Periodic cleaning effect on the output power of solar panels
تأثير التنظيف الدوري على القدرة الخارجة من الألواح الشمسية

عماد جواد كاظم , عماد جليل مهدي,عماد متعب محسن, عمار نوري جعفر
وزارة العلوم والتكنلوجيا – دائرة تكنلوجيا الطاقات المتجددة

الخلاصة

إن تراكم الغبار على سطح الألواح الشمسية يؤدي إلى تقليل نسبة نفاذية السطح الزجاجي للوح الشمسيومن ثم إلـــى حصول تناقص ملحوظ في القدرة المتولدة من اللوح الشمسي بنسبة مئوية معينة. إن التناقص في القدرة المتولدة يعتمد على تأثير كمية الغبار والعوامل المرتبطة به والتي تشكل علاقة قوية مترابطة مع بعضها منها (نسبة تراكم الغبار , زوايا الميل , زمن التعرض , الظروف المناخية للموقع , سرعة الريح , وخواص الغبار). في هذه الدراسة تم القيام بإجراء مقارنة عملية لتقييم الأداء بين أربع ألواح شمسية متطابقة بقدرة 20واطا لأول تم تنظيفه يوميا والثاني تم تنظيفه أسبوعيا والثالث تم تنظيفه شهريا والرابع ترك بدون تنظيف وذلك من خلال استخدام جهاز محلل كفاءة أداء الألواح الشمسية (Solmetric PV Analyzer) ولفترة زمنية تقريبا أمدها ستة أشهر للفترة الزمنية (30/10/2012الى 30/4/2013). وقدتم احتساب كفاءة التحويل النسبية (E) لكل الألواح , ومن خلال هذه الحسابات وعلى ضوء النتائج العملية المستحصلة ظهر بأنه هناك تناقص ملحوظ في الكفاءة النسبية تصل إلى (7.9%, 20% ,27%) للألواح المنظف أسبوعيا و شهريا وفصليا على الترتيب نسبة إلى اللوح النظيفومقدار التناقص في معدل معامل الأداء للألواح (المنظف أسبوعيا و شهريا وفصليا) عن اللوح النظيف هو (5,7 و 12,6 و 17,2) على الترتيب.

A B S T R A C T

Deposition of airborne dust on outdoor photovoltaic (PV) modules may decrease the transmittance of solar cell glazing and cause a significant degradation of generated power from solar panel by certain percentage, according to the impact of the amount of dust and the factors associated with it and which form a strong relationship are interrelated with each one (the proportion of the accumulation of dust , inclination angles, exposure time, the climatic conditions of the site, wind speed, and dustproperties). In this practical field study, an experimental-based investigation is conducted in order to compare the energy performance of four identical PV-panels with 20 watt power; one cleaned daily, one cleaned weekly, one cleaned monthlyand one subjected to the influence of the accumulation of dust, by using Solmetric PV Analyzer for a period of time (30/10/2012 to 30/04/2013). and then calculating relative conversion efficiency (E) to three panels. According to the practical results obtained appeared that there is a significant decrease in the relative conversion efficiency which was (7.9%, 20%, 27%) for the weekly cleaned, monthly cleaned andseasonally cleaned panels respectively relative to daily cleaned panel and the reduction in average performance factor was (5.7 , 12.6 ,17.2) for weekly cleaned, monthly cleaned and seasonally cleaned panels respectively.

Keywords: - Dust deposition effect,PV performance,Air pollution, solar panel

1- المقدمة

توجد محطات الطاقة الشمسية الضخمة المستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائية موجودة في عدة بلدان منها الصين والولايات المتحدة الأمريكية والشرق الأوسط واستراليا. وتقع هذه المحطات في أفضل الأماكن لإنتاج الطاقة الشمسية وهي في نفس الوقت الأكثر غبارا على سطح الأرض وهي المناطق الصحراوية التي تكون فيها الرياح المغبرة مستمرة و تؤدي إلى تراكم الغبار والرمال على سطوح الألواح الشمسية. تراكم الغبار على أسطح ألواح الخلايا الشمسية مشابه لتراكم الغبار على أسطح النوافذ فهو يؤدي إلى تقليل شدة الإشعاع النافذ وبالتالي فانه يقلل من كمية الكهربائية المنتجة [1]. أن تراكم 4 غرام لكل متر مربع يقلل من كفاءة تحويل الطاقة الشمسية بنسبة 40%. كما في مناطق عديدة مثل بغداد والمناطق الغربية من العراق يتراكم الغبار كل شهر

بنسبة عالية جدا لذلك أن إجراء البحوث في طرق التنظيف هي مسألة حيوية في تحسين أداء وحماية الخلايا الشمسية وفي هذا المجال تجري حاليا جهود متواصلة لتحسين أداءألواح الخلايا الشمسية وتقليل الكلفالتشغيلية لهاوجعلهاتكنولوجيا واعدة وفعالة كونها طاقة متجددة[2]. بالرغم من التطور الكبير في تكنولوجيا ال PV هنالك العديد من العوامل الخارجية التي تؤثر على أدائها مثل الظروف البيئية (مثل زيادة الكثافة السكانية والمصانع) التي تزيد من التلوث في الهواء وبالتالي فإنها توثر في تقليل نسب الطاقة المتولدة[3]. أكدت الدراسات المنشورة على العلاقة بين تلوث الهواء والإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرضوقد ذكرت الدراسة على ان نسبة التناقص في نسبة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض قد تصل إلى40% بسبب زيادة تلوث الهواء[4]. في الوقت الحاضر[5]تتكون الملوثات الموجودة في الغلاف الجوي من عوالق وجسيمات تكونت بشكل مباشر وغير ومباشر من مؤثرات بشرية مثل(الفعاليات الزراعية والغازات المنبعثة من المصانع وعوادم السيارات ...الخ) و طبيعية مثل (عملية التمثيل الضوئي وحرائق الغابات والبراكين ...الخ) تطلقالانبعاثات الثانوية مباشرة إلى الهواء والتي تؤديتكوين ما يسمى بالمادة المتشكلة PM(Particulate Matter) وذلك مثل المركبات العضوية وأوكسيد الكبريت والامونيا وغيرها إلى تشكل. تنقسم مكونات PMإلى مواد سائلة وصلبة مثل الغبار والرماد والدخان والعوالق والبخار المتكاثف حيث تبقى هذه المواد عالقة في الهواء لفترة طويلة في الهواء.

إن كفاءة تحويل الألواحالشمسية الشائعة على المستوى التجاري تتراوح بين قيم 13%-10%وبسبب الخسائر الكهربائية المتولدة من جراء التلوث بالغبار وارتفاع درجة الحرارة وخسائر أسلاك التوصيل فأن هذه الكفاءة يمكن إن تقل بشكل كبير يصل إلى 10-25%[6]. هذه المحددات تجعل الخلايا الشمسية مصدر عملي للأجهزة تعمل بشكل ذاتي أو التي تقع في أماكن بعيدة ، مثل إشارات المرور أو الأقمار الصناعية. إنتاج الطاقة الشمسية على نطاق واسع يعتبر من التحديات الكبرى في الأجواء المغبرة. يعتبر الغبار هو واحد من العناصر الطبيعية في البيئة وإن التفاوت في أحجام وتركيب جسيمات الغبار يعتمد على الموقع الجغرافي. في بعض المناطق تميل إلى أن تكون الأجواء أكثر شدة في الغبرة من غيرها وهذا ويؤدي إلى تدهور وعدم وضوح في الرؤية خلال الأيام المغبرة [2-1] . الغبار يميل لان يستقر ليخلق طبقة رقيقة من الغبار المتراكم على أي سطح مكشوف وهناك مؤثرات مختلفة تؤدي إلى تراكم الغبار مثل قوى الجاذبية وسرعة الرياح واتجاه الرياح و الشحنات الكهربائية المستقرة ورطوبة الأسطح [3]. والعوامل الأكثر تأثيرا هي حجم الجسيمات واتجاه الرياح [4]. حيث إن الرياح البطيئة تؤدي إلى زيادة تراكم الغبار ، بينما الرياح السريعة سوف تساعد على إزالة الغبار إذا كانت في الاتجاه المناسب [5-3]. التجمع العشوائي للغبار على أسطح الخلايا الشمسية يؤدي إلى ظهور بقع بتركيزات مختلفة كما موضح بالشكل (1). هذه البقع تختلف في شكلها وكثافتها وموقعها وتركيزها , وهذا الاختلاف في تراكم الغبار في أي مكان يؤدي بالتالي إلى اختلاف نفاذية الألواح وكذلك يؤدي إلى حصول تضليل جزئي على بعض المناطق في سطح اللوح. وقد تبين بأن الغبار الهابط سيكون له تأثير مباشر في خفض كفاءة أداء وحدات الطاقة الشمسية الفوتوفولتائية [7-2]. أن تراكم الغبار المتطاير يؤدي الى التقليل قيمة شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح اللوح الشمسي [5-4] في تجربة نفق الرياح ، أظهر الباحثون أن هناك علاقة بينحركة الرياح والغبار المتطاير والغبار المتراكم والانخفاض في إنتاج الطاقة الكهربائية [9]. وأفاد آخرون وجود علاقة بين حجم جسيمات الغبار وتوزيعها على سطح اللوح، وزاوية ميل اللوح وانخفاض النفاذية للإشعاع الشمسي [8].و بشكل عام ، أظهرت جميع البحوث انخفاضا القدرة الخارجة مع زيادة في تركيز الغبار المتراكم.

الشكل(1) :الغبار المتراكم على وحدات مختلفة من ألواح الخلايا الشمسية.

معظم الأبحاث العالمية بينت تأثير الغبار على كفاءة أداء الخلايا الشمسية وبعضها اقترح التنظيف الدوري وتغير زاوية الميل اللوح وفقا لنسب تراكم الغبار ونوعيته [9-3].

2- الجانب العملي

أولا: تم نصب اربعألواح شمسية بقدرة عظمى P_{max}=20 watt وهي من نوع أحادية التبلور (Mono Crystalline) وبزاوية ميل عنالأفق تبلغ 30 درجة. ان قيم $V_{O.C}$,I_{SC} للوح المستخدم هي:-

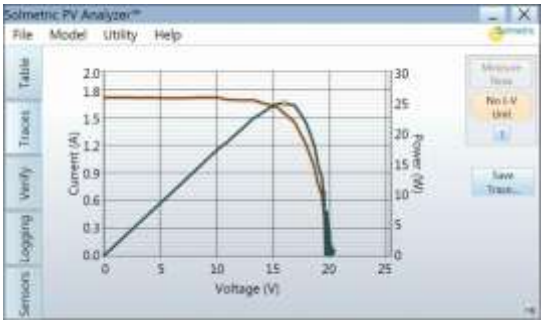
I_{SC}=1.25 A ,$V_{O.C}$=21.6 volt وكما مبينفي الشكل (2) :-

شكل (2) الالواح الشمسية المستخدمة في دراسة تأثير التنظيف الدوري

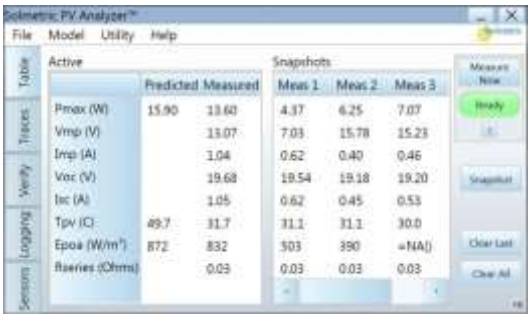
ثانيا: تم استخدام جهاز محلل أداءالألواح الشمسية (Solmetric PVA-600 PV Analyzer)لاجراء القياسات العملية كما في الشكل (3) الذي يمتاز بالخواص التالية:-

- بقدرة قياس فرق الجهد الناتجة من الألواحإلى 600 فولت وتيار يصل إلى 20 أمبير كحد أعلى.
- رسم المخطط البياني (القدرة مع الفولتية) و (التيار مع الفولتية) وكما في الشكل رقم (4).
- قياس القيمة العظمى للقدرة وكما في الشكل رقم (5).
- حساب معامل الأداء للألواح الشمسية ودرجة الحرارة وكما في الشكل (6).
- ملحقات مضافة عليه تقوم بقياس الإشعاع الشمسي بشكل لحظي وكما في الشكل (7).

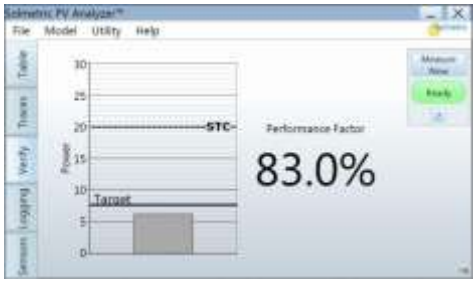
شكل (3) جهاز محلل أداء الألواح الشمسية (Solmetric PVA-600 PV Analyzer)



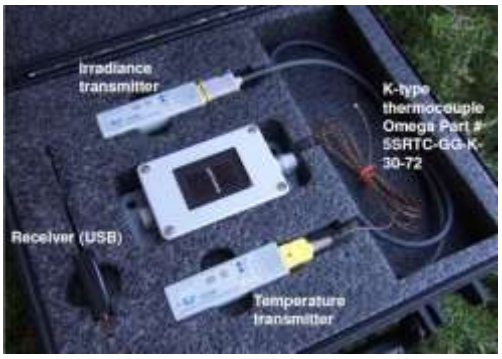
شكل (4) المخطط البياني (القدرة مع الفولتية) و (التيار مع الفولتية)



شكل (5)جداول لقياسات (القدرة والتيار والفولتية العظمى) للألواح الشمسية



شكل (6)حساب معامل الأداء للألواح الشمسية



شكل (7)ملحقات مضافة عليه تقوم بقياس الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة

3- النتائج و المناقشة

إن كفاءة أداءالألواح الشمسية PV تعتمد بصورة مباشرة على المؤثرات البيئية والتي تنقسم إلى نوعين أما طبيعية كالغيوم و الغبار ودرجة الحرارة أو صناعية مثل تبخر الملوثات المختلفة من المصانع وهذه العوامل تؤثر على القدرة الكهربائية الخارجة من الألواح الشمسية نتيجة تأثير الظل و الانعكاس وتغير شدة الإشعاع الشمسي الساقط عليها. تم دراسة تأثير تراكم الغبار على أداءألواح الخلايا الشمسية كما في الشكل(8) الذي يوضح نسبة تناقص الكفاءة النسبية من الالواح (المنظف اسبوعيا وشهريا وفصليا) مع الزمن بالأيام وتم حساب الكفاءة النسبية كما في المعادلة التالية[9]:-

$$E_{reduction}/E_{clean}=(E_{clean}-E_{dirty})/E_{clean} \quad (1)$$

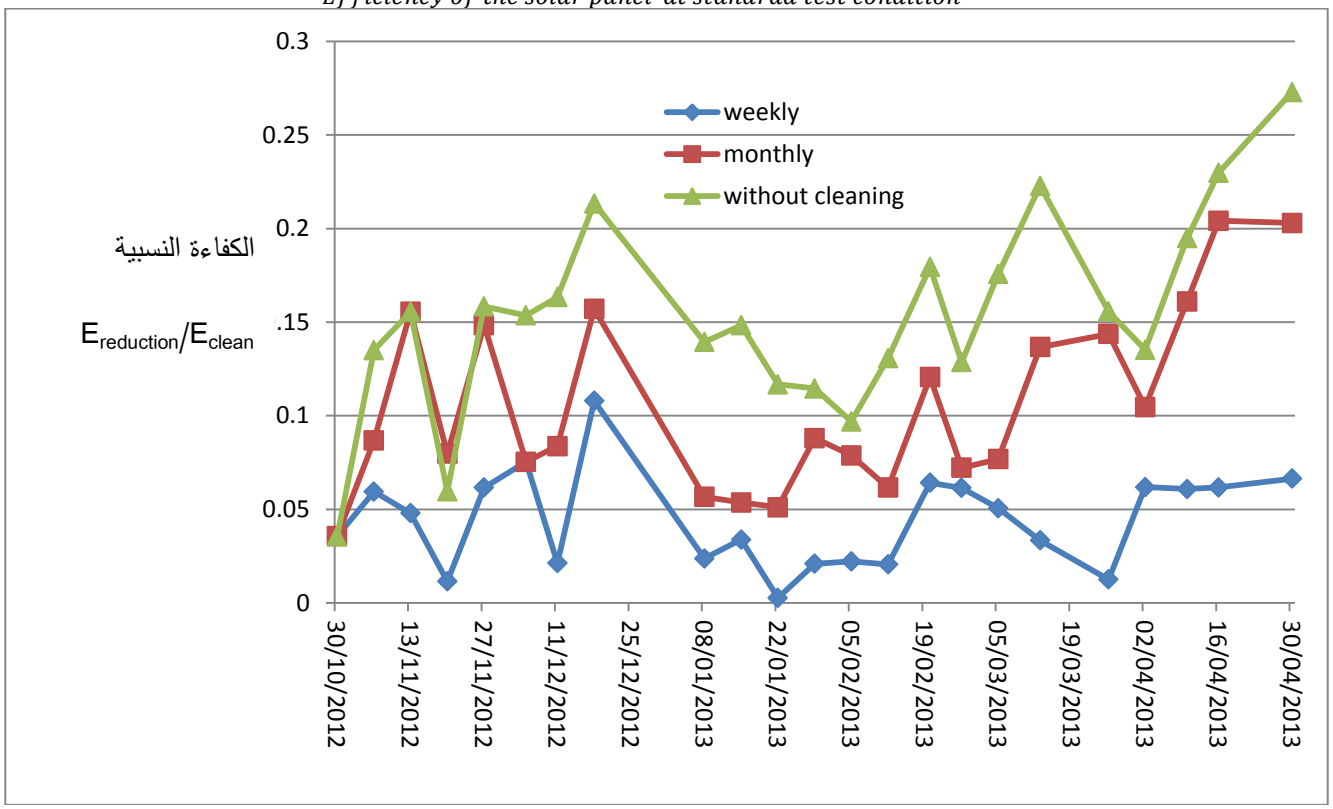
حيثE_{clean} وE_{dirty} هي كفاءة اللوح النظيف والمغبر(الغير نظيف)على التوالي . في هذا الدراسة تم حساب الكفاءة الخارجة للألواح بالمعادلة التالية:-

$$E=\frac{Output\ power}{Input\ power}=\frac{P_{max}}{GA} \quad (2)$$

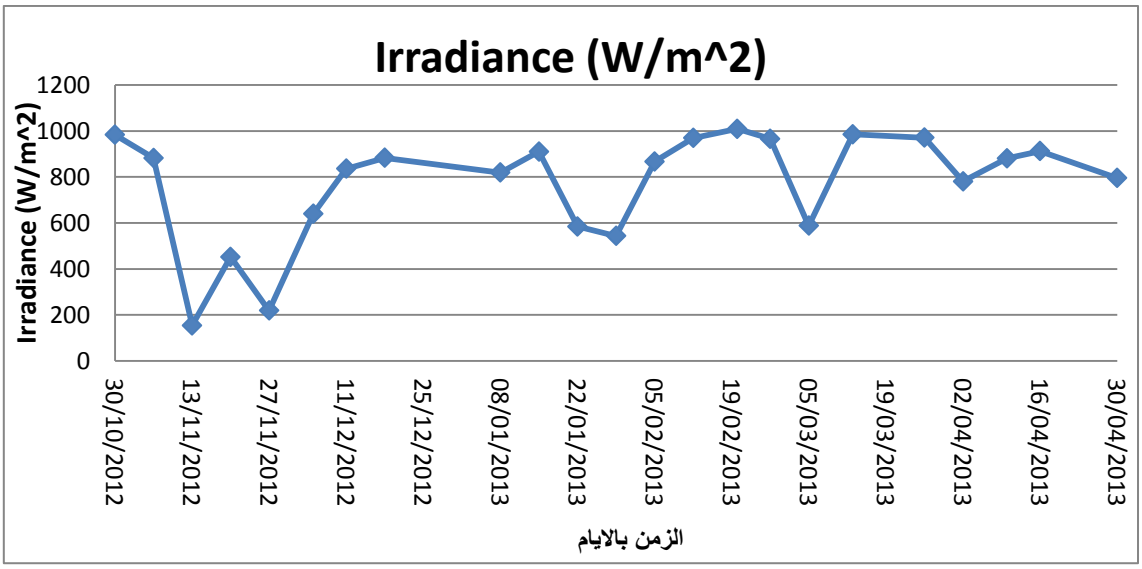
حيث ان (P_{max}) هيالقدرة العظمىللوح الشمسي مقاسا بالواطو G هو شدة الإشعاع الشمسي الساقط بالواط \ م2 و A مساحة اللوح الشمسي بالمتر المربع.

ومعامل أداء اللوح الشمسي يحسب بحسب المعادلة التالية:-

$$\text{Performance factor} = \frac{measured\ efficiency\ for\ the\ solar\ panel}{Efficiency\ of\ the\ solar\ panel\ \ at\ standrad\ test\ condition} \quad (3)$$

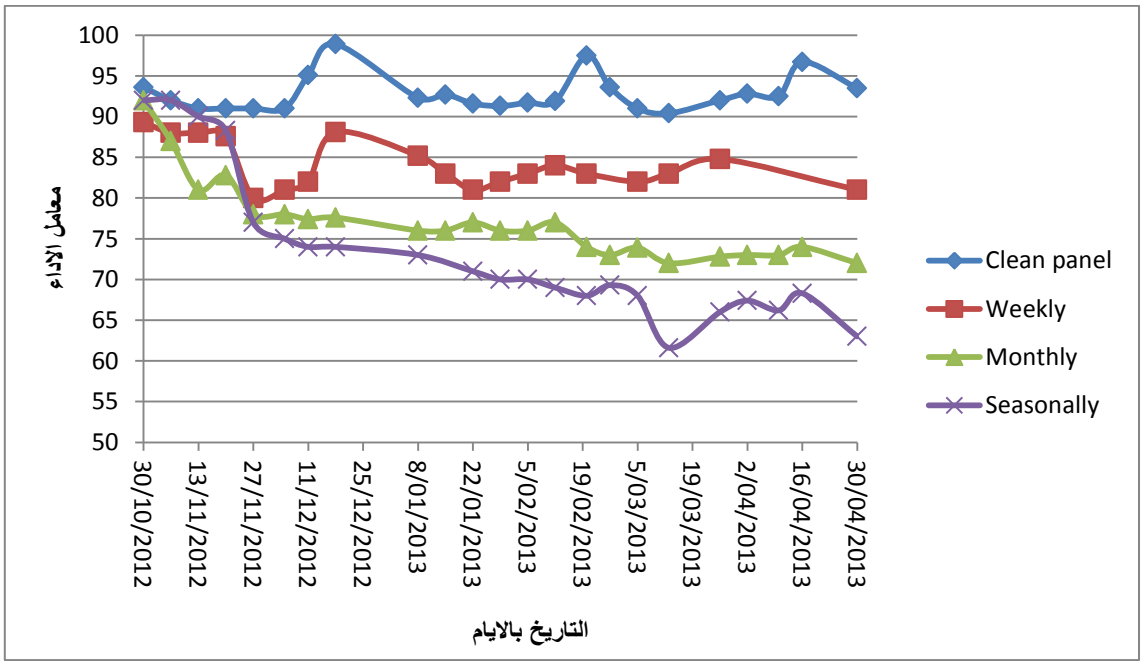


شكل (8) يوضح العلاقة بين الكفاءة النسبية $E_{reduction}/E_{clean}$ للألواح (المنظف أسبوعيا وشهريا وفصليا) مع مرور الزمن ومن خلال احتساب قيم الكفاءة الخارجة للألواح (المنظف أسبوعيا وشهريا وفصليا) ونظيرها كفاءة اللوح النظيف E_{clean} بموجب المعادلة رقم(2) ومن ثم احتساب النسبة المئوية بين $E_{reduction}/E_{clean}$ وجدت بأنها تتناقص بشكل ملحوظ تصل إلى (7.9 %, 20%, 27%) للألواح المنظف أسبوعيا و شهريا وفصليا على الترتيب نسبة إلى اللوح النظيفوحسب التغييرات المناخية ونسبة تراكم الغبار وزمن التعرض وتقلبات الجو خلاله هذه الفترة الزمنية المحددة بين 30/10/2012 و 30/4/2013 وكما مبين في الشكل رقم(8). وكانت شدة الإشعاع خلال فترة الدراسة (6أشهر) اقل من معدل الإشعاع الشمسياليومي خلال السنة وهذا نتيجة عدم استقرارطبيعة الأجواء بوجود الغيوم والإمطار والأيام المتربة خلال هذه الفترةالزمنية وكما هو مبين في الشكل رقم (9) الذي يوضح تغير مستويات معدلات الإشعاع الشمسي مع الزمن.



شكل (9) تغيير شدة الإشعاع الشمسي مع الزمن

ومن خلال الشكل رقم (10) والذي يوضحتغيرمعامل الأداء المقاس بواسطة جهاز محلل الكفاءة للألواح (المنظف يوميا وأسبوعيا وشهريا وفصليا) مع الزمن وقد وجد بان معدل معاملالأداء هو(92, 87, 79, 75) على الترتيب وقد لوحظ بأنمعاملالأداءيقلبزيادة المدة الزمنية بينالتنظيفات الدوريةللألواح الشمسية من جراء تأثير تراكم نسبة الغبار على سطحها.



شكل رقم (10) يوضح تغييرمعامل الأداء مع الزمن لكلاالألواح

وكذلك نلاحظ أنمقدار التناقص في معدل معامل الأداء للألواح (المنظف أسبوعيا و شهريا وفصليا) عن اللوح النظيف هو (5,7 و 12,6 و 17,2) على الترتيب حيث انه متساوي قبل تراكم الغبار ويلاحظ إن هناك تناقص في معامل الأداء لكل الألواح حتى اللوح النظيفلعدة أسباب منها أسباب بيئية (درجة الحرارة ,شدة الإشعاع الشمسي, الرياح , الرطوبة)وأهمها درجة الحرارة حيث ان زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى تناقص معامل الأداءللوح الشمسيوذلك لانالبداية العملية للبحث في فصل الشتاء وانتهت عند بداية

فصل الصيف إيإن هناك ارتفاع تدريجي لدرجة حرارة الجو خلال هذه الفترةوهناك عوامل أخرى ايضا يكون لها تأثير سلبي في اداء الالواح الشمسية(توصيلية الأسلاك, مقدار تطابق زاوية ميل اللوح مع زاوية ميل المتحسس الشمسي).

4- الاستنتاجات

1- من خلال هذه الدراسة تبين بأن تراكم الغبار على سطح اللوح الشمسي له تأثير واضح على كفاءة أداء اللوح من خلال تأثيره السلبي على القدرة الكهربائية الخارجة وبالتالي تقليل نسبة كفاءة اللوح التحويل أو التوليد للوح الشمسي ومن خلال هذه الحسابات وعلى ضوء النتائج العملية المستحصلة ظهر بأنه هناك تناقص ملحوظ في الكفاءة النسبية تصل إلى (7.9 %, 20% ,27%) للألواح المنظف أسبوعيا و شهريا وفصليا على الترتيب نسبة إلى اللوح المنظف يوميا ومقدار التناقص في معدل معامل الأداء للألواح (المنظف أسبوعيا و شهريا وفصليا) عن اللوح النظيف هو (5,7 و 12,6 و 17,2) على الترتيب.

2- يجب استخدام طرق التنظيف الدوري التلقائي (باستخدام منظومات تنظيف)أو اليدوي ودراسة تأثير استخدام طلاءات طاردة للغبار لتقليل تأثير تراكم الغبار على سطح الألواح الشمسية بنسبة كبير جدا وجعله تأثير غير محسوس.

المصادر

1- Kaldellis J.K.,Fragos P. ,2011. Ash deposition impact on the energy performance of photovoltaic generators. Cleaner Production 19,311-317

2- Lund, P.D., 2010. Exploring past energy changes and their implications for the pace of penetration of new energy technologies. Energy 35, 647-656.

3- Kaldellis, J.K., Spyropoulos, G.C., Kavadias, K.A., Koronaki, I.P., 2009b. Experimental validation of autonomous PV-based water pumping system optimum sizing. Renewable Energy 34 (4), 1106-1113.

4- Tian, W., Wang, Y., Ren, J., Zhu, L., 2007. Effect of urban climate building integrated photovoltaics performance. Energy Conversion and Management 48 (1), 1-8.

5- Papayannis, A., Balis, D., Bais, A., Van, Der, Bergh, H., Calpini, B., Duriex, E., Fiorani, L., Jaquet, L., Ziomas, I., Zerefos, C.S., 1998. Role of urban and suburban aerosols on solar UV radiation over Athens, Greece. Atmospheric Environment 32 (12), 2193-2201.

6- Fenger, J., 2009. Air pollution in the last 50 years - From local to global. Atmospheric Environment 43 (1), 13-22.

7- Denholm, P., Drury, E., Margolis, R., Mehos, M., 2010. Solar energy: the largestenergy resource. In: Sioshansi, F.P. (Ed.), Generating Electricity in a Carbon-constrained World. Academic Press, California, pp. 271-302.

8- Carr A.J., Pryor T.L. A comparison of the performance of different PV module types in high ambient temperature. ISES 2001, Solar World Congress; 2001.

9- Jiang H., Lu L., Ke Sun, 2011. Experimental investigation of the impact of airborne dust depositionon the performance of solar photovoltaic (PV) modules. Atmospheric Environment 45 (2011) 4299- 4304.