تصميم نموذج منظومة تتبع ذاتي للإشعاع الشمسي

أحمد احميده اسميو [1] ، حمزة امحمد حبريشة [2]

[1] الهندسة الكهربائية ، كلية العلوم التقنية ، مصراته ، ليبيا

[2] الهندسة الكهربائية ، كلية العلوم التقنية ، مصراته ، ليبيا

hamzaheb4@gmail.com . a0925514022@gmail.com

ملخـــــص البحـــــث

نظرًا للأهمية الكبيرة للطاقات المتجددة بمختلف أنواعها وتطبيقاتها ولما لها من إيجابيات كبيرة، ازداد الاهتمام بها وازداد الطلب عليها في السنوات الأخيرة خاصة في مجال الطاقة الشمسية. حيث تعتبر الطاقة الشمسية من أكثر الطاقات المتجددة كفاءةً ونضوجا، ونظراً للأبحاث والدراسات وعمليات التطوير المستمرة في هذا المجال، فإن الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تصميم منظومة تتبع شمسي ذات تحكم آلي لتتبع حركة الشمس خلال النهار. منظومة التتبع الشمسي هي منظومة تعمل على توجيه الالواح الشمسية تجاه الشمس لجمع أكبر كمية ممكنة من الإشعاع الشمسي الساقط عليها . للتحكم في المنظومة تم استخدام لوحة المتحكم الدقيق **(Arduino)** ، حيث يعمل هذه اللوحة كمستقبل للإشارات الكهربائية القادمة من المستشعر الضوئي، ومن ثم يعمل المتحكم على معالجة الإشارة الكهربائية وتحويلها إلى أوامر لتوجيه المستقبل الشمسي تجاه الشمس. إن الهدف الرئيسي من تصميم هذة الدائرة هو توجيه الألواح الشمسية لتتبع الإشعاع الشمسي بشكل ذاتي، ولتحقيق هذا الهدف يتطلب دراسة آلية حركة الشمس عبر مسارها، وتصميم منظومة الكترونية قادرة على استشعار شدة الإشعاع الشمسي والتحكم في توجيه المستقبلات الشمسية.

نموذج المتتبع الشمسي تم تصميمه بحيث يمكن توجيه المستقبل تجاه الشمس وذلك بتصميم محورين للحركة، محور عمودي لتتبع حركة الشمس من الشروق للغروب ومحور أفقي لتتبع حركة

الشمس في ارتفاعها أثناء النهار إلى أن تصل إلى الزوال ومن ثم انخفاضها. ولمعرفة النتائج المتحصل عليه تم أخذ القراءات لقيمة الجهد الناتج من اللوحة في حالة النظام المتتبع ومقارنتها مع قيمة الجهد الناتج من اللوحة في حالة النظام الثابت .

الكلمات المفتاحية : الطاقة الشمسية ، متتبع شمسي ، الاشعاع الشمسي ، مستشعرات ضوئية.

1. المقدمـة

أصبح للطاقات المتجددة مكانة مرموقة لما لها من إيجابيات على الطاقات التقليدية الأحفورية الأخرى، وتعتبر مكملة لأنواع الطاقات الأخرى في العديد من الدول العالم . حيث ساهمت الطاقات المتجددة بشكل جدري في تشغيل العديد من محطات إنتاج الطاقة الكهربائية على المستوى العالمي. يوجد عدة أنواع من الطاقات المتجددة من أهمها: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، طاقة الكتلة الحيوية، طاقة حرارة باطن الأرض، وطاقة البحار والمحيطات.

تعتبر الطاقة الشمسية من أكثر أنواع الطاقات المتجددة ملائمة للاستخدام لتوفر شدة الإشعاع الشمسي فيها، ويمكن تقسيم تطبيقات الطاقة الشمسية إلى قسمين هما: توليد الطاقة الكهربائية، توليد الطاقة الحرارية. هناك طريقتان لتوليد الطاقة الكهربائية بواسطة الطاقة الشمسية. الطريقة الأولى هي الطريقة المباشرة من الشمس وذلك عن طريق ظاهرة التأثير الكهروضوئي باستخدام الخلايا الشمسية، حيث أن استخدام الخلايا الشمسية في توليد الكهرباء لا يسبب ضجيجا ولا انبعاثات للغازات . الطريقة الثانية هي الطريقة الغير مباشرة وذلك عن طريق المحطات الحرارية لتوليد الطاقة الكهربائية. إن التقنية الحرارية للطاقة الشمسية عبارة عن تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة عن طريق اللواقط أو العاكسات الشمسية، لتوليد البخار ومن تم تدوير التوربين البخاري والذي بدوره يدير المولد الكهربائي.

وتختلف شدة الإشعاع الشمسي من مكان إلى أخر اعتمادا على عدد من المتغيرات من أهمها: الموقع الجغرافي ورقم اليوم من السنة والتوقيت الشمسي والظروف المناخية، أي أن شدة الإشعاع الشمسي على أي مكان من سطح الأرض تكون دالة في الموقع الجغرافي ورقم اليوم من السنة والتوقيت الشمسي خلال اليوم والظروف المناخية.

تنصب في العادة المستقبلات للطاقة الشمسية بشكل ثابت في أفضل موضع لجمع أكبر كمية ممكنة من الإشعاع الشمسي، كما قد يتم تغيير موضع هذه المستقبلات بشكل يدوي لزيادة مقدار الإشعاع الشمسي اليومي المستقبل. لكن الحصول على آلية ذاتية لتتبع الاشعاع الشمسي من خلال المستقبلات الشمسية، بحيث يتغير موضع هذه المستقبلات تبعًا لموضع مسار الشمس، يسمح بزيادة كمية الطاقة المتحصل عليها لنفس عدد المستقبلات. أي أن في حالة تحرك المستقبلات حول محاورها وبحرية، يمكن أن تكون زاوية السقوط على هذه المستقبلات مساوية للصفر خلال اليوم. وبهذا نحصل على أعلى قيمة للإشعاع الشمسي الساقط على سطحها . إن استخدام هذا النوع من منظومات التتبع يمكن أن يحقق زيادة في كفاءة الطاقة الشمسية الساقطة على السطح تتراوح بين 30–50 %أعلى من النظام الثابت، هذه النسب تختلف حسب الموقع الجغرافي والظروف المناخية. ولهذا فإن هذا البحث يهدف إلى تصميم منظومة لتتبع الإشعاع الشمسي للمستقبلات الشمسية من خلال تجميع أكبر قدر ممكن من الطاقة الشمسية خلال ساعات النهار.[1]

2. الجانب العملي و المنهجية:

يعد العثور على مصادر للطاقة لتلبية الطلب المتزايد عليها في العالم أحد أهم التحديات الحالية. هو توفير طلب الطاقة المتزايد مع استحداث وسائل توليد جديدة تراعي المتغيرات التي تتحكم في توليد الطاقة مثل توفرها وسهولة الوصول إليها وتكلفة إنتاجها وتحويلها إلى الصورة المطلوبة في

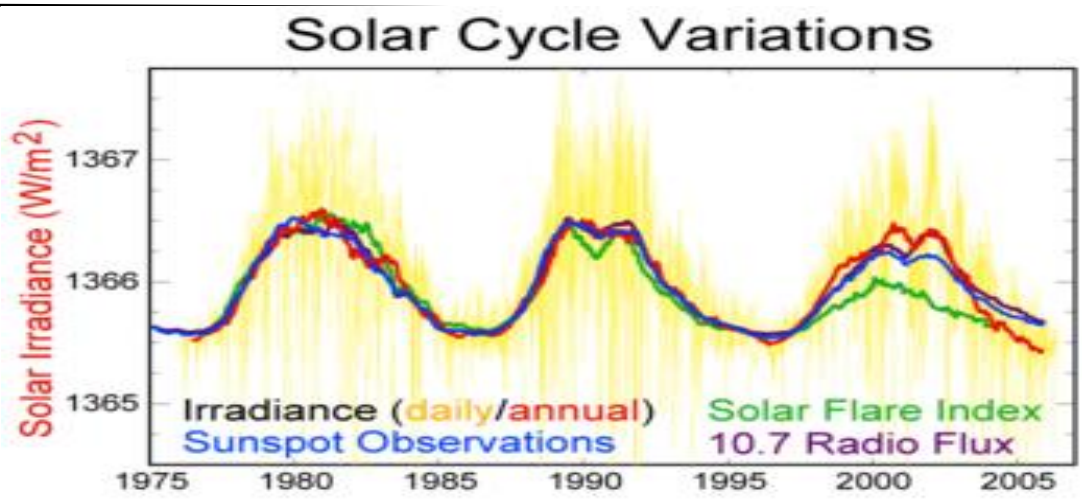
أسرع زمن وعدم اعتمادها على مصادر ذات انبعاثات تؤدي إلى زيادة معدلات التلوث البيئي في العالم، لذلك أصبح من المهم الاعتماد على مصادر مستقلة يتوفر فيها ما سبق ذكره.

من مصادر الطاقة المستقلة منها الشمس، و يعتبر الشعاع الشمسي مستقًلا للطاقة ويوفر اعلى قدر من الطاقة الساقطة على سطح كوكب الأرض مصدًرا بشكل دائم طيلة ساعات النهار مما يعطيه ميزة سهولة الحصول على مصدر للطاقة، وبالتالي يقلل من تكلفة إنتاج الطاقة، كذلك عدم وجود أضرار بيئية من ناحية زيادة معدلات التلوث البيئي على سطح الأرض. تعتبر الطاقة الشمسية مصدًرا مستمًرا للطاقة دون الخوف من نضوبها أو زيادة في تكلفة الحصول عليها في المستقبل .

2-1 مسار الطاقة الشمسية

إن استيعاب مفهوم حركة الشمس يساعد أي باحث أو مهندس أو فني أو مطور نظام لفهم الصيغ التي يحتاج الانسان لاستخدامها في برمجة المتحكمات الدقيقة أو وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة أو لكتابة برنامج حاسوبي يمكن أن يوجه نظام التتبع الشمسي تلقائيًا، يهدف هذا البحث إلى المساعدة على تصور حركة الشمس ويقدم بعض النماذج النظرية الأساسية حول حركة الشمس أثناء حركتها في السماء خلال النهار. حيث أن تصور وفهم أساسيات حركة الشمس (أو بالأحرى الحركة النسبية والظاهرة للشمس) ذات أهمية قصوى في تطوير نظم التتبع الشمسي.

ترسل الشمس طاقة على شكل اشعاع كهرومغناطيسي الذي يصل إلى الأرض من الشمس . سيتم استخدام مصطلح الإشعاع عادةً لتحديد كمية الطاقة الشمسية لكل وحدة مساحة خلال وقت معين. كمية الطاقة الكهرومغناطيسية الشمسية التي تمر عبر الغلاف الجوي للأرض تبلغ حوالي 1366وات / متر مربع عندما تصل إلى سطح الأرض.[2]

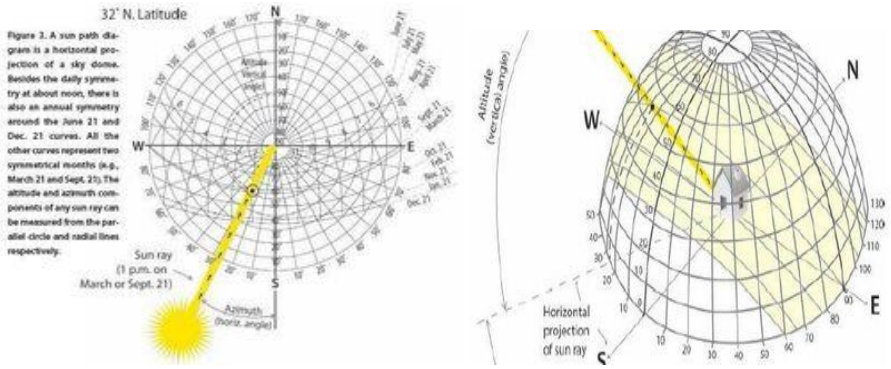


شكل رقم (1): مخطط توضيحي للإشعاع الشمسي على سطح الأرض بين عامي 1975 و2005

من الشكل السابق يمكن افتراض أن مستوى الإشعاع مستقر نسبيًا حول المستويات المتوسطة 1366 وات / متر مربع. وبالتالي، لكل متر مربع من مساحة سطح مستقبل لتجميع الطاقة الشمسية سيكون النظام قادً را على جمع حوالي 1000. وات من الطاقة الشمسية (بافتراض كفاءة 100)٪ و باستخدام الألواح الكهروضوئية. لتحسين كفاءة مردود الطاقة، يتطلب الأمر آلية بسيطة ولكنها دقيقة لتتبع الشمس، تسمى آلية تتبع الاشعاع الشمسي . كما من المعلوم أن الهندسة الشمسية بالنسبة لموقع معين هي أن الشمس تشرق في السماء من ناحية الشرق وتغرب في السماء من ناحية الغرب. كما هو موضح في الشكل رقم (2)، حيث تتبع الشمس مسارًا معينًا عند مشاهدتها من موقع جغرافي معين. تستخدم آلية تتبع الشمس معلومات حول موقع الشمس في ذلك الموقع لتوجيه الألواح الشمسية بشكل مستمر للشمس. لهذا الغرض، يجب دراسة موقع الشمس ومسار حركتها من منطقة جغرافية معينة وتحليلها وفهمها بعناية.

يحدد موقع الشمس في السماء بمعرفة زاوية سمت الشمس وزاوية ارتفاع الشمس واللتان بدورهما تختلفان باختلاف اليوم في السنة.

على سبيل المثال يمكن القيام بتحديد موقع الشمس عن طريق حساب زاوية ارتفاع الشمس وزوايا السمت أو عن طريق استخدام مستشعر بصري يعنى بقياس زوايا الشمس بصريا[2].



شكل رقم (2) : توضيح الهندسة الشمسية بمساعدة قبة السماء الخيالية في تعقب موقع الشمس، حيث تمثل المنحنيات في قبة السماء موقع الشمس والمسارات المقسمة كمكونات رأسية (ارتفاع) وأفقية (سمت).

2-2 علاقة مسار الأرض والشمس

نظرا لأن الأرض تدور حول الشمس وتدور يوميًا حول محورها القطبي، فمن المهم لأي نظام طاقة شمسية أن يحدد موقع الشمس. تدور الأرض حول الشمس في مدار يشبه القطع الناقص، المسافة بين مركز الأرض ومركز الشمس غير ثابتة فتكون عند أقصى قيمة لها يوم 4 يوليو ويسمى بالأوج وتقدر المسافة بحوالي152x106 km بينما تكون أدنى قيمة لها يوم 3 يناير ويسمى بالحضيض، وتقدر المسافة بحوالي

146x106 km، بينما تعمل الأرض دورتها اليومية حول نفسها ودورتها السنوية حول الشمس، فالشمس كذلك تدور حول محورها تقريبا مرة واحدة كل شهر أرضي[2].

2-3 الزوايا الشمسية

زاوية ميلان الشمس δ : وهي الزوايا المحصورة بين الشعاع أو المتجه الشمسي الممتد من مركز الشمس إلى مركز الأرض وخط الاستواء للكرة الأرضية،

$-23.45\ ° \leq \delta \leq 23.45°$ تكون موجبة في جهة الشمال.

$$\delta = 23.45\sin \frac{}{} (284 + n) \qquad (1)$$

حيث n يمثل رقم اليوم في السنة من 1 يناير.

زاوية الساعة $\boldsymbol{h}$: وهي الزاوية المحصورة بين مسقط الشعاع الشمسي عند زمن معين والزوال الشمسي أي الساعة 12:00. كل ساعة من الزوال تساوي 15^{o} وتكون الإشارة موجبة بعد الزوال وسالبة قبل الزوال.

$$h = \pm\frac{1}{4} \times (\text{مجموع الدقائق عن الزوال الشمسي}) \qquad (2)$$

زاوية سقوط شعاع الشمس على سطح تعتبر هذه الزاوية من أهم الزوايا في حسابات الكمية المستفادة من الإشعاع الشمسي الساقط على سطح ما. وتعرف زاوية السقوط بأنها هي الزاوية المحصورة بين شعاع الشمس والعمودي على السطح وإذا كان السطح أُفقيًا تكون زاوية السقوط هي نفسها زاوية السمتZ ، أما إذا كان السطح مائلًا عن المستوى الأفقي فإن زاوية السقوط ويرمز لها i تحسب بدلالة الزوايا الشمسية الأخري من العلاقة التالية[3]

$$Cosi = SinLSin\delta Coss - CosLSin\delta Cos\Psi + CosLCos\delta CossCosh + SinLCos\delta CoshSinsCos\Psi + Cos\delta SinhSinsSin\Psi \qquad (3)$$

حيث:

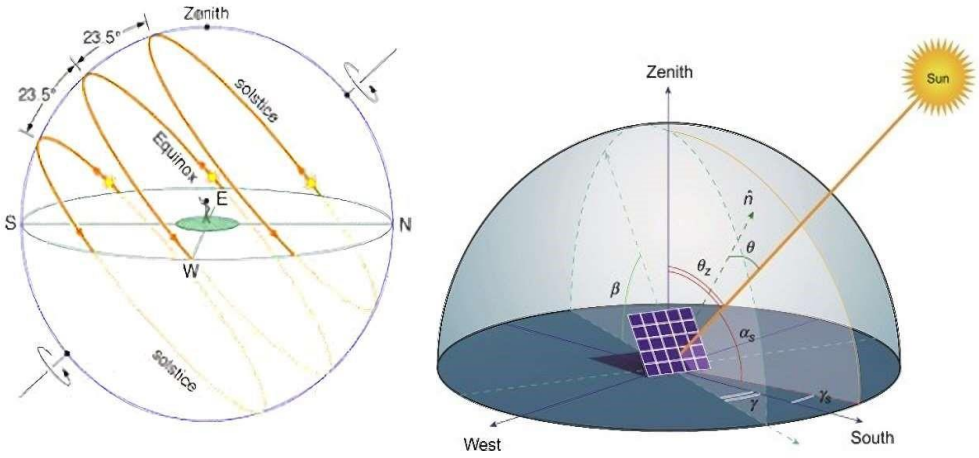
- Sin : جيب الزاوية.
- Cos : جيب تمام الزاوية.
- L : زاوية خط العرض.
- δ : زاوية الانحراف.
- h : زاوية الساعة.
- i : زاوية السقوط.

- s : الزاوية بين سطح المجمع والمستوي الأفقي.
- Ψ : زاوية اتجاه سطح المجمع.

و باستخدام هذه المعادلة في حالة السطح الأفقي (S=0) سنجد أن Cos i = Sin α أي أن i = z

و في حالة ما إذا كان السطح متجهًا ناحية الجنوب تمامًا في نصف الكرة الشمالي أي أن Ψ = 0 فإن المعادلة يمكن كتابتها في هذه الحالة على الصورة التالية:

$$Cosi = SinLSin\delta Coss - CosLSin\delta Sins + CosLCos\delta CossCosh + SinLCos\delta CoshSins \quad (4)$$



شكل رقم (3): متجه الطاقة الشمسية

4-2 مكونات المنظومة

تتكون المنظومة من عدة أجزاء، حيث يكون لكل جزء منها وظيفة معينة، وتجمع معا هذه الأجزاء لأداء الغرض المصمم من أجله المنظومة، حيث تعتمد المنظومة في عملها على عدة عناصر مفصلة كالتالي:

2-4-1 المقاومة الضوئية

هي مقاومة كهربائية تتغير قيمتها حسب كمية الضوء الساقط عليها، وتكون العلاقة بين شدة الضوء الساقط عليها ومقدار مقاومتها علاقة عكسية.

تصنع المقاومة الضوئية LDR من مواد شبه موصلة وحساسة للضوء مثل كبريتيدات الكاميوم (CDS) وتكون بشكل متعرج كما في الصورة وذلك لزيادة قيمة المقاومة وتقليل التيار عند الظلام ويتم توصيل إثنين من الملامسات المعدنية علي طرفي الشريط المتعرج تمثل أطراف المقاومة والتي يتم ربطها مع الدوائر الكهربائية. ويتم وضع طلاء شفاف على الجزء العلوي لها لحماية المادة الحساسة للضوء ويكون الطلاء شفافا لتتمكن المقاومة من امتصاص الضوء من البيئة المحيطة بسهولة ويوضح الشكل رقم (4) المقاومة الضوئية:

شكل رقم (4): المقاومة الضوئية

ويقتصر عمل هذه المقاومة في هدة الورقة على أنه عند تسلط الضوء علي المقاومة تعطي قيم تماثلية للأردوينو اعلى قيمة لها تصل إلى (1023) اوم وعند غياب الشمس تعطي قيم قد تصل إلى (0) اوم .

وتتميز المقاومة الضوئية بأن لها حساسية عالية وبسيطة التركيب وصغيرة الحجم وأيضا سهولة استخدامها وأنها رخيصة وغير مكلفة وتوصيلها بسيط.

2-4-2 لوحة الأردوينو (Arduino)

الأردوينو (Arduino) هي لوحة إلكترونية مفتوحة المصدر تستخدم لتطوير الكثير من أفكار المشاريع المتعلقة بالتحكم الآلي بشكل سهل وبسيط عن طريق استخدام لغة برمجه مفتوحة المصدر Arduino(C) وتتم برمجة المتحكم الموجود على اللوحة باستخدام بيئة تطويرية خاصة تسمى (Arduino IDE: Integrated Development Environment).يمكن الاطلاع والتعديل على التصميمات الهندسية والشفرات المصدرية (Source Codes) لكل من لوحات الأردوينو المختلفة وتعديلها بما يتناسب مع النظام، ويمكن أيضا تطوير لغة برمجة Arduino(C)، بحرية تامة والاطلاع على الشفرات المصدرية الخاصة بها.[4] ويوضح شكل رقم (5) لوحة الأردوينو من النوع UNO.

شكل رقم (5): نوع لوحة الأردوينو المستخدمة في النموذج

2-4-3 محرك الخطوة (servo motor)

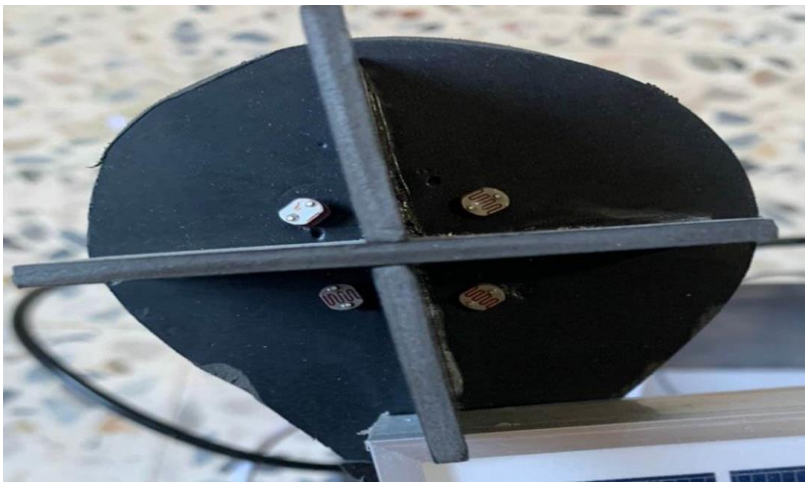
محركات الخطوة أو ما يعرف بمحرك السيرفو وهو عبارة عن جهاز إلكتروميكانيكي ينتج عزم الدوران والسرعة بانا على التيار والجهد المزودين.

تستخدم محركات السيرفو للتحكم في الموضع والسرعة بدقة عالية، يتم التحكم بالمحرك بإشارة كهربائية سواء كانت تماثلية أو رقمية والتي تحدد مقدار الحركة التي تمثل موضع القيادة النهائي للمحور.

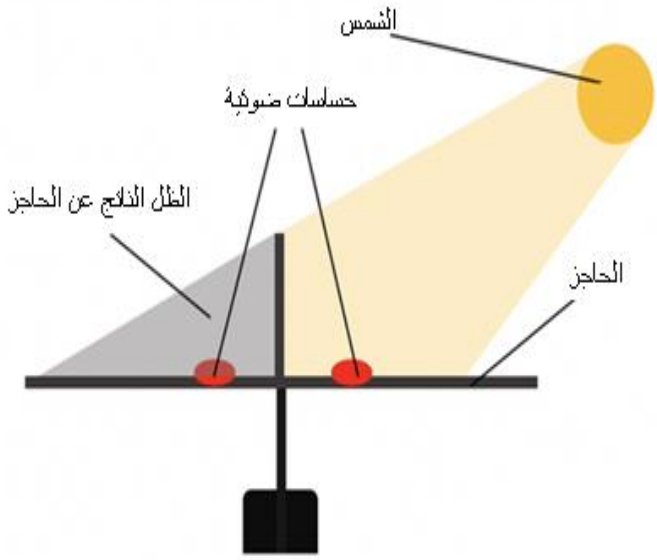
شكل رقم (6) : محرك الخطوة (Servo Motor)

2-4-4 الحواجز الفاصلة

توضع هذه الحواجز الفاصلة بين المقاومات الضوئية للتضليل على المقاومات عند حركة الشمس. حيث يأمر الأردوينو السيرفوهات بالتحرك في اتجاه الحساسات التي تسلط عليها اشعة الشمس بشكل مباشر



شكل رقم (7) : يوضح الحواجز الفاصلة



شكل رقم (8) : يوضح كيفية تسلط الضوء علي الحساسات

2-4-5 لوحة الطاقة الشمسية

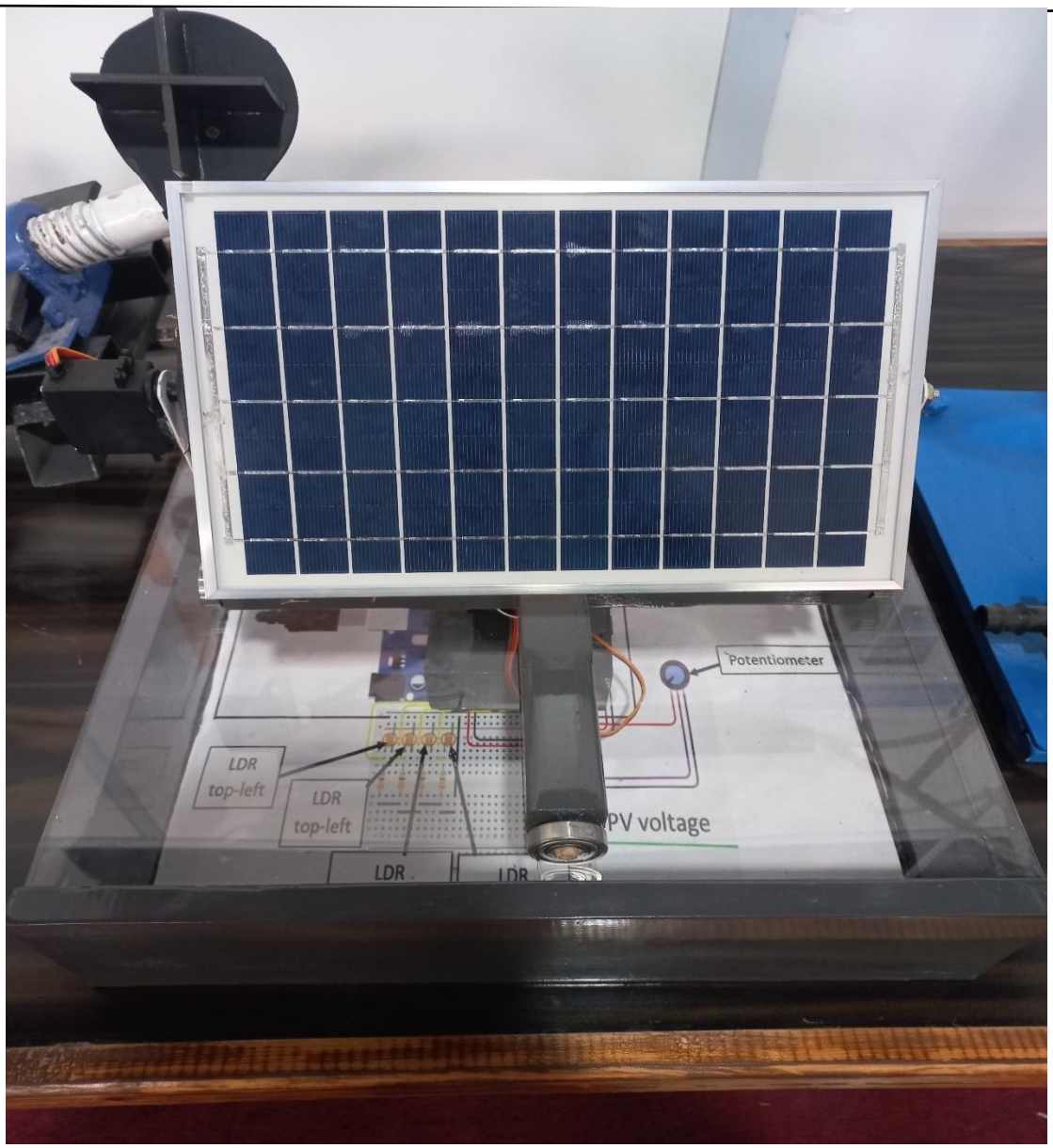
تعتبر لوحة الطاقة الشمسية من أهم مكونات المنظومة وهي جهاز يحول الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية مستغلا التأثير الضوئي الجهدي.

شكل رقم (9): لوحة طاقة شمسية

تستخدم التجمعات من الخلايا الشمسية لالتقاط الطاقة من ضوء الشمس لتحويله إلى كهرباء، عندما يتم تجميع وحدات متعددة معاً يتم تركيب هذه الخلايا الضوئية كوحدة واحدة يتم توجيهها علي سطح واحد وتسمي بلوح الطاقة الشمسية (Solar Panel) إن الطاقة الكهربائية الناتجة من الوحدات الضوئية تعتبر مثالا علي استخدام الطاقة الشمسية.

إن الخلايا الكهروضوئية هو مجال التكنولوجيا والبحوث المتعلقة بالتطبيق العملي في إنتاج الكهرباء من الضوء ،ولكن علي الرغم من ذلك غالبا ما يستعمل علي وجه التحديد بالإشارة إلي توليد الكهرباء من ضوء الشمس . توصف الخلايا بالخلايا الضوئية وإن لم يكن مصدر الضوء هو الشمس علي سبيل المثال (ضوء المصباح الضوء الاصطناعي وغيرها...) . وتستحدم الخلايا الكهروضوئية للكشف عن ضوء أو غيره من الإشعاع الكهرومغناطيس بالقرب

من مجموعة ضوئية مرئية، كالكشف عن الأشعة تحت الحمراء، أو قياس شدة الضوء .يعتمد شدة تيار الخلية الضوئية علي وقت سطوع الشمس وشدة أشعة الشمس، وكذلك علي كفاءة الخلية الضوئية نفسها في تحويل الطاقة الشمسية إلي طاقة كهربائية، يمكن لهذه الخلايا الشمسية إعطاء المئات من الفولتات من التيار الكهربائي المستمر DC لو وصَلت هذه الخلايا على التوالي. كما يمكن تخزين الطاقة الناتجة في بطاريات حامضية مصنوعة من الرصاص أو قاعدية مصنوعة مصنوعة من معدني النيكل والكاديوم ويمكن تحويل التيار المستمر DC إلي تيار متردد AC بواسطة العاكسات (Invertor) للإستعمال وإدارة الأجهزة الكهربائية المنزلية والصناعية والعادية[4].



شكل رقم (10) : الشكل النهائي لنموذج منظومة التتبع

3. النتائج والية عمل المنظومة

أساس عمل المنظومة هو مقارنة المتوسط الحسابي للقيمة الرقمية عن طريق الأمر (Analog Read) لكل مقاومتين في محور (X+°) مع القيمة الرقمية للمتوسط الحسابي في محور (X-) وإذا كان الفرق للقيمة الرقمية للمقاومة الضوئية في محور (X+) أكبر من السماحية

المبرمجة في الأردوينو مقارنة بالقيمة الرقمية للمقاومة الضوئية في محور (-X) في هذه الحالة يرسل الأردوينو (5V)لتشغيل المحرك للجهة اليمنى.

وإذا كان المتوسط الحسابي للقيمة الرقمية للمقاومتين الضوئيتين في محور (-X) أكبر من المتوسط الحسابي للقيمة الرقمية للمقاومتين (+X) في هذه الحالة يرسل الأردوينو (5V) لتشغيل المحرك للجهة اليسرى.

وتتم مقارنة المتوسط الحسابي للقيمة الرقمية للمتوسط الحسابي للقيمة الرقمية عن طريق الأمر القارئ التماثلي (Analog Read) لكل مقاومتين في محور (+Y) مع القيمة الرقمية للمتوسط الحسابي في محور (-Y) وإذا كان الفرق للقيمة الرقمية للمقاومة الضوئية في محور (+Y) أكبر من السماحية المبرمجة في الأوروينو مقارنة بالقيمة الرقمية للمقاومة الضوئية في محور (-Y) في هذه الحالة يرسل الأردوينو (5V) لتشغيل المحرك للجهة العليا. وإذا كان المتوسط الحسابي للقيمة الرقمية للمقاومتين الضوئيتين في محور (-Y) أكبر من المتوسط الحسابي للقيمة الرقمية للمقاومتين (+Y) في هذه الحالة يرسل الأردوينو (5V) لتشغيل المحرك للجهة السفلى.

3-1 القياسات العملية

بعد الانتهاء من تركيب منظومة تتبع الإشعاع الشمسي وتوصيل دائرة التحكم الإلكترونية قمنا بقياس الجهد المنتج من اللوحة الشمسية في حالة التتبع ومقارنته مع الجهد المنتج في حالة النظام الثابت، وذلك بأخذ قراءة كل نصف ساعة من الساعة 7:00 صباحا إلى الساعة 7:00 مساءَ. والجدول التالي يبين هذه القراءات :

جدول رقم (1) : قياسات قيم الجهد للمنظومة في حالتي الثبات والتتبع

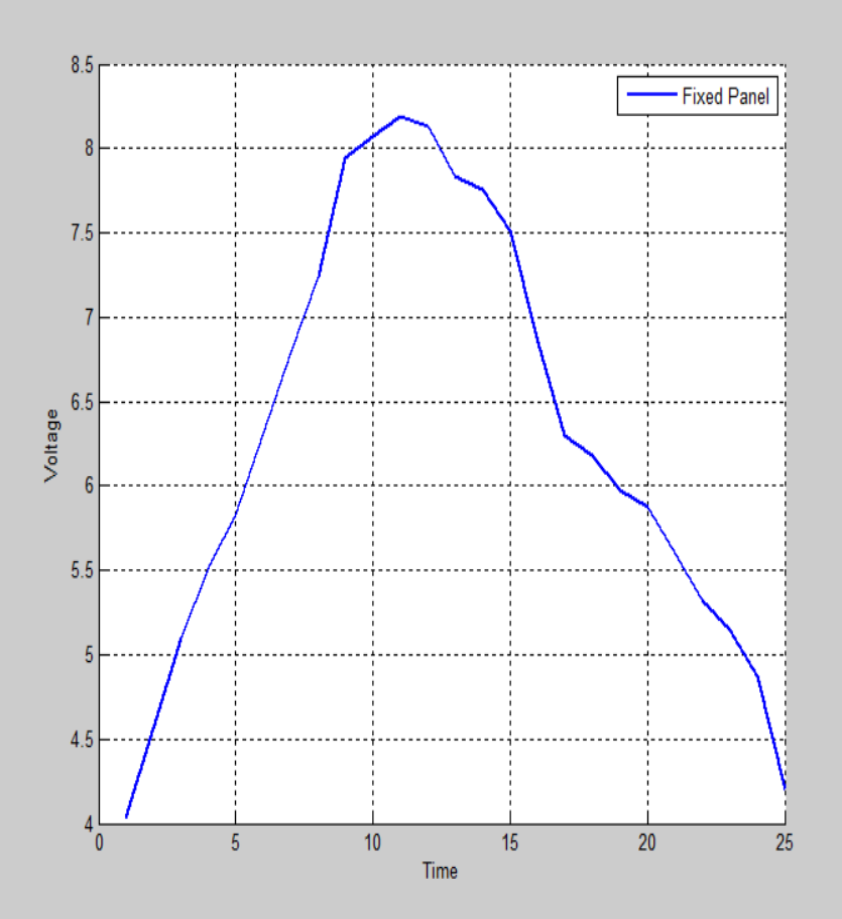
	وقت القياس	جهد نظام التتبع(V)	الجهد في حالة الثبات(V)

4.30	5.26	7:00	
4.57	6.98	7:30	
5.10	7.27	8:00	
5.52	7.43	8:30	
5.83	7.64	9:00	
6.31	7.79	9:30	
6.79	7.86	10:00	
7.24	7.91	10:30	
7.49	8.08	11:00	
8.07	8.15	11:30	
8.19	8.22	12:00	
8.13	8.11	12:30	
7.84	8.03	13:00	
7.76	7.95	13:30	
7.51	7.88	14:00	
6.85	7.72	14:30	
6.30	7.65	15:00	
6.18	7.63	15:30	
5.97	7.64	16:00	
5.88	7.65	16:30	
5.61	7.48	17:00	
5.32	7.47	17:30	
5.15	7.14	18:00	
4.87	6.68	18:30	
4.20	6.23	19:00	

أخذت هذه القراءات يوم الأربعاء بتاريخ 2023/3/15م

3-1-1 العلاقة بين الجهد والزمن في حالة النظام الثابت :

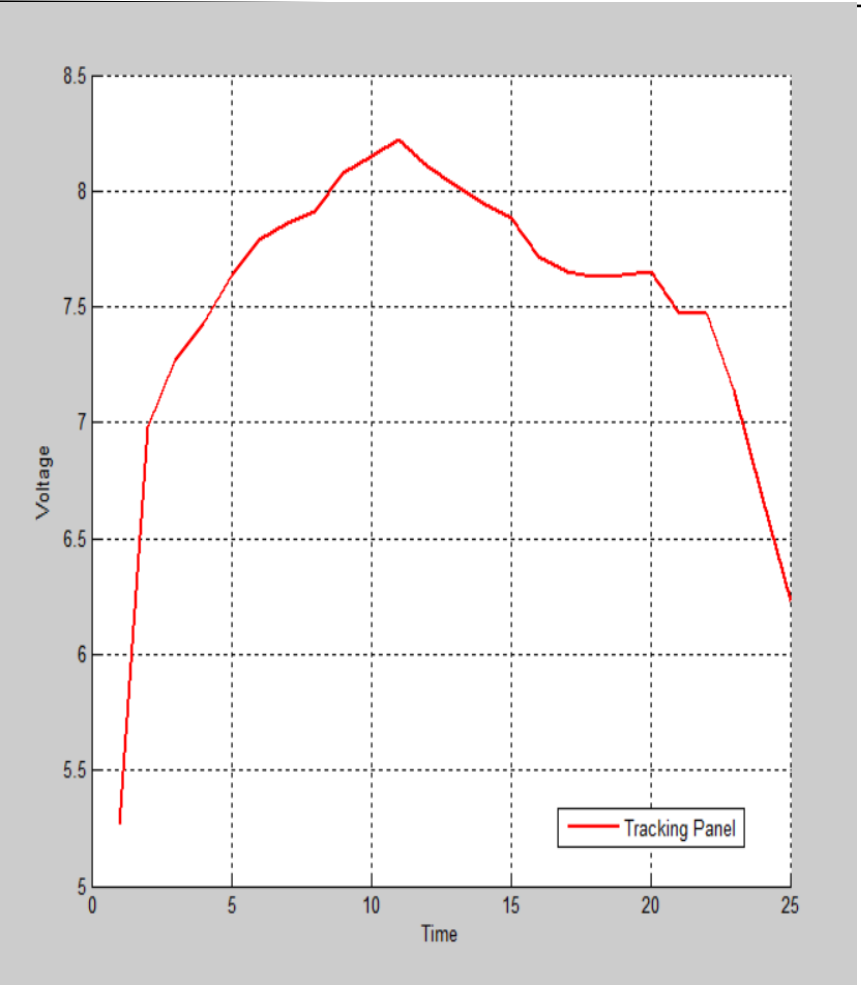
عند الشروق كانت قيمة الجهد ضعيفة عند 4.03 V وازداد شروق الشمس ولم يكن هناك ارتفاع ملحوظ حتي الساعة ال10:30 صباحا حيث وصلت قيمة الجهد إلي 8.07V واستمر ثبات الجهد لفترة تعامد الشمس فقط وبعد التعامد انخفض الجهد الى 6v عند العصر واستمر في الانخفاض إلى مغيب الشمس حيث كانت قيمة الجهد 4.2V فقط والمنحنى التالي يوضح ذلك.



شكل رقم (11-1): منحني العلاقة بين الجهد والزمن في حالة النظام الثابت

3-1-2 العلاقة بين الجهد والزمن في حالة نظام التتبع

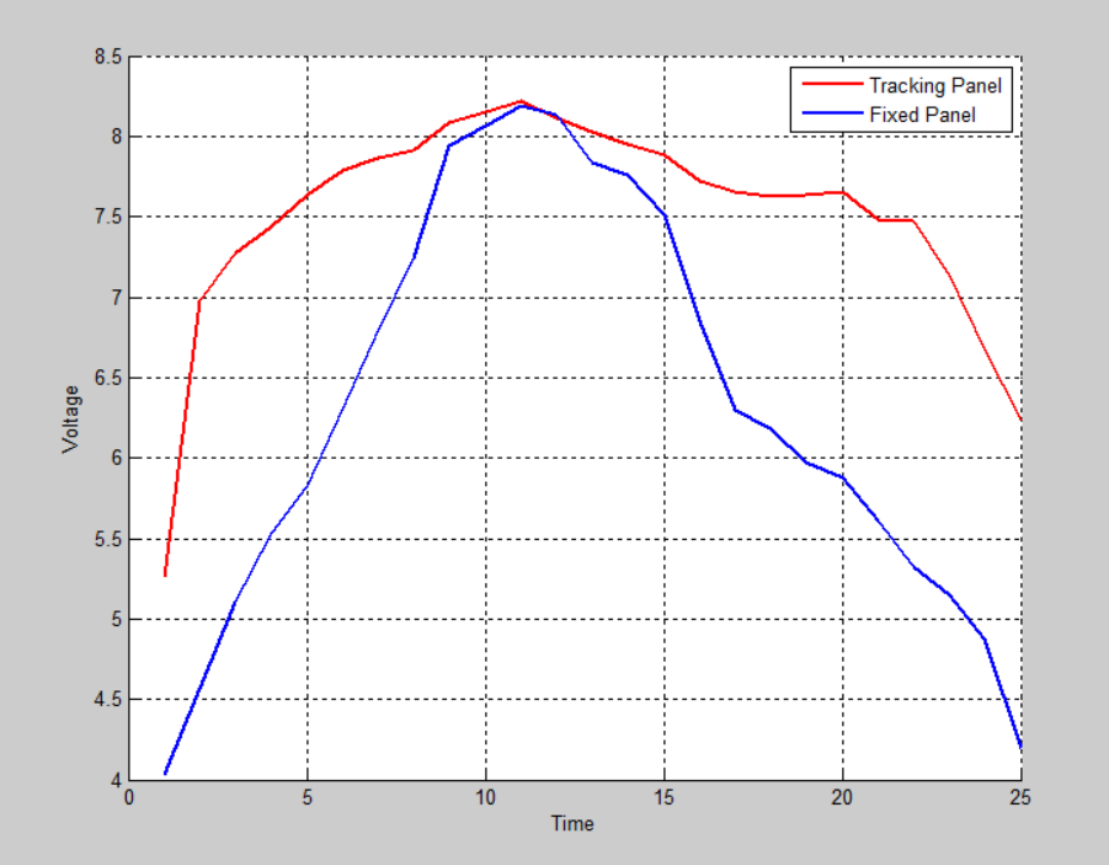
عند الساعة 7:00 صباحا أي قبل شروق الشمس بخمس دقائق تقريبا كان هناك إشعاع طفيف الدائرة استشعرت هذا الإشعاع وكانت قيمة الجهد 5.25V وازدادت قيمة الجهد في الارتفاع كلما زاد شروق الشمس إلي منتصف النهار عند الساعة 12:00 ظهرا واستمرت قيمة الجهد ممتازة حتي مغيب الشمس عند الساعة 7:00 مساء والمنحني التالي يبين ذلك.



شكل رقم (11-2): منحني العلاقة بين الجهد والزمن في حالة نظام التتبع

3-1-3 مقارنة بين منحنى النظام الثابت ومنحنى نظام التتبع

هناك فرق كبير بين الجهد في حالة النظام الثابت والجهد في حالة نظام التتبع والفرق كان حتي قبل الشروق وعند الشروق جيد وكان الفرق موجود حتى عند التعامد لان الحساسات كانت متحسسة بالإشعاع أكثر من الإنسان واستمر الفرق حتي الغروب والمنحنى التالي بوضح ذلك:



شكل رقم (11-3): يبين مقارنة بين منحني النظام الثابت ومنحنى نظام التتبع

4.الاستنتاجات

أهم الاستنتاجات التي تم الحصول عليها في هذا االبحث هي:

الطاقة الشـمسـية من أكثر أنواع الطاقة البديلة فعالية بسـب ب توافرها وفعاليتها، تتمثل إحدى تحديات تكنولوجيا الطاقة الشمسية في زيادة الحد الأقصى للطاقة الناتجة عن طريق جمع أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي المباشر خاصة في الأماكن التي يكون فيها الإشعاع الشمسي منخفض أو أن عدد سـاعات تواجد الشـمس خلال النهار قليلة. لذلك فإن نظام تتبع الطاقة الشمسية يمثل منصة جيدة للمساهمة في حل المشكلة، بطريقة تهدف إلى تتبع أقصى كثافة للإشعاع الشمسي بأكبر قدر ممكن.

يستخدم النظام وحدة تحكم Arduino UNO لإعطاء استدلال فيما يتعلق بالموضع الذي يجب أن يوجّه إليه المستقبل الشمسي واتجاه الدوران، من أجل استشعار الإشعاع الشمسي تم استخدام مستشعر LDR لاستشعار التغير الموضعي للشمس. يراقب هذا المستشعر الإشعاع الشمسي في أربع اتجاهات باستمرار ويتم نقل هذه البيانات إلى وحدة التحكم Arduino UNO. استخدام مستشعر LDR لاستشعار الإشعاع الشمسي يعطي إمكانية توجيه المستقبل الشمسي في اتجاه أقصى إشعاع شمسي ساقط حتى في ظل تواجد غيوم تحجب ضوء الشامس المباشر أو ضبابية الجو.

في نظام المستقبلات الشمسية الثابتة تكون هناك مشكلة تجمع الغبار على أسطح المستقبلات الشمسية، أما في نظام التتبع الشمسي الذي تم دراسته في هذا المشروع تكون كمية الغبار المتجمع على أسطح المستقبلات الشمسية أقل من كمية الغبار المتجمع على الألواح الثابتة نتيجة حركة المستقبلات الشمسية، مما يزيد من كفاءتها وبالتالي زيادة كمية الطاقة الشمسية المستقبلة.

5. التوصيات :

1. تلبية الطلب المتزايد على الطاقة وتوفيرها بإنشاء محطات الطاقة المتجددة لما لها من ايجابيات وخاصة الطاقة الشمسية التي تعتبر من أكثر أنواع الطاقة المتجددة ملائمة للاستخدام لتوفر شدة الإشعاع فيها ولكونها مصدر مستقل متوفر في أي موقع جغرافي.
2. دراسة أنواع أخرى من آليات التتبع الشمسي تعتمد على لوحات تحكم يمكن استخدامها عملياً ودراسة تصاميم ميكانيكية أخرى غير التي استخدمت لهذا النموذج ومقارنتها.

3. إجراء دراسات إضافية تعتمد على تصاميم عملية باستخدام مستشعرات ضوئية ذات جودة أعلى واستخدام محركات كهربائية خطية ودورانية بعزم أكبر.
4. دراسة الجدوى الاقتصادية لمنظومة التتبع الشمسي ومقارنتها مع المنظومة الثابتة التي لها نفس القدرة الإنتاجية خاصة لمحطات القدرة الكبيرة.
5. دراسة تأثير الموقع الجغرافي على منظومات التتبع الشمسي والقدرة المتحصل عليها نتيجة اختلافه ودراسة أثر العوامل الجوية من أمطار ورياح وأتربة وغبار على كفاءة عمل منظومات التتبع الشمسي .

6. المراجع

1. ياسر فتحي نصار، هندسة الطاقة الشمسية، جامعة سبها، الطبعة الأولى، دار الكتب الوطنية – بنغازي، 2006.
2. محجر، مصعب, جباري & ,محمد .تصميم و إنجاز متتبع شمسي ثنائي المحور واستعماله في تحسين أداء الألواح الشمسية الكهروضوئية بمنطقة سيدي خويلد ولاية ورقلة (Doctoral dissertation, جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

[3]- Prinsloo, G.J., Dobson, R.T. (2015). Solar Tracking. Stellenbosch: SolarBooks. ISBN 978-0-620-61576-1, p 1-542.

[4]- Hossein Mousazadeh, others," A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output".20 January 2009

7.الملاحق

```
#include <Servo.h>


Servo horizontal; // horizontal servo
int servoh = 180;
int servohLimitHigh = 180;
int servohLimitLow = 1;
// 65 degrees MAX

Servo vertical; // vertical servo
int servov = 45;
int servovLimitHigh = 90;
int servovLimitLow = 1;

// LDR pin connections
// name = analogpin;
int ldrlt = A0; //LDR top left - BOTTOM LEFT <--- BDG
int ldrrt = A2; //LDR top rigt - BOTTOM RIGHT
int ldrld = A1; //LDR down left - TOP LEFT
int ldrrd = A3; //ldr down rigt - TOP RIGHT

void setup(){
Serial.begin(9600);
horizontal.attach(9);
vertical.attach(10);
horizontal.write(180);
vertical.write(45);
delay(2500);
}
void loop() {
int lt = analogRead(ldrlt); // top left
int rt = analogRead(ldrrt); // top right
int ld = analogRead(ldrld); // down left
int rd = analogRead(ldrrd); // down right


int dtime = 10; int tol = 100; // dtime=diffirence time, tol=toleransi
int avt = (lt + rt) / 2; // average value top
int avd = (ld + rd) / 2; // average value down
int avl = (lt + ld) / 2; // average value left

int avr = (rt + rd) / 2; // average value right
int dvert = avt - avd; // check the diffirence of up and down
int dhoriz = avl - avr;// check the diffirence og left and rigt

if (-1*tol > dvert || dvert > tol)
 {
 if (avt > avd)
 {
 servov = --servov;
 if (servov > servovLimitHigh)
 {servov = servovLimitHigh;}
 }
 else if (avt < avd)
 {servov= ++servov;
 if (servov < servovLimitLow)
 { servov = servovLimitLow;}
 }
 vertical.write(servov);
 }
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // check if the diffirence is
 {
 if (avl > avr)
 {
 servoh = --servoh;
 if (servoh < servohLimitLow)
 {
 servoh = servohLimitLow;
 }
 }
 else if (avl < avr)
 {
 servoh = ++servoh;
 if (servoh > servohLimitHigh)
 {
 servoh = servohLimitHigh;
 }
 }
 else if (avl = avr)
 {
```