مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (8) العدد(2) 2024
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (2) 2024

محاكاة ومقارنة الكفاءة بين خوارزمية P&O وخوارزمية INC لتتبع نقطة الاستطاعة العظمى للأنظمة الكهروضوئية

أ.د.م. علي بديع خضور *

م. عيسى أحمد الظماطي **

(تاريخ الإيداع 2023/10/3 . قُبِل للنشر في 2024/2/14)

□ ملخّص□

يهدف هذا العمل الى اجراء مقارنة بين أكثرِ الخوارزميات شهرةً لتتبع نقطة الاستطاعة العظمى للمنظومة الكهروضوئية، وهما خوارزمية الملاحظة والاضطراب(P&O) وخوارزمية التوصيل المتزايد (INC). في هذه الورقة تم توضيح مبدأ عمل كل من الخوارزميتين والنظام الكهروضوئي، ومن ثم تم استخدام بيئة النمذجة الحاسوبية بواسطة برنامج MATLAB. أظهرت نتائج المحاكاة أنَ كلا الخوارزميتين تمكنت وبكفاءة عالية من تتبع نقطة MPP للمنظومة الكهروضوئية عند ثبات الظروف البيئية وعند التغير المفاجئ والتدريجي لها. حيث تبين ان كلاهما استغرق زمن قدره 0.15 sec للوصول إلى نقطة MPP عند ثبات الظروف البيئية، بينما عند التغيير المفاجئ في الإشعاع استغرقت خوارزمية INC زمن قدره 0.52 sec وبكفاءة 98.57% متفوقة على نظيرتها P&O والتي استغرقت 0.527 sec وحققت كفاءة خرج 98.4%، وذلك عندما تغير الإشعاع الشمسي من 1000 w/m^2 الى 700 w/m^2. على الجانب الأخر أظهرت كلا الخوارزميتين أداء متكافئ خلال التغيير التدريجي في الإشعاع الشمسي عند تغيره من 1000 w/m^2 الى400 w/m^2 حيث سجلت كلاهما زمن استقرار 1.1sec عند كفاءة 94.15%.

الكلمات المفتاحية: نقطة الاستطاعة العظمى، المنظومة الكهروضوئية، خوارزمية الملاحظة والاضطراب P&O، خوارزمية التوصيل المتزايد INC، المبدلة الرفعة للجهد boost DC/DC.

* أستاذ في جامعة طرطوس – كلية الهندسة التقنية – قسم الطاقات المتجددة.

** طالب ماجستير جامعة طرطوس – كلية الهندسة التقنية – قسم الطاقات المتجددة.

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (8) No. (2) 2024

Simulation and Efficiency comparison between P&O and INC MPPT for PV systems

Prof.Eng. Ali Badie Khadour *
Eng.Eissa Ahmad Alzmati **

(Received 3/10/2023 . Accepted 14/2/2024)

□ ABSTRACT □

This work aims to make a comparison between the most popular algorithms for maximum power point tracking and they are, Perturbation and Observation P&O and Incremental Conductance INC. In this paper the working principle of both algorithms and photovoltaic systems is illustrated. And then the MATLAB environmental is used to simulate the PV system and its control unit. The results showed, that both algorithms could and with high efficiency from tracking the maximum power point for PV system when constant, sudden and rapidly of the atmospheric conditions. We were found, that both algorithms took a time 0.15 sec to reach the MPP when the atmosphere conditions remained constant, while when there was a sudden change in radiation the INC algorithms took a time 0.52 sec with an efficiency 98.57% superior to its counterpart P&O which took 0.527 sec and achieved an output efficiency 98.4%, and this happened when the irradiance changed from 1000 w/m^2 into 700 w/m^2. On the other hand, both algorithms showed equivalent performance during the gradually change in solar radiation, when it changed from 1000 w/m^2 into 700 w/m^2 and both of them recorded a time 1.1sec with an efficiency 94.15%.

Key Words: maximum power point tracking MPPT, photovoltaic systems, Perturb and Observe P&O, Incremental Conductance INC, Boost converter.

**Professor in Technical Engineering Faculty, Renewable Energies Department.
*Master student in Technical Engineering Faculty, Renewable Energies Department.

١. المقدمة Introduction

منذ بداية الثورة الصناعية والتطور التكنلوجي الهائل وحتى الآن مازال الطريق الوحيد لتشغيل الابتكارات الجديدة والتعايش مع الحياة الحديثة بمختلف أشكالها هو الحصول على الطاقة بمختلف صورها، من هنا ازدادت الحاجة للوقود الأحفوري، ولكن ازدياد الوعي البشري حول مخاطر استخدام هذه الأنواع من الوقود الملوثة للبيئة، ومحدودية استعمالها، وانخفاض كميتها كان لابد من البحث عن مصادر نظيفة ومتجددة.

تعتبر الطاقة الكهروضوئية من أكثر الطاقات حداثة ولها مستقبل مشرق كونها نظيفة وصديقة للبيئة. هناك عدة طرق لاستخدام هذه الطاقة في إنتاج الكهرباء، ولكن أهم طريقة والتي تهمنا في هذا البحث هي الطريقة القائمة على مبدأ الخلايا الكهروضوئية، فهي تتميز بأنها غير ملوثة ومرنة وموثوقة. تحول التكنولوجيا الكهروضوئية جزءً من الطاقة الشمسية إلى كهرباء. يحدث هذا التحول بدون ضوضاء، وبدون انبعاث غازي، وبشكل مباشر.

ولكن بطبيعة العمل للخلايا الكهروضوئية فهي تعاني من انخفاض كفاءتها والتي تبلغ حوالي21% [8]، بالإضافة إلى أن مميزات عمل الخلية غير خطية وهذا يشكل بدوره عقبة أخرى في كيفية الحصول على الاستطاعة الأعظمية من الالواح على الرغم من تغيرات الظروف الجوية والأحمال ومن هنا نشأت الحاجة لوجود جهاز يشكل واجهة الربط بين الالواح والحمل والذي يمكن الالواح من العمل عند نقطة الاستطاعة العظمى.

توجد العديد من التقنيات المستخدمة لتبع MPP، وتعتبر خوارزمية الملاحظة والاضطراب وخوارزمية التوصيل المتزايد من أكثر التقنيات شهرة وأبسطها. في [1] تمت دراسة مقارنة بين كلا الخوارزميتين باستخدام بيئة MATLAB، استنتج الباحث من خلال هذه الدراسة، بأن كلا الخوارزميتان متكافئتان في العمل مع وجود ميزة طفيفة لتقنية INC عند أشعة الشمس القوية. في [2] تمت دراسة مقارنة للتقنيتين P&O وINC عند ظروف إشعاع ثابتة ومتغيرة والتي بينت وجود أداء متكافئ بين الخوارزميتان عند ظروف شمسية ثابتة وتفوق في أداء INC عند ظروف الاشعاع الشمسي المتغير، وذلك من خلال سرعة الوصول إلى نقطة MPP، بينما في الدراسة [3] بينت تفوق أداء INC على تقنية P&O في ظروف الاشعاع الشمسي الثابتة والمتغيرة كما أنها تظهر تذبذبات اقل عند الوصل لنقطة MPP. في [4] تم إجراء مراجعة لتقنية P&O والتي أظهرت مميزات هذه التقنية من حيث سهولة التنفيذ وانخفاض التكاليف وارتفاع أداء الملاحقة، وفي المقابل تعاني هذه التقنية من انخفاض الدقة خلال التظليل الجزئي وكذلك مشكلة حجم الخطوة. في [5] تمت المقارنة بين أربع تقنيات لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى من حيث الأداء والسرعة والكلفة والكفاءة. والتي أظهرت تفوق تقنيتي INC وP&O من حيث الكفاءة والسرعة في حين تتطلب هذه التقنيات وجود متحكم Microcontroller للتنفيذ بالمقارنة مع التقنيات الثلاثة الأخرى وهي CV (Constant Voltage)، OCV (Open Circuit Voltage)، SCC (Short Circuit Current) ، والتي تتطلب معدات منخفضة الكفاءة أثناء التنفيذ.

يهدف هذا العمل إلى إجراء مقارنة بين كلا التقنيتين وتوضيح أهم الفروقات بينهما وتحديد التقنية الأكثر كفاءة والاسرع. ولتحقيق هذا العمل تم استخدام بيئة النمذجة والمحاكاة بواسطة برنامج MATLAB.

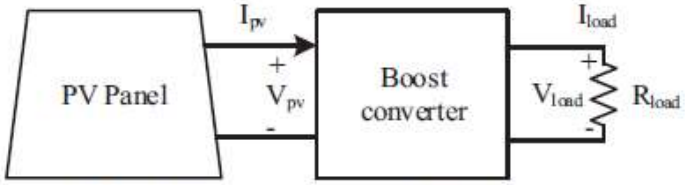
٢. هدف البحث Purpose Of Research

الهدف الرئيسي لهذا البحث هو المقارنة بين أكثر خوارزميات تتبع نقطة الاستطاعة العظمى استخداماً وهما خوارزمية الملاحظة والاضطراب P&O MPPT وخوارزمية التوصيل المتزايد INC MPPT كما يعمل البحث على توضيح مبدأ عمل نظام التحكم، ومن ثم بناء نموذج يحاكي عمل النظام باستخدام برنامج MATLAB.

٣. مواد وطرق البحث Research Materials And Methods

٣,١ مبدلة الرفع Boost Converter

مبدلة الرفع تستخدم عند الحاجة لجهد خرج أعلى من جهد الدخل، التحليل التجريبي لمبدلة الرفع تمت دراسته في [2].



الشكل (1) مبدلة الرفع كواجهة ربط بين الالواح والحمل

مبدلة الرفع يمكن وصفها رياضياً من الشكل (1)، بالعلاقة (1)

$$\frac{V_{load}}{V_{pv}} = \frac{1}{1-D} \quad (1)$$

$$\frac{I_{load}}{I_{pv}} = 1 - D \quad (2)$$

$$V_{load} = I_{load} \times R_{load} \quad (3)$$

$$R_{eff} = (1-D)^2 \times R_{load} \quad (4)$$

حيث D هي نسبة التشغيل لمبدلة الرفع

R_{eff}: المقاومة الفعالة الكلية من جهة اللوح الكهروضوئي.

علاقة نسبة التشغيل بجهد اللوح الكهروضوئي يمكن اعطاءها وفق المعادلة (5) كما ورد في [2].

$$V_{PV} = I_{pv} \times (1-D)^2 \times R_{load} \quad (6)$$

تظهر المعادلة بتخفيض نسبة التشغيل سيزداد جهد اللوح والعكس صحيح.

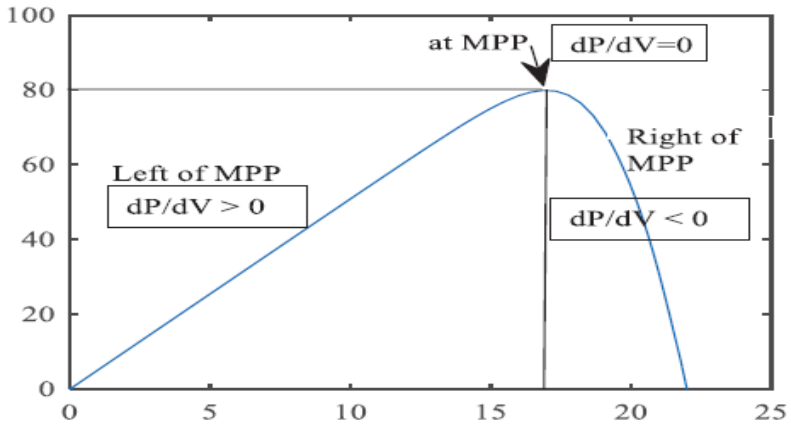
٣,٢ خوارزمية الملاحظة والاضطراب P&OMPPT

تعتبر من أكثر التقنيات شهرةً لسهولة وبساطة تنفيذها. تمتلك خصائص تجميع جيدة ومعدات قليلة للتنفيذ. منحني خصائص اللوح الشمسي معطى في الشكل (2). هذه التقنية تلاحق نقطة الاستطاعة العظمى عن طريق الملاحظة المستمرة لتغير الاستطاعة مع تغير الجهد dp/dv.

$$\frac{dP}{dV} = 0, at\ MPP \quad (7)$$

$$\frac{dP}{dV} > 0, left\ of\ MPP \quad (8)$$

$$\frac{dP}{dV} < 0, Right\ of\ MPP \quad (9)$$



الشكل (2) مميزات P–V للوح الكهروضوئي.

٣,٣. خوارزمية التوصيل المتزايد INC MPPT

يمكن التغلب على فشل خوارزميات P&O في ظل التغير السريع للظروف البيئية من خلال طريقة التوصيل المتزايد، وهي تعمل على حقيقة أن ميل منحنى P–V لمصفوفة PV يشير موجب، سالب وصفر إلى أن موضع نقطة التشغيل تقع إما على يسار MPP، على يمين MPP وعند MPP على التوالي. إنها تستخدم حجم الاضطراب المستمر لزيادة وتقليل الجهد الكهروضوئي.

يمكن تطوير علاقة التوصيل اللحظي والمتزايد على النحو التالي

$$P = I.V \qquad (10)$$

$$\frac{dp}{dV} = V.\frac{dI}{dV} + I \approx V.\frac{DI}{DV} + I \qquad (11)$$

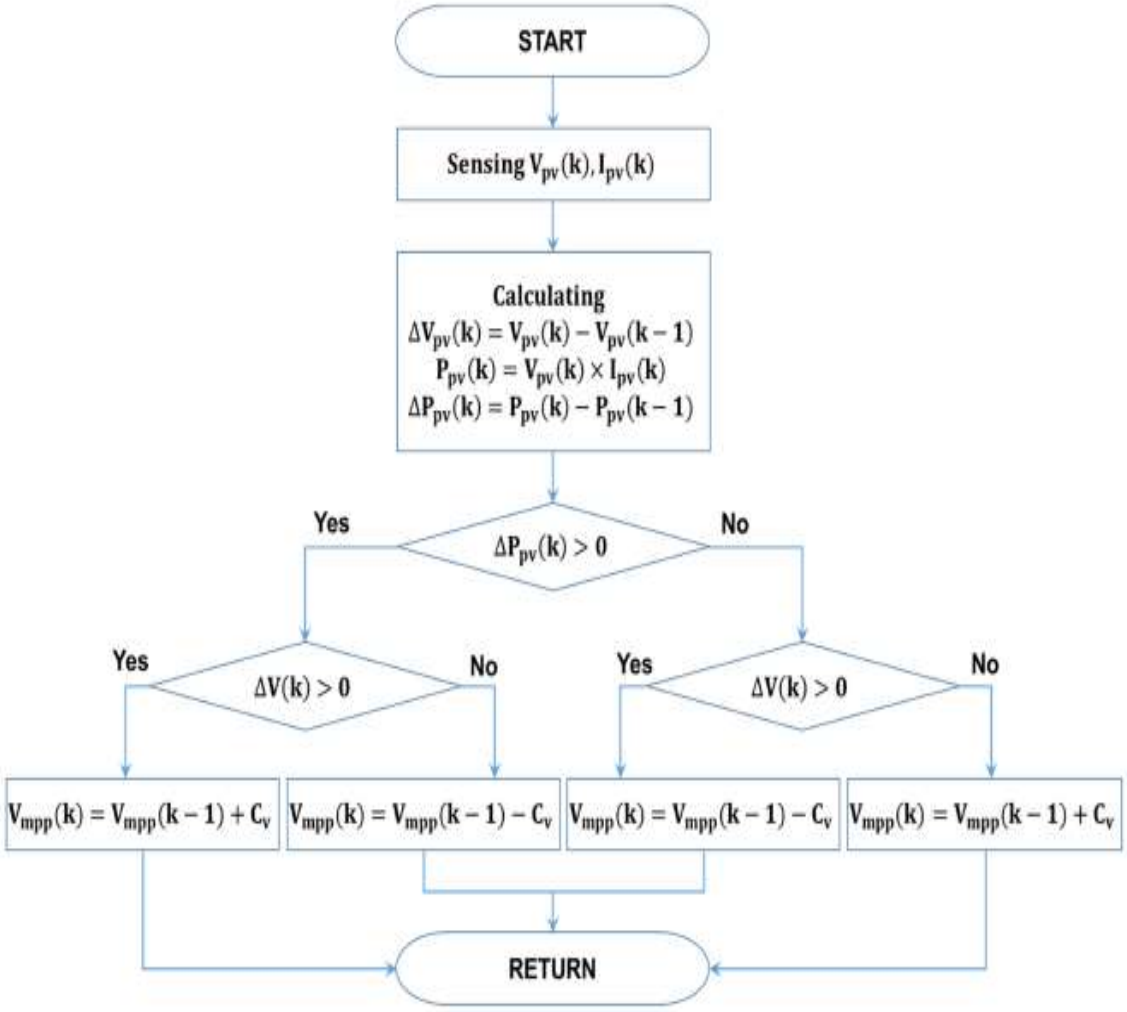
$$\frac{DI}{DV} = -\frac{I}{V}, at\ MPP \qquad (12)$$

$$\frac{DI}{DV} > -\frac{I}{V}, Left\ of\ MPP \qquad (13)$$

$$\frac{DI}{DV} < -\frac{I}{V}, Right\ of\ MPP \qquad (14)$$

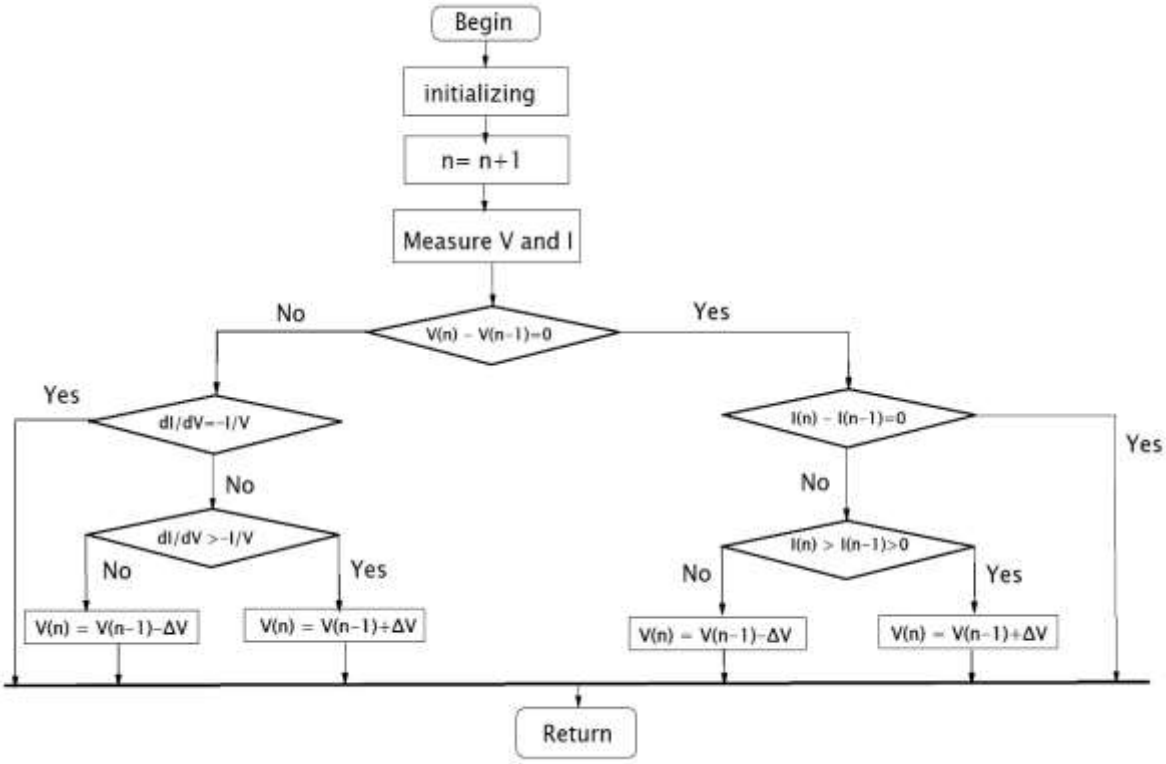
حيث

ΔI/ΔV: الموصلية المتزايدة. I/V: الموصلية اللحظية.



الشكل (3) المخطط التدفقي لخوارزمية الملاحظة والاضطراب P&O [3].

ئ



الشكل (4) مخطط التدفق لخوارزمية التوصيل المتزايد INC [2].

٤. تصميم نظام التحكم

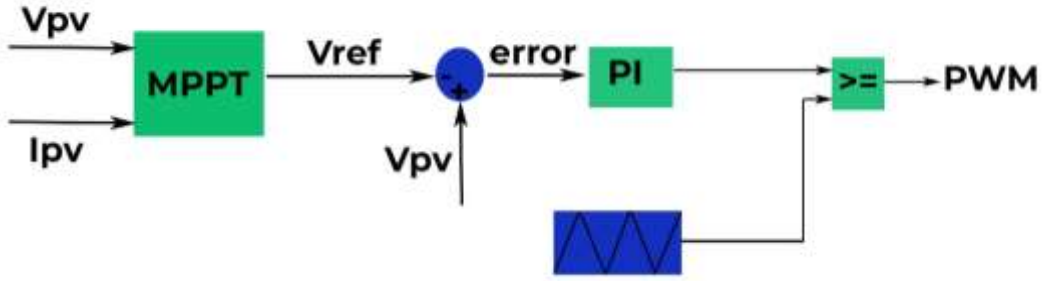
يتكون نظام التحكم من جزأين، نظام التتبع والذي يشمل خوارزمية الملاحقة، ومتحكم PI للتقليل من الأخطاء وتسريع ملاحقة النقطة المرجعية للجهد والتي ينتجها نظام التتبع ومن ثم إنتاج نبضات التحكم الملاءمة لعمل المبدلة. يوضح الشكل (5)مكونات النظام. تم تحديد ثوابت التحكم بطريقة Zieglar-Nichols (K_p=0.001,K_I=0.01)

يعمل نظام التحكم بألية التغذية الراجعة للجهد، حيث يتم قياس الجهد الحالي V_{pv} للمصفوفة ومن ثم مقارنته مع الجهد المرجعي V_{ref}، وإشارة الخطأ يتم تقديمها للمتحكم PI، والذي يعطي على خرجه إشارة تحكم يتم من خلالها ضبط نسبة التشغيل Duty Cycle لمبدلة الرفع بما يلائم إشارة الخطأ ليتم رفع هذه النسبة او تخفيضها بالشكل المطلوب لتوجيه إشارة الخطأ إلى الصفر، وهذا النظام يضمن عمل المنظومة عند نقطة جهد MPP والتي تنتجها الخوارزمية، ويقلل من أخطاء الحالة المستقرة، ويسرع من عمل نظام الملاحقة.

$$C = \left(v_{pv} - v_{ref}\right).K_p + K_I.\int\left(v_{pv} - v_{ref}\right).dt \qquad (15)$$

حيث C: إشارة خرج المتحكم، K_p: الثابت التناسبي، K_I: الثابت التكاملي.

كما يمكن تشكيل نظام التحكم عن طريق عكس قطبية إشارة الخطأ، وذلك بجعل V_{ref} موجبة و V_{pv} سالبة وهذا يتطلب عكس الإجراء المنطقي في عملية المقارنة وجعله **(>=)**.



الشكل (5) أجزاء ومكونات نظام الملاحقة والتحكم

٥. النمذجة والمحاكاة Simulation & Modeling

تمت محاكاة مصفوفة كهروضوئية مكونة من 5 ألواح مربوطة على التسلسل و20 فرع (سلسلة)، مواصفات اللوح المستخدم موضحة في الجدول (1).

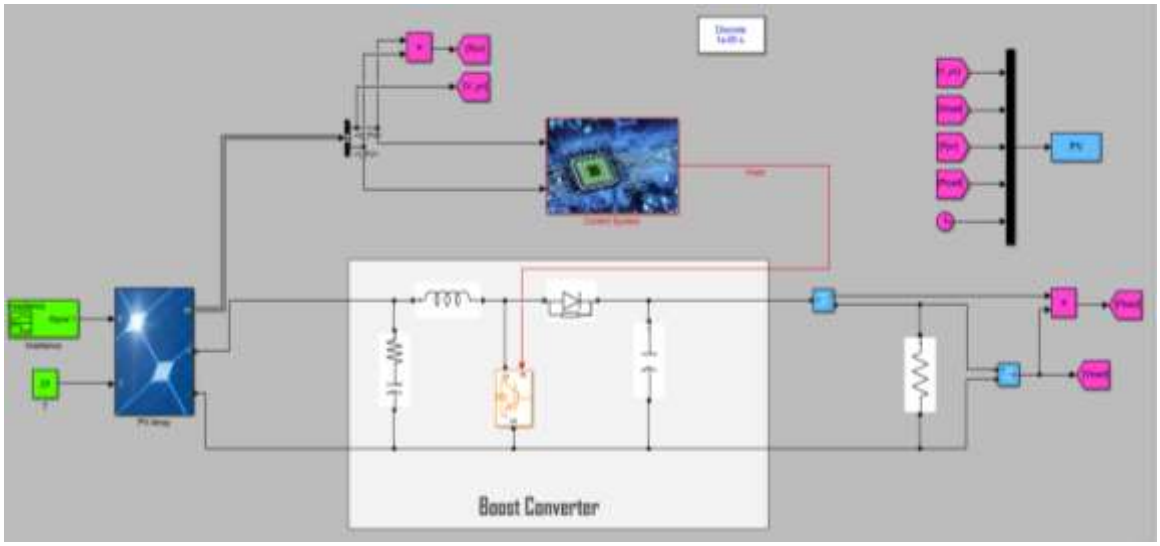
يوضح الشكل (6) نموذج المحاكاة والذي يتكون من مصفوفة PV، نظام التحكم، مبدلة الرفع. مصفوفة PV تحتاج الى قيم درجة الحرارة والاشعاع الشمسي على الدخل، على خرجها تعطي قيم الجهد والتيار وكذلك أقطاب التوصيل مع المبدلة.

الشكل (7) يوضح مكونات نظام MPPT حيث يحتوي هذا الجزء على صندوق MATLAB Function والذي يتم فيه كتابة الكود الخاص بكل خوارزمية، ومن خلاله يتم الحصول على الجهد المرجعي اللازم لعمل نظام التحكم.

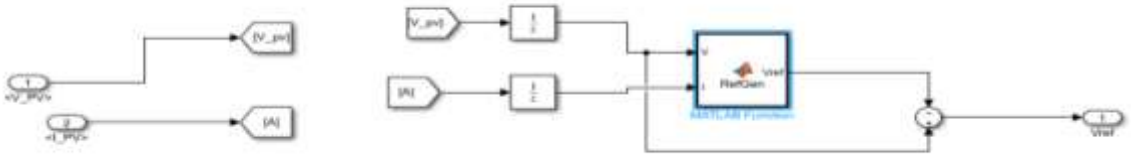
الشكل (8) يوضح مكونات نظام التحكم والتي تم شرحها مسبقاً.

الجدول (1) مواصفات اللوح الكهروضوئي المستخدم في النمذجة

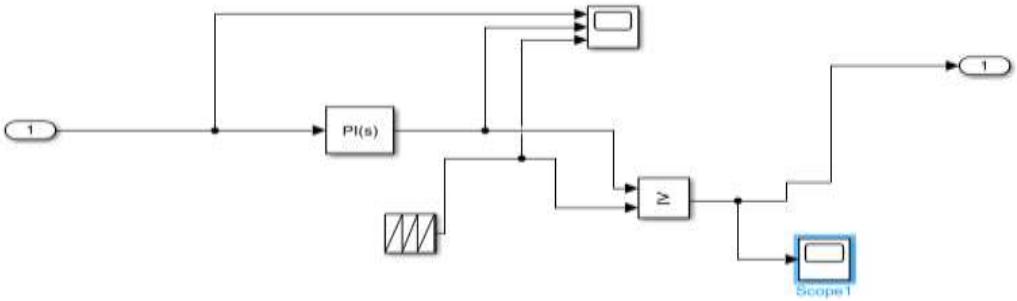
Jinko Solar JKM 250 M-60	Module
37.6 V	V_{oc}
8.7 A	I_{sc}
30.6 V	V_{mpp}
8.17 A	I_{mpp}
250 W	P_{max}
-0.33016 v/c	Temperature coefficient of Voc (%/deg.C)
0.048161 A/c	Temperature coefficient of Isc (%/deg.C)
60 cells	Cells per module (Ncell)



الشكل (6) نموذج المحاكاة باستخدام برنامج MATLAB

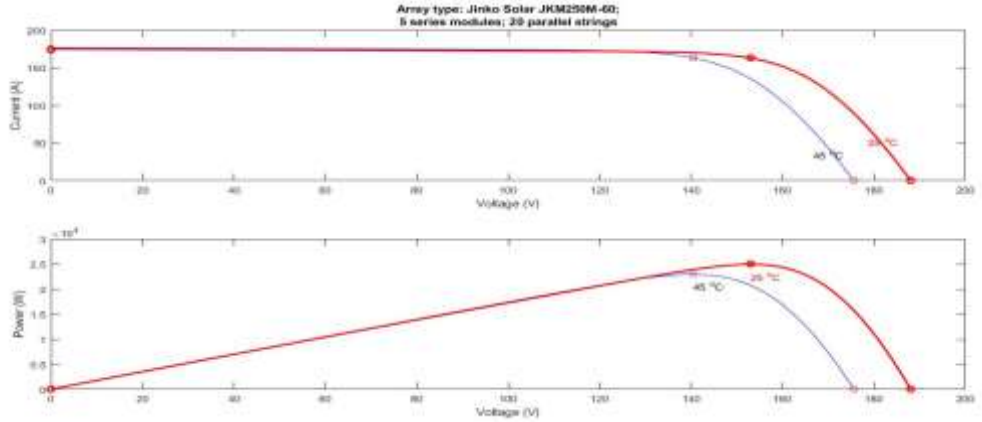


الشكل (7) مكونات نظام MPPT



الشكل (8) مكونات نظام التحكم بالمبدلة

يوضح الشكل (9) منحني مميزات مجموعة PV عند $25\ c^o$, $1000\ w/m^2$



الشكل(9) منحني I–V و P–V لمصفوفة PV

الجدول (2) مواصفات مبدلة الرقع

مواصفات مبدلة الرفع Boost converter characteristics	
(150-200) V	V_{in}
350 V	V_{out}
50 KW	P_{rated}
50 KH	F
2.5 H	L
475 µf	C

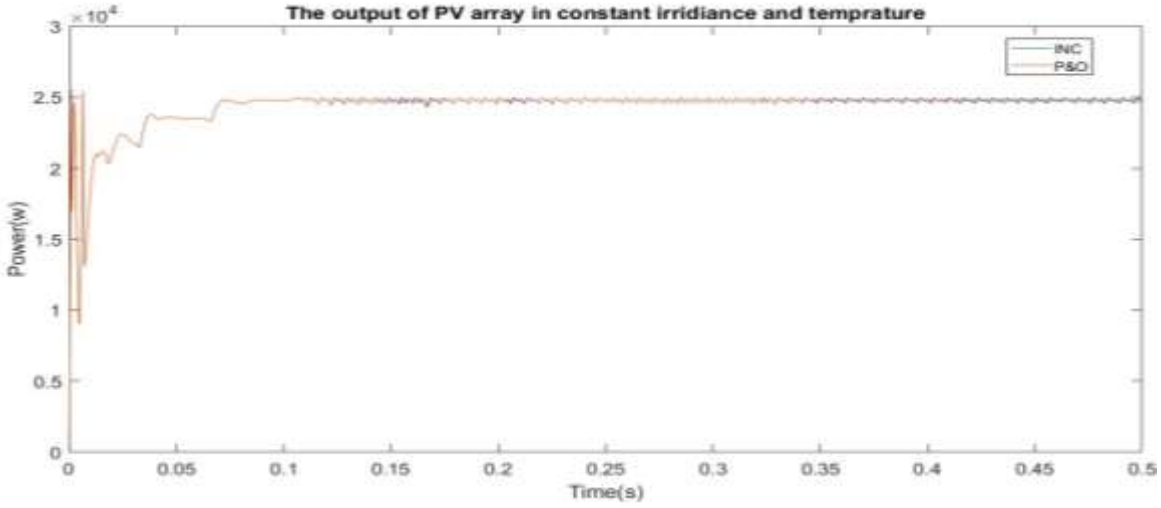
تم الحصول على الجدول (2) من خلال تطبيق المعادلات الواردة في المرجع [7] والخاصة بمبدلة الرفع، بعد تحديد الاستطاعة العظمى للمبدلة وتردد العمل ومن ثم حساب قيم الخرج وسعة المكثف وذاتية الوشيعة.

٦. النتائج ومناقشتها the results and discussion

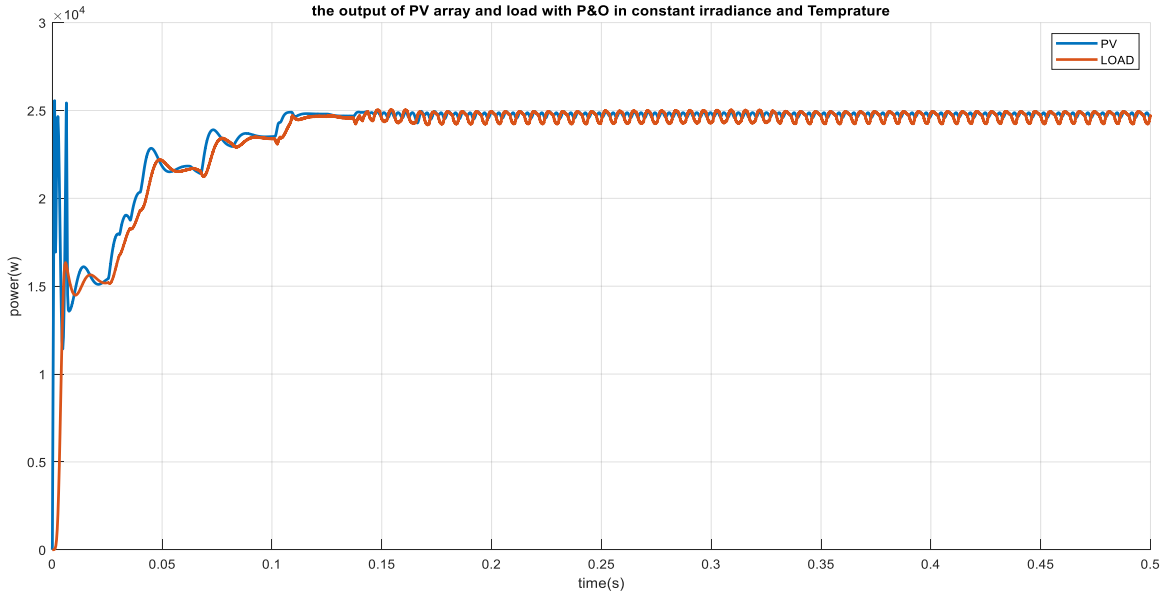
بعد الانتهاء من تصميم النظام المذكور سابقاً ومحاكاته، تمت دراسة استجابة نظام التتبع الخاص بكلا الخوارزميتين عند ظروف إشعاع شمسي ثابتة ومتغيرة لحظياً ومتغيرة بشكل تدريجي، وذلك عند حمل تجريبي ثابت أومي قيمته 2Ω

٦,١. المحاكاة عند ظروف بيئية ثابتة 25 c°4 , 1000 w/m²

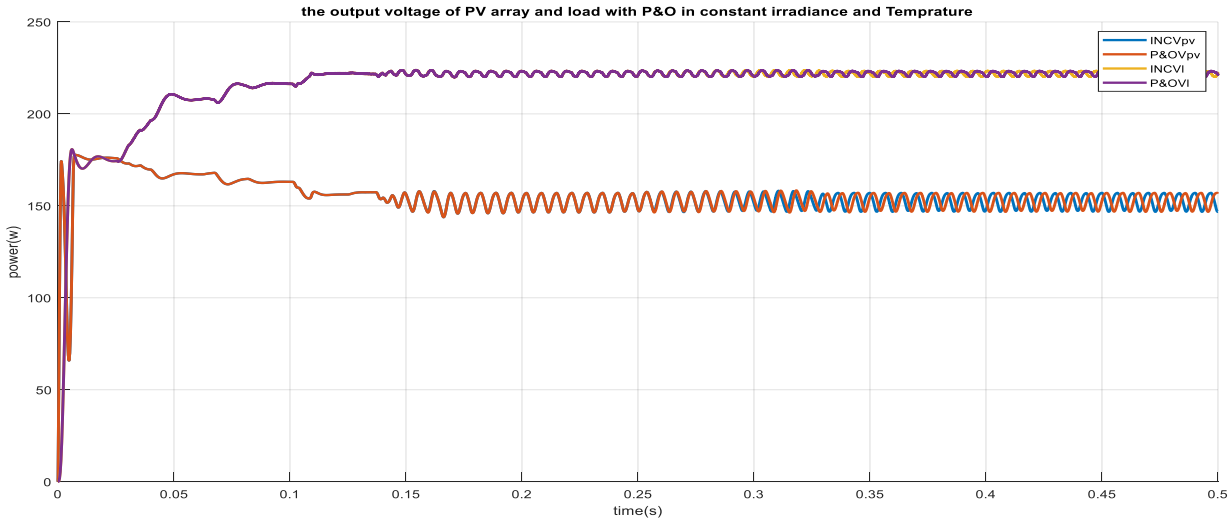
تظهر نتائج المحاكاة في الاشكال (10 و11 و12) والجدول (3) أن كل من التقنيتين تعطي أداء متكافئ تماماً في عملية تتبع MPP، حيث لا توجد أي فروقات في الحالة العابرة، وفي الحالة المستقرة تتأرجح الاستطاعة بالقرب من الاستطاعة الأعظمية وذلك عند قيمة وسطية بلغت 24.8KW واستغرقت كلا التقنيتين زمن قدره 0.15 sec للوصول الى حالة الاستقرار. كما يوضح الشكل (11) الفرق في استطاعة خرج نظام PV وخرج المبدلة حيث ان ضياعات الاستطاعة قليلة جداً وبالتالي كفاءة عالية للمبدلة.



الشكل (10) استطاعة خرج مجموعة PV عند ظروف بيئية ثابتة وباستخدام تقنيتي التتبع P&O وINC



الشكل (11) الفرق بين استطاعة خرج المبدلة واستطاعة منظومة PV عند ظروف بيئية ثابتة وباستخدام تقنية P&O.



الشكل (12) الفرق بين جهد الحمل وجهد منظومة PV عند ظروف بيئية ثابتة وبالنسبة لكل من تقنيتي التتبع.

يوضح الشكل (12) الفرق بين جهد دخل المبدلة (جهد PV) والجهد على خرجها حيث تعمل المبدلة على رفع الجهد بالشكل المطلوب، مع المحافظة على نقطة العمل بالقرب من MPP.

من المعروف ان المردود(الكفاءة) هي النسبة بين الاستطاعة التي تم الحصول عليها على خرج النظام واستطاعة الدخل الأعظمية.

$$\eta = \frac{P_{out,load}}{P_{pv,max}} \times 100\% \qquad (16)$$

η : الكفاءة او المردود.

من خلال تطبيق العلاقة (15) يمكن الحصول على كفاءة الخوارزمية على خرج اللوح P_{pv} وكذلك كفاءة المبدلة على خرج الحمل P_{load} وذلك من خلال مقارنتها مع $P_{pv,max}$ والتي تمثل الاستطاعة الاعظمية الممكنة على

خرج اللوح والتي تتم ملاحقتها. يظهر الجدول(3) كفاءة الخوارزمية والمبدلة عند ظروف اشعاع شمسي ثابت، بينما الجدول (4) يظهر المقارنة بين كفاءة الخوارزميتان عند اشعاع شمسي متغير بشكل فجائي.

الجدول (3) جدول خرج المنظومة عند ظروف بيئية ثابتة وبواسطة كلا الخوارزميتين

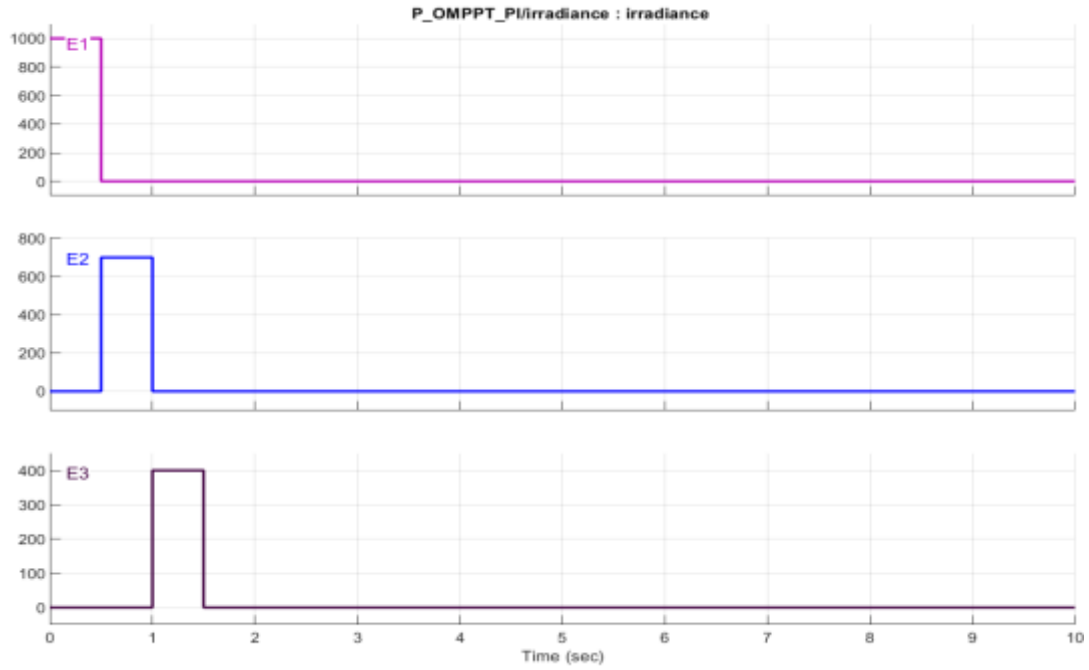
	P&O	INC	Settling Time	Efficiency%
Ppv	2.48e4	2.48e4	0.15sec	99.2%
Pload	2.465e4	2.464e4	0.15 sec	98.6%
Vpv	157.1	157.1	.....	.....
Vload	222.8	222.8	.....	.....

٦,٢. المحاكاة عند ظروف بيئية متغيرة لحظياً وبشكل مفاجئ

في هذه المرحلة تم تطبيق شدة اشعاع شمسي متغيرة وبشكل لحظي وفق ثلاث مراحل ومن ثم قراءة رد فعل كل من الخوارزميتين على هذا التغير المفاجئ.

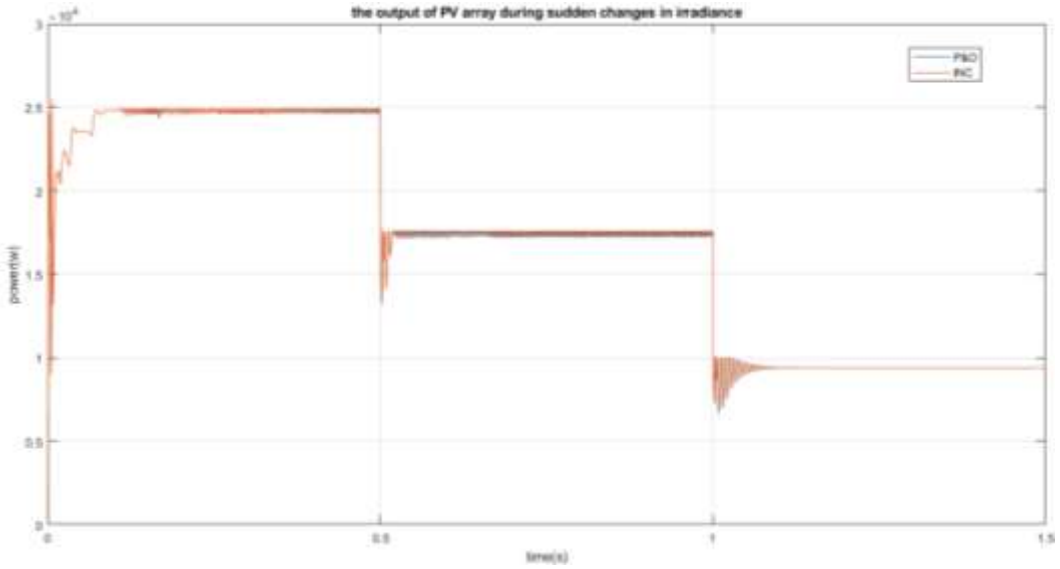
الشكل (13) يوضح شدة الاشعاع الشمسي التي تم تطبيقها وزمن استمرارها بحيث يتخطى الزمن الحالة العابرة ويشمل الحالة المستقرة.

- 1000 w/m^2 تستمر لمدة 0.5 sec وتكون استطاعة المصفوفة عندها P_{pv}= 25 KW
- 700 w/m^2 تستمر لمدة 1 sec وتكون استطاعة المصفوفة عندها P_{pv}= 17.5 KW
- 400 w/m^2 تستمر لمدة 1.5 sec وتكون استطاعة المصفوفة عندها P_{pv}= 10 KW

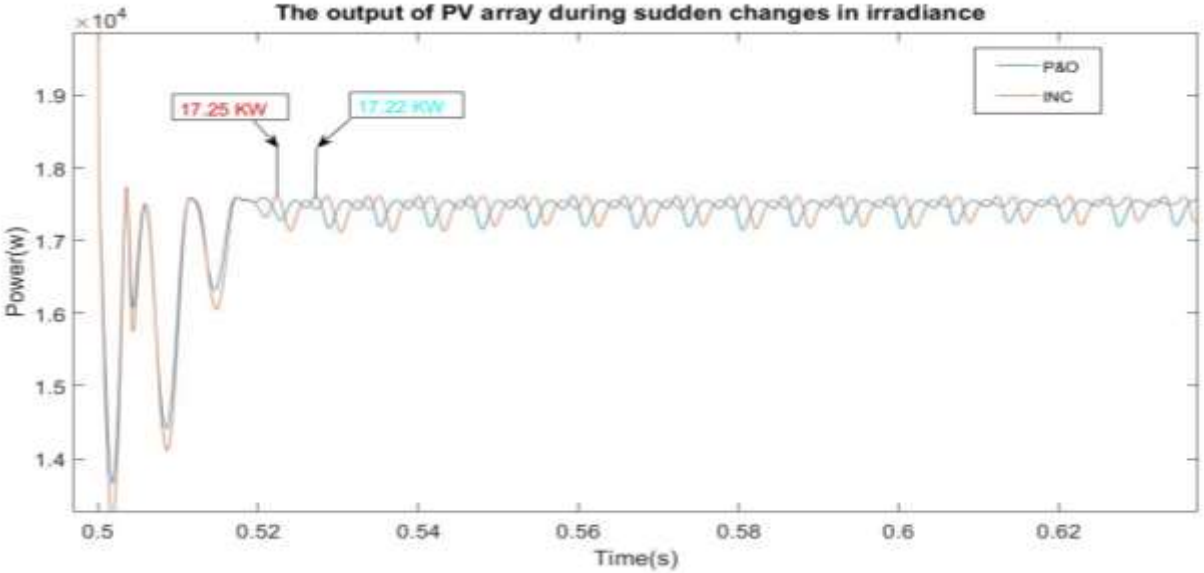


الشكل (13) مستويات شدة الاشعاع الشمسي المطبقة على منظومة PV.

نلاحظ من الجدول (4) والشكلان (14) و(15) أن الخوارزميتين تعملان بكفاءة للتتبع نقطة الاستطاعة العظمى الجديدة مع تفوق لخوارزمية INC على P&O من حيث زمن الوصول إلى نقطة MPP وكفاءة الخرج.



الشكل (14) خرج منظومة PV عند اختلاف شدة الاشعاع الشمسي.



الشكل (15) قيم الاستطاعة عند الاستقرار وذلك بعد تغيير شدة الاشعاع الشمسي من $1000\ w/m^2$ الى $700\ w/m^2$

الجدول (4) خرج المنظومة عند التغير التدريجي للإشعاع الشمسي

irradiance	$P_{pv\ MAX}$	P&O	ts-P&O	INC	ts-INC
1000 w/m^2	25 KW	24.59 KW	0.15sec	24.61 KW	0.15sec
700 w/m^2	17.5 KW	17.22 KW	0.5272sec	17.25 KW	0.52sec
400 w/m^2	10 KW	9399 w	1.089 sec	9400 w	1.08 sec

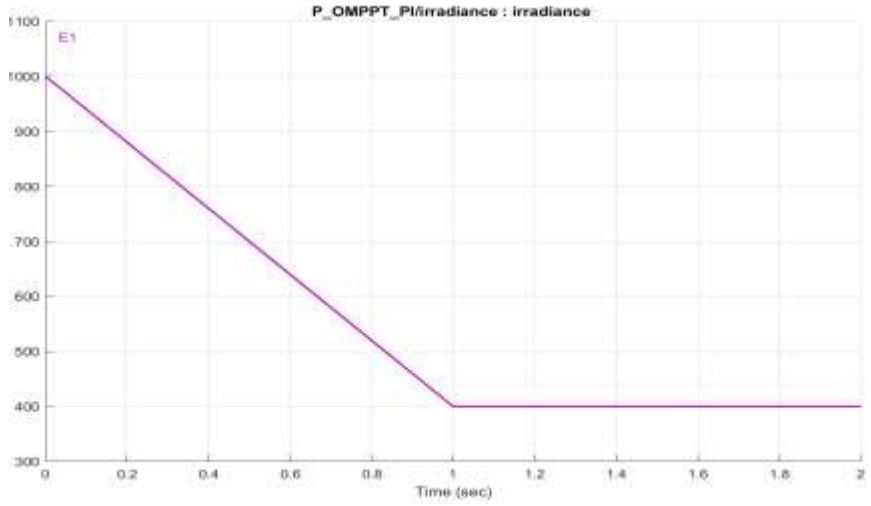
من الجدول (4) يمكن مقارنة الكفاءة بين الخوارزميتان عندما يتغير الاشعاع الشمسي من $1000\ w/m^2$ الى $700\ w/m^2$

$$\eta_{p\&O} = \frac{17.22}{17.5} \times 100\% = 98.4\% \qquad (17)$$

$$\eta_{INC} = \frac{17.25}{17.5} \times 100\% = 98.57\% \qquad (18)$$

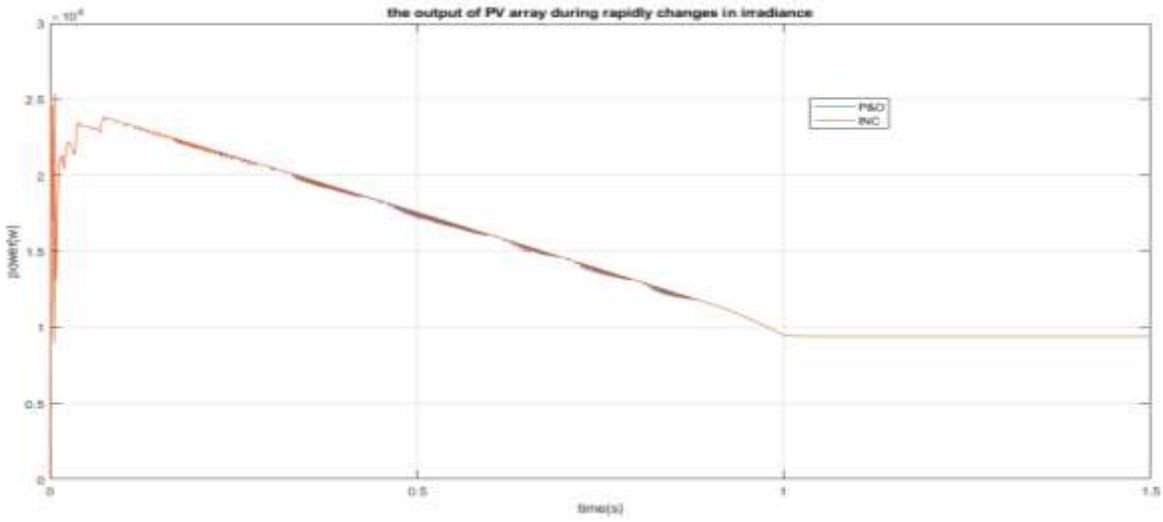
٦,٣. المحاكاة عند التغيير التدريجي للإشعاع الشمسي

في هذه الحالة تمت محاكاة النظام باستخدام الخوارزميتين عند تغير تدريجي في الاشعاع من 1000 w/m^2 وحتى 400 وهذا شبيه نوعاً ما في الظروف الناتجة عن حجب الغيوم للأشعة الشمسية يستمر التغير لمدة 1sec ومن ثم يبقى ثابتاً. الشكل (16) يوضح تغير الاشعاع المطبق على المصفوفة.



الشكل (16) منحني الاشعاع الشمسي المطبق على مصفوفة PV

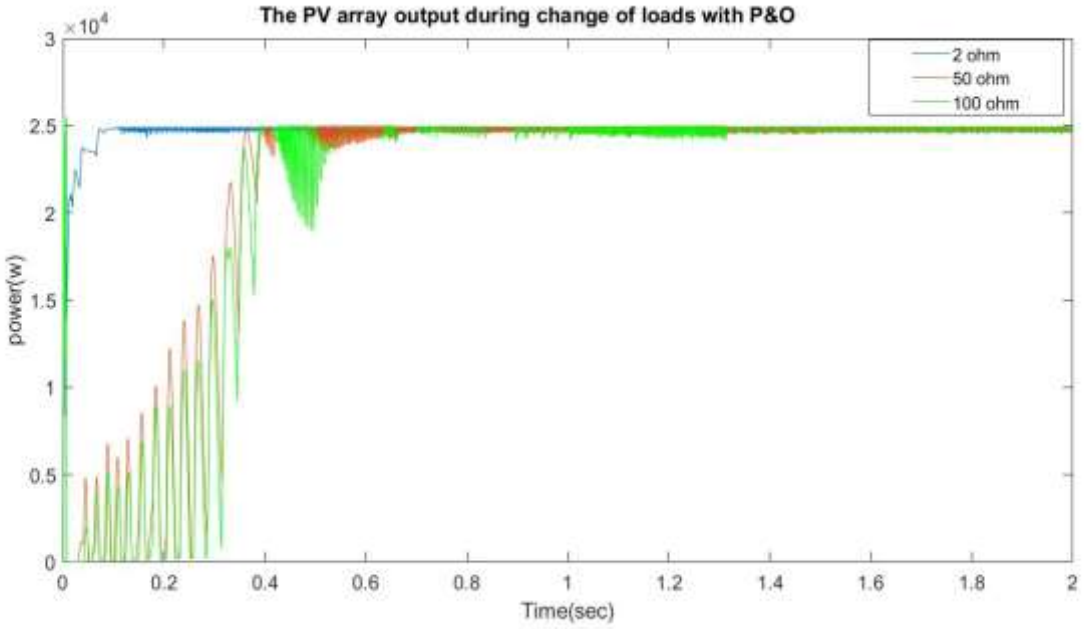
نلاحظ من خرج المحاكاة الموضح في الشكل (17) أن كلا الخوارزميتين تمكنت وبمرونة من تتبع نقطة الاستطاعة العظمى الجديدة وتغيرها اللحظي، حيث سجلت زمن استقرار 1.1 sec عند استطاعة مقدارها 9415 watt محققة كفاءة بلغت 94.15%.



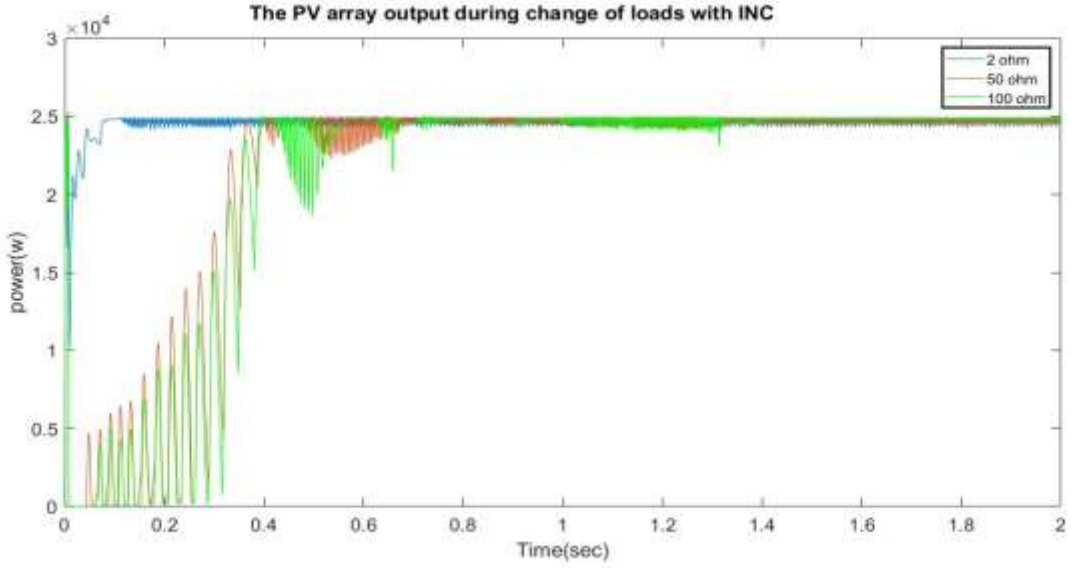
الشكل (17) خرج منظومة PV عند التغير التدريجي للإشعاع الشمسي

٦,٤. المحاكاة عند قيم متغيرة للحمل

تم أدراج حالة القيم المتغيرة للحمل، للتأكيد على قدرة الخوارزميتان ونظام التحكم من العمل بالشكل الصحيح والمطلوب عند تغير الأحمال. بناءً على ما سبق، تم استخدام ثلاث قيم للحملohm (100, 50,2) ، وتطبيقها على النظام ولكلا الخوارزميتين، وذلك عند شدة إشعاع شمسي $1000\ w/m^2$ ودرجة حرارة $25\ C^o$.



الشكل (18) خرج منظومة PV عند تغيير الأحمال باستخدام INC



الشكل (19) خرج منظومة PV عند تغيير الأحمال باستخدام P&O

تبين لدينا من الشكلين (18و19)، بأن نظام التحكم تمكن وباستخدام كلا الخوارزميتين من تتبع MPP عند قيم أحمال متغيرة واستقر عند ذات القيمة السابقة 24.8 KW، في المقابل استغرق النظام زمن أكبر نسبياً للوصول الى حالة الاستقرار حيث سجل زمن 0.86 sec لحمل 50 ohm و 1.35 sec لحمل 100 ohm.

٧. الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات

- أظهرت نتائج المحاكاة أن المصفوفة PV وتقنيات الملاحقة تقوم بعملها بشكل صحيح وذلك من خلال نظام التحكم الذي تم وضعه.
- تبيين من خلال نتائج المحاكاة ان الخوارزميتان متكافئتان بالعمل عند ظروف الاشعاع الشمسي الثابتة حيث استغرقت كلا الخوارزميتين زمن 0.15sec لبلوغ نقطة MPP، في حين أظهرت خوارزمية INC تفوقها على تقنية P&O عند التغيير المفاجئ في الإشعاع الشمسي حيث سجلت زمن قدره 0.52 sec و كفاءة 98.57% في حين حققت P&O زمن قدره 0.527 sec وكفاءة 98.4% وذلك عند تغير الاشعاع الشمسي من 1000 w/m^2 الى 700 w/m^2 عند الزمن 0.5sec. في حين استغرقت كلاهما زمن 1.1 sec عند التغير التدريجي في الاشعاع الشمسي وبكفاءة بلغت 94.15%.

التوصيات

- اجراء تجارب عملية للتأكيد على نتائج المحاكاة.
- استخدام أنظمة تحكم مختلفة مثل التحكم المنطقي العائم او أنظمة التحكم اللاخطية ودراسة تأثيرها على عمل المنظومة لكلا الخوارزميتان.
- استخدم أنظمة التحكم الذكية في عملية المقارنة.

REFERENCES المراجع

1. Assiya, Lemmassi, Derouich Aziz, and Hanafi Ahmed. "Comparative study of P&O and INC MPPT algorithms for DC-DC converter based PV system on MATLAB/SIMULINK." *2020 IEEE 2nd international conference on electronics, control, optimization and computer science (ICECOCS)*. IEEE, 2020.
2. Singh, Bipin, Bharat Verma, and Prabin Kumar Padhy. "Study of P&O and INC PV MPPT techniques for different environment conditions." *2018 2nd IEEE International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*. IEEE, 2018.
3. Jain, Kriti, Manju Gupta, and Aashish Kumar Bohre. "Implementation and comparative analysis of P&O and INC MPPT method for PV system." *2018 8th IEEE India International Conference on Power Electronics (IICPE)*. IEEE, 2018.
4. Alik, Rozana, Awang Jusoh, and Tole Sutikno. "A review on perturb and observe maximum power point tracking in photovoltaic system." *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)* 13.3 (2015): 745-751.
5. Tofoli, Fernando Lessa, Dênis de Castro Pereira, and Wesley Josias de Paula. "Comparative study of maximum power point tracking techniques for photovoltaic systems." *International Journal of Photoenergy* 2015 (2015).
6. Baba, Ali Omar, Guangyu Liu, and Xiaohui Chen. "Classification and evaluation review of maximum power point tracking methods." *Sustainable Futures* 2 (2020): 100020.
7. Rashid, Muhammad H. "Devices, circuits, and applications." *Power Electronics Handbook; Academic: New York, NY, USA* (2007): 245-259.
8. Đurović, Marko S., and Željko V. Despotović. "The Efficiency of Energy Production From Solar Panels Depending on the Type of Orientation and Mode of Their Installation."