consumption Tracking Solar Cells for White LED-Based Lighting System" IJECSE, VOL. (1), NO. (2), (2007).
- Z. Kvasznicza and G. Elmer " Optimizing Solar Tracking Systems for Solar Cells" Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems SISY(2006).
- "Solar Electric Systems" [www-solar.mck.ncsu.edu](http://www-solar.mck.ncsu.edu), Internet source (2003).
- "Photovoltaic Solar Electric System" [www.norcalsolar.org](http://www.norcalsolar.org), Internet source (2003)
- M. Griggs and B. Kayes "p-n Junction Heterostructure Device Physics Model of a Four Junction Solar Cell" Proc. of SPIE Vol. 6339, 63390D, (2006).
- A. Barnett and C. Honsberg "50% EFFICIENT SOLAR CELL ARCHITECTURES AND DESIGNS" IEEE ,VOL. (4244), (2006).
- D. Neamen " Electronic Circuit Analysis and Design" (2<sup>th</sup> -edition) Avenue of Americas, New York , (2001).
- W. Jangrajang "Solar Cell Tracking Control" " M. S. Degree submitted to the King Mongkut' s Institute of Technology North Bangkok (2003).
- Ready, J.F. *Industrial Applications of Lasers*, Chapter 8. New York: Academic Press, Inc., 1978.

