مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد(2) – 2025: 175-183

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (2) -2025: 175-183

دراسة تغير أداء الألواح الكهرضوئية السيليكونية متعددة البلورات مع تراكم الغبار

وسيم عدنان سعيد[1]*

[1]*. مدرس، دكتور، قسم هندسة الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.
WaseemSaeed@Damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

تعطي الألواح الكهرضوئية القيم الاسمية لها بعد تركيبها وتشغيلها لكن بعد فترة من العمل يلاحظ انخفاض الأداء الذي ينعكس على قيمة الاستطاعة المقدمة من هذه الألواح لذلك لا بد من التأكد من صحة أداء عملها. حيث يعتبر الغبار أحد أهم العوامل التي تؤدي لانخفاض أداء العمل للألواح الكهرضوئية، لذلك تهتم هذه الدراسة بتحديد أثر تراكم الغبار الطبيعي على الألواح الكهرضوئية السليكونية متعددة البلورات وذلك على عينتين من صنع شركتين مختلفتين مركبين بالقرب من بعضهما لدراسة هل يختلف أثر الاتساخ من شركة لأخرى، حيث بينت الدراسة تفاوت نسبة تغير استطاعة الألواح نتيجة أثر الاتساخ بين 16 إلى 18%، وكيف تغير كلاً من توتر الدارة المفتوحة وتيار القصر لعينات الاختبار.

الكلمات المفتاحية: الألواح الكهرضوئية السيليكونية متعددة البلورات، تراكم الغبار، استطاعة الألواح.

تاريخ الايداع: 2023/1/3

تاريخ القبول: 2023/2/1

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

Studying the Performance Change of Multi Crystals Photovoltaic Panels with dust Accumulation

Waseem Adnan Saeed*[1]

*[1]. Lecturer, Dr, Electrical Power Engineering Dep, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

WaseemSaeed@Damascusuniversity.edu.sy.

Received: 3/1/2023

Accepted: 1/2/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

The photovoltaic panels give their nominal values after their installation and operation, but after a period of time, a decrease in the operational performance is noticed, which is reflected by the value of the power provided by these panels. Therefore, it is necessary to ensure the correct performance under operation. Dust is considered one of the most important factors that lead to a decrease in the performance of photovoltaic panels, so this study is concerned with determining the effect of the accumulation of natural dust on two poly crystals photovoltaic panels from two different companies installed near each other to study whether the effect of soiling differs from one type to another. The study showed a variation in the percentage of change in the produced power of the panels due to the effect of soiling which is ranged between 16 to 18%, and how both the open circuit voltage and the short circuit current of the test samples were changed.

Key words: poly crystals photovoltaic panels, dust accumulation, panel power.

المقدمة:

تزايد الاهتمام العالمي حديثاً حول الطاقات المتجددة لتفادي أزمات الوقود من جهة ولتخفيف الأضرار البيئية من خلال انتاج طاقة نظيفة من جهة أخرى. تعتبر تقنية انتاج الطاقة الكهربائية من الألواح الكهرضوئية من أكثر التقنيات انتشاراً على المستوى العالمي عموماً وفي بلدنا سوريا خصوصاً، حيث نضج استخدام الألواح الكهرضوئية كمصدر رئيسي للطاقة الكهربائية، لكن ظهرت مشاكل كثيرة أثناء التشغيل أهمها انخفاض الاستطاعة المقدمة من الألواح مع مرور الوقت الذي يعزى لعدة عوامل منها سوء تصنيع الألواح، عدم التوجيه الجيد لها أو سوء اختيار المكونات المتممة للمنظومة أو السبب الآخر والذي تم دراسته في هذا البحث وهو تراكم الغبار على الألواح الكهرضوئية الأمر الذي يعيق وصول الإشعاع الشمسي بشكل كامل عليها مما سينعكس على الاستطاعة المنتجة على الخرج. تم إجراء عدة دراسات حول هذا الموضوع منها الدراسة عام 2012 التي درست أثر الاتساخ في مدينة بنغلادش والتي أظهرت انخفاض المردود 35% خلال شهر واحد نتيجة تراكم الأوساخ بشكل طبيبعي[1]، ودراسة أخرى بينت أثر الاتساخ في حسابات الطاقة والاستطاعة حيث بينت انخفاض الاستطاعة بحدود 92.11% والمردود 89% [2]، كذلك تم إجراء دراسة حول نوع المواد التي تعيق وصول الإشعاع الشمسي على اللوح مابين رمال وغبار وطحالب وبودرة أملاح حيث انخفضت الاستطاعة من 17% حتى 85% [3]، بينما في 2017 تم إجراء تحليل المسح بالمجهر الإلكتروني لعينات الغبار التي تم جمعها، وتحليل الصور التي تم الحصول عليها من أجل ملاحظة خصائص وتضاريس عينة حبيبات الغبار ومراقبة الضياعات بالاستطاعة مع اختلاف وزن العينات وعند سويات إشعاع مختلفة[4]. وكذلك تم إجراء دراسة على أربع مناطق في العراق لتحديد أثر الغبار على التيار والتوتر والاستطاعة[5]. بينما في 2019 تم دراسة أثر التنظيف للألواح على انتاجيتها حيث تبين ازدياد الاستطاعة بنسبة 45% [6]. أما في 2021 تم إجراء دراسة حول أثر الغبار على خرج الألواح (التوتر) لإدخالها إلى نظام تحكم بالشبكات العصبونية للتنبؤ بحدوث الاتساخ وحساب معدل الانخفاض في المردود [7]. وكذلك في 2020 كان هناك بحث قد حدد المعدل الوسطي لانخفاض الاستطاعة المولدة بحدود 34% [8].

نلاحظ من الدراسات السابقة أن أثر الغبار يختلف من دراسة لأخرى وحسب نوع مادة الاتساخ على الألواح، لذلك سيتم في هذه الدراسة إجراء دراسة تجريبية على عينات على أرض الواقع متوضعة على أسطح كلية الهمك، لتحديد معدل النقص في المردود (الذي ينعكس من خلال الاستطاعة المنتجة) من الاتساخ الطبيعي.

1- الخلايا الكهرضوئية:

هي عبارة عن أنصاف نواقل تعمل وفق الأثر الكهرضوئي وهو امتصاص الطاقة الواردة من الضوء والمكون من فوتونات تتحرك بأطوال موجية مختلفة (طاقات مختلفة) والتي تقدم طاقتها للإلكترونات الموجودة ضمن ذرات المادة فإن كانت هذه الطاقة كافية تحررت الإلكترونات من ذرات أنصاف النواقل لتمرر تياراً كهربائياً عبر دارة خارجية. وعليه تعتبر هذه الخلايا منابعاً للتيار الذي يتناسب طرداً مع ما يسمى استطاعة الإشعاع الشمسي G وهي كمية الاستطاعة الشمسية الساقطة على واحدة المساحة [W/m^2] وعليه أي عائق أمام وصول الإشعاع الشمسي للخلية سيؤثر على الاستطاعة الممكن توليدها من هذه الخلية والذي ينعكس على استطاعة اللوح بأكمله المكون من خلايا مربوطة على التسلسل غالباً [9] [10].

2- الأثر البيئي على أداء اللوح الكهرضوئي:

يتأثر أداء اللوح الكهرضوئي بشدة بمجموعة من العوامل الداخلية والخارجية مثل هيكل التجميع، التقادم، الإشعاع الشمسي، التظليل، درجة الحرارة، الرياح، الاتساخ. فأي نوع من التغييرات المناخية يسبب تغيرات في الإشعاع الشمسي وفي درجة الحرارة المحيطة، مما يتسبب في حدوث تغييرات في إنتاجية الألواح الكهرضوئية. سيتم في هذا البحث دراسة تأثير جزيئات غبار الهواءعلى اللوح الكهرضوئي باستخدام عينات ألواح مختلفة [4].

3- التراب:

يتكون الغبار من جزيئات صلبة صغيرة تحملها تيارات الهواء. تتشكل هذه الجسيمات عن طريق التفكك وهي عملية تكسير المواد الصلبة إلى قطع صغيرة من خلال الطحن أو التكسير ويمكن تعريف الغبار بأنه مواد صلبة مقسمة بدقة من الحالة الأصلية والتي تصبح محمولة جوا دون أي تغيير كيميائي أو فيزيائي بخلاف الكسر. ويمكن تعريف الغبار على أنه جزيئات دقيقة متكسرة أبعادها أقل من 500 ميكرومتر، قد يأتي الغبار من مصادر مختلفة مثل المواقع الإنشائية ومخلفات الصناعات والعواصف. وقد يتكون الغبار من جسيمات صلبة مرئية وغير مرئية [1] [4]. طبقة الغبار على الألواح الكهرضوئية تتزايد مع الوقت وهناك طريقتان أساسيتان يؤثر فيهما الغبار على أداء الألواح الكهروضوئية: أولاً، يستقر الغبار مباشرة على الألواح الكهروضوئية مانعاً دخول أشعة الشمس إلى الخلايا. أما الثانية بشكل غير مباشر قد يتم تغطية مستشعر المتتبع الشمسي بالغبار مما يمنع الألواح من تتبع اتجاه الشمس فتنخفض الطاقة المنتجة ومقدار الانخفاض يتعلق بكمية الغبار المتجمعة [1].

4- الإجراء التنفيذي:

تم العمل في هذا البحث بدراسة الاتساخ الطبيعي على لوحين مركبين في نفس المكان (يخضعان لنفس الملوثات) وبالتالي تغيير الشركة المصنعة للوح والإبقاء على مكان التركيب نفسه. حيث تم أخذ لوحين مركبين على أسطح كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق لم يتم تنظيفها منذ مدة تزيد عن أربعة أشهر والغبار متجمع عليها طبيعياً ومتراكم، اللوحين من شركتين مختلفتين ويوضح الشكل(1) اللوح الأول من إنتاج شركة سولاريك واللوح الثاني من إنتاج شركة فيلادلفيا مع المواصفات الاسمية لكل منهما.

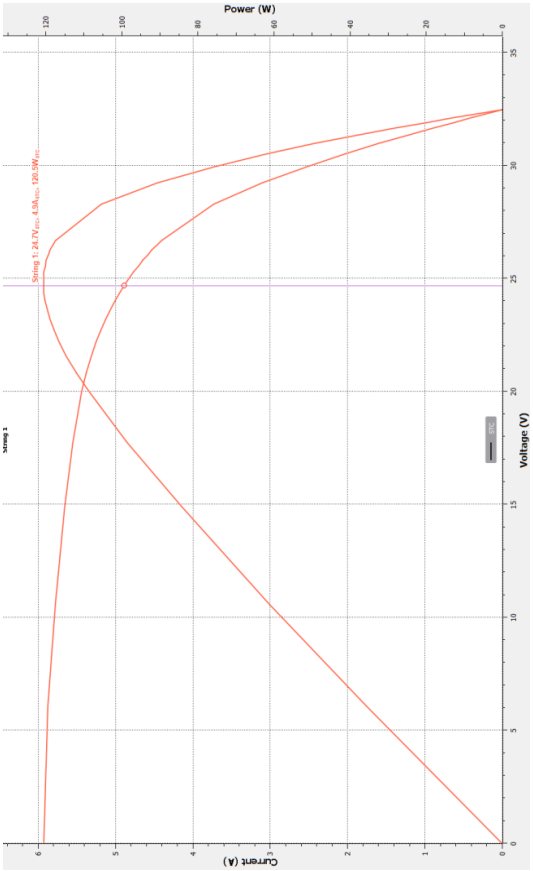
الشكل(1) مواصفات الألواح المدروسة

أما الشكل(2) يبين الألواح قبل التنظيف وبعده:

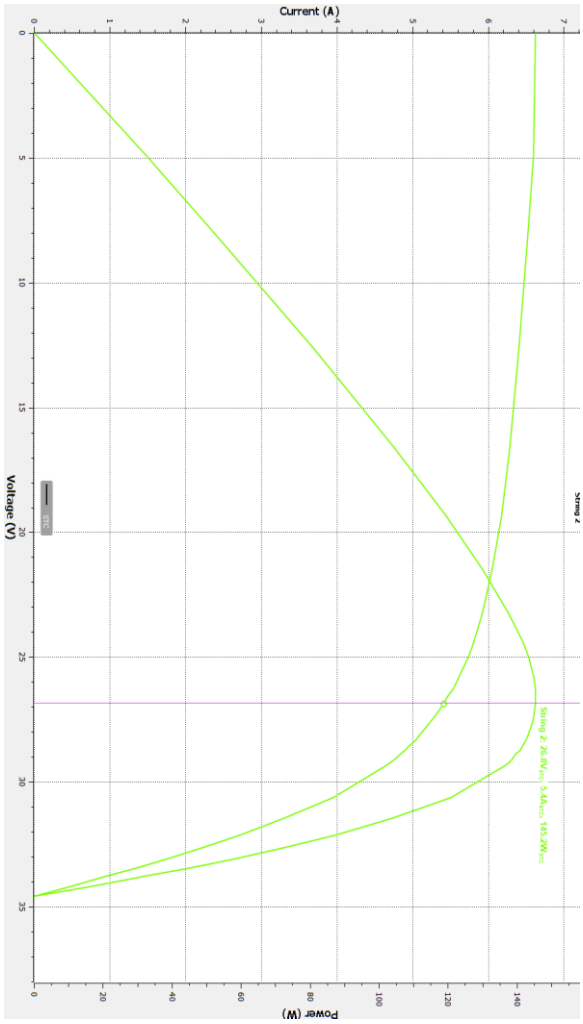
الشكل(2) الألواح قبل التنظيف وبعده

تم إجراء الاختبار على العينتين بتوقيت متقارب حوالي الساعة العاشرة والنصف صباحاً لضمان كون ظروف التشغيل متماثلة لحصر الأداء بالاتساخ فقط، حيث تم أخذ قراءات الأداء للألواح باستخدام جهاز I-V Tracer نوع SEAWARD بعد أخذ القراءات المناخية من إشعاع شمسي وحرارة والتي كانت 826 واط على المتر المربع للإشعاع الشمسي و33 درجة مئوية حرارة الوسط المحيط و43 درجة حرارة اللوح، فكانت النتائج كالتالي:

اللوح الأول: حيث كان شكل منحنيات التيار والاستطاعة مع التوتر للوح قبل التنظيف كما في الشكل(3) حيث يتبين أن الاستطاعة العظمى كانت 121.5 واط أما تيار القصر 5.9 أمبير وتوتر الدارة المفتوحة 32.4 فولط. ثم تم تنظيف اللوح جيداً وإعادة القياس بعد أن ارتفعت درجة حرارته لنفس القيمة حتى نحصر التغير نتيجة الاتساخ فقط وكانت النتائج كما في الشكل(4)، حيث أصبحت الاستطاعة العظمى 145.2 واط وتيار القصر 6.6 أمبير بينما توتر الدارة المفتوحة 34.5 فولط.

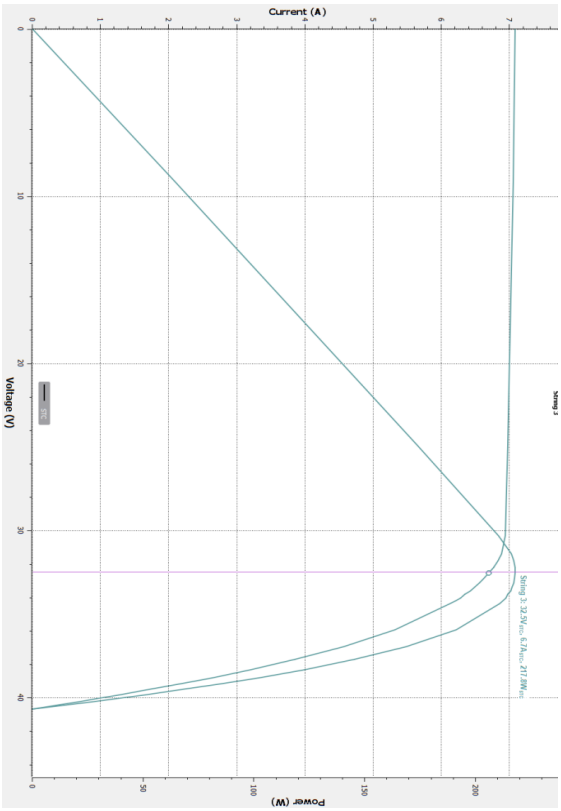


الشكل(3) قراءات اللوح الأول قبل التنظيف

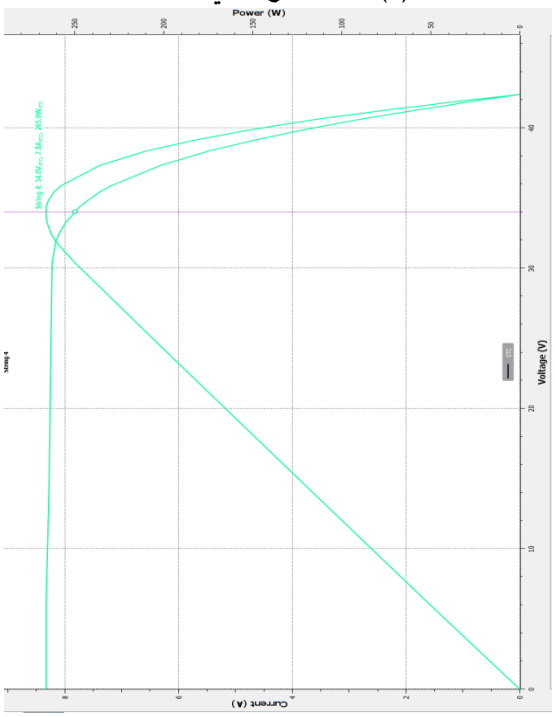


الشكل(4) قراءات اللوح الأول بعد التنظيف

اللوح الثاني: حيث كان شكل منحنيات التيار والاستطاعة مع التوتر للوح قبل التنظيف كما في الشكل(5) حيث يتبين أن الاستطاعة العظمى كانت 217.8 واط أما تيار القصر 7.1 أمبير وتوتر الدارة المفتوحة 40.6 فولط. ثم تم تنظيف اللوح جيداً وإعادة القياس بعد أن ارتفعت درجة حرارته لنفس القيمة حتى نحصر التغير نتيجة الاتساخ فقط وكانت النتائج كما في الشكل(5)، حيث أصبحت الاستطاعة العظمى 265.9 واط وتيار القصر 8.3 أمبير بينما توتر الدارة المفتوحة 42.3 فولط.



الشكل(5) قراءات اللوح الثاني قبل التنظيف



الشكل(6) قراءات اللوح الثاني بعد التنظيف

ويمكن تلخيص النتائج وفق الجدول(1) التالي:

الجدول(1) نتائج القياس للعينات قبل التنظيف وبعده

اللوح	المحدد	قبل التنظيف	بعد التنظيف	الفرق
الأول	تيار القصر[A]	5.9	6.6	%10.6
	توتر الدارة المفتوحة[V]	32.4	34.5	%6.1
	الاستطاعة [W]	121.5	145.2	%16.3
الثاني	تيار القصر[A]	7.1	8.3	%14.4
	توتر الدارة المفتوحة[V]	40.6	42.3	%4
	الاستطاعة [W]	217.8	265.9	%18

نلاحظ من الجدول أن تأثير الاتساخ ظهر على محددات اللوح (التيار، والتوتر، والاستطاعة) وعلى اعتبار الاهتمام يكون حول الاستطاعة المنتجة نلاحظ أن الاستطاعة ارتفعت في العينتين بعد التنظيف أما بند الفرق في الجدول فيعبر عن مقدار هذه الزيادة كنسبة مئوية من الاستطاعة الحقيقية المفروض توليدها واللوح نظيف.

5- النتائج:

بينت الدراسة أن اتساخ الألواح الكهرضوئية هو عامل مهم في انخفاض استطاعة التوليد على خرجها الأمر الذي يؤثر على إنتاجية النظم الكهرضوئية بأنواعها المختلفة (حقن بالشبكة، مستقلة، أو ضخ المياه). تمت دراسة هذا الأثر على عينتين ويمكن تلخيص النتائج كمايلي:

- كان معدل انخفاض الاستطاعة في العينتين المدروستين 16.3% و18% مما يدل على أن أثر الاتساخ ليس نسبة مئوية ثابتة تُعمَّم على كل الألواح إنما تختلف باختلاف الشركة المصنعة وذلك كون العينتين كلاهما من أنواع الخلايا الكهرضوئية متعددة البلورات ومركبة في نفس بيئة العمل وبنفس زاوية الميل.
- معدل انخفاض تيار القصر كان 10.6% و14.4% مما يؤكد أن كمية الغبار الملتصقة على سطح العينة الثانية أكبر منها في العينة الأولى مما أدى لحجب كمية أكبر من الإشعاع الساقط على اللوح، الأمر الذي يرتبط بمدى نعومة سطح اللاقط وكون المادة المصنع منها الزجاج مصقولة بدقة والذي يرتبط بحودة التصنيع للوح ونوع المواد المستخدمة.
- معدل انخفاض توتر الدارة المفتوحة 6.1% و4% حيث هذا المحدد الوحيد الذي كان فيه أثر الاتساخ في اللوح الأول أكبر منه في اللوح الثاني وهو أمر طبيعي كون العلاقة بين توتر الدارة المفتوحة وتيار القصر (الذي يتناسب طرداً مع الإشعاع الشمسي) هي علاقة لوغاريتمية أي كلما زاد معدل تغير تيار القصر انخفض معدل التغير في التوتر والعكس صحيح كلما كان معدل تغير التيار أصغر كان معدل تغير التوتر أكبر.

6- الخاتمة:

تم دراسة أثر تراكم الغبار الطبيعي على عينتين من الألواح الكهرضوئية متعددة البلورات وتبين لنا أنه لايمكن تعميم قيمة التغير في الاستطاعة المولدة نتيجة الاتساخ على الألواح الكهرضوئية حيث وجدنا أن الألواح المتواجدة في نفس ظروف التشغيل يختلف معدل انخفاض الاستطاعة فيها لاختلاف مواصفات التصنيع من جهة واختلاف استجابة المكونات الداخلية لهذا اللوح وكون هذه القيم لا تتوافق أيضاً مع الدراسات المرجعية والتي كانت تتراوح بين 17 و85% والتي نلاحظ مدى الاختلاف بينها وبين نتائج هذه الدراسة الذي يمكن تبريره باختلاف كلاً من مكان التركيب نوع الألواح والشركة المصنعة (جودة التصنيع) ونوع مادة الاتساخ الممكن أن تتعرض لها الألواح، مما يؤكد عدم القدرة على تعميم هذه النسب ووضع معادلات رياضية ثابتة حول أثر تراكم الغبار الطبيعي على أداء الألواح الكهرضوئية متعددة البلورات. وسيتم العمل لاحقاً على دراسة أثر نوع مادة الاتساخ على انخفاض الاستطاعة لتبيان هل تختلف هذه القيمة باختلاف مكان التركيب.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

7-References:

[1]- Md. Aminul Islam, A. H. M Zadidul Karim, and Md.Mizanur Rahman. Effects of Natural Dust on the Performance of PV Panels in Bangladesh. International Journal of Modern Education and Computer Science · October 2012.

[2]- D. S. Rajput, and K. Sudhakar. Effect of Dust on the Performance of Solar PV Panel. International Journal of ChemTech Research 5(2):1083-1086.2013.

[3]- S. A. Sulaimana, A. K. Singhb, M. M. Mior Mokhtara, and M. A. Bou-Rabeec. Influence of Dirt Accumulation on Performance of PV Panels. The International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES14. 2014.

[4]- A. Hussain, A. Batra, and R. Pachauri. An experimental study on effect of dust on power loss in solar photovoltaic module. Springer Open. 2017.

[5]- M. T. Chaichan, H. A. Kazem, A. H.A. Al-Waeli, and K. Sopian. The effect of dust components and contaminants on the performance of photovoltaic for the four regions in Iraq: a practical study. Renewable Energy and Environmental Sustainability. Volume 5, 2020.

[6]- H.Gh. Hameed, D.M. Hachim, A.R. Al- Hilo, A. Mazen, L. Ali and N. Maqdad. Study the effect of dust on performance of PV panel and design cleaning system. International Journal of Energy and Environment (Vol. 10, Issue 3). 2019.

[7]- A. E. Coşgun, H. Demir. The experimental study of dust effect on solar panel efficiency. JOURNAL of POLYTECHNIC ISSN: 1302-0900. 2021.

[8]- A. J. Abiodun, and I. C. Emmanuel. The Effect of Solid Dirt on the Output Performance of Solar Module. GSJ: Volume 8, Issue 11, November 2020, ISSN 2320-9186.

[9]- OP-TEC: The National Center of Optics and Photonics Education an NSF ATE Project. Photonics Principles in Photovoltaic Cell Technology. 2009 CORD.

[10]- P. T.Landsberg, T. Markvart. Practical Handbook of Photovoltaics- Fundamentals and Applications. 2003, ELSIVIER.