

# إختبار مزايا منظومات الـ MPPT في أنظمة الطاقة الشمسية

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية (قدرة)

إعداد الطلاب:

حواء أبكر علي احمد  
عبد الرضي حاج احمد رحمة  
محمد عبد المحمود محمد احمد

إشراف :

أ/ إبراهيم احمد إبراهيم

قسم الهندسة الكهربائية

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبدالله البدري



مارس 2022م

## الآية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال تعالى:

﴿هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ  
وَالْحِسَابَ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ﴾

صدق الله العظيم

سورة يونس الآية (5)

## الإهداء

الهي لا تطيب اللحظات إلا بذكراك .. ولا تطيب الأخرة إلا بعفوك

ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك

الله جل جلاله

إلى من بلغ الرسالة .. وأدى الأمانة ونصح الأمة

إلى نبي الرحمة ونور العالمين

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى ملاكي في الحياة .. إلى معنى الحب والحنان والتفاني

إلى بسملة الحياة وسر الوجود .. إلى من كان دعائها سر نجاحي

وحنانها بلسم جراحي .. إلى أعلى الحبايب

أمي الحبيبة

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار .. إلى من علمني العطاء دون انتظار

إلى من أحمل اسمه بكل افتخار .. وستبقى كلماتك نجوم

اهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد

والدي العزيز

إلى العقول النيرة والقلوب الحنونة

إلى من شاطروني أفراحي واتراحي وأعانوني

بقلوبهم وعقولهم سندي وعضدي

أخواني وأخواتي

إلى من علمونا حروفاً من ذهب وكلمات من درر

وعبارات من أسمى وأجل عبارات العلم

إلى من صاغوا لنا علمهم حروفاً وفكرهم

منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح

إلى اساتذتي الكرام

إلى من سرنا سوياً ونحن نشق الطريق معاً نحو النجاح والإبداع

إلى زملائي وزميلاتي

## الشكر والتقدير

الشكر أولاً لله العلي القدير الذي وفقنا لإتمام هذا البحث الذي نتمنى أن يكون إضافة جديدة في هذا المجال. والشكر مقدم إلى الشموع التي تحترق من أجل إنارة الطريق لنا ومن أجل رفعتنا ألا وهم أساتذتنا في قسم الهندسة الكهربائية فلکم منا كل الحب والإحترام والتقدير ونتمنى أن ينفع الله بكم عباده وأن تتحقق أمنياتكم جميعاً.

ونخص بالشكر والتقدير

### أ. إبراهيم أحمد إبراهيم

الذي لم يألوا جهداً في مساعدتنا في هذا البحث والذي رعاه وجمّله بملاحظاته القيمة والمفيدة حتى خرج بهذه الصورة.

فهنيئاً لك قول رسول الله صلي الله عليه وسلم: (إن الله وملائكته وأهل السموات والأرض حتي النملة في جحرها وحتى الحوت ليصلون علي معلم الناس الخیر) رواه الترمذي.

كما نتوجه بالشكر إلى أسرنا التي جاهدت وتكبدت المشاق في سبيل وصولنا لمبتغانا، نشكرهم جميعاً ونتمنى من الله عز وجل أن يجعل ذلك في موازين حسناتهم.

## المستخلص:

يزداد الطلب على الطاقة الكهربائية في السودان بشكل كبير، وفي ظل هذا التحدي الطاقى الهائل تبدو خيارات الطاقات المتجددة هدفاً هاماً لا يجوز إغفاله، لاسيما في ضوء النضوب المتوقع في المصادر العالمية والمحلية للوقود الأحفوري إضافة إلى الواقع الحالي الذي تفرضه الأزمة الحالية على بلدنا السودان. ويهدف هذا البحث إلى زيادة كفاءة الخلية الكهروضوئية تم استخدام العديد من التقنيات التي يمكن بواسطتها الحصول على استطاعة خرج أعظمية من اللوح مع دراسة تغير شروط العمل ل PV يقدم البحث نموذجاً لنظام (الإشعاع ودرجة الحرارة) وبعض العوامل الأخرى (المقاومة التسلسلية) تم نمذجة نظام الطاقة الكهروضوئية المستقل بواسطة بيئة ماتلاب والحصول على اعظم طاقة كهربية يمكن توليدها من النظام الشمسي.

طورت عدة تقنيات لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى بتقنية الاضطراب والمراقبة وتقنية المواصلة التزايدية واستخدمت في هذا البحث خوارزمية ملاحقة نقطة القدرة القصوى.

## **Abstract:**

The demand for electrical energy in Sudan is increasing dramatically, and in light of this enormous energy challenge, it appears Renewable energies options are an important goal that should not be overlooked, especially in light of the expected depletion of global and local sources of fossil fuels, in addition to the current reality imposed by the current crisis on our country, Sudan. This research aims to increase the efficiency of the photovoltaic cell. Several techniques have been used by which a maximum output power can be obtained from the panel, with a study of the changing working conditions of PV. Independent solar energy by Matlab environment and obtaining the greatest electrical energy that can be generated from the solar system. Several techniques were developed for tracing the maximum power point using the perturbation and monitoring technology and continuation incremental technique, and the maximum power point tracing algorithm were used in this research.

## فهرس المحتويات

| الرقم                                     | الموضوع          | الصفحة |
|---|------------------|--------|
|   | الآية            | I      |
|   | الاهداء          | II     |
|   | الشكر والعرفان   | III    |
|   | المستخلص         | IV     |
|   | Abstract         | V      |
|   | الفهرس           | VI     |
|   | فهرس الاشكال     | VIII   |
|   | فهرس الجداول     | X      |
| <b>الفصل الاول : المقدمة</b>              |                  |        |
| 1.1                                       | مدخل             | 1      |
| 2.1                                       | مشكلة البحث      | 2      |
| 3.1                                       | أهمية البحث      | 3      |
| 4.1                                       | أهداف البحث      | 3      |
| 5.1                                       | منهجية البحث     | 3      |
| 6.1                                       | بنية البحث       | 4      |
| <b>الفصل الثاني : الإطار النظري للبحث</b> |                  |        |
| 1.2                                       | مصطلحات          | 5      |
| 1.1.2                                     | الالواح الشمسية  | 5      |
| 2.1.2                                     | عدسات فيرنل      | 5      |
| 3.1.2                                     | المقاومة الضوئية | 5      |
| 4.1.2                                     | محرك الخطوة      | 5      |

|   |  |       |
|---|--|-------|
| 5   | النقاط الكومومية   | 5.1.2 |
| 6   | دراسات سابقة   | 2.2   |
| <b>الفصل الثالث : نمذجة منظمات الـ MPPT</b> |  |       |
| 11  | مقدمة  | 1.3   |
| 11  | الطاقة الكهروضوئية   | 2.3   |
| 12  | نظام المركبات الشمسية  | 1.2.3 |
| 14  | النظام الكهروضوئي  | 2.2.3 |
| 15  | مكونات النظام الكهروضوئية  | 3.3   |
| 15  | الخلية الشمسية   | 1.3.3 |
| 16  | الخلية الكهروضوئية   | 2.3.3 |
| 17  | الانتقال من الخلية الى الموديول                                      | 3.3.3 |
| 18  | أنواع الخلية الكهروضوئية   | 4.3.3 |
| 20  | محددات الخلية الكهروضوئية  | 5.3.3 |
| 21  | نمذجة اللوح الشمسي   | 4.3   |
| 28  | تقنيات ملاحظة نقطة القدرة القصوى                                     | 5.3   |
| 28  | نقطة الاستطاعة العظمى  | 1.5.3 |
| 30  | الفرق بين الـ mppt وتحريك اللواقط                                    | 2.5.3 |
| 30  | المبدأ الاساسى في ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى<br>للواقط الكهروضوئية | 3.5.3 |
| 33  | تقنيات ملاحقة نقطة القدرة القصوى                                     | 4.5.3 |
| 34  | بعض التقنيات التقليدية   | 6.3   |
| 34  | طريقة التوتر الثابت  | 1.6.3 |
| 35  | طريقة نبضة تيار القصر  | 2.6.3 |
| 36  | طريقة الاضطراب والمراقبة   | 3.6.3 |

|   |                                    |     |
|---|------------------------------------|-----|
| 41                                      | منظم الشحن                         | 7.3 |
| <b>الفصل الرابع : خوارزميات الـMPPT</b> |                                    |     |
| 44                                      | طريقة الاضطراب والمراقبة           | 1.4 |
| 46                                      | مميزات خوارزمية الاضطراب والملاحظة | 2.4 |
| 46                                      | مساوى خوارزمية الاضطراب والمراقبة  | 3.4 |
| 46                                      | محاكاة خوارزمية الاضطراب والمقاومة | 4.4 |
| 47                                      | نتائج المحاكاة بأمر الـMPPT        | 5.4 |
| 49                                      | خوارزمية المواصلة التزايدية        | 6.4 |
| 52                                      | النتائج والمناقشة                  | 7.4 |
| <b>الفصل الخامس : الخلاصة والتوصيات</b> |                                    |     |
| 54                                      | الخلاصة                            | 1.5 |
| 54                                      | التوصيات                           | 2.5 |
| 55                                      | المراجع                            |     |

## فهرس الاشكال والصور

| رقم الصفحة | عنوان الشكل                                  | رقم الشكل |
|------------|--|-----------|
| 12         | تقنية المركزات الشمسية ذات المكافئ الدائري   | 1.3       |
| 13         | تقنية المركزات الشمسية ذات المكافئ الاسطواني | 2.3       |
| 13         | تقنية البرج المركزي                          | 3.3       |
| 14         | تقنية البركة الشمسية                         | 4.3       |
| 14         | منظومة الكهروضوئية                           | 5.3       |
| 15         | المخطط العام للنظام الكهروضوئي المستقل       | 6.3       |
| 16         | الخلية الكهروضوئية                           | 7.3       |
| 17         | مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية                  | 8.3       |
| 18         | الخلية والموديول والمصفوفة                   | 9.3       |
| 19         | نوع الخلية الكهروضوئية                       | 10.3      |
| 20         | الدائرة المفتوحة -مقصورة موصلة مع حمل        | 11.3      |
| 20         | الدائرة المكافئة للخلية الشمسية              | 12.3      |
| 21         | الموديول MSX-50                              | 13.3      |
| 23         | معادلة IO على Simulink                       | 14.3      |
| 23         | معادلة IRS على Simulink                      | 15.3      |
| 24         | معادلة ISH على Simulink                      | 16.3      |
| 24         | معادلة IPH على Simulink                      | 17.3      |
| 24         | معادلة I على Simulink                        | 18.3      |
| 25         | ربط المخططات الصندوقية مع بعضها البعض        | 19.3      |
| 26         | تمثيل الموديول على Simulink                  | 20.3      |
| 26         | منحنى (V-I) عند تغير درجة الحرارة            | 21.3      |
| 26         | منحنى (P-v) عند تغير درجة الحرارة            | 22.3      |
| 27         | منحنى (V-i) عند تغير الاشعاع                 | 23.3      |
| 27         | منحنى (P-V) عند تغير الاشعاع                 | 24.3      |
| 29         | منحنى الجهد - التيار - منحنى القدرة          | 25.3      |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 30 | دائرة تبديل Dc-Dc المستخدمة في تقنيات MPPT       | 26.3 |
| 32 | زمن الاغلاق والفتح                               | 27.3 |
| 34 | مخطط صندوق في تقنية التردد الثابت                | 28.3 |
| 35 | مخطط صندوق لتقنية نبض تيار القصر                 | 29.3 |
| 37 | آلية عمل تقنية الاضطراب والمراقبة                | 30.3 |
| 38 | مخطط الصندوق لتقنية و الاضطراب والمراقبة         | 31.3 |
| 40 | مخطط صندوق للطريقة الاولى لتقنية زيادة الناقلية  | 32.3 |
| 40 | مخطط صندوق للطريقة الثانية لتقنية زيادة الناقلية | 33.3 |
| 41 | تغير منحني التيار وتوتر الخلية الكهروضوئية       | 34.3 |
| 41 | تغير منحني التيار- الجهد لتغير درجة الحرارة      | 35.3 |
| 44 | خصائص وتشغيل طريقة الاضطراب والرصد               | 1.4  |
| 45 | المخطط الانسيابي لطريقة الاضطراب والمراقبة       | 2.4  |
| 46 | رسم تخطيطي أمر MPPT                              | 3.4  |
| 47 | خرج الطاقة عند درجة حرارة (25°c) وإشعاع 1000     | 4.4  |
| 47 | خرج الطاقة عند درجة حرارة (25°c) وإشعاع 800      | 5.4  |
| 48 | خرج الطاقة عند درجة حرارة (25°c) وإشعاع 600      | 6.4  |
| 48 | خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة (50°c)     | 7.4  |
| 49 | خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة (75°c)     | 8.4  |
| 50 | خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة (25°c)     | 9.4  |
| 50 | خرج الطاقة عند إشعاع 800 ودرجة حرارة (25°c)      | 10.4 |
| 51 | خرج الطاقة عند إشعاع 600 ودرجة حرارة (25°c)      | 11.4 |
| 51 | خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة (50°c)     | 12.4 |
| 52 | خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة (75°c)     | 13.4 |

## فهرس الجداول

| رقم الصفحة | عنوان الجدول   | رقم الجدول |
|------------|--|------------|
| 21         | الخصائص الكهربائية لموديول MSX-50 عند درجة حرارة T=25 C<br>واشعاع $1000\text{w/m}^2$ | 1.3        |

# الفصل الأول

## المقدمة

# الفصل الاول

## المقدمة

### 1.1 مدخل:

الطاقة المتجددة هي الطاقة التي نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التي يتكرر وجودها في الطبيعة علي نحو تلقائي دوري وهي بذلك علي عكس الطاقة غير المتجددة الموجودة غالبا في مخزون جامد في الارض لا يمكن الاستفادة منها الا بعد تدخل الانسان لإخراجها.

وتتمثل الطاقات المتجددة في طاقة الرياح وهي طاقة مستخرجة من الطاقة الحركية للرياح بواسطة استخدام عنفات الرياح لإنتاج الطاقة الكهربائية وهي تعتبر من أنواع الطاقة الكهروميكانيكية وتعد من إحدى أنواع الطاقة المتجددة التي أنتشر إستخدامها كبديل للوقود الاحفوري. وكذلك الطاقة الموجية وهي نقل الطاقة من أمواج المحيط السطحية و تسخيرها في أشغال ميكانيكية مثل توليد الكهرباء وتحلية المياه أو ضخ المياه الي المخازن المائية. وطاقة المد والجزر او الطاقة القمرية وهي نوع من أنواع طاقة الحركة التي تكون مخزونه في التيارات الناتجة عن المد والجزر الناتجة بطبيعة الحال عن جاذبية القمر والشمس ودوران الأرض حول محورها وتعتبر من أنواع الطاقة المتجددة . وأيضا الطاقة الحيوية وهي طاقة متجددة متوفرة من موارد مشتقة من المصادر الحيوية والكتلة الحيوية وهي أي مادة عضوية قامت بتخزين ضوء الشمس في شكل طاقة كيميائية. الطاقة الكهرومائية والتي تتم من خلال تحويل الطاقة الكامنة الموجودة في المياه سريعة التدفق أو المتساقطة الي طاقة ميكانيكية والتي تنتج الطاقة الكهربائية وذلك باستخدام التوربينات التي تحركها المياه لتنتج طاقة كهربائية عبر مولدات الكهرباء . والطاقة الشمسية و هي تعتبر إحدى أهم مصادر الطاقة المتجددة وأكثرها وفرة في العالم لأن الطاقة الشمسية متوفرة وتعتبر طاقة نظيفة ومستدامة وبالتالي فإنه إذا تم

استغلالها بشكل مناسب فانها سوف تلبي الكثير من الإحتياجات في المستقبل يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية وتجميعها وتحويلها الي شكل آخر من أشكال الطاقة مثل الطاقة الكهربائية وذلك باستخدام التكنولوجيا والتقنيات الحديثة مثل الألواح الشمسية والتي تعتمد علي متغير أساسي وهو شدة الاضاءة وللاستفادة من الطاقة الناتجة من الألواح وتحديد افضل منطقة مناسبة لتوليد الطاقة باكبر كفاءة ممكنة يجب قياس متغيرات نظام الطاقة الشمسية والطاقة الشمسية تعتبر المصدر الرئيسي للطاقة في كوكب الارض ومنها توزعت وتحولت الي مصادر اخري وإن منظومة الطاقة الشمسية تتكون من عدة عناصر تعمل كمنظومة واحدة للحصول علي طاقة الكهربائية من ألواح شمسية وبطاريات وعواكس ومنظمات شحن والخلايا الشمسية هي عبارة عن محولات فولت ضوئية تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر الي كهرباء وهي نبائط شبة موصلة وحساسة ضوئيا ومحاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء .

رغم أن البطاريات نالت حظها من الاهتمام إلا أن منظمات الشحن أيضا جزء مهم من منظومة الطاقة الشمسية لذلك تم القيام باختيار نوع مهم من منظمات الشحن وهو (maximum power point tracker) وهذا النوع من المنظمات يحسن الطاقة الناتجة من الخلايا الشمسية حيث يقوم بشحن البطارية حتي القيمة المثالية ويؤدي الي رفع كفاءة النظام والاستفادة القصوى من ارتفاع الفولتية الواصلة من الالواح.

## 2.1 مشكلة البحث:

في الفترة الاخيرة ازداد التنافس في أيهما افضل هل منظم الشحن من النوع PWM ام من النوع MPPT ومن خلال هذا البحث سنتطرق الي معرفة أيهما افضل

### 3.1 أهمية البحث:

الطاقة الشمسية مصدر نظيف ومتجدد لا ينضب، يمكن تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرة باستخدام الواح الخلايا الضوئية بالإضافة إلى الكلفة المادية القليلة مقارنة مع الأساليب الأخرى لتوليد الطاقة.

### 4.1 أهداف البحث:

- زيادة كفاءة الخلية الشمسية.
- اختبار مزايا الشحن (maximum power point tracker) في متحكمات الطاقة الشمسية.
- توضيح كيفية ملاحقة نقطة الطاقة أو الاستطاعة الاعظمية.

### 5.1 منهجية البحث:

يعتمد البحث على المنهج التحليلي:

- لدراسة مبدا عمل ومكونات النظام الكهروضوئي.
- لتحليل تقنية ملاحقة نقطة الاستطاعة.
- لإجراء دراسة تفصيلية لتصنيف خوارزميات نقطة الاستطاعة العظمى وتحليل مبدا عمل الخوارزميات العاملة على كل صنف.
- لدراسة وتصميم خوارزمية الملاحظة والارتباب (P & O).

### 1.5 بنية البحث:

- الفصل الاول ويحتوي علي المقدمة - مشكلة البحث - أهمية البحث - أهداف البحث - ومنهجية البحث.
- الفصل الثاني "الإطار النظري للبحث" ويحتوي على مصطلحات ودراسات سابقة.
- الفصل الثالث يحتوي على نمذجة منظومات الـ MPPT.

- الفصل الرابع يحتوي على خوارزمية الـ MPPT.
- الفصل الخامس ويحتوي على الخلاصة والتوصيات والمراجع.

# الفصل الثاني

## الدراسات سابقة

## الفصل الثاني

### الدراسات سابقة

#### 1.2 مصطلحات:

##### 1.1.2 الألواح الشمسية:

هي عبارة عن رقائق اشباه الموصلات مثل السيليكون تمتص الضوء من الشمس السيليكون بطبيعتة لامع جدا فمن اجل الاستفادة من الفوتونات ومنعها من الانعكاس بعيدا عن الخلية يتم تطبيق طلاء مضاد للانعكاس للخلايا يتم وضع غطاء زجاجي اعلي اللوح الشمسي لحماية مادة السيليكون من العوامل الخارجية والخدش.

##### 2.1.2 عدسات فيرنل:

هي عدسة مركبه ومعقدة علي عكس العدسات العادية ولا تتكون من قطعة زجاجية واحدة ملصوقة بسطح كروري ولكن من حلقات فردية متحدة المركز وهي ذات بعد بؤري قصير تقوم بجمع الضوء في نقطة واحدة.

##### 3.1.2 المقاومة الضوئية (LDR):

هي مقاومة كهربية تتغير قيمتها حسب كمية الضوء الساقط عليها.

##### 4.1.2 محرك الخطوة (STEP MOTOR):

هو محرك كهربائي يستخدم في الآلات الصغيرة التي تحتاج لدقة في التحكم بمحركاتها.

##### 5.1.2 النقاط الكمومية:

هي عبارة عن شبة موصل تكون ايكسيتونات محددة ضمن نطاق الثلاثة أبعاد المكانية نتيجة لذلك تكون لتلك

المواد خصائص الكترونية تتوسط بين كتل اشباه الموصلات والجزيئات المنفصلة.

## 2.2 دراسات سابقة:

قام حسين مستزادة واخرون بالبحث عن الطاقة المجمعة من المجموعة الكهروضوئية الموجودة علي جرار كهربائي هجين يعمل بالطاقة الشمسية باستخدام اربعة مستشعرات مقاومة تعتمد علي الضوء ثم انشاء وتقييم نظام لتتبع الشمس على هيكل متحرك اظهرت الاختبارات التجريبية باستخدام نظام تتبع الشمس أنه تم جمع 30% طاقة اكثر مقارنة بالوضع الافقي الثابت ثم استخدام اربعة مستشعرات لاستشعار أشعة الشمس المباشرة تم فصل كل زوج من (LDR) بواسطة عائق كجهاز تظليل ثم استخدام لوحة محرك الكترونية تعتمد على متحكم دقيق كواجهة بين الاجهزة Mosfet والبرامج لقيادة كل محرك ثم استخدام قوة للتحكم فيه الا ان النظام المصمم كان قويا وفعالاً.

اثمرت جهود باحثة عراقية عن تحسين كبير في اداء الخلايا الشمسية بمضاعفة القدرة الخارجة منها مع خفض تكاليف انتاج الألواح الشمسية الى الربع وذلك في اطار بحث اكاديمي مميز بحسب وصف عدد من المصادر الاكاديمية.

قامت الباحثة بتول دعم باستعمال تصاميم بصرية مركزة لأشعة الشمسية وذلك في الوقت الذي قامت فيه من خفض تكاليف انتاج الألواح الشمسية الى ربع قيمتها. وافادت الباحثة بوجود ثلاث طرق لتحسين كفاءة الخلية الشمسية، تم اختيار احدها، والمتمثلة في استعمال المركزات التي شملت عدسات فيرنل مختلفة الاشكال والنوعية. وعن حصيلة هذه الجهود بينت الباحثة انها كانت ايجابية جدا ، وذلك لتحسين كفاءة اداء الخلية الشمسية، والقدرة الخارجة منها، من ثلاث الى اربعة اضعاف قيمتها العادية مما يحقق جدوى اقتصادية وفيه جدية بالاهتمام ولاسيما في المشاريع او المواقع التي تستعمل فيها اعداد كبيرة من الألواح الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية.

قام فريق بحثي من جامعة سمنان الايرانية باختبار استخدام تقنية تبريد وحدة شمسية تعتمد على نظام رش

الماء بالنبض (رزاز الماء) والذي سيمكن من استخدام كمية قليلة من الماء . يعتمد النظام على انبوب حديدي طولة 140سم وقطرة 1.5سم وتوسع فوهات للرش .تم تصميم الانبوب بحيث يمنع حدوث ظل على الألواح ويعمل هيكل التبريد من خلال زوايا مختلفة للرش. ويؤكد الباحثون ان تقليل زاوية الرش الى 15 درجة يزيد من كفاءة اللوح الى 19.78% ويخفض درجة الحرارة للوح من 64 الى 24 درجة مئوية.

تم اختبار هذه التقنية على الألواح أحادية البلور (مونو) بقدرة 85 وات في مختبر في سمنان.

تمكن الدكتور حسين باصي الاستاذ في هندسة القوي الكهربائية المشارك في جامعة الملك عبد العزيز من عمل نظام لحماية الألواح الشمسية من تكون الغبار عليها ويعمل تنظيف ذاتي اذا تكون الغبار عليها . والفكرة هي عمل مرايات خفيفة تقدر تعامد ضوء الشمس على الألواح الشمسية بغرض الحصول على طاقة اكبر مع نظام تبريدي مدمج مع أدعة توجه المرايات.

وهذه التجربة حققت كفاءة معملية %60.

يتناول هذا البحث تحضير غشاء In203الرقيق بطريقة الاكسدة الحرارية السريعة لانديوم المرسب بطريقة التبخر الحراري وباسماك مختلفة (106-200-350-500 نانوميتر) ضمن درجات حرارة اكسدة مختلفة (350-400-450c) حيث تم دراسة الخلايا الشمسية السيليكونية من نوع مفرق (p-n) تم دراسة تأثير غشاء In203 كطلاء مضاد للإنعكاس في خصائص وسمات الخلية الشمسية وشملت الدراسة على حساب فجوة الطاقة المباشرة وفجوة الطاقة الغير مباشرة وتم حساب بعض الثوابت البصرية والتي شملت معامل الامتصاص والانكسار حيث تبينت من القياسات تيار الدائرة القصيرة وفولتية الدائرة المفتوحة تحسين ملحوظ في كفاءة التحويل للخلية بعد طلاءها بغشاء In203 بزيادة سمك الغشاء ودرجه حرارة الاكسدة إذا كانت (3.95%) قبل الطلاء وأصبحت (10.95%) بعد الطلاء وقد تم خلال البحث دراسة الخواص الكشفية اذا كانت قيمة الاستجابة عند الطول الموجي 800nm هي (0.126A/W) عند نفس الطول الموجي أي

الكفاءة كانت (1.95%) قبل الطلاء وأصبحت (7%) بعد الطلاء وهذا ما يؤهل غشاء In2O3 لإستعماله كطلاء مضاد للإنعكاس.

يهدف هذا المشروع الى التحكم في منظومة تتبع حركة الشمس باستخدام الحساسات الضوئية المتماثلة في المقاومة الضوئية بالإضافة الى تحكم المتحكم الدقيق (micro controller) في عمل محرك الخطوة step motor عن طريق البرنامج.

قد تم تتبع حركه الشمس عن طريق الحساسات الضوئية والمتحكمات الدقيقة ذلك لرفع مردود الخلايا الشمسية الى أعلى قيمة والتقليل من تكلفة المنشآت المنتجة للكهرباء وخطوط النقل للكهرباء والمسافات البعيدة. في هذا المشروع تم تصميم نظام متتبع الطاقة الشمسية ثنائية المحور وتم استخدام متحكم اردوينو اونو للتحكم بنظام التتبع الشمسي.

وتمت كتابة الكود في واجهة الأردوينو وتم عمل محاكاة باستخدام برنامج بروتوس protous وتم استخدام اربع مقاومات ضوئية (LDR) تغذي الأردوينو بقيم الضوء وعلى الأردوينو مقارنة القيم واعطاء الأوامر تم إستخدام محرك خطي للتحكم باتجاه حركة ألواح الطاقة الشمسية وتم استخدام Motor driver 1298n للتحكم بالمشغلات الخطية وتم تصنيع نموذج ميكانيكي يعمل على تسهيل حركة اللواح بسهولة وسلاسة ويعطي زاوية حركة نسبية.

تم اختيار النموذج بعمل تجربتين لحساب خرج اللواح تجربة عند ثبات النظام والآخرى عند الحركة الحرة للنظام وعمل مقارنة بين التجريتين. وتم الوصول الى نتائج كافية ومرضية.

نجح علماء اترك بولاية ازمير في انتاج نقطة كمومية وهي عبارة عن جسيمات نانوية دون ذرية بحجم 1نانوميتر تزيد من كفاءة الخلايا الشمسية. جاء ذلك من ضمن مشروع لزيادة كفاءة الخلايا الشمسية في التي

تحول الضوء الى تيار كهربى اطلقته مجموعة بحوث الا برئاسة مديرة معهد قسم الطاقة الكهربائية جامعة ايجية التركية الدكتورة شعله ارتن الا.

كما شارك في اعمال مجموعة البحث عبر تكثيف العمل وتبادل الخبرات من انتاج النقطة الكمومية الذهبية بعد ان سبق للفريق انتاج هذه الجسيمات سابقا بأحجام 2-10 نانوميتر ويتمتع المشروع بمزايا مختلفة في مقدمتها التكلفة المنخفضة كما يمكن استخدامه في العديد من مجالات الحياة اليومية بغض النظر عن حالة الطقس.

وفي حديث الاناضول قالت ارتن الا أن مجموعتها عاقدة على العزم على انتاج جيل جديد من الخلايا الشمسية تحدث صدى ونقطة مهمة في عالم الطاقة الكهربائية.

واضافت ان مجموعتها قطعت شوطا كبيراً في انتاج اولى الخلايا الشمسية عالية الكفاءة حيث ان الفريق في مرحلة الحصول على براءة الاختراع حول هذه الدراسة والمنتج.

واضحت ان طريقة انتاج النقطة الكمومية الذهبية لزيادة كفاءة الخلايا الشمسية تعتبر طريقة جديدة تجمع بين تقنية السيليكون والجيل الجديد من تكنولوجيا الخلايا الشمسية.

وافادت بان هذه الطريقة يمكن استخدامها في العديد من الاماكن بما فيها الاماكن الداخلية والمغلقة موضحة ان مجموعتها تجري أبحاثاً في هذا الشأن منذ 15عاما.

واردفت لأول مرة تمكنا عبر هذا المشروع من انتاج نقطة كمومية ذهبية بحجم 1 نانوميتر باستخدام تقنية

(الاستئصال بالليزر) كما اكدت الباحثة التركية ان المجموعة انتجت خلايا شمسية صبغية من النوع (P)

بهذه الطريقة سنتمكن من توليد نقطة كمومية من مواد مختلفة. واستطردت لسنوات قليلة كنت اقوم بإجراء

ابحاث على الخلايا الشمسية الصبغية من النوع (N) ولقد انتجنا خلايا شمسية من النوع (P) لأول مرة.

واستدركت لقد نشرنا دراستنا حول المنتج في انتاج إحدى "المجلات العلمية الاجنبية".

قدم S.LAKSHMANAN و S.SUMALATHA في مقالة تدرس نظام إضاءة كهروضوئي مستقل جديد عالي الكفاءة ، يستطيع أن يقدم إضاءة فعالة بالاعتماد على الاستطاعة العالية للـ LEDs البيضاء. تم اقتراح طريقة الناقلية المتزايدة المحسنة لملاحقة نقطة الاستطاعة الأعظمية (MPPT) للحصول على أكبر استطاعة خرج للمنظومة الكهروضوئية في نظام PV، دون الاهتمام بشروط الإشعاع والحرارة ومميزات الحمل الكهربائي. تم تصميم تقنية جديدة لشحن البطارية من تحليل ومقارنة النتائج. لتأمين الحالة المستقرة لبيئة العمل من أجل الاستطاعة العالية للـ LEDs البيضاء، تم تطبيق تصميم خاص للـ LED. وأبعد من ذلك تم تصميم تحكم إضاءة ذاتي التكيف ليحافظ على حالة الإضاءة الداخلية.

## الفصل الثالث

# نمذجة منظومات الـ MPPT

## الفصل الثالث

### نمذجة منظمات الـ MPPT

#### 1.3 المقدمة:

يزداد الطلب على الطاقة الكهربائية في السودان بشكل كبير، وفي ظل هذا التحدي الطاقى الهائل والنمو المطرد لإستهلاك الطاقة تبدو خيارات الطاقات المتجددة هدفاً هاماً لا يجوز بأي شكل إغفاله في أي من الخيارات الاستراتيجية القادمة، لاسيما في ضوء النضوب المتوقع والمعلن في المصادر العالمية والمحلية للوقود الأحفوري إضافة إلى الواقع الحالي الذي تفرضه الأزمة الحالية على بلدنا.

ونظراً لوفرة الإشعاع الشمسي في السودان، يمكن استخدام الطاقة الكهروضوئية لإنتاج الكهرباء وتعويض النقص الحاصل جراء صعوبة الحصول على الوقود الأحفوري. أما التطور المستقبلي لهذه التقنية فهو استخدام الخلايا الكهروضوئية المدمجة بالأبنية وهذا يحتاج إلى تضافر أكثر من جهة حكومية لإنجاح هكذا مشاريع، والتي تعتبر من أكثر قطاعات الصناعات الكهروضوئية نمواً.

كما وتعتبر طاقة الخلايا الكهروضوئية أحد أهم أشكال الطاقة المتجددة والنظيفة، لأنه لا ينتج عن تشغيلها نفايات ملوثة ولا ضوضاء ولا إشعاعات ولا تحتاج لوقود غير أشعة الشمس الطبيعية. لكن كلفتها الابتدائية لا تزال حتى الوقت الراهن مرتفعة نسبياً مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى كما أنها تولد تيار كهربائي مستمر. وعلى الرغم من تمتع السودان بموارد هائلة من الطاقة الشمسية تبعاً لموقعها الجغرافي المميز فإنها تُعد من أقل المناطق في العالم فيما يتعلق باستغلال وتوظيف الطاقة الشمسية.

#### 2.3 الطاقة الكهروضوئية:

يتم الاستفادة من الطاقة الشمسية لأغراض توليد الطاقة الكهربائية عبر نظامين

### 1.2.3 نظام المركزات الشمسية:

يعتمد هذا النظام على استخدام العدسات والمريا لتركيز الأشعة الشمسية المتناثرة الحاملة للطاقة الحرارية نحو بقعة معينة، ووفقاً للآليات متعددة ومتنوعة يتم تحويل هذه الحرارة المركزة إلى طاقة كهربائية وبالتالي في هذا النظام يتم الحصول على الطاقة الكهربائية بشكل غير مباشر من الطاقة الشمسية. ويوجد عدة أنواع منها : تقنية المركزات الشمسية ذات القطع المكافئ الدائري ويوضح الشكل (1.3) مثال على هذه التقنية.



الشكل 1.3 يوضح تقنية المركزات الشمسية ذات القطع المكافئ الدائري

- تقنية المركزات الشمسية ذات القطع المكافئ الاسطواني ويبين الشكل (2,3) مثال على هذه التقنية.



الشكل 2.3 يوضح تقنية المراكز الشمسية ذات القطع المكافئ الاسطواناني

- تقنية البرج المركزي انظر الشكل (3.3) .



الشكل 3.3 يوضح تقنية البرج المركزي

- تقنية البركة الشمسية أنظر الشكل (4.3).



الشكل 4.3 يوضح تقنية البركة الشمسية

### 2.2.3 النظام الكهروضوئي (Photovoltaic System):

وفيه يتم الاعتماد على الخلايا الكهروضوئية PV Cells في تحويل الطاقة الضوئية الشمسية بشكل مباشر إلى كهرباء عبر تعريض هذه الخلايا لأشعة الشمس، انظر الشكل (3.5).



الشكل 5.3 يوضح منظومة كهروضوئية

نميز نوعين رئيسيين للأنظمة الكهروضوئية تبعاً لربطها بالشبكة الكهربائية العامة:

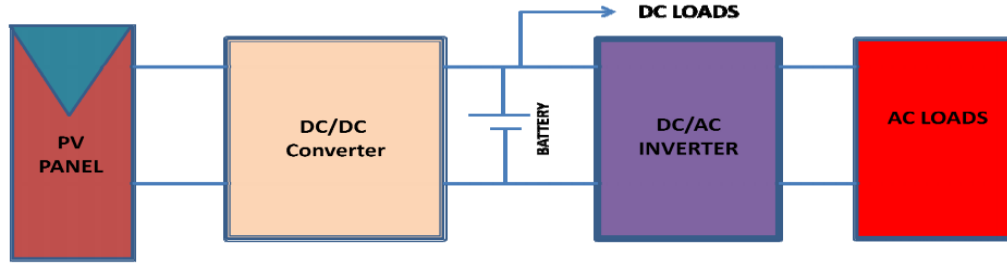
• نظام معزول غير مرتبط مع الشبكة Stand alone or grid-off system.

• نظام مرتبط مع الشبكة الكهربائية Grid connected system.

ومن الممكن أن يحتوي النظام المعزول غير المرتبط مع الشبكة العامة على بطاريات لتخزين الطاقة وقت الحاجة إليها أثناء الليل، وذلك يعتمد على الغرض من إقامة النظام الكهروضوئي (تغذية منزل بالكهرباء، توليد الكهرباء لتغذية مضخة المياه ... الخ).

### 3.3 مكونات النظام الكهروضوئي المستقل:

يتكون النظام الكهروضوئي من الاجزاء التالية -اللوحة الشمسية- المبدلة (DC-DC)-البطارية-القابلة (الانفرتر)- احمال متناوبة ومستمرة -الشكل (6.3).



الشكل 6.3 يوضح المخطط العام للنظام الكهروضوئي المستقل

### 1.3.3 الخلية الشمسية:

الخلايا الشمسية "Photovoltaic cells" هي خلايا يتم من خلالها تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء (تيار مستمر) باستخدام مواد خاصة تسمى أشباه الموصلات أو أنصاف النواقل "Semiconductor" أساسها مادة السليكون أو الجرمانيوم انظر الشكل (7.3).

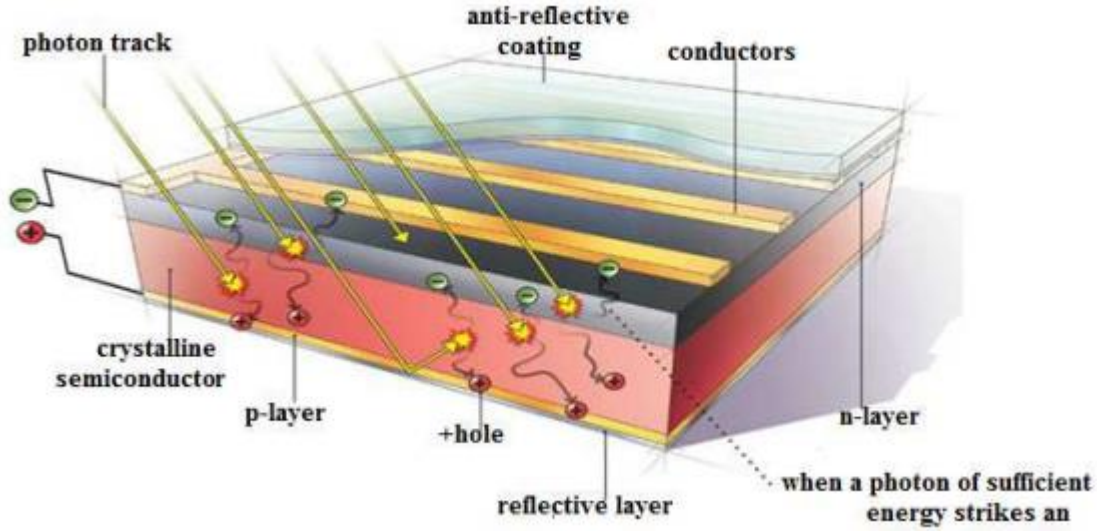


الشكل 7.3 يوضح خلية كهروضوئية

### 2.3.3 مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية:

تنتقل الإلكترونات في الخلية الكهروضوئية إلى الفجوات وتتحد معها، حيث تستمر هذه العملية إلى أن تتحد كل الإلكترونات مع كل الفجوات ثم تتوقف عملية الانتقال لأنه يتشكل لدينا حاجز (حقل كهربائي) عند منطقة الوصل مما يمنع الإلكترونات من الحركة. هذا المجال الكهربائي يعمل عمل الثنائي أو الديود " Diode" حيث يسمح بمرور الإلكترونات من الجزء الموجب إلى الجزء السالب ولكن ليس العكس. وبهذا يكون لدينا في كل خلية شمسية مجال كهربائي يحدد اتجاه حركة الإلكترونات. عندما يسقط الضوء المكون من فوتونات على الخلية الشمسية فإنه يعمل على تحرير الكترولون وفجوة بالقرب من الحاجز حيث المجال الكهربائي فيتم تمرير هذا الإلكترون في اتجاه الجزء السالب تحت تأثير المجال الكهربائي في حين تنتقل الفجوة إلى الجزء الموجب تحت تأثير المجال الكهربائي. وعندما يتم توصيل طرفي الخلية (السالب والموجب) بدارة خارجية فإن هذه الإلكترونات سوف تتحرك لتعود إلى موضعها الأصلي وكذلك الفجوات وهذه الحركة هي التيار الكهربائي الذي نريده، كما في الشكل (8.3) ويتم طلي الخلية الشمسية بمواد تمنع انعكاس

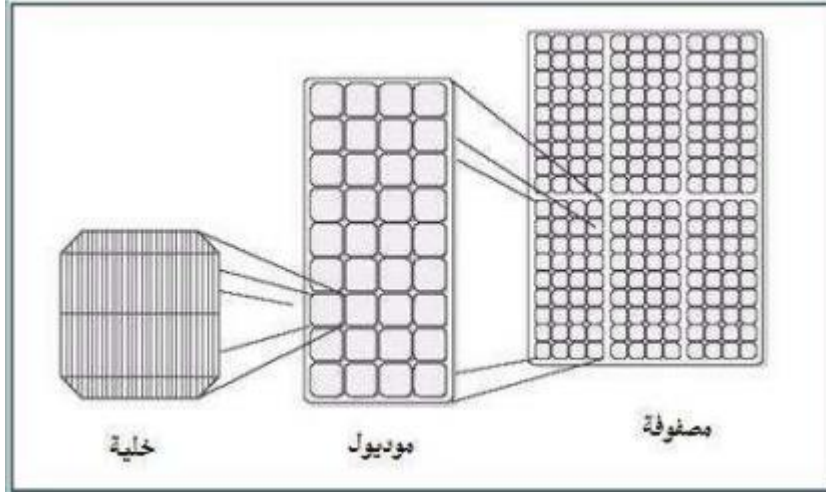
الفوتونات الشمسية عند سقوطها على الخلية حيث أن السليكون يشكل طبقة لامعة تعكس الضوء وهذا ما لا نريده أن يحدث فيها. يتم وضع طبقة رقيقة جداً على سطح شرائح السليكون لمنع انعكاس الضوء وبعدها يتم وضع شريحة زجاجية لحماية الخلية.



الشكل 8.3 يوضح مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية

### 3.3.3 الانتقال من الخلية إلى الموديول إلى المصفوفة:

بما أن التوتر على طرفي الخلية المفردة هو تقريباً (0.6V) وهذا لا يكفي للتطبيقات العملية، وبدلاً منها تكون الوحدة الرئيسية في التطبيقات الكهروضوئية هي الموديول الذي يتكون من عدد من الخلايا الموصولة تسلسلياً وتفرعياً للحصول على التوتر والتيار المطلوبين. يتكون الموديول عادة من 36 خلية على التسلسل موديول جاليو، هناك موديولات تتألف من 72 خلية يشار لها بموديول، (2V) توصل عدة موديولات بدورها على التسلسل لزيادة التوتر وعلى التفرع لزيادة التيار. توضع هذه الخلايا في إطار من الزجاج لحمايتها مع وضع نقطتي توصيل موجبة على السطح الأمامي وسالبة على السطح الخلفي.



الشكل 9.3 يوضح الخلية والموديل والمصفوفة

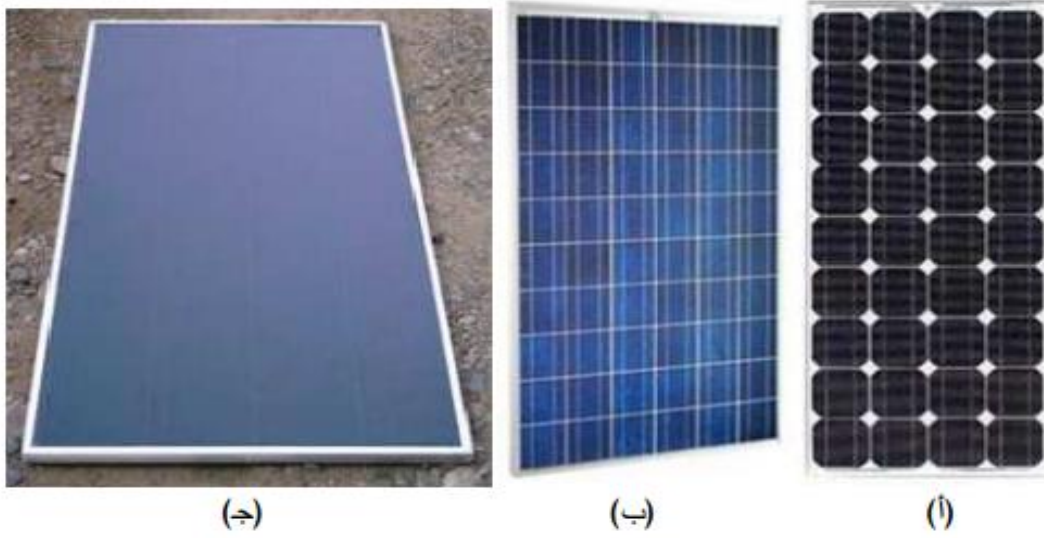
هذه التركيبة من الموديولات المتصلة تسلسلياً و تفرعياً تدعى بالمصفوفة و يبين الشكل (9.3) الانتقال من الخلية إلى الموديول إلى المصفوفة. عند توصيل الموديولات على التسلسل يبقى التيار ذاته و التوتر الناتج هو مجموع توترات الموديولات المتصلة تسلسلياً عند توصيل الموديولات تفرعياً يكون التوتر نفسه توتر الموديول أما التيار فيكون مجموع تيارات الموديولات عند توتر ثابت.

#### 4.3.3 أنواع الخلايا الكهروضوئية (الشمسية):

يوجد ثلاث أنواع رئيسية من الخلايا الكهروضوئية كما هو مبين في الشكل (10.3) بحيث الاختلاف المميز لها يكون حسب البنية التشكيلية للمادة السيليكونية المشكلة للخلية كما يلي:

- مونوكريستالين (Monocrystalline) تتألف من سيليكونات وحيدة البلورة.
- البولي كريستالين (Poly Crystalline) وهي تتألف من سيليكونات متعددة البلورات.
- الرقائق السيليكونية الغلمية: تتألف من سيليكونات ليس لها تصنيف شكلي أو بنيوي محدد فهي وتعرف

باسم (Thin Films or Amorphous Silicon).



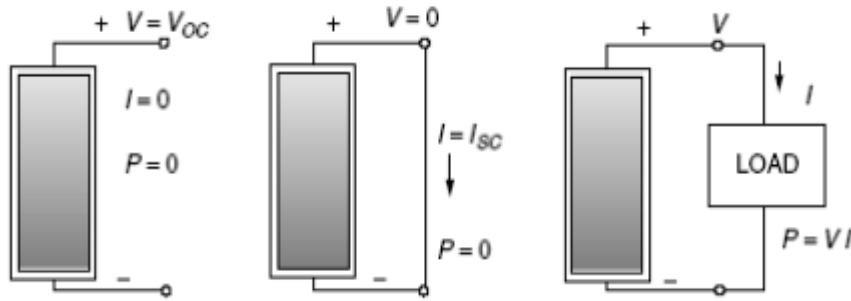
الشكل 10.3 أنواع الخلايا الكهروضوئية (أ) مونو كريستالين (ب) - بولي كريستالين (ج) الخلايا الفلمية

وهذه التشكيلة البنيوية للأنواع الثلاث هي المحدد الرئيسي لكفاءة النوع على تحويل الفوتونات إلى كهرباء:

- المونوكريستالين: معظم الخلايا الكهروضوئية المنتجة تكون ذات تشكيلة وحيدة البلورة وما يميز هذا النوع أنه صاحب الكفاءة والكلفة الأعلى من النوعين الآخرين
- البولي كريستالين: احتياج هذا النوع للسيليكون المكلف مادياً يكون أقل وبالتالي كلفته تكون و أقل لكن كفاءته أقل أيضاً لأنه يتألف من بلورات كريستالية متعددة، لكن مصنعي هذا النوع من الخلايا يصرحون بأن الوفر الاقتصادي الذي يحققه هذا النوع يتفوق نوعاً ما على كفاءته الأقل من النوع السابق.
- الأفلام الكهروضوئية الرقيقة: تختلف عن النوعين السابقين بأنه ليس لها تركيبية بنيوية محددة حيث يتم تصنيعها عبر ترسيب طبقات رقيقة جداً من السيليكون المسال في فراغ ما مع وجود طبقة زجاجية أو بلاستيكية أو معدنية كطبقة داعمة. تكمن الفائدة الكبيرة لهذا النوع بأن كلفة الواط الكهربائي المنتجة منه هي الأرخص بين الأنواع الثلاث، ولكن كفاءتها هي الأقل بين النوعين السابقين.

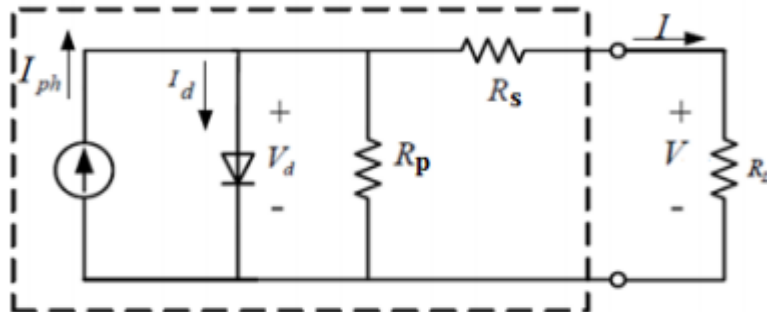
### 5.3.3 محددات الخلية الكهروضوئية:

الدارة المكافئة: سنفترض أنه لدينا لوح شمسي يراد توصيله إلى حمل، قبل وصل الحمل إلى اللوح المعرض لأشعة الشمس تكون أشعة الشمس قد أنتجت جهد الدارة المفتوحة ولكن لا يمر أي تيار. إذا تم وصل النهايتين بسلك حالة قصر فإنه سيمر بين الطرفين تيار يساوي تيار القصر لكن الجهد سيكون مساوياً للصفر. في الحالتين حالة الدارة المفتوحة وحالة الدارة القصر فإن الطاقة والتي هي حاصل ضرب الجهد بالتيار تكون مساوية للصفر ولا يوجد طاقة مسلمة للحمل كما يوضح الشكل (11.3).



الشكل 11.3 يوضح الدارة مفتوحة (ب) - الدارة مقصورة (ج) - الدارة موصولة مع حمل

عند وصل حمل حقيقي على طرفي اللوح سيكون هناك مجموعة من القيم للجهد والتيار عند كل قيمة للحمل. بالتالي يمكن أن نعبر عن الدارة المكافئة للخلية بالشكل (12.3).



الشكل 12.3 يوضح الدارة المكافئة للخلية الشمسية

### 4.3 نمذجة اللوح الشمسي الكهروضوئي باستخدام برنامج MATLAB/SIMULINK:

قمنا بنمذجة الموديول MSX-50 المبين بالشكل (13.3) تم تركيب الموديول من خلال توصيل 60 خلية شمسية (من النوع السيليكون البلوري المتعدد)، عمى التوالي لتزويد باستطاعة أعظمية قدرياً، W200 حيث أن الجدول التالي يبين الخصائص الكهربائية للموديول.



الشكل 13.3 يوضح موديول MSX-50

جدول 1.3 يوضح الخصائص الكهربائية لموديول MSX-50 عند درجة حرارة  $T=25\text{ C}$  واشعاع  $1000\text{w/m}^2$

|   |        |
|---|--------|
| Rated power ( $V_{mp}$ )                    | 200 W  |
| Voltage at maximum power ( $V_{mp}$ )       | 26.4 V |
| Current at maximum power ( $I_{mp}$ )       | 7.58 A |
| Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )           | 32.9 V |
| Short circuit current ( $I_{sc}$ )          | 8.21 A |
| Total number of cells in series ( $N_s$ )   | 54     |
| Total number of cells in parallel ( $N_p$ ) | 1      |

تتألف الدارة المكافئة للخلية الشمسية من منبع تيار  $I_{ph}$  ودايود على التفرع ومقاومة تفرعية  $R_P$  ومقاومة

تسلسلية  $R_S$  (المقاومات  $R_S, R_P$ ) متعلقة بصناعة اللوح

لدينا درجة ( $T$ ) الحرارة وشدة الإشعاع ( $G$ ) يؤثران على التيار كما يلي:

$$I_{ph} = [I_{si} + K_i \cdot (T - 298) \cdot G / 1000] \quad \text{المعادلة (1.3) .....}$$

$$I_0 = I_{rs} \cdot (T/T_n)^3 \cdot \exp[q \cdot E_{G0} \cdot (1/T_n - 1/T) / n \cdot k] \quad \text{المعادلة (2.3) .....}$$

$I_{ph} \equiv$  التيار الاسمي

$T \equiv$  درجة الحرارة

$n \equiv$  درجة الحرارة الاسمية.

$G \equiv$  شدة الإشعاع الشمسي

$I_{rs} \equiv$  تيار الدارة القصيرة الاسمي.

$K_i \equiv$  المعامل الحراري لتيار الدارة القصيرة  $V$ .

$E_{G0} \equiv$  جهد الدارة المفتوحة الاسمي

$G \equiv$  شدة الاشعاع الشمسي

$$I_{rs} = I_{SC} / e^{(q \cdot V_{oc} / n \cdot N_s \cdot k \cdot T) - 1} \quad \text{المعادلة (3.3) .....}$$

$$I_{sh} = [(V + I \cdot R_s) / R_{sh}] \quad \text{المعادلة (4.3) .....}$$

يعطى تيار الخلية بالعلاقة التالية:

$$I = I_{ph} - I_0 \cdot [\exp(q \cdot (V + I \cdot R_s) / n \cdot K \cdot N_s \cdot T) - 1] - I_{sh} \quad \text{المعادلة (5.3) .....}$$

$I_{sh} \equiv$  تيار الفوتون المولد من الاشعاع الناتج من اللوح

$I_0 \equiv$  تيار الاشباع للدايود

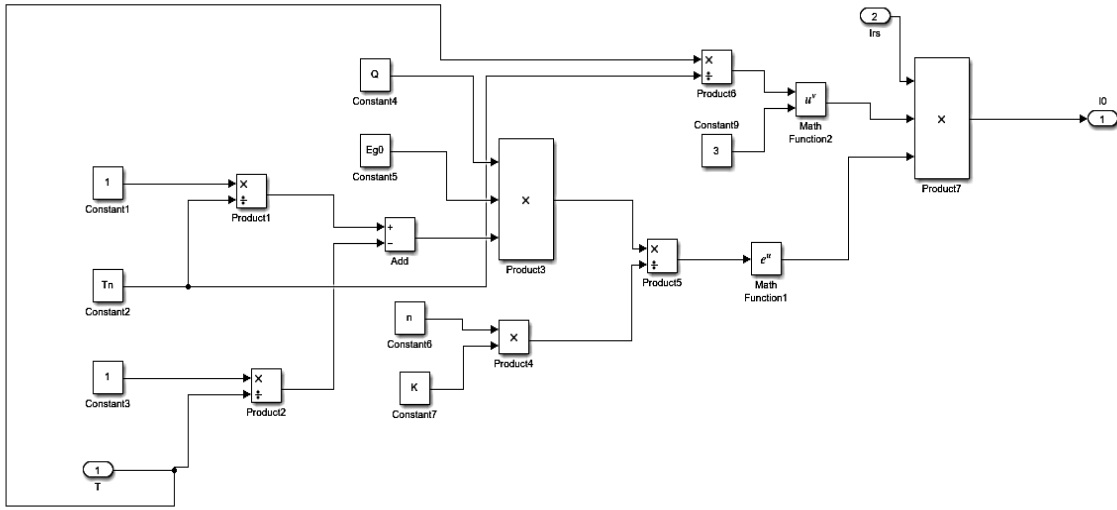
$V \equiv$  الجهد الحراري لمنظومة الـ PV.

$I \equiv$  تيار خرج اللوح.

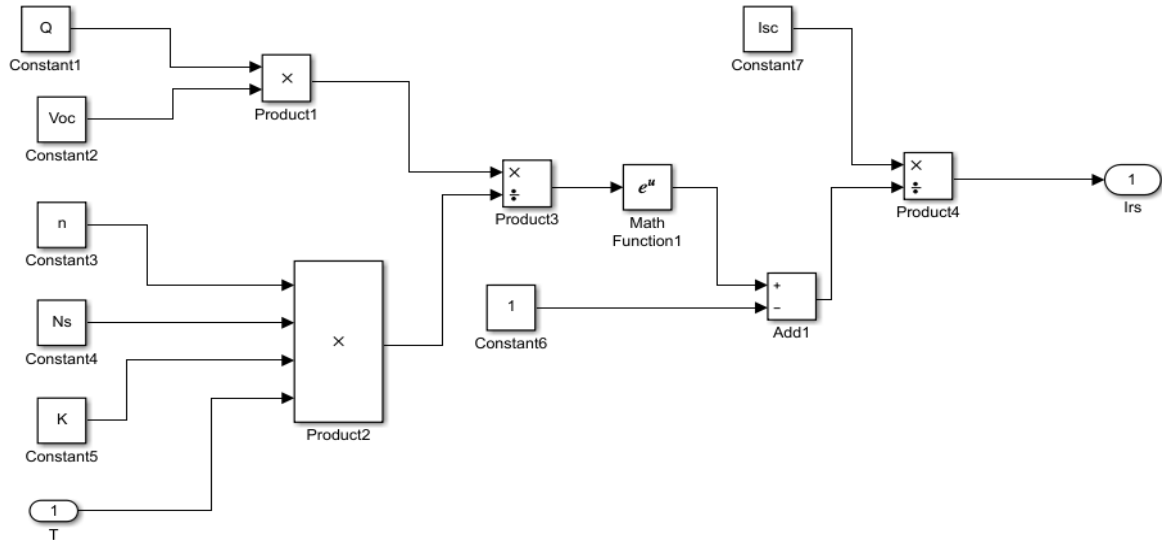
$V \equiv$  جهد خرج اللوح.

$R_s \equiv$  المقاومة التسلسلية.

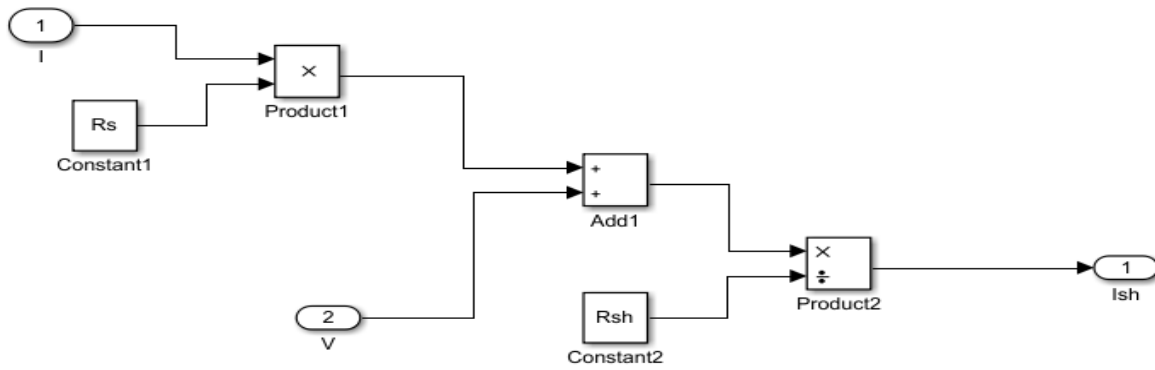
\*الاشكال التالية توضح المخططات الصندوقية التي تم تصميمها من المعادلات:



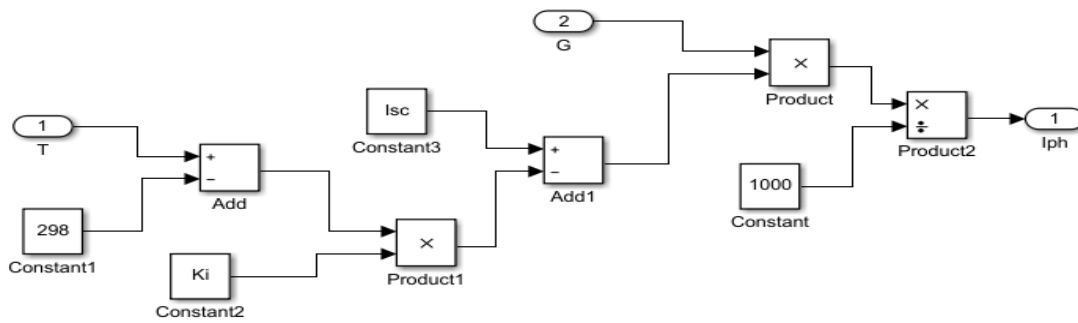
الشكل 14.3 تمثيل معادلة IO على الـ simulink



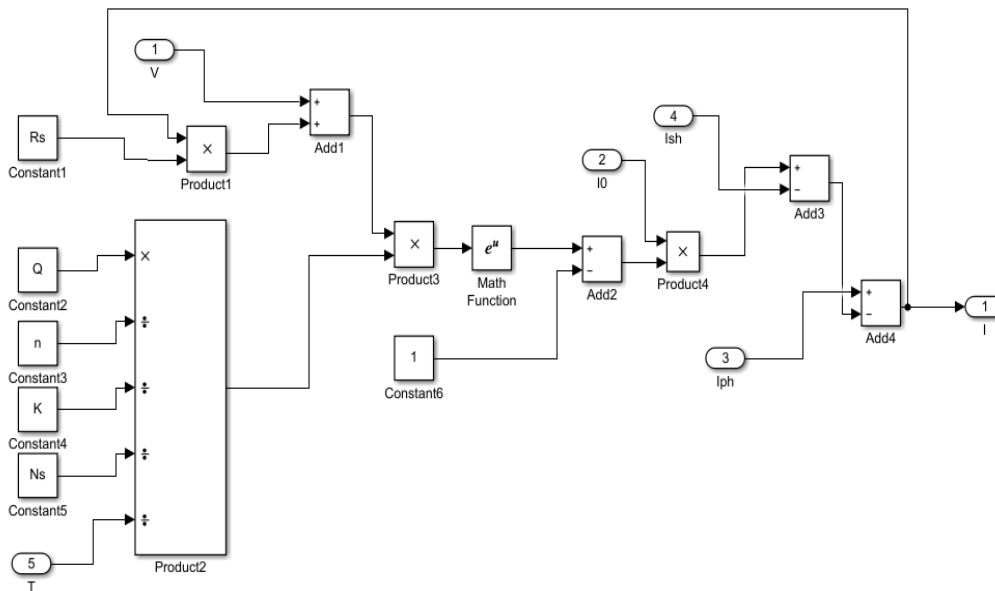
الشكل 15.3 تمثيل معادلة Irs على الـ simulink



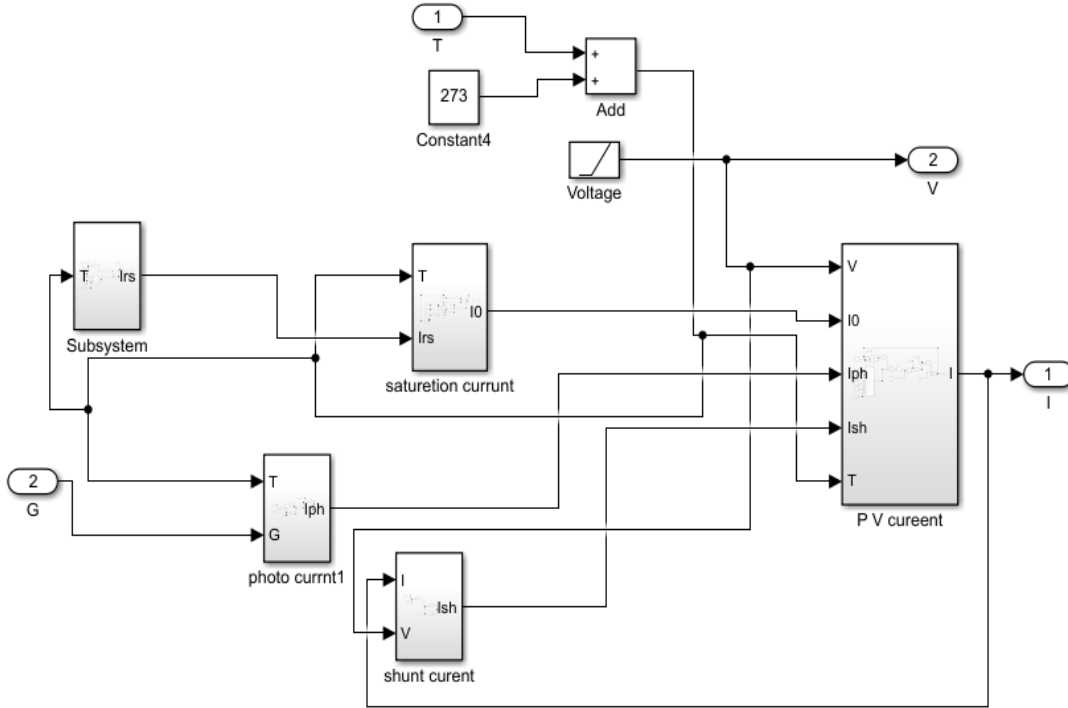
الشكل 16.3 تمثيل معادلة ish على الـ simulink



الشكل 17.3 تمثيل معادلة Iph على الـ simulink



الشكل 18.3 تمثيل معادلة I على الـ simulink



شكل 19.3 يوضح ربط المخططات الصندوقية مع بعضها البعض

- ثوابت ومتغيرات الخلية الشمسية:

$$K_i=0.0032, Q=1.6e-19, K=1.38e-23$$

$$N=1.3, E_{g0}=1.1, R_s=0.221, R_{SH}=415.405,$$

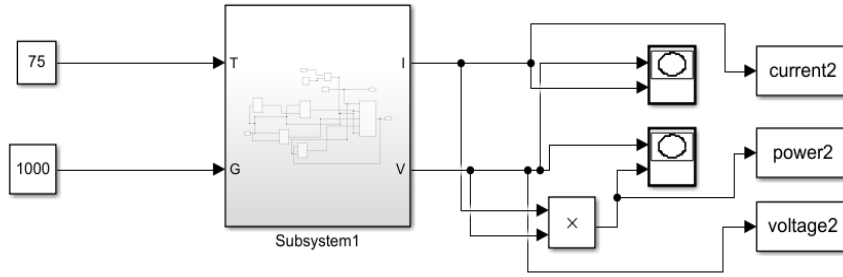
$$T_n=298, V_{OC}=32.9, I_{sc}=8.21, N_s=54$$

بعد أن تعرفنا على معادلات اللوح الشمسي قمنا بتطبيق هذه المعادلات على برنامج المحاكاة

2018<sub>a</sub> MATLAB/SIMULINK الشكل (20.3) يمثل الدائرة الكهربائية للوح في محيط

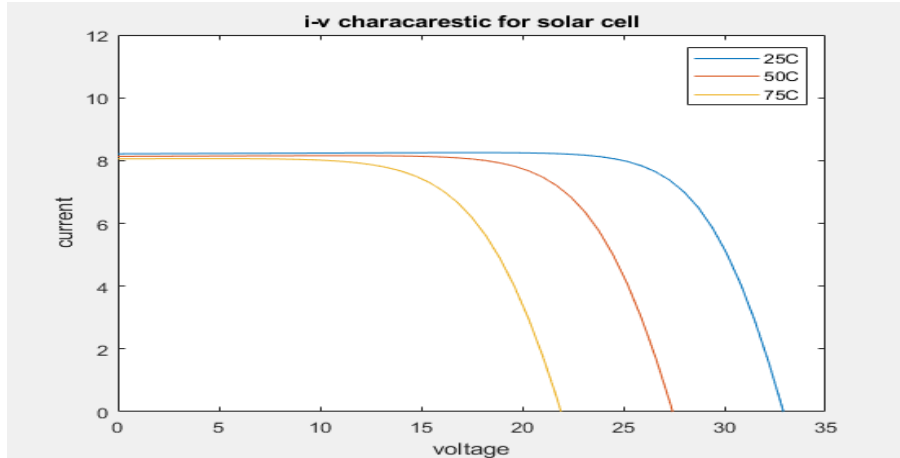
MATLAB/SIMULINK موصول بأجهزة قياس.

بعد إجراء عملية النمذجة على قيم مختلفة لدرجات حرارة  $T = [25 - 50 - 75]^{\circ}C$ .

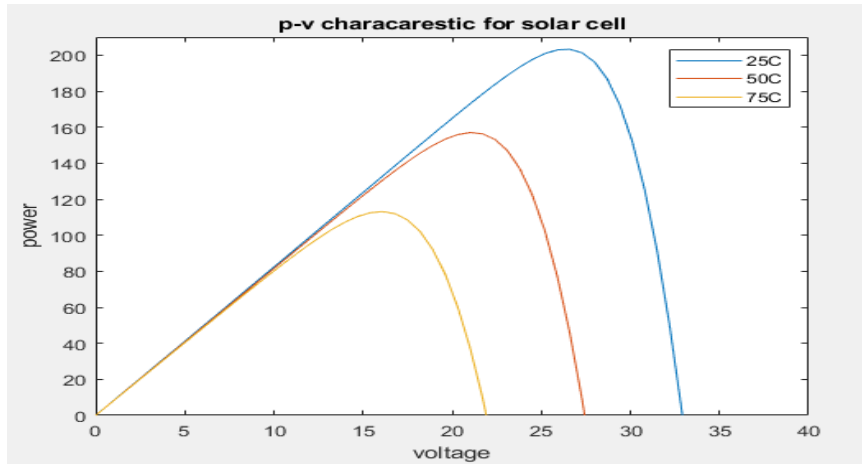


الشكل 20.3 يوضح تمثيل الموديل على الـ **simulink**

تأثير درجة الحرارة على منحنيات (I-V) والـ (P-V)



الشكل 21.3 يوضح منحنى (V-I) عند تغير درجة الحرارة

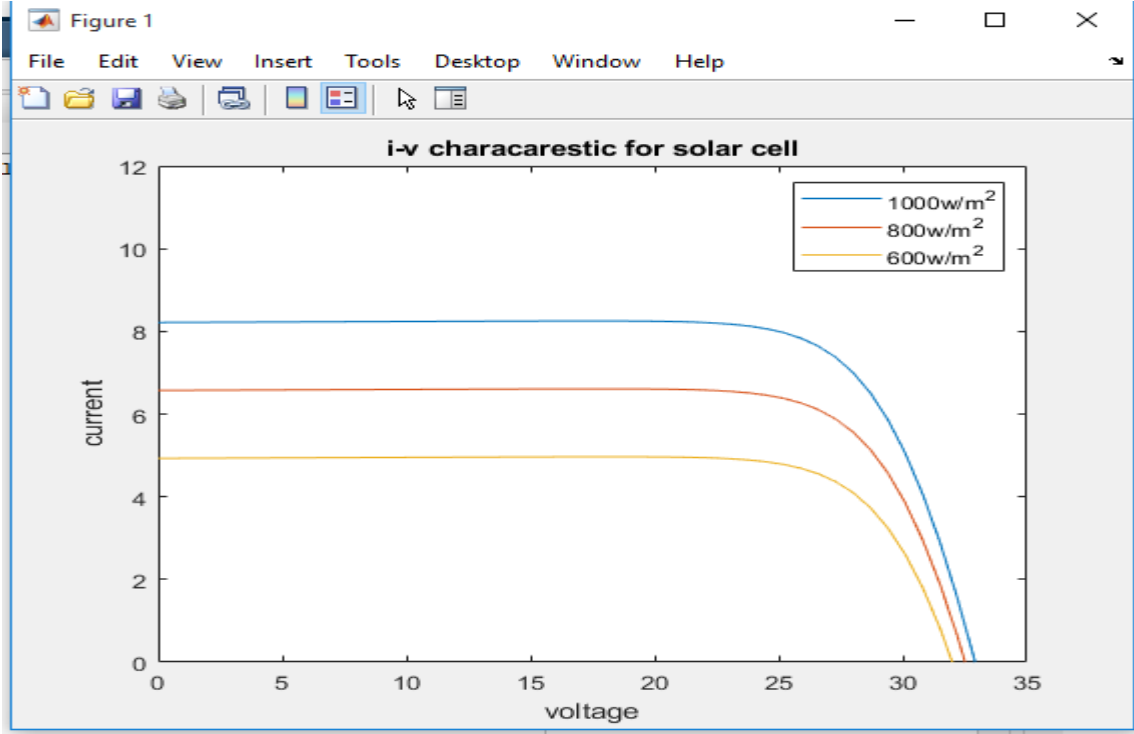


الشكل 22.3 (P-V) عند تغير درجة الحرارة

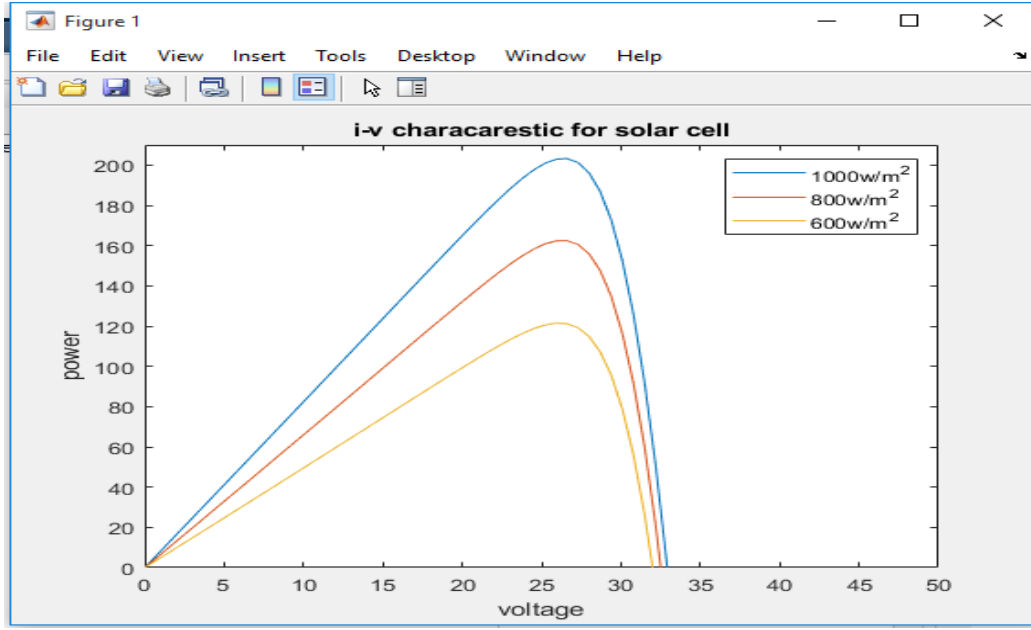
نأخذ قيم مختلفة للإشعاع الشمسي:

$$G = [600 - 800 - 1000]$$

وكانت نتائج الـ (I-V) والـ (P-V) كما موضحة في الشكل (22.3) و (23.3).



الشكل 23.3 يوضح منحنى (V-I) عند تغير الإشعاع



الشكل 24.3 يوضح منحني (P-V) عند تغير الاشعاع

### 5.3 ملاحظة نقطة القدرة القصوى (MPPT) Maximum power point traker:

تعد الطاقة الشمسية من اهم مصادر الطاقة الاولية في العالم عموما وفي السودان خصوصا بحكم موقعها الجغرافي حيث يتدفق بمعدل تساقط 3 الاف ساعة سنويا.

تبرز تطبيقات الطاقة الشمسية في الحصول على الطاقة الكهربائية في النظم الشمسية الكهروضوئية التي منها النظم المرتبطة ضمن الشبكة (محطات التوليد الكهروضوئية والأنظمة الهجينية والنظم المستقلة كأنظمة الانارة وأنظمة التغذية الكهربائية غير المرتبطة بالشبكة والنظم المستخدمة في ضخ المياه ... الخ).

تعتبر الطاقة الشمسية بانها صديقة للبيئة ومتجددة لانتضب إلا انها أيضا تواجه مشكلتين رئيسيتين من ناحية التقنية.

- الناحية الاولى:

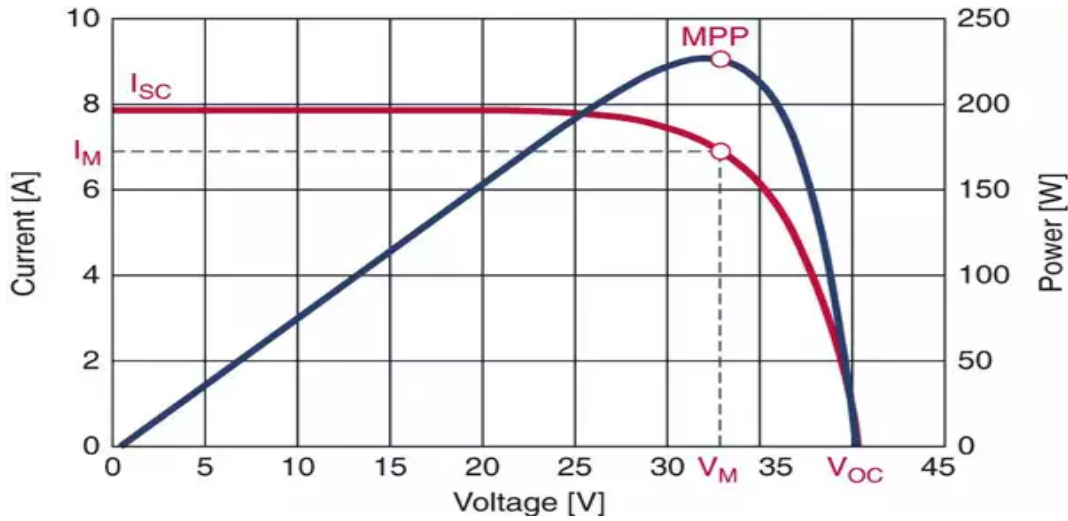
انخفاض مردود تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية الذي يتراوح بين (9-17%).

- الناحية الثانية:

تعتبر الطاقة الكهربائية المولدة من الخلية الكهروضوئية بتغير الظروف المناخية المحيطة (الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة).

### 1.5.3 نقطة الاستطاعة العظمى Maximum Power Point:

تعرف نقطة الاستطاعة العظمى من خلال منحنى التيار-الجهد، ومن خلال منحنى القدرة إذ تمثل هذه النقطة أعظم استطاعة يمكن الحصول عليها من حقل اللواقط الكهروضوئية PV array. يبين الشكل (25.3) منحنى الجهد - التيار ومنحنى القدرة.



الشكل 25.3 يوضح منحنى الجهد - التيار ومنحنى القدرة

فمن منحنى التيار ومنحنى القدرة نلاحظ في الزوايا العليا على يمين المنحنى وجود قمة حادة تمثل نقطة الاستطاعة العظمى وهي التي نسعى للوصول إليها بدقة وذلك لمنحنى التيار عن طريق تغيير نقطة التشغيل للنظام الكهروضوئي ككل ولتحقيق هذا الهدف ومن ثم مواجهة المشكلتين الرئيسيتين اللتان تواجهان تطبيقات الطاقة الشمسية في الحصول على الطاقة الكهربائية ومحاولة التحقق من اثرهما في عمل الخلية الشمسية.

ظهرت عدة تقنيات تعتمد على نقل نقطة العمل للاقط الكهروضوئي وعرفت هذه التقنيات باسم تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى Maximum Power Point Traking ويتاثر عمل الخلية الكهروضوئية بالاشعاع الشمسي ودرجة الحرارة فمثلا لو اخذنا لاقط باستطاعة 120w فان اللاقط سيكون قادرا على توليد الاستطاعة فقط ضمن ظروف التشغيل المعيارية sts اما في الحالة التطبيقية العملية فانه لن يكون قادرا على ذلك فعلى سبيل المثال لو أنخفضت درجة الحرارة المعيارية فان اللاقط سيولد استطاعة اكبر مثلا 130w ثم نقطة الاستطاعة العظمى قد تغيرت ولا بد من نقل نقطة العمل اليها للحصول على الاستطاعة العظمى من اللاقط الكهروضوئي.

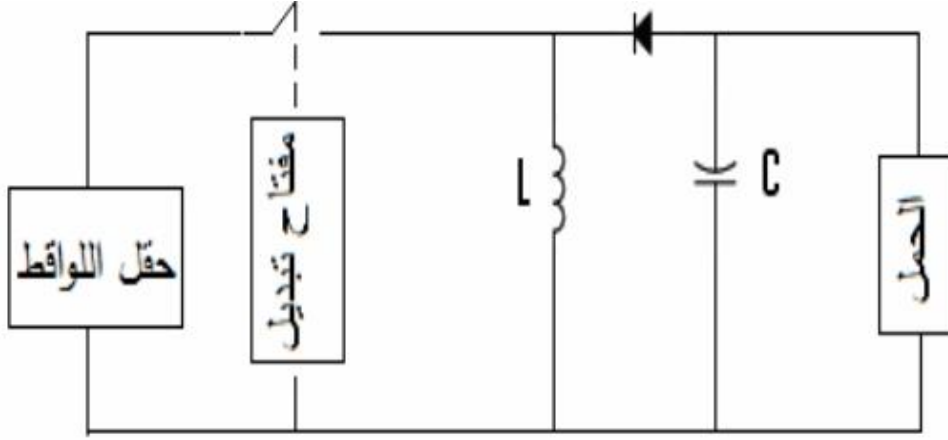
### 2.5.3 الفرق بين الـ mppt وتحريك اللواقط panel traking:

لتجنب الالتباس في مصطلح الملاحقة لا بد من التفريق بين mppt وملاحقة اللواقط panel traking فملاحقة اللواقط هي تحريكها بواسطة نظام تحريك وملاحقة للشمس نفسها وهذا النظام يعتمد على مجموعة من الحسابات التي تقوم بتتبع حركة الشمس اليومية ومحرك يقوم اللواقط بحيث تصبح مواجهة لقرص الشمس بحسب تغير حركة القرص وربما يحقق سقوط اعظم اشعاع شمسي على اللواقط اما الجهاز الذي نحن بصدد اجراء اختبار لمزايا mppt هو ملاحقة فليس له علاقة بتحريك اللواقط انما يقوم بمراقبة خرج اللواقط الشمسية الكهروضوئية مع توتر الحمل بحيث تنقل اكبر استطاعة ممكنة للحمل وذلك عن طريق افضل جهد لاعطاء افضل تيار.

### 3.5.3 المبدأ الاساسي في ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى للواقط الكهروضوئية:

تعتمد تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة الشمسية على التبديل من جهد مستمر الى جهد مستمر (dc to dc) بهدف الوصول الى نقطة الاستطاعة العظمى او النقطة المثلى على منحى التيار توتر الحمل المنبع

المستمر dc (المولد المكهروضوئي) أو خفضة الى جهد مستمر dc موافق للحمل المطلوب ويبين الشكل (26.3) دائرة التبديل.



الشكل 26.3 دائرة تبديل DC-DC المستخدمة في تقنيات MPPT

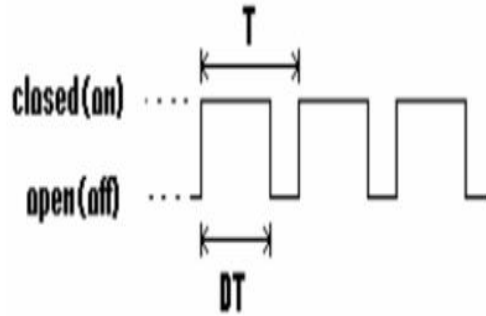
اذ يقوم الترانزستور (المفتاح) بالفصل والوصل بمعدل سريع (20kh) ويحوي النظام ايضا مكثفا موصلا عبر المولد مبين في الشكل (26.3).

عندما يكون المفتاح مغلقا يكون التوتر عبر الملف هو توتر المنبع  $V_i$  الذي يدفع التيار  $I_L$  عبر الملف يسري تيار المنبع باكمله خلال الملف لان الدايدود يمنع اي تيار من الجريان في بقية الدائرة في اثناء هذا الجزء من الدورة تضاف طاقة الى الحقل المغناطيسي في الملف بسبب تشكل التيار اذا يعني المفتاح مغلقا يشكل الملف اخيرا دارة قصيرة ويقدم PV تيار قصر تحت توتر صفر.

عندما يفتح المفتاح يستمر التيار بالجريان في الملف في الوقت الذي يبدا الحقل المغناطيسي بالانهيار، يجري تيار الملف خلال المكثف والحمولة ، والدايدود، ان تيار الملف يشحن المكثف ويولد توترا بقطبية معكوسة عبر الحمل هذا التوتر يساعد في الحفاظ على تغذية الحمل بعد ان يغلق المفتاح ثانية .

اذ كان وصل وفصل المفتاح سريعاً على نحو كاف فان التوتر عبر المكثف لن يملك الفرصة ليهبط كثيراً قبل شحنة من قبل تيار الملف خلال مدة فتح القاطع التالي والمكثف لا يغير توتره فجأة وعندما تكون دورة المفتاح سريعة كفاية والمكثف كبيراً كفاية يكون توتر الخرج عبر المكثف والحمولة ثابت .  
وعليه نلخص :

توتر الخرج  $v$  ثابت ومعاكس بالاشارة الى توتر الدخل  $V_i$  اما الية العلاقة بين توتر الدخل والخرج فتعتمد على دورة عمل الترانزستور  $D$  (Duty Cycle) اذا كان  $1 > D > 0$  وباعتبار ان  $D$  هي نسبة زمن الاغلاق الى زمن الدورة  $T$  (مجموع زمن الاغلاق والفتح ) فان التعبير في زمن حالة القاطع واغلاقه نسبية تعديل عرض النبضة PWM Pulse Width Modulation يبين الشكل (26.3) زمن الفتح والاعلاق للمفتاح.



الشكل 27.3 زمن الاغلاق والفتح للمفتاح

وبفرض ان مركبات الدائرة مثالية اي ان الملف والدايود والمكثف لا يستهلك اي طاقة خلال دورة عمل كاملة للمفتاح تكون الاستطاعة الوسيطة الداخلة الى الدارة متساوية لاستطاعة الوسيطة المقدمة من الدارة اي ان المرودود 100% علما في الحالة العملية يكون المرودود 95%. عندما يكون المفتاح مغلقاً من الزمن  $t=0$  إلى  $t=D.T$  يكون التوتر عبر الملف ثابتاً على  $V_i$  وتكون الاستطاعة الوسيطة للملف خلال دورة كاملة هي:

$$P_{L,in} = \frac{1}{T} \int_0^{DT} V_i \cdot I_L dt = \frac{1}{T} V_i \cdot \int_0^{DT} I_L \cdot dt \quad \text{..... المعادلة (6.3)}$$

حيث:

$P_{L,in} \equiv$  الاستطاعة الوسيطة للملف وتقدر بالواط (w).

$T \equiv$  زمن الدورة الكامل ويقدر بالثانية (s).

$V_i \equiv$  توتر الدخل للدارة ويقدر بالفولت (v).

$I_L \equiv$  تيار الملف ويقدر بالأمبير (A).

وبافتراض تيار الملف ثابتاً نجد:

$$P_{L,in} = \frac{1}{T} V_i \cdot I_L \cdot \int_0^{DT} dt = V_i \cdot I_L \cdot D \quad \text{المعادلة (7.3) .....}$$

عندما يفتح المفتاح يبدأ الحقل المغناطيسي للملف بالانهيار معبراً الطاقة التي اكتسبها للتو عبر الملف  $V_i$  هو نفسة التوتر عبر الحمل  $V_0$  لذلك تكون الاستطاعة الوسيطة المقدمة.

$$P_{L,out} = \frac{1}{T} \int_{DT}^T V_L \cdot I_L \cdot dt = \frac{1}{T} \int_{DT}^T V_o \cdot I_L \cdot dt \quad \text{المعادلة (8.3) .....}$$

لأجل التصميم الجيد يكون  $V_o$  و  $I_L$  ثابتين وعليه:

$$P_{L,out} = \frac{1}{T} V_o \cdot I_L \cdot (T - DT) = V_o \cdot I_L \cdot (1 - D) \quad \text{المعادلة (9.3) .....}$$

لأجل دور كامل تتساوى الاستطاعتان الوسيطتان الداخلة إلى الملف والخارجة منها وعليه نجد:

$$\frac{V_o}{V_i} = - \left( \frac{D}{1 - D} \right) \quad \text{المعادلة (10.3) .....}$$

ومن ثم يمكن رفع التوتر (مع ملاحظة تغير الإشارة) عن طريق تغيير دورة العمل  $D$  للمبدل. إن  $D$  الطويلة تسمح زمنياً أكبر للمكثف لعملية الشحن وزمنياً أقل لعملية التفريغ، ومن ثم يزداد توتر الخرج مع تزايد  $D$ .

مثلاً:  $D=0.5$  يتساوى توتر الخرج وتوتر الدخل.

$D=2/3$  يتضاعف توتر الخرج.

$D=1/3$  يكون توتر الخرج نصف توتر الدخل.

### 4.5.3 تقنيات ملاحقة نقطة القدرة القصوى:

كما ذكرنا فان الهدف من اي تقنية ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى هو طريقة لجعل المبدل المذكور يعمل

وفق دورة عمل ملاحقة في اي لحظة زمنية بما يحقق العمل عند نقطة الاستطاعة العظمى.

ولتحقيق ذلك يتم تميز نوعين من التقنيات:

#### - التقنيات التقليدية :

وهي التقنيات التي تعتمد على عناصر كهربية ودارات ومتحكمات تقليدية كالمكثفات والمتحكمات التناسبية

#### - التقنيات الحديثة :

وهو الذي يعتمد على الشبكات العصبونية والمنطق العائم وغيرها من طرق التحكم المتقدمة.

### 6.3 بعض التقنيات التقليدية لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى :

#### 1.6.3 طريقة التوتر الثابت:

ان تقنية التوتر الثابت هي اسهل الطرق إذ أن نقطة عمل الاقط الكهروضوئي تبقى قريبة من الMPP من

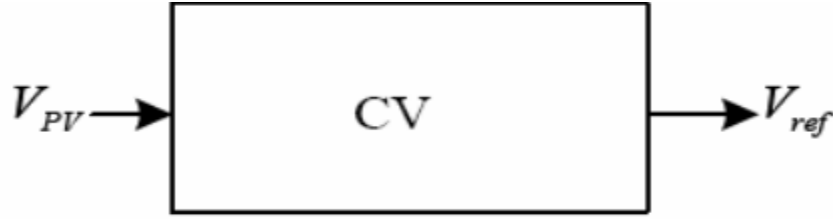
خلال تنظيم التوتر ومطابقتة مع توتر ثابت مرجعي ان التوتر المرجعي يعبر على اساس قيمة الVm

الماخوذة من خصائص النظام وهذه الطريقة نفترض ان التغيرات الفردي للإشعاع ودرجة الحرارة غير مهمة

وأن القيمة المرجعية Vmf تعد كقيمة تقريبية لنقطة الاستطاعة العظمى وهذه الطريقة لا تتطلب اي تدخل

ولكن لابد من قياس جهد النظام Vpv وذلك لضبط دورة الحمل للمقطع dc من خلال تحكم تناسبي كاملة

الPi كما في الشكل (28.3).



الشكل 28.3 يوضح مخطط صندوقي في تقنية التوتر الثابت

من المهم ملاحظة أن هذه الطريقة عملية في ظروف الإشعاع المنخفض، ويفضل هذه الخاصية تستخدم هذه التقنية بوصفها طريقة داعمة للطرائق الأخرى لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى.

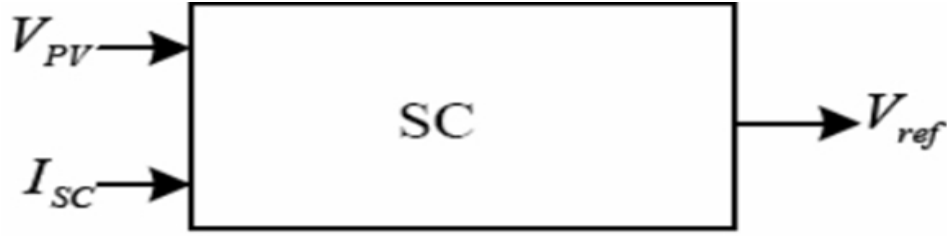
### 2.6.3 طريقة نبضة تيار القصر :

تصل هذه الطريقة الى نقطة الاستطاعة العظمى MPP من خلال إعطاء تيار تشغيل  $I_{op}$  الي مبدل استطاعة يتحكم بالتيار . في الواقع ان تيار العمل الامثل لإستطاعة خرج أعظمية يتناسب طرديا مع تيار القصر  $I_{sc}$  في مختلف ظروف الاشعاع الشمسي وفقا للمعادلة :

$$I_{op} = K \cdot I_{sc} \quad \text{..... المعادلة (11.3)}$$

$K$  = ثابت التناسب

يمكننا من هذه المعادلة اثبات ان  $I_{op}$  يمكن تحديده مباشرة من خلال تحديد  $I_{sc}$ . لذلك هذه الطريقة تتطلب قياس تيار القصر باستخدام قاطع ساكن على التفرع من النظام وذلك لإمرار تيار القصر ومن المهم ملاحظة انه خلال القصر  $v_{pv}=0$  كما في الطريقة السابقة نحتاج إلى قياس  $V_{pv}$  ؛ بحيث تكون قادرة على إعطاء  $v_{ref}$  للمنظم PI بهدف ضبط  $V$  تيار التشغيل  $I_{op}$  المحسوب، كما في الشكل (28.3).



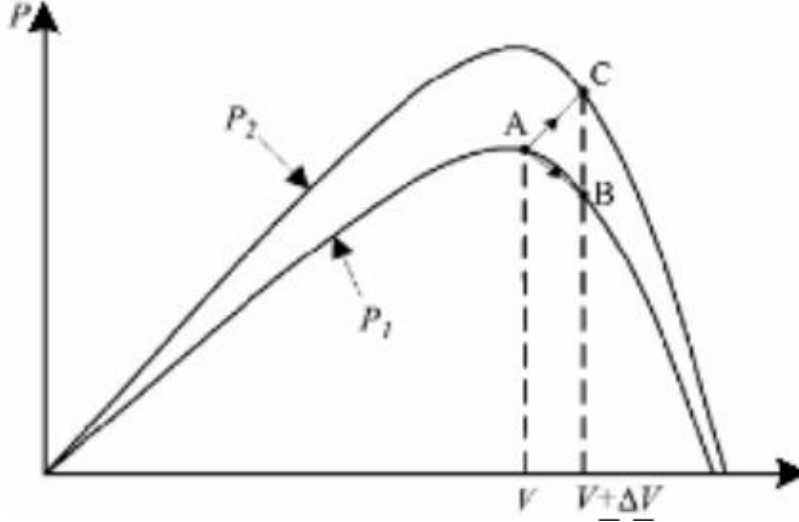
الشكل 29.3 يوضح مخطط صندوقي لتقنية نبضة تيار القصر

open voltage method المفتوحة الدارة توتر طريقة (OV): تعتمد هذه الطريقة على إفتراض أن توتر نقطة الاستطاعة العظمى هو نسبة ثابتة من توتر الدارة المفتوحة، إذ إن درجة الحرارة وسويات الإشعاع الشمسي تُغير موقع نقطة الاستطاعة العظمى بحزمة تفاوت 8% . بشكل عام هذه التقنية تحدد أن 76% من توتر الدارة المفتوحة  $V_{oc}$  هو التوتر المثالي (الذي عنده يمكن استحصال أكبر استطاعة ممكنة). هذه الطريقة تتطلب قياس توتر الدارة المفتوحة  $V_{oc}$  ، وهذا يعني أنه من الضروري وضع قاطع ساكن على التسلسل مع النظام وعند فتح القاطع فإن  $I_{pv} = 0$  ومن ثم فإن النظام لا يحقن أي استطاعة . تتطلب هذه الطريقة قياس  $V_{pv}$  لأجل المنظم، ويبين الشكل مخططاً صندوقياً لهذه التقنية:

### 3.6.3 طريقة الاضطراب والمراقبة Pert Band Observe Method:

تعتمد هذه الطريقة على إجراء اضطراب (زيادة أو نقصان) على قيمة توتر أو تيار خرج النظام ومقارنة استطاعة خرج النظام بعد الاضطراب باستطاعة النظام قبل الاضطراب، فعندما يتغير توتر النظام واستطاعته زيادة أي ( $dP/dV_{pv} < 0$ ) فإن نظام التحكم سيقوم بتحريك نقطة العمل بالاتجاه نفسه (أي يجري اضطراباً بالزيادة)، وفي حالة ( $dP/dV_{pv} < 0$ ) فإن النظام يحرك نقطة العمل بالاتجاه المعاكس (أي يجري اضطراباً بالنقصان) وفي الاضطراب التالي يتابع النظام بالطريقة نفسها. إن تقنيات P&O تشترك بمشكلة هي أن توتر الخرج يضطرب في كل دورة، ولذلك عند الوصول إلى  $mpp$  فإن استطاعة الخرج تتأرجح حول القيمة العظمى وذلك نظراً إلى تغير التوتر في كل دورة، وهذا ما يسبب

ضياءاً في استطاعة النظام. تطبق الطريقة عملياً في حالة الظروف الجوية الثابتة أو المتغيرة ببطء، ولذلك فإن تقنيات P&O تخفق في حالة التغيرات السريعة، ولتوضيح ذلك بشكل أعمق نورد الشكل (29.3).



الشكل 30.3 يوضح آلية عمل تقنية الاضطراب والمراقبة

فإذا بدأنا العمل من النقطة A على منحنى الاستطاعة  $P_1$ ، وبفرض أن الظروف الجوية تبقى ثابتة تقريباً، فإنه عند إجراء اضطراب  $\delta V$  سوف تنتقل نقطة العمل من A إلى B حيث الاستطاعة عند B أصغر من الاستطاعة عند A كما يبين منحنى الاستطاعة  $P_1$  وهذا ما يؤدي إلى انعكاس الاضطراب في الدورة التالية بالاتجاه المعاكس. لكن عند تغير الإشعاع الشمسي زيادة بشكل كبير، فإن ذلك يؤدي إلى انتقال منحنى الاستطاعة من  $P_1$  إلى  $P_2$  خلال مدة الاضطراب؛ وهذا ما يؤدي إلى انتقال نقطة الاستطاعة من A إلى C على المنحنى  $P_2$  بدلاً من انتقالها من A إلى B على المنحنى  $P_1$ ، ومن ثم فإن الاستطاعة عند النقطة C ستكون أكبر منها عند النقطة A وهذا ما يدفع النظام لإبقاء الاضطراب بالاتجاه نفسه (زيادة بدلاً من النقصان) وهذا ما يؤدي إلى ضياع نقطة الاستطاعة العظمى، ويستمر هذا الضياع باستمرار تغير الإشعاع.

هناك العديد من الطرائق المتوافرة لتقنية P&O، نذكر منها:

- الطريقة الكلاسيكية:

في هذه الطريقة نفترض أن قيمة الاضطراب تبقى ثابتة، ونفترض هذه القيمة بناء على قياسات وتجارب واختبارات عملية حقلية.

- الطريقة المثلى:

في هذه الطريقة نأخذ وسطي استطاعة العديد من التقطيعات ونستخدمها لتعديل قيمة الاضطراب  $\delta V$ .

- طريقة مقارنة النقاط الثلاث:

three points weight : (P&Oc) comparison: في هذه الطريقة يتحدد اتجاه الاضطراب من خلال

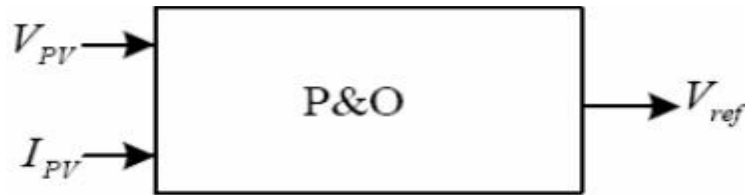
مقارنة استطاعة النظام في ثلاث نقاط على منحنى (p-v) ، إذ إن هذه النقاط الثلاث هي:

A : نقطة العمل الحالية

B: نقطة العمل بعد إجراء اضطراب من النقطة A يمينا يساراً

C: نقطة العمل بعد إجراء اضطرابين بالاتجاه المعاكس من B يساراً (يمينا). (هذه الطرائق الثلاث تتطلب

قياس توتر النظام وتياره، ومن ثم فإن المخطط الصندوقي لهذه التقنية يكون كما هو موضح بالشكل



الشكل 31.3 يوضح المخطط الصندوقي لتقنية الاضطراب والمراقبة

تعتمد هذه الطريقة على إشارة القيمة الآتية :

$$(I_{pv} / pv) + (dI_{pv} / dV_{pv})$$

إذ

(I<sub>pv</sub> / V<sub>pv</sub>) : السماحية اللحظية، وهي تمثل ميل نقطة التشغيل؛ وهذا الميل موجب دوماً، في حين (dI<sub>pv</sub> / dV<sub>pv</sub>)

/: زيادة الناقلية وهي تمثل ميل المماس على منحنى I<sub>pv</sub> عندما نعمل عند mpp يكون الميلان

متساويين ومتعاكسين أي يكون المستقيمان متعامدين فيكون:

$$\left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}}\right) = \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) = 0 \quad \text{المعادلة} \quad \dots \quad (12.3)$$

بينما عندما تقع نقطة العمل للنظام على يمين mpp يكون ميل المماس أكبر من ميل نقطة التشغيل ومن ثم

تكون المعادلة أما عندما تقع نقطة العمل للنظام على يسار mpp يكون ميل المماس أصغر من ميل نقطة

التشغيل فتكون المعادلة:

$$\left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}}\right) + \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) < 0 \quad \text{المعادلة} \quad \dots \quad (13.3)$$

أما عندما تقع نقطة العمل للنظام على يسار mpp يكون ميل المماس أصغر من ميل نقطة اما نقطة

التشغيل فتكون المعادلة :

$$\left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}}\right) + \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}}\right) > 0 \quad \text{المعادلة} \quad \dots \quad (14.3)$$

ومن ثم تجري ملاحظة mpp بإجراء المقارنة، وبحسب الإشارة يتحدد الإتجاه الصحيح للاضطراب المؤدي إلى

ال mpp وحالما نصل إلى mpp فإن النظام سيستقر عند هذه النقطة وسيتوقف الاضطراب حتى يلاحظ

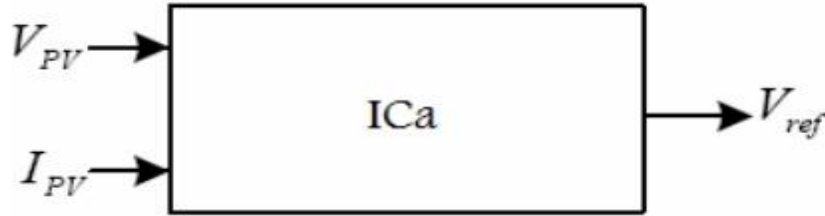
تغير في I<sub>pv</sub>. في هذه الحالة فإن النظام سيزيد أو ينقص ال V<sub>ref</sub> نقطة mpp الجديدة، ومقدار الزيادة

يحدد مدى سرعة الملاحظة. نلاحظ أنه بهذه الطريقة يمكن الوصول نظرياً إلى mpp التي عندها يمكن إيقاف

الاضطراب. تعد هذه الطريقة جيدة الأداء عند التغيرات الكبيرة في الظروف الجوية. هناك طريقتان لهذه التقنية:

### - الطريقة التقليدية Classic IC :

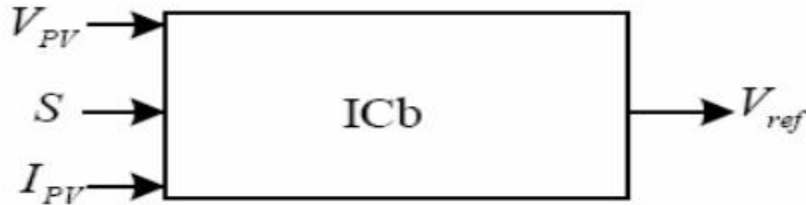
تتطلب قياس كل من  $V_{pv}$  و  $I_{pv}$  من أجل تحديد اتجاه الاضطراب، ومن ثم فإن المخطط الصندوقي لهذه التقنية.



الشكل 32.3 مخطط صندوقي للطريقة الأولى لتقنية زيادة الناقلية

يكون كما في الشكل مخطط صندوقي للطريقة الأولى لتقنية زيادة الناقلية، two models mppt control طريقة التحكم الثنائي.

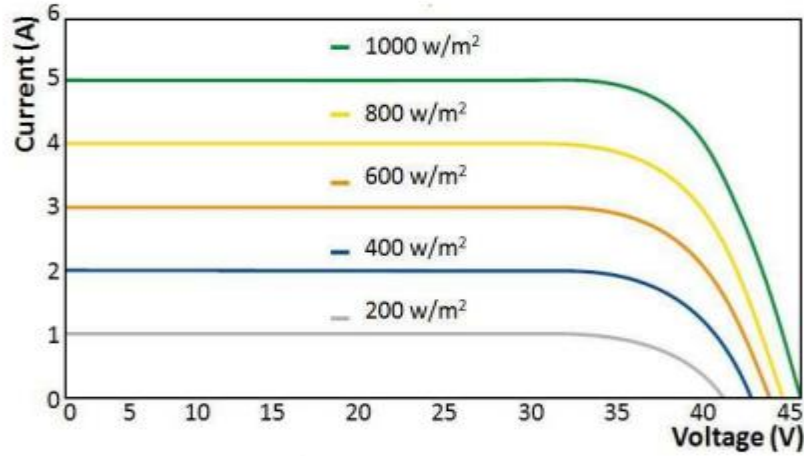
(ICb) هذه الطريقة مركبة من CV و ، Ica إذا في حال شدة الإشعاع أقل من 30% من الإشعاع الإسمي نستخدم طريقة CV نظراً إلى أدائها الجيد عند الإشعاع المنخفض، وفي الحالات الأخرى نستخدم Ica لذلك فإن هذه الطريقة تتطلب قياس الإشعاع الشمسي، ومن ثم فإن المخطط الصندوقي يكون كما في الشكل (33.3).



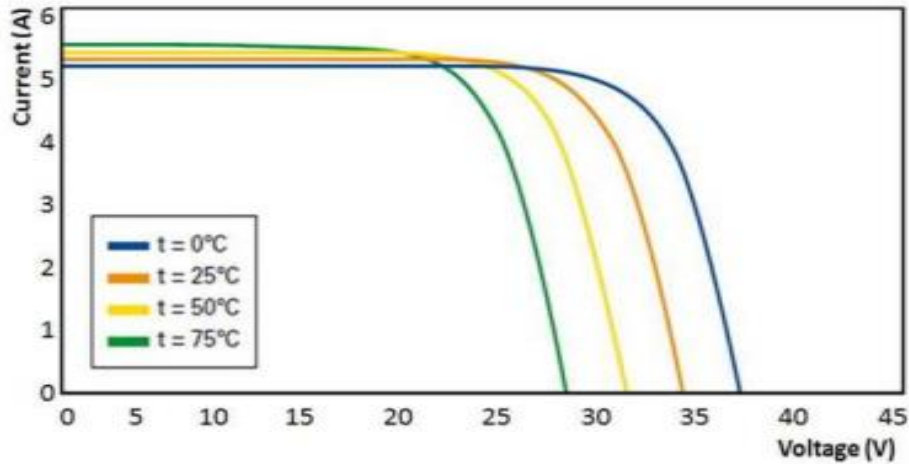
الشكل 33.3 مخطط صندوقي للطريقة الثانية لتقنية زيادة الناقلية

## طرائق درجة الحرارة:

كما هو معروف فإن منحنى التيار-توتر للخلية الكهروضوئية يتغير بتغير كل من الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة، إذ إن توتر الدارة المفتوحة للخلية الشمسية يتغير بشكل رئيسي مع درجة حرارة الخلية، في حين يتناسب تيار القصر مباشرة مع مستوى الإشعاع كما يوضح الشكل (34.3).



الشكل 34.3 يوضح تغير منحنى التيار-توتر للخلية الكهروضوئية بتغير الإشعاع الشمسي



الشكل 35.3 يوضح تغير منحنى التيار-الجهد بتغير درجة الحرارة

### 7.3 منظم الشحن (Pulse width modulation(pwm):

يقوم بتقليص الجهد المستخلص من الألواح الشمسية لتحويله الى جهد يتسبب في شحن البطاريات وهذا ما يتسبب في فقدان بعض الطاقة وتقليل من كفاءة النظام وهذا من اهم عيوب منظم الشحن (pwm) قيمة الكفاءة الضايعة من هذا النوع من منظمات الشحن المرتبطة بين الفرق بين قيم الجهد في الألواح الشمسية والبطاريات وميزة منظم الشحن pwm إن ثمنه رخيص مقارنة بالنوع الثاني mppt لذلك توجد حالات يمكن أن يختار فيها هذا النوع رغم قلة كفاءته مقارنة بالنوع الاخر. بصفة عامة فإن المنظمات من النوع pwm يستخدم في حالات الطاقة الصغيره أما المنظمات من النوع mppt فيمكن إستخدامها في حالة توليد طاقة كبيرة .ويمكن إستخدام منظم pwm كذلك في الحالات التي يكون فيها الفرق بين الجهد التي تولده الألواح بجهد البطاريات طفيفا ففي هذه الحالة لاتنقص الكفاءة كثيرا .

#### ما الفرق بين منظمات PWM وMPPT:

الفرق بين منظمات ال pwm و mppt هو أن منظمات الشحن من النوع pwm تاخذ الجهد الازم لشحن البطارية من اللوحة الشمسية وتترك الجهد الزائد ، مثلا لو ربطنا عليه لوحة شمسية بجهد 30v والبطارية المراد شحنها كانت من نوع 12v ففي هذه الحالة تاخذ الشاحنة 14v تقريبا من الخلية وتشحن بها البطارية وتترك ال 16v المتبقي من اللوحة الشمسية .

هذا النوع متوفر باسعار مناسبة ويتم استخدامه غالبا للمنظومات الصغيرة اقل من 200w.

بينما شاحنات ال mppt تقوم بأخذ الجهد الازم لشحن البطارية وتحول الجهد المتبقي لتيار لكي تسرع من عملية شحن البطارية وبكفاءة أعلى ، سعر هذا النوع من المنظمات عالي نسبيا قد يصل الى 3 أضعاف سعر شاحنات pwm وغالبا تستخدم في منظومات اكبر من 200w أو 300w .

## كيفية رفع التيار في الـ MPPT :

هنالك قاعدة عامة في علم الإلكترونيات والكهرباء وهي من المستحيل رفع الجهد إلا على حساب التيار والعكس صحيح فلا يمكن رفع التيار إلا على حساب الجهد.

منظمات شحن من نوع MPPT ترفع التيار على حساب الجهد ففي البداية كان الجهد 30V والتيار 7.1A لكن الجهد قد إنخفض الى 14V تقريبا لكن في كلا الحالتين القدرة لم تتاثر وظلت كما هي تساوي 100W كما موضح في المعادلة :

$$30 \times 3.3 = 14 \times 1.7 = 100w$$

متى يجب استخدام MPPT ومتى PWM:

شاحنات MPPT غالبا تستخدم في الحالات الآتية:

- 1- يكون هنالك فرق جهد كبير مابين جهد اللوحة الشمسية وجهد البطارية كما في المثال اعلاة لوكان جهد اللوحة الشمسية 18V بدلا من ان يكون بدلا من ان يكون 30V نسبة الجهد الذي يتم خسارته في PWM اقل بكثير لذا استخدم شاحنات PWM يكون اكثر منطقية.
- 2- يكون حجم المنظومة صغير (اقل من 200W).

## الفصل الرابع

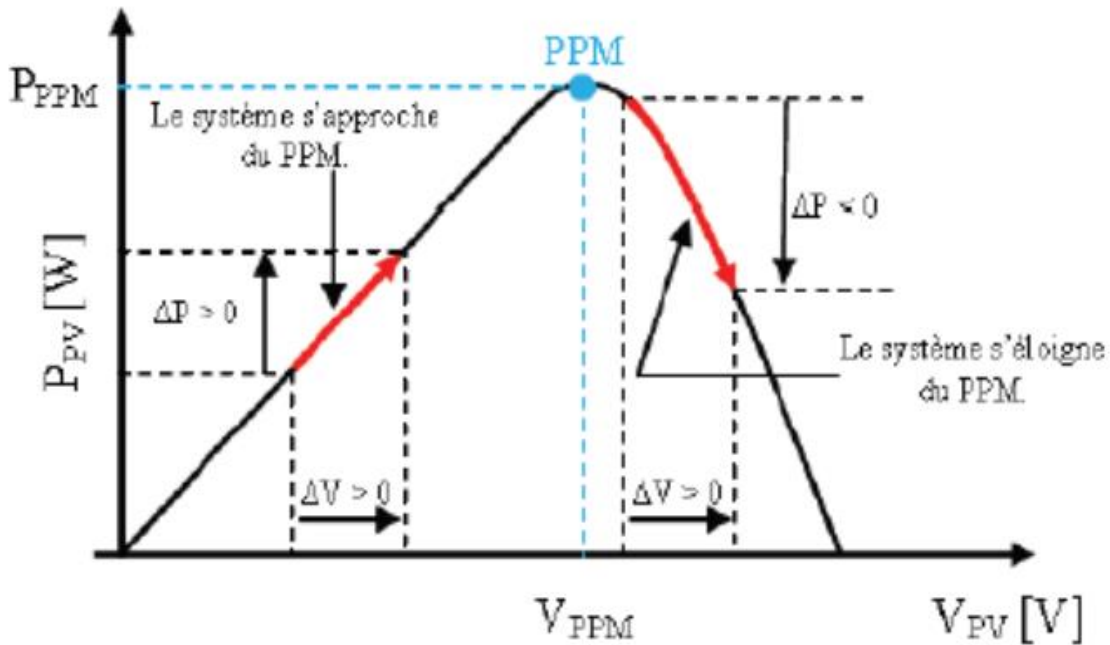
( خوارزميات الـ MPPT )

## الفصل الرابع

### (خوارزميات الـ MPPT)

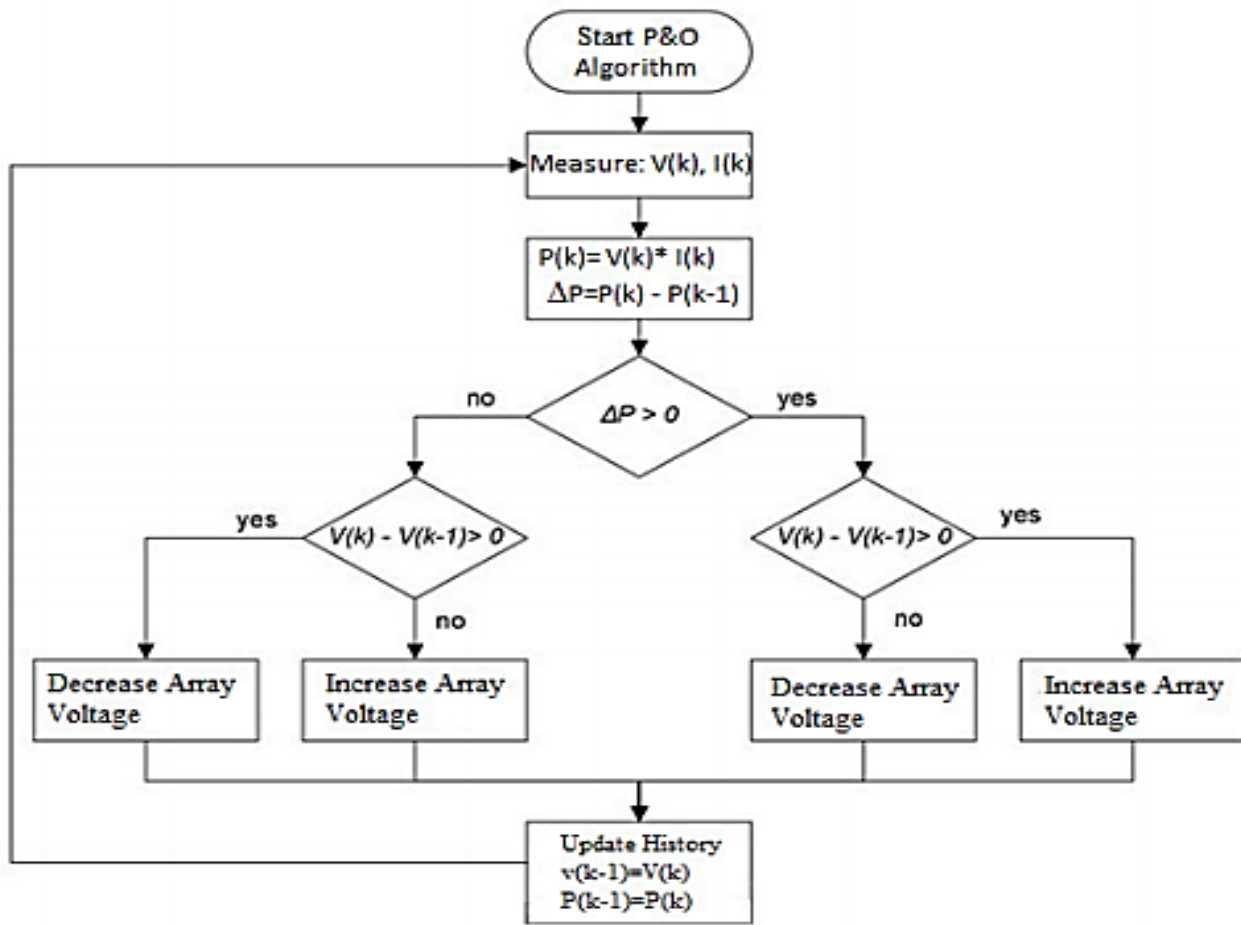
#### 1.4 طريقة الاضطراب والمراقبة (P&O):

هذه هي الطريقة الأكثر استخداما نظرا لبساطتها. تعتمد على حلقة رجعية وقليل من القياسات. يتم إزعاج الجهد عند أطراف الألواح عن عمد من خلال سعة صغيرة (زيادة أو نقصان) ثم تتم مقارنة القدرة مع تلك التي تم الحصول عليها قبل الاضطراب. على وجه التحديد ، إذا زادت الطاقة عند أطراف الألواح بسبب الاضطراب ، يتم إجراء المرحلة التالية في نفس الاتجاه (وهذا يعني أن نقطة التشغيل تقع على يسار  $MPP$ ). على العكس من ذلك ، إذا انخفضت الطاقة ، يتم تنفيذ الاضطراب الجديد في الاتجاه المعاكس



الشكل 1.4 يوضح خصائص وتشغيل طريقة الاضطراب والرصد

من خلال هذه التحليلات المختلفة حول عواقب اختلاف الجهد على خاصية (  $P_{pv} V_p$  ) يكون من السهل تحديد نقطة التشغيل فيما يتعلق بـ MPP وجعل الأخير يتقارب نحو الحد الأقصى للطاقة الشكل (1.4) باختصار، في حالة حدوث اضطراب في الجهد، تزداد الطاقة الكهروضوئية، ويتم الحفاظ على اتجاه الاضطراب. خلاف ذلك، يتم عكسها لاستئناف التقارب نحو MPP الجديد. يظهر مخطط انسيابي لتشغيل هذه الطريقة في الشكل (2.4) يمكن تلخيص مزايا هذه الطريقة على النحو التالي: المعرفة بخصائص المولد الكهروضوئي غير مطلوبة، إنها طريقة بسيطة نسبياً. ومع ذلك، في حالة الثبات، تتأرجح نقطة التشغيل حول MPP ، مما يتسبب في فقد



الشكل 2.4 يوضح المخطط الانسيابي لطريقة الاضطراب والمراقبة

## 2.4 مميزات خوارزمية الاضطراب والملاحظة :

. طريقة قليلة الكلفة وغير معقدة وسهلة التطبيق.

. متطلباتها الحسابية المنخفضة.

. فعالة في حالة العمل في الاوساط التي يتغير فيها الاشعاع بشكل بطيء.

. تعطى قيمة MPPT صحيحة نسبيا ولا تحتاج الى اعادة بط دوري.

## 3.4 مساوي خوارزمية الاضطراب والمراقبة:

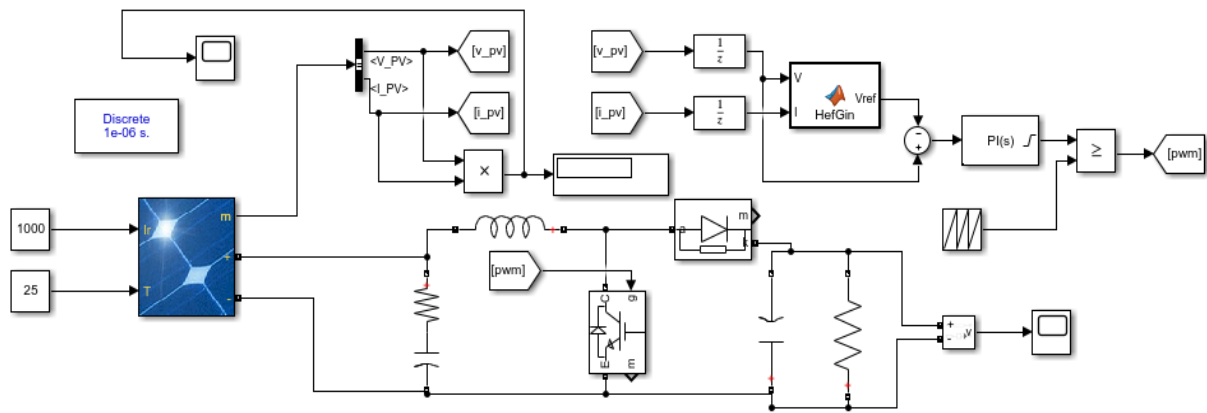
. على الرغم من تحقيق ال MPP الا ان النظام يتابع اهتزازة مما يؤدي ذلك الى ضياع مستمر في القدرة.

. ضعف الملاحظة.

. يفشل النظام في حال العمل في ظروف تغير الاشعاع المستمر حيث انه تفترض خطية التغير بين الجهد

والاستطاعة ولكن في حالة التغيرات الانبية مع الاشعاع فان التغيرات في الاستطاعة.

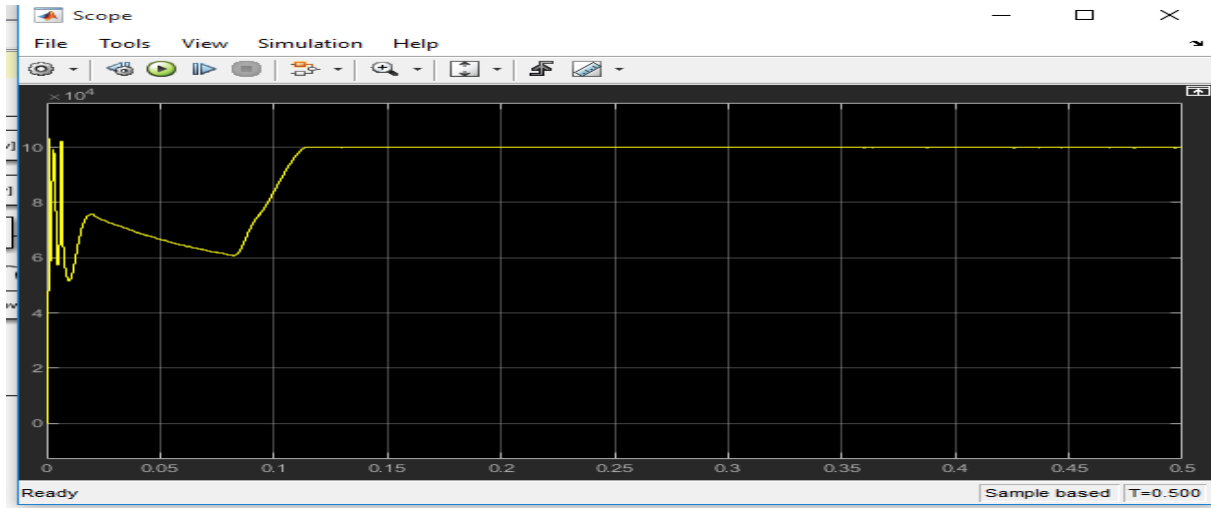
## 4.4 محاكاة خوارزمية الاضطراب والمراقبة (P&O):



الشكل 3.4 يوضح رسم تخطيطي لامر الـ MPPT

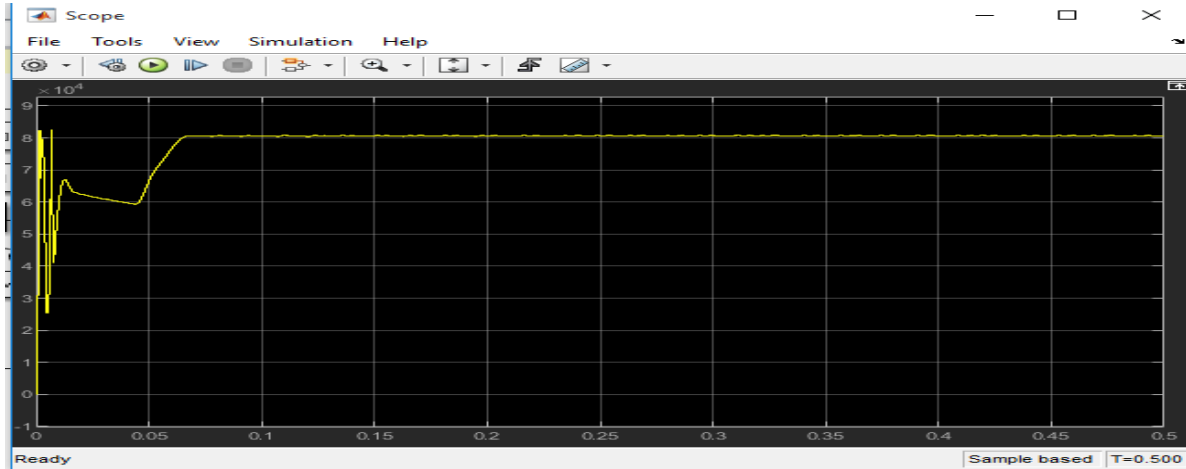
## 5.4 نتائج المحاكاة بأمر MPPT :

الطاقة التي تم الحصول عليها عند إشعاعات مختلفة ودرجة حرارة ثابتة ( $25^{\circ}C$ ).



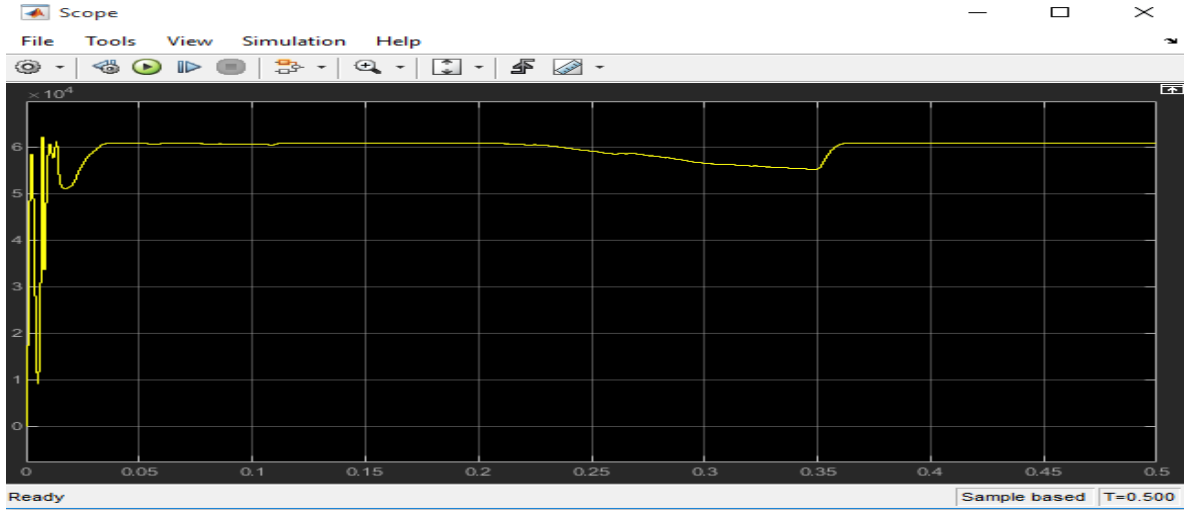
الشكل 4.4 يوضح خرج الطاقة عند درجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) وإشعاع 1000

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) كما في الشكل (4.4) فإن الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 100kw.



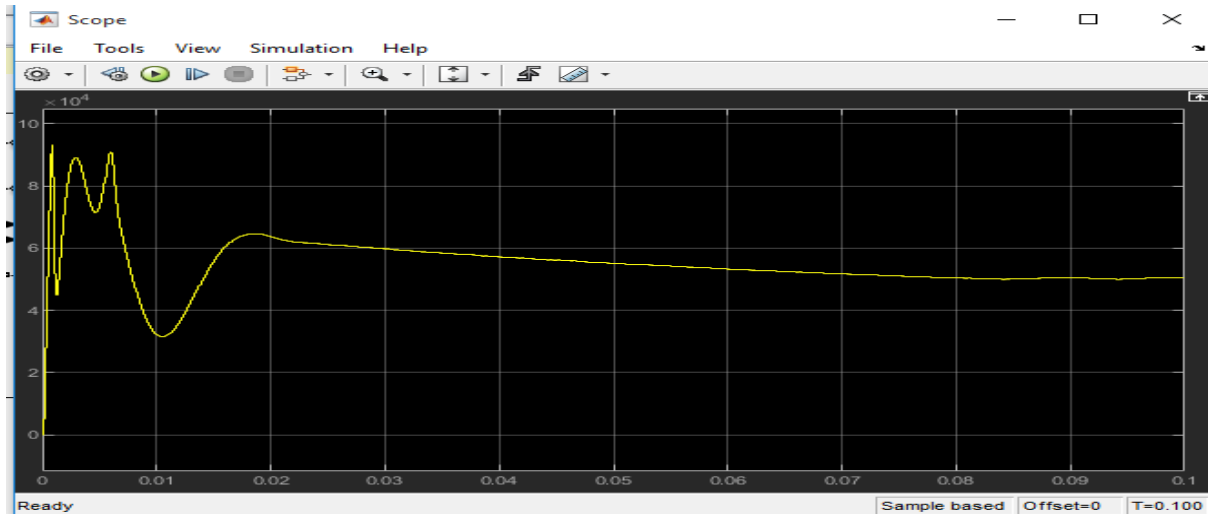
الشكل 5.4 يوضح خرج الطاقة عند درجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) وإشعاع 800

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 800 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) كما في الشكل (5.4) فإن الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 80kw.



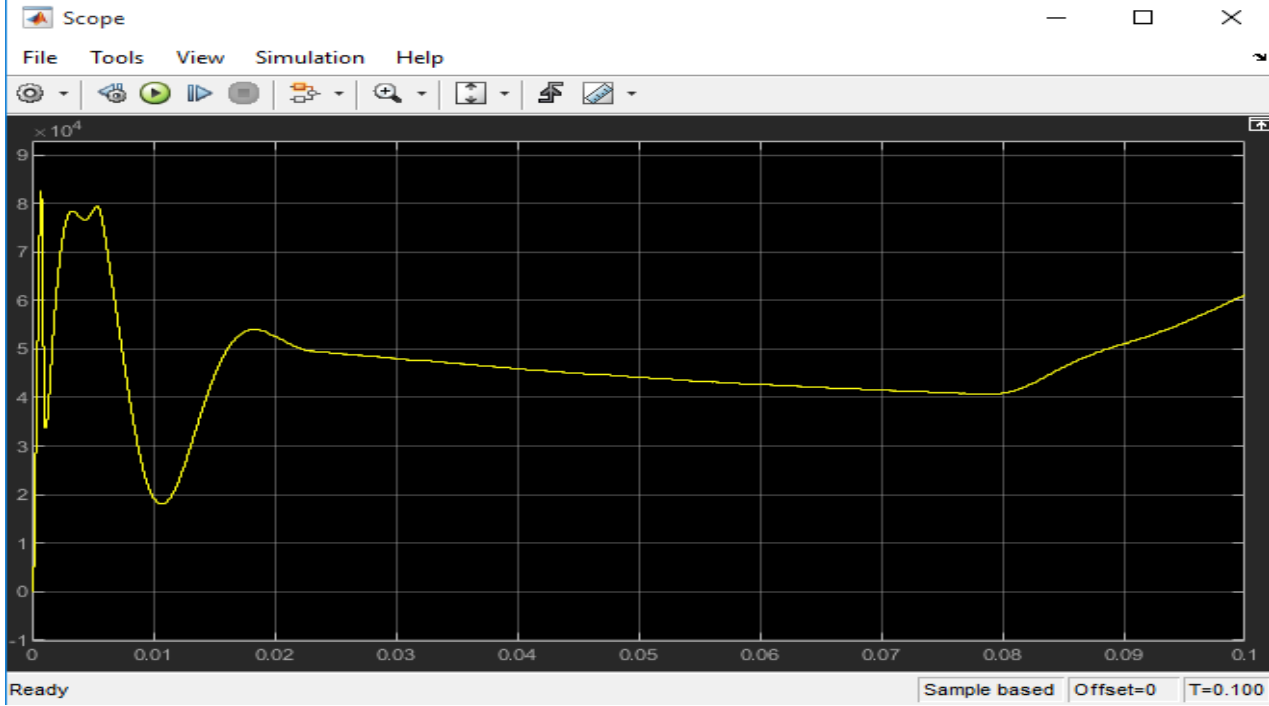
الشكل 6.4 يوضح خرج الطاقة عند درجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) وإشعاع 600

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 600 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) كما في الشكل (6.4) فإ، الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 60kw.



الشكل 7.4 يوضح خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $50^{\circ}C$ )

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند درجة حرارة ( $50^{\circ}C$ ) وإشعاع 1000 كما في الشكل (8.4) فإن الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 50kw.

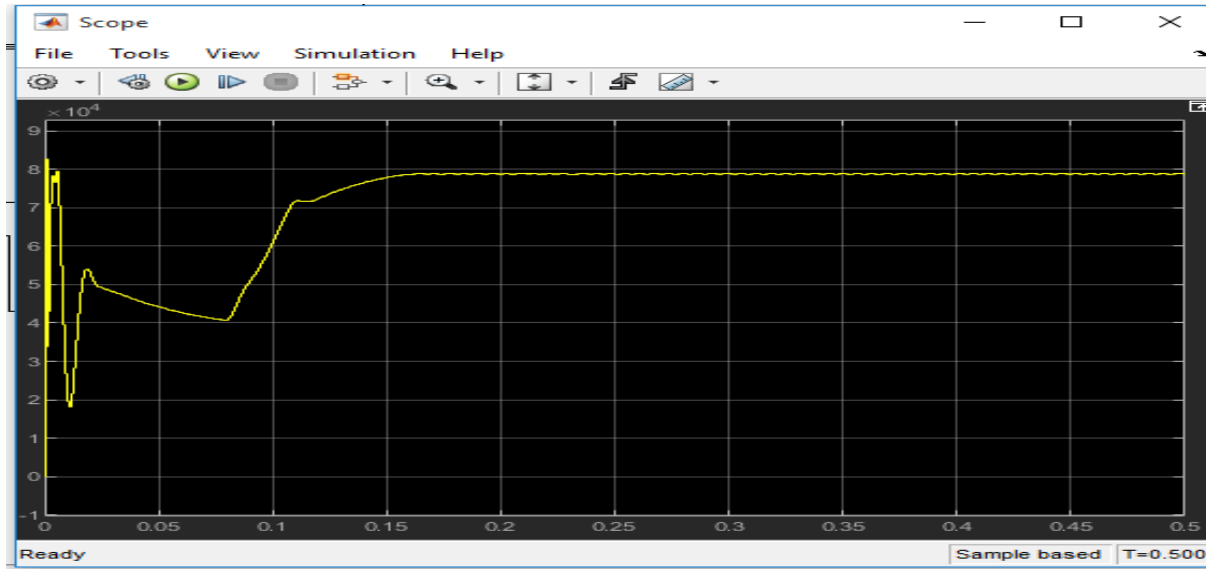


الشكل 8.4 يوضح خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $75^{\circ}C$ )

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند درجة حرارة ( $75^{\circ}C$ ) وإشعاع 1000 كما في الشكل (9.4) فإن الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 40kw.

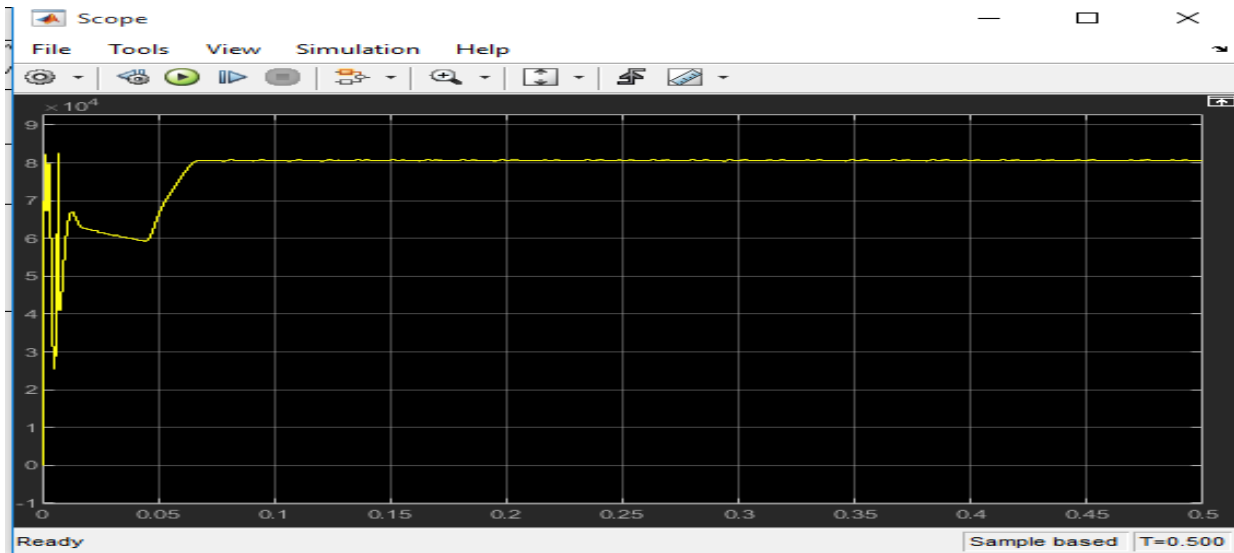
## 6.4 خوارزمية المواصلة التزايدية INCREMENTAL CONDUCTANCE

نتائج المحاكاة باستخدام خوارزمية المواصلة التزايدية



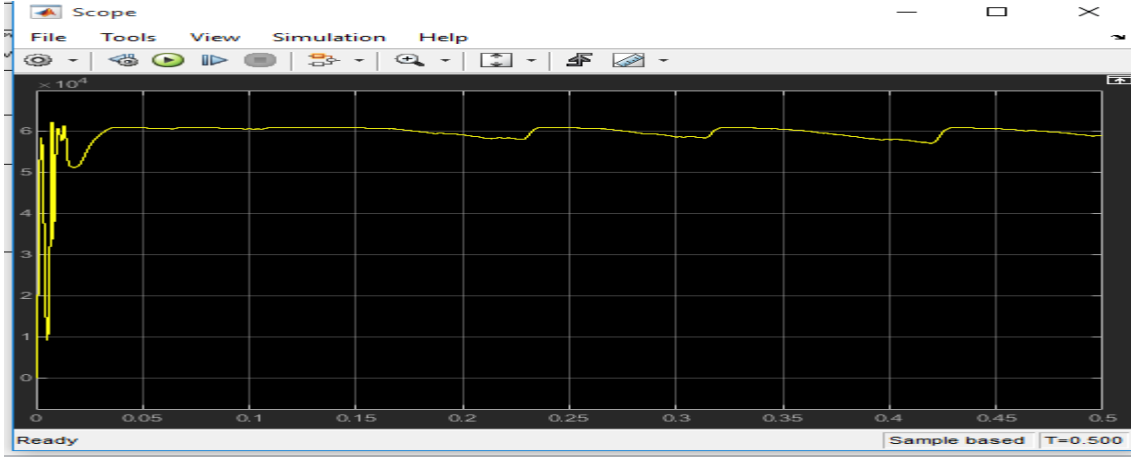
الشكل 9.4 يوضح خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ )

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) كما في الشكل (10.4) فإ، الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 80kw.



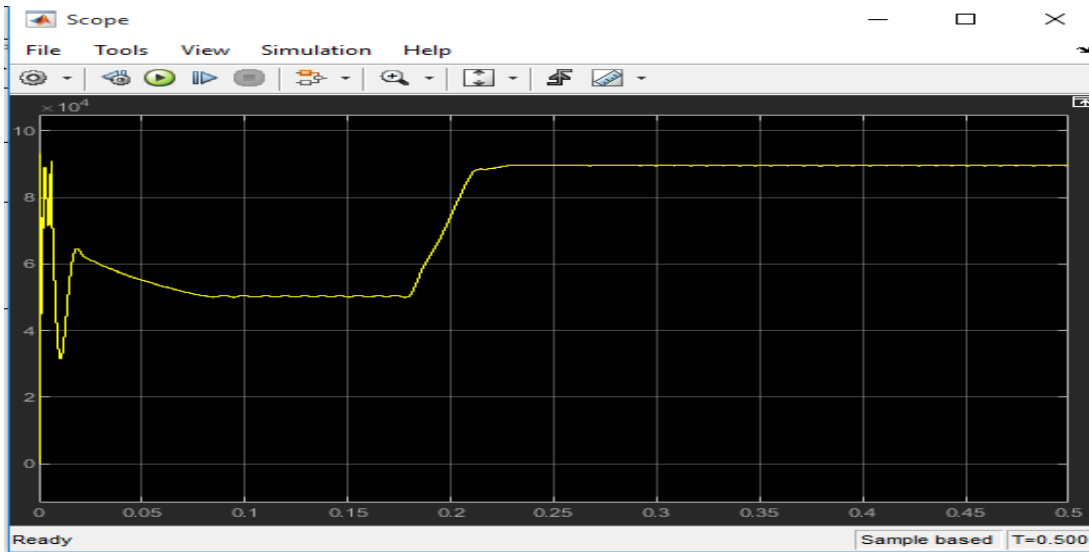
الشكل 10.4 يوضح خرج الطاقة عند إشعاع 800 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ )

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 800 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) كما في الشكل (11.4) فإ، الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 80kw.



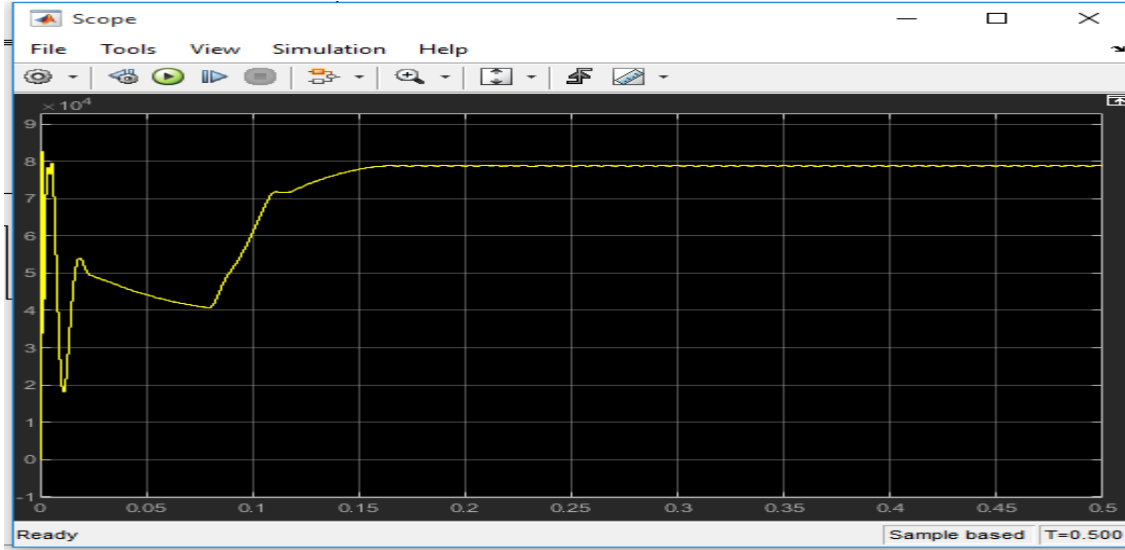
الشكل 11.4 يوضح خرج الطاقة عند إشعاع 600 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ )

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 600 ودرجة حرارة ( $25^{\circ}C$ ) كما في الشكل (12.4) فإ، الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 60kw.



الشكل 12.4 يوضح خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $50^{\circ}C$ )

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $50^{\circ}C$ ) كما في الشكل (6.4) فإ، الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 85kw.



الشكل 13.4 يوضح خرج الطاقة عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $75^{\circ}C$ )

يمكننا رؤية الطاقة المتولدة من اللوح الشمسي عند إشعاع 1000 ودرجة حرارة ( $75^{\circ}C$ ) كما في الشكل (6.4) فإ، الـ MPPT يستجيب أثناء تشغيل المحاكاة في الـ Simulink نلاحظ أن الطاقة بدأت تتأرجح بالزيادة والنقصان إلى أن وصلت النقطة العظمى (MPPT) وهي 80kw.

#### 7-4 النتائج والمناقشة:

- بعد إجراء المحاكاة على إشعاعات مختلفة ( $G = (1000 - 800 - 600)$ ) ودرجة حرارة ثابتة ( $25^{\circ}C$ ) لاحظنا كلما قمنا بزيادة الإشعاع فإن الطاقة تزيد.
- بعد إجراء المحاكاة على درجات حرارة مختلفة ( $T = (25 - 50 - 75)$ ) وإشعاع ثابت 1000 لاحظنا أن الطاقة تنقص في حالة زيادة درجات الحرارة.

- بعد نمذجة اللوح الشمسي باستخدام خوارزمية الاضطراب والمراقبة وخوارزمية المواصلة التزايدية وجد أن خوارزمية المواصلة التزايدية أفضل من خوارزمية الاضطراب والمراقبة لأن تأثيرها بزيادة درجة الحرارة أقل.

# الفصل الخامس

## الخلاصة والتوصيات

## الفصل الخامس

### الخلاصة والتوصيات

#### 1.5 الخلاصة:

في هذا البحث قمنا بمنذجة لوح شمسي وتعرفنا على خصائصه الكهربائية (I-V) وال (P-V) عن طريق تثبيت درجة الحرارة، وتغيير الإشعاع مرة وتثبيت الإشعاع وتغيير درجة الحرارة مرة أخرى، وتعرفنا فيه على نقطة الاستطاعة العظمي (MPPT) كما تمت محاكاة المتحكم MPPT عن طريق خوارزمية P&O وخوارزمية ال IC.

#### 2.5 التوصيات:

- 1- نوصي باستخدام النموذج الرياضي الخاص بالنموذج الكهروضوئي أثناء مراحل دراسة وتصميم وتركيب وتنفيذ الأنظمة الكهروضوئية، ليعطي تطوراً مستقبلياً عن أدائها بعد التركيب.
- 2- نوصي بالرقابة على الألواح الشمسية المطروحة في الأسواق واختبارها، لأن رداءة الألواح تؤثر على فعالية الملاحقة.
- 3- نوصي باستخدام خوارزمية المواصلة التزايدية IC للوصول لنقطة الاستطاعة العظمي MPP فعند زيادة درجة الحرارة لا تتأثر القدرة الخارجة كثيراً وترفع كفاءة ومردود الألواح الكهروضوئية من جهة أخرى، حيث أن البحث أظهر الفرق الكبير في مردود الاستطاعة عند استخدام خوارزمية لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمي MPPT وبدون استخدامها، مما يوفر في عدد الموديولات المطلوبة من أجل الحصول على استطاعة معينة، وبالتالي توفير التكلفة المادية للنظام ككل.

المراجع

## المراجع العربية:

- 1- محرم عبدالكريم – كيفية عمل الخلايا الشمسية - 2009م.
- 2- م. وسيم سعيد – مجلة جامعة دمشق للعلوم – العام 2014م – المجلد الثلاثون – العدد الأول.
- 3- م. محمد سر كس – مجلة جامعة دمشق للعلوم – العام 2014 م – المجلد الثلاثون – العدد الأول.

## References:

- [1] Bernal, P. Study and Development of a Photovoltaic Panel Simulator. Thesis for the degree of Master of Electrical and Computer Engineering, FEUP (FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO), January 2012.
- [2] Rahman, SH; Oni, N; Abdullah Ibn Masud, Q. Design of a Charge Controller Circuit with Maximum Power Point Tracker (MPPT) for Photovoltaic System. Thesis for the degree of Master in Electrical & Electronic Engineering, BRAC University, December 2012.
- [3] Morales, D. Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Applications. Thesis for the degree of Master of Science in Technology, Aalto University, Espoo 14.12.2010.
- [4] Nazar, A. Simulation on Maximum Power Point Tracking of the Photovoltaic Module using LabVIEW. Dept of Electrical and electronics Engineering, TKM College of Engineering, Kollam, Kerala, India. IJAREEIE (International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering). ISSN 2278 – 8875. Vol. 1, Issue 3, September 2012.
- [5] Abd El MATLAB, A. Maximum Power Point Tracking in Photovoltaic System. Thesis for the degree of Master in Electrical Engineering, Sevilla University, September 2010.