



الجمهورية العربية السورية
جامعة حلب
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
قسم الهندسة الإلكترونية

تطوير نظام إلكتروني رقمي لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى في منابع القدرة غير الخطية

Development Digital Electronic System for Tracking Peak Point of Nonlinear Power Sources

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الإلكترونية

الدكتور المهندس محمد محمد المحمد

المدرس في قسم الهندسة

كلية الهندسة الكهربائية

جامعة حلب

الدكتور المهندس محمد فراس شريف

المدرس في قسم الهندسة الإلكترونية

كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية

الإلكترونية

والإلكترونية

جامعة حلب

إعداد

المهندس فؤاد الحاج عمر

طالب دراسات عليا في قسم الهندسة الإلكترونية

كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية

جامعة حلب



الجمهورية العربية السورية
جامعة حلب
كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية
قسم الهندسة الإلكترونية

تطوير نظام إلكتروني رقمي لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى في منابع القدرة غير الخطية

Development Digital Electronic System For Tracking Peak Point of Nonlinear Power Sources

أطروحة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الإلكترونية

ملخص المشروع

ملخص المشروع

المميزة الكهربائية للمولد الشمسي ذات طبيعة غير خطية و تتميز بنقطة استطاعة عظمى (Maximum power point (MPP) و لكي نستفيد من كامل طاقة المولد الشمسي من الضروري جدا ملاحظة هذه النقطة و ذلك عن طريق نظام الكتروني (MPPT) يجبر المولد الشمسي على العمل باستطاعته العظمى. إن (MPPT) ليس نظام ملاحقة ميكانيكي يحرك الألواح الشمسية فيزيائياً كي يجعلها متجهة مباشرة نحو الشمس ولكنه نظام الكتروني متكامل يغير نقطة العمل الكهربائية للوح الشمسي لذلك فإن اللوح الشمسي يكون قادراً على إعطاء الاستطاعة الكهربائية الأعظمية المتاحة وإن هذا النظام يمكن أن يعمل في ترابط مع نظام ملاحقة ميكانيكي ولكن كلا النظامين يبقيان مختلفين عن بعضهما كلياً. تم تطوير وتطبيق العديد من تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى وهذه التقنيات تختلف من حيث التعقيد والحساسية المطلوبة وسرعة التقاط نقطة الاستطاعة العظمى والتكلفة ومدى التأثير والعناصر المستخدمة وكثرة الاستخدام و نواحي أخرى. في الحقيقة العديد من الطرق قد تم تطويرها لكي تتلاءم مع أي نظام كهروشمسي مقترح, هذا العدد الكبير من طرق ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى يعطي فائدة للباحثين و العاملين في الأنظمة الكهروشمسية, و نحن اعتمدنا على تقنية التشويش و المراقبة (Perturb & Observe) في بناء نظامنا حيث قمنا بتطويرها. تعتبر هذه التقنية من أكثر التقنيات استخداماً لعدة أسباب أهمها بساطتها و يمكن بناء نظام الكتروني رقمي اعتماداً عليها و سرعتها جيدة في ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى. حيث يقوم هذا النظام بإجراء عملية مسح لكامل مميزة اللوح الشمسي غير الخطية و إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى له (MPP) ثم يقوم بإجبار اللوح الشمسي على العمل عند هذه النقطة, تمت محاكاة النظام و نمذجته باستخدام الحاسب ضمن بيئة (PROTUES) و (MATLAB) و قمنا بتحديد قيم العناصر للنظام بطرق الحلول الأمثلية و تم التأكد من صحة أدائه و عمله, ثم قمنا بتنفيذ النظام الذي يزيد من المردود و يقلل من الضياع بالاستطاعة الكهربائية و يخفض من التكلفة المادية لأنه يقلل من عدد الألواح الشمسية اللازمة لإنتاج طاقة كهربائية محددة و ذلك لأنه يقوم باستثمار كامل الطاقة الكهربائية المتاحة من الألواح الشمسية بشكل أمثل.

الكلمات المفتاحية: ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى - تقنية التشويش والمراقبة- النمذجة والمحاكاة- الحلول الأمثلية.

المفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
المقدمة.....	6
الفصل الأول: مخطط البحث وأهدافه.....	9
الفصل الثاني: تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى.....	14
1-2- تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى في PV.....	15
2-2- مناقشة تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى.....	36
الفصل الثالث: الأجزاء الرئيسية المكونة للنظام.....	38
1-3- الأجزاء الرئيسية المكونة للمنظومة.....	39
2-3- آلية عمل المنظومة.....	39
3-3- اللوح الكهروضوئي (PV).....	41
4-3- المبدلة DC – DC.....	45
الفصل الرابع: الدراسة التصميمية والمحاكاة والتنفيذ العملي للنظام.....	50
1-4- اللوح الشمسي.....	51
2-4- المبدلة الرافعة للجهد.....	52
3-4- المتحكم.....	57
4-4- نتائج محاكاة المنظومة.....	59
5-4- دراسة العوامل المؤثرة على مردود المبدلة.....	63
6-4- نمذجة استطاعة خرج اللوح الشمسي كتابع لدورة التشغيل D و تيار الدارة المقصورة I_{sc}	64
7-4- التنفيذ العملي وأخذ النتائج.....	64
الخاتمة وعمل مستقبلي.....	69
الرموز والمصطلحات المستخدمة.....	70
الملحقات.....	72
ملحق (1).....	73
ملحق (2).....	92
ملحق (3).....	97

المقدمة

المقدمة

لم يعد موضوع الطاقة أمراً يقتصر الاهتمام به على الأكاديميين و ذوي الاختصاص وصانعي القرارات الاقتصادية و السياسية بل أنه تعدى تلك الأطر ليصبح موضوع اهتمام الجميع بغض النظر عن مواقعهم الوظيفية و الاجتماعية. ولا غرابة في أن يتوسع الاهتمام بموضوع الطاقة بهذا الشكل ذلك أننا كأفراد أصبحنا معنيين بمستقبل موارد الطاقة في مناطق تواجدنا بشكل خاص وفي العالم بشكل عام، فلم تعد الطاقة تؤثر في مستوى رفاهنا اليومي وطريقة تصريف أمورنا الحياتية فقط بل إنها تتخذ أهمية أكثر شمولاً تتعلق بالقضايا المصرية للمجتمعات المختلفة.

وقد برز الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة في العقود القليلة الماضية ومن أهم هذه المصادر الطاقة الشمسية هذا المصدر الطاقى الهام الذي لا ينضب ولا ينتج عنه أي نوع من أنواع التلوث البيئي، وشهدت النظم الكهروضوئية تقدماً كبيراً شمل مبادئ عملها من جهة والتقانات المعتمدة والمستخدمه فيها من جهة أخرى. فقد انعكس التطور الكبير الذي تحقق في المعالجات المصغرة وفي الأدوات الالكترونية الصناعية إيجابياً على النظم الكهروضوئية كما انعكس على مختلف التجهيزات الكهربائية والإلكترونية، ومن أجل الاستثمار الأمثل للطاقة الشمسية تم تصميم تقنيات إلكترونية تجبر المولدات الشمسية على العمل باستطاعتها العظمى وتسمى هذه التقنيات تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى (MPPT) (Maximum Power Point Tracking) [1] حيث تعمل هذه التقنيات عن طريق تغيير نقطة العمل الكهربائية للوح الشمسي لذلك فإن اللوح الشمسي يكون قادراً على إعطاء الاستطاعة الكهربائية العظمى المتاحة، تعتبر تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى جزء أساسى من النظام الكهروضوئى لذلك فقد تم تطوير وتطبيق العديد من هذه التقنيات التي تختلف فيما بينها من حيث التعقيد وسرعة التقاط نقطة الاستطاعة العظمى والكلفة ومدى التأثير وكثرة الاستخدام والتجهيزات المطلوبة، في الحقيقة العديد من الطرق قد تم تطويرها بحيث أصبح من الصعب تحديد أي طريقة هي الأكثر ملائمة لأي نظام كهروضوئي مقترح، و هذا العدد الكبير في طرق ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى يعطي فائدة للباحثين و العاملين في الأنظمة الكهروضوئية، يقدم هذا البحث دراسة متكاملة لتطوير نظام إلكتروني رقمي لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى بالألواح الشمسية وذلك من خلال تصميم ونمذجة ومحاكاة وتنفيذ لدارة (MPPT)، قمنا في هذا البحث بدراسة تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى ومعرفة محاسن ومساوئ كل تقنية والمشاكل التي ظهرت للباحثين أثناء تنفيذ هذه المنظومات، من هنا فإن الهدف من هذا البحث هو دراسة لأهمية الطاقة الشمسية هذا المصدر الطاقى الهام الذي لا ينضب بحيث نقدم منظومة كهروضوئية أمثلية تمكننا من استثمار

كامل الطاقة الكهربائية المتاحة من الألواح الشمسية وذلك بالاعتماد على إحدى تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى (MPPT).

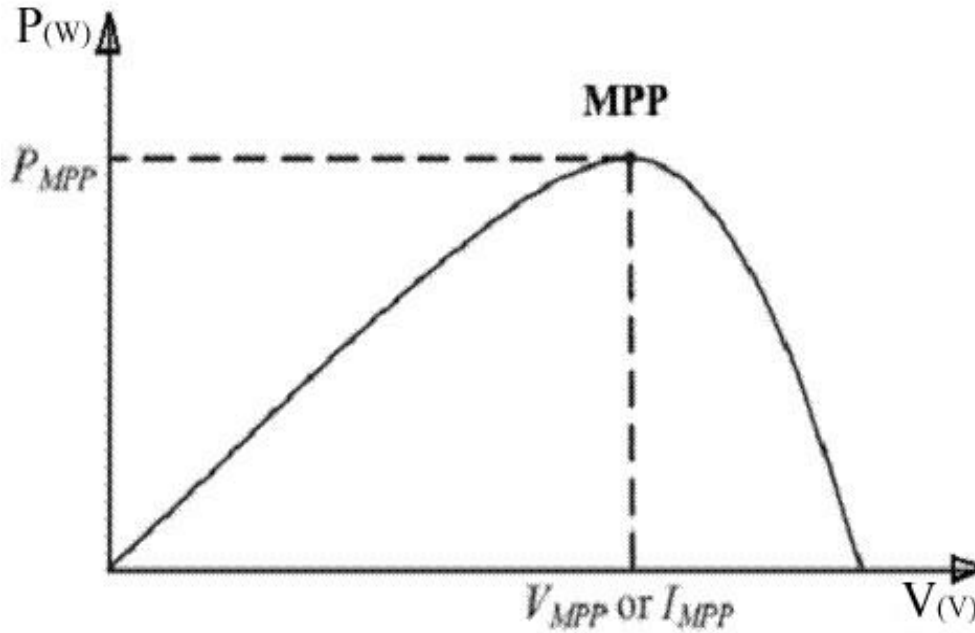


الفصل الأول

مخطط البحث وأهدافه

1-1- عرض المشكلة:

يظهر الشكل (1) مميزة الاستطاعة لمصفوفة خلايا شمسية حيث تظهر نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) ذلك من أجل شروط إضاءة و درجة حرارة معطاة، أي أن هذه النقطة ستتغير عند تغير شدة الإضاءة و درجة الحرارة.



الشكل (1) مميزة الاستطاعة للوح الشمسي

المطلوب من نظام التحكم (MPPT) هو إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى لمصفوفة الخلايا الشمسية مهما تغيرت الشروط المناخية أي مهما تغيرت شدة الإضاءة أو درجة الحرارة من ثم إجبار اللوح الشمسي على العمل عند هذه النقطة.

1-2- أهمية البحث و أهدافه:

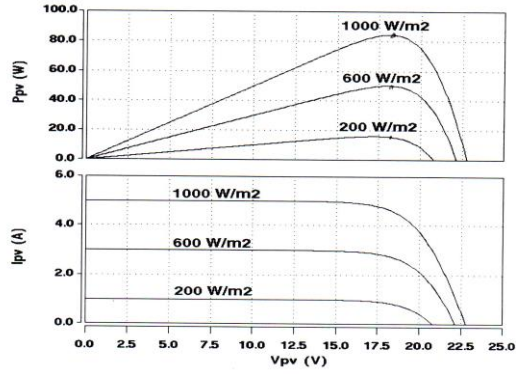
إن أزمة الطاقة الحالية و التهديدات المطروحة أمام الحضارة الحديثة في حال نضوب الوقود الأحفوري من النفط و الغاز و الفحم أعاد الأذهان للتفكير بمصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية حيث نرى أن الأبحاث اليوم جادة لتطوير هذا المصدر الطاقوي ووضعه ضمن الاستثمار الفعلي على نطاق واسع. إذ أن العالم الآن بدأ يدرك أهمية هذه الطاقة و إمكاناتها الكبيرة في حل أزمة الطاقة المقبلة . تتميز هذه الطاقة بمواصفات تجعلها الأفضل بدون منازع لجميع أنواع الطاقات الأخرى فهي:

- طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان.
- تشكل مصدرا مجانيا للوقود الذي لا ينضب .
- طاقة نظيفة لا تنتج أي نوع من أنواع التلوث البيئي.

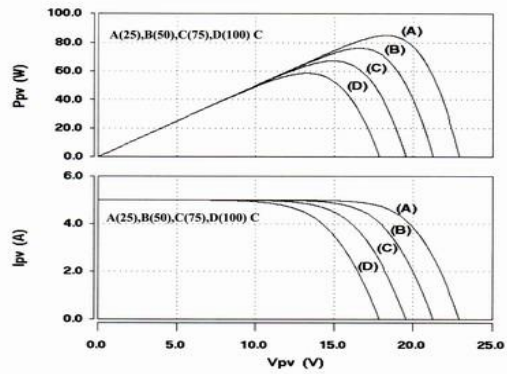
يتمتع القطر العربي السوري بمعدل إشعاع شمسي جيد حيث أن الشمس تسطع في سوريا بمعدل 300 يوم بالسنة و هذا يجعل الطاقة الكهروشمسية أحد مصادر الطاقة المتجددة الهامة التي يمكن استخدامها لسد الحاجة من الطاقة و خصوصا في المناطق النائية حيث تكون تكلفة مد الشبكة الكهربائية إلى تلك المناطق ذات الكثافة السكانية المنخفضة كبيرة جدا , و إن تنفيذ خطط التنمية في القطر العربي السوري يتطلب زيادة معدلات إنتاج الطاقة الكهربائية بشكل كبير و قد وصل هذا الإنتاج إلى (25000) جيغا واط ساعي في عام (2000) و من المتوقع أن يصل إلى (44000) جيغا واط ساعي في عام (2010) و هذا يتطلب استهلاك كميات مضاعفة من الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية المطلوبة و مع الأخذ بعين الاعتبار حتمية نفاذ الوقود الأحفوري مستقبلا و ما ينجم عن ذلك من أثار سلبية على البيئة كالتلوث و ارتفاع درجة حرارة الجو و لذلك فإن من الضروري تقليل استهلاك الوقود قدر الإمكان . وبفضل تقدم تكنولوجيا إنتاج الخلايا الكهروضوئية و تحسين نوعية العمل فإن ثمن الخلايا الكهروضوئية ينخفض باستمرار و تشير أحدث التوقعات إلى أن تكلفة الطاقة الكهربائية المولدة بواسطة الخلايا الكهروضوئية ستصل قريبا إلى أقل من (0.1\$/kwh) و بذلك ستصبح منافسة بشكل كبير للكهرباء المولدة بالطرق التقليدية.

تم في هذا البحث تطوير نظام الكتروني رقمي للبحث عن نقطة الاستطاعة العظمى بالخلايا الشمسية بالاعتماد على تقنية (Perturb & Observe) [2] حيث يقوم هذا النظام بإجراء عملية مسح لكامل مميزة اللوح الشمسي غير الخطية و إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى له (MPP) ثم يقوم النظام بإجبار اللوح الشمسي على العمل عند هذه النقطة, وبما أن مميزة اللوح الشمسي تتغير باستمرار تبعاً لتغيرات شدة الإضاءة و درجة الحرارة كما هو مبين بالشكل (2) و الشكل (3) لذلك فإن هذا النظام يقوم بإعادة المسح لمميزة اللوح الشمسي كل مرة و ذلك بفواصل زمني مقداره أربع دقائق وذلك لأن التغير في درجة الحرارة وشدة الإضاءة غير آني , ويمكننا هذا النظام من تحديد نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) في حالات الإضاءة غير المتجانسة كما هو مبين بالشكل (4), الحالة (1) تكون الإضاءة متجانسة و توجد قمة حقيقية واحدة في منحنى الاستطاعة للمولد الشمسي أما الحالة (2) تكون الإضاءة غير متجانسة و ينتج عن ذلك عدة

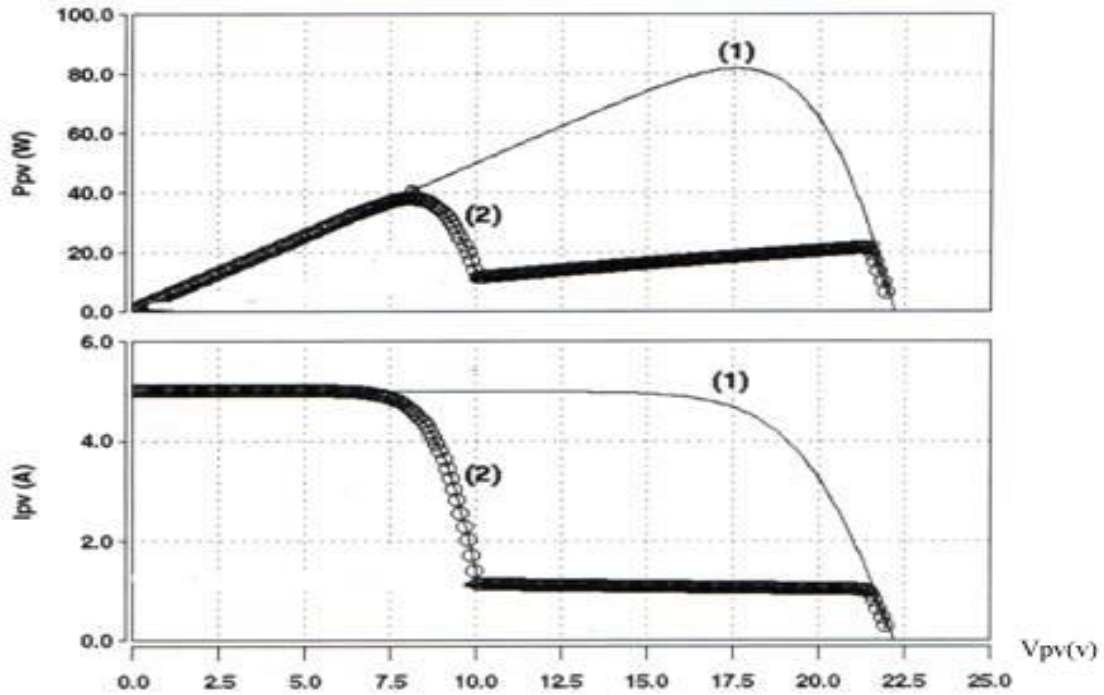
قمم في منحني الاستطاعة للمولد الشمسي ولكن تبقى هناك قمة واحدة حقيقية يقوم النظام بتحديدتها و يجبر المولد الشمسي على العمل عند هذه النقطة.



الشكل (3) تغيرات مميزة اللوح الشمسي
تبعاً لتغيرات درجة الحرارة



الشكل (2) تغيرات مميزة اللوح الشمسي
تبعاً لتغيرات شدة الإضاءة



الشكل (4) تغير مميزة اللوح الشمسي

(1)- الإضاءة المتجانسة

(2)- الإضاءة غير المتجانسة

1-3-طريقة البحث:

تم إتباع الخطوات التالية:

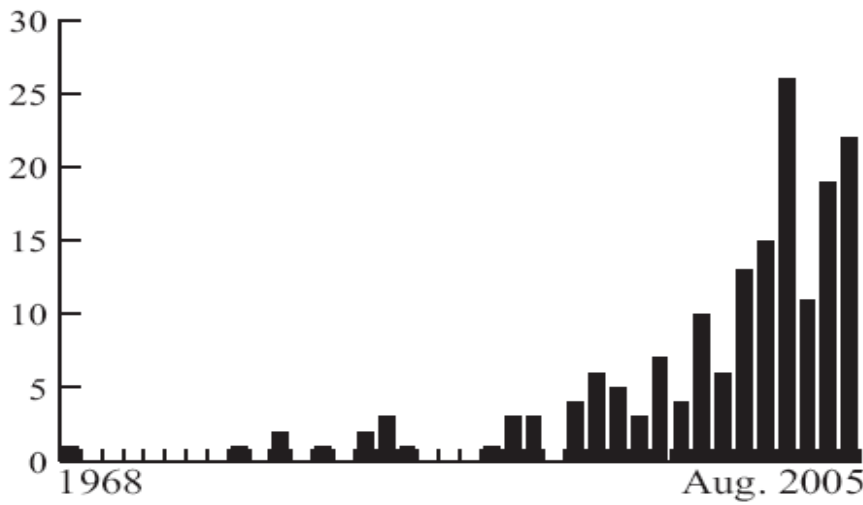
1. دراسة نظرية لما تم تنفيذه ضمن هذا المجال و معرفة ميزات هذه التقنيات والمشكلات التي ظهرت للباحثين أثناء تنفيذ هذه المنظومة.
2. تصميم نظام الكتروني رقمي باستخدام برنامج (PROTUES) حيث سوف نمذج اللوح الشمسي و المبدلة الرافعة للجهد (DC-DC Boost Converter) التي تربط مع اللوح الشمسي و بعد ذلك سوف نمذج النظام الالكتروني الرقمي الذي يقوم بإجراء المسح لمنحني الاستطاعة للوح الشمسي النمذج و تحديد نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) و ذلك عن طريق التحكم بممانعة المبدلة الرافعة للجهد التي تربط كحمل للوح الشمسي وهذا البرنامج يمكننا من حساب ورسم النتائج التي تؤكد نجاح المنظومة في إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى للوح الشمسي.
3. دراسة العوامل المؤثرة على مردود المبدلة مثل قيمة الملف و قيمة المكثف.
4. نمذجة الاستطاعة كتابع للمتحولات(الملف-المكثف) للحصول على النموذج الرياضي الدقيق أي إيجاد العلاقة الرياضية التي تربط استطاعة الخرج بقيمة الملف و المكثف وذلك ضمن بيئة MATLAB.
5. دراسة تأثير قيمة دورة التشغيل (D) و تيار الدارة المقصورة للوح الشمسي (I_{sc}) على استطاعة خرج اللوح الشمسي النمذج.
6. نمذجة استطاعة خرج اللوح الشمسي (P_{pv}) كتابع لدورة التشغيل (D) و تيار الدارة المقصورة (I_{sc}) للحصول على النموذج الرياضي الدقيق أي إيجاد العلاقة الرياضية التي تربط استطاعة خرج اللوح الشمسي النمذج مع (D) و (I_{sc}).
7. نمذجة دورة التشغيل (D) كتابع لتيار الدارة المقصورة (I_{sc}) واستطاعة اللوح الشمسي (P_{pv}) للحصول على النموذج الرياضي الدقيق أي إيجاد العلاقة الرياضية التي تربط دورة التشغيل مع (P_{pv}) و (I_{sc}).
8. التنفيذ العملي لهذه المنظومة واختبارها و أخذ النتائج.

الفصل الثاني

تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى

2-1- تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى في المولدات الشمسية:

في الحقيقة العديد من الطرق قد تم تطويرها بحيث أصبح من الصعب تحديد أي طريقة هي الأكثر ملاءمة لأي نظام كهروضوئي مقترح، و هذا العدد الكبير في طرق ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى يعطي فائدة للباحثين و العاملين في الأنظمة الكهروضوئية [3] والشكل (5) يظهر عدد المقالات المطروحة في مجال ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى منذ عام (1968) حتى عام (2005) حيث من الملاحظ أن عدد هذه المقالات قد زاد بشكل قوي بالعقود الأخيرة و هذه اللوحة هي إشارة بسيطة للكثافة الكبيرة للمقالات و التقنيات المقدمة في مجال ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى (MPPT) .



الشكل (5) يوضح عدد المقالات المطروحة في مجال ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى

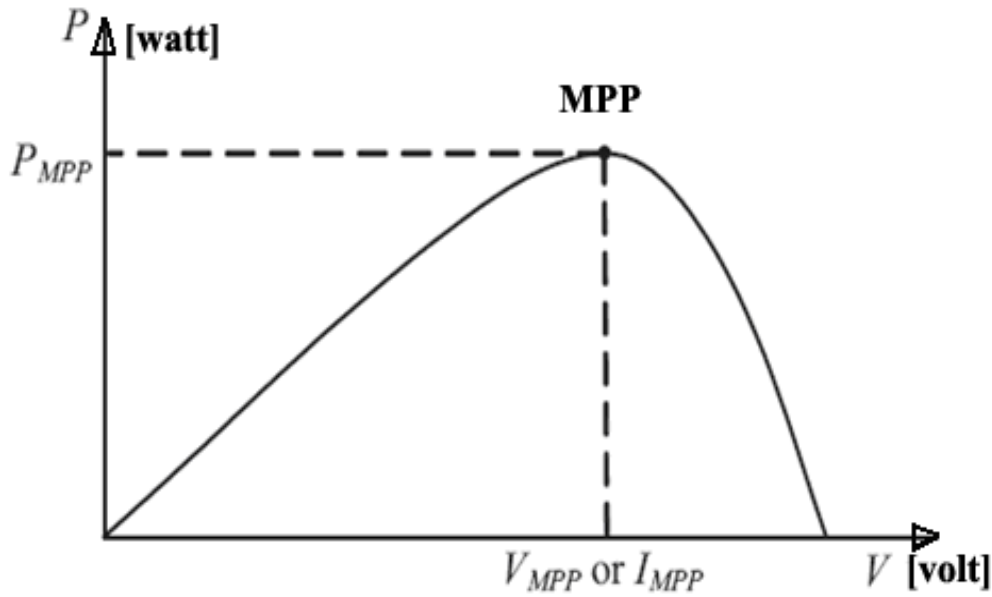
و من أهم هذه التقنيات نذكر:

1-طريقة التشويش و المراقبة أو تسلق الهضبة: (Hill-Climbing/Perturb & Observe)

من بين جميع المقالات التي تم دراستها كان التركيز الأكبر على طريقة تسلق القمة أو طريقة التشويش و المراقبة (P&O) [2].

في طريقة التشويش و المراقبة يتم التأثير أو التشويش على جهد مصفوفة اللوح الشمسي أما في طريقة تسلق الهضبة يتم التأثير أو التشويش على دورة التشغيل (D) للمبدلة ولكن تغيير (D) يؤدي إلى تغيير تيار اللوح الشمسي و الذي بدوره يؤثر و يشوش في جهد اللوح الشمسي أي أن كلا الطريقتين لهما نفس المبدأ الأساسي أي يعملان بطريقة متشابهة. من الشكل (6) نجد أن

زيادة (نقصان) الجهد يؤدي إلى زيادة (نقصان) الاستطاعة عند العمل على يسار نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) و يؤدي إلى نقصان (زيادة) الاستطاعة عند العمل على يمين نقطة الاستطاعة العظمى (MPP)، لذا عندما تكون الاستطاعة في حالة ازدياد فإن التشويش اللاحق يجب أن يبقى في نفس الاتجاه (زيادة أو نقصان) للوصول إلى نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) أما إذا كانت الاستطاعة في حالة نقصان فإن التشويش اللاحق يجب أن ينعكس.



الشكل (6) منحنى الاستطاعة للوح الشمسي

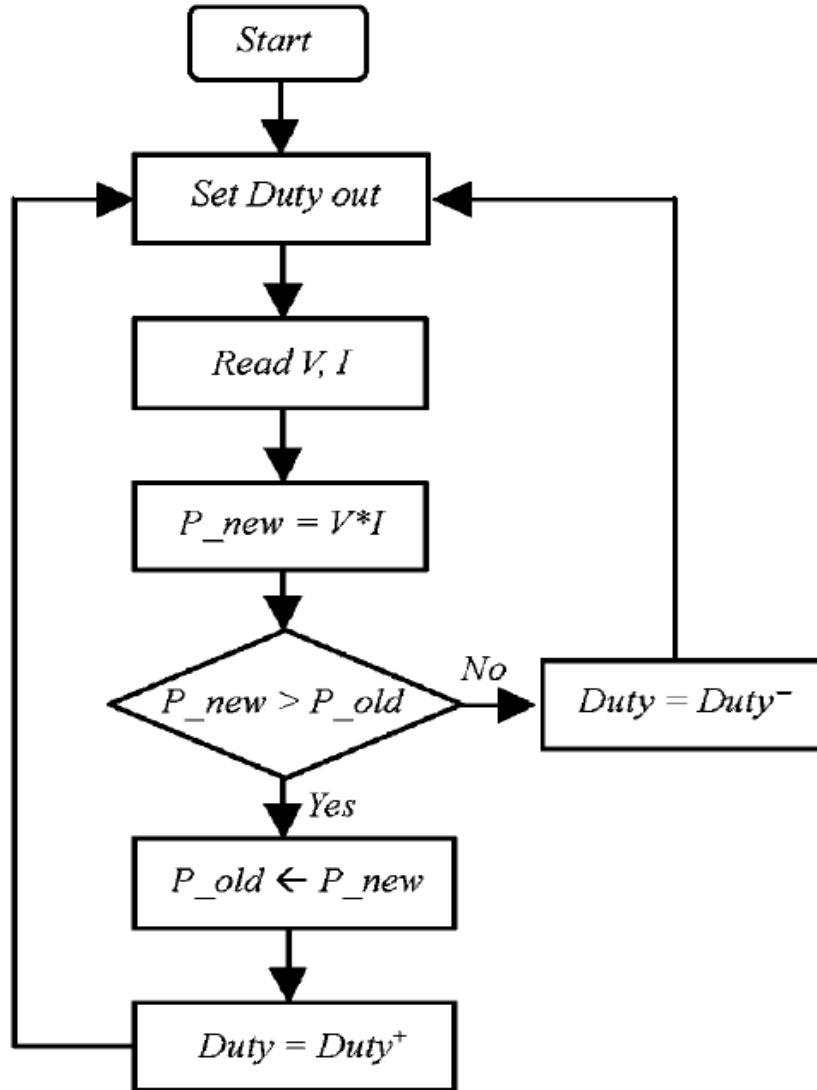
هذه الخوارزمية تم تلخيصها بالجدول (1).

Perturbation	Change in power	Next perturbation
Positive	Positive	Positive
Positive	Negative	Negative
Negative	Positive	Negative
Negative	Negative	Positive

الجدول (1) يلخص خوارزمية عمل تقنية (P&O)

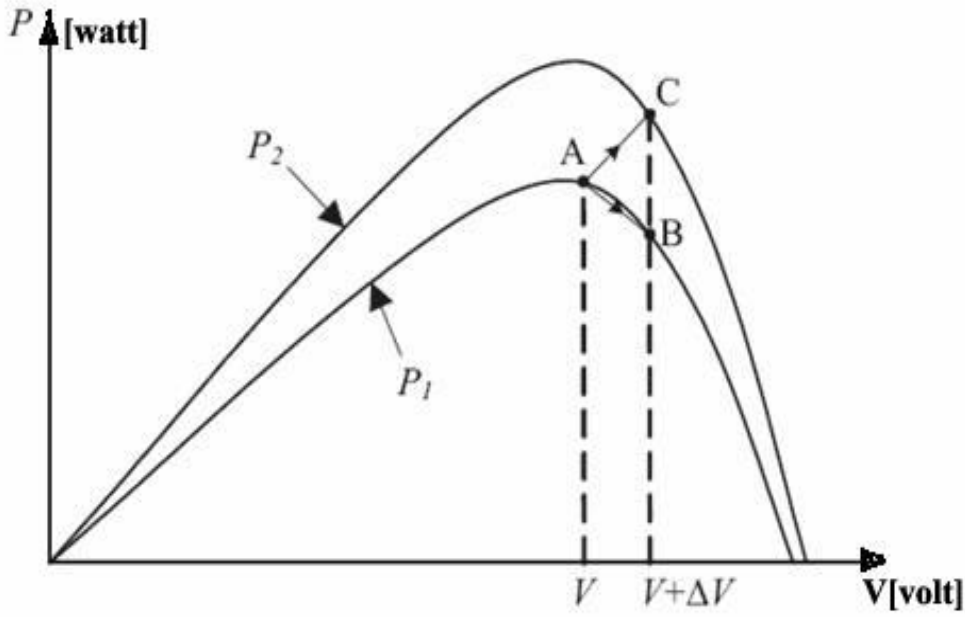
مثلاً عند زيادة التشويش (Positive) وأدى إلى تغير الاستطاعة نحو الزيادة (Positive) فإن التشويش التالي يبقى في ازدياد (positive) أما إذا أدى إلى تغير الاستطاعة نحو النقصان (Negative) فإنه يتم إنقاص التشويش التالي (Negative).

يستخدم في هذه الخوارزمية كل من قيم جهد وتيار اللوح الشمسي بشكل آني حيث يتم أخذ العينات في كل مرة يتم فيها تغيير قيمة دورة التشغيل (D) و هذه العملية يتم تكرارها بشكل دورة حتى يتم الوصول إلى نقطة الاستطاعة العظمى , و بعد ذلك فإن المنظومة سوف تهتز حول نقطة الاستطاعة العظمى و هذا الاهتزاز يمكن أن يخفض عن طريق تخفيض خطوة التشويش. والشكل (7) يبين المخطط الانسيابي لهذه الخوارزمية.



الشكل (7) المخطط الانسيابي لخوارزمية عمل تقنية (P&O)

إن كلا من طريقة التشويش و المراقبة و طريقة تسلق القمة سوف تفشل عند التغير العشوائي للظروف الجوية كما يظهر بالشكل (8).



الشكل (8) منحنى الاستطاعة للوح الشمسي عند التغير العشوائي للظروف الجوية

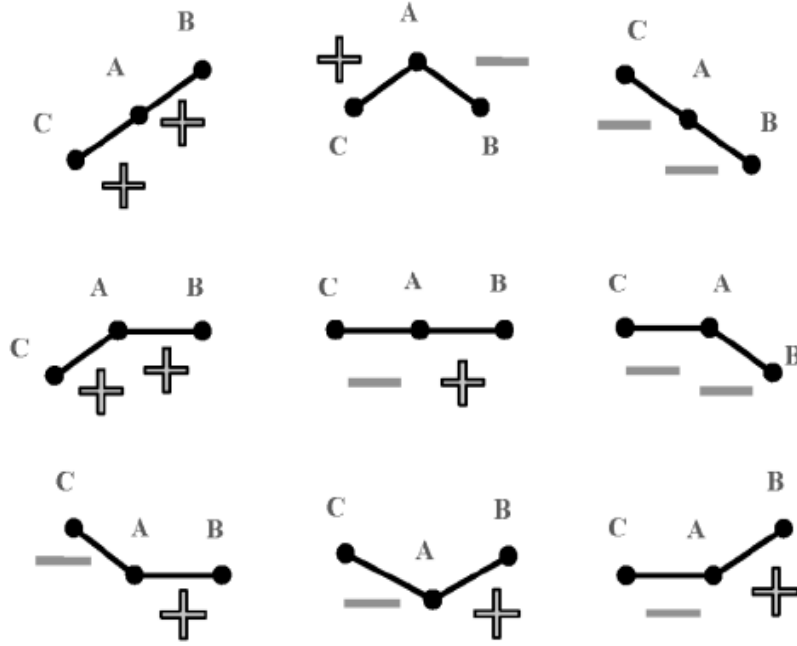
عند العمل عند النقطة (A) مثلاً و بفرض أن الظروف الجوية كانت ثابتة تقريباً فإن التشويش (ΔV) في جهد المصفوفة الكهروضوئية سوف ينقل نقطة العمل إلى النقطة (B) بعد ذلك ونتيجة انخفاض الاستطاعة سوف يتم عكس قيمة التشويش، لنفرض في هذه الأثناء قد ازداد الإشعاع الشمسي و أزاح منحنى الاستطاعة للوح الشمسي من (P_1) إلى (P_2) ضمن فترة أخذ عينات واحدة فإن نقطة العمل سوف تنتقل من (A) إلى (C) و هذا يمثل زيادة بالاستطاعة ولكن قيمة التشويش سوف تبقى ثابتة لذلك فإن نقطة العمل سوف تتباعد عن نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) وهذا التباعد سوف يزداد في حال ازدياد الإشعاع الشمسي و لذلك للتأكد من الوصول إلى نقطة الاستطاعة العظمى تم استخدام خوارزمية مقارنة قيمة وزن النقاط الثلاثة

(Three-Point Weight comparison) [4] وهي تصنف من طرق التشويش و المراقبة (P&O). إن خوارزمية مقارنة وزن النقاط الثلاثة تعمل بشكل دوري على تشويش جهد المصفوفة الشمسية ومقارنة استطاعة خرج المصفوفة الشمسية على ثلاثة نقاط من مميزة الاستطاعة للمصفوفة الشمسية.

إن النقاط الثلاث هي: (A) نقطة العمل الأساسية، (B) شوشت عن النقطة (A) في اتجاه موجب، (C) شوشت عن النقطة (A) في اتجاه معاكس للنقطة (B) أي اتجاه سالب حيث سينتج عن ذلك تسع احتمالات لقيم استطاعة النقاط (A) و (B) و (C) الاحتمال الأول أن تكون استطاعة النقطة (A) أكبر من استطاعة النقطة (C) و أصغر من استطاعة النقطة (B)،

الاحتمال الثاني تكون استطاعة النقطة (A) أكبر من استطاعة النقطة (C) و تساوي استطاعة النقطة (B), الاحتمال الثالث تكون استطاعة النقطة (A) تساوي استطاعة النقطة (B) و أصغر من استطاعة النقطة (C), الاحتمال الرابع تكون استطاعة النقطة (A) أكبر من استطاعة النقاط (B) و (C), الاحتمال الخامس استطاعة النقطة (A) تساوي استطاعة النقاط (B) و (C), الاحتمال السادس استطاعة النقطة (A) أصغر من استطاعة النقاط (B) و (C) , الاحتمال السابع تكون استطاعة النقطة (A) أكبر من استطاعة النقطة (B) و أصغر من استطاعة النقطة (C) , الاحتمال الثامن تكون استطاعة النقطة (A) أكبر من استطاعة النقطة (B) وتساوي استطاعة النقطة (C) , الاحتمال التاسع تكون استطاعة النقطة (A) أصغر من استطاعة النقطة (B) و تساوي استطاعة النقطة (C) .

يظهر الشكل (9) الحالات التسع المتاحة لدينا.

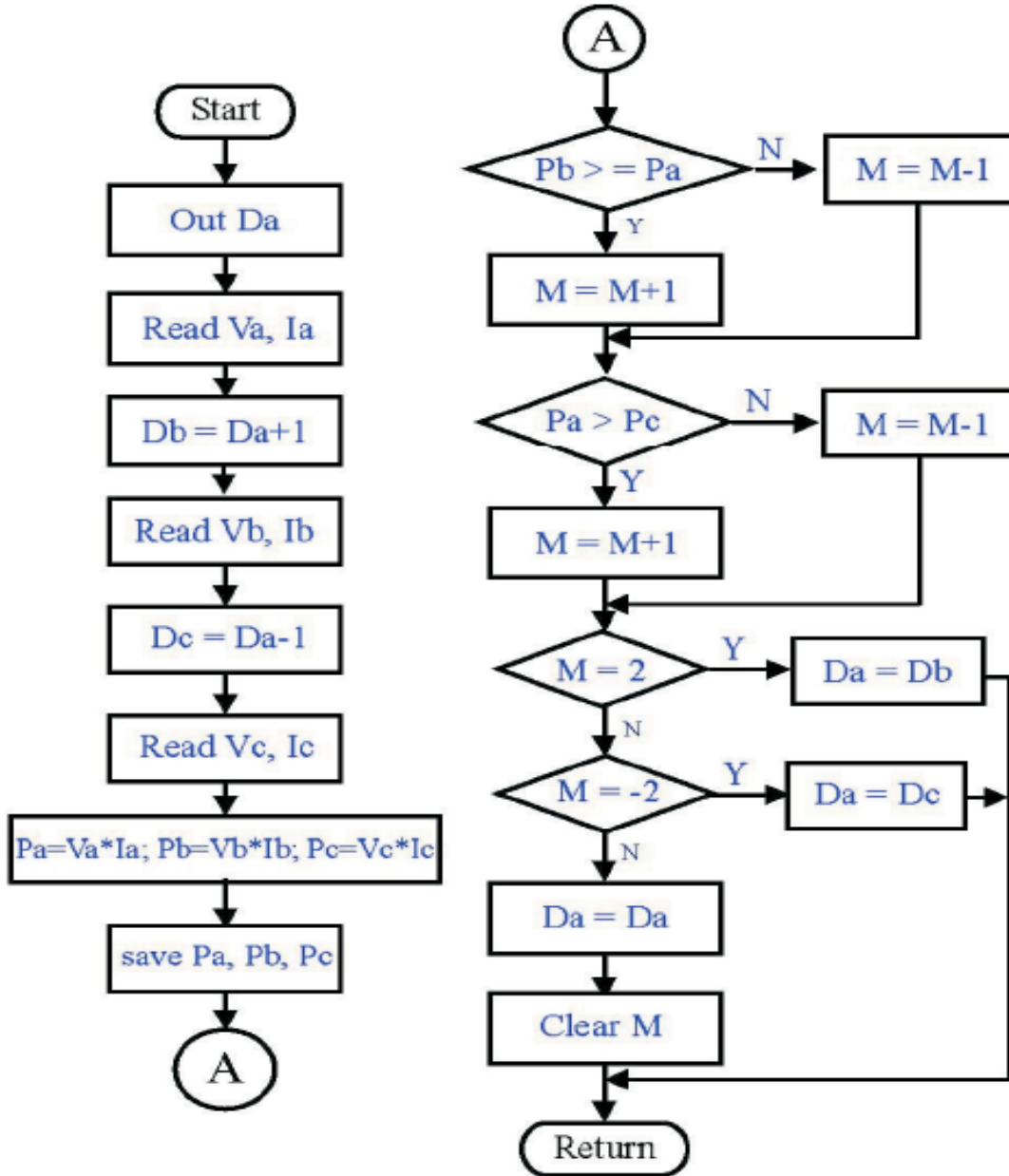


الشكل (9) يظهر الحالات التسع المتاحة في تقنية مقارنة وزن النقاط الثلاثة

من أجل النقاط (A&B) إذا كانت استطاعة النقطة (B) أكبر أو تساوي استطاعة النقطة (A) فإن الحالة تعد حالة إيجابية ما عدا ذلك فإن الحالة تعد حالة سلبية. من أجل النقاط (A&C) إذا كانت استطاعة النقطة (C) أصغر من استطاعة النقطة (A) فإن الحالة تعد حالة إيجابية ما عدا ذلك فإن الحالة تعد حالة سلبية. من النقاط الثلاث المقاسة إذا كان لدينا حالتان إيجابيتان

فإنه يجب زيادة دورة التشغيل (D) للمبدلة (هذا يعني أن نقطة العمل على يمين MPP) وعلى العكس إذا كان لدينا حالتان سلبيتان فإن دورة التشغيل (D) يجب إنقاصها (هذا يعني أن نقطة العمل على يسار MPP) وفي الحالات المتبقية مع حالة سلبية وحالة إيجابية فإننا نكون قد وصلنا إلى (MPP) ولا يتم تغيير دورة التشغيل (D).

يبين الشكل (10) المخطط الانسيابي لهذه الخوارزمية. حيث أن (M) تعني الذاكرة.



الشكل (10) المخطط الانسيابي لخوارزمية عمل تقنية مقارنة وزن النقاط الثلاث

2-الناقلية المتزايدة:

(Incremental conductance)

ويرمز لهذه التقنية بـ (IncCond) [6] وهذه التقنية تعتمد على حقيقة أن ميل منحنى الاستطاعة للوح الشمسي يكون مساويا للصفر عند (MPP) و يصبح موجبا على يسار (MPP) و سالبا على يمين (MPP) كما هو موضح بالعلاقات التالية:

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dv} &= 0 & (\text{At MPP}) \\ \frac{dp}{dv} &> 0 & (\text{Left of MPP}) \\ \frac{dp}{dv} &< 0 & (\text{Right of MPP}) \end{aligned} \quad (1)$$

حيث أن:

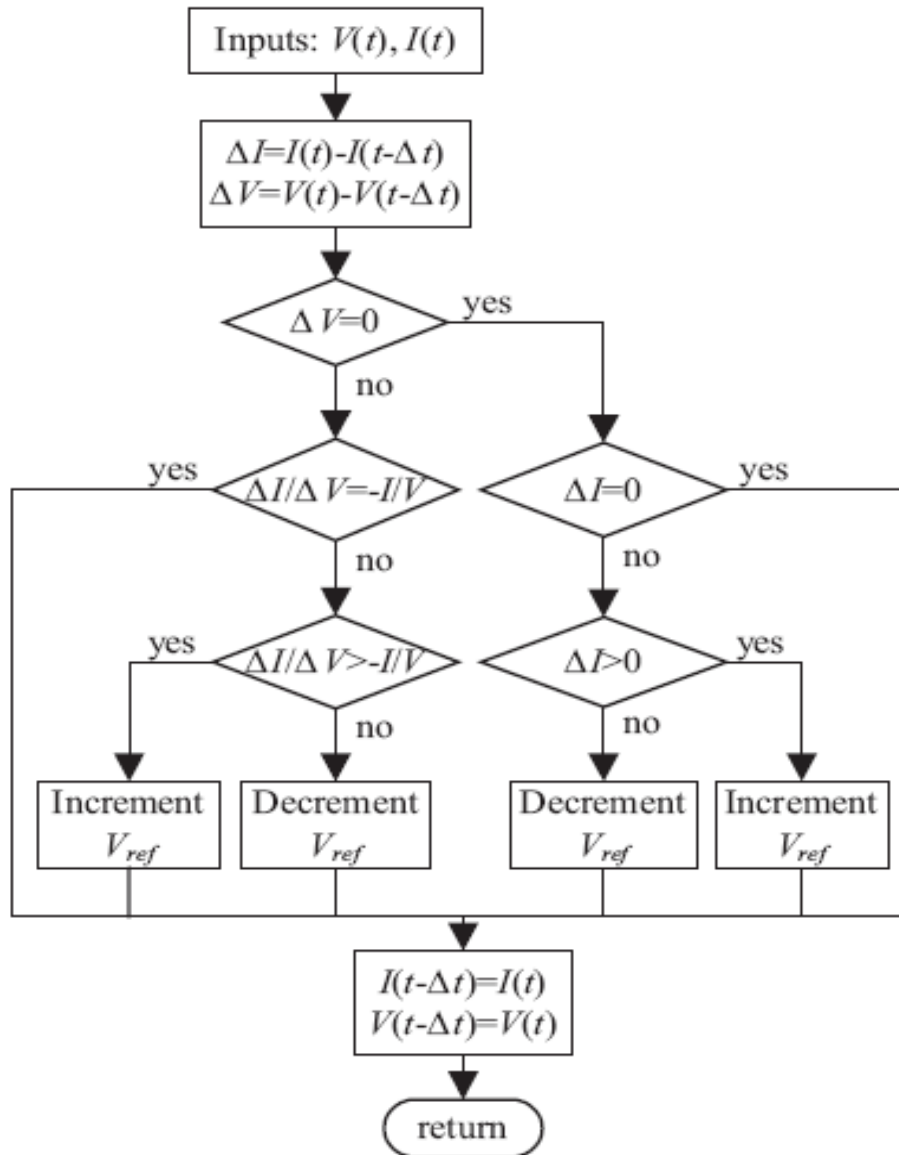
$$\frac{dp}{dv} = \frac{d(v.i)}{dv} = i + v \cdot \frac{di}{dv} \cong i + v \cdot \frac{\Delta i}{\Delta v} \quad (2)$$

و يمكن إعادة كتابة العلاقات (1) بالشكل التالي :

$$\begin{aligned} \frac{\Delta i}{\Delta v} &= -\frac{i}{v} & (\text{At MPP}) \\ \frac{\Delta i}{\Delta v} &> -\frac{i}{v} & (\text{Left of MPP}) \\ \frac{\Delta i}{\Delta v} &< -\frac{i}{v} & (\text{Right of MPP}) \end{aligned} \quad (3)$$

ويمكن إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) عن طريق مقارنة الناقلية الآنية $(\frac{i}{v})$ مع الناقلية المتزايدة $(\frac{\Delta i}{\Delta v})$ كما هو واضح بالشكل (11) الذي يبين المخطط الانسيابي لخوارزمية (IncCond). حيث أن (V_{ref}) هي قيمة جهد مرجعية التي عندها يعمل اللوح الشمسي عند نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) و قيمة هذا الجهد تكون معروفة من مواصفات اللوح الشمسي المستخدم أي $(V_{ref} = V_{MPP})$ وعند الوصول إلى هذه القيمة أي (MPP) فإن اللوح الشمسي سوف يبقى يعمل عند هذه النقطة، و أي تغير في قيمة (Δi) نتيجة تغير الأحوال الجوية

سيؤدي إلى تغير نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) فنقوم الخوارزمية بزيادة أو إنقاص (V_{ref}) حتى تصبح ($V_{ref} = V_{MPP}$) و بذلك يكون اللوح الشمسي يعمل عند نقطة الاستطاعة العظمى الجديدة.



الشكل (11) المخطط الانسيابي لخوارزمية عمل تقنية (IncCond)

إن حجم الزيادة في (V_{ref}) يحدد سرعة إيجاد (MPP) و لكن سرعة إيجاد (MPP) تتحقق عن طريق زيادات كبيرة و لكن المنظومة في هذه الحالة يمكن أن لا تعمل عند نقطة الاستطاعة

العظمى بل تهتز حولها , لذلك يتم اقتراح استخدام تقنية تجعل اللوح الشمسي يعمل بالقرب من (MPP) كمرحلة أولى ثم يتم استخدام طريقة (IncCond) كمرحلة ثانية. إن استخدام هاتين المرحلتين يمكن من إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى الحقيقية في حالات الإضاءة غير المتجانسة ووجود عدة قمم في مميزة الاستطاعة للوح الشمسي. باختصار إن الطريقة الفعالة في تنفيذ تقنية (IncCond) هي باستخدام الناقلية الآنية و الناقلية المتزايدة في توليد خطأ الإشارة:

$$e = \frac{i}{v} + \frac{di}{dv} \quad (4)$$

و حسب ما ذكر فإن ($e = 0$) عند نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) و يتم ذلك باستخدام مكامل تناسبي بسيط يقود (e) إلى الصفر .

3-تقنية جهد الدارة المفتوحة الجزئي:

(Fractional open-circuit voltage)

إن العلاقة الخطية بين (V_{MPP}) وجهد الدارة المفتوحة للوح الشمسي (V_{OC}) عند مستويات الإشعاع الشمسي و درجة الحرارة المتغيرة أوجدت طريقة جهد الدارة المفتوحة الجزئي [6].

$$V_{MPP} \cong K_1 \cdot V_{OC} \quad (5)$$

حيث K_1 : ثابت تناسبي.

K_1 تعتمد على خواص اللوح الشمسي المستخدم و عادة يتم حسابها مسبقا بشكل تجريبي عن طريق إيجاد قيم (V_{OC}), (V_{MPP}) للوح الشمسي المستخدم عند مستويات مختلفة للإشعاع الشمسي و درجات الحرارة. و قد وجد أن قيمة (K_1) تقع بين (0.7) و (0.78). عندما تكون (K_1) معروفة فإن (V_{MPP}) يمكن أن تحسب من العلاقة (5) مع (V_{OC}) مقاسة بشكل دوري عن طريق فتح اللوح الشمسي, وهذا يؤدي إلى بعض المساوئ و منها الخسارة

المؤقتة بالطاقة و للتخلص من هذا يتم استخدام خلايا تجريبية يمكن من خلالها الحصول على (V_{OC}) و هذه الخلايا يتم اختيارها بشكل حذر لكي تعطي خصائص مقارنة لخصائص

مصفوفة الخلايا الشمسية. على الرغم من أن تقنية جهد الدارة المفتوحة الجزئي ليست تقنية (MPPT) حقيقية إلا أنها تقنية سهلة و رخيصة و لا تتطلب استخدام وحدة تحكم أو مايكروكونترولر.

4-تقنية تيار الدارة المقصورة الجزئي:

(Fractional short-circuit current)

إن العلاقة الخطية بين (I_{MPP}) وتيار الدارة المقصورة للوح الشمسي (I_{SC}) عند مستويات الإشعاع الشمسي و درجة الحرارة المتغيرة أوجدت طريقة تيار الدارة المقصورة الجزئي [6].

$$I_{MPP} \cong K_2 \cdot I_{SC} \quad (6)$$

K_2 : ثابت تناسبي.

وبشكل مشابه لتقنية جهد الدارة المفتوحة الجزئي فإن (K_2) يتم تحديدها تبعاً لخواص مصفوفة الخلايا الشمسية المستخدمة حيث وجد أن (K_2) تتراوح بين (0.78) و (0.92). من الصعب قياس (I_{SC}) أثناء العمل لذلك يتم إضافة مفتاح لمبدلة القدرة يقوم بقصر اللوح الشمسي بشكل دوري و منه يتم قياس (I_{SC}) , و باستخدام مبدلة رافعة للجهد فإن المفتاح الموجود في هذه المبدلة يمكن استخدامه لقصر اللوح الشمسي.

5-تقنية التحكم المنطقي الضبابية:

(Fuzzy Logic Control)

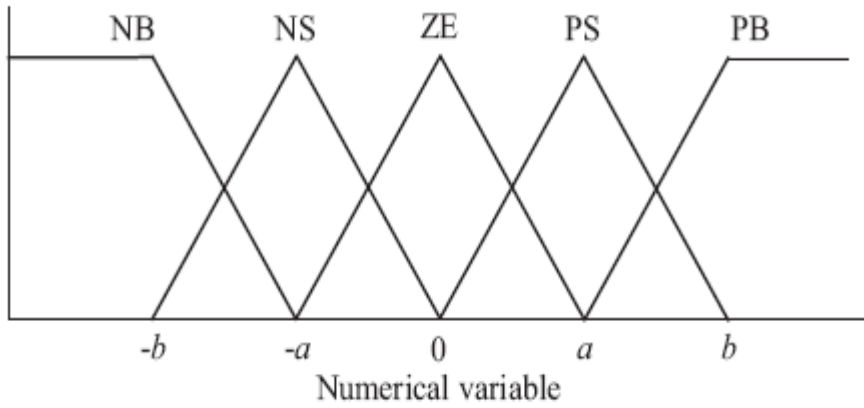
لقد تم استخدام المايكروكونترولر في هذه التقنية بالعقد الأخير حيث تتميز هذه الطريقة بإمكانية العمل في حال كانت قيم الدخل غير دقيقة ولا تحتاج إلى نموذج رياضي دقيق وتعالج حالات اللاخطية [7].

تتألف هذه الطريقة من ثلاث مراحل :

- الضبابية (Fuzzification).
- النظر إلى قاعدة المعطيات الأساسية.
- إزالة الضبابية (Defuzzification)

خلال مرحلة الضبابية يتم تحويل عوامل الدخل العددية إلى متغيرات لغوية تعتمد على تابع عضوي كما هو مبين بالشكل (12) حيث في هذه الحالة تم استخدام خمسة مستويات تشويش (ضبابية).

- (NB) Negative Big
- (PS) Positive Small
- (NS) Negative Small
- (PB) Positive Big
- (ZE) Zero



الشكل (12) التابع العضوي في تقنية التحكم المنطقي الضبابي

إن قيم الدخل للمتحكم المنطقي هي قيمة الخطأ (E) وقيمة تغير الخطأ (ΔE) حيث يتم حسابهما بالعلاقة (7) حيث أن (P) و (V) هي جهد و استطاعة خرج اللوح الشمسي، والمستخدم له الحرية في استخدام الطريقة لحساب قيمة الخطأ (E) و تغير الخطأ (ΔE).

$$E_{(n)} = \frac{P_{(n)} - P_{(n-1)}}{V_{(n)} - V_{(n-1)}}$$

(7)

$$\Delta E_{(n)} = E_{(n)} - E_{(n-1)}$$

عندما تحسب كلا من (E) و (ΔE) وتحول إلى متغيرات لغوية فإن المتحكم المنطقي سوف يغير قيمة دورة التشغيل (D) لمبدلة القدرة بالزيادة أو النقصان و ذلك تبعا إلى قاعدة المعطيات الأساسية بالجدول (2) حيث أن المتغيرات اللغوية خصصت (ΔD) من أجل

مجموعات مختلفة لـ (E) و (ΔE) والتي تعتمد على مبدلة القدرة المستخدمة و على خبرة المستخدم, حيث أن الجدول (2) من أجل مبدلة رافعة للجهد.

$\Delta E \backslash E$	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	ZE	ZE	NB	NB	NB
NS	ZE	ZE	NS	NS	NS
ZE	NS	ZE	ZE	ZE	PS
PS	PS	PS	PS	ZE	ZE
PB	PB	PB	PB	ZE	ZE

الجدول (2)

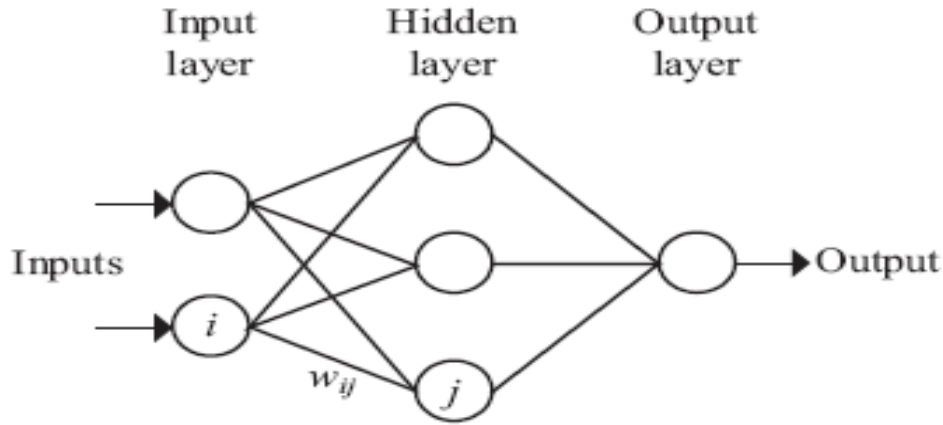
على سبيل المثال عندما تكون نقطة العمل بعيدة وإلى اليسار من (MPP) فإن الخطأ (E) يكون كبير و موجب (PB) و تغير الخطأ (ΔE) يكون صفراً (ZE) لذلك نحتاج إلى زيادة (D) أي تكون مقدار الزيادة (ΔD) موجبة و كبيرة (PB) للوصول إلى نقطة الاستطاعة العظمى (MPP). في مرحلة إزالة الضبابية (Defuzzification) فإن خرج المتحكم المنطقي الضبابي يحول إلى متغيرات عددية و ذلك باستخدام التابع العضوي نفسه الشكل (13) و هذا يولد إشارة تشابهية تقود مبدلة القدرة للعمل عند (MPP).
إن المتحكمات المنطقية الضبابية أظهرت أداء حسناً عند ظروف جوية متغيرة, على كل حال إن فعالية هذه الطريقة تعتمد بشكل كبير على خبرة المستخدم في استخدام طريقة صحيحة لحساب الخطأ و بناء جدول قاعدة المعطيات.

6-تقنية الشبكة العصبونية:

(Neural Network)

في هذه التقنية يتم استخدام المايكروكونترولر, إن طريقة الشبكة العصبونية [8] تملك ثلاث طبقات: طبقة دخل - طبقة خفية - طبقة خرج.
يبين الشكل (13) مخطط الشبكة العصبونية الذي يتألف من طبقة دخل و طبقة خفية و طبقة خرج حيث أن عدد العقد في كل طبقة مختلف و تعتمد على المستخدم, إن متحولات الدخل

يمكن أن تكون ثوابت المصفوفة الشمسية مثل $(I_{sc}), (V_{oc})$ أو متحولات الظروف الجوية مثل درجة الحرارة و شدة الإشعاع, أما متحول الخرج يكون عرض دورة التشغيل (D) التي تستخدم لقيادة مبدلة القدرة التي تجعل اللوح الشمسي يعمل عند نقطة الاستطاعة العظمى (MPP). إن عملية تحريك نقطة العمل للوصول إلى (MPP) تعتمد على الخوارزمية المستخدمة في الطبقة الخفية و على تدريب الشبكة العصبونية بشكل جيد.



الشكل (13) مخطط الشبكة العصبونية

من أجل تمييز نقطة الاستطاعة العظمى بدقة فإن الأوزان (W_{ij} 's) يجب أن تحدد بحذر خلال عملية التدريب حيث أن مصفوفة الألواح الشمسية تكون قد جربت خلال أشهر و أعوام وجميع الأنماط بين مداخل و مخارج الشبكة العصبونية قد حفظت. من المعلوم أن مصفوفات الألواح الشمسية تملك خواص مختلفة لذلك فإن الشبكة العصبونية يجب أن تدرب على مصفوفة اللوح الشمسي التي سيتم استخدامها و باعتبار أن خصائص اللوح الشمسي تتغير مع الزمن لذلك فإن الشبكة العصبونية يجب أن تدرب بشكل دوري لضمان الوصول إلى نقطة الاستطاعة العظمى (MPP).

7-تقنية تحكم ارتباط الموجة (RCC):

(Ripple Correlation Control)

إن هذه التقنية تستخدم التقطيع لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى حيث أن فعل التقطيع المطبق على المبدلة المربوطة مع اللوح الشمسي يفرض وجود جهد و تيار تقطيعي للوح الشمسي. إن طريقة (RCC) [5] تربط المشتق الزمني لاستطاعة اللوح الشمسي المتغيرة مع الزمن (P') و

المشتق الزمني لجهد أو تيار اللوح الشمسي المتغيرين مع الزمن $(i'), (v')$ للوصول إلى (MPP).

من الشكل (7) عندما (v) أو (i) تتزايدان $(v' > 0) \text{ or } (i' > 0)$ والاستطاعة (P) في حالة ازدياد $(P' > 0)$ تكون نقطة العمل أسفل (MPP) $(I < I_{MPP}) \text{ or } (V < V_{MPP})$ من ناحية أخرى عندما تكون (v) أو (i) في حالة ازدياد $(v' > 0) \text{ or } (i' > 0)$ والاستطاعة (P) في حالة نقصان $(P' < 0)$ فإن نقطة العمل تكون فوق (MPP) $(I > I_{MPP}) \text{ or } (V > V_{MPP})$, أي أنه عندما تكون $(P', v') \text{ or } (P', i')$ موجبة فإن نقطة العمل تكون على يسار (MPP) وإذا كانت سالبة تكون نقطة العمل على يمين (MPP) وعندما تكون مساوية للصفر تكون نقطة العمل عند (MPP). إذا كانت المبدلة المربوطة مع مصفوفة اللوح الشمسي مبدلة رافعة للجهد فإن زيادة دورة التشغيل (D) تؤدي إلى زيادة تيار الملف و بالتالي تؤدي إلى زيادة تيار اللوح الشمسي ونقصان جهد اللوح الشمسي.

إن قيمة أو نسبة التحكم بـ (D):

$$D(t) = -k_3 \int P'.V'.dt$$

$$D(t) = k_3 \int P'.I'.dt$$

حيث أن (k_3) ثابت موجب.

التحكم بـ (D) في هذه التقنية يؤدي إلى النقاط نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) مما يجعل تقنية (RCC) إحدى تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى (MPPT), ويتم استخدام هذه التقنية في الدارات التشابهية الرخيصة و البسيطة و قد أثبتت التجارب أن طريقة (RCC) تلتقط (MPP) بسرعة ودقة كبيرة حتى في ظروف تغير الأحوال الجوية و الوقت اللازم للوصول إلى (MPP) يتحدد تبعاً لتردد التقطيع لمبدلة القدرة و ربح دارة (RCC), و الحسنة الثانية لتقنية (RCC) أنها لا تحتاج إلى معلومات مسبقة عن خواص اللوح الشمسي المستخدم و هذا يجعل تقنية (RCC) تتلائم مع مختلف الأنظمة الكهروضوئية البسيطة.

8-تقنية مسح التيار:

(Current Sweep)

يستخدم في هذه الطريقة [10] موجة لمسح تيار اللوح الشمسي حيث أن مميزة الفولت أمبير اللوح الشمسي يتم الحصول عليها و تحديدها في فترات زمنية ثابتة, وقيمة (V_{MPP}) يمكن أن تحسب من منحنى المميزة عند نفس الفترات الزمنية.

تم اختيار التابع $f(t)$ من أجل موجة المسح لتيار اللوح الشمسي متناسب مباشرة مع مشتقه كما بالعلاقة (9):

$$f(t) = k_4 \frac{df(t)}{dt} \quad (9)$$

(k_4) ثابت تناسبي.

استطاعة اللوح الشمسي تعطى بالعلاقة (10):

$$P_{PV}(t) = V_{PV}(t) \cdot I_{PV}(t) = V_{PV}(t) \cdot f(t) \quad (10)$$

عند نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) يكون لدينا :

$$\frac{dP_{MPP}(t)}{dt} = V_{PV}(t) \cdot \frac{df(t)}{dt} + f(t) \cdot \frac{dV_{PV}(t)}{dt} \quad (11)$$

باستبدال (9) بـ (11) ينتج لدينا:

$$\frac{dP_{MPP}(t)}{dt} = [V_{PV}(t) + k_4 \cdot \frac{dV_{PV}(t)}{dt}] \cdot \frac{df(t)}{dt} = 0 \quad (12)$$

علاقة التفاضل في (9) لها الحل التالي:

$$f(t) = C \cdot e^{t/k_4} \quad (13)$$

C: تم اختيارها لتساوي تيار المصفوفة الشمسية الأعظمى (I_{MAX}) و تم اختيار (k_4) لتكون سالبة.

و نتج بإنقاص التابع الأسّي بزمان ثابت ($\tau = -k_4$) فإن العلاقة (13) تقود إلى العلاقة:

$$f(t) = I_{MAX} \cdot e^{-t/\tau} \quad (14)$$

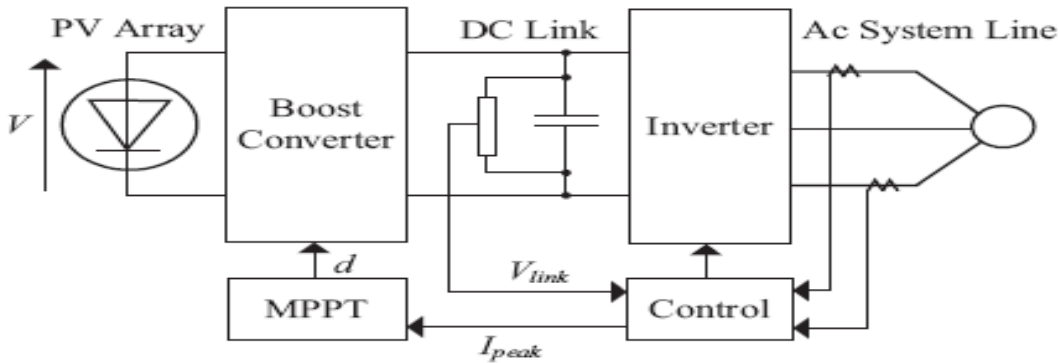
باعتبار أن مشتق العلاقة (14) لا يساوي الصفر فإن العلاقة (12) يمكن أن تقسم على $\frac{df(t)}{dt}$ و باعتبار أن $f(t) = I_{PV}(t)$ فإن العلاقة تبسط إلى الشكل:

$$\frac{dP_{MPP}(t)}{dI(t)} = V_{PV}(t) + k_4 \cdot \frac{dV_{PV}(t)}{d(t)} = 0 \quad (15)$$

يمكن حساب الجهد الأعظمي (V_{MPP}) بعد مسح التيار و العلاقة (15) يمكن استخدامها للتأكد فيما إذا تم الوصول إلى (MPP).
إن طريقة مسح التيار تستغرق (50 m sec) و هذا يؤدي إلى خسارة في بعض القدرة و إن هذه التقنية تكون عملية فقط إذا كان استهلاك القدرة لنظام الملاحقة أقل من الزيادة بالقدرة التي تحققها لكامل النظام.

9-تقنية التحكم بدلالة مكثف الوصلة المستمرة: (DC Link Capacitor Droop Control)

إن هذه الطريقة [11] هي إحدى تقنيات (MPPT) التي صممت بشكل خاص للعمل في أنظمة الـ (PV) الموصولة على التفرع مع نظام (AC) كما هو موضح بالشكل (14). يتألف النظام من مصفوفة خلايا شمسية يربط في خرجها مبدلة رافعة للجهد و خرج المبدلة مربوط من قالبة لتحويل الجهد المستمر إلى جهد متناوب و متحكم يقود النظام حيث يتحكم بالقلابة و يلاحق نقطة الاستطاعة العظمى للوح الشمسي و في الخرج يربط حمل متناوب (محرك مثلاً).



الشكل (14) تقنية التحكم بدلالة مكثف الوصلة المستمرة

إن قيمة دورة التشغيل (D) للمبدلات الرافعة للجهد المثالية تعطى بالعلاقة (16) :

$$D = \frac{1 - V_{pv}}{V_{LINK}} \quad (16)$$

حيث أن:

V_{pv} : الجهد على طرفي اللوح الشمسي.

V_{LINK} : الجهد على طرفي وصلة الـ (DC).

في البداية تكون قيمة V_{LINK} ثابتة و زيادة التيار المار عبر القالبية تزيد الاستطاعة القادمة من المبدلة و منها تزيد الاستطاعة المأخوذة من مصفوفة الخلايا الشمسية، و تبقى قيمة V_{LINK} ثابتة طالما أن الطاقة المطلوبة للقالبية لا تتجاوز الاستطاعة العظمى المتاحة من مصفوفة

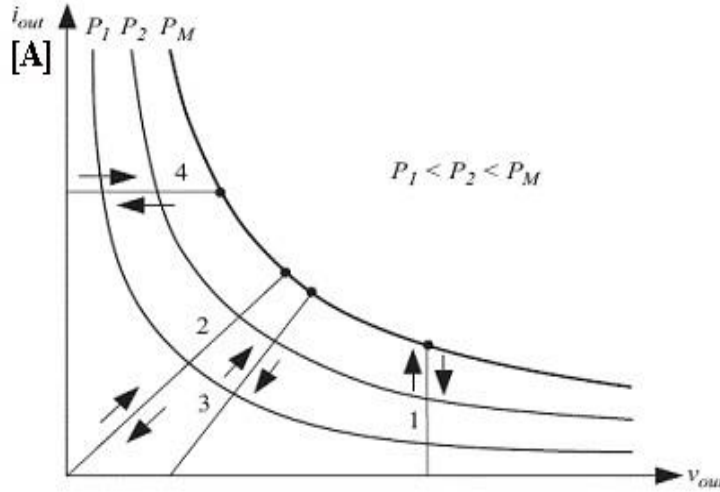
الخلايا الشمسية. في غير هذه الحالة أي عندما تصبح الطاقة المطلوبة للقالبية أكبر من الاستطاعة المقدمة من مصفوفة الخلايا الشمسية فإن V_{LINK} تبدأ بالتناقص و مباشرة قبل هذه الحالة أي قبل نقصان قيمة V_{LINK} فإن تيار التحكم I_{peak} يكون عند أعظم قيمة له و مصفوفة الخلايا الشمسية تعمل عند نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) و بذلك يتم تحديد قيمة دورة التشغيل (D) التي تحقق العمل عند (MPP) لمصفوفة الخلايا الشمسية. إن تيار نظام الـ (AC) يغذى بشكل عكسي لمنع V_{LINK} من الانخفاض و يتم ضبط (D) لتجعل I_{peak} عند أعظم قيمة له و هكذا يتم تحقيق (MPPT).

10-تقنية زيادة جهد الحمل أو تيار الحمل:

[12] Load Current or Load Voltage Maximization

إن الهدف من تقنيات (MPPT) هو زيادة الاستطاعة المأخوذة من مصفوفة الخلايا الشمسية وعندما يتم ربط مصفوفة الخلايا الشمسية مع مبدلة قدرة فإن زيادة الاستطاعة المأخوذة منها تؤدي إلى زيادة استطاعة الحمل في خرج المبدلة، ومن المعلوم أن الأحمال يمكن أن تكون كنوع من منابع الجهد أو كنوع من منابع التيار أو أومية أو مجموعة من هذه الأحمال كما هو موضح بالشكل (15) الذي يبين علاقة جهد الحمل مع تيار الحمل من أجل أنواع مختلفة من الأحمال. من الواضح أنه من أجل الأحمال التي تكون كنوع من منابع الجهد (1) فإن تيار الحمل I_{out} يجب أن يكون أعظميا للوصول إلى استطاعة حمل أعظمية، و من أجل الأحمال التي تكون

كنوع من منابع التيار (4) فإن جهد الحمل V_{out} يجب أن يكون أعظمياً للوصول إلى استطاعة حمل أعظمية، و من أجل أنواع أخرى من الأحمال مثل الحمل الأومي (2) و حمل أومي مع منبع جهد (3) فإن تيار الحمل أو جهد الحمل يمكن أن يستخدم (أي يجب أن يكون أعظمياً) للوصول إلى استطاعة حمل أعظمية.



الشكل (15) علاقة جهد الحمل مع تيار الحمل من أجل أنواع مختلفة من الأحمال

هذه التقنية تكون صحيحة من أجل أنواع الأحمال غير الخطية طالما أنها لا تبدي خصائص ممانعة كهربائية عكسية. من أجل معظم الأحمال يكون كافياً زيادة أما تيار الحمل أو جهد الحمل و منه تزداد استطاعة الحمل و لذلك نحتاج حساساً واحداً في هذه الطريقة. في معظم أنظمة الـ (PV) يتم استخدام بطارية كحمل أساسي حيث يمكن اعتبار البطارية كأحد أنواع الأحمال التي تعمل كمنبع جهد حيث يستخدم تيار الحمل في هذه الحالة كمتحول تحكم. في هذه الطريقة لا يمكن العمل تماماً عند نقطة الاستطاعة العظمى لان طريقة (MPPT) اعتبرت أن ضياعات مبدلة القدرة معدومة و هذا لا يمكن تحقيقه عملياً.

11-تقنية التحكم بالتغذية العكسية $\frac{dp}{dv}$ OR $\frac{dp}{di}$:

(Feedback control) $\left(\frac{dp}{dv} \text{ OR } \frac{dp}{di} \right)$:

في هذه التقنية [13] لملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى يتم حساب الميل لمنحني الاستطاعة للوح الشمسي ثم بعد ذلك يتم تغذيته عكسياً للمبدلة مع بعض التحكم من أجل إيصال هذا الميل إلى الصفر. إن طريقة حساب الميل تختلف من مستخدم إلى آخر حيث في بعض الحالات يتم حسابها و تخزينها من أجل عدة قيم لدورة التشغيل (D) أي اعتبار هذه القيم كقاعدة معطيات

ثم بعد ذلك بناءً على هذه القيم يتم تحديد فيما إذا كان من الواجب زيادة دورة التشغيل أو إنقاصها حتى يتم الوصول إلى نقطة الاستطاعة العظمى (MPP).

12- تقنية التحكم بالتيار الخطي:

(Linear current control)

تعتمد هذه التقنية [14] على حقيقة العلاقة الخطية بين التيار عند نقطة الاستطاعة العظمى I_{MPP} ومستوى الإشعاع الشمسي، يتم إيجاد قيمة التيار I_{MPP} بشكل آني عن طريق تحسس قيمة الإشعاع الشمسي ويتم استخدام متحكم لقيادة النظام حتى الوصول إلى قيمة I_{MPP} الموافقة لقيمة الإشعاع الشمسي المقاسة.

13-تقنية حساب التيار الأعظمي أو الجهد الأعظمي:

(I_{MPP} & V_{MPP}) Computation

يتم في هذه التقنية [12] حساب قيمة كلاً من الجهد والتيار لمصفوفة الخلايا الشمسية عند نقطة الاستطاعة العظمى (I_{MPP} & V_{MPP}) من خلال علاقة تتضمن قيمة كلاً من الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة بمصفوفة الخلايا الشمسية وعند الحصول على قيمة (V_{MPP}) أو قيمة (I_{MPP}) يقوم المتحكم بقيادة النظام لإجبار اللوح الشمسي للعمل عند نقطة الاستطاعة العظمى (MPP).

14-تقنية الملاحقة التي تعتمد على الحالة:

(State-Based MPPT)

تؤكد نتائج المحاكاة لهذه التقنية [8] أنها تقنية جيدة ومتينة ولا تتأثر بتغير بارامترات النظام و تستطيع هذه التقنية من إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى لمصفوفة الخلايا الشمسية (MPP) حتى في حالات الإضاءة غير المتجانسة والتي ينتج عنها وجود عدة قمم في مميزة الاستطاعة للوح الشمسي ولكن لا يوجد تطبيق عملي لهذه التقنية تؤكد النتائج التي تم الحصول عليها من المحاكاة.

15-تقنية تحكم الدورة الواحدة:

(Once Cycle Control)(OCC)

تعتمد هذه التقنية [1] على خواص اللوح الشمسي المستخدم وسرعتها جيدة في النقاط (MPP) ولكنها لا تعمل تماماً عند (MPP) وإنما بالقرب منها، في هذه التقنية يتم تغيير قيمة التيار الناتج عن مصفوفة الخلايا الشمسية حتى يتم الوصول إلى (MPP) وهذه التقنية تحتاج إلى عملية ضبط دورية لأنها تعتمد على خواص اللوح الشمسي المستخدم.

16-تقنية أفضل جهد ثابت:(BFV)(Best Fixed Voltage)

في هذه التقنية [15] يتم بناء قاعدة معطيات بناءً على قيم الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة بمصفوفة الخلايا الشمسية خلال عام حتى يتم إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) وهذه التقنية لا تستطيع إجبار اللوح الشمسي على العمل عند نقطة الاستطاعة العظمى تماماً وإنما بالقرب منها، ويجب بناء قاعدة معطيات جديدة من أجل كل منطقة جغرافية جديدة.

17-تقنية LRCM : (Linear Reoriented Coordinates Method)

يتم في هذه التقنية [16] قياس قيم تيار الدارة المقصورة (I_{sc}) وجهد الدارة المفتوحة (V_{oc}) وذلك من أجل حل علاقة مميزة بمصفوفة الخلايا الشمسية بشكل دوري وذلك من أجل الوصول إلى نقطة الاستطاعة العظمى (MPP)، إن نتائج المحاكاة لهذه التقنية أظهرت أن الخطأ الأعظمي في إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) تقريباً (0.3%).

18-تقنية التحكم المنزلق:(Slide Control)

عادة تستخدم هذه التقنية [9] مع مبدلة خافضة للجهد من أجل إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى (MPP)، تابع التقطيع (u) للمبدلة المستمرة يعتمد على حقيقة أن $(\frac{dP}{dV} > 0)$ على يسار

(MPP) و $(\frac{dP}{dV} < 0)$ على يمين (MPP) ويعبر عن (u) كالتالي:

$$\begin{array}{ll} u=0 & S \geq 0 \\ u=1 & S = 0 \end{array}$$

عندما (u=0) يعني هذا أن مفتاح المبدلة في حالة (off) و (u=1) يعني أن مفتاح المبدلة في حالة (on) و تعطى قيمة S بالعلاقة التالية:

$$(S = \frac{dP}{dV} = I + V \times \frac{dI}{dV})$$

في هذه التقنية يتم إيجاد (MPP) بسرعة جيدة وتحتاج إلى معرفة قيم كلاً من تيار وجهد اللوح الشمسي.

19-تقنية إعادة ترتيب مصفوفة الخلايا الشمسية:

(Array Reconfiguration)

هذه التقنية [12] تعتمد على خواص اللوح الشمسي ولا تستطيع إجبار اللوح الشمسي على العمل عند (MPP) تماماً وسرعتها بطيئة في التقاط نقطة الاستطاعة العظمى وباعتبارها تقنية معقدة لذلك لا تستخدم بشكل واسع.

2-2- مناقشة:

مع كل تقنيات الـ (MPPT) المتاحة لمستخدمي أنظمة الـ (PV) فإنه من غير الواضح كيفية اختيار التقنية التي تناسب التطبيق المستخدم، و أهم السمات التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند اختيار تقنية الـ (MPPT) المناسبة:

1- الوظيفة:

سهولة التوظيف والاستخدام هي من أهم العوامل في اختيار تقنية الـ (MPPT) المراد استخدامها وهذا يعتمد بشكل كبير على خبرة ومعرفة المستخدم حيث أن بعض التقنيات تكون جيدة ومألوفة في الدارات التشابيهية مثل (تيار الدارة المقصورة الجزئي - جهد الدارة المفتوحة الجزئي - RCC - زيادة تيار أو جهد الحمل) أما بقية التقنيات فيرغب باستخدامها في الدارات الرقمية و على الرغم من أن هذه الدارات تحتاج إلى برمجة إلا أن اختيار المستخدمين يقع على هذه التقنيات و منها (تقنية تسلق الهضبة و (P&O) - (IncCond) - التحكم المنطقي الضبابي - الشبكات العصبونية) علاوة على ذلك فإن بعض تقنيات الـ (MPPT) تطبق في بعض الدراسات الهندسية الخاصة مثل طريقة التحكم بدلالة مكثف الوصلة المستمرة.

2- الحساسات:

إن عدد الحساسات المطلوبة لعمل منظومة الـ (MPPT) يؤثر على اختيار المنظومة , في أغلب الأحيان يكون من السهل والأكثر وثوقية قياس الجهد بدلا من قياس التيار علاوة على ذلك إن مقاييس التيار تكون عادة غالية و ضخمة و هو ما يمكن أن يكون غير مناسب في الأنظمة التي تتكون من عدة مصفوفات (PV) مع دارات ملاحقة (MPP) مفصلة. أيضا من الصعب إيجاد حساسات لقياس شدة الإشعاع الشمسي كما هو مطلوب في بعض التقنيات.

3- التكلفة:

التكلفة المادية في تطبيق وتوظيف تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى تختلف من تقنية إلى أخرى وذلك تبعاً لخوارزمية التحكم المستخدمة ومعطيات الدخل المراد قياسها وعدد وكلفة العناصر المطلوبة وأيضاً يوجد فرق بين التقنيات الرقمية والتقنيات التشابيهية وذلك لأن التقنيات الرقمية تحتاج إلى برمجة لذلك تكون عادة أغلى من التقنيات التشابيهية.

4- التطبيق:

إن العديد من تقنيات الـ (MPPT) تناسب العديد من التطبيقات المختلفة , فمثلاً تقنيات (تسلق القيمة (P&O) - (IncCond- RCC) تكون ملائمة من أجل التطبيقات التي نحتاج فيها إلى النقاط نقطة الاستطاعة العظمى في زمن قصير و لا تحتاج إلى ضبط دوري. العربات و

المركبات الشمسية تحتاج إلى تقنيات تلتقط الـ (MPPT) بسرعة كبيرة وفي مثل هذه الحالة فإن تقنيات (التحكم المنطقي الضبابي - الشبكات العصبونية - RCC) تكون ملائمة و من المعلوم أن حمل العربات الشمسية هو بطارية لذلك فإن تقنية زيادة جهد أو تيار الحمل تؤخذ بعين الاعتبار أيضا.

يتضمن الجدول (3) معظم خصائص تقنيات الـ (MPPT) [1] وهو يساعد المستخدمين في اختيار التقنية الملائمة للتطبيق المطلوب حيث يتضمن خصائص كل تقنية من حيث اعتمادها على مصفوفة الخلايا الشمسية أولاً وفيما إذا كانت تقنية (MPPT) حقيقية (مضبوطة) أو لا (عندما تكون التقنية حقيقية فإن النظام يعمل عند نقطة الاستطاعة العظمى تماماً و أما إذا كانت تقنية غير حقيقية فإن النظام يعمل أو يتأرجح حول نقطة الاستطاعة العظمى)، و الجدول يبين لنا نوع التقنية رقمية أو تشابهية و إذا كانت تحتاج إلى ضبط دوري ومن حيث سرعة الوصول إلى (MPP) ومن حيث تعقيد و صعوبة تنفيذ التقنية ومن حيث الثوابت التي يجب قياسها جهد أو تيار اللوح الشمسي أو كلاهما. لنأخذ مثلاً تقنية التشويش و المراقبة أو تسلق الهضبة حيث نجد أنها لا تعتمد على مصفوفة الخلايا الشمسية و أنها تقنية (MPPT) حقيقية و يمكن أن تكون رقمية أو تشابهية و لا تحتاج إلى ضبط دوري و سرعتها بالوصول إلى (MPP) متفاوتة وهي تقنية بسيطة و يجب فيها تحسس قيم كلا من جهد و تيار اللوح الشمسي.

2-2- مقارنة بين تقنية التشويش والمراقبة وتقنية التحكم المنزلق:

تقنية التشويش والمراقبة مشابهة لتقنية التحكم المنزلق من عدة نواحي نذكر منها أن كلا التقنيتين لا تعتمدان على خواص اللوح الشمسي المستخدم وتستطيعان التقاط نقطة الاستطاعة العظمى الحقيقية بسرعة جيدة ولا تحتاجان إلى عملية ضبط دورية ويجب قياس قيمة جهد و تيار اللوح الشمسي كمعطيات دخل لإيجاد نقطة الاستطاعة العظمى، لكن نجد أن تقنية التشويش والمراقبة أبسط من تقنية التحكم المنزلق وذلك لأن خوارزمية التحكم المستخدمة في تقنية التشويش والمراقبة أبسط من الخوارزمية المستخدمة في تقنية التحكم المنزلق ولذلك فإن تقنية التشويش والمراقبة تكون أقل كلفة مادية، من ناحية أخرى نجد أن تقنية التحكم المنزلق تستخدم عادة مع المبدلات الخافضة للجهد بينما تقنية التشويش والمراقبة يمكن استخدامها مع مبدلات خافضة للجهد أو مبدلات رافعة للجهد وذلك تبعاً للتطبيق المطلوب أي أن تقنية التحكم المنزلق تستخدم من أجل تطبيقات محددة، باعتبار أن تقنية التشويش والمراقبة تقنية بسيطة ويمكن تغيير

خوارزمية التحكم لها وضبطها بسهولة لذلك نجد من الممكن تطبيق هذه التقنية بشكل رقمي أو بشكل تشابهي بينما تقنية التحكم المنزلق تطبق بشكل رقمي فقط.

MPPT Technique	PV Array Dependent?	True MPPT?	Analog or Digital?	Periodic Tuning?	Convergence Speed	Implementation Complexity	Sensed Parameters
Hill-climbing/P&O	No	Yes	Both	No	Varies	Low	Voltage, Current
IncCond	No	Yes	Digital	No	Varies	Medium	Voltage, Current
Fractional V_{OC}	Yes	No	Both	Yes	Medium	Low	Voltage
Fractional I_{SC}	Yes	No	Both	Yes	Medium	Medium	Current
Fuzzy Logic Control	Yes	Yes	Digital	Yes	Fast	High	Varies
Neural Network	Yes	Yes	Digital	Yes	Fast	High	Varies
RCC	No	Yes	Analog	No	Fast	Low	Voltage, Current
Current Sweep	Yes	Yes	Digital	Yes	Slow	High	Voltage, Current
DC Link Capacitor Droop Control	No	No	Both	No	Medium	Low	Voltage
Load I or V Maximization	No	No	Analog	No	Fast	Low	Voltage, Current
dP/dV or dP/dI Feedback Control	No	Yes	Digital	No	Fast	Medium	Voltage, Current
Array Reconfiguration	Yes	No	Digital	Yes	Slow	High	Voltage, Current
Linear Current Control	Yes	No	Digital	Yes	Fast	Medium	Irradiance
I_{MPP} & V_{MPP} Computation	Yes	Yes	Digital	Yes	N/A	Medium	Irradiance, Temperature
State-based MPPT	Yes	Yes	Both	Yes	Fast	High	Voltage, Current
OCC MPPT	Yes	No	Both	Yes	Fast	Medium	Current
BFV	Yes	No	Both	Yes	N/A	Low	None
LRCM	Yes	No	Digital	No	N/A	High	Voltage, Current
Slide Control	No	Yes	Digital	No	Fast	Medium	Voltage, Current

الجدول (3)

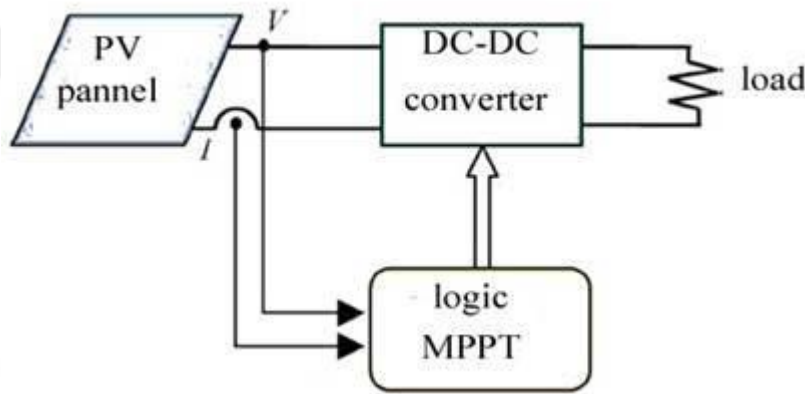
الفصل الثالث

الأجزاء الرئيسية المكونة للنظام

3-1-الأجزاء الرئيسية المكونة للمنظومة:

يبين الشكل (16) المخطط صندوقي المبسط لمنظومة تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية والمتحكم بها عن طريق دائرة (MPPT) والتي تتألف من:

- اللوح الشمسي.
- مبدلة مستمرة (DC-DC Converter).
- حمل.
- دائرة (MPPT) رقمية.

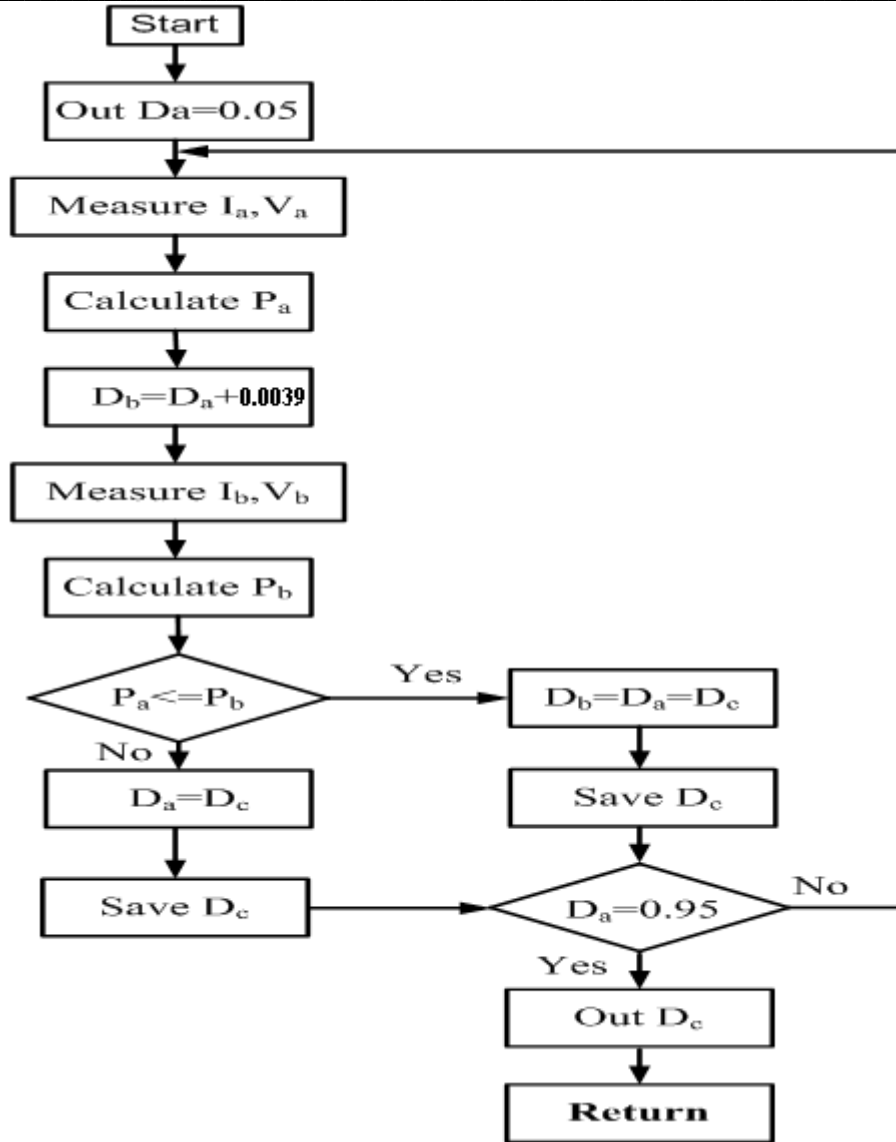


الشكل (16)المخطط العام للمنظومة

3-2-آلية عمل المنظومة:

يتم قيادة النظام بواسطة دائرة (MPPT) الرقمية حيث في البداية تولد هذه الدارة نبضات مربعة وقيمة دورة التشغيل لها $(D = 0.05)$ حيث أن $(D = \frac{T_{on}}{T})$ والتي تطبق بدورها على المبدلة المستمرة (DC-DC Converter) التي تعد كحمل للوح الشمسي ثم يتم قياس قيم كل من جهد وتيار اللوح الشمسي ومن ثم يتم حساب قيمة استطاعة اللوح الشمسي بواسطة دائرة (MPPT) $(P_{PV} = I_{PV} \times V_{PV})$, ثم بعد ذلك يتم زيادة قيمة دورة التشغيل (D) المطبقة على المبدلة المستمرة بخطوة (0.0039) ويتم قراءة قيم جديدة لتيار و جهد خرج اللوح الشمسي وحساب الاستطاعة حيث تتم مقارنة الاستطاعة الجديدة التي حصلنا عليها مع الاستطاعة السابقة حيث تقوم دائرة (MPPT) بحفظ الاستطاعة الأكبر و قيمة (D) الموافقة وبعد ذلك يتم زيادة (D) وإيجاد قيم جديدة للاستطاعة و إجراء المقارنات و حفظ القيم الأكبر و تستمر هذه العملية حتى

نصل إلى قيمة دورة التشغيل ($D = 0.95$) وبذلك نكون قد أجرينا عملية مسح لكامل مميزة اللوح الشمسي. بعد عملية المسح تقوم دائرة (MPPT) بتطبيق نبضات التحكم التي حصلنا عندها على أعلى استطاعة ممكنة من اللوح الشمسي على المبدلة المستمرة، هذه التقنية تعد تطوير لتقنية (Perturb & Observe) وذلك لأننا قمنا بمسح مميزة الاستطاعة للوح الشمسي عن الطريق التأثير على قيمة دورة التشغيل (D) للنبضات المطبقة على المبدلة المستمرة. بما أن مميزة اللوح الشمسي غير ثابتة وتتغير تبعاً لتغير شدة الإضاءة ودرجة الحرارة لذلك فإنه يتم إعادة المسح لمميزة اللوح الشمسي كل مرة وبفاصل زمني محدد مقداره أربع دقائق وذلك لإيجاد نقطة الاستطاعة العظمى الجديدة (MPP) حيث تم اختيار أربع دقائق لدورة المسح وذلك لأن التغير بالإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة غير آني. يبين الشكل (17) المخطط الانسيابي لآلية عمل دائرة (MPPT).



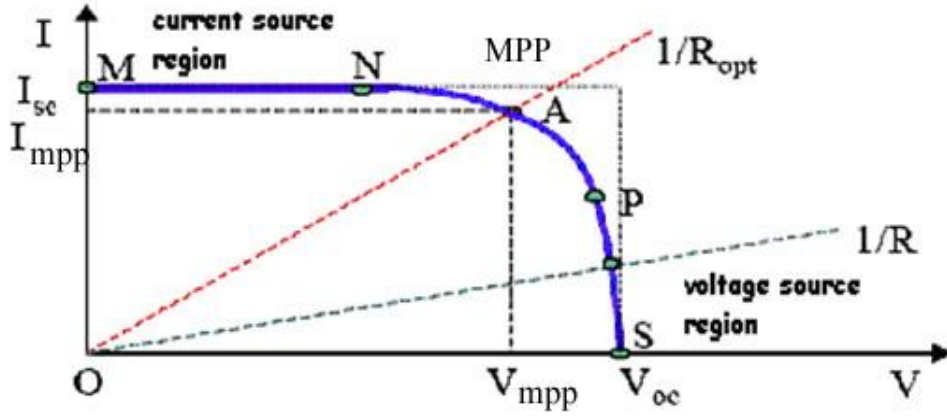
الشكل (17) المخطط الانسيابي لعمل دائرة (MPPT)

3-3-اللوح الكهروضوئي (PV):

يولد اللوح الشمسي الطاقة الكهربائية بواسطة التحويل المباشر للطاقة الشمسية ويتكون من خلايا شمسية مربوطة مع بعضها البعض على التسلسل أو على التفرع من أجل الحصول على جهود و تيارات خرج مناسبة.

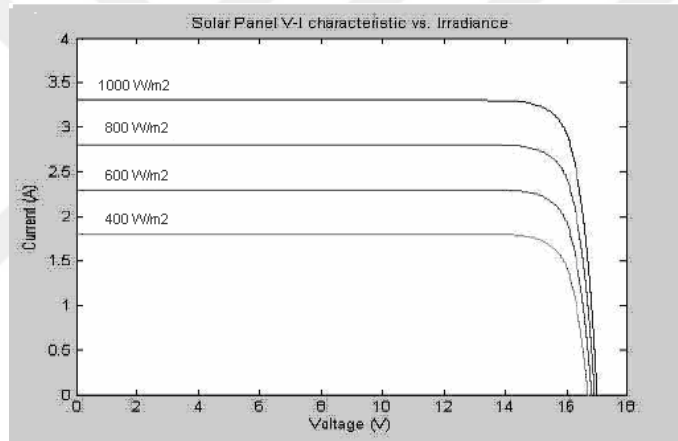
3-3-1-مميزة الفولت-أمبير للخلاية الشمسية:

إن ميزة الفولت- أمبير للخلاية الشمسية [17] غير خطية وهذا يجعل من الصعب تحديد نقطة الاستطاعة العظمى وهي موضحة بالشكل(18):



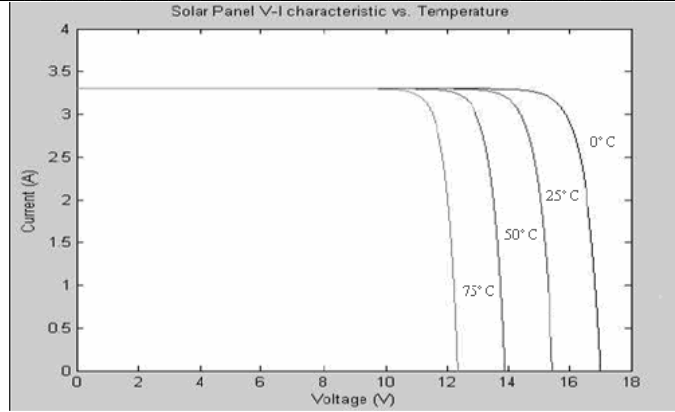
الشكل (18) مميزة الفولت- أمبير للخلية الشمسية

إن مميزة الفولت - أمبير للوح الشمسي تتغير تبعاً لتغيرات شدة الإضاءة (الإشعاع) [17] كما يظهر بالشكل (19).



الشكل (19) تغير مميزة الفولت- أمبير للوح الشمسي (36 خلية على التسلسل) تبعاً لتغيرات شدة الإضاءة

وتتغير مميزة الفولت - أمبير للوح الشمسي تبعاً لتغيرات درجة الحرارة [17] كما يظهر بالشكل (20) حيث نتيجة الزيادة في درجة الحرارة سوف ينخفض جهد خرج اللوح الشمسي وذلك بسبب انخفاض قابلية الحركة لزوج إلكترون-ثقب في مادة نصف الناقل.

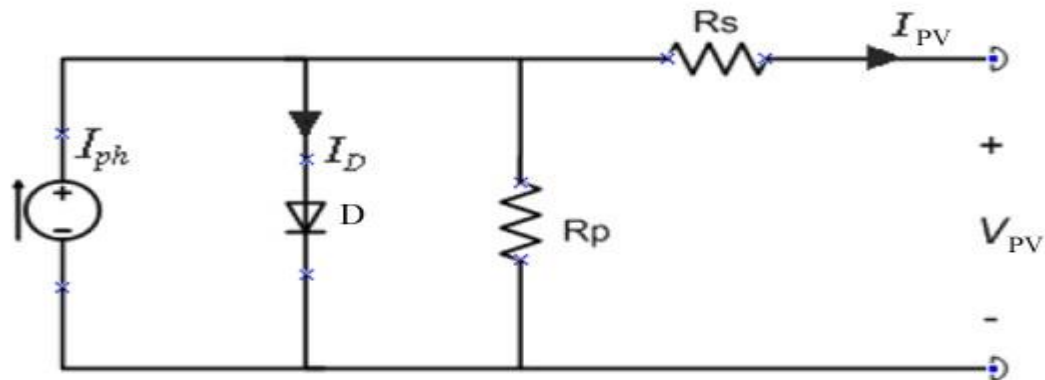


الشكل (20) تغير مميزة الفولت- أمبير للوح الشمسي (36 خلية على التسلسل) تبعا لتغيرات درجة الحرارة

3-3-2-النموذج الكهربائي للخلية الشمسية:

إن الدارة المكافئة والمبسطة للخلية الشمسية [18] تتألف من ثنائي ومنبع تيار مربوطين على التفرع حيث أن التيار الضوئي الذي ينتج عندما تسقط أشعة الشمس على الخلية الشمسية يكافئ بالمنبع ومنطقة المتصل PN في الخلية الشمسية تكافئ بالثنائي.

إن الدارة المبسطة المكافئة للخلية الشمسية لا تعطي تمثيل صحيح للعملية الكهربائية داخل الخلية الشمسية حيث أنه في الخلية الشمسية الحقيقية يوجد ضياعات في التيار والجهد وهذه الضياعات تكافئ بمقاومة تسلسلية R_s ومقاومة تفرعية R_p وتصبح الدارة المكافئة للخلية الشمسية كما بالشكل (21).



الشكل (21) الدارة المكافئة للخلية الشمسية الحقيقية

3-3-3-النموذج الرياضي للخلية الشمسية:

إن التيار المار خلال الخلية الشمسية [18] يعطى بالعلاقة (17):

$$I_{pv} = I_{ph} - I_S \cdot (e^{\frac{V_{pv}}{V_T}} - 1) \quad (17)$$

I_{pv} : تيار الخلية الشمسية.

I_S : تيار الإشباع العكسي للثنائي.

V_{pv} : جهد الخلية الشمسية.

V_T : الجهد الحراري.

I_{ph} : التيار الضوئي.

نلاحظ أن هذه العلاقة بسيطة حيث أنها لا تحوي عامل المثالية للثنائي (m). والتيار الضوئي (I_{ph}) على الأغلب يكون مستقل عن الجهد المطبق والتيار (I_S) هو تيار الإشباع للثنائي. إن تيار الدارة المقصورة (I_{SC}) هو التيار الناتج عند عدم تطبيق جهد وهذا التيار [18] يساوي:

$$I_{SC} = I_{ph} \quad (18)$$

جهد الدارة المفتوحة (V_{OC}) هو الجهد الناتج عندما يكون التيار مساوياً للصفر.

$$V_{OC} = V_T \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_S} + 1\right) \approx V_T \ln\left(\frac{I_{ph}}{I_S}\right) \quad (19)$$

والاستطاعة الكلية تعطى بالعلاقة (20):

$$P_{pv} = V_{pv} \times I_{pv} = I_{ph} \cdot V_{pv} - I_S \cdot V_{pv} \cdot (e^{\frac{V_{pv}}{V_T}} - 1) \quad (20)$$

ومن المعلوم أننا نحصل على الاستطاعة العظمى عندما:

$$\frac{dP_{pv}}{dV_{pv}} = 0 \quad (21)$$

ومنه من الممكن الحصول على قيمة الجهد الأعظمي (V_{MPP}) والتيار الأعظمي (I_{MPP})

$$\frac{dP_{pv}}{dV_{pv}} = 0 = I_{ph} - I_S \cdot (e^{\frac{V_{MPP}}{V_T}} - 1) - \frac{I_S \cdot V_{MPP}}{V_T} \cdot e^{\frac{V_{MPP}}{V_T}} \quad (22)$$

ومن علاقة الاستطاعة العظمى يمكن أن نكتب:

$$V_{MPP} = V_{OC} - V_T \cdot \ln \left[1 + \frac{V_{MPP}}{V_T} \right] \quad (23)$$

حيث أن (V_{MPP}) الجهد الأعظمي يمكن أن يحسب بحل العلاقة السابقة عندما يكون (V_{oc}) معلوم. ولدينا التيار الأعظمي:

$$I_{MPP} = I_{ph} - I_S \cdot \left(e^{\frac{V_{MPP}}{V_T}} - 1 \right) \quad (24)$$

والاستطاعة العظمى تكون بالشكل:

$$P_{MPP} = I_{MPP} \times V_{MPP} \approx -I_{ph} \cdot \left(1 - \frac{V_T}{V_{MPP}} \right) (V_{OC} - V_T \ln(1 + \frac{V_{MPP}}{V_T}))$$

$$P_{MPP} \approx -I_{ph} \cdot (V_{OC} - V_T \ln(1 + \frac{V_{MPP}}{V_T})) - \frac{V_{OC} \cdot V_T}{V_{MPP}} \quad (25) \quad [18]$$

وهناك عوامل أخرى تدخل بالتمثيل الرياضي للخلية الشمسية وهي عامل الملئ (FF) [17] وهو نسبة الاستطاعة العظمى إلى $(I_{sc} \cdot V_{OC})$

$$FF = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \quad (26)$$

وفعالية التحويل [17] وهي نسبة استطاعة خرج الخلية الشمسية إلى الاستطاعة الشمسية الساقطة على سطح الخلية الشمسية:

$$\eta = \frac{V_{MPP} \cdot I_{MPP}}{P_{in}} = FF \frac{V_{OC} I_{SC}}{P_{in}} \quad (27)$$

من المعروف أن كل زيادة في درجة الحرارة يقابله زيادة في قيمة تيار الدارة المقصورة I_{SC} مقداره (6.6mA) ونقصان في جهد الدارة المفتوحة V_{OC} مقداره (2.3mV) وبالتالي فإن زيادة درجة الحرارة سوف تؤثر على قيمة عامل الملئ وفعالية التحويل للخلية الشمسية وتؤدي إلى نقصان قيمتهما بنفس المقدار الذي يتناقص به V_{OC} تقريباً وهذا يؤدي إلى خفض القدرة الكهربائية المقدمة من اللوح الشمسي.

إن الخلية الشمسية لا تكفي من أجل تشكيل لوح شمسي لذلك عادةً يتم تجميع الخلايا بشكل تسلسلي وتفرعي من أجل الحصول على ألواح شمسية باستطاعات مقبولة وغالباً يقوم المصنعون بتجميع 36 خلية شمسية على التسلسل من أجل الحصول على اللوح الشمسي.

4-3-المبدلة DC-DC:

تستخدم المبدلة [19] من أجل ملائمة الممانعة بين المنبع و الحمل و ذلك لكي تجبر اللوح الشمسي على العمل عند أعلى استطاعة. إن المبدل (DC-DC) يستطيع إعطاء جهد خرج مستمر متغير من جهد دخل مستمر ثابت و بالاعتماد على متطلبات جهد الخرج فإن جهد الخرج (V_o) يمكن أن يكون أصغر أو أعلى من جهد الدخل ومن أجل هذا فإن مبدلة (DC-DC) يمكن أن تصنف إلى عدة أصناف :

a. خافض الجهد ويدعى (Buck Converter أو Step-down)

b. رافع الجهد ويدعى (Boost Converter أو Step-up)

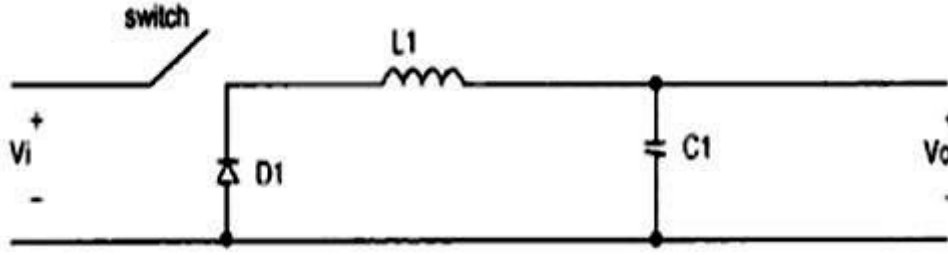
وهناك أنواع أخرى من المبدلات مثل:

(Full Bridge DC-DC) و (Buck- Boost Converter) و (CUK DC-DC).

و هذه المبدلات تستخدم في التطبيقات التي تتطلب مواصفات محددة.

4-3-1-DC Buck Converter:

الدارة الأساسية [9] لهذه المبدلة ظاهرة بالشكل (22) :



الشكل (22) المبدلة الخافضة للجهد

إن المفتاح يفتح و يغلق دائرة الدخل و بالتالي فإن الجهد على مهبط الثنائي (D_1) يملك شكل إشارة مربعة و التي ترشح بواسطة مرشح (L_1C_1) عالي الفعالية و الذي ينتج جهد مستمر في الخرج يساوي القيمة المتوسطة للموجة المربعة. القيمة المتوسطة للجهد المربع يمكن أن تصلح للتحكم بطول فترة الإغلاق و الفتح ($T_{ON} - T_{OFF}$) للمفتاح و إشارة التحكم بالمفتاح عادة تملك زمن محدد و ثابت (T) ودورة التشغيل (D) تعطى بالعلاقة [9] :

$$D = \frac{T_{ON}}{T} \quad (28)$$

عندما المفتاح يكون (ON) فإن التيار يعبر خلال الملف و الثنائي يكون في حالة التحييز العكسي و الملف يخزن القدرة و عندما المفتاح يصبح في وضع (OFF) فإن التيار يستمر بالمرور خلال الحمل مما يجبر الثنائي على أن يصبح في وضع (ON) خلال الزمن (T_{OFF}). على اعتبار أن المفتاح مثالي و جهد الدخل ثابت و لحظي و مقاومة الحمل مثالية فإن متوسط جهد الخرج يعطى بالعلاقة [9] :

$$V_o = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T V_i(t) dt = D.V_i \quad (29)$$

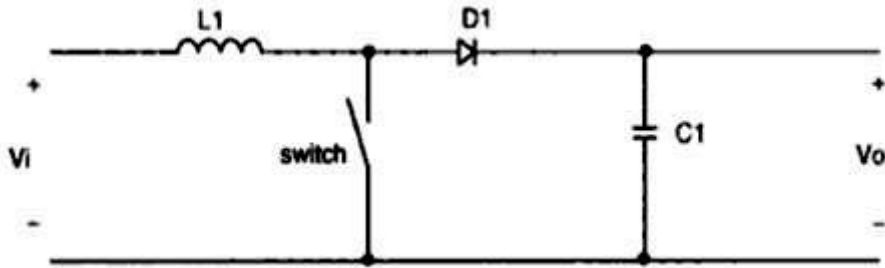
إن جهد خرج المبدل يمكن أن يضبط على قيمة محددة و ذلك بالاختيار الصحيح لقيمة دورة التشغيل, وعلى اعتبار أن مبدل (DC-DC) مثالي ولا يوجد ضياعات بالطاقة وفعالية اللوح الشمسي تساوي (1) فإن استطاعة الدخل يجب أن تساوي استطاعة الخرج:

$$\begin{aligned} P_i &= P_o \\ V_i I_i &= V_o I_o \\ \frac{V_o}{V_i} &= D = \frac{I_i}{I_o} \end{aligned} \quad (30)$$

في تطبيقات الـ PV فإن مبدلات (Buck DC-DC) تستخدم كمزود طاقة مستمر (DC) ورغم أن جهد الدخل متغير و يعتمد على درجة الحرارة و الإشعاع فإن جهد الخرج يبقى ثابتا.

:DC-DC Boost Converter-2-4-3

إن الدارة الأساسية لهذه المبدلة [19] تظهر بالشكل (23) :



الشكل (23) المبدلة الرافعة للجهد

إن الدارة تملك نفس عناصر المبدلة الخافضة للجهد لكن قد رتبت بشكل مختلف وحالة المفتاح تقاد بواسطة إشارة تحكم بزمان محدد (T) و دورة التشغيل (D) متغيرة. إن جهد الخرج

(V₀) في المبدلة يكون دوماً أكبر من جهد الدخل (V_i) فعندما يكون المفتاح في وضعية (ON) يكون الثنائي في حالة التحيز العكسي وتكون المكثفة فقط موصولة للخرج.

يخزن الملف قدرة من الدخل ويكون جهد الدخل [19] :

$$V_i = L_1 \frac{dI_{L_1}}{dt} \quad (31)$$

حيث (I_{L₁}) هو تيار الملف.

تستخدم هذه المبدلات عادةً بتردد ساعة أكبر بكثير من تردد تغيير جهد الدخل والخرج وبالتالي يكون لدينا:

$$I_{L_1}(T_{ON}) - I_{L_1}(0) = T_{ON} \frac{V_i}{L_1} \quad (32)$$

عندما يكون المفتاح في وضعية (OFF) فإن الثنائي يدخل إلى حالة الناقلية وتنقل القدرة للمكثفة وللخرج من الملف ومن منبع الدخل V_i وبالتالي [19] :

$$V_i - V_o = L_1 \frac{dI_{L_1}}{dt} \quad (33)$$

$$I_{L_1}(T) - I_{L_1}(T_{ON}) = T_{OFF} \frac{V_i - V_o}{L_1} \quad (34)$$

بتطبيق شروط الدورية والاستمرارية على تيار الملف يكون:

$$\frac{V_i}{L_1} T_{ON} = \frac{V_i - V_o}{L_1} T_{OFF} \quad (35)$$

أخيراً نجد أن العلاقة بين جهد الدخل والخرج كتابع لدورة التشغيل:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{T}{T_{OFF}} = \frac{1}{1 - D} \quad (36)$$

على اعتبار أن المبدلة (DC-DC) مثالية ولا يوجد ضياعات في الطاقة وأن عامل الفعالية للوح الشمسي يساوي الواحد فإن استطاعة الدخل يجب أن تساوي استطاعة الخرج .

$$\begin{aligned} P_i &= P_o \\ V_i I_i &= V_o I_o \\ \frac{I_o}{I_i} &= (1 - D) \end{aligned} \quad (37)$$

كما في حالة خافضات الجهد فإنه من الممكن ضبط جهد الدخل V_i عند نقطة الاستطاعة العظمى لـ PV تبعاً لجهد الخرج المطلوب V_o وذلك بواسطة الاختيار الصحيح لـ (D) .
عندما يتم استخدام مبدلة (DC-DC) في دارات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى فإن إشارة التحكم يجب أن تولد من أجل التحكم بالمفتاح وعادةً هذه الإشارة تولد باستخدام تقنيات تعديل عرض النبضة (PWM) وإضافة دارة تحكم للمبدل من أجل توليد إشارة التحكم بالمفتاح ودارة التحكم يجب أن تضبط عرض النبضة لإشارة التحكم بالمفتاح من أجل ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى .

الفصل الرابع

الدراسة التصميمية للنظام

المحاكاة والتنفيذ العملي

الدراسة التصميمية للنظام :

لقد قمنا بتصميم و نمذجة مختلف أجزاء هذه المنظومة باستخدام الحاسب وذلك بالاعتماد على برنامج (PROTUES) و (MATLAB).

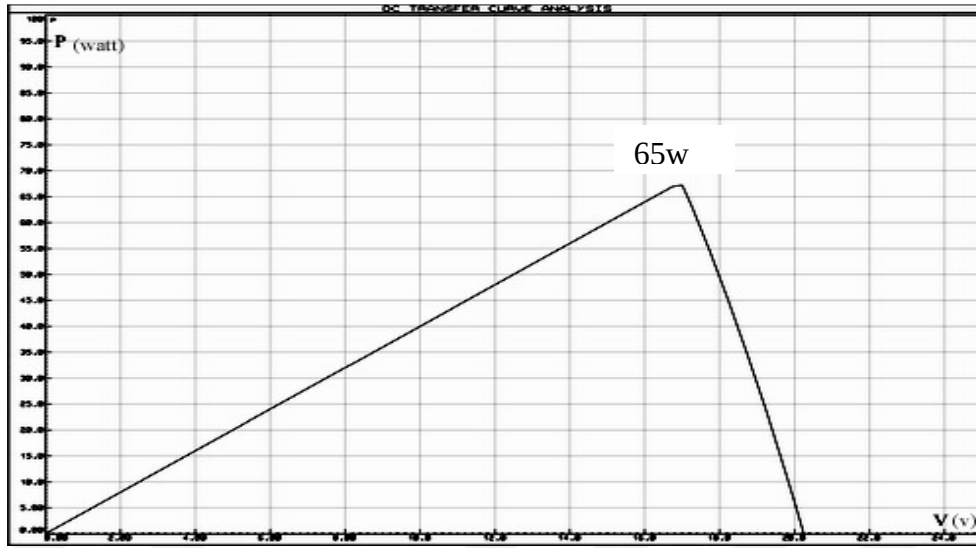
4-1-اللوحة الشمسية:

إن نموذج اللوحة الشمسية الذي قمنا ببنائه ضمن بيئة (PROTUES) يحتوي على (36) خلية شمسية سيليكونية موصولة على التسلسل و قد تم نمذجة الخلايا الشمسية بحيث حصلنا على مميزة فولت أمبير مطابقة لمميزة اللوحة الشمسية الحقيقي ونتائج المحاكاة لهذا النموذج تؤكد دقته حيث أن استطاعة اللوحة الشمسية العظمى ($P_{MPP} = 65\text{watt}$) ويؤمن تيار خرج (4A) من أجل إضاءة ($1000 \frac{W}{m^2}$) ودرجة حرارة ($25C^{\circ}$).

الشكل (24) يبين مميزة الفولت أمبير و مميزة الاستطاعة للوحة الشمسية الممنذج وهي مطابقة لمميزة اللوحة الشمسية الحقيقي.



الشكل (24-A) مميزة الفولت أمبير لنموذج اللوحة الشمسية

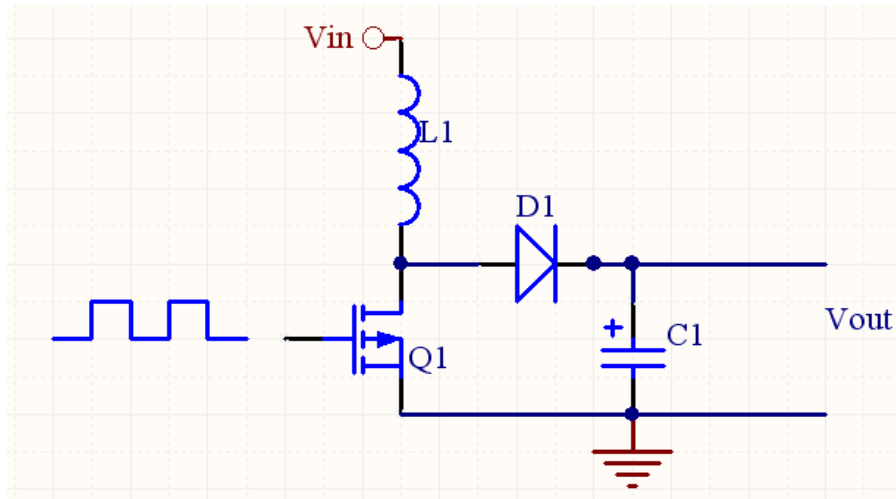


الشكل (24-B) يوضح مميزة الاستطاعة لنموذج اللوح الشمسي

الشكل (24)

2-4-المبدلة الرافعة للجهد (DC-DC Boost Converter):

قمنا باختيار هذه المبدلة كحمل للوح الشمسي على اعتبار جهد الخرج المطلوب أكبر من الجهد الأسمي للوح الشمسي المستخدم.
يبين الشكل (25) دائرة المبدلة:

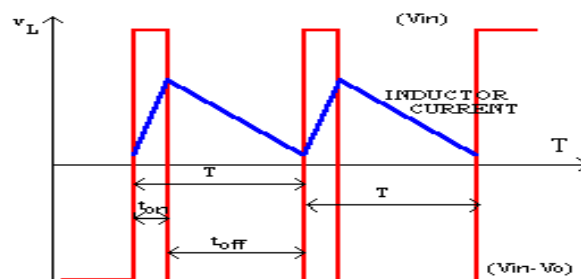


الشكل (25) دائرة المبدلة الرافعة للجهد

النقطة المهمة خلال تصميم المبدلة هي نوع الملفات التي يجب أن تستخدم حيث في أغلب التصاميم يتم الأخذ بعين الاعتبار كلا من جهد الدخل و جهد الخرج و تيار الحمل بينما لا يؤخذ بعين الاعتبار كلا من الناقلية و تيار الموجة (هو الفرق بين تيار الملف الأعظمي (i_{pk}) والأصغري (i_o)) حيث أن العلاقة بين الناقلية و تيار الموجة علاقة تناسب عكسية بمعنى آخر أنه إذا أردنا إنقاص تيار الموجة يجب زيادة قيمة الملف و هكذا من خلال التجارب يتم تحديد تيار الموجة تبعاً للقيمة التي تعطينا ناقلية معقولة. عندما تكون موجة التيار كبيرة هذا يعني أن التيار الأعظمي للملف (i_{pk}) يكون أكبر وهذا سوف يشكل ضغط أكبر على الترانزستور ومنه عندما يتم اختيار الملف يجب أن يكون تيار الإشباع للملف أكبر من (i_{pk}) ومن ناحية أخرى فإن الترانزستور يجب أن يكون قادراً على استيعاب تيار أعظمي أكبر من (i_{pk}) [20].

يجب أن يلاحظ أنه عندما يتم استخدام حمل صغير فإن المبدلة سوف تعمل في نظام العمل المتقطع حيث الملف يفرغ كامل تياره في كل دورة. وعندما يتم وصل الحمل مرة أخرى فإن الملف سوف يخزن طاقة من جديد وإن زيادات دورة التشغيل للترانزستور (D) سوف تجر الملف للاتصال مع الأرض و بسبب الزيادات في دورة التشغيل (D) فإن جهد الخرج (V_{out}) سوف ينخفض في حين أننا نحن نحتاج إلى رفع جهد الخرج و هذا يسبب حالة عدم الاستقرار الموجودة في المبدلات الرافعة للجهد (Boost Converters) وهذه الحالة غير موجودة في المبدلات الخافضة للجهد (Buck Converters).

إن الطريقة الوحيدة للتغلب على حالة عدم الاستقرار الموجودة في المبدلات الرافعة للجهد تتم عن طريق استخدام ملف ذو قيمة كبيرة بشكل كافٍ عندها سيكون تيار الموجة ($\Delta i = i_{pk} - i_o$) أكبر بمرتين من تيار الحمل الأصغري و عندما يتحقق هذا الشرط فإن الملف سوف يستمر بالعمل في نمط العمل المستمر حيث أن الملف لا يفرغ كامل تياره في كل دورة كما هو موضح بالشكل (26) [20].



الشكل (26) نظام العمل المستمر للملف

وهذا يمكن أن يعبر عنه بالعلاقة التالية [20]:

$$L_1 = \frac{(V_{out} - V_{in} + V_D)(1 - D)}{(I_{out(min)})F} \quad (38)$$

حيث أن:

L_1 : قيمة الملف.

V_{out} : جهد خرج المبدلة الرافعة للجهد.

V_{in} : جهد دخل المبدلة الرافعة للجهد.

V_D : الجهد الهابط على التثائي.

$I_{out(min)}$: تيار الحمل الأصغري.

F : قيمة تردد نبضات التحكم (PWM).

• حساب قيمة الملف (L_1):

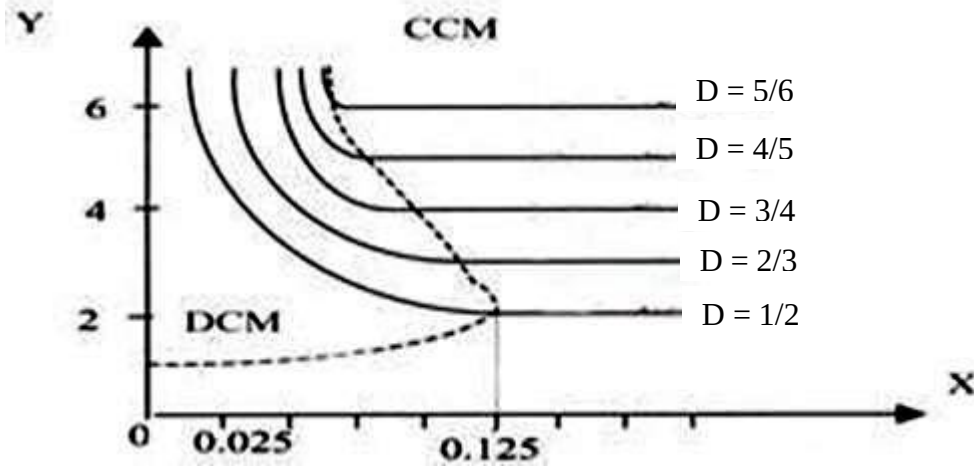
بفرض أن قيمة تيار الخرج (I_{out}) التي يمكن الاستفادة منها هي بين (0.2-4) أمبير ولدينا العلاقة.

$$I_{out(min)} = \left(\frac{V_{in}}{2.L_1.F}\right)\left(\frac{V_{in}}{V_{out}}\right)\left(1 - \frac{V_{in}}{V_{out}}\right) \quad (39)$$

$$Y = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad X = \frac{L_1.F.I_{out}}{V_{in}} \quad \text{بفرض أن:}$$

$$X_{min} = \frac{(Y-1)}{2.Y^2} \quad \text{و منه فإن:}$$

و من منحني المميزات الساكنة لمبدلة رافعة للجهد نموذجية المبينة بالشكل (27) [20] نجد أن القيمة الصغرى لـ (X) التي تفصل منطقة نمط العمل المستمر (CCM) و منطقة نمط العمل المتقطع (DCM) هي ($X_{min} = 0.125$) عندها يكون $I_{out} = I_{out(min)}$



الشكل (27) منحنى المميزات الساكنة لمبدلة رافعة للجهد نموذجية

أي أن: $F = 31.25\text{KHZ}$ $V_{in} = 18\text{v}$ $I_{out} = I_{out(\min)} = 0.2\text{A}$

و منه فإن: $L_1 = 360\mu\text{H}$ $\Rightarrow X_{\min} = \frac{(L_1 \cdot F \cdot I_{out(\min)})}{V_{in}}$

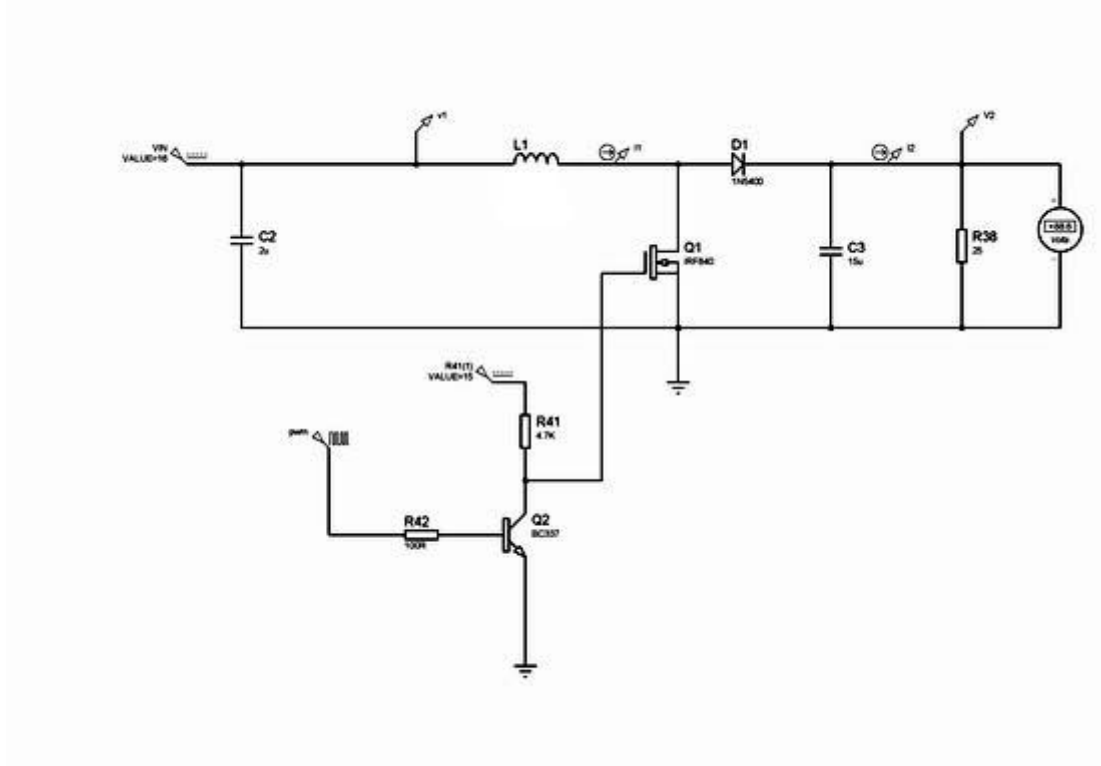
• حساب قيمة المكثف (C_1):

لدينا من العلاقة التالية [20]: $R_L \times C_1 \gg T$ (40)

و منه نجد $C_1 \gg \frac{T}{R_L}$

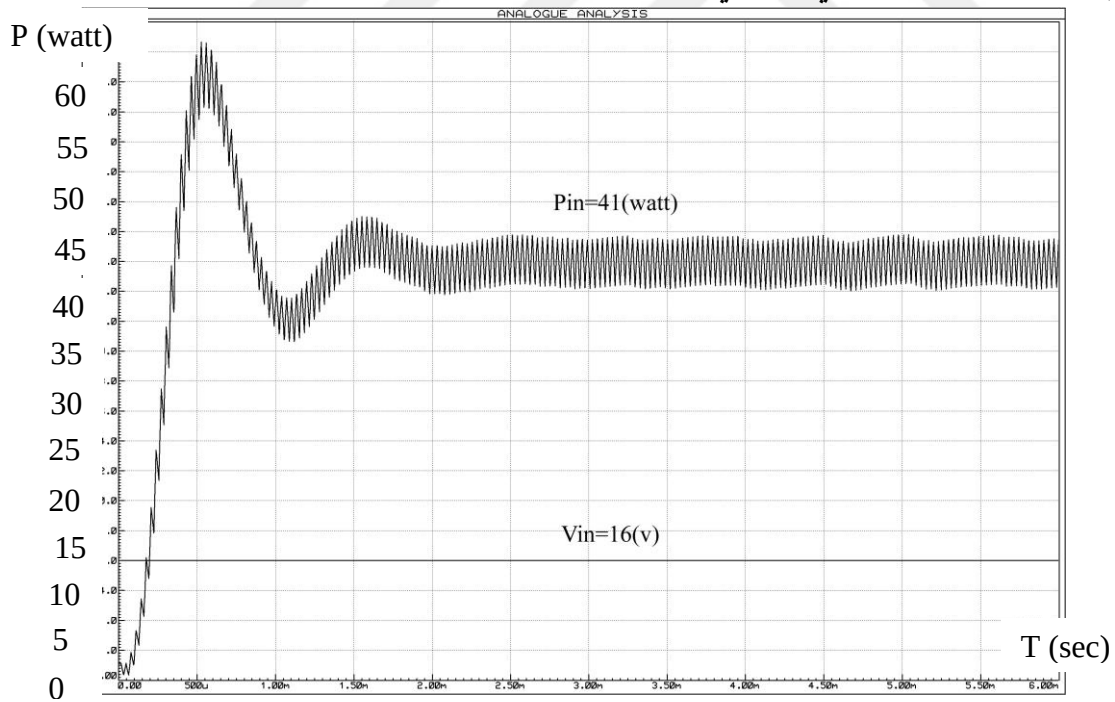
حيث أن الدور $T = 32\mu\text{Sec}$ و مقاومة الحمل $R_L = 25\Omega$ و منه تكون قيمة المكثف $C_1 \gg 1.28\mu\text{F}$ وقد تم اختيار قيمة المكثف $C_1 = 35\mu\text{F}$.

و يبين الشكل (28) المبدلة الرافعة للجهد التي قمنا بنمذجتها حيث أن جهد الدخل المطبق على دخل المبدلة ($V_{in} = 16\text{v}$) ودورة التشغيل ($D = 0.5$).



الشكل (28) المبدلة الرافعة للجهد المنمذجة مع حمل أومي

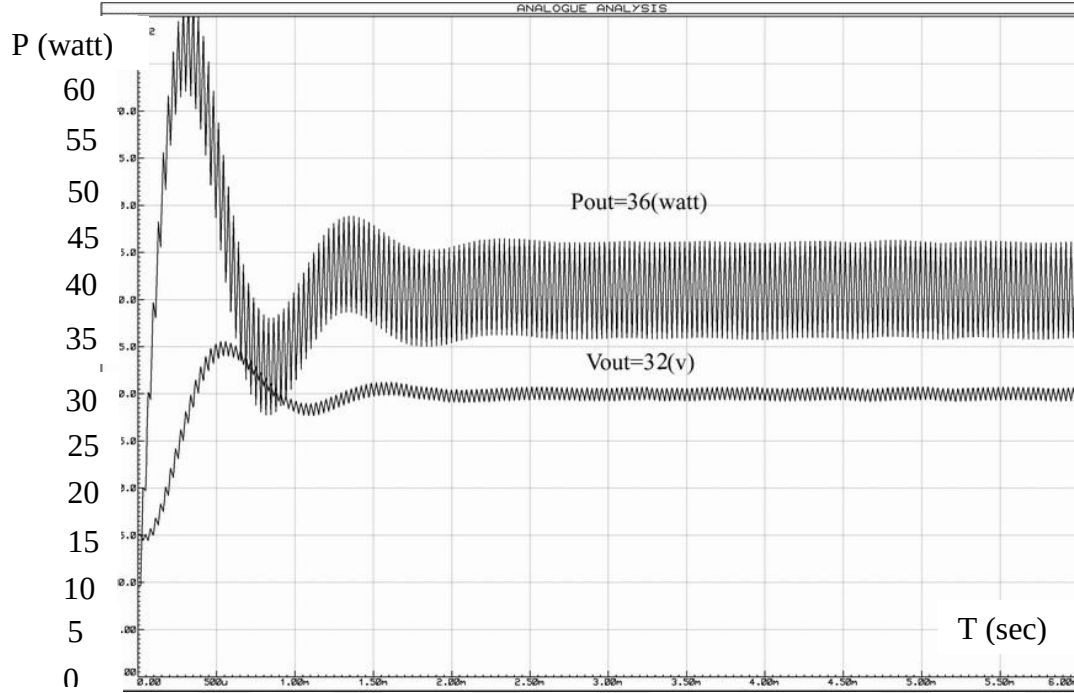
ويبين الشكل (29) المنحني التمثيلي لاستطاعة وجهد دخل المبدلة الرافعة للجهد المنمذجة



الشكل (29) منحني استطاعة و جهد دخل المبدلة الرافعة للجهد بدلالة الزمن

يظهر الشكل (30) المنحني التمثيلي لاستطاعة وجهد خرج المبدلة الرافعة للجهد المنمذجة ومنه فإن مردود المبدلة:

$$\alpha = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{36}{41} = 0.878 = 87.8\%$$



الشكل (30) منحني استطاعة و جهد خرج المبدلة الرافعة للجهد بدلالة الزمن

3-4- المتحكم (Microcontroller):

تم بناء دارة (MPPT) الرقمية بالاعتماد على متحكمات العائلة (AVR) من شركة (Atmel) لما تتمتع به من مميزات جيدة و مناسبة للنظام الذي نقوم بتصميمه. لقد تم استخدام الشريحة (Atmega8) كمتحكم رئيسي للنظام و نشرح هنا بعض أهم المميزات لهذه العائلة التي جعلتنا نختار متحكمات هذه العائلة في نظام الملاحقة:

- جهد التغذية (4.5-5.5) أي الدخول برمجيا في أنماط الطاقة المنخفضة (power-down mode و نمط البطالة (Idle mode) و بالتالي الحد من استهلاك المتحكم للطاقة.

- ست قنوات للتحويل التشابهي الرقمي (ADC) بدقة (10-bit) و بالتالي لا يوجد حاجة لاستخدام مبدلات تشابهية رقمية خارجية من أجل تحويل الجهد و التيار المقاسان إلى قيم رقمية.
 - سرعة التنفيذ تصل إلى 8 مليون تعليمة في الثانية عند تردد قدره (8MHz) و منه فإن زمن عملية المسح لمميزة اللوح الشمسي تكون صغيرة جدا و هذا يقلل من الضياعات بالاستطاعة.
- أي أن زمن النبضة الواحدة T_1 :

$$T_1 = \frac{1}{8MHz} = 0.125\mu sec$$

لدينا عدد تعليمات روتين المقاطعة للمبدل (65) تعليمة و منه فإن زمن روتين المقاطعة للمبدل T_2 :

$$T_2 = (65) \times (0.125) = 8.125\mu sec$$

لدينا زمن عملية التحويل التشابهي الرقمي الواحدة هي (60 μsec) و يوجد (230) عملية تحويل للجهد و (230) عملية تحويل للتيار ذلك لأن المؤقت يعد من (0) إلى (255) وباعتبار أننا مسحنا مميزة اللوح الشمسي من قيمة دورة التشغيل ($D = 0.05$) حتى قيمة ($D = 0.95$) وبخطوة (0.0039) لذلك نتج لدينا (230) عينة لكلا من الجهد و التيار ولم ينتج (256) عينة، و منه فإن زمن عملية التحويل الكلية والتي تساوي زمن عملية المسح لمميزة اللوح الشمسي T_3 :

$$T_3 = (460 \times 60\mu sec) = 27.6msec$$

الزمن اللازم لإجبار اللوح الشمسي للعمل عند نقطة الاستطاعة العظمى وذلك بعد إجراء عملية المسح وعملية المقارنة:

$$T_4 = (460 \times 60\mu sec) + T_2 = 35.7msec$$

لحساب تردد نبضات التحكم (PWM):

إن المؤقت يعد من (0) إلى (255) و لدينا زمن النبضة الواحدة هو ($T_1 = 0.125\mu sec$) وبالتالي يكون لدينا الدور T :

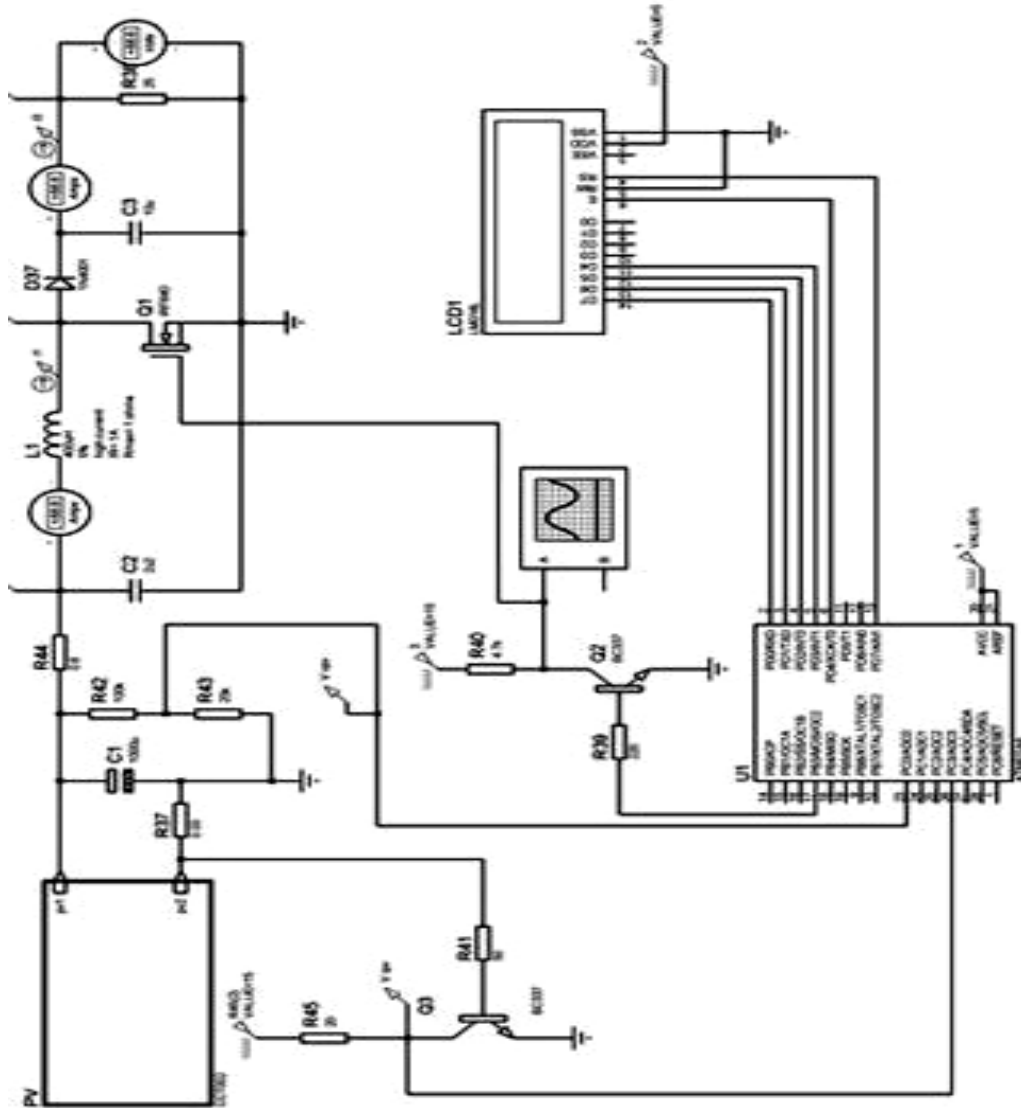
$$T = (0.125\mu sec) \times (256) = 32\mu sec$$

و منه التردد F :

$$F = \frac{1}{T} = 31.25 \text{ KHZ}$$

4-4- نتائج محاكاة المنظومة:

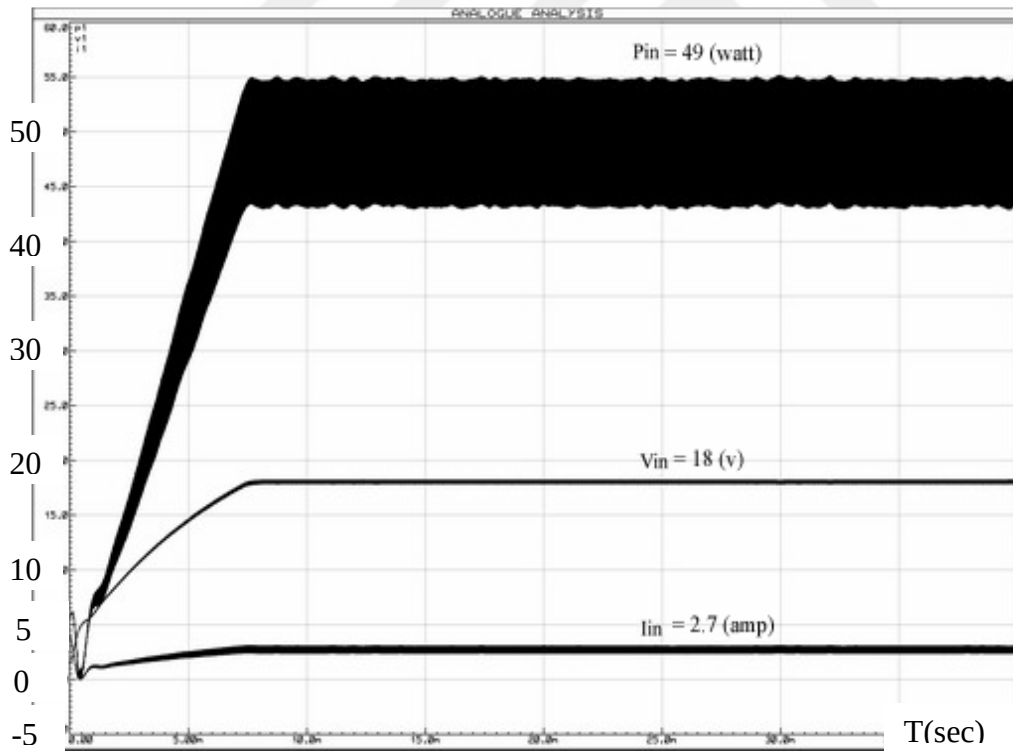
لقد تم نمذجة المنظومة و أخذ النتائج ضمن بيئة (PROTUES) و يبين الشكل (31) الدارة الالكترونية للنظام حيث تم نمذجة ومحاكاة المنظومة بوجود دارة تحكم وبدون وجود دارة تحكم حيث حصلنا على نتائج محاكاة تبين نجاح دارة التحكم بإيجاد نقطة الاستطاعة العظمى وإجبار اللوح الشمسي المنمذج على العمل عند تلك النقطة.



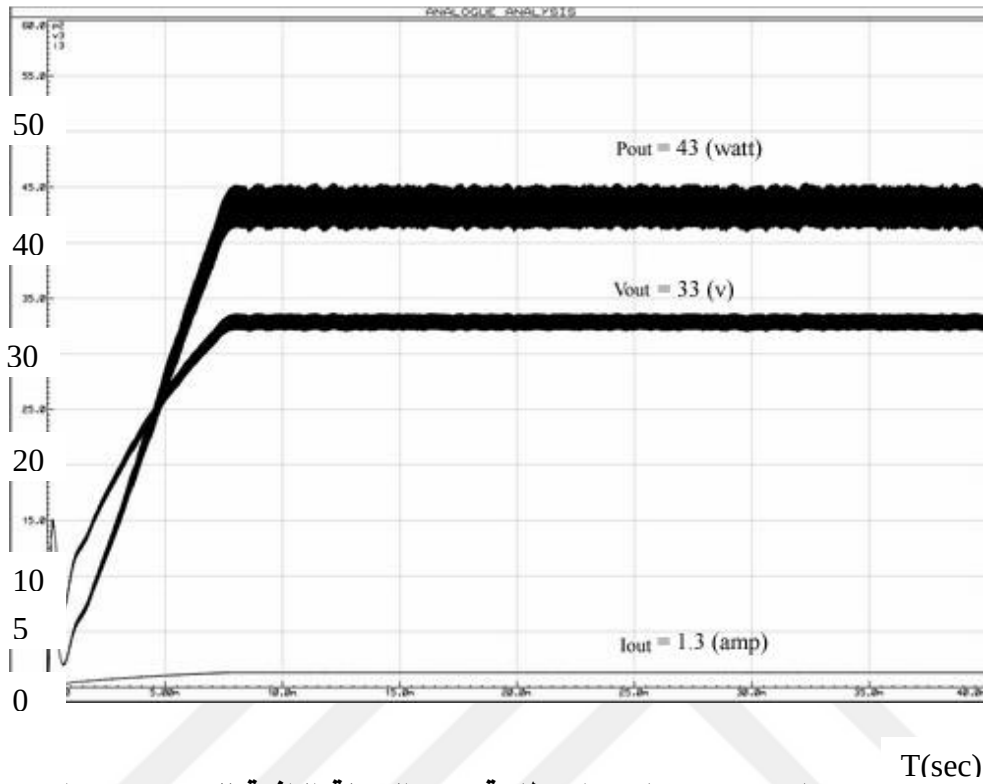
الشكل (31) الدارة الالكترونية للنظام

4-4-1 حالة عدم استخدام دائرة التحكم مع العلم أن ($D = 0.5$) :

يبين الشكل (32) المنحنيات التمثيلية لاستطاعة وجهد و تيار دخل المبدلة الرافعة للجهد (خرج اللوح الشمسي) بدون دائرة التحكم مع قيمة دورة التشغيل ($D = 0.5$) حيث كما هو واضح أن اللوح الشمسي لا يعمل عند أعظم استطاعة له وهذا يؤدي إلى انخفاض المردود بالاستطاعة الكهربائية التي يمكن الاستفادة منها واستثمارها بشكل أفضل حيث أن قيمة الاستطاعة و الجهد و التيار المقدمة من اللوح الشمسي (دخل المبدلة الرافعة للجهد) على التوالي ($P_{in} = 49Watt$) ($V_{in} = 18V$) ($I_{in} = 2.72A$) علما أن الاستطاعة العظمى للوح الشمسي ($P_{MPP} = 65Watt$) ، ويبين الشكل (33) المنحنيات التمثيلية لاستطاعة وجهد و تيار خرج المبدلة الرافعة للجهد بدون دائرة التحكم مع ($D = 0.5$) وكما هو واضح فإن قيم الاستطاعة و الجهد و التيار على التوالي: ($P_{out} = 43Watt$), ($V_{out} = 33V$), ($I_{out} = 1.3A$)



الشكل (32) منحنيات جهد و تيار و استطاعة دخل المبدلة الرافعة للجهد بدون دائرة تحكم مع ($D = 0.5$)

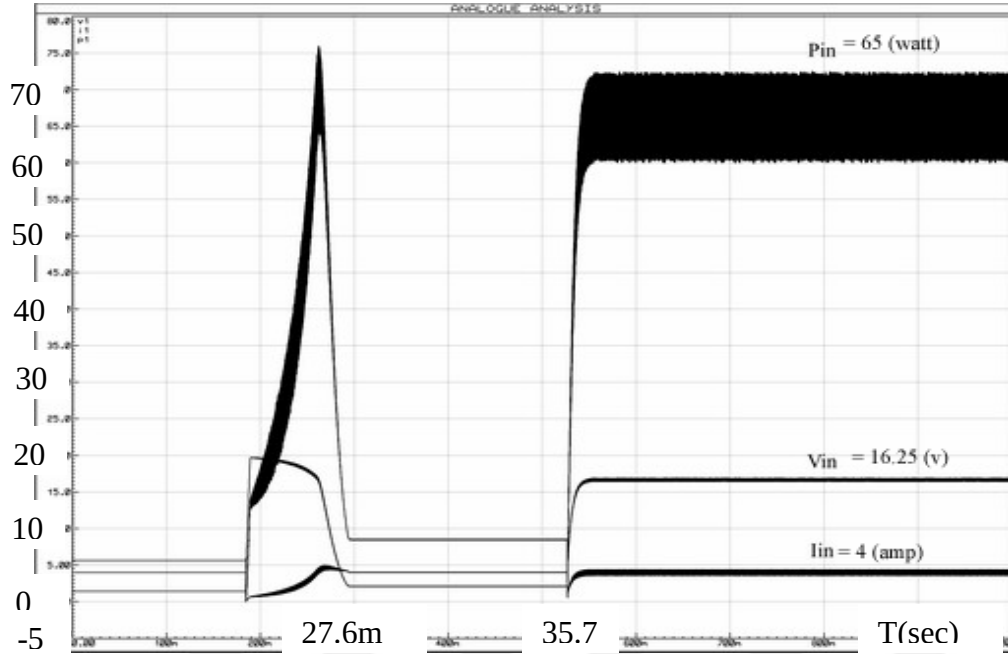


الشكل (33) منحنيات جهد و تيار و استطاعة خرج المبدلة الرافعة للجهد بدون دائرة تحكم مع (D = 0.5)

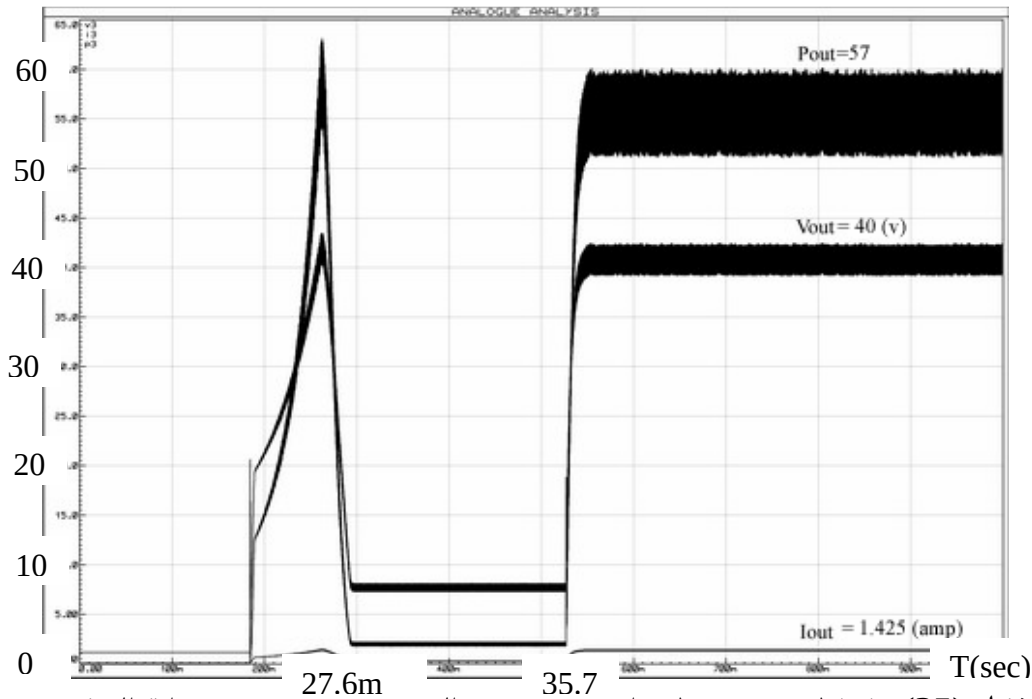
2-4-4- حالة استخدام دائرة التحكم:

يبين الشكل (34) المنحنيات التمثيلية لاستطاعة وجهد وتيار دخل المبدلة الرافعة للجهد (خرج اللوح الشمسي) مع دائرة التحكم حيث كما هو موضح بعد إجراء عملية المسح التي تأخذ زمنا مقداره (27.6msec) يتم بعد ذلك إجراء عمليات المقارنة لقيم الاستطاعة الكهربائية المقاسة وتحديد نقطة الاستطاعة العظمى و إجبار اللوح الشمسي على العمل عند تلك النقطة بعد زمن مقداره (35.7msec) حيث أن قيمة الاستطاعة و الجهد و التيار المقدمة من اللوح الشمسي (دخل المبدلة الرافعة للجهد) على التوالي ($P_{in} = 65Watt$), ($V_{in} = 16.25V$), ($I_{in} = 4A$). يبين الشكل (35) المنحنيات التمثيلية لاستطاعة وجهد وتيار خرج المبدلة الرافعة للجهد وذلك مع استخدام دائرة التحكم حيث أن قيمة الاستطاعة والجهد والتيار على التوالي ($P_{out} = 57Watt$), ($V_{out} = 40V$), ($I_{out} = 1.425A$) وبذلك نكون قد رفعنا من قيمة الاستطاعة

الكهربائية المأخوذة من اللوح الشمسي وزدنا من المردود وقللنا من الضياع بالاستطاعة الكهربائية والتكلفة و أجبرنا اللوح الشمسي على أن يعمل عند نقطة الاستطاعة العظمى له (MPP) و هذا ما يؤكد نجاح المنظومة.



الشكل (34) منحنيات جهد و تيار و استطاعة دخل المبدلة الرافعة للجهد بوجود دائرة التحكم



الشكل (35) منحنيات جهد وتيار واستطاعة خرج المبدلة الرافعة بوجود دائرة التحكم

4-5-دراسة العوامل المؤثرة على مردود المبدلة:

لقد تم دراسة تأثير قيم الملف (L_1) والمكثف (C_1) على مردود المبدلة الرافعة للجهد باستخدام برنامج (MATLAB), ثم تم بناء قاعدة معطيات بناء على قيم مختلفة للملف $L_1 = (360 \Rightarrow 400) \mu H$ وقيم مختلفة للمكثف $C_1 = (1.28 \Rightarrow 35) \mu F$ تم أخذها وفق تابع متساوي الاحتمالات لكي يتم تغطية المجال بأكمله ثم قمنا بقياس استطاعة الخرج P_{out} (تم وضع قاعدة المعطيات ضمن الملحق 3). تم بناء قاعدة المعطيات بدءاً من القيم الدنيا للملف والمكثف التي تبقي نظام العمل للمبدلة ضمن منطقة العمل المستمر (CCM). من أجل الحصول على العلاقة الرياضية التي تربط استطاعة الخرج P_{out} بقيمة الملف (L_1) والمكثف (C_1) تمت نمذجة الاستطاعة كتابع لقيم الملف والمكثف ضمن بيئة (MATLAB) وفق طريقة الأقل تربيعات (LMS) (راجع الملحق 3) فحصلنا على العلاقة التالية:

$$P_{out} = -(18.3664 + 0.1415 \times L_1 + 0.1829 \times C_1 - 0.0002 \times L_1 \times C_1 - 0.0002 \times L_1^2 + 0.0043 \times C_1^2)$$

بعد ذلك اعتمدنا على طريقة المشتقات في إيجاد القيم المثلى للملف (L_1) و المكثف (C_1) التي تعطي أعظم استطاعة خرج ممكنة باعتبار أن طريقة المشتقات تعطي القيمة الدنيا للتابع لذلك فقد تم وضع إشارة سالبة للحصول على هذه القيمة الدنيا $\text{Min}(P_{out}) = -52.5354$ والتي تمثل القيمة العليا للاستطاعة $P_{out(\max)} = 52.5354 \text{ Watt}$ وقد وجد أن القيم الأمثلية للملف والمكثف: $L_1 = 360 \mu H$ $C_1 = 35 \mu F$ وهذه النتائج منطقية لأنه من المعروف بنقصان قيمة الملف و زيادة قيمة المكثف سوف نحصل على استطاعة خرج أفضل.

4-6- نمذجة استطاعة خرج اللوح الشمسي كتابع لدورة التشغيل D و تيار الدارة

المقصورة I_{sc} :

لقد تم نمذجة استطاعة خرج اللوح الشمسي P_{pv} كتابع لدورة التشغيل D و تيار الدارة المقصورة I_{sc} ضمن بيئة (MATLAB) وفق طريقة الأقل تربيعات (LMS) (راجع الملحق 3) فحصلنا على العلاقة الرياضية التالية التي تربط استطاعة خرج اللوح الشمسي P_{pv} بقيمة D و I_{sc} .

$$P_{pv} = (0.7625 - 4.8925 \times I_{sc} - 0.1585 \times D + 11.2705 \times I_{sc} \times D + 3.522 \times I_{sc}^2 + 3.2753D^2)$$

بعد ذلك تم نمذجة دورة التشغيل D كتابع لاستطاعة اللوح الشمسي P_{pv} و تيار الدارة المقصورة I_{sc} وفق طريقة الأقل تربيعات (LMS) فحصلنا على العلاقة الرياضية التالية التي تربط دورة التشغيل D مع I_{sc} و P_{pv} .

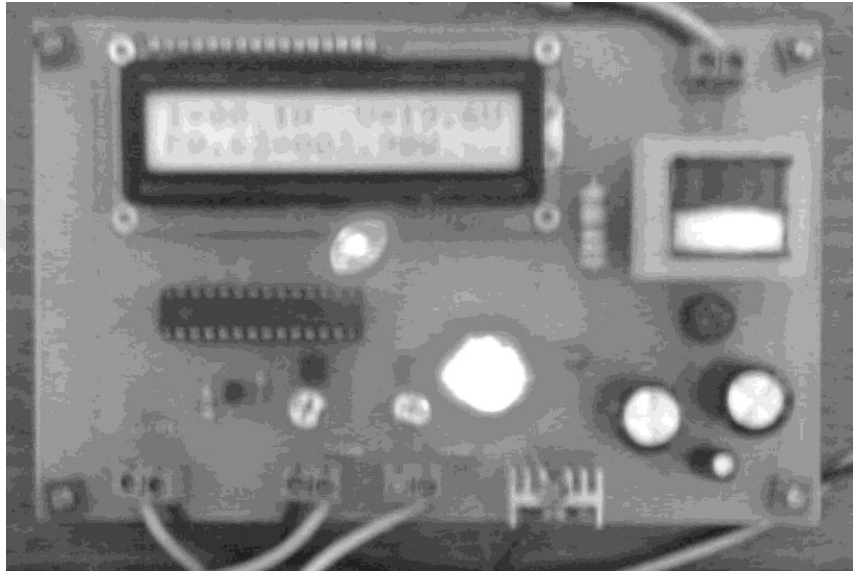
$$D = (0.0621 + 0.9635 \times I_{sc} - 0.0427 \times P_{pv} + 0.0361 \times I_{sc} \times P_{pv} - 0.4190 \times I_{sc}^2 - 0.0008 \times P_{pv}^2)$$

تمكننا هذه العلاقة من إيجاد قيمة دورة التشغيل D الأمثلية من خلال معرفة قيم I_{sc} و P_{pv} .

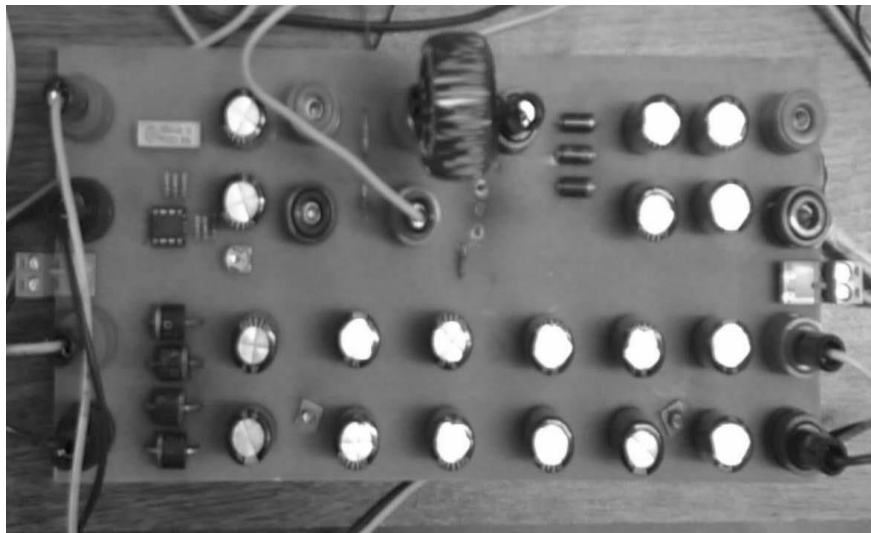
4-7- التنفيذ العملي للمنظومة وأخذ النتائج:

لقد تم تنفيذ المنظومة بالاعتماد على المتحكم (Atmega8) كما ذكر سابقا حيث تم برمجة المتحكم وفق خوارزمية تؤمن عملية المسح لكامل مميزة الاستطاعة للوح الشمسي و إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى وذلك عن طريق تغيير دورة التشغيل (D) لنبضات التحكم (PWM) المطبقة على المبدلة الرافعة للجهد التي تستخدم كحمل للوح الشمسي حيث أن نبضات التحكم (PWM) تتحكم بهذا الحمل و يبين الشكل (36) دارة التحكم المنفذة عمليا حيث تم استخدام شاشة إظهار لإظهار قيم التيار و الجهد و الاستطاعة الكهربائية المأخوذة من اللوح الشمسي وأيضاً لإظهار قيمة دورة التشغيل (D) الموافقة لنقطة الاستطاعة العظمى. تم تنفيذ المبدلة الرافعة للجهد عمليا حيث تم اختيار العناصر المكونة للمبدلة وفق القيم المحسوبة و قد تم اختبارها حيث أعطت القياسات العملية نتائج جيدة و يبين الشكل (37) دارة المبدلة الرافعة للجهد (DC-DC Boost Converter) المنفذة عمليا و يبين الشكل (38) الشكل العام للنظام المنفذ عمليا و قد تم تجريب النظام وأخذ النتائج على لوح شمسي استطاعته العظمى ($P_{MPP} = 50Watt$) و جهد الدارة المفتوحة له ($V_{OC} = 19V$) و تيار الدارة المقصورة له ($I_{SC} = 3.7A$) و يبين الشكل (39) اللوح الشمسي المستخدم، وقد تم استخدام حمل عبارة عن مصباحين ($12V$) ($3A$) موصولين على التسلسل. تم أخذ النتائج المبينة بالجدول (4) التي تؤكد نجاح المنظومة المنفذة في إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى (MPP) للوح الشمسي المستخدم و إجباره على العمل عند هذه النقطة حيث أن (V_{in}, I_{in}, P_{in}) هي عبارة عن جهد و تيار و

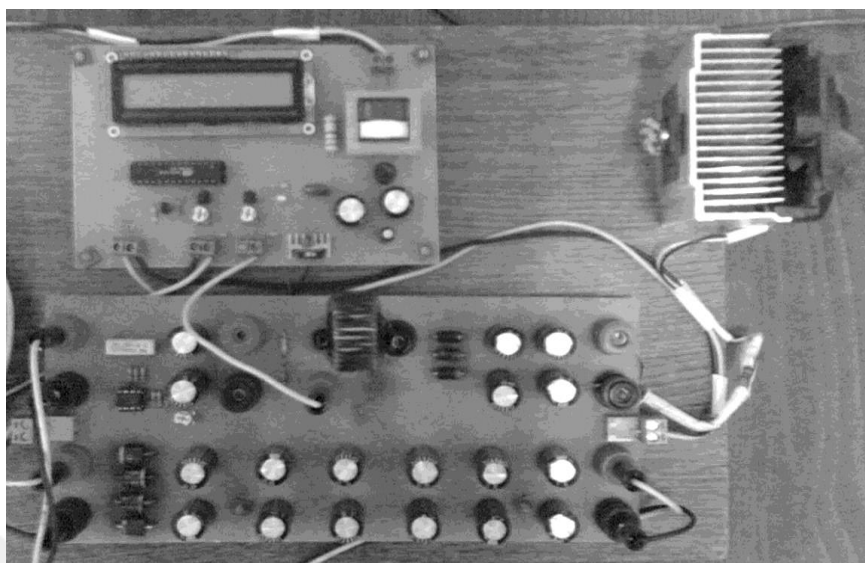
الاستطاعة الكهربائية لدخل المبدلة الرافعة للجهد (خرج اللوح الشمسي) و $(V_{out}, I_{out}, P_{out})$ هي جهد و تيار و استطاعة الكهربائية لخرج المبدلة الرافعة للجهد، و قد وجد أن مردود المبدلة الرافعة للجهد المنفذة عمليا يتراوح بين $\alpha = \frac{P_{out}}{P_{in}} = (85 \leftrightarrow 87)\%$ وهو تقريبا نفس المردود الذي حصلنا عليه عندما نمذجنا المبدلة الرافعة للجهد.



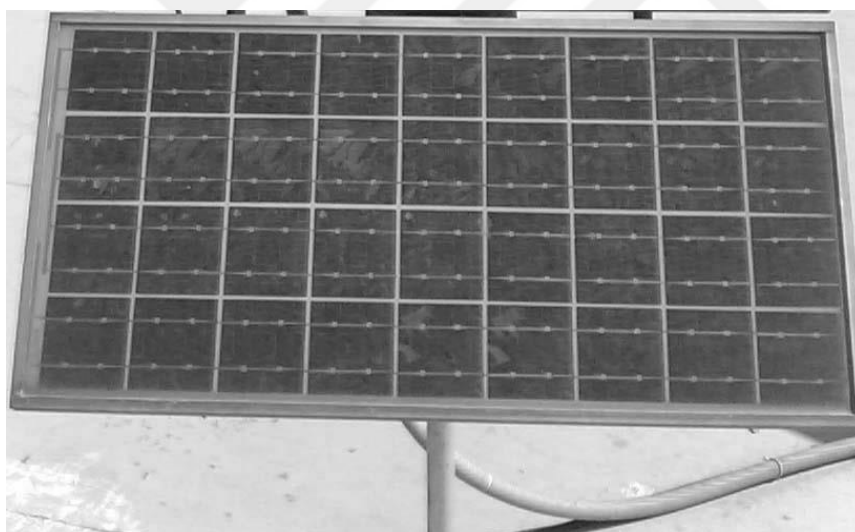
الشكل (36) دائرة التحكم المنفذة عمليا



الشكل (37) دائرة المبدلة الرافعة للجهد المنفذة عمليا



الشكل (38) الشكل العام للمنظومة المنفذة عمليا



الشكل (39) اللوح الشمسي المستخدم لأخذ النتائج

V_{in}	I_{in}	P_{in}	V_{out}	I_{out}	P_{out}
13.5	3.62	48.87	20.21	2.07	41.83
13.6	3.6	48.96	20.1	2.1	42.21
13.69	3.55	49.558	20.19	2.1	42.4
13.7	3.54	48.498	20.3	2.05	41.6
13.67	3.58	48.9386	20.2	2.1	42.42
13.72	3.56	48.8432	20.22	2.08	42.05
13.7	3.57	48.909	20.5	2.06	42.23
13.65	3.6	49.14	20.4	2.05	41.82
13.67	3.59	49.0753	20.44	2.06	42.1
13.7	3.54	48.498	20.24	2.09	42.3
13.74	3.53	48.5022	20.58	2.06	42.39
13.69	3.54	48.4626	20.2	2.1	42.42
13.68	3.55	48.564	20.2	2.11	42.62
13.61	3.61	49.1321	20.15	2.13	42.91
13.66	3.59	49.0394	20.25	2.1	42.52
13.69	3.55	48.5995	20.22	2.1	42.46
13.65	3.6	49.14	20.26	2.12	42.95
13.67	3.57	48.8019	20.3	2.11	42.83
13.7	3.54	48.498	20.25	2.1	42.52
13.58	3.61	49.02	20.2	2.1	42.42
13.6	3.55	48.28	20.22	2.08	42.05
13.62	3.56	48.48	20.3	2.09	42.42
13.61	3.57	48.58	20.35	2.1	42.73
13.65	3.54	48.32	20.4	2.11	43.04

13.64	3.55	48.42	20.37	2.07	42.16
13.68	3.54	48.42	20.39	2.07	42.2
13.66	3.6	49.17	20.42	2.07	42.26
13.68	3.54	48.42	20.27	2.1	42.56
13.63	3.56	48.52	20.32	2.09	42.46
13.65	3.57	48.73	20.4	2.08	42.43
13.61	3.58	48.72	20.44	2.06	42.1
13.59	3.61	49.06	20.4	2.08	42.43
13.63	3.58	48.8	20.35	2.09	42.53
13.69	3.59	49.14	20.25	2.1	42.52
13.63	3.57	48.66	20.3	2.1	42.63
13.68	3.55	48.56	20.4	2.07	42.22
13.66	3.58	48.9	20.35	2.08	42.32
13.63	3.58	48.8	20.4	2.06	42.02
13.68	3.59	49.11	20.45	2.06	42.12
13.68	3.54	48.42	20.43	2.07	42.29
13.62	3.58	48.76	20.39	2.08	42.41
13.61	3.59	48.86	20.42	2.07	42.26
13.6	3.62	49.23	20.4	2.08	42.43
13.64	3.6	49.1	20.37	2.09	42.57
13.63	3.6	49.06	20.3	2.1	42.63
13.65	3.57	48.73	20.29	2.1	42.6
13.69	3.58	49.01	20.36	2.1	42.75

الجدول (4) النتائج المأخوذة من لوح شمسي استطاعته العظمى (50 watt)

الخاتمة و عمل مستقبلي

تم في هذا البحث تطوير نظام الكتروني رقمي للبحث عن نقطة الاستطاعة العظمى بالخلايا الشمسية حيث تم دراسة تقنيات ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى ومعرفة محاسنها ومساوئها. لقد اعتمد على تقنية (Perturb & Observe) لما تتمتع به هذه التقنية من مميزات أهمها أنها تقنية بسيطة وسرعتها جيدة في التقاط نقطة الاستطاعة العظمى للوح الشمسي حيث قمنا بدراسة أكاديمية معمقة لتصميم النظام من خلال نمذجته و محاكاته ضمن بيئة برنامج Proteus ثم قمنا بدراسة الحلول الأمثلية ضمن بيئة برنامج Matlab, حيث يقوم هذا النظام بإجراء عملية مسح لكامل مميزة اللوح الشمسي غير الخطية و إيجاد نقطة الاستطاعة العظمى له (MPP) ثم يقوم النظام بإجبار اللوح الشمسي على العمل عند هذه النقطة وأعطت القياسات العملية لهذا النظام نتائج مشجعة كي يتم استثماره بشكل صناعي حيث أن هذا النظام له عدة حسنات و منها:

- كلفة مادية منخفضة.
- غير معقد.
- إمكانية الحصول على العناصر اللازمة لتنفيذ النظام بسهولة.
- استخدام النظام يزيد من مردود الاستطاعة الكهربائية و يقلل من الضياع و يمكننا من استثمار الطاقة الكهربائية المتاحة من الألواح الشمسية بشكل أمثل.
- خوارزمية التحكم المستخدمة بسيطة و يمكن التحكم بها بسهولة.
- لا يحتاج إلى عملية ضبط دورية.
- لا يعتمد على خواص اللوح الشمسي.

أما كعمل مستقبلي سنقوم بدراسة آلية التحكم بوضعية اللوح الشمسي وملاحقة الإشعاع الشمسي الأعظمي ميكانيكياً وربط النظامين الإلكتروني (MPPT) مع نظام ملاحقة ميكانيكي بحيث يعملان معاً في انسجام وتناغم ويكملان بعضهما البعض من أجل ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى وبالتالي الحصول على أعظم استطاعة ممكنة, سنقوم أيضاً بنمذجة و محاكاة وتنفيذ لدارة تقوم بعملية تحويل الطاقة الكهربائية المستمرة التي حصلنا عليها من اللوح الشمسي إلى طاقة كهربائية متناوبة, و سنقوم بنمذجة ومحاكاة و تنفيذ لدارة تؤمن عملية الربط مع الشبكة الكهربائية العامة و هذا سيساهم في تنفيذ خطط التنمية بالقطر العربي السوري في استثمار الطاقة الشمسية التي تشكل مصدراً مجانياً للوقود الذي لا ينضب و لا ينتج عنها أي نوع من أنواع التلوث البيئي.

المصطلحات و الرموز المستخدمة بالبحث

V_{pv}	جهد خرج اللوح الشمسي
I_{pv}	تيار خرج اللوح الشمسي
P_{pv}	استطاعة خرج اللوح الشمسي
V_{in}	جهد دخل المبدلة المستمرة
I_{in}	تيار دخل المبدلة المستمرة
P_{in}	استطاعة دخل المبدلة المستمرة
V_{out}	جهد خرج المبدلة المستمرة
I_{out}	تيار خرج المبدلة المستمرة
P_{out}	استطاعة خرج المبدلة المستمرة
V_{MPP}	الجهد عند نقطة الاستطاعة العظمى للوح الشمسي
I_{MPP}	التيار عند نقطة الاستطاعة العظمى للوح الشمسي
P_{MPP}	الاستطاعة العظمى للوح الشمسي
MPPT(Maximum Power Point Tracking)	ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمى
PWM(Pulse Width Modulation)	نبضات التحكم
α	مردود المبدلة
(D) (Duty Cycle)	دورة التشغيل
I_{sc}	تيار الدارة المقصورة للوح الشمسي

V_{oc}	جهد الدارة المفتوحة للوح الشمسي
(Fill Factor) FF	عامل الملء للخلية الشمسية
η	فعالية التحويل للخلية الشمسية
i_{pk}	تيار الملف الأعظمي
i_o	تيار الملف الأصغري
F	تردد نبضات التحكم
T	دور نبضات التحكم

الملحقات

الملحق (1)

• برنامج التحكم بلغة assemble:

```
.include "m8def.inc"

.org $000
rjmp reset

.org $006
rjmp timm

.org $00e
push r16
in r16,sreg
push r16

sbrs r17,7
rjmp xxz0
cbr r17,$80
cbr r17,$40
cbr r17,$20
ldi r28,$00
ldi r29,$01
ldi r16,$20
out admux,r16
ldi r16,$cf
out adcsr,r16
clr r5
rjmp ad

xxz0:
in r16,admux
cpi r16,$20
brne adc_6

ldi r16,$23
out admux,r16

in r2,adcl
in r2,adch
```

```

ldi      r16,$cf
out      adcsr,r16
rjmp    ad

```

```

adc_6:
in       r16,admux
cpi      r16,$23
brne    adc_7

```

```

ldi      r16,$20
out      admux,r16

```

```

in       r3,adcl
in       r3,adch

```

```

sbrc    r17,5
rjmp    ad01

```

```

inc      r5
out      ocr2,r5
mov      r16,r5
cpi      r16,240
brsh    ad00

```

```

mul      r2,r3
st       y+,r0
st       y+,r1

```

```

ad01:
ldi      r16,$cf
out      adcsr,r16
rjmp    ad

```

```

ad00:
sbr      r17,$40
sbr      r17,$20
ldi      r16,$cf
out      adcsr,r16
rjmp    ad

```

```

adc_7:
ldi      r28,$00

```

```

        ldi        r29,$01
        ldi        r16,$20
        out        admux,r16
        ldi        r16,$cf
        out        adcsr,r16
        clr        r5

ad:
        pop        r16
        out        sreg,r16
        pop        r16
        reti

timm:
        push    r16
        in      r16,sreg
        push    r16

        inc      r4
        mov      r16,r4
        cpi      r16,1
        brne    tim0
        clr      r4
        sbr      r17,$80

tim0:
        pop      r16
        out      sreg,r16
        pop      r16
        reti

reset:
        ldi      r18,$00
        out      sph,r18
        ldi      r18,$80
        out      spl,r18

        ldi      r16,$ff
        out      ddrd,r16
        ldi      r16,$00
        out      portd,r16

```

```
ldi      r16,$7a
out      ocr1ah,r16
ldi      r16,$12
out      ocr1al,r16
```

```
ldi      r16,$10
out      timsk,r16
```

```
ldi      r16,$0c
out      tccr1b,r16
```

```
rcall    initial_lcd ;
```

```
ldi      r16,$f9
out      tccr2,r16
```

```
clr      r2
clr      r3
clr      r4
clr      r5
clr      r8
clr      r9
clr      r10
clr      r17
sbi      ddrb,3
cbi      ddrc,0
cbi      ddrc,3
```

```
ldi      r16,'0'
sts      $81,r16
sts      $82,r16
sts      $83,r16
sts      $84,r16
sts      $85,r16
sts      $86,r16
sts      $87,r16
sts      $88,r16
sts      $89,r16
sts      $8a,r16
sts      $8b,r16
sts      $8c,r16
sts      $8d,r16
```

```

sts      $8e,r16
sts      $8f,r16
sts      $90,r16
sts      $91,r16
sbr      r17,$80
sei
out      admux,r16
ldi      r16,$cf
out      adcsr,r16

```

start:

```

sbrs    r17,6
rjmp    xxx1
cbr     r17,$40
ldi     r28,$00
ldi     r29,$01
clr     r12
clr     r5
ld      r8,y+
ld      r9,y+

```

loop:

```

inc     r12
ld      r6,y+
ld      r7,y+

cp      r9,r7
brsh    xxy0
mov     r8,r6
mov     r9,r7
mov     r5,r12

```

xyy0:

```

cp      r9,r7
breq    xxy1
rjmp    xx

```

xyy1:

```

cp      r8,r6
brsh    xxy2
mov     r8,r6

```

```

        mov     r9,r7
        mov     r5,r12
        rjmp    xx
xxy2:
        cp      r8,r6
        breq    xxy3
        rjmp    xx
xxy3:
        mov     r8,r6
        mov     r9,r7
        mov     r5,r12

xx:
        mov     r16,r12
        cpi     r16,230
        brne    loop

xxx1:
        out     ocr2,r5

        mov     r16,r2
        rcall   convert
        sts     $81,r25
        sts     $82,r26
        sts     $83,r27

        mov     r16,r3
        rcall   convert
        sts     $84,r25
        sts     $85,r26
        sts     $86,r27

        mov     r16,r5
        rcall   convert
        sts     $87,r25
        sts     $88,r26
        sts     $89,r27

        mov     r16,r5
        rcall   convert
        sts     $8f,r25
        sts     $90,r26

```

sts \$91,r27

mov r16,r8

rcall convert1

rcall lcd

rjmp start

convert:

clr r25

clr r26

clr r27

xx100:
 cpi r16,100
 brsh x100

xx10:
 cpi r16,10
 brsh x10

mov r25,r16
rjmp xx1

x10:
 inc r26
 ldi r31,10
 sub r16,r31
 rjmp xx10

x100:
 inc r27
 ldi r31,100
 sub r16,r31
 rjmp xx100

xx1:
 ldi r16,\$30
 add r25,r16
 add r26,r16
 add r27,r16
 ret

```

convert1:
    clr        r23
    clr        r24
    clr        r25
    clr        r26
    clr        r27
axx100:
    cpi        r16,100
    brsh      ax100
axx10:
    cpi        r16,10
    brsh      ax10

    mov        r23,r16
    rjmp      axx1
ax10:
    inc        r24
    ldi        r31,10
    sub        r16,r31
    rjmp      axx10
ax100:
    inc        r25
    ldi        r31,100
    sub        r16,r31
    rjmp      axx100
axx1:

    sbrs      r9,0
    rjmp      set0
    ldi        r16,$06
    sts        $a0,r16
    ldi        r16,$05
    sts        $a1,r16
    ldi        r16,$02
    sts        $a2,r16
    ldi        r16,$00
    sts        $a3,r16
    ldi        r16,$00
    sts        $a4,r16
    rcall     adder
set0:
    sbrs      r9,1

```

```

    rjmp set1
    ldi    r16,$02
    sts    $a0,r16
    ldi    r16,$01
    sts    $a1,r16
    ldi    r16,$05
    sts    $a2,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a3,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a4,r16
    rcall  adder
set1:
    sbrs   r9,2
    rjmp   set2
    ldi    r16,$04
    sts    $a0,r16
    ldi    r16,$02
    sts    $a1,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a2,r16
    ldi    r16,$01
    sts    $a3,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a4,r16
    rcall  adder
set2:
    sbrs   r9,3
    rjmp   set3
    ldi    r16,$08
    sts    $a0,r16
    ldi    r16,$04
    sts    $a1,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a2,r16
    ldi    r16,$02
    sts    $a3,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a4,r16
    rcall  adder
set3:
    sbrs   r9,4

```

```

    rjmp set4
    ldi    r16,$06
    sts    $a0,r16
    ldi    r16,$09
    sts    $a1,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a2,r16
    ldi    r16,$04
    sts    $a3,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a4,r16
    rcall  adder
set4:
    sbrs   r9,5
    rjmp   set5
    ldi    r16,$02
    sts    $a0,r16
    ldi    r16,$09
    sts    $a1,r16
    ldi    r16,$01
    sts    $a2,r16
    ldi    r16,$08
    sts    $a3,r16
    ldi    r16,$00
    sts    $a4,r16
    rcall  adder
set5:
    sbrs   r9,6
    rjmp   set6
    ldi    r16,$04
    sts    $a0,r16
    ldi    r16,$08
    sts    $a1,r16
    ldi    r16,$03
    sts    $a2,r16
    ldi    r16,$06
    sts    $a3,r16
    ldi    r16,$01
    sts    $a4,r16
    rcall  adder
set6:
    sbrs   r9,7

```

```

    rjmp set7
    ldi     r16,$08
    sts     $a0,r16
    ldi     r16,$06
    sts     $a1,r16
    ldi     r16,$07
    sts     $a2,r16
    ldi     r16,$02
    sts     $a3,r16
    ldi     r16,$03
    sts     $a4,r16
    rcall   adder
set7:

```

```

    ldi     r16,$30
    add     r23,r16
    add     r24,r16
    add     r25,r16
    add     r26,r16
    add     r27,r16
    sts     $8a,r23
    sts     $8b,r24
    sts     $8c,r25
    sts     $8d,r26
    sts     $8e,r27
    ret

```

```

adder:
    lds     r16,$a0
    add     r23,r16
    cpi     r23,9
    brlo    dig0
    breq     dig0
    ldi     r16,6
    add     r23,r16
    andi    r23,$0f
    inc     r24

```

```

dig0:
    lds     r16,$a1
    add     r24,r16
    cpi     r24,9
    brlo    dig1
    breq     dig1

```

```

        ldi        r16,6
        add        r24,r16
        andi       r24,$0f
        inc        r25
dig1:
        lds        r16,$a2
        add        r25,r16
        cpi        r25,9
        brlo       dig2
        breq       dig2
        ldi        r16,6
        add        r25,r16
        andi       r25,$0f
        inc        r26
dig2:
        lds        r16,$a3
        add        r26,r16
        cpi        r26,9
        brlo       dig3
        breq       dig3
        ldi        r16,6
        add        r26,r16
        andi       r26,$0f
        inc        r27
dig3:
        lds        r16,$a4
        add        r27,r16
        cpi        r27,9
        brlo       dig4
        breq       dig4
        ldi        r16,6
        add        r27,r16
        andi       r27,$0f
dig4:
        ret

send:
        sbi        portd,4
        rcall      de0
        swap       r16
        rcall      put

```

```

        cbi        portd,4
        rcall    de0

        sbi        portd,4
        rcall    de0
        swap    r16
        rcall    put
        cbi        portd,4
        rcall    de0
        ret

put:
        sbrc    r16,0
        rjmp    uu0
        cbi        portd,3
        rjmp    uu1
uu0:
        sbi        portd,3

uu1:
        sbrc    r16,1
        rjmp    uu2
        cbi        portd,2
        rjmp    uu3
uu2:
        sbi        portd,2

uu3:
        sbrc    r16,2
        rjmp    uu4
        cbi        portd,1
        rjmp    uu5
uu4:
        sbi        portd,1

uu5:
        sbrc    r16,3
        rjmp    uu6
        cbi        portd,0
        rjmp    uu7
uu6:
        sbi        portd,0
uu7:

```

```

        ret

de0:
    ldi        r30,$ff
yu4:
    ldi        r31,$ff
yu3:
    dec        r31
    cpi        r31,$00
    brne      yu3
    dec        r30
    cpi        r30,$f0
    brne      yu4
    ret

de1:
yu2:
    ldi        r30,$ff
yu1:
    ldi        r31,$ff
yu0:
    dec        r31
    cpi        r31,$00
    brne      yu0
    dec        r30
    cpi        r30,$30
    brne      yu1
    ret

initial_lcd:

    rcall      de1
    rcall      de1
    rcall      de1

    cbi        portd,4    ;for e pin of lcd
    cbi        portd,7    ;for rs pin of lcd

    sbi        portd,3    ;db4
    sbi        portd,2    ;db5
    cbi        portd,1    ;db6
    cbi        portd,0    ;db7

```

```
rcall de1
rcall de1
```

```
sbi      portd,4
rcall de0
cbi      portd,3      ;db4
sbi      portd,2      ;db5
cbi      portd,1      ;db6
cbi      portd,0      ;db7
cbi      portd,4
rcall de0
```

```
ldi      r16,$28      ;FUNCTION SET
rcall send
rcall de0
ldi      r16,$01      ;CLEAR
rcall send
rcall de0
ldi      r16,$06      ;ENTRY MODE SET
rcall send
rcall de0
ldi      r16,$0c      ;ON/OFF CONTROL
rcall send
rcall de0
ldi      r16,$10      ;CURSOR/DISPLAY SHIFT
rcall send
rcall de0
ret
```

lcd:

```
cbi      portd,7
rcall de0
ldi      r16,$80
rcall send
rcall de0
sbi      portd,7
rcall de0

ldi      r16,''
rcall send
rcall de0
```

```
ldi      r16,'I'
rcall    send
rcall    de0
```

```
ldi      r16,'='
rcall    send
rcall    de0
```

```
lds      r16,$83
rcall    send
rcall    de0
```

```
lds      r16,$82
rcall    send
rcall    de0
```

```
lds      r16,$81
rcall    send
rcall    de0
```

```
ldi      r16,''
rcall    send
rcall    de0
```

```
LDI      r16,''
rcall    send
rcall    de0
```

```
ldi      r16,''
rcall    send
rcall    de0
```

```
ldi      r16,''
rcall    send
rcall    de0
```

```
ldi      r16,'V'
rcall    send
rcall    de0
```

```
ldi      r16,'='
```

```

rcall send
rcall de0

lds      r16,$86
rcall send
rcall de0

lds      r16,$85
rcall send
rcall de0

lds      r16,$84
rcall send
rcall de0

ldi      r16,''
rcall send
rcall de0

cbi      portd,7
rcall de0
ldi      r16,$c0
rcall send
rcall de0
sbi      portd,7
rcall de0

ldi      r16,'P'
rcall send
rcall de0

lds      r16,$89
rcall send
rcall de0

lds      r16,$88
rcall send
rcall de0

lds      r16,$87
rcall send

```

```

rcall de0

ldi      r16,'='
rcall send
rcall de0

lds      r16,$8e
rcall send
rcall de0

lds      r16,$8d
rcall send
rcall de0

lds      r16,$8c
rcall send
rcall de0

lds      r16,$8b
rcall send
rcall de0

lds      r16,$8a
rcall send
rcall de0

ldi      r16,''
rcall send
rcall de0

ldi      r16,'C'
rcall send
rcall de0

ldi      r16,'='
rcall send
rcall de0

lds      r16,$91
rcall send
rcall de0

```

```
lds      r16,$90  
rcall    send  
rcall    de0
```

```
lds      r16,$8f  
rcall    send  
rcall    de0  
ret
```



الملحق (2)

• مواصفات المتحكم ATmega8:

المزايا:

- يتمتع المتحكم (MCUs) بالمزايا و المواصفات التالية :
 - استخدمت عائلة AVR مزايا بنية RISC المحسنة .
 - تتمتع عائلة AVR بالأداء العالي وبطاقة بنية RISC المنخفضة .
 - تحتوي قائمة التعليمات على 118 تعليمة, ينفذ معظمها خلال دورة آلة واحدة.
 - اثنان وثلاثون مسجل عمل تستخدم للأغراض العامة.
 - سرعة التنفيذ تصل إلى 8 مليون تعليمة في الثانية عند تردد قدره 8MHz.
- ذاكرة معطيات وذاكرة برنامج غير قابلة للزوال
 - ذاكرة برنامج وميضية مبنية داخل الشريحة حجمها 2K/4Kbyte قابلة لإعادة البرمجة .
 - ذاكرة معطيات داخلية RAM بطول 128byte.
 - ذاكرة معطيات EEPROM بطول 128/256 bytes.
 - أقفال برمجية لحماية كل من ذاكرة البرنامج الوميضية و ذاكرة المعطيات .
- EEPROM
 - المزايا المحيطية
 - مؤقت/عداد بطول 8-bit بمقسم تردد prescaler منفصل.
 - مؤقت/عداد بطول 16-bit بمقسم تردد prescaler منفصل.
 - مؤقت مراقبة watchdog قابل للبرمجة دخله من الهزاز RC الداخلي.
 - مقارن تشابهي مبني على شريحة المتحكم MCU .
 - نافذة تسلسلية ثنائية الاتجاه UART .
 - ست قنوات للتحويل التشابهي الرقمي ADC بدقة 10-BIT .
 - القيادة بالوصلة التسلسلية SPI قائد/منقاد .
- مزايا المتحكم الخاصة
 - نمط البطالة ذو الطاقة القليلة و نمط الطاقة المنخفضة.
 - مصادر المقاطعة داخلية و خارجية.
 - دائرة تصفير عند وصل الطاقة.

- دارة تصفير عند اكتشاف حالة Brown-Out .
- إمكانية اختيار هزاز الشريحة RC الداخلي كمصدر ساعة للمتحكم .
- الطاقة المستهلكة عند تردد قدره 4MHz و جهد 3V و درجة حرارة 25 C .
 - في نمط العمل الطبيعي : 3.4mA.
 - في نمط البطالة : 1.4mA.
 - في نمط الطاقة المنخفضة : $1\mu A$.
- أقطاب الدخل و الخرج و الهيكل الخارجي.
 - عشرون قطب I/O قابلة للبرمجة.
 - شريحة ذات 28 رجلاً موزعة على شكل PDIP و 32 رجلاً موزعة على شكل TQFP .

وصف المتحكم

إن الشريحة ATMEGA8 هي عبارة عن متحكم Microcontroller ذو 8-bit مصنع بتقنية CMOS ذات الطاقة المنخفضة , المبني على أساس بنية AVR بمزايا بنية RISC المحسنة . و بالنظر إلى قائمة التعليمات القوية التي يُنفذ معظمها خلال دورة ساعة واحدة, فإن المتحكم ATMEGA8 ينجز تقريباً مليون تعليمة في الثانية 1MIPS عند تردد قدره 1MHz, مما يسمح لمصمم النظام باستهلاك الطاقة الأمثلية optimize مقابل سرعة المعالجة.

لقد جمعت نواة AVR ما بين مجموعة التعليمات القوية واثنان و ثلاثون مسجل عمل تستخدم للإغراض العامة. حيث ربطت المسجلات الاثنان والثلاثون مباشرة مع وحدة الحساب والمنطق ALU, مما سمح بالولوج إلى أي مسجلين من هذه المسجلات المستقلة عند تنفيذ تعليمة واحدة. فالبنية الناتجة أعطت فعالية أكبر لشيفرة التعليمة حيث أصبحت سرعة التنفيذ أكبر بعشر مرات من بنية متحكمات CISC التقليدية conventional.

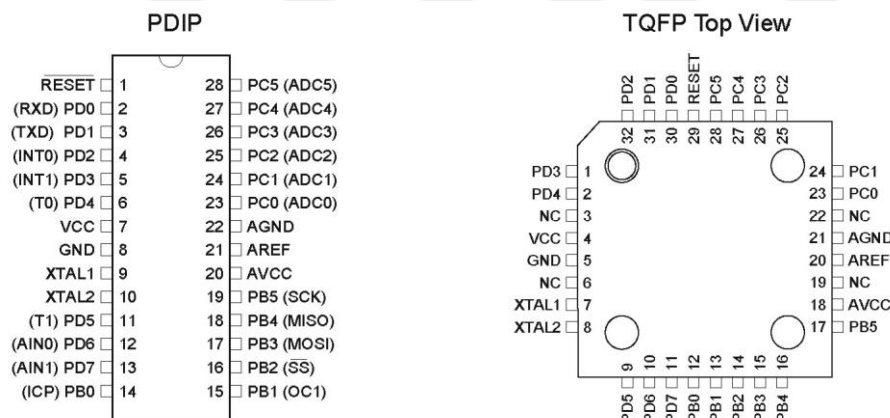
زود المتحكم ATMEGA8 بالمزايا التالية : ذاكرة برنامج وميضية Flash قابلة لإعادة التحميل بطول 2K/4K bytes , ذاكرة معطيات EEPROM بطول 128/256 bytes , ذاكرة معطيات داخلية SRAM بطول 128 bytes , عشرون قطب I/O للأغراض العامة , اثنان و ثلاثون مسجلاً للأغراض العامة, مؤقتان/عدادان مرنان بأنماط المقارنة والمسك,

مقاطعات داخلية و خارجية , نافذة تسلسلية UART قابلة للبرمجة, ست قنوات للتحويل التشابهي الرقمي ADC بدقة 10-bit , مؤقت مراقبة Watchdog Timer دخله من الهزاز الداخلي للشريحة , نافذة تسلسلية SPI مخصصة لتحميل البرنامج مع إمكانية اختيار أحد

نمطين من أنماط توفير الطاقة برمجياً ، ففي نمط البطالة Idle Mode تتوقف وحدة المعالجة المركزية CPU عن العمل بينما تبقى ذاكرة المعطيات SRAM والمؤقتات/العدادات و النافذة التسلسلية SPI ونظام المقاطعة في حالة عمل . بينما يقوم نمط الطاقة المنخفضة بحفظ محتوى المسجلات ، ولكنه يوقف عمل الهزاز و بالتالي تنشل جميع وظائف الشريحة الأخرى إلى أن تحدث مقاطعة خارجية أو يتم تصفير المتحكم MCU. صُنعت هذه الشريحة باستخدام تقنية ذاكرات Atmel Memory غير القابلة للزوال ذات الكثافة العالية . مع إمكانية برمجة ذاكرة البرنامج الوميضية Flash المبنية على شريحة المتحكم إما من خلال الوصلة التسلسلية SPI للشريحة ، أو باستخدام مبرمجة ذاكرات تقليدية . وقد أدى الجمع ما بين معالجات RISC ذات 8-bit مع ذاكرة البرنامج الوميضية Flash القابلة لإعادة البرمجة إلى إنتاج المتحكم ATMEGA8 الذي يتمتع بالقوة و المرونة العالية وبالكلفة المنخفضة للعديد من تطبيقات التحكم المتطورة.

• أقطاب المتحكم

يبين الشكل (40) أقطاب المتحكم ATMEGA8



الشكل (40) أقطاب المتحكم ATMEGA8

• شرح أقطاب المتحكم

Vcc: قطب جهد التغذية الموجب

GND: قطب جهد التغذية الصفري

النافذة (Port B (PB5 ... PB0)

وهي عبارة عن نافذة دخل/خرج ذات ستة أقطاب ثنائية الاتجاه . وقد زودت أقطاب هذه النافذة بمقاومة رفع داخلية . و بإمكان دارة قيادة خرج النافذة B تقديم تيار قدره 20mA . عند

استخدامها كنافذة دخل , فإنها ستصبح منبعاً للتيار إذا كانت مقاومات الرفع الداخلية مُمكنة , وذلك عند ربط أقطاب هذه النافذة خارجياً مع المنطق المنخفض. و تتمتع أقطاب النافذة B بمزايا خاصة أخرى بعمل المتحكم ATMEGA8, وهي مشروحة بالتفصيل في فقرة " نوافذ الدخل/الخرج ", وعند حدوث إحدى حالات التصفير, فإن أقطاب هذه النافذة تصبح في حالة الممانعة العالية, حتى لو كانت الساعة متوقفة عن العمل.

النافذة (Port C (PC5 ... PC0)

وهي عبارة عن نافذة دخل/خرج ذات ستة أقطاب ثنائية الاتجاه . وقد زودت أقطاب هذه النافذة بمقاومة رفع داخلية . و بإمكان دارة قيادة خرج النافذة C تقديم تيار قدره 20mA . وعند استخدامها كنافذة دخل , فإنها ستصبح منبعاً للتيار إذا كانت مقاومات الرفع الداخلية مُمكنة , وذلك عند ربط أقطاب هذه النافذة خارجياً مع المنطق المنخفض . و لأقطاب هذه النافذة أيضاً وظائف خاصة أخرى , كاستخدامها كمداخل تشابيهية للمبدل التشابيهي الرقمي ADC . وعند حدوث إحدى حالات التصفير , فإن أقطاب هذه النافذة تصبح في حالة الممانعة العالية , حتى لو كانت الساعة متوقفة عن العمل .

النافذة (Port D (PD7 ... PD0)

وهي عبارة عن نافذة I/O ذات ثمانية أقطاب ثنائية الاتجاه مزودة بمقاومة رفع داخلية . وبإمكان دارة قيادة خرج النافذة D تقديم تيار قدره 20mA , وعند استخدام هذه النافذة كنافذة دخل فإنها تصبح منبعاً للتيار (IIL) عند وصلها خارجياً مع المنطق المنخفض إذا كانت مقاومات الرفع الداخلية مُفعّلة.

وتتمتع أقطاب النافذة D بمزايا خاصة أخرى بعمل المتحكم ATMEGA8, وهي مشروحة بالتفصيل في فقرة " نوافذ الدخل/الخرج ", وعند حدوث إحدى حالات التصفير, فإن أقطاب هذه النافذة تصبح في حالة الممانعة العالية, حتى لو كانت الساعة متوقفة عن العمل.

قطب التصفير RESET

مدخل التصفير يولد التصفير الخارجي عند تطبيق نبضات كهربائية أطول من 50 ns ذات منطق منخفض على القطب RESET . وذلك حتى إن لم تكن الساعة في حالة عمل. والنبضات الأقصر من ذلك قد لا تؤدي بالضرورة إلى توليد التصفير .

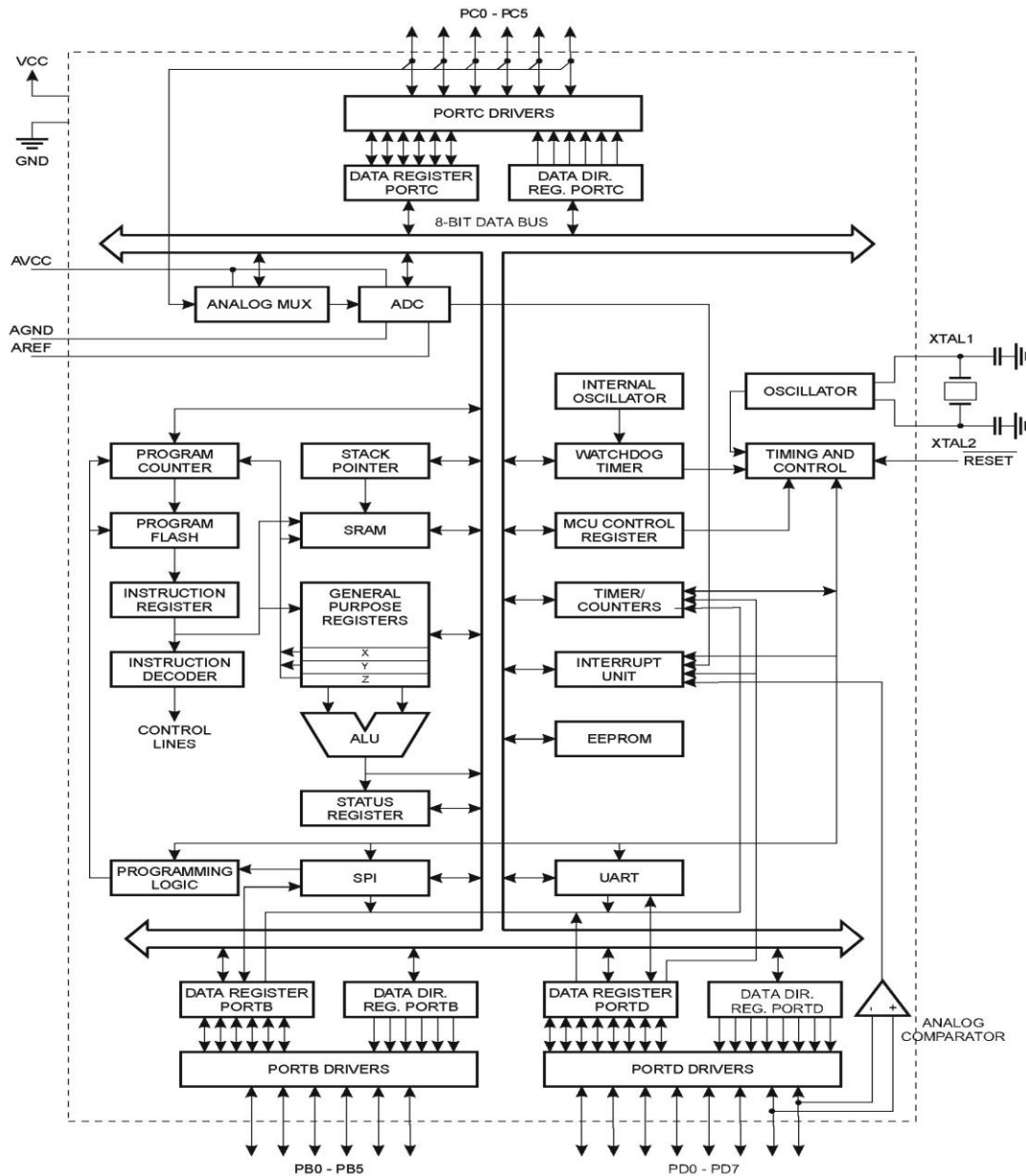
مدخل الهزاز XTAL1: هو عبارة عن مدخل مضخم الهزاز العاكس وهو أيضاً مدخل لدارة تشغيل الساعة الداخلية .

مدخل الهزاز XTAL2: هو عبارة عن مخرج مضخم الهزاز العاكس.

AVCC: وهو قطب جهد تغذية التغذية للمبدل التشابهي الرقمي ADC. ويجب وصله خارجياً مع القطب VCC من خلال مرشح تمرير منخفض . راجع فقرة " عمل المبدل ADC " .

AREF: وهو قطب دخل الجهد المرجعي التشابهي للمبدل ADC. ويجب أن تتراوح قيمة هذا الجهد عند عمل المبدل ADC ما بين ($AVCC - 2.7V$).

AGND: إذا كانت الدارة التي تقوم بتصميمها لها أرضي تشابهي مستقل، فيجب ربط هذا القطب مع هذا الأرضي، وفي أغلب الحالات نربط هذا القطب مع أرضي شريحة المتحكم GND. يبين الشكل (41) المخطط الصندوقي للمتحكم ATMEGA8.



الشكل (41) المخطط الصندوقي للمتحكم ATMEGA8

الملحق (3)

- بناء قاعدة معطيات بناء على قيم مختلفة للملف $L_1 = (360 \Rightarrow 400) \mu H$ وقيم مختلفة للمكثفة $C_1 = (1.28 \Rightarrow 35) \mu F$ تم أخذها وفق تابع متساوي الاحتمالات لكي يتم تغطية المجال بأكمله ثم قمنا بقياس استطاعة الخرج P_{out} .

(L_1)	(C_1)	P_{out}
415.7000	6.9000	50.4000
420.2000	14.2000	51.1000
381.3000	13.7000	51.1000
420.6000	4.9000	49.7000
406.6000	4.1000	49.7000
379.8000	10.9000	50.4000
388.9000	19.2000	52.5000
402.3000	8.1000	50.4000
422.8000	12.5000	51.1000
423.2000	6.0000	50.4000
382.8000	15.5000	51.8000
423.5000	6.5000	50.4000
422.8000	11.1000	50.4000
399.2000	14.5000	51.1000
415.0000	18.0000	52.5000
382.0000	19.2000	52.5000
396.0000	11.8000	50.4000
420.7000	4.4000	49.7000
414.6000	4.6000	49.7000
422.9000	6.6000	49.7000
407.7000	17.1000	52.5000
376.7000	6.5000	49.7000
417.4000	16.6000	52.5000
421.6000	6.3000	50.4000
408.9000	18.7000	52.5000
412.8000	8.2000	50.4000
412.1000	5.5000	49.7000
394.6000	6.5000	50.4000
407.7000	13.0000	51.1000
383.5000	10.5000	50.4000
410.3000	8.3000	50.4000
376.5000	16.9000	51.8000

388.8000	12.5000	51.1000
377.3000	11.8000	50.4000
379.8000	18.5000	52.5000
416.1000	7.1000	50.4000
409.7000	15.6000	51.8000
390.8000	15.5000	51.8000
422.5000	8.8000	50.4000
376.7000	12.2000	50.4000
396.9000	3.3000	49.7000
394.0000	2.9000	49.0000
413.2000	11.5000	50.4000
414.7000	16.0000	52.5000
384.3000	18.8000	52.5000
399.4000	4.3000	49.7000
397.2000	12.2000	51.1000
407.3000	10.4000	50.4000
410.4000	2.2000	48.3000
412.7000	8.0000	50.4000

تمت نمذجة استطاعة الخرج للمبدلة كتابع لقيم الملف و المكثف وفق طريقة المربعات الصغرى (LMS) التالية:

```
function[A,R,RR]=lms(X,Y)
[nx,ny]=size(X);
Xtemp=[ones(nx,1),X];
A=inv(Xtemp'*Xtemp)*Xtemp'*Y;
Ymean=mean(Y);
Ycalc=Xtemp*A;
R=sqrt(sum((Ycalc - Ymean).^2)/sum((Y-Ymean).^2));
```

فحصلنا على قيم الثوابت

$$A = [18.3664, 0.1415, 0.1829, -0.0002, -0.0002, 0.0043]$$

وعامل الارتباط الذي يحدد دقة التقريب

$$R = 0.9564$$

ومنه أصبحت العلاقة التي تربط استطاعة خرج المبدلة مع قيم الملف والمكثف بالشكل التالي:

$$P_{out} = -(18.3664 + 0.1415 \times L + 0.1829 \times C - 0.0002 \times L \times C - 0.0002 \times L^2 + 0.0043 \times C^2)$$

- تمت نمذجة استطاعة خرج اللوح الشمسي كتابع لقيم تيار الدارة المقصورة ودورة التشغيل وفق طريقة LMS حيث في البداية تم بناء قاعدة المعطيات من نموذج النظام المنفذ ضمن بيئة PROTUES

I_{sc}	D	P_{MPP}
0.1000	0.0150	0.2800
0.2000	0.2180	0.6600
0.3000	0.3300	1.0000
0.4000	0.4000	1.5800
0.5000	0.4300	2.2500
0.6000	0.4500	2.9000
0.7000	0.4900	3.4000
0.8000	0.5100	4.3000
0.9000	0.5200	5.3500
1.0000	0.5300	6.0000
1.1000	0.5400	7.1000
1.2000	0.5500	8.3000
1.3000	0.5560	9.6500
1.4000	0.5620	10.4000
1.5000	0.5710	12.0000
1.6000	0.5750	13.6000
1.7000	0.5780	14.7000
1.8000	0.5840	16.0000
1.9000	0.5870	18.0000
2.0000	0.5900	19.8000
2.1000	0.5960	20.9000
2.2000	0.5970	23.0000
2.3000	0.5980	25.3000
2.4000	0.5990	26.3000
2.5000	0.6000	28.0000
2.6000	0.6030	31.0000
2.7000	0.6040	32.8000
2.8000	0.6060	34.4000
2.9000	0.6070	37.5000
3.0000	0.6090	40.0000
3.1000	0.6100	41.3000
3.2000	0.6120	44.8000
3.3000	0.6140	47.7000
3.4000	0.6150	49.0000
3.5000	0.6160	51.7000

3.6000	0.6180	55.8000
3.7000	0.6190	57.8000
3.8000	0.6200	60.0000
3.9000	0.6210	64.0000
4.0000	0.6210	66.0000
4.1000	0.6210	69.0000
4.2000	0.6220	73.3000
4.3000	0.6220	77.0000
4.4000	0.6230	78.6000
4.5000	0.6240	83.2000
4.6000	0.6250	87.3000
4.7000	0.6260	89.1000
4.8000	0.6270	93.3000
4.9000	0.6280	97.8000
5.0000	0.6280	101.0000

وفق طريقة LMS حصلنا على قيم الثوابت

$$A = [0.7625 \quad -4.8925 \quad -0.1585 \quad 11.2705 \quad 3.5222 \quad 3.2753]$$

وعامل ارتباط

$$R = 0.999$$

و أصبحت العلاقة التي تربط استطاعة خرج اللوح الشمسي مع تيار الدارة المقصورة و دورة التشغيل بالشكل التالي:

$$P_{MPP} = (0.7625 - 4.8925 \times I_{sc} - 0.1585 \times D + 11.2705 \times I_{sc} \times D + 3.522 \times I_{sc}^2 + 3.2753 D^2)$$

بعد ذلك تمت نمذجة دورة التشغيل كتابع لتيار الدارة المقصورة و استطاعة اللوح الشمسي وفق طريقة LMS فحصلنا على قيم الثوابت

$$A = [0.0621 \quad 0.9635 \quad -0.0427 \quad 0.0361 \quad -0.4190 \quad -0.0008]$$

وعامل الارتباط

$$R = 0.9707$$

و أصبحت العلاقة الرياضية التي تربط دورة التشغيل بتيار الدارة المقصورة واستطاعة اللوح الشمسي بالشكل التالي:

$$D = (0.0621 + 0.9635 \times I_{sc} - 0.0427 \times P_{MPP} + 0.0361 \times I_{sc} \times P_{MPP} - 0.4190 \times I_{sc}^2 - 0.0008 \times P_{MPP}^2)$$

References

- 1- ANTUNES F.L.M; 2003 -Maximum Power Point Tracker for PV Systems, World Climate & Energy Event.
- 2- Fernia, N., Petrone, G., Spagnuolo, G., Vitelli, M., 2006 Optimizing Duty-Cycle Perturbation of P&O MPPT Technique, Power Electronics Specialists Conference, 45(1).
- 3- CHUNG H.S.H; HO M.T; HUI S.Y.R; TSE K.K; 2006 - A Novel Maximum Power Point Tracking Technique for PV Panels. Florida state university press, USA, 240 pages.
- 4- LIU X; LOPES L.A.C; 2007- An Improved Perturbation and Observation Maximum Power Point Tracking Algorithm for PV Arrays, Power Electronics Specialists Conference.
- 5- D. Shmilovitz; 2005 -On the control of photovoltaic maximum power point tracker via output parameter, in IEE Proc. pp. 239-248.
- 6- J. A. M. Bleijs and A. Gow, , Jan. 2001"Fast maximum power point control of current-fed DC-DC converter for photovoltaic arrays, Electron. Lett, vol. 37, pp. 5-6.
- 7-SENJYU T; VEERACHARY M; UEZATO K; 2006- Feed forward Maximum Power Point Tracking of PV Systems Using Fuzzy Controller, IEEE Trans , Aerospace and Electronic Systems.
- 8- Abdul-Latif, M., Sayuti, S.H., Wanik, M.Z., Yusof, Y., 2007- Modeling and Simulation of Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic System, Proceedings on Power and Energy Conference, 10(10).

- 9-** M. Zhang, J. Wu, and H. Zhao, 2004, "The application of slide technology in PV maximum power point tracking system," in Fifth World Congress on Intelligent Contr. and Automat., pp. 5591-5594.
- 10-** H.-J. Noh, D.-Y. Lee, and D.-S. Hyun, 2002, "An improved MPPT converter with current compensation method for small scaled PV-applications," in 28th Annual Conf. of the Ind. Electron. Society, pp. 1113-1118.
- 11-** E. I. rtiz-Rivera and F. Peng, 2004, "A novel method to estimate the maximum power for a photovoltaic inverter system," in 35th Annual IEEE Power Electron. Specialists Conf. pp. 2065-2069.
- 12-** K. Kobayashi, H. Matsuo, and Y. Sekine, 2004, "A novel optimum operating point tracker of the solar cell power supply system," in 35th Annual IEEE Power Electron. Specialists Conf., pp. 2147-2151.
- 13-** D. Shmilovitz, 2005, "On the control of photovoltaic maximum power point tracker via output parameters," in IEE Proc. Elect. Power Applicat., pp. 239-248.
- 14-** P. C. M. de Carvalho, R. S. T. Pontes, D. S. Oliveira, Jr., D. B. Riffel, R. G. V. de Oliveira, and S. B. Mesquita, 2004, "Control method of a photovoltaic powered reverse osmosis plant without batteries based on maximum power point tracking," IEEE/PES Transmission and Distribution Conf. and Exposition: Latin America, pp. 137-142.
- 15-** X. Sun, W. Wu, X. Li, and Q. Zhao, 2002, "A research on photovoltaic energy controlling system with maximum power point tracking," in Proc.Power Conversion Conf., pp. 822-826.
- 16-** J. Arias, F. F. Linera, J. Martin-Ramos, A. M. Pernia, and J.

Cambroner, 2004 "A modular PV regulator based on microcontroller with maximum power point tracking," in Conf. Record of the IEEE Ind. Applicat. Conf, pp. 1178-1184.

17-COUTTST.J; **FITZGERALD** **M.C;**2005-
Thermophotovoltaics Scientific American Magazine.

18– NIEMANN J; 2004 - Understanding Solar Cell Physics, Sensors.

19- T. Kitano, M. Matsui, and D.-h. Xu, 2001,"Power sensor-less MPPT control scheme utilizing power balance at DC link-system design to ensure stability and response," in 27th Annual Conf. of the IEEE Ind. Electron. Society, pp. 1309-1314.

20- SHRAIF M.F; 2002- Optimization et mesure de chaine de conversion D'Energie photovoltaïque en energie électrique, Doctorat de l'universite paul sabatier de Toulouse.

.

Abstract

Electric characteristics of photovoltaic panel are nonlinear and has maximum power point (MPP), to exploit all energy of photovoltaic panel it is necessary tracking maximum power point by using (MPPT), this system force the photovoltaic panel to operate on (MPP). MPPT is not mechanical tracking system moves photovoltaic panel physically to make it direct to sun, MPPT is electronic system change electric operation point of the photovoltaic panel so the photovoltaic panel can generate available maximum power. MPPT system can operate with mechanical tracking system but both of systems still different. Many of maximum power point tracking techniques developed and applied, these techniques are different in complexity, sensitivity, speed of tracking maximum power point, cost, effect range, used elements, using muchness and other respects. Actually many techniques are developed where it becomes difficult to know which technique is more suited for proponent photovoltaic system. This huge number of maximum power point techniques gives benefiting for researchers and workers in photovoltaic systems. We depend on perturb and observe technique to built our system and we develop this technique. This technique is the most employing because many reasons such as (low-mended-can built digital electronic system depended on it-good speed for tracking MPP). Our system scans whole nonlinear characteristic of photovoltaic panel and track maximum power point then it forces photovoltaic panel to operate on this point. we use PC to model and simulate this system depending on (PROTUES) and (MATLAB)), then we calculate the values of components of the system depending on optimization. We make sure of accurate of the system. The practical measurements give us good results to use this system, we find that using this system increases the gain and decreases lose in electrical power and it decreases the coast because it invests all available electrical power which generated from the photovoltaic panel.