

دراسة وتصميم نظام كهروضوئي مستقل مؤتمت لإنارة الكورنيش البحري في مدينة طرطوس يلحق نقطة الاستطاعة الأعظمية (MPPT)

*.ثائر أحمد أبراهيم

** لمى يونس جديد

(تاريخ الإيداع 2018 / 2 / 25. قَبْلُ للنشر 2018 / 8 / 12)

الملخص

قمنا في هذه الدراسة بتصميم نظام إنارة شارعية باستخدام الطاقة الكهروضوئية في أحد شوارع مدينة طرطوس (الكورنيش البحري) يهدف إلى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية، بالإضافة إلى اختيار تصاميم جمالية كون الكورنيش الواجهة السياحية الأولى في مدينة طرطوس.

تهدف هذه الدراسة إلى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في نظام الإنارة الشارعية المقترح اعتماداً على التحكم بشدة الإضاءة حسب الكثافة المرورية خلال ساعات الليل والتشغيل الأتوماتيكي للمصابيح عند الحاجة لها والاستغناء عن عملية التشغيل/الإيقاف اليدوي واستخدام حساس حركة للكشف عن وجود سيارات أو مارة، وتهدف أيضاً إلى عدم وصول المدخرات -والتي تعد من أهم عناصر النظام الكهروضوئي- إلى حالة التفريغ الجائر وحالة الشحن الزائد لأن ذلك يقلل من عمرها الافتراضي. بالإضافة إلى زيادة كفاءة النظام وموثوقيته وذلك اعتماداً على إحدى طرق ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمية (MPPT).

من أجل بناء نظام التحكم المؤتمت قمنا باستخدام المتحكمات الصغيرة و شرائح الاردوينو.

الكلمات المفتاحية: الدارة التكاملية "RTC" - Arduino UNO - حساس حركة PIR - ملاحقة نقطة الاستطاعة العظمية "MPPT".

*استاذ مساعد - قسم الأتمتة الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سوريا.

**طالبة دراسات عليا(ماجستير) - قسم المعدات و الأليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس - سوريا.

Study and design a stand-alone Automated PV solar system for Sea Corniche in Tartous city lighting using (MPPT) technical

*Dr. Their Ibrahim

** Eng .Lama jded

(Received 25 / 2 / 2018 . Accepted 12 / 8 / 2018)

Abstract

In this study, we designed a street lighting system using solar energy in Tartous city Corniche in order to rationalize the consumption of electricity, in addition to choosing the aesthetic designs of the Corniche ,because it's the first tourist destination in Tartous city.

This study aimed to reduce consumption electricity energy in the lighting system based on the control of lighting intensity according to the traffic density during the night and the automatic operation of the LED lamps when needed, dispensing the manual on / off and using a motion sensor to detect the presence of cars or passersby.

It also prevents batteries used in the system from deep discharging and over charging this increase battery life time and the efficiency of the system using of one of methods to maximum power point tracking.

In order to build the automated control system we used microcontroller and arduino chips.

Key words: Real time clock RTC - Arduino UNO – Passive infrared sensor PIR - maximum power point Tracking MPPT.

* Assistant Professor in Department of Industrial Automation, Faculty of Technical Engineering, Tartous University. Syria.

**Postgraduate student (M.A) –Department of Equipment and Mechanics Faculty of Technical Engineering - Tartous University - Syria.

1- مقدمة:

تلعب الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الكهروضوئية دوراً كبيراً في إنتاج الكهرباء، ووفقاً للأطلس الشمسي الصادر عن المركز الوطني لبحوث الطاقة فإن قيمة الإشعاع الشمسي في مدينة طرطوس 1200 W/m^2 ، وقد بينت دراسة الأسكوا (UN-ESCWA) أن عدد ساعات الشمس التي تتعم بها سوريا تفوق الثلاثة آلاف ساعة سنوياً أي أن أشعة الشمس تكاد لا تغيب عنها طيلة أيام السنة (335 يوماً خلال 365 يوماً من أيام السنة) وهي من المعدلات المرتفعة جداً بالنسبة إلى باقي مناطق العالم [13,14].

الأنظمة المؤتمتة لإنارة الشوارع هي أحد سبل ترشيد استهلاك الكهرباء على المستوى الوطني فهي تعمل بالطاقة الكهروضوئية فقط وتستخدم لمبات شديدة التوفير LED (Light Emitting Diode) تعمل على التيار المستمر ذات عمر افتراضي طويل (يصل إلى 50 ألف ساعة). ويتميز النظام باستهلاك طاقة كهربائية أقل مع المحافظة على معايير الجودة، حيث أنه أثناء الليل تبدأ المدخرة بإطلاق الطاقة الكهربائية لتشغيل إضاءة LED عن طريق وحدة تحكم تنظم شدة الإضاءة المطلوبة، ويعمل النظام أوتوماتيكياً عندما تقل الإضاءة عن المستوى المحدد [1].

تملك الألواح الشمسية خصائص لا خطية (جهد - تيار) مع نقطة استطاعة عظمى متعلقة بالعوامل البيئية المحيطة كدرجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي، وللحصول على الاستثمار الأمثل للطاقة من الألواح يجب العمل بجوار هذه النقطة (MMP)، وقد استخدمت طرقاً عديدة وتقنيات مختلفة لتتبع نقطة الاستطاعة العظمى MPPT (maximum power point Tracking) لكنها تختلف بدرجة التعقيد والكلفة وعدد الحساسات اللازمة والكفاءة، وبعد دراسة تقنيات ملاحقة الاستطاعة العظمى توصلنا إلى اعتماد تقنية الارتباب والملاحظة (Perturbation and Observation, P&O) في نظام الملاحقة المقترح [12].

أهمية البحث وأهدافه:

تتم أهمية البحث في وضع خطوات التصميم لنظام إنارة كهروضوئية للكورنيش البحري في مدينة طرطوس يحقق ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية ويعمل بشكل أوتوماتيكي مع المحافظة على العمر الافتراضي للمدخرات من خلال تجنب حالة التفريغ الجائر وحالة الشحن الزائد. ومن أجل الحصول على الطاقة الأعظمية الممكنة من الشمس قمنا بتصميم دائرة لملاحقة نقطة الاستطاعة الأعظمية.

تهدف الدراسة إلى:

- دراسة المتطلبات الفنية وفق النظم العالمية لتصميم نظام إنارة كهروضوئية لشوارع الكورنيش البحري (PV LED Lighting System) في مدينة طرطوس واختبار النموذج المصمم.
- التشغيل التلقائي لمصفوفة الليد عند غروب الشمس والإيقاف التلقائي لها عند شروق الشمس.
- التحكم بشدة الإضاءة حسب الوقت والكثافة المرورية.

- تنظيم شحن المدخرات بمعنى السماح بالشحن الكامل للمدخرات دون الوصول إلى حالة الشحن الزائد وحمايتها من الوصول إلى حالة التفريغ الزائد.
- تنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الخلايا الشمسية قبل مروره إلى المدخرات لأن قوة الإشعاع الشمسي تتغير طوال نهار اليوم إما بسبب الظل والتظليل وإما بسبب تغير زاوية الشمس.
- تحقيق الاستطاعة الأعظمية (MPPT).

طرائق البحث ومواده:

تم الاعتماد على أجهزة قياس معيارية متوفرة في مخبر بحوث الطاقات المتجددة في كلية الهندسة التقنية ومخبر الطاقات المتجددة في كلية العلوم (شدة الإشعاع الشمسي، تيار، جهد، استطاعة)، مدخرة جل (12V,7Ah) و لوح شمسي نوع "monocrystalian"، ثم قمنا باختبار نظام التحكم برمجياً باستخدام برامج "Proteus" و "Matlab" وإجراء محاكاة لدارات التحكم، ثم قمنا بتنفيذ نظام التحكم عملياً باستخدام متحكم نوع "Arduino UNO" ومقارنة النتائج التجريبية مع نتائج المحاكاة للتأكد من صحة التنفيذ العملي.

2- تصميم نظام الإنارة:

قمنا بتصميم نظام إنارة شارعية مستقل باستخدام الطاقة الكهروضوئية بالاعتماد على أعمدة الإنارة الموجودة للنظام التقليدي القائم حالياً في الشارع الرئيسي في الكورنيش البحري (من البورتو إلى نادي الضباط) حيث أن ارتفاع العمود المستخدم حالياً 18m والمصباح المستخدم هو بخار صوديوم باستطاعة 600W. في التصميم المقترح سوف نضع مصباح ليد على ارتفاع 9m بدلاً من أن نضعه على ارتفاع 18m، وبسبب تخفيض ارتفاع مصباح الليد وتخفيض فيضه الضوئي وبما أن المسافة بين الأعمدة 60m هنا سوف تظهر لدينا ظاهرة التبع مما يسبب مشكلة لدى السائقين، ولحل هذه المشكلة سوف نضع في منتصف المسافة بين كل عمودين عمود إنارة ارتفاعه 9m وبما أن لدينا 47 عموداً سنحتاج إلى 45 عموداً إضافي و كلفة الأعمدة الإضافية سوف تضاف إلى كلفة النظام المقترح وسيتم وضعها في منتصف المسافة بين كل عمودين متتالين وهذا يعني أن المسافة بين كل عمودين ستصبح 30m.

2-1 اختيار المصباح: [3]

لحساب الفيض الضوئي نطبق المعادلة الآتية:

$$\text{lumens} = \frac{W * L * D}{C_U * M_F} \quad (1)$$

حيث:

W: عرض الطريق الذي يقع تحت مجال الكشاف 9m.

D: المسافة بين الأعمدة 30m.

L: قيمة اللوكس للمتر المربع 42 لوكساً.

C_U: عامل الاستخدام وعادة يؤخذ (0.9).

M_F: عامل الصيانة وعادة يؤخذ (0.84).

$$\text{lumens} = \frac{9 * 30 * 42}{0.9 * 0.84} = 15000 \text{ lumens}$$

ويجب ألا تقل كفاءة جهاز الإضاءة عن 150\ لومن لكل واط، ومنه تكون استطاعة مصباح الليد المطلوبة:

$$\frac{15000}{150} = 100 \text{ W}$$

لذلك سوف نختار مصباح ليد (MLLG-AX-LED-ST1) باستطاعة 100W وفيضه الضوئي 15000 لومن.

2-2 حساب سعة المدخرة: [10]

سوف نقوم باستبدال مصباحي بخار الصوديوم (600W) HPS الموجودين بمصباحي ليد استطاعة كل منها 100W.

وبالتعويض بالمعادلة الآتية نجد:

$$\text{Energy} = \frac{E_L * (1 + L_L)}{\eta_B * \eta_{LED}} \quad [\text{Wh}] \quad (2)$$

حيث:

E_L : الطاقة الكلية بـ Wh التي يستهلكها مصباح الليد الواحد خلال الليل (12 ساعة).

$$E_L = 12 * 100 = 1200 \quad [\text{Wh}]$$

$$\text{Energy} = \frac{1200 * (1 + 0.1)}{0.8 * 1.5} = 1100 \quad [\text{Wh}]$$

الطاقة الكلية التي يجب أن تغذي الليد نجدها بالتعويض بالمعادلة الآتية:

$$E_T = \frac{2 * \text{Energy} * (1 + L_L)}{\eta_{LED}} \quad (3)$$

حيث إن عدد الأيام التي يجب أن تغذي فيها المدخرة مصباح الليد بدون شحنها هو يومان (حسب الموقع المدرس):

$$E_T = \frac{2 * 1100 * (1 + 0.1)}{1.5} = 1613.33 \quad [\text{Wh}]$$

نحسب الطاقة الأعظمية التي سوف تخزن في المدخرة بالتعويض بالمعادلة الآتية:

$$E_S = \frac{E_T}{\eta_B * DOD} \quad (4)$$

حيث:

DOD : عمق تفريغ المدخرة، وتقدر لمدخرات الليثيوم بـ 80%

$$E_S = \frac{1613.33}{0.8 * 0.8} = 2520.83 \quad [\text{Wh}]$$

نحسب سعة المدخرة بالتعويض بالمعادلة الآتية:

$$C = \frac{E_S}{V_S} \quad (5)$$

حيث V_S : جهد النظام.

$$C = \frac{2520.83}{12} = 210 \quad [\text{Ah}]$$

نحسب عدد المدخرات التسلسلية المطلوبة بالتعويض بالمعادلة الآتية:

$$N_{b,s} = \frac{V_s}{V_b} \quad (6)$$

حيث V_b : جهد المدخرة.

$$N_{b,s} = \frac{12}{12} = 1 \text{ مدخرة}$$

نحسب عدد المدخرات التفريعية بالتعويض بالمعادلة الآتية:

$$N_{b,p} = \frac{C}{C_b} \quad (7)$$

حيث C_b : سعة المدخرة.

$$N_{b,p} = \frac{210}{200} \cong 1 \text{ مدخرة}$$

بما أن العمود عليه ذراعان وبكل ذراع يوجد جهاز إنارة نحتاج إلى مدخرتين سعة كل منها 200 أمبير ساعي وجهدا 12 فولت نوع ليثيوم (LITHIUM-ION BATTERY) لكل عمود.

2-3 حسابات الألواح الشمسية: [4]

بالتعويض بالمعادلة الآتية نجد:

$$P_{PV} = \frac{1}{\eta_B * \eta_{LED}} * \frac{P_{LED} * h_{LED}}{h_{PV}} \quad (8)$$

حيث: P_{PV} : استطاعة اللوح الشمسي،

η_B : كفاءة المدخرة 80%،

η_{LED} : كفاءة الليد 150%،

P_{LED} : استطاعة مصباح الليد المستخدم 200W،

h_{LED} : عدد ساعات إضاءة مصباح الليد ليلاً في اليوم الواحد،

h_{PV} : عدد ساعات الإشعاع الشمسي يومياً.

$$P_{PV} = \frac{1}{0.8 * 1.5} * \frac{100 * 12}{4} = 250 \text{ W.}$$

عدد الألواح اللازمة:

$$\frac{250}{250} = 1 \text{ لوح.}$$

إذاً نحتاج إلى لوح شمسي واحد استطاعته 250W، سوف نختار لوحاً أحادي البلورة لكفاءته العالية والأهم كون مساحة السطح اللازم لتوليد الطاقة الكهربائية المطلوبة أقل مما هو في بقية الأنواع الأخرى مما يخفف من وزن اللوح وهذا مهم جداً كون اللوح سوف يثبت على عمود إنارة. بما أن العمود عليه ذراعان وبكل ذراع يوجد جهاز إنارة، إذاً نحتاج إلى لوحين شمسيين استطاعة كل منهما 250W لكل عمود.

بما أن النظام المقترح تصميمه مستقل فهو لا يتأثر مطلقاً بالشبكة الكهربائية العامة ويتعلق بشكل كبير بشدة الإشعاع الشمسي وبشكل أقل بدرجة الحرارة ووفقاً للموقع الجغرافي لمدينة طرطوس فعدد الساعات المشمسة صيفاً في مدينة طرطوس 10 ساعات فإن النظام المقترح سيعمل صيفاً بدون انقطاع، أما شتاءً ومع انخفاض عدد الساعات المشمسة إلى 4 ساعات يومياً يعمل النظام بشكل أقل كفاءة لذلك يجب أن تغذي المدخرة مصباح الليد دون شحنها لمدة يومين كما هو مذكور عند حساب سعة المدخرة وذلك لأنه يمكن أن يكون الوقت غير كافي

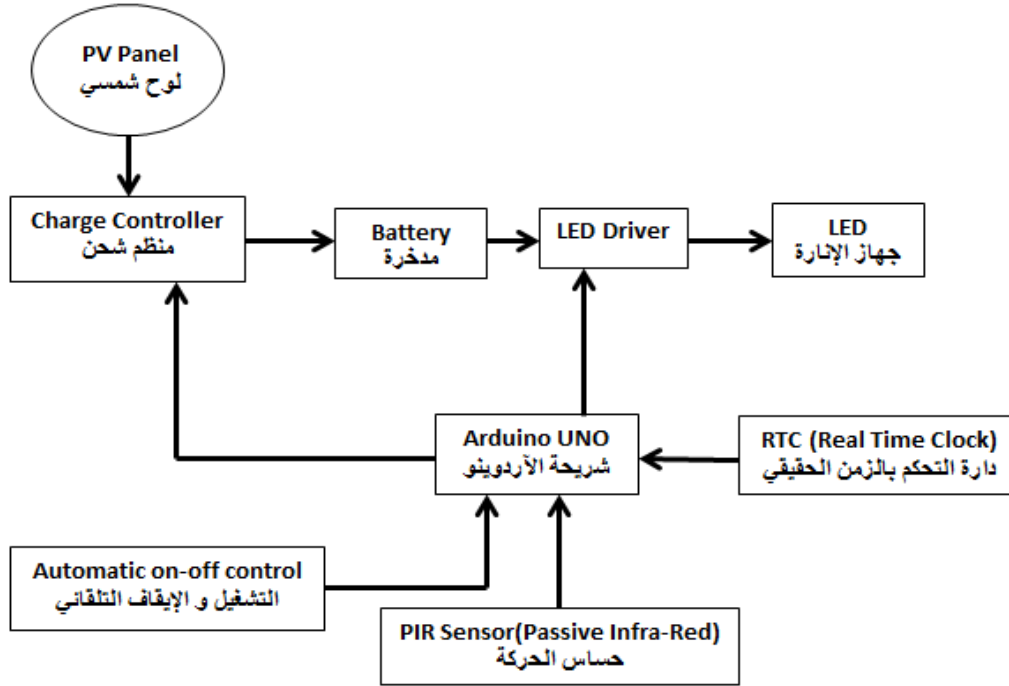
لشحنها، وبالنسبة إلى تأثير الظل في الكورنيش البحري فإن الموقع المدروس لا يوجد فيه أشجار أو مباني تقوم بتظليل الألواح.

3- تصميم دارات التحكم:

3-1 دائرة التحكم بشدة الإنارة:

قمنا بتصميم دائرة التحكم بهدف تحقيق المتطلبات الآتية:

- التشغيل التلقائي لمصفوفة الليد عند غروب الشمس والإيقاف التلقائي لها عند شروق الشمس وذلك بالاعتماد على قيمة الإشعاع الشمسي الساقط على المقاومة الضوئية التي يتم وضعها على اللوح الشمسي ضمن غلاف بلاستيكي خاص لحمايتها من الظروف الجوية و تركيز الإشعاع الشمسي الساقط عليها. فعند تعرضها للضوء الساطع تنخفض قيمتها إلى قيمة قليلة، فيقوم المتحكم (الآردينو) عبر منفذ الإخراج بإرسال نبضة "pwm" ذات قيمة صغيرة إلى مصفوفة الليدات فتتوقف عن العمل، بينما في الظلام ترتفع قيمة المقاومة الى قيمة كبيرة، فيقوم الآردينو بإرسال نبضة "pwm" ذات قيمة عالية إلى مصفوفة الليدات فتعمل.
 - تعمل مصفوفة الليد باستطاعة 100% و بأعظم شدة إنارة وقت الذروة أي من الساعة الخامسة مساءً إلى الساعة الحادية عشرة ليلاً (مع إمكانية إعادة البرمجة).
 - تعمل مصفوفة الليد باستطاعة 50% أي شدة إنارة متوسطة عندما تكون حركة المرور منخفضة أي من الساعة الحادية عشرة ليلاً إلى الساعة الثالثة ليلاً (مع إمكانية إعادة البرمجة).
 - تعمل مصفوفة الليد باستطاعة 25% أي شدة إنارة منخفضة عندما تكون حركة المرور شبه معدومة أي من الساعة الثالثة ليلاً إلى الساعة السادسة صباحاً (مع إمكانية إعادة البرمجة).
- استخدمنا دائرة الـ RTC للحصول على معلومات الوقت الحقيقي لدائرة التحكم حيث يبدأ النظام بالعمل في الساعة 7pm في الصيف بينما في فصل الشتاء يعمل في الساعة 5pm .
- ويبين الشكل (1) المخطط الصندوقي لدائرة التحكم المقترحة



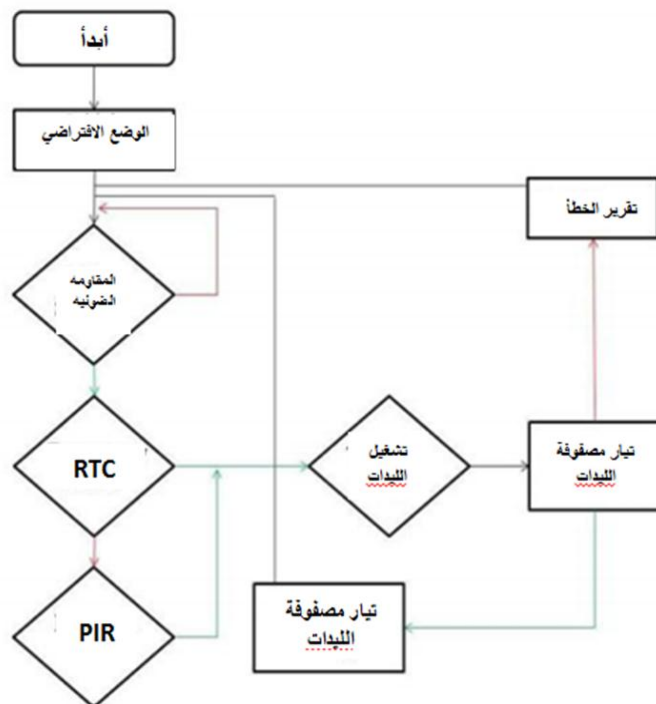
الشكل (1): المخطط الصندوقي لدائرة التحكم

1-1-3 مكونات دائرة التحكم:

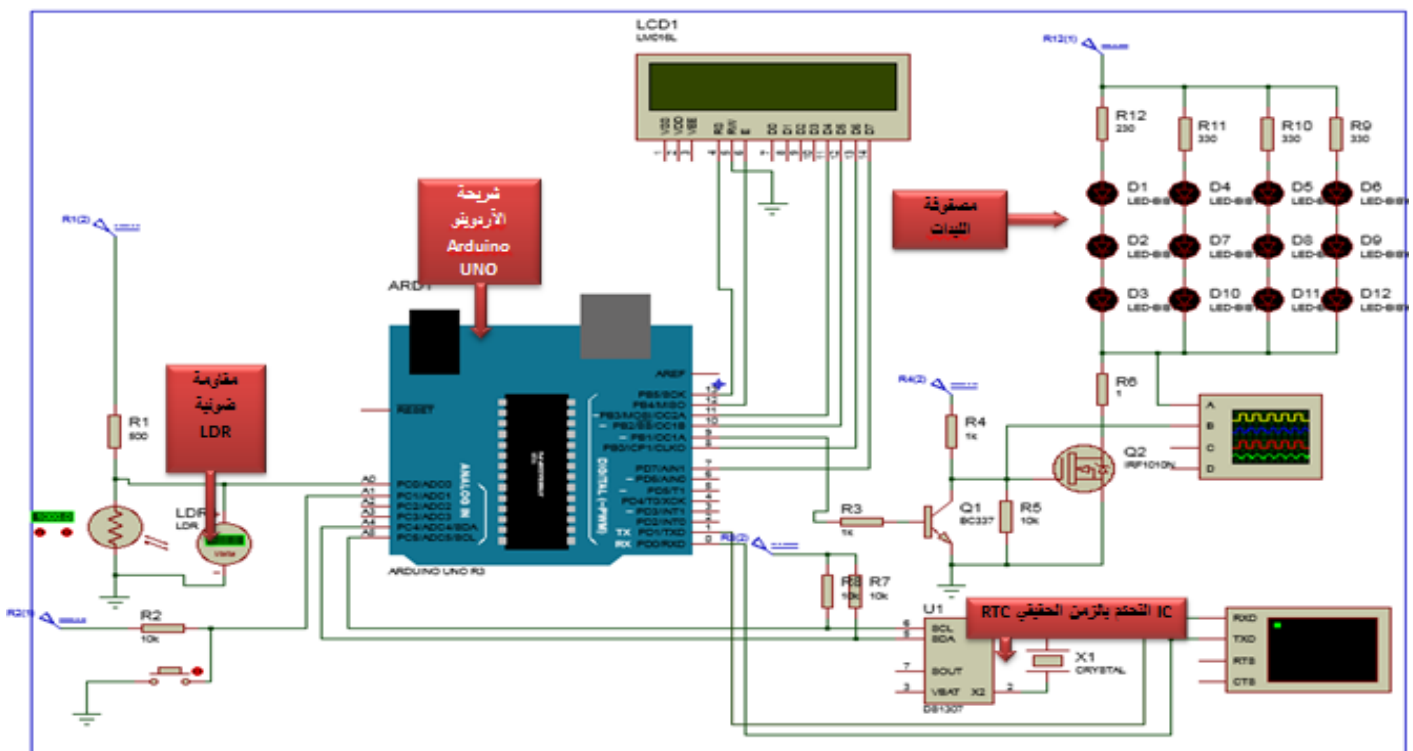
- شريحة أردوينو من نوع "Arduino UNO" والذي هو عبارة عن شريحة الكترونية صغيرة تستخدم المتحكم "ATmega328".
- دائرة RTC من أجل التحكم بالزمن الحقيقي (Real Time Clock) من طراز "RTC DS1307".
- حساس حركة "PIR" (Passive Infra-Red) طراز "SB612A": يستشعر وجود حركة بالقرب منه لمسافة من 3 إلى 7 متر بزمن تأخير على الأقل 5 ثوانٍ.
- مقاومة ضوئية (LDR): تستخدم كحساس لشدة الإضاءة في البيئة المحيطة وتكون إشارة دخل المتحكم.

2-1-3 التصميم البرمجي:

قمنا بنمذجة دائرة التحكم المقترحة كما هو مبين في الشكل (3) باستخدام برنامج "Proteus" الذي يمتاز بإمكانه مكتبة للأردوينو (Protens Arduino Library)، وتم بناء خوارزمية التحكم كما هو موضح في الشكل (2).
ثم قمنا بتصميم البرنامج الذي سوف نقوم بحقنه في شريحة الأردوينو باستخدام برنامج arduino c (الملحق (a).



الشكل (2): خوارزمية التحكم



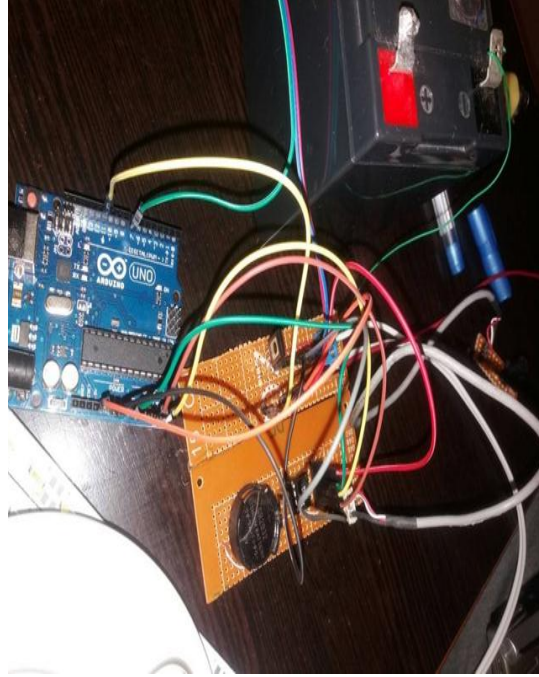
الشكل (3): مخطط دائرة التحكم في شدة الإضاءة في نظام إنارة الشوارع

3-1-3 اختبار الدارة:

قمنا بتنفيذ دارة التحكم التي تم شرحها سابقاً، الشكل (4، ب)، وقمنا بتنفيذ نموذج مُصغر، الشكل (4، أ) لاختبار دارة التحكم ثم قارنا النتائج العملية بنتائج النمذجة وكان هناك تطابق حيث وجدنا أن النموذج المنفذ لا تعمل فيه مصفوفة الليدات طالما المقاومة الضوئية تتحسس اشعاع شمسي وعندما ينخفض الاشعاع الشمسي تعمل مصفوفة الليدات، ثم لاحظنا تغيير شدة الإثارة اعتماداً على الوقت الحقيقي خلال ساعات الليل، وعندما يتحسس حساس الحركة وجود مارة أو سيارات ترتفع شدة الإثارة إلى المستوى العالي لمدة لا تتجاوز 5 ثوانٍ.



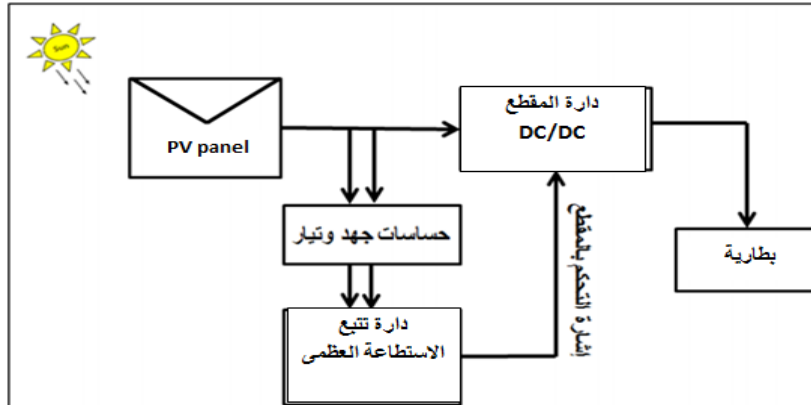
الشكل (4، أ): النموذج المنفذ



الشكل (4، ب): دارة التحكم المنفذ

2-3 تنظيم الشحن (charge controle):

يبين الشكل الآتي المخطط الصندوقي لآلية تنظيم شحن المدخرة و الذي يتكون بشكل رئيسي من دارة تتبع الاستطاعة العظمى و دارة المقطع (DC/DC chopper) وسنقوم فيما يلي بشرح آلية عملهما:



الشكل(5): المخطط الصندوقي لتنظيم شحن المدخرة

3-2-1 دائرة تتبع الاستطاعة العظمى:

في ظروف التشغيل العادية يكون تيار وتوتر لوح الـ PV متعلقاً بالحرارة وبشدة الإشعاع الشمسي الساقط على الخلية كما أنه يتأثر بالتظليل (كالغبار والأوساخ وغيرها) والتغيم وبما أن هذين البارمتريين متغيرين بصورة مستمرة خلال النهار إذا ستتغير خصائص لوح الـ PV بشكل مستمر وبالنتيجة لا يعمل النظام عند نقطة MPP بصورة دائمة.

وبما أنه لا بد من الاستغلال الأمثل للمنظومة الكهروضوئية فلا بد إذاً من ملاحقة نقطة الاستطاعة الأعظمية (MPPT) لضمان عمل مبدلة DC/DC بالشكل الأمثل، ولكي تعمل هذه المبدلة في جوار هذه النقطة فإنه من الضروري إيجاد خوارزمية تحكم لقيادة المفتاح الإلكتروني في المبدلة للحصول على استطاعة خرج أعظمية عند العمل بالتوتر والتيار المقابلين لنقطة المنحني الموافقة لنقطة الاستطاعة الأعظمية، علماً أن هذه النقطة غير ثابتة وتتعلق بالإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة [11].

بعد دراسة مختلف تقنيات ملاحقة الاستطاعة العظمى توصلنا إلى اعتماد تقنية الارتفاع والملاحظة (Perturbation and Observation, P&O) وهي من أكثر طرق الـ MPPT شيوعاً حيث تعد طريقة رخيصة وغير معقدة وسهلة التطبيق، وتحتاج إلى متطلبات حسابية منخفضة، وتعد فعالة في حال العمل مع الأوساط التي يتغير فيها الإشعاع بشكل بطيء، وتعطي قيمة MPP صحيحة نسبياً ولا تحتاج إلى إعادة ضبط دوري. تعتمد هذه الطريقة على أخذ قراءات دورية للاستطاعة واستخدام الاضطراب في قيم الاستطاعة لإبقاء العمل عند نقطة الاستطاعة العظمى، واعتماداً على مميزات الجهد/استطاعة $P(V)$ لمنظومة الـ PV المبينة في الشكل (6) في حالة الإشعاع المستقر ونقصان الطاقة فإن نقطة العمل تنتقل من A إلى B وفي حال زيادة الإشعاع سينقل العمل إلى المنحني P2 وستنتقل نقطة العمل من A إلى C وفي الحالتين سنحصل على اضطراب وبالتالي فإن نقطة التشغيل (نقطة العمل) تبتعد عن الـ MPP وستبقى متباينة طالما أن الإشعاع يتباين، ومن هذه المنحنيات نلاحظ أن تغير الاستطاعة بالنسبة إلى الجهد (للتيار) في الجهة اليسرى موجباً ($dP/dV > 0$) أما في الجهة اليمنى يكون سالباً ($dP/dV < 0$)، أي أن مشتق الاستطاعة بالنسبة إلى الجهد (التيار) لمنظومة الـ PV يساوي

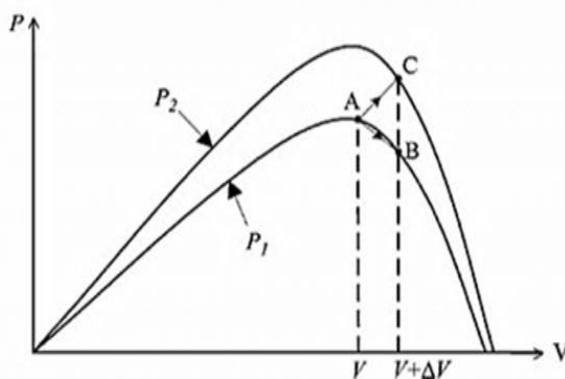
الصفير عند الـ MPP وموجباً (سالباً) على اليسار هذه النقطة وإذا كان سالباً (موجباً) على اليمين كما يلي:

عند الـ MPP يكون $dP/dV = 0$

على اليسار يكون $dP/dV > 0$

على اليمين يكون $dP/dV < 0$

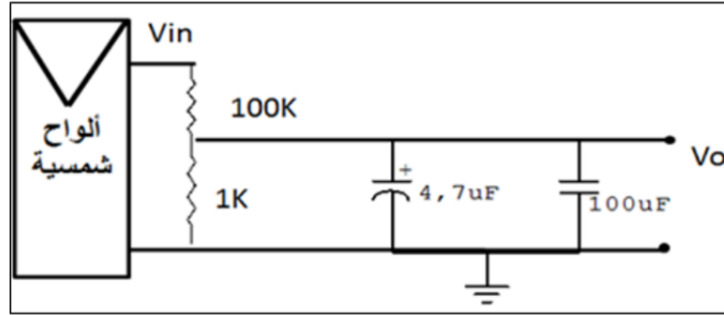
الشكل (6): منحني (P-V) في طريقة P&O



إذا كان جهد نقطة العمل لمنظومة الـ PV متغيراً في اتجاه مُعطى وكان $dV/dP > 0$ فإن التغير سيحرك نقطة عمل المنظومة باتجاه الـ MPP. وهكذا تستمر خوارزمية الـ P&O حتى تجعل جهد منظومة الـ PV بنفس الاتجاه. أما إذا كان $dP/dV < 0$ فإن التغير في نقطة العمل سيبعد منظومة الـ PV عن الـ MPP. بالتالي تعكس خوارزمية الـ P&O اتجاه التغير لتعيد نقطة العمل باتجاه الـ MPP

2-2-3 الحساسات:

1- حساسي جهد الأول يقيس جهد اللوح الشمسي والثاني يقيس جهد خرج المقطع، الشكل الآتي يبين الدارة المستخدمة لقياس الجهد.



الشكل (7) : دارة حساس الجهد

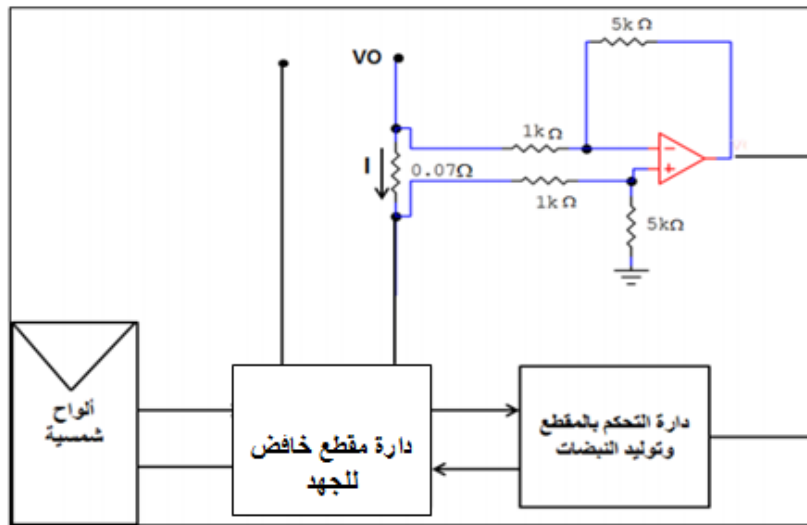
يمثل جهد اللوح الشمسي V_{in} إشارة الدخل للمقياس، كما أن V_o تمثل جهد خرج الحساس ويحسب من العلاقة:

$$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (9)$$

حيث $R_1 = 100k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$

تم تخفيض الجهد بهذه النسبة لتلائم جهود دخل المُتحكم، كما تم وصل المكثفات لإزالة التشويش والتنعيم و زيادة استقرار الدارة.

2- حساس تيار يقيس التيار المار بالدارة كما يوضح الشكل (8) دارة قياس التيار:



الشكل (8): دارة حساس التيار

عند مرور التيار يظهر هبوط جهد صغير جداً على مقاومة الحساس ($R_{shunt}=0.07\Omega$) يتم قياس هبوط الجهد هذا عن طريق دائرة مضخم العمليات الذي ربحه "5" حيث يعطى الجهد على خرج المضخم بالعلاقة الآتية:

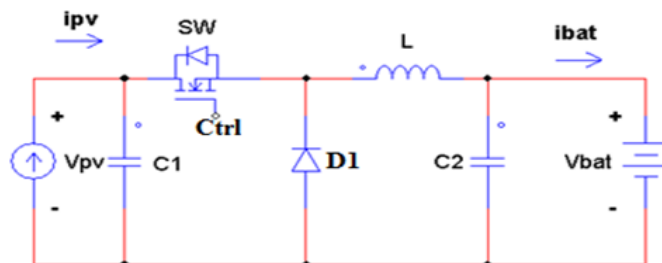
$$V_{out} = V_{in} \times 5 = I \times 0.07 \times 5 \quad (10)$$

يتم إدخال الجهد الخارج بعد التضخيم إلى المتحكم وحساب قيمة التيار بالعلاقة الآتية ويتراوح مجال القياس للمقياس المصنوع من (0-10)mA.

$$I = \frac{V_{out}}{0.07 \times 5}$$

3-2-3 تصميم دائرة المقطع:

اخترنا المقطع الخافض للجهد (Buck Chopper) حيث أن دائرة هذا المقطع دائرة المبدلة Buck من أكثر الدارات شيوعاً في الأنظمة الكهروضوئية بسبب بساطة تركيبها وتميزها بقدرتها على تخفيض جهد الدخل وجعل مقاومة الحمل أكبر مما هي عليه فعلياً على أطراف المنظومة الشمسية.



الشكل (9): دائرة مقطع Buck الموصول إلى خرج اللوح الكهروضوئي

تعطى علاقة جهد الخرج بجهد الدخل (جهد خرج اللوح) بالمعادلة الآتية:

$$V_{out} = V_{PV} \cdot D \quad (11)$$

علاقة تيار الخرج بتيار الدخل:

$$I_{out} = \frac{I_{PV}}{D} \quad (12)$$

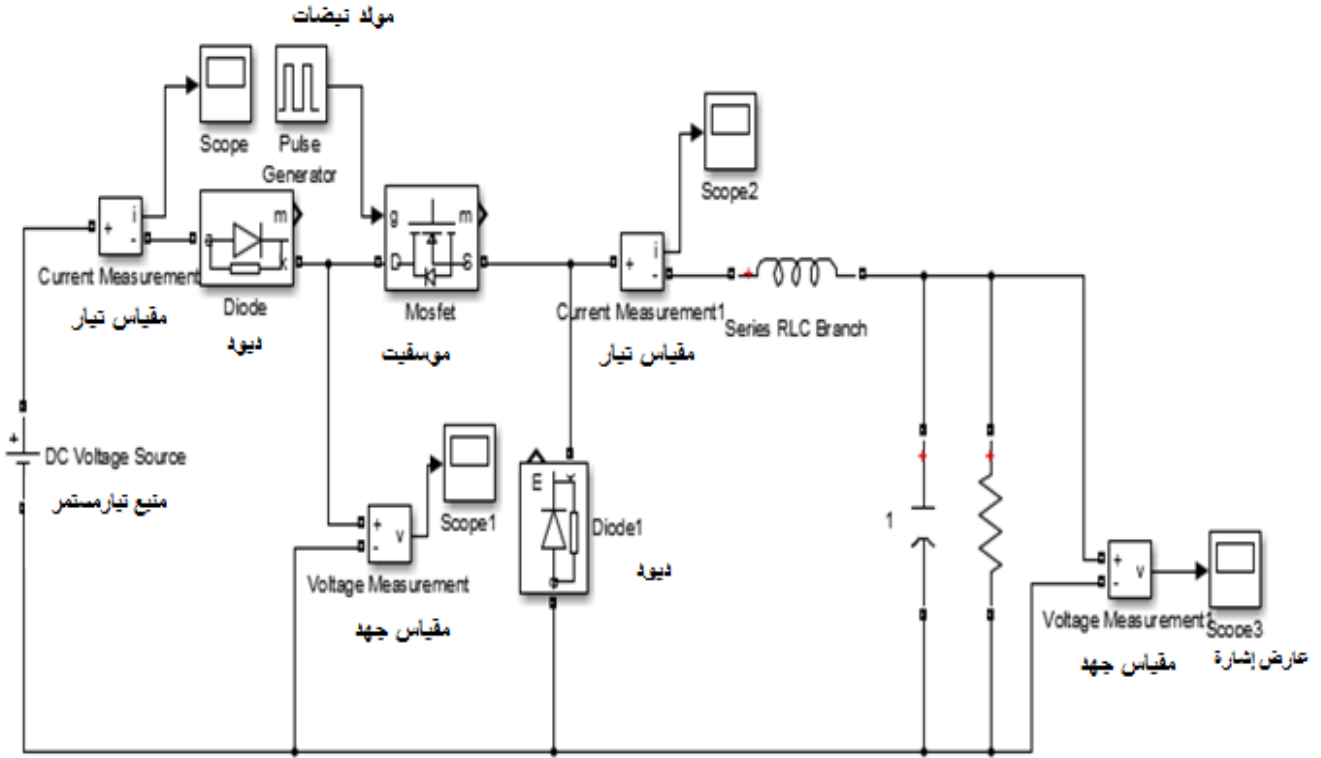
حيث أن: V_{out} , I_{out} , V_{PV} , I_{PV} هي على التوالي تيار وجهد دخل وخرج المقطع و D نسبة تشغيل المفتاح الإلكتروني.

عناصر المقطع الرئيسية الذي قمنا بتصميمه موضحة في الجدول الآتي:

الجدول(1): عناصر المبدل (Buck Chopper) الأساسية

المفتاح الإلكتروني Mosfet	طرز IRFP064N
مكثف الدخل C1	470 μ F
مكثف الخرج C2	2200 μ F
الملف	100 μ H

ثم قمنا بنمذجة دائرة المقطع باستخدام برنامج الماتلاب كما هو مبين بالشكل (10).



الشكل(10): نمذجة دائرة المقطع باستخدام الماتلاب

3-2-4 مكونات دائرة تنظيم الشحن:

- ريليه SRD-12VDC-SL-C : وظيفتها فصل ووصل دائرة المقطع الخافض، حيث لا تقوم بوصل دائرة المقطع إلا إذا كان اللوح الشمسي و المدخرة موصلين إلى دائرة المقطع.
- MOSFET "IRFP064N" : تم استخدام الموسفيت في الدارة المقترحة لتنظيم الجهد الوارد من المدخرة إلى شريحة الأردوينو.
- ديوود مسار حر .
- ملف كهربيائي (100 μ H).
- ديوود زينر
- ترانزستور "BC337-25": يستخدم هذا الترانزستور مع مقسم الجهد كدائرة عازل ضوئي لحماية دائرة المتحكم من التغذية العكسية المرتدة من المقطع ولتخفيف التشويش في إشارة PWM الخارج من شريحة الاردوينو إلى دائرة المقطع.
- شريحة أردوينو UNO.



الشكل (11): التنفيذ العملي لدارة تنظيم الشحن

3-2-5 آلية عمل الدارة:

تقوم الريليه والتي نتحكم بها عن طريق الأردوينو بالتحكم بعملية فصل ووصل اللوح الشمسي إلى دارة المقطع اعتماداً على جهد المدخرة فتعمل الريليه عندما تكون المدخرة بحاجة الى شحن.

حيث يتم قراءة جهد المدخرة باستخدام مقسم جهد والذي يخفض قيمة الجهد اعتماداً على العلاقة الآتية:

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{1}{11} \quad (13)$$

حيث V_{out} يغذي المنفذ رقم A_0 في شريحة الأردوينو لأن جهد التغذية للأردوينو هو (5) فولت.

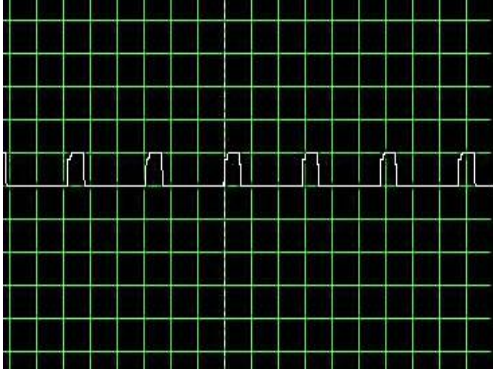
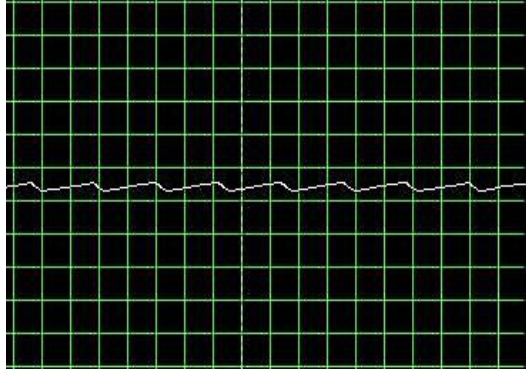
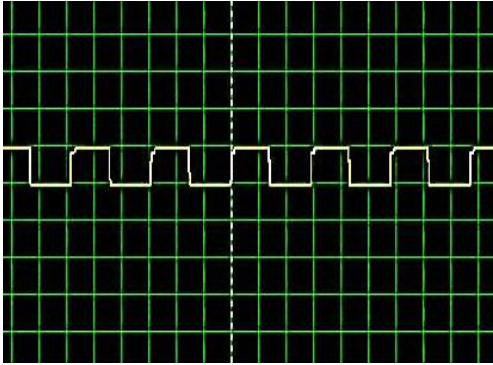
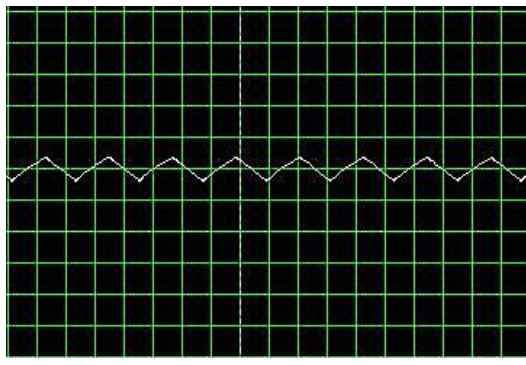
إذا كان جهد المدخرة أقل من 11 فولت يقوم المُتحكم بإرسال نبضة عبر العازل الضوئي "PC817" إلى الترانزستور ومنه إلى الريليه والتي توصل اللوح الشمسي بالمقطع ليقوم بشحنها.

إذا كان جهد المدخرة 13.8 فولت يقوم المُتحكم بإرسال نبضة عبر العازل الضوئي إلى الترانزستور ومنه إلى الريليه فتفصل الريليه والتي تفصل اللوح الشمسي عن المقطع.

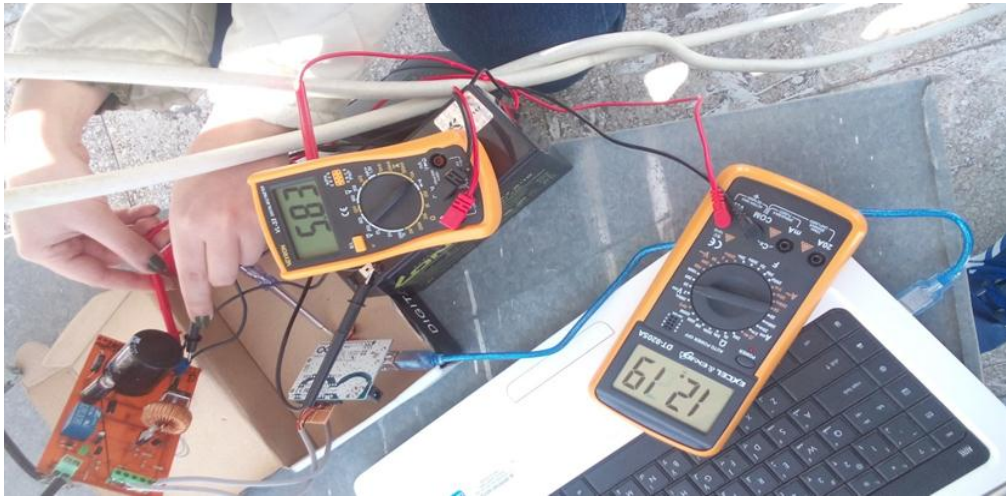
يتلقى المقطع نبضات القدر القادمة من الأردوينو ويقوم من خلالها بالتحكم بشحن المدخرة عن طريق خوارزمية الـMPPT.

3-2-6 اختبار الدارة:

قمنا باختبار الدارة برمجياً عن طريق إجراء المحاكاة، حيث يوضح الشكل (12-a) جهد خرج المُبدّل والشكل (12-b) نبضة التحكم وذلك عندما $V_{pv} > V_{MPP}$ ، كما يوضح الشكل (12-c) جهد خرج المُبدّل والشكل (12-d) نبضة التحكم عندما $V_{pv} < V_{MPP}$:

الشكل(12-b): نبضة التحكم عندما $V_{pv} > V_{MPP}$ الشكل(12-a): خرج دائرة المقطع عندما $V_{pv} > V_{MPP}$ الشكل(12-d): نبضة التحكم عندما $V_{pv} < V_{MPP}$ الشكل(12-c): خرج دائرة المقطع عندما $V_{pv} < V_{MPP}$

قمنا باختبار الدارة وتسجيل قراءات حساسات جهد وتيار اللوح الشمسي عند مستويات إشعاع مختلفة، تم إجراء الاختبارات بتاريخ 13/3/2018 و 28/3/2018 ابتداء من الساعة التاسعة والنصف صباحاً وحتى الساعة الثانية والنصف ظهراً وبمعدل تجربة كل نصف ساعة، أجهزة القياس التي تم الاعتماد عليها في الاختبار هي مقياس أفومتر لقياس الجهد والتيار لحساب الاستطاعة و مقياس شدة الإشعاع الشمسي "LI19"، وتم إجراء الاختبار على مدخرة جل (12V,7Ah) و لوح شمسي نوع monocrystallian مواصفاته موضحة في الشكل (14)، ويظهر الشكل (13) دارة الاختبار العملية.

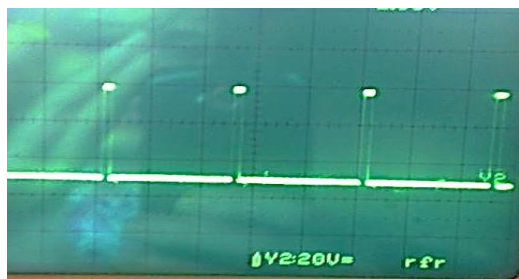


الشكل (13): دارة الاختبار العملية

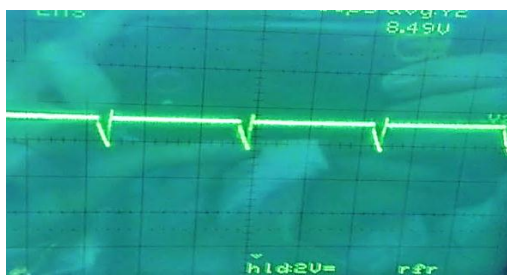
Model Type		SL100-36M
Rated Max. Power	Pmax [W]	100
Open Circuit Voltage	Voc [V]	22.86
Rated Voltage	Vmpp [V]	18.5
Short Circuit Current	Isc [A]	5.95
Rated Current	Impp [A]	5.4
Tolerance of Pmax		0/5 W
Power Specifications at STC: 1000W/m ² , 25°C, AM 1.5		
Maximum System Voltage		1000VDC
Weight	[kg]	8
Dimension	[mm]	1200*540*35
Maximum Series Fuse Rating	[A]	15
Application Class		A
IEC IEC-61215 IEC-61730		TÜV
CAUTION Potential electrical hazard		Made in China
Solarie Technik GmbH WTC City Airport, Hermann-Kohl-Str.7, 28199 Bremen FAX: +49 421 9601-150 www.solarie-technik.com		

الشكل (14): مواصفات اللوح الشمسي المدروس

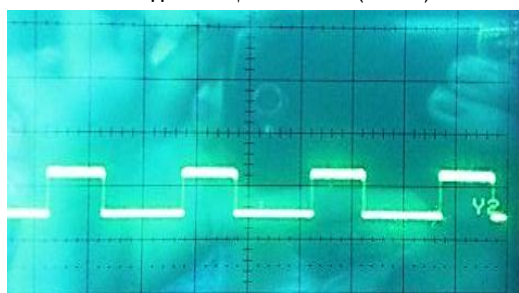
ثم قمنا بمقارنة نتائج المحاكاة مع النتائج التجريبية (إشارات، راسم الإشارة) حيث يبين الشكل (15-a) إشارة الخرج والشكل (15-b) إشارة التحكم عندما $v_{in} > v_{mppt}$ ، يبين الشكل (15-c) إشارة الخرج والشكل (15-d) إشارة التحكم عندما $v_{in} < v_{mppt}$:



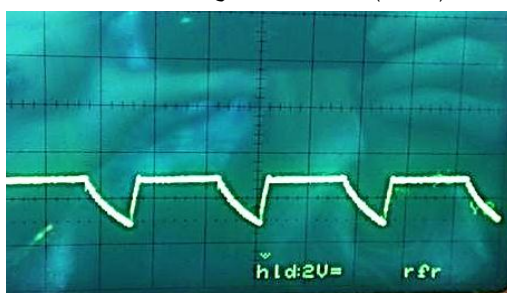
الشكل (15-b): إشارة التحكم عندما $v_{in} > v_{mppt}$.



الشكل (15-a): إشارة جهد الخرج عندما $v_{in} > v_{mppt}$.



الشكل (15-d): إشارة التحكم عندما $v_{in} < v_{mppt}$.



الشكل (15-c): إشارة جهد الخرج عندما $v_{in} < v_{mppt}$.

قمنا بتسجيل الاستطاعة الأعظمية خلال ساعات النهار، كما هو موضح في الجدول الآتي، حيث حصلنا على أعظم استطاعة الساعة 12:00.

الجدول (2): قيم الاستطاعة المقاسة

Pmax_ (watt)	38.9	42.5	50.3	56.9	62.1	67.8	69.1	66.5	60.1	58.5	55
Time (hour)	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30

4- دراسة الجدوى الاقتصادية:

قمنا بإجراء دراسة اقتصادية لنظام الإنارة المقترح وحساب عدد سنوات استرداد رأس المال و مجموع الإيرادات المحققة كما هو مبين في الجدول الآتي:

الجدول (3): كلفة عناصر النظام المقترح

العنصر	السعر الأجمالي \$
مصباح الليد	9200
المدخرة	119600
اللوح الشمسي	36800
الكابلات والتمتات الكهربائية	2500
قواعد لحمل الألواح	5900
الأعمدة	42750
دارة التحكم بشدة الإنارة	11040
دارة المقطع و تتبع الاستطاعة العظمى	7360
المجموع النهائي	235150

عدد سنوات استرداد رأس المال = كلفة المشروع الكهروضوئي / قيمة الكهرباء المستهلكة لإنارة الكورنيش سنوياً.

$$\text{عدد سنوات استرداد رأس المال} = \frac{235150}{43950} = 5 \text{ سنوات}$$

العمر الاستثماري للمشروع = العمر الافتراضي للمشروع - عدد سنوات استرداد رأس المال

$$= 25 - 5 = 20 \text{ سنة}$$

مجموع الإيرادات المحققة من المشروع = العمر الاستثماري للمشروع × قيمة الكهرباء المستهلكة سنوياً.

$$= 20 \times 43950 = \$ 879000$$

5- الخلاصة والتوصيات:

توصلنا في هذه الدراسة إلى تصميم نظام كهروضوئي مستقل مؤتمت لإنارة الكورنيش البحري، وقمنا باختبار نظام التحكم برمجياً ومقارنة نتائج المحاكاة مع نتائج التنفيذ العملي للنظام ولاحظنا تطابق النتائج مما يؤكد صحة

النظام المقترح وباستخدامه نلاحظ تحسن استهلاك الطاقة الكهربائية مع المحافظة على جودة الإنارة، بالإضافة إلى الإيرادات المتوقعة من النظام في حال تنفيذه.

نوصي بما يلي:

- تقنية الارتباب استخدام والملاحظة (Perturbation and Observation, P&O) بسبب كفاءتها العالية.
- استخدام نظام التحكم بشدة الإنارة في النظم الكهروضوئية لإنارة الشوارع لترشيد استهلاك الطاقة ولزيادة موثوقية النظام.
- اختبار الألواح المطروحة في الأسواق قبل استخدامها، لأن غالبيتها لا تحقق المواصفات المكتوبة عليها.

6- المراجع:

- [1] Tulika Dutta Roy. *Simulation and Analysis of Photovoltaic Stand- Alone Systems* , Department of Electrical Engineering National Institute of Technology. India. May 2013, p 20- 25.
- [2] ABDUL GHAFAR BIN MAT HUSIN .*SOLAR STREET LIGHT USING LED LIGHTING*. Faculty of Electrical Engineering Universiti Teknologi Malaysia ,APRIL 2010, p 33-28.
- [3] José António Barros Vieira¹ and AlexandreManuelMota².*A High-Performance Stand-Alone Solar PV Power System for LED Lighting*. Hindawi Publishing Corporation ISRN Renewable Energy ,Volume 2013, p3-6.
- [4] Wu Yue; Shi Changhong; Zhang Xianghong; Yang Wei. *Design of new intelligent street light control system*. Control and Automation (ICCA), 2010 8th IEEE International Conference on Control and Automation, June 2010, p 9-11.
- [5] BATARD,C;POITIERS,F, MILLET ,C; GINOT,N.*Simulation of Power Converters Using Matlab-Simulink* . MATLAB – A Fundamental Tool for Scientific Computing and Engineering Applications .Vol.1, 2012, p 44-68.
- [6] Mokhtar Aly Ahmed, Mohamed Orabi, Mahrous El-Sayed, *Design of High-Performance Power Converters for LED Lamp Drivers*, Master of Science in Electrical Engineering, south valley university, Aswan faculty of engineering, Feb 2012.
- [7] M. Z. Rahman, N. Sarker, and A. M. Nazim . *Modeling Components of Solar Street Light*. Department of Electrical and Electronic Engineering, Ahsanullah University of Science and Technology, Dhaka 1208, Bangladesh ”, 2014, p 2-5.
- [8] S. Singh and S. Bhullar la .*Hardware Implementation and Design of PV Off-Grid System for Street lighting at Thapar University, Patia* . Balkan journal of electrical & computer engineering , 2015, p 2-5.
- [9] O. Rabaza, Z.E. Palomares-Muñoz, A.M. Peña-García, D. Gómez-Lorente, J. Arán-Carrión, F. Aznar-Dols andA. Espín-Estrella. *Multi-objective*

- Optimization applied to Photovoltaic Street Lighting Systems.* Department of Civil Engineering E.T.S.I.C.C.yP., University of Granada 2014, p 3-4.
- [10] Sanjana Ahmed ,Nisat Tasneem ,Md. Saidur Rahman ,Ahmed Hosne Zenan. *Solar Powered Traffic Sensitive Automated LED Street Lighting System* . A Thesis submitted to the Dept. of Electrical & Electronic Engineering, 2012, p 37- 40.
- [11] YADAV, A; THIRUMALIAH, S; HARITHA, G. *Comparison of MPPT Algorithms for DC-DC Converters Based PV Systems*. IJAREEIE(International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering).Vol. 1, No.1,2012, p18-23.
- [12] DAVID ,S.M. *Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaic Applications* .Espoo ,2010.
- [13] Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) .*The Regional Conference on Renewable Energy and Sustainable Development in Rural Areas of the ESCWA Region* , Morocco,2013.
- [14] المركز الوطني لبحوث الطاقة . الأطلس الشمسي، سوريا 2016.

الملحق a:

الكود البرمجي:

```

#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"
#include<LiquidCrystal.h>
RTC_DS1307 rtc;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"Sunday", "Monday", "Tuesday", "Wednesday", "Thursday", "Friday", "Saturday"};
LiquidCrystal lcd(13,12,11,10,8,7);
int pwmout = 9;
int value = 255;
int ldr;
int sh;
int sensorpin= A0;
int button;
int buttonpin=A1;
/////////////////////////////////////////////////////////////////

void setup() {
bool parse=false;
bool config=false;
lcd.begin(16,2);
//lcd.print("hello");
while (!Serial);
  Serial.begin(9600);
  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    while (1);
  }

// if (! rtc.isrunning()) {
//   Serial.println("RTC is NOT running!");
// }
}
/////////////////////////////////////////////////////////////////

```

تعريف المكتبات المستخدمة
في كتابة البرنامج

تعريف المتغيرات و الثوابت المستخدمة
في البرنامج و ترميز ارجل شريحة
الأردوينو

```
void loop() {  
  ldr= analogRead(sensorpin);  
  sh=1023 - ldr;  
  button = analogRead(buttonpin);  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("sh=");  
  lcd.print(sh);  
  //lcd.setCursor(9,0);  
  //lcd.print("o=");  
  //lcd.print(button);  
  DateTime now = rtc.now();
```

أوامر البرنامج الرئيسية و
يقوم البرنامج بإعادة نفسه
مرة تلو الأخرى كلما اتم
تنفيذ جميع الخطوات

```
  Serial.print(now.year(), DEC);  
  Serial.print('/');  
  Serial.print(now.month(), DEC);  
  Serial.print('/');  
  Serial.print(now.day(), DEC);  
  Serial.print(" (");  
  Serial.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]);  
  Serial.print(") ");  
  Serial.print(now.hour(), DEC);  
  Serial.print(':');  
  Serial.print(now.minute(), DEC);  
  Serial.print(':');  
  Serial.print(now.second(), DEC);  
  Serial.println();
```

عرض الساعة
والتاريخ والسنة
على المراقب
التسلسلي