

## تصميم وتنفيذ دارة تحكم بحركة لوح كهروضوئي باستخدام المايكرو كونترولر PIC

الدكتور غسان حايك\*

صفوان نضوه\*\*

تاريخ الإيداع 11 / 6 / 2015. قُبل للنشر في 20 / 7 / 2015

### □ ملخص □

يعرض هذا البحث كيفية تصميم وتنفيذ دارة للتحكم بحركة لوح كهروضوئي للحصول على أعظم مردود ممكن، وذلك عن طريق تصميم نظام مكون من دمج عدة طرق من التحكم مع بعضها البعض، ويتم التصميم من خلال تشكيل نظام موحد ندمج فيه التحكم بواسطة حساسات الضوء من جهة والتحكم عن طريق قاعدة بيانات من جهة أخرى بالإضافة الى مقارنة زاوية اللوح الكهروضوئي في كلا الطريقتين. تم تصميم الدارة المقترحة وإجراء المحاكاة لها وتنفيذها بنموذج مصغر يحاكي الواقع، ومناقشة النتائج وذلك لتبيان الفائدة والهدف من النظام المقترح استخدامه وذلك بواسطة المتحكم الصغري Programmable Interface Controller (PIC).

**الكلمات المفتاحية:** المتحكم الصغري، الأنظمة الكهروضوئية، ملاحقة نقطة الاستطاعة الأعظمية، خوارزميات المراقبة والاضطراب.

---

\* استاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\*طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Design And Implementation Control Circuit In The Movement Of Pv Board By Using Micro Controller (Pic)

Dr. Ghassan Hayek\*  
Safwan Nadweh\*\*

(Received 11 / 6 / 2015. Accepted 20 / 7 / 2015)

### □ ABSTRACT □

This paper shows how to design and implement control circuit in the movement of pv board to reach to maximal possible output, by designing a system to integrate several methods of of control with each other. During this work, we will design through formation a unified system combine control by light sensors, and control via data base on the other hand. In addition to compare pv angle in both ways. The proposed circuit designed, conduct a simulation, and implementation a miniature model simulates reality, and discussed the result to to conflict the advantage and the goal of using the proposed system. All that by using micro controller (PIC).

**Key words:** Microprocessor (PIC), pv systems, Maximum power point tracking (MPPT), perturb and observe algorithms(P&Q).

---

\*Professor, Department of Power Electrical Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Lattakia, Syria.

\*\*Postgraduate Student, Department of Power Electrical Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Lattakia, Syria.

## مقدمة:

تعددت الطرق المتبعة للتحكم بحركة الألواح الكهروضوئية في ظل التوجه الى الطاقات البديلة لحل مشكلة أزمة الطاقة التي يعاني منها العالم، والطاقة الشمسية من أهم هذه الطاقات حيث استخدمت في مجال التسخين والتكييف وتوليد الطاقة الكهربائية وغيرها.

تمت زيادة مرونة الأنظمة التي تولد الطاقة من الخلايا الكهروضوئية حيث تم الاعتماد على المعادلات الرياضية المعبرة عن المصفوفة الشمسية في برمجة المايكرو كونترولر [1]. بالإضافة الى مقارنة الخوارزميات المستخدمة للحصول على أعظم مردود ممكن وذلك بغية أنقاص عدد الخلايا التي نحتاجها للحصول على الاستطاعة الأعظمية المطلوبة ولكن كفاءة طرق ملاحقة الشمس اختلفت حسب تغير الظروف المحيطة (الاضاءة، درجة الحرارة، الحمل)[2]. تم التوجه الى التحكم عن طريق الحلقة المغلقة، في هذه الطريقة يتم قياس الجهد والتيار بشكل دائم ومقارنتها مع القيم المرجعية وبعدها يعطى أمر التحكم الى الوضعية المناسبة عن طريق المايكرو كونترولر، لكن هذه الطريقة معقدة وتحتاج الى تجهيزات كثيرة ومعدات قياس وهي ذات كلفة اقتصادية عالية. تم التحكم عن طريق وضع حساسات ضوء على الواح، كل لوح يقابل زاوية محددة للوح الكهروضوئي. تؤخذ القيم بشكل لحظي ويتم المقارنة بينها ويتحرك اللوح الكهروضوئي للزاوية الموافقة للحساس ذو القيمة الأعلى[3].

تعتبر قاعدة البيانات الحاسوبية (سواءً عن طريق الحسابات أو عن طريق المراقبة والتسجيل) من أحدث الطرق المستخدمة للتحكم بحركة الألواح الكهروضوئية [4]. حيث يتم وصل قاعدة البيانات مع دائرة التحكم واعتبارها بمثابة معطيات الدخل، لكي تقوم بإعطاء الأوامر لوحدة التحكم والقيادة (شدة الإشعاع الشمسي وزوايا الشمس يجب أن تكون معلومة في مكان تركيب اللوح). ومن أهم طرق التحكم المستخدمة: خوارزميات المراقبة والاضطراب، التحكم التناسبي التكاملية التفاضلي (PID) Proportional-Integral-Differential، وتحكم المنطق الضبابي[5]. تم في هذا العمل تصميم وتنفيذ دائرة تحكم بحركة لوح كهروضوئي، تشمل عدة طرق وتتجاوز السليبيات الموجودة في كل طريقة من الطرق السابقة.

## أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث الى بناء نموذج للتحكم بحركة لوح كهروضوئي، بحيث يبقى الإشعاع الشمسي الساقط عليه أعظمية، وذلك من خلال قيادة منظومة التحريك باستخدام المتحكمات الصغيرة. وسيتم تقديم صورة عن الأداء والمردود الأمثل للنظام برمته في مختلف ظروف التشغيل على ارض الواقع، وبالتالي سنبين مدى ملائمة و تكيف هذا النموذج المصمم مع مستويات مختلفة لشدة الإشعاع الشمسي. إن دمج عدة طرق للتحكم في دائرة واحدة تعتبر من أهم طرق التحكم للحفاظ على استقرار الأنظمة، التي تعتمد على الألواح الكهروضوئية وهذا يقدم فائدة كبيرة من استخدام اللوح الكهروضوئي فنيا واقتصاديا.

## طرائق البحث ومواده:

يشكل المايكرو كونترولر PIC النواة الاساسية للدائرة المصممة. لقد انتشر المتحكم الصغير في الآونة الأخيرة بشكل كبير وذلك لأسباب عديدة، أهمها السهولة في تصميم البنية الصلبة للنظام المعتمد عليه، ففي معظم الأنظمة

نكتفي بالمتحكم والحساسات فقط، وبالإمكان تعديل عمل الدارة عن طريق تعديل البرنامج فقط[6]. في هذا البحث نعتمد بشكل كبير على محيطيات المتحكم الصغري Peripheral التي تنقسم إلى قسمين أساسيين: القسم الأول يتضمن ربط المتحكم مع عالمه الخارجي وأهمها أقطاب الدخل، الخرج، المحولات ADC، وحدة التعديل Pulse Width Modulation(PWM). ويشمل القسم الثاني ما ينفذ من فعاليات داخلية كالمؤقتات. ومن المحيطيات المتاحة التي سنستخدمها في هذا البحث هي:

1. نوافذ الدخل والخراج ذات الأغراض العامة.
2. المؤقتات TIMER0, TIMER1, TIMER2.
3. المحول التشابهي الرقمي(ADC) Analog Digital Converter.
4. المقارنات COMPARATORS.
5. قائد الشاشة LCD.

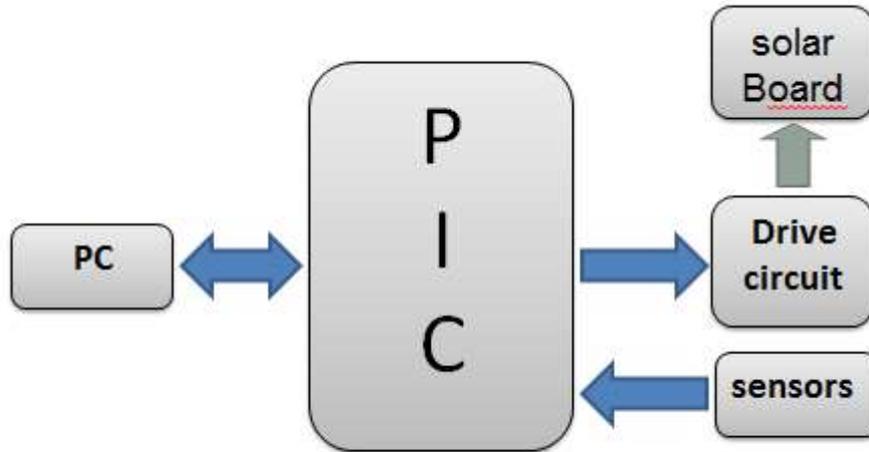
#### منهجية النظام المقترح:

يوضح الشكل (1) منهجية النظام المقترح ومكوناته الأساسية لإدارة لوح كهروضوئي بغية التخلص من السليبات للطرق السابقة المستخدمة في هذا المجال، وذلك من خلال دمج عدة طرق للتحكم بحركة اللوح في دارة تحكم واحدة. حيث يتم من خلال دارة التحكم دمج كلاً من قاعدة البيانات والحساسات الضوئية ومقارنة القراءات المأخوذة من كلاهما، بالإضافة الى وضع طريقة التحكم اليدوي في حال حدوث أي خلل في قراءة الحساسات أو في قاعدة البيانات. لتحقيق استراتيجية التحكم نقوم بإجراء الخطوات التالية:

1. الدراسة التصميمية لكامل أقسام وعناصر الدارة المستخدمة للتحكم بحركة اللوح الكهروضوئي (دارة القيادة، المحرك، دارة التحكم، حساسات الضوء).
2. تحديد زوايا الشمس اللازمة لحساب زاوية السميت وذلك لإنشاء قاعدة البيانات.
3. تحديد زوايا الألواح التي يجب أن تتوضع عليها حساسات الضوء لأجل التحكم بواسطة الحساسات الضوئية.
4. كتابة قاعدة بيانات حاسوبية على ACCESS لكي تشكل وحدة الدخل لدارة القيادة عن طريق ال PIC.
5. كتابة الكود البرمجي اللازم تحميله على المايكرو كونترولر.
6. نمذجة الدارة بواسطة برنامج prutos.
7. تنفيذ الدارة بنموذج مصغر يحاكي الواقع.

#### مكونات التجربة:

إن الدارة المصممة تتكون من عدة أقسام أهمها المايكرو كونترولر (PIC)، حساسات ضوء {Sensors}، دارة قيادة (Drive circuit)، اللوح الكهروضوئي (Solar board)، بالإضافة الى أن الدارة موصولة مع الكمبيوتر (PC).



الشكل(1) المخطط الصندوقي للدارة

#### الحساسات واللوح الكهروضوئي:

قمنا بتركيب خمس حساسات ضوء على الألواح كما هو مبين بالشكل (2)، كل لوح يقابل زاوية معينة للوح الكهروضوئي. وكما لاحظنا من الدراسة المرجعية بأنه عند تحريك اللوح بزواوية مقدارها 30 درجة، فإن مردود اللوح الكهروضوئي لم يزداد بالشكل المطلوب. وبالتالي سينجم عن ذلك استخدام تجهيزات إضافية وتحريك اضافي للوح وهذا سيؤدي الى قصر عمر المحركات وزيادة في الكلفة، بالإضافة الى زيادة احتمال حدوث خطأ في قراءة الحساسات الضوئية[7]. ولهذا الأساس قمنا بتحديد خمس وضعيات (0، 45، 90، 135، 180) درجة، التي يتحرك اليها اللوح وعلى محورين فقط X, Y، علماً بأنه في حال تحريك اللوح على ثلاثة محاور X, Y, Z لن يزداد مردود اللوح الكهروضوئي بشكل كبير، وسنحتاج في هذه الحالة الى محرك إضافي وألواح تثبيت لحساسات إضافية وهو غير مجدي اقتصادياً، بالإضافة إلى أن جهة الشمال من مكان تركيب اللوح الكهروضوئي تكون ذات إضاءة أقل من بقية الجهات[7].



الشكل (2) تركيب حساسات الضوء على الألواح

يتم في الصيف شروق الشمس من الشمال الشرقي، وفي الشتاء من الجنوب الشرقي، لذا من المفضل تركيب اللوح في منطقة تتوسط الحالتين لتتوافق مع كل فصول العام. حيث قمنا بالتركيب على محورين X,Y فقط كما أشرنا سابقاً، بالإضافة إلى ان اختلاف موقع وارتفاع الشمس من فصل لأخر يلعب دور كبير في تحديد هذه الزوايا. إن هذه الدراسة تقريبية تعتمد على التحكم ذي الحلقة المفتوحة وتحقق أفضل الشروط من الناحية الاقتصادية والمردود في آن واحد. يقوم مبدأ عمل الحساسات الضوئية على أساس تحويل الضوء الى جهد، ومن ثم يتم توصيل حساسات الضوء الى الناخب ليقوم بمقارنة جهود الحساسات، وانتخاب الحساس ذي الجهد الأعلى أي الحساس الذي يتعرض لأكبر كمية إشعاع شمسي يسقط عليه.

#### دارة التحكم ومحرك القيادة:

إن المحرك المستخدم هو محرك تيار مستمر DC Motor. ويتم التحكم به لتحريك اللوح الكهروضوئي إما باستخدام ترانزستور ثنائي الوصلة العادي Bipolar Junction Transistor(BJT) أو باستخدام الترانزستور ذو الأثر الحقل Field-effect Transistor(FET).

تعتمد دارة التحكم المستخدمة لقيادة محرك التيار المستمر على الدارة الجسرية بشكل حرف H التي تؤمن إمكانية تدوير المحرك بالاتجاه المباشر والعكسي، وكذلك توقف المحرك بنمط الكبح. ويتم إعطاء نبضات القدر للترانزستورات عن طريق المتحكم الصغري PIC [8]. توجد اربع حالات لعمل دارة التحكم وهي:

1. حالة التوقف: وهي توافق الحالة، التي لا يطبق فيها أي من نبضات القدر على أي ترانزستور من

الترانزستورات الأربعة.

2. حالة الدوران مع عقارب الساعة: عندما تطبق نبضات القدر على الترانزستورين الأول والرابع ويتم عزل كلا

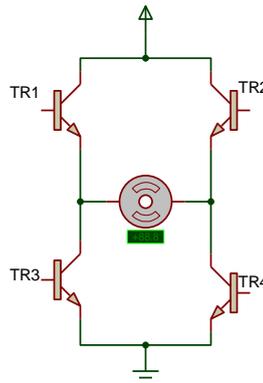
من الترانزستورين الثاني والثالث.

3. حالة الدوران عكس عقارب الساعة: عندما تطبق نبضات القدر على الترانزستورين الثاني والثالث ويعزل

كلا من الترانزستورين الأول والرابع.

4. حالة الكبح: عندما تطبق نبضات القدر على الترانزستورين الثالث والرابع ولا تطبق أي نبضة على

الترانزستورين الأول والثاني.



الشكل (3) دارة الجسر H لقيادة محرك التيار المستمر

الجدول (1) عمل دائرة الجسر H

TR1	TR2	TR3	TR4	الوصف
0	0	0	0	حالة توقف
1	0	0	1	دوران CW
0	1	1	0	دوران CCW
0	0	1	1	كبح

## اختيار محرك القيادة:

من المعروف إن المحرك الخطوي يستخدم بشكل واسع وهو ذو كفاءة عالية في تحريك اللوح، يتم التحكم بالمحرك الخطوي للعمل بنصف خطوة أو خطوة كاملة مضاعفة. بينت الدراسات بأن مواصفات تحريك اللوح عن طريق المحرك الخطوي أثبتت كفاءة عالية عند الزوايا الصغيرة لتحريك اللوح الكهروضوئي. كما وجدنا من خلال الدراسات المرجعية بان محرك التيار المستمر أكثر كفاءة عند مجال كبير من الزوايا، بالإضافة إلى أن المحرك الخطوي ذو كلفة اقتصادية عالية وأعطال كبيرة بالمقارنة مع محرك التيار المستمر. وبالتالي يكون استخدام محرك التيار المستمر أفضل من المحرك الخطوي لأجل الدارة المصممة لتحريك اللوح الكهروضوئي [9].

## قاعدة البيانات:

تم تشكيل قاعدة البيانات بواسطة ال ACCESS، وقمنا بحساب زوايا ميل اللوح خلال كل أوقات النهار على مدار شهرين، بكونها معطيات كقيم دخل للمتحكم الصغري. ومن ثم عمدنا على تحميل قاعدة البيانات هذه على ذاكرة خارجية، ووصلناها مع الدارة لتكون بمثابة دخل لها. يتم ضبط كل من الذاكرة وال PIC لمرة واحدة فقط، كلاهما يحتوي على مؤقت في بنيته الداخلية، وهكذا قمنا بضبط الوقت والتاريخ في كل من الذاكرة والمتحكم الصغري والحاسوب ليكون لهم التوقيت نفسه. الزاوية المفترض أن يتحرك إليها اللوح موجودة في قاعدة البيانات عند وقت وتاريخ محدد في القاعدة. ولذلك عند وقت معين يعطي المتحكم الصغري الأمر لدائرة القيادة لتحريك اللوح الى هذه الزاوية. يوضح الشكل (4) الدارة المنفذة، حيث تتم مقارنة قيمة الزاوية المقروءة من قاعدة البيانات مع الزاوية المقروءة من حساس الضوء، فإذا كانت القيمة نفسها فإن اللوح يتحرك إلى الموقع الجديد، اما إذا كانت القيمة مختلفة عند ذلك فيتم التحقق من القيمة الصحيحة وتصحيح قاعدة البيانات ان كانت خاطئة.



الشكل (4) الدارة المنفذة

الزاوية التي يتحرك إليها اللوح الشمسي هي زاوية السميت ومن خلال الخطوات التالية يمكننا تشكيل قاعدة بيانات للزوايا التي من المفترض ان يتحرك إليها اللوح خلال كل أوقات العام لمدينة اللاذقية. والزايا التي سنحصل عليها سيتم تقريبها الى احدى الوضعيات الخمسة المذكورة سابقا التي يتحرك إليها اللوح. تم تشكيل قاعدة البيانات وفق الخطوات التالية كما هو مبين في الشكل(5):



الشكل(5) المخطط الصندوقي لقاعدة البيانات

زاوية خط العرض لمدينة اللاذقية 35.52 وزاوية خط الطول الحقيقي 35.78 وزاوية خط الطول القياسي 30 درجة.

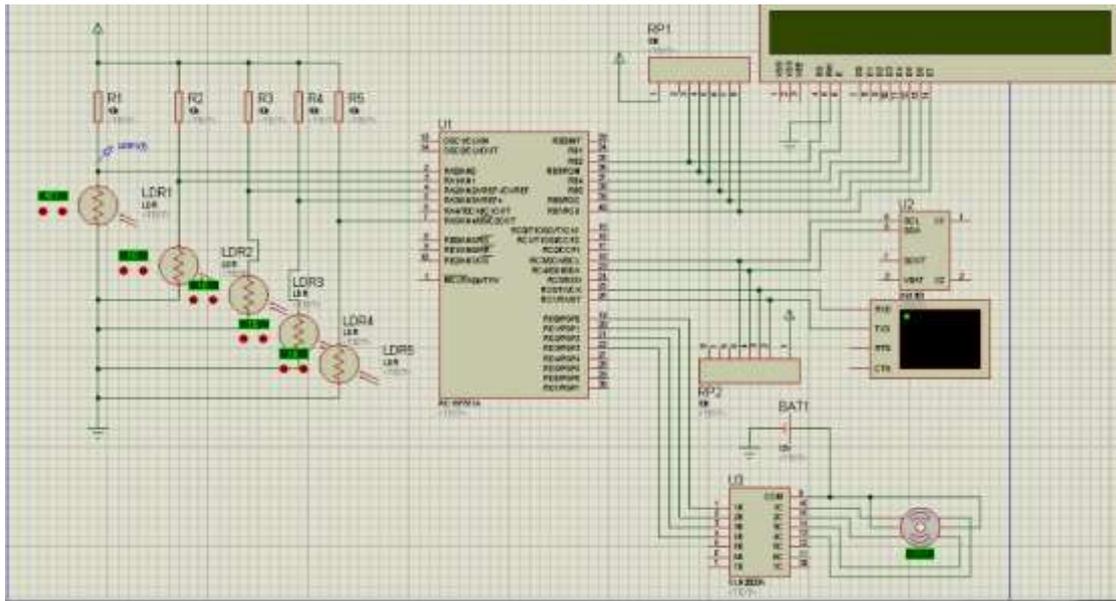
### النتائج والمناقشة:

يطبق هذا النموذج المقترح في نظام القيادة لمحرك تيار مستمر يدير لوح كهروضوئي، وقد أعطيت مواصفاته في الملحق. إن الشروط الأخوذة في الاعتبار من أجل الوصول إلى هدف الدراسة تتضمن استجابة نظام القيادة من أجل سويات مختلفة من الإشعاع الشمسي.

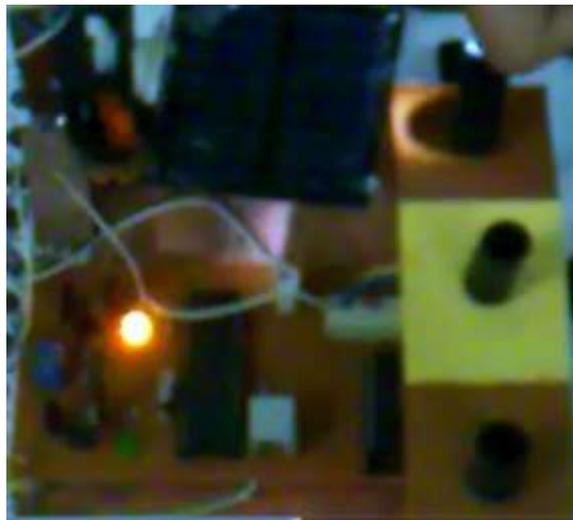
تم تحريك اللوح الى زوايا مختلفة خلال اليوم الواحد وذلك من خلال برمجة المتحكم الصغري. وتملك الدارة المنفذة إمكانية التصحيح في حال وجود خطأ في قاعدة البيانات الموجودة.

الأشكال التالية تبين كل من نموذج المحاكاة لدارة التحكم المشكلة بواسطة prutos والدارة المنفذة لأجل

الزاوية 45.



الشكل (6) نموذج المحاكاة للدائرة



الشكل (7) اللوح الكهروضوئي عندما يتحرك الى الزاوية (45)

الشكل التالي يبين جزء من قاعدة البيانات المشكّلة لمدينة اللاذقية:

Form1

### Solar Azumitn DataBAsE System

Creat DB

Day: 23

Time: 12

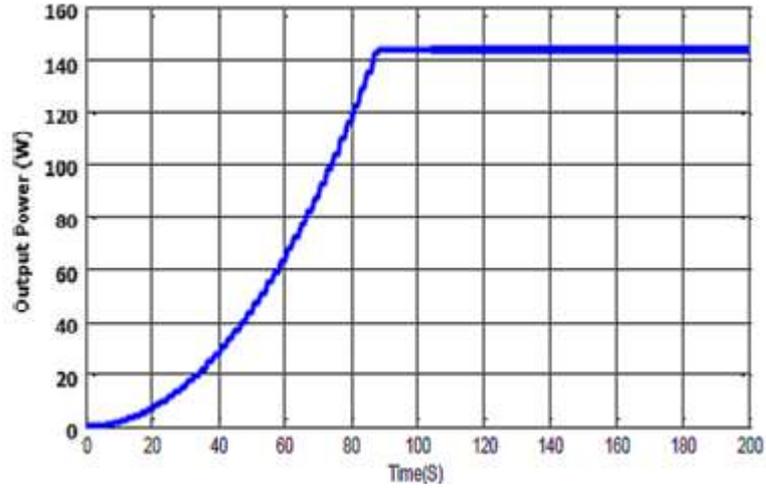
Query

Azimuth: 30.4330486523

IDN: 3.45027568595

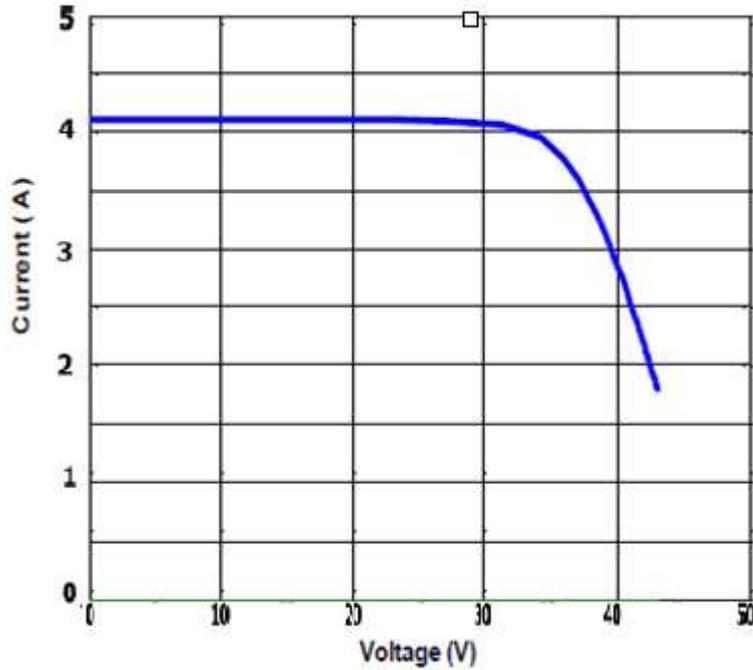
id	Day	Time	Azimuth
1	1	1	87.5034294...
2	1	2	18.3640197...
3	1	3	115.575151...
4	1	4	56.1268139...
5	1	5	63.2320448...
6	1	6	102.701402...
7	1	7	5.86210867...
8	1	8	18.3640197...
9	1	9	48.8868096...
10	1	10	56.1268139...
11	1	11	63.2320448...
12	1	12	87.5034294...

الشكل (8) قاعدة البيانات



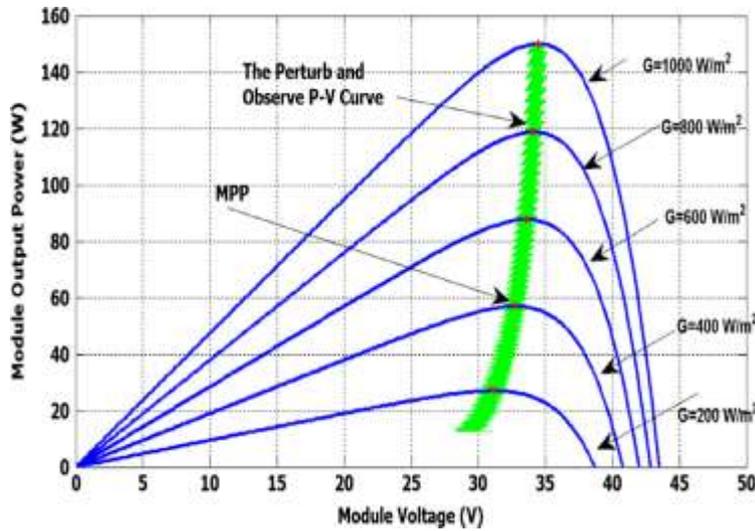
الشكل (9) منحنى الاستطاعة بدلالة الزمن للدارة المنفذة.

- ان النظام المشكل اعطى المرحلة المستقرة بعد فترة زمنية قدرها 90 ثانية.
- يبين الشكل (10) البيانات التجريبية لمنحنى التيار بدلالة الجهد، وهذه البيانات تبين وجود علاقة بين البيانات التجريبية والنمذجة وتمثل الخصائص التي يتمتع بها النظام والتوافق بين الواقع التجريبي ومحاكاة الأداء الفعلي للنظام.



الشكل (10) منحنى التيار بدلالة الجهد للوح الكهروضوئي

ويوضح الشكل (11) مسار عمل الخلايا الكهروضوئية (PV) تبعا لنقاط التشغيل. ونلاحظ من الشكل ان نقطة الاستطاعة الأعظمية محققة ضمن مجال خطأ صغير نسبياً، مع العلم إن النظام المصمم ليس لأجل الملاحقة الدائمة لنقطة الاستطاعة الأعظمية (MPPT) وإنما هو لإعطاء أكبر استطاعة ممكنة.



الشكل (11) منحنيات جهد واستطاعة الخرج للوح الكهروضوئي

يبين الشكل (12) واجهة المستخدم مكتوبة بلغة ال C#, يظهر عليها رقم الحساس ذو القيمة الأعلى، قيمة الإشعاع الفيزيائية، وجهد اللوح الشمسي. بالإضافة الى معلومات عن الاتصال بين جميع اجزاء النظام.



الشكل (12) الواجهة التي تظهر على شاشة الحاسوب بلغة #c

### الاستنتاجات والتوصيات:

- من الدراسة النظرية ومقارنتها بالنتائج العملية، يمكن استخلاص ما يلي:
- تبين من خلال نتائج البحث بأن طريقة دمج خوارزميات المراقبة مع طريقة أخرى مثل المتحكمات الضبابية Fuzzy Control مفضلة على تقنيات التحكم الأخرى، لأنها تعطي الحل الأمثل لأجل الاستقرار وذات دقة عالية.
- بينت النتائج على ان استخدام المحرك DC ذو أهمية بالغة مقارنة بالأنواع الأخرى من المحركات المستخدمة في هذا المجال.
- متابعة البحث عن قيم موجودة لزوايا الشمس حسب وكالات الأرصاد الجوية خلال عام كامل حيث إن القيم المستخدمة محسوبة على أساس حسابات وقد تكون غير دقيقة في بعض الأحيان.
- قد تسقط خوارزميات المراقبة والاضطراب في المناطق ذات التغيرات الجوية الكثيرة والمفاجئة لذا من المفترض أخذها بعين الاعتبار.
- يوجد اهتزاز حول نقطة الاستطاعة الأعظمية لذا من الممكن استخدام التحكم الضبابي او المتحكمات التكاملية التناسبية التفاضلية.
- من الممكن إعادة التنفيذ التطبيقي للدارة على اللوح الكهروضوئي الموجود في مخبر نظم القدرة الكهربائية بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية وذلك بعد تحديد المواصفات المناسبة لدارة القيادة.

## المراجع:

- [1] Brambilla, A. A. "New Approach to Photovoltaic Arrays Maximum Power Point Tracking". IEEE1999.
- [2] Hohm, D. P; Ropp, M. E. "Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Algorithms Using an Experimental, Programmable, Maximum Power Point Tracking Test Bed". South Dakota State University Brookings, SD 57007-2220, V012, pp.1699-1702, 2005.
- [3] ATLAS, I. H; SHARAF, A. M. "A novel on-line MPP search algorithm for PV arrays". IEEE Transactions on Energy Conversion, VO1. 11,NO. 4, December2006.
- [4] Wolf, S. M; Enslin, J. M. "Economical, PV Maximum power point tracking regulator with simplistic controller". IEEE Power Electronics Specialists Conference 2008.
- [5] Rebhi, M; Sellam, M; Benatillah, A. "Comparative Study of MPPT Controllers for PV System Implemented in the South-west of Algeria". ScienceDirect Energy Procedia, 2013.
- [6] Ibrahim, D. M. "Advanced PIC Microcontroller Projects in C", Elsevier, 2013.
- [7] [www.nasa.com](http://www.nasa.com).
- [8] Breijo,G.E."Compilador C CCS y Simulador Proteus Para Microcontroladores PIC". Alfaomega Grupo Editor, 2008.
- [9] Surawdhaniwar, S; Diwan, R. "Efficient Implementation of Maximum Power Point Tracking Using Perturb and Observe Method". International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering, 2012.
- [10] Salas, V. M; Manzanas, J. A; Lázaro, A. B. "The interoduction to programing with pic ccs compiler". IEEE Industrial Electronics Society, 2008.