تحسين اداء مصفوفة الخلايا الشمسية للتطبيقات المنزلية

د. محمود فرحان مصلح

استاذ مساعد- الجامعة التقنية الوسطى- بغداد/ العراق

E-mail: drmahfa@yahoo.com

Phone Number: +9647902403308

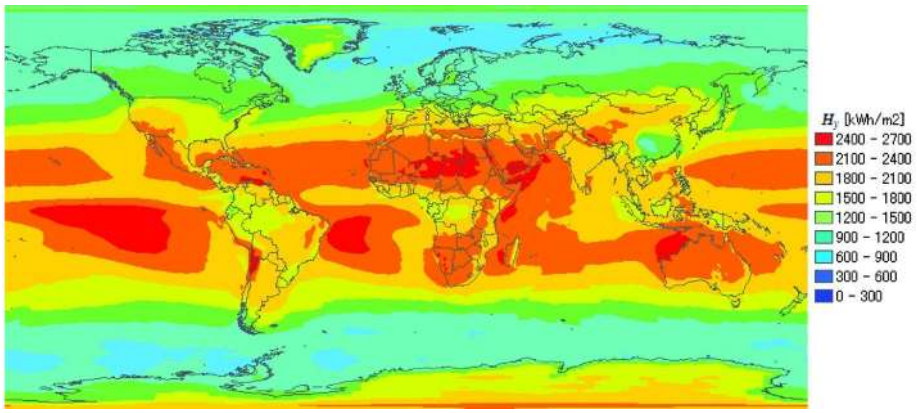
الملخص:

يزداد الطلب حاليا على مصادر الطاقة الكهربائية البديلة عن الطاقة الاحفورية لما تسببه الاخيرة من مشاكل التلوث البيئي اضافة الى كونا مهددة بالنضوب. الخلايا الشمسية (Photovoltaic) ويرمز لها بالرمز (PV) تعتبر من اهم مصادر الطاقات البديلة بسبب توليدها للطاقة بدون اي ضوضاء و لاتحتاج الى اي من انواع الوقود حيث تعتمد اشعة الشمس التي يزخر وطننا العربي بكميات كافية لتوليد طاقة كهربائية تسد نسبة كبيرة من الحاجة الحالية. ومن ناحية اخرى فان توليد الطاقة باستخدام الالواح الشمسية يعاني من مشاكل عديدة منها الكلفة العالية واقتصار التوليد في ساعات النهار وعدم استقرار الطاقة المتولدة بسبب التغيير المستمر لدرجة الحرارة المكتسبة وكذلك حاجتها الى منظومات اخرى مكملة كتحويل الفولتية المستمرة (DC) المتولدة في الالواح الى فولتية متناوبة (AC) ومنظومة سيطرة لربطها بالشبكة مما يقلل من كفائتها. في هذا البحث سيتم تصميم موديل لمصفوفة الالواح الشمية التي تعتمد تقنية متابعة نقطة القدرة الاعلى (MPPT) لغرض توليد الطاقة باعلى كفائة. كما سيتم توضيح الموديل الرياضي لمصفوفة الالواح الشمسية الذي يمكن من خلاله محاكاة النظام المقترح واستخلاص النتائج التي سيتم تمثيلها بمنحنيات القدرة مع الفولتية (P-V) والتيار مع الفولتية (I-V). المحاكاة ستطبق باستخدام برنامج ماتلاب النسخة (R2016a). نتوقع ان نحصل على نتائج مشجعة وستقارن مع بحوث سابقة في هذا المجال وبيارن الفارق بين النموذج المقترح والنماذج الاخرى. نامل ان يساهم هذا البحث في تطوير هذا النوع منظومات الطاقة البديلة والمتجددة.

1- المقدمة:

لغرض تقليل التاثيرات السلبيةعلى البيئة وتقليل سرعة نضوب مصادر الطاقة الاحفورية، فان انظمة توليد الطاقة البديلة والصديقة للبيئة تتنامى بسرعة ويزداد تثكيف الجهود البحثية لزيادة كفائتها وتقليل الكلفة. ومن اهم هذه المصادر البديلة هو استغلال الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية باستخدام الالواح الشمسية (Photovoltaic) التي تحول تلك الطاقة الى قدرة كهربائية

بدون اي ناتج عرضي من الغازات او ثاني اوكسيد الكاربون او اي من انواع ملوثات البيئة الاخرى. ومن الجدير بالذكر ان وطننا العربي يمتاز بموقع جغرافي متميز يجعله عرضة لاشعة الشمس الكافية لتوليد كمية هائلة من الطلقة الكهربائية فيما لو استغلت بشكل امثل حيث يتجاوز عدد الايام المشمسة الى اكثر من 300 يوم في السنة. الشكل رقم (1) يبين الاشعاع الشمسي العالمي، ويتضح هنا الموقع المناسب للوطن العربي من الاشعاع الشمسي، ويذكر هنا ان المملكة العربية السعودية تاتي بالمرتبة الثانية عالميا بعد صحراء اتاكاما في تشيلي كافضل المواقع العالمية للطاقة الشمسية. كما توجد مواقع اخرى في الوطن العربي لاتختلف عنها كثيرا كما هو واضح من الخارطة.



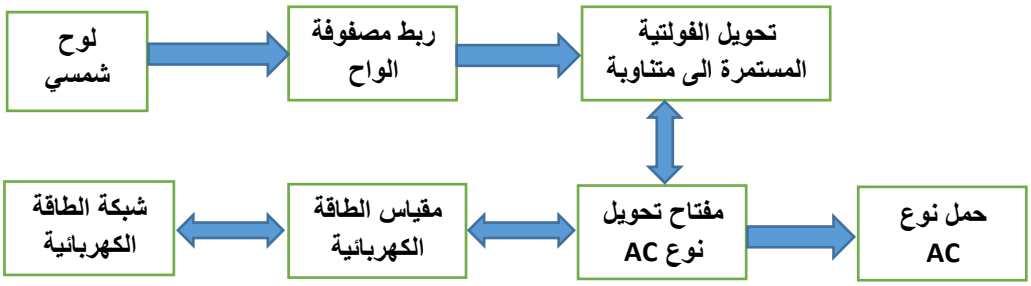
شكل رقم (1) الاشعاع الشمسي العالمي [1]

ومن ناحية اخرى، فقد دابت دول عالمية متقدمة في بناء محطات جدية لاستغلال الطاقة الشمسية في العالم مثل اميركا والمانيا والهند والصين، كما باشرت كل من المملكة العربية السعودية والامارت العربية المتحدة بخطوات جدية في بناء محطات توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية.

الا ان استغلال اشعة الشمس لتوليد الطاقة الكهربائية يعاني من مشاكل متعددة: منها الكلفة العالية لتصنيع الالواح الشمسية والملحقات المكملة لها وادامتها، بالاضافة التي التغييرات في درجة الحرارة والضوء خلال النهار وعدم استقرارها على مستوى محدد خلال اليوم الواحد او في النهار الواحد.

تحسين اداء الالواح الشمسية في العقود الاخيرة ساهم بشكل كبير بتقليل كلفة تلك المنظومات كما ان تطويرها اصبح من اهم مجالات البحث في الطاقات المتجددة. وهناك العديد من البحوث التي تبحث في تطوير تلك المنظومات ابتداءا من تطوير تصنيع الالواح الشمسية، في حين ان تذهب

بحوث اخرى في تطوير التقنيات التكملية لها. المخطط الكتلي في الشكل (2)، يوضح منظومة توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الالواح الشمسية والاجزاء المكملة لها.



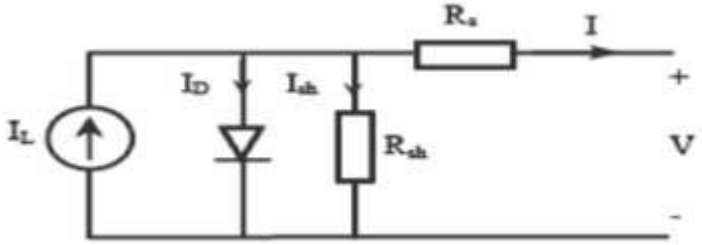
شكل رقم (2): المخطط العام لمنظومة الالواح الشمسية

وقد تاخذ المنظومات اشكالا اخرى حسب نوع التطبيق، حيث هنالك المنظومة المربوطة الى الشبكة (Grid-Tied) الموضحة في الشكل (2) التي تجهز الحمل عند توفر اشعة الشمس من المنظومة الشمسية او من شبكة الطاقة الكهربائية في حالة انعدام الشمس وهناك مفتاح تحكم ومقياس لقراءة الطاقة. قياس الطاقة هنا بطريقين الاولى عند توفر اشعة كافية يتم تجهيز الحمل بالطاقة وعند توفر طاقة فائضة فانه يتم تجهيز الزيادة الى شبكة الطاقة منها ليقرأ المقياس هنا مقدار الطاقة المجهزة من المنظومة الشمسية الى شبكة الطاقة. من ناحية اخرى يتم قياس الطاقة المصروفة والمجهزة من الشبكة الى الحمل عند عدم توفر اشعة كافية. كل ذلك يتم التحكم به من خلال مفتاح التحويل (AC Change over).

البحث الحالي يركز على تطوير كفائة التقنيات المكملة للمنظومة الشمسية ويركز على زيادة القدرة المجهزة من تلك المنظومة حيث يعالج مشكلة تغير مقدار القدرة الخارجة منها بسبب تغيير مستوى الفولتية المُنتَجة من الالواح الشمية بسبب التغيرات في زاوية سقوط اشعة الشمس ودرجة الحرارة خلال اليوم الواحد. هناك عدة تقنيات تعالج هذه المشكلة اهمها تقنية تتبع النقطة الاعلى لاقصى قدرة (Maximum Power Point Tracking) ويرمز لها اختصارا (MPPT). وهذه التقنية سيتم التركيز عليها في هذا البحث وسيقدم موديل محاكاة باستخدام برنامج ماتلاب للوقوف على نقاط القوة والضعف لهذه التقنية.

2- الدائرة المكافئة للخلية الضوئية:

لغرض وضع تصور واضح عن تقنية MPPT، يجب اولا توضيح الموديل الكهربائي للخلية الضوئية. الموديل الشائع للخلية الضوئية هو تمثيلها على شكل مصدر مثالي للتيار مربوط معه دايود على التوازي كما موضح في الشكل (3).



شكل رقم (3): الدائرة المكافئة للخلية الضوئية [2]

خصائص التيار والفولتية للخلية الضوئية يمكن توضيحها بالمعادلات التالية [3]:

التيار المار خلال الدايود يمكن تمثيله بالعادلة التالية:

$$I_D = I_o[e^{q(V+IR_S)/KT} - 1] \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

في حين، التيار الخارج من الخلية:

$$I = I_L - I_D - I_{sh} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

وبادخال المعادلة (1) في المعادلة (2) نحصل على:

$$I = I_L - I_o[e^{q(V+IR_S)/KT} - 1] - (V + IR_S)/R_{Sh} \dots\dots\dots (3)$$

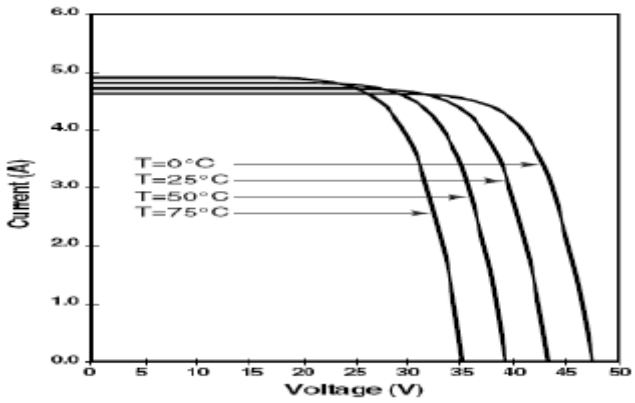
حيث ان:

I: التيار الخارج من الخلية، I_L: مقدار التيار المتولد في الخلية، I_o: تيار الاشباع للدايود، q: مقدار شحنة الالكترون $(1.6 \times 10^{-19}\ C)$ ، K: ثابت بولتزمان $(1.38 \times 10^{-23}$J/K)، T: درجة حرارة الخلية بالكلفن (Kelven) K، V: الفولتية الخارجة من الخلية، R_S: المقاومة المتتالية للخلية، R_{Sh}: المقاومة المتوازية للخلية.

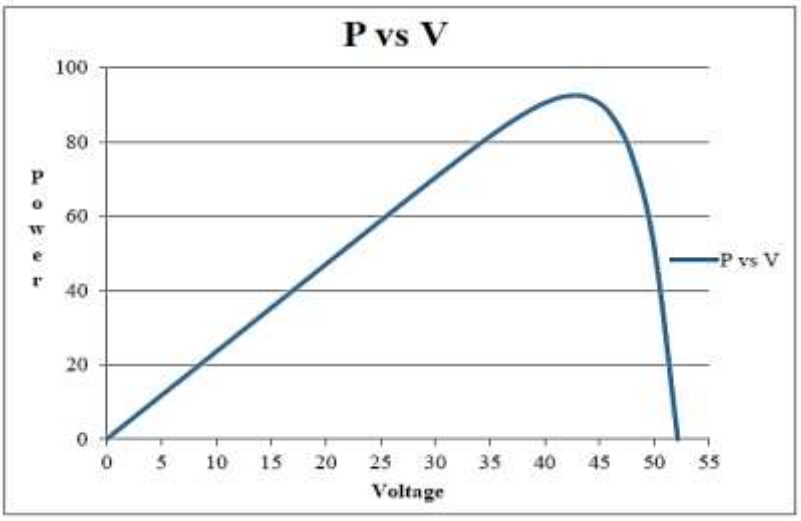
وكما لاحظنا ان التيار المجهز من الخلية يتاثر بعدة عوامل اهمها درجة الحرارة وكمية الضوء والحمل المربوط الى الخلية. لذلك فان المنتج يجب ان يرفق مع الخلية الضوية ورقة بيانات توضح منحنيات التيار والفولتية مع التغيرات في درجة الحرارة ومثال ذلك الشكل رقم (4) يوضح خصائص الخلية.

3- متابعة اعلى نقطة للقدرة (MPPT):

هذه الطريقة تستخدم عادة لسحب ومتابعة اقصى قدرة ممكنة من مصفوفة متشابهة من الخلايا الشمسية خلال فترة معينة. الشكل (5) يوضح اعلى نقطة للقدرة التي تقع في قمة المنحى وهي النقطة التي يكون فيها كل من التيار والفولتية عند اقصى قيمة لها.



الشكل رقم (4): منحنيات التيار والفولتية لخلية ضوئية حسب البيانات في [4]



شكل رقم (5): منحى القدرة مع الفولتية لخلية شمسية

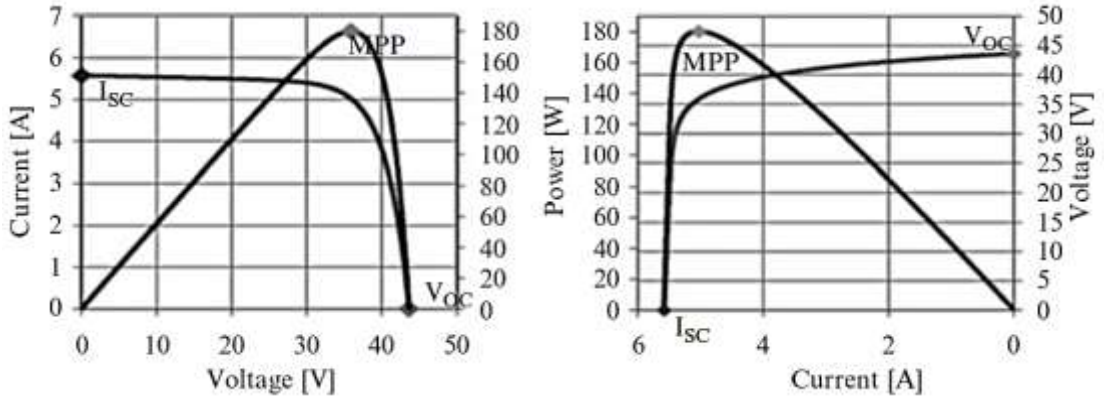
ان استخدام تقنية MPPT هو للوصول الى اقصى قيمة ممكنة للفولتية والتيار وتقليل فشل القدرة النابع من التغيرات بالظروف المحيطة [5]. حيث يتعرض قسم من الخلايا ضمن المصفوفة الواحدة الى الظل او الغيوم وبالتالي فان هذه التقنية تضمن الحصول على القيمة العليا الممكنة من الفولتية والتيار وبالتالي اقصى قيمة للقدرة الخارجة.

هناك طرق عديدة لتطبيق تقنية MPPT لكن اشهرها استخداما هو طريقة التشويش والمراقبة (Perturb and Observe) ويرمز لها بالرمز (P&O). هذه الطريقة سيتم التركيز عليها في هذا البحث.

1.3- طريقة التشويش والمراقبة (P&O):

تستخدم هذه التقنية لكفائتها وقلة كلفتها حيث تحتاج الى متحسس واحد فقط للفولتية الخارجة من مصفوفة الالواح. وكما موضح بالشكل (6) فانه يمكن الحصول على اعلى قيمة للقدرة عند اقصى قيمة للفولتية عندب بداية انحدار منحى التيار في الجانب الايسر من الشكل (6) وفي الجانب

الايمن منه عند فولتية اقل وبقيمة تيار عاليه. هذه التقنية تعتمد على تغيير في دورة التشغيل (Duty Cycle) في العاكس او محول القدرة.



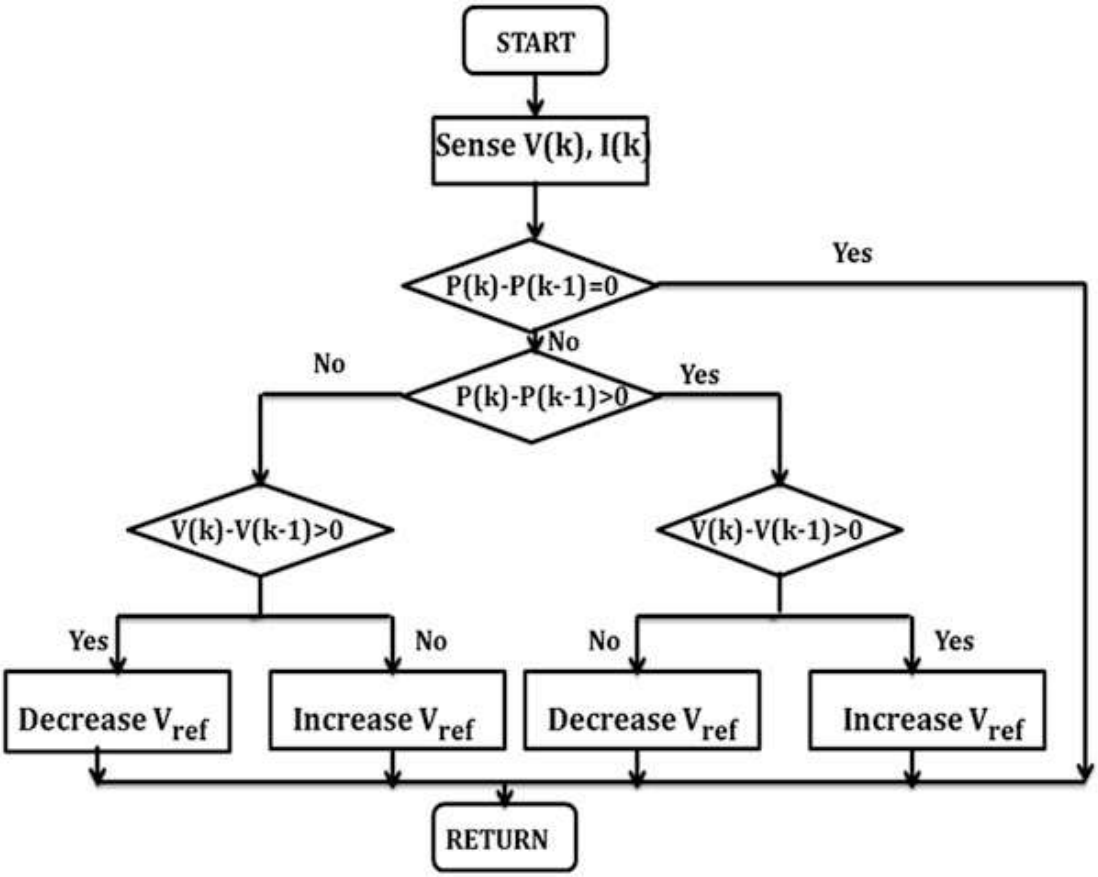
شكل رقم (6): منحنيات خواص اللوح الشمسي

هنا يتم احتساب مقدار الفرق في القدرة الخارجة في لحظة معينة من دورة التشغيل مقارنة مع الدورة السابقة فاذا كان الفرق موجب معنى هذا ان القدرة باتجاه الزيادة لذلك يجب ان يكون العمل بنفس الاتجاه (باتجاه زيادة الفولتية) والعكس صحيح في حالة كون الفرق سالب اذن هنا يجب قلب الاتجاه (باتجاه انقاص الفولتية). المخطط في الشكل (7) يوضح خوارزمية (P&O). ومن مساوئ هذه التقنية هو ان قيمة القدرة الخارجة تتارجح حول اقصى قيمة للقدرة بالزيادة القليلة او النقصان او ما يسمى بالتذبذب (Oscillation).

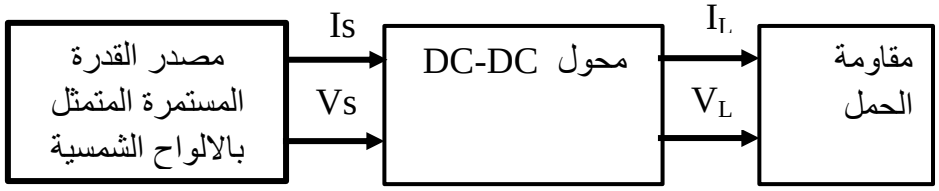
4- النموذج المقترح للتطبيق (Case Study).

سيتم تطبيق تقنية MPPT باستخدام محول DC-DC حيث يتم التحكم بهذا المحول ليرفع او يخفض الفولتية الخارجة اعتمادة على حسابات قيمة القدرة الخارجة ياتي ذلك من خلال التحكم بدورة التشغيل (Duty Cycle). المخطط الكتلي في الشكل رقم (8) يوضح الموديل المستخدم لتطبيق النموذج المقترح.

تم تنفيذ الموديل باستخدام برنامج الماتلاب. المخطط في الشكل رقم (9) يوضح الموديل المستخدم على شكل Simulink. المداخل الى البلوك الرئيسي PV يحتوي جميع المكونات للموديل المستخدم والموضح في الشكل (8). يتم التحكم بالبراميتر المؤثرة والموضحة في المعادلات 1-3 من خلال المداخل الى البلوك الرئيسي.



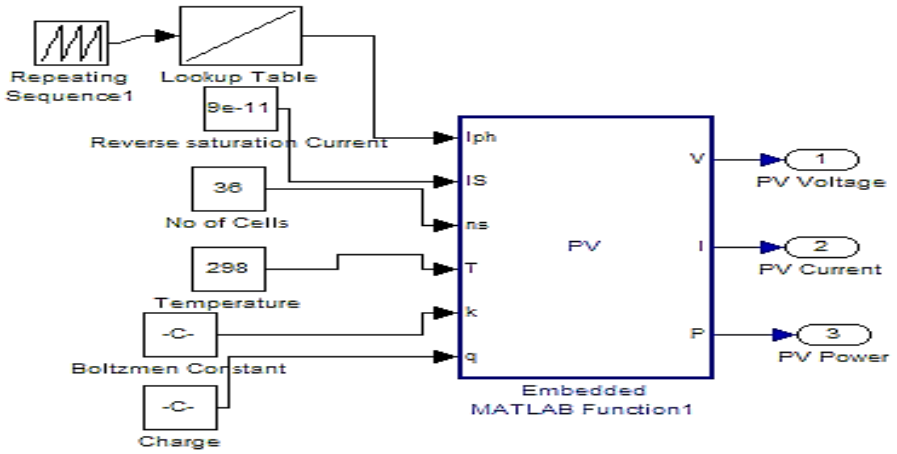
شكل رقم (7): خوارزمية (P&O)



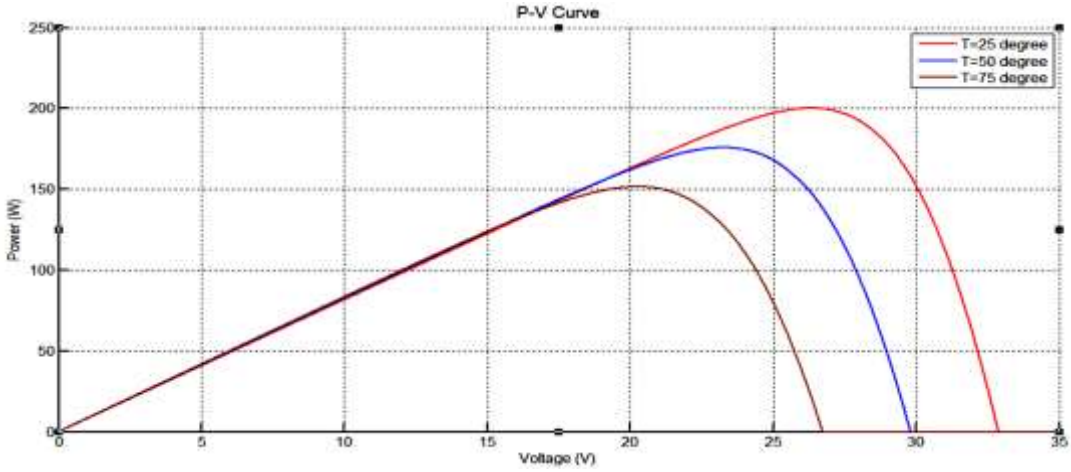
شكل رقم (8): المخطط الكتلي للموديل المستخدم

5- نتائج المحاكاة:

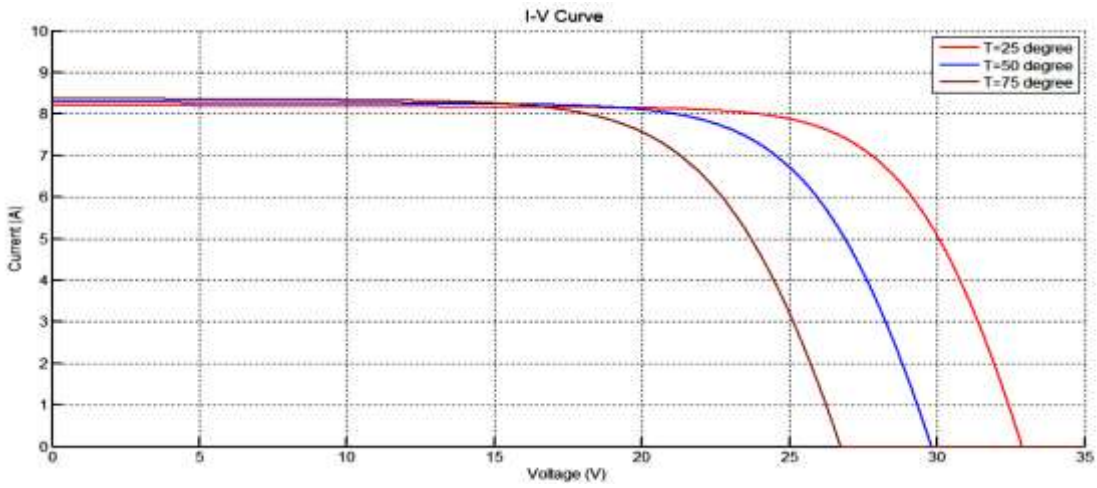
النتائج تحتوي على جزئين: الجزء الاول نتائج تغيير درجة الحرارة وكمية الاشعاع، حيث تم اعتماد درجات الحرارة (25، 50 و75) درجة. المنحنيات الخاصة بالفولتية- التيار والقدرة- الفولتية موضحة بالشكل 10 حيث حسب تلك الدرجات. حيث تتناقص القدرة الخارجة مع الزيادة في درجة الحرارة بنفس النسبة كما هو واضح من النتائج ونفس الحال بالنسبة للفولتية مع التيار.



شكل رقم (9) نموذج المحاكاة المستخدم



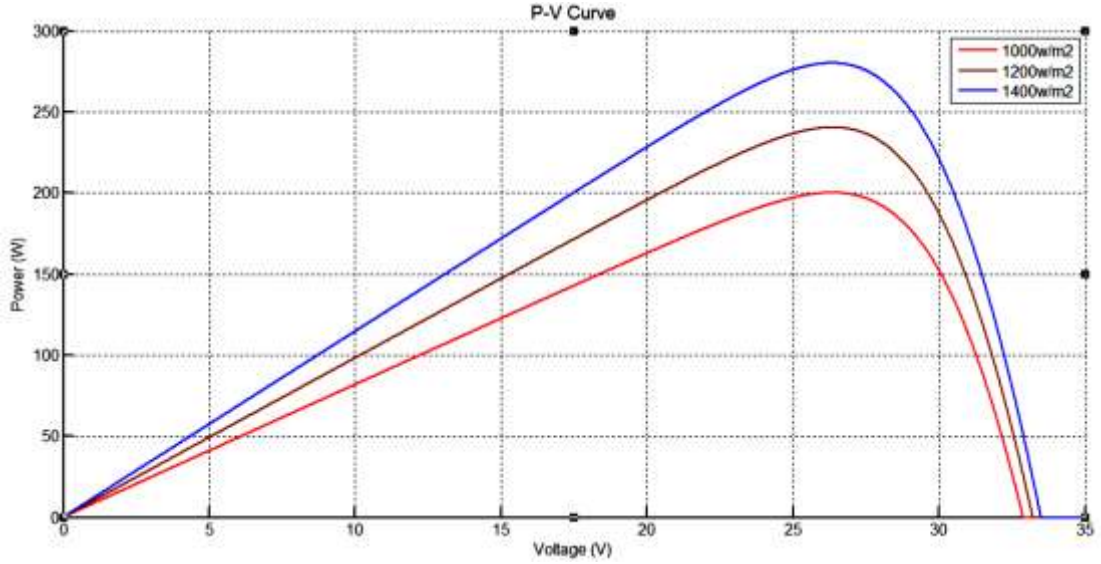
(أ)



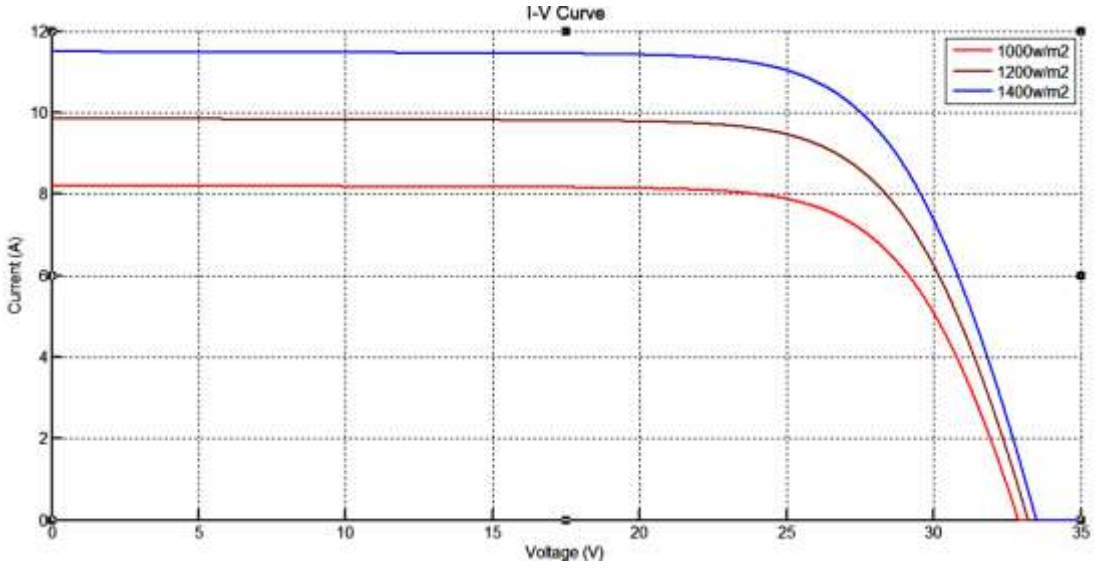
(ب)

الشكل رقم (10): (أ) منحى القدرة مع القولتية، (ب) منحى التيار مع الفولتية

اما تاثير كمية الاشعاع على كل من كمية القدرة الخرجة والفولتية والتيار فهي موضحة في الشكل رقم (11) حيث تم استخدام الكميات (1000،1200، 1400) واط/م^2. وكما واضح فان الزيادة خطية مع الزيادة في كمية الاشعاع لكل من الفولتية- التيار والقدرة الخارجة.



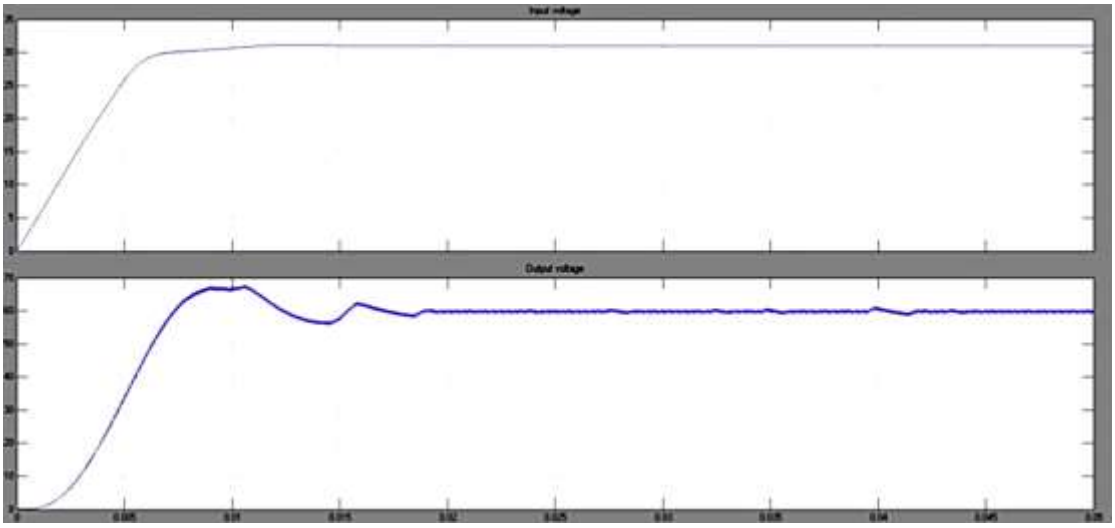
(أ)



(ب)

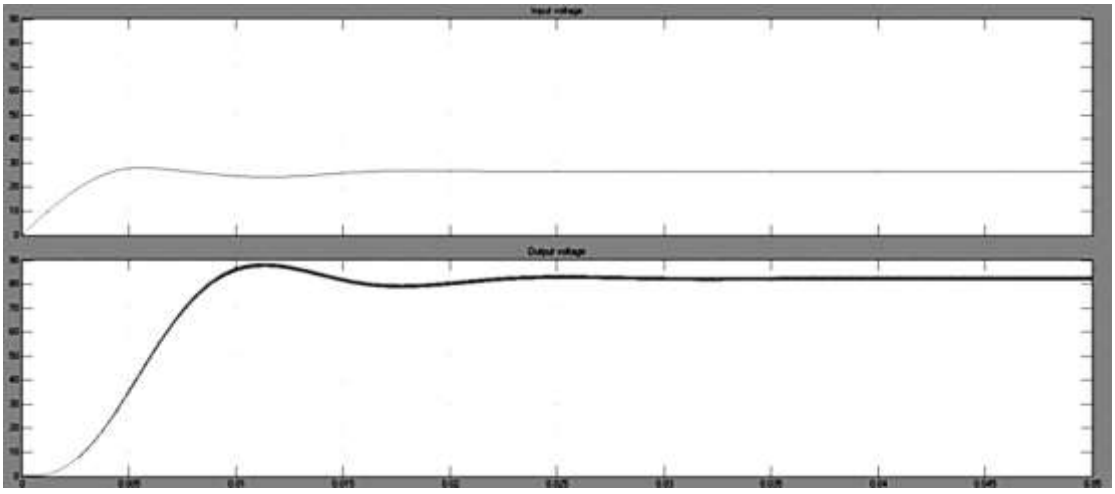
شكل رقم (11) تاثير تغير كمية الاشعاع على (أ) القدرة-الفولتية، (ب) الفولتية- التيار

اما الجزء الثاني من النتائج فهو ملاحظة تاثير استخدام تقنية MPPT على الفولتية الخارجة من محول DC-DC. الشكل (12) يوضح المحول بدون استخدام تلك التقنية حيث نلاحظ عدم استقرار الفولتية الخارجة حيث تحتوي على قليل من الارتجاف فيها.



الشكل (12): الفولتية الداخلة والخارجة الى المحول بدون تقنية MPPT

النتائج في الشكل (13) تبين تاثير استخدام تقنية MPPT على المحول حيث تم استخدام خوارزمية P&O. من الواضح ان الفولتية الخارجة افضل مما هو عليه اضافة الى كون قيمة الفولتية عند المستوى المطلوب بحدود 80 فولت.



6- الاستنتاجات:

من نتائج المحاكاة اعلاه، نلاحظ ان الزيادة في درجة الحرارة تؤدي الى تناقص واضح في الفولتية يقابله تناقص قليل في التيار ممايؤدي الى تناقص كبير في القدرة الخارجة. بالمقابل فان الزيادة في الاشعاع تؤدي الى زيادة في التيار ممايؤدي الى زيادة واضحة بالقدرة الخارجة. كما ان استخدام تقنية MPPT مع المحول DC-DC يؤدي الى استقرار واضح في الفولتية الخارجة وعند مستوى المطلوب.

المصادر:

1] "http://pubs.acs.org/appl/literatum/publisher/achs/journals/contentesthag/2011/esthag.2011.45.issue20/es200635x/production/images/large/es-2011-00635x_0007.jpeg,"

2] Ahmed M. Atallah, Almoataz Y. Abdelaziz, and Raihan S. Jumaah, "Implementation Of Perturb and Observe Mppt of PV System with Direct Control Method Using Buck and Buckboost Converters", Emerging Trends in Electrical, Electronics & Instrumentation Engineering: An International Journal (EEIEJ), Vol. 1, No. 1, February 2014.

3] M.Azab, "A New Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems," WASET, vol. 34, pp. 571- 574, 2008.

4] M.Buresh: "Photovoltaic Energy Systems Design and Installation", McGraw-Hill, New York, 1983.

5] A. Safari and S. mekhilef, "Incremental Conductance MPPT Method for PV Systems," *IEE CCECE*, pp. 345-347, 2011.