

الدراسة الفنية لنظام توليد طاقة كهربائية ثنائي المصادر (شمسي - ريحي)

الدكتور غسان الحايك*

الدكتور عزت حسن**

عمار إسماعيل ميهوب***

تاريخ الإيداع 17 / 6 / 2015. قُبل للنشر في 23 / 7 / 2015

□ ملخص □

تعد طاقة الرياح والشمس من أهم مصادر الطاقة المتجددة بسبب وفرتها واقتصاديتها، ويمكن الاستفادة من هذين المصدرين للطاقة المتجددة في منطقة قطينة التابعة لمحافظة حمص، لتصميم وبناء نظام طاقة كهربائي ثنائي المصادر (شمسي - ريحي) سيتم الاعتماد على المنحني اليومي لكل من سرعة الرياح وشدة الإشعاع الشمسي للمنطقة المدروسة.

تمّ في هذا البحث دراسة تصميم نظام شمسي ريحي هجين باختيار مكوناته المتوفرة في السوق المحلية لجهة مواصفاتها الاسمية الفنية، وذلك استناداً على الدراسات الفنية والاقتصادية، والمعايير العالمية الموافقة. أظهرت النتائج التي حصلنا عليها أن لدينا فائض خلال العام حوالي (1246.7 Kw/Year) لصالح المستهلك، مما يجعل النظام مجدي اقتصادياً من الناحية الاستثمارية، كما أظهر البحث أنه بحاجة لمصدر إضافي لتغذية الحملات وشحن المدخرات باستطاعة (3360.2 W/Day) بما يشكل (50.4%) من حجم الحملات. إضافة إلى النتائج العملية فإنه يقدم قاعدة بيانات نظرية سواء للباحث أو للمستثمر في مجال الطاقات المتجددة وخصوصاً لجهة كفاءة اختيار مكونات النظام.

الكلمات المفتاحية: نظام طاقة هجين، سرعة الرياح، شدة الإشعاع الشمسي، فائض، عجز، كفاءة، الحملات.

* أستاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
*** طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Technical Study Of A Generation Electrical Power System By Two Source (Wind-Solar)

Dr. GassanAlhaec*
Dr. Ezat Hassan**
Ammar Ismail Mihoub***

(Received 17 / 6 / 2015. Accepted 23 / 7 / 2015)

□ ABSTRACT □

Solar and wind energy is considered as one of the best renewable energy resources because it Available and economical . We can take advantage of these two resources of renewable energy in Katina area in Homs for designing and building a bilateral resources (solar-wind) electric power system, depending on the daily bending of the wind speed and the solar radiation intensity in the studied area.

This research studies the design of a hybrid wind and solar system by selecting its components that available in the local market in terms of their nominal, technical specifications, based on the technical and economic studies and the corresponding international standards. The obtained results showed that we have approximately (1246.7 Kw/Year) surplus during the year for the benefit of consumers, which makes the system economically feasible for investment, as explained in research needs an additional resource to feed the load and charge the energy-savings with (3360.2 w/day) that constituting (50.4 %) of the volume of the load in addition to the practical results provides a theoretical database, whether for the researcher or the investor in the field of renewable energies, particularly in terms of the efficiency of selecting the system's components.

Key words: Hybrid power system, wind speed, solar radiation intensity, surplus, deficiency, efficiency, load.

*Professor, Electrical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Professor, Electrical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

***Postgraduate Student, , Electrical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعد الطاقات المتجددة مصدر الطاقة الرئيسي في المستقبل في ظل عدم ديمومة مصادر الطاقة التقليدية (الوقود الاحفوري)، والأثر البيئي السيئ لهذه المصادر وفي ظل الطلب المتزايد على الطاقة كان لا بد من الاهتمام باستثمار مصادر الطاقة المتجددة (رياح، شمس، الطاقة الحيوية... الخ). إلا أن عدم استقرار هذه المصادر من ناحية التوفر بشكل دائم ومستقر (أثناء الليل لا يوجد إشعاع شمسي، وخلال أوقات معينة من العام تتخفف سرعة الرياح إلى حد الانعدام). من هنا بدأ التفكير بدمج مصدرين أو أكثر من مصادر الطاقة المتجددة أثناء تصميم أي نظام كهربائي يعتمد على هذه المصادر بحيث يساهم ذلك في رفع كفاءة النظام بما يحقق جودة التغذية الكهربائية وبالتالي موثوقية النظام.

في هذا البحث قمنا بالاستعانة بالطاقة الشمسية لرفع كفاءة نظام الطاقة الريحي ودراسة أداءه على مدار العام وذلك في منطقة قطينة التابعة لمحافظة حمص إحدى أهم مناطق الجمهورية العربية السورية ووفرة بالرياح. حيث تصل سرعة الرياح في هذه المنطقة إلى حوالي (12[m/s]) خلال شهر تموز وأب، بينما تتخفف إلى حوالي (2-4[m/s]) لمدة خمسة أشهر خلال العام اعتباراً من شهر تشرين الأول وحتى شهر شباط. نعرض في هذا السياق بعضاً من الدراسات المرجعية المتاحة عالمياً في تصميم نظام الطاقة الريحي ونظام الطاقة الشمسي بالإضافة إلى تصميم النظم الهجينة.

أهمية البحث وأهدافه:

يكتسب البحث أهميته كونه يندرج ضمن محاور بحثية لها أهمية على مستوى العالم تهدف إلى دراسة الاستفادة من الطاقات المتجددة بكافة أشكالها، وانطلاقاً من توفر سرعات رياح جيدة في المنطقة المدروسة، وتوفر إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في المنطقة ذاتها، أما أهمية البحث من الناحية التطبيقية تكمن في تبيان مدى إمكانية سد العجز الحاصل في نظام الطاقة المعتمد على أحد المصدرين الريحي أو الشمسي فوق البيانات المناخية للموقع المدروس بما يحسن جودة النظام، وتحقيق الاستفادة القصوى من مصادر الطاقة المتجددة في المنطقة ومن الناحية الاقتصادية دراسة تصميم وبناء نظام طاقة متجدد بمصدرين متوفرين في هذه المنطقة يعود بالفائدة الاقتصادية على بلدنا، ويقلل الحاجة لاستهلاك الوقود الاحفوري.

أما هدف البحث فهو تصميم نظام ثنائي المصادر (شمسي-ريحي)، ودراسة أداءه، وتحديد إمكانية إنشاء نظام طاقة كهربائية مستقل في الموقع المدروس من خلال الاعتماد على هذين المصدرين فقط.

طرائق البحث ومواده:

تم إتباع المنهج البحثي الاستقصائي من خلال:

- 1- جمع المعلومات المتعلقة بسرعة الرياح وشدة الإشعاع الشمسي الخاصة بالموقع المدروس.
- 2- اختيار نوع وميزات العنفة الريحية الملائمة بالاعتماد على تابع وايبيل لتوزيع الرياح في الموقع المدروس.
- 3- تحديد استطاعة النظام الكهروضوئي وتصميمه الذي يتضمن اختيار نوع اللوح الشمسي والمدخرات.
- 4- حساب الاستطاعة الناتجة عن نظام الطاقة الريحي والنظام الكهروضوئي ومقارنتها بالحمولة وذلك خلال يوم من كل شهر خلال العام باستخدام برنامج (Excel).

5- إعداد النتائج ومناقشتها.

1- بيانات الموقع:

الجدول (1): متوسط سرعات الرياح وفقا لبيانات محطة الرصد المركبة في منطقة قطينة [1,2].

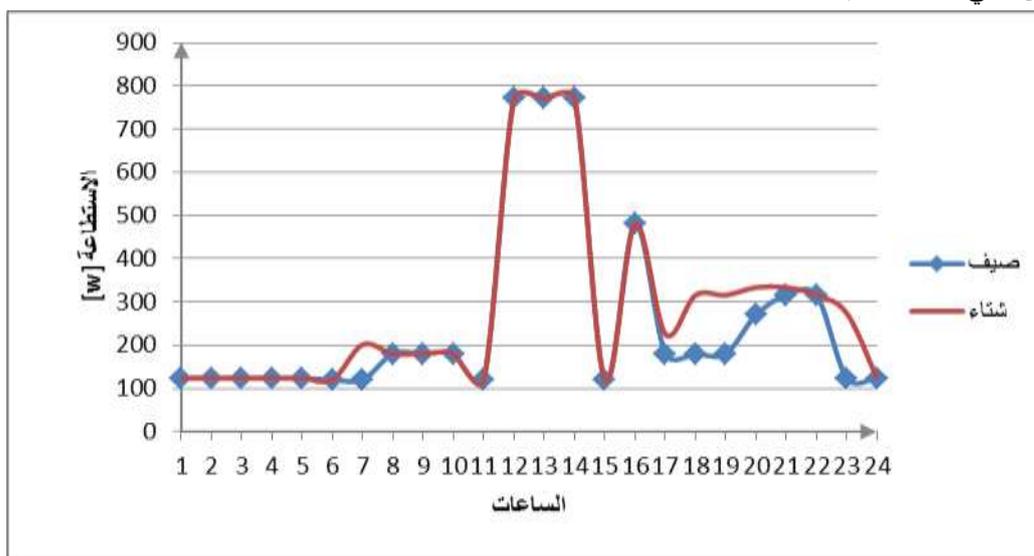
الشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
سرعة الرياح [m/s]	2.9	3.5	4.4	5.6	6.4	8.3	10.9	10.9	7.7	3.9	2.4	2.4

الجدول (2): القيم المتوسطة الشهرية للإشعاع الشمسي اليومي المحسوب وساعات السطوع الشمسي في منطقة قطينة [3].

الشهر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
متوسط الإشعاع الشمسي [Kw/m ² /day]	6	6.7	7.3	7.4	7.3	7.1	7.1	7.3	7.4	7.1	7.4	5.8
عدد ساعات السطوع الشمسي	9	10	10	11	10	12	13	13	13	13	11	9

2- الحمولة المنزلية:

إن الأحمال الكهربائية للأجهزة التي يمكن استخدامها من قبل كل أسرة و التي تعد أساسية ولها وظيفة و تقدم خدمة يومية و الاستطاعة الكهربائية لهذه الأجهزة و القدرة المستجرة من قبلها على مدار اليوم موضحة في الجدول (3) نأخذ الحمولة الشتوية لأنها الحمولة الأكبر و نسقط عليها مخطط الحمولة اليومي المبين في الشكل (1) الذي يبين أيضا منحنى الحمولة في فصل الصيف [3].



الشكل (1): منحنى الحمولة اليومي الصيفي والشتوي

الجدول (3) الحمولة اليومية الشتوية والصيفية

الحمولة الفعلية [Wh]		فترة العمل		حمولة متوسطة	عامل الطلب	الاستطاعة [W]	الحمولة
صيف	شتاء	صيف	شتاء				
1-إنارة							
57.6	172.8	21-23	17-23	0.8*36=28.8	0.8	18*2=36	صالون
9	18	22-23	20-22	9	0.5	18	نوم
9	18	22-23	20-22	9	0.5	18	نوم
9	27	21-23	17-23	4.5	0.25	18	مطبخ
3.6	10.8	21-23	17-23	1.8	0.2	9	حمام
2.8	8.4	21-23	17-23	1.4	0.2	7	Wc
15.75	22.75	21-6	17-6	1.75	0.25	7	موزع 1
15.75	22.75	21-6	17-6	1.75	0.25	7	موزع 2
11	33	21-23	17-23	5.5	0.5	11	برودة
2- أجهزة أخرى							
540	540	20-23	18-24	90	0.5	180	كمبيوتر
120	480	21-23	16-24	60	0.6	100	TV
180	180	8-11	8-11				
2880	2880	0-24	0-24	120	0.6	200	ثلاجة
1500	1500	12-15	12-15	500	0.25	2000	غسالة
450	450	12-14	12-15	150	0.3	500	سخان
300	300	16-17	16-17	300	0.3	1000	مكواة
5953.5	6663.5					4111	

3-اختيار العنفة بالاعتماد على تابع وايبل الخاص بالموقع المدروس:

بالاعتماد على الجدول (1) الذي يمثل المتوسط الشهري لسرعة الرياح في الموقع المدروس، على مدار العام

نستطيع حساب البارامترات التالية:

1- السرعة المتوسطة السنوية:

$$\bar{u} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n u_i = 5.5 \left[\frac{m}{s} \right]$$

2- الانحراف المعياري يعطى بالعلاقة:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2 = 3.0566$$

3- معامل الشكل ويعطى بالعلاقة:

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{u}} \right)^{-1.086} = 1.9$$

4- معامل الانزياح ويعطى بالعلاقة:

$$c = \frac{\bar{u}}{\tau \left(1 + \frac{1}{k} \right)}$$

$$= 6.23$$

أصبح لدينا تابع ويبيل الممثل للموقع المدروس:

$$f(u) = \frac{1.9}{6.23} * \left(\frac{u}{6.23} \right)^{0.9} * e^{-\left(\frac{u}{6.23} \right)^{1.9}}$$

إذا كانت قيمة (k) قريبة من الرقم (2) فان السرعة الاسمية الملائمة للعنفة تكون أقل منضعفي السرعة المتوسطة السنوية أي ستكون اقل من (11[m/s]) [2]. قمنا بالبحث عن عنفة ريحية ذات سرعة اسمية موافقة لما ذكر سابقا فاخترنا العنفة (ECO-500W) والتي تمتلك المواصفات الفنية التالية [4]:

الاستطاعة: Power

500 [w]Rated Power	الاستطاعة الاسمية
2.5 [m/s]Cut-in Wind Speed	السرعة الإقلاع
8 [m/s]Rated Wind Speed	السرعة الاسمية
25 [m/s]Cut-of Wind Speed	سرعة التوقف

Rotor الدوار

2.5 [m]Diameter	القطر
3Number of Blades	عدد الشفرات

Gear Box علية السرعة

Without Direct Drive	بدون علية سرعة
----------------------	----------------

المولدGenerator

PGM Type	النموذج
1Number	العدد
24 [VDC]Voltage	الجهد
ECO	الطرز
Hers teller	الحماية من الصدأ
Corrosion	الطلاء

الوزنWeight46[Kg]

4- حساب عدد مولدات طاقة الرياح:

نحسب قيمة عامل السعة بتطبيق المعادلة التالية:

$$C.F = \frac{\exp\left[-\left(\frac{u_c}{c}\right)^k\right] - \exp\left[-\left(\frac{u_R}{c}\right)^k\right]}{\left(\frac{u_R}{c}\right)^k - \left(\frac{u_c}{c}\right)^k} - \exp\left[-\left(\frac{u_F}{c}\right)^k\right]$$

$$C.F = \frac{\exp\left[-\left(\frac{3}{6.23}\right)^{1.9}\right] - \exp\left[-\left(\frac{10.3}{6.23}\right)^{1.9}\right]}{\left(\frac{10.3}{6.23}\right)^{1.9} - \left(\frac{3}{6.23}\right)^{1.9}} - \exp\left[-\left(\frac{20}{6.23}\right)^{1.9}\right] = 45\%$$

(P₅₀₀): الاستطاعة الاسمية للعنفة المقترحة بقيمة 500[W].

(C.F): عامل السعة.

وبالتالي :

$$6663.5 = 24 * 0.45 * N * 500 \rightarrow N = 1[\text{Unit}]$$

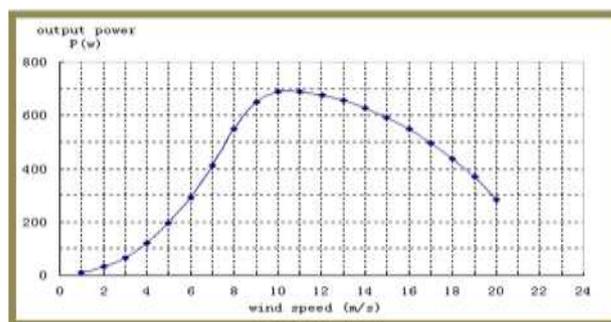
باعتبار استطاعة المولدة 500[W] وبالتالي استطاعة الخرج لكل الوحدات :

$$P_w = 500[\text{W}]$$

5- حساب الاستطاعة الكهربائية المولدة من النظام الريحي:

بعد اختيار العنفة الريحية الملائمة للمنطقة أصبح بالإمكان معرفة الاستطاعة التي تحصل عليها من العنفة

الريحية عند أي سرعة رياح، وذلك باستخدام المنحني الكهربائي للعنفة [4].



الشكل (2): المنحني الكهربائي للعنفة

الجدول (4) قيم الاستطاعة الكهربائية الموافقة لسرعة الرياح [4].

wind speed m/s	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
output power P(w)	60	110	200	290	400	550	650	690	685	660	650	625	590	550	500	430	380	290

تبين الجداول التالية الاستطاعة المولدة من النظام الريحي خلال أشهر العام وذلك ليوم واحد في الشهر بالاعتماد

على المنحني اليومي لسرعة الرياح و المنحني الكهربائي للعنفة.

6- تصميم النظام الكهروضوئي (Photovoltaic System):

بتطبيق المعادلات الواردة المرجع [3] نجد:

6-1 تحديد حجم النظام :

$$P_D = 0.60 * P_{Load} = 0.6 * 6663.5 = 3400[\text{w}]$$

حيث:

(P_D): استطاعة النظام [W].

6-2 تصحيح الحمولة بسبب الضياعات :

إن وجود ضياعات ضمن الكابل و أثناء الشحن و ضياعات من عمل القالبه يقدر بحوالي (5%) و بالتالي

تصبح قيمة الحمولة المدروسة:

$$P_{pv1} = (1 + 0.05) * 3400 [KWh] = 3570 \left[\frac{KWh}{day} \right]$$

حيث أن :

$$P_{pv} = 3400 \left[\frac{KWh}{day} \right]$$

$E_{loss} = 5\%$ وهي نسبة الضياعات.

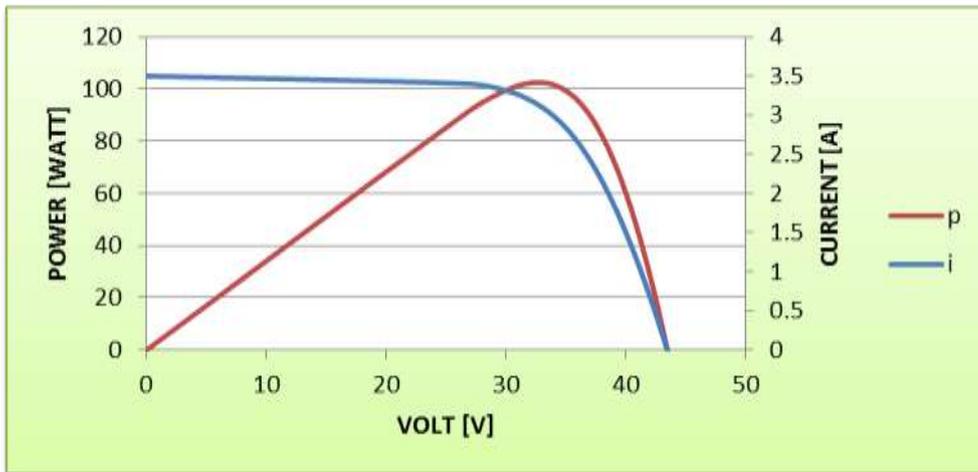
بناء على الدراسات الفنية والاقتصادية المقدمة في المرجع [3]، اخترنا اللوح الشمسي (Siemens M110-24V)

24V الذي يملك المواصفات الفنية التالية:

الجدول (5): المواصفات الفنية للوح الشمسي (Siemens M110-24V)

المكونات	الخصائص المميزة	القيمة العددية
وحدة الخلايا الشمسية	النموذج المستخدم	(Siemens M110-24V)
	توتر الدارة المفتوحة	$V_{oc} = 43.5 [V]$
	تيار الدارة القصيرة	$I_{sc} = 3.45 [A]$
	التوتر المقابل ل(MPP)	$V_{MPP} = 35[V]$
	التيار المقابل ل(MPP)	$I_{MPP} = 3.15[A]$
	استطاعة الخرج	$P_{MAX} = 110 [W]$

الشكل التالي يبين مميزة (التيار - التوتر) ومميزة (التوتر - الاستطاعة) للموديول المستخدم [3].



الشكل (3): مميزات (التيار - التوتر) ، (التوتر - الاستطاعة) للموديول (Siemens M110-24V)

3-6 تصحيح ($P_{MAX}, I_{MPP}, V_{MPP}, I_{SC}, V_{OC}$):

1- جهد اللاحمل المصحح ويعطى بالعلاقة:

$$V_{OC1} = V_{OC}[V] - 0.0023[V/^{\circ}C] * Ns[cell] * [T_{max} - T_n]$$

$$V_{OC1} = 43.5 - 0.0023 * 36 * (32.7 - 25) = 42.789$$

2- عامل الامتلاء ويعطى بالعلاقة:

$$FF = \frac{V_{MPP} * I_{MPP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{35 * 3.15}{3.45 * 43.5} = 0.734$$

3- الاستطاعة الأعظمية المصححة ويعطى بالعلاقة:

$$P_{MAX1} = P_{MPP1} = I_{SC} * V_{OC1} * FF = 3.45 * 43.5 * 0.734 = 110.155$$

4- الجهد الأعظمي المصحح ويعطى بالعلاقة:

$$V_{MPP1} = \frac{P_{MAX1}}{I_{MPP}} = \frac{110.155}{3.15} = 35$$

5- عدد الموديولات على التسلسل ويعطى بالعلاقة:

$$N_{PS} = \frac{V_S}{V_{MPP}} = \frac{24}{35} = 0.685$$

6- عدد الموديولات على التسلسل المطلوب:

$$N_{PS} = 1[\text{Module}]$$

7- سعة الحمولة:

$$AH_L = \frac{P_{L1}}{V_S} = \frac{3570}{24} = 148.5[A]$$

8- تيار الحمولة اليومي اللازم استجراره من مولدات الخلايا الشمسية:

$$I_{PV} = \frac{AH_L}{H_r} = \frac{148.5}{9} = 16.5[A]$$

9- عدد الموديولات على التفرع:

$$N_{PP} = \frac{I_{PV}}{I_{MPP}} = \frac{16.5}{3.15} = 5.238[\text{Module}]$$

10- عدد الموديولات على التفرع المطلوب:

$$N_{PP} = 6$$

4-6 القدرة المولدة من النظام الكهروضوئي:

تعطى معادلة التيار التوتر للموديول (Siemens M110-24V) بالعلاقة التالية [3]:

$$V_g = -1.116I_g + \frac{1}{0.33} \ln \left(1 + \frac{3.45 * Z - I_g}{0.16 * 10^{-5}} \right)$$

حيث:

I_g : تيار الموديول وتتراوح قيمته ضمن المجال $[0, 0.1, I_{SC}]$.

V_g : جهد الموديول.

Z : شدة الإشعاع الشمسي حيث قيمة ($Z = 1$) عندما تكون شدة الإشعاع الشمسي ($1000W/M^2$).

تعطى معادلة الاستطاعة للموديول بالعلاقة:

$$P_g = I_g * V_g$$

7- عدد المدخرات:

تبين لنا بنتيجة الدراسة الاحصائية إن عدد الأيام بدون إشعاع شمسي $D=1$ [day] بالحد الأدنى وبناء على المقارنة الاقتصادية لعدد من المدخرات التي تتلائم مع اللوح الشمسي المستخدم [5]، قمنا باختيار المدخرة الجافة صينية المنشأ نوع (DAHUA) المختبرة وفق المعيار (IEEE-450-2002) حيث تبين أنها ذات كفاءة تفريغ كبيرة، ومدى تأثر السعة بانخفاض درجة الحرارة قليل، وتعطي عمق تفريغ كبير، وذات عمر طويل مقارنة بالأنواع الأخرى وتعطي محاكاة نموذج حالة التفريغ نتائج مطابقة لما هو عليه في الاختبار العملي [5]، والتي تملك المواصفات الفنية: $C = 200[Ah]$, $V = 12[v]$

1- حمولة التخزين اللازمة (القدرة الكامنة للمدخرات) أي السعة المطلوبة للمدخرات هي :

$$\Phi = \frac{P_L \left[\frac{KWh}{day} \right] * D [day]}{V_S [V]} = \frac{6663.5}{24} = 277.65 [Ah]$$

(P_L): الحمولة.

بعد أخذ عمق التفريغ ($DOD=0.8$) و مردود الشحن والتفريغ ($f=0.85$) بعين الاعتبار نجد:

2- السعة المطلوبة للمدخرات:

$$\Phi_{cor} = \frac{277.65}{0.85 * 0.8} = 408.3 [Ah]$$

2- عدد المدخرات على التسلسل:

$$N_{b,s} = \frac{V_S}{V_b} = \frac{24}{12} = 2 [Batteries]$$

3- عدد المدخرات على التفرع:

$$N_{b,p} = \frac{\Phi_{cor}}{C} = \frac{408.3}{200} = 2 [Batteries]$$

4- التفريغ اليومي (أي ما تقدمه المدخرات في اليوم الواحد):

$$DOD = \frac{P_L \left[\frac{Wh}{day} \right]}{V_S [V]} = \frac{6663.5}{24} = 277.65 [Ah/day]$$

5- السعة المتاحة:

$$C_{av} = N_{b,p} * C = 2 * 200 = 400 [Ah]$$

6- نسبة التفريغ اليومي للمدخرات:

$$RAT_c = \frac{DOD}{C_{av}} = \frac{277.65}{400} = 0.694 < 0.8$$

أي نسبة التفريغ في اليوم الواحد (70%).

7- السعة المتاحة من كافة المدخرات:

$$C_{ap} = C_{av} * 0.8 = 400 * 0.8 = 320 [Ah]$$

8- القيمة المطلوبة لسعة المدخرات:

$$C_{\text{DEMEND}} = \text{DOD} * 1 = 277.65 * 1 = 277.65[\text{Ah}]$$

8- منظم الشحن:

إن منظم الشحن له دور بحماية المدخرات من الدخول في المجال الغير مسموح به لحالتي الشحن و التفريغ و تأمين الأداء السليم للمنظومة بتغذية الأحمال المطلوبة عند جهود ثابتة. إن المنظم المستخدم له المواصفات الفنية التالية [3].

FLEXmax 80	النوع :
12, 24, 36, 48, 60 VDC	الجهود الاسمي للمدخرات الممكن شحنها
	تيار الخرج الأعظمي 80[A]
12 VDC 1250 Watts	مواصفات الخلايا الشمسية الممكن استخدامها معه
	24 VDC 2500 Watts
	48 VDC 5000 Watts
	60 VDC 7500 Watts
	مجال تنظيم جهد الخلايا الشمسية 10-80 [V]
بما أن خرج الألواح الشمسية المستخدمة حوالي (660W) فيكون عدد المنظمات المستخدمة هو منظم واحد للخلايا الشمسية ومنظم واحد للعبء الريحية.	

9- القالبية:

النظام يعتمد على المصدرين الريحي والشمسي فقط وبالتالي فإن القالبية المناسبة للنظام هي القالبية (PM- 800SL-122A9R) المختبرة وفق المواصفة القياسية العالمية (IEC-61683) في حال النظام يعتمد على المصدرين الريحي والشمسي فقط بسبب أنها ذات كفاءة عالية مهما كانت نسبة التحميل، ونسبة التشوه التوافقي الكلي للجهود صغيرة جداً لا تؤثر على شكل الموجة الجيبية تأثيراً ملحوظاً، وهي مناسبة لنوعي التحميل الأومي و الردي أو كليهما، وتعطي أداءً أفضل عند التحميل الأومي، على عكس القالبات بالخرج ذي الموجة المعدلة جيبياً [4].

في الظروف الجوية الحرجة عندما يكون هناك نقص في استطاعة النظام، والمدخرات وصلت إلى حد التفريغ المسموح به وللحفاظ على استمرارية عمل النظام في حال الحاجة لشحن المدخرات (مصدر آخر) قمنا باستخدام القالبية ثنائية الاتجاه (By Directional inverter) ذات النوع (APPOLO S-212B) والتي تملك المواصفات الفنية التالية:

APPOLO S-212B	النوع:
Inverter Mode	نمط القالبية:
24[VDC]	جهود الدخل:
220[VAC]	جهود الخرج:

Charge Mode	نمط الشحن:
220[VAc]	جهد الدخل:
24[VDC]	جهد الخرج:
20[A]	تيار الشحن:
800[w]	الاستطاعة:

بما أن حمولة الذروة تعادل (770W) بالتالي عدد القابلات المستخدمة هو قابلية واحدة.

10- أداء النظام:

سيتم اختبار أداء النظام المكون من عنفة ريحية وصف الألواح الشمسية المربوطين على التفرع خلال أشهر العام من خلال مقارنة خرج النظام مع الحمولة خلال يوم من كل شهر، وبالتالي يمكن التأكد من موثوقية النظام أي إذا كان النظام و المدخرات قادرين على استمرار تغذية الأحمال. قمنا بإجراء الحسابات ابتداء من الساعة ال(12) و ذلك إذا فرضنا المدخرات في حالة الشحن التام. القدرة المختزنة في المدخرات عند التوصل إلى الشحن التام [3] :

$$WhC = m * V_c * Ah$$

$$WhC = 2 * 14.4 * 320 = 9216[Wh]$$

باعتبار أن :

(m): عدد المدخرات على التسلسل.

(V_c): الجهد الذي يتوقف عنده الشحن للمدخرة الواحدة ذات الجهد (12 V).

(Ah): الأمبير الساعي من جميع المدخرات الموصولة على التفرع.

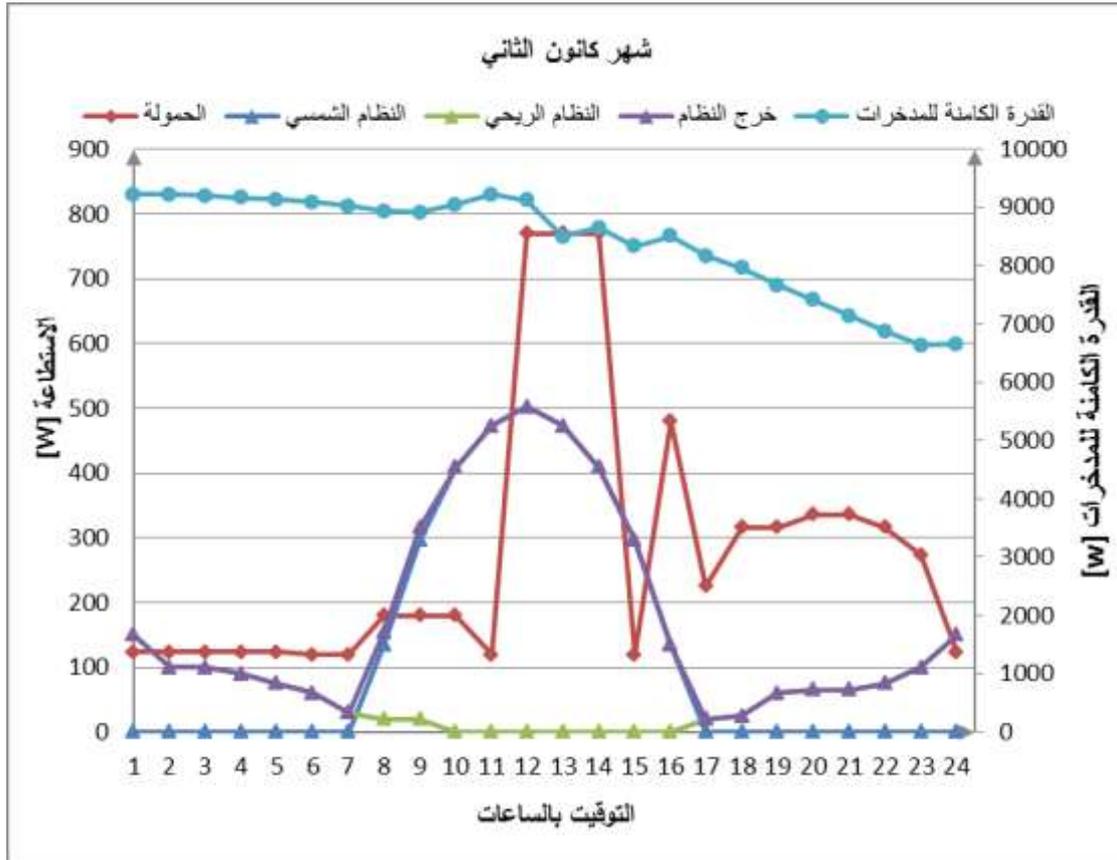
أما القدرة المختزنة عند التفريغ بنسبة (80%) من المدخرات :

$$Whc = 9216 * 0.2 = 1843.2 [Wh]$$

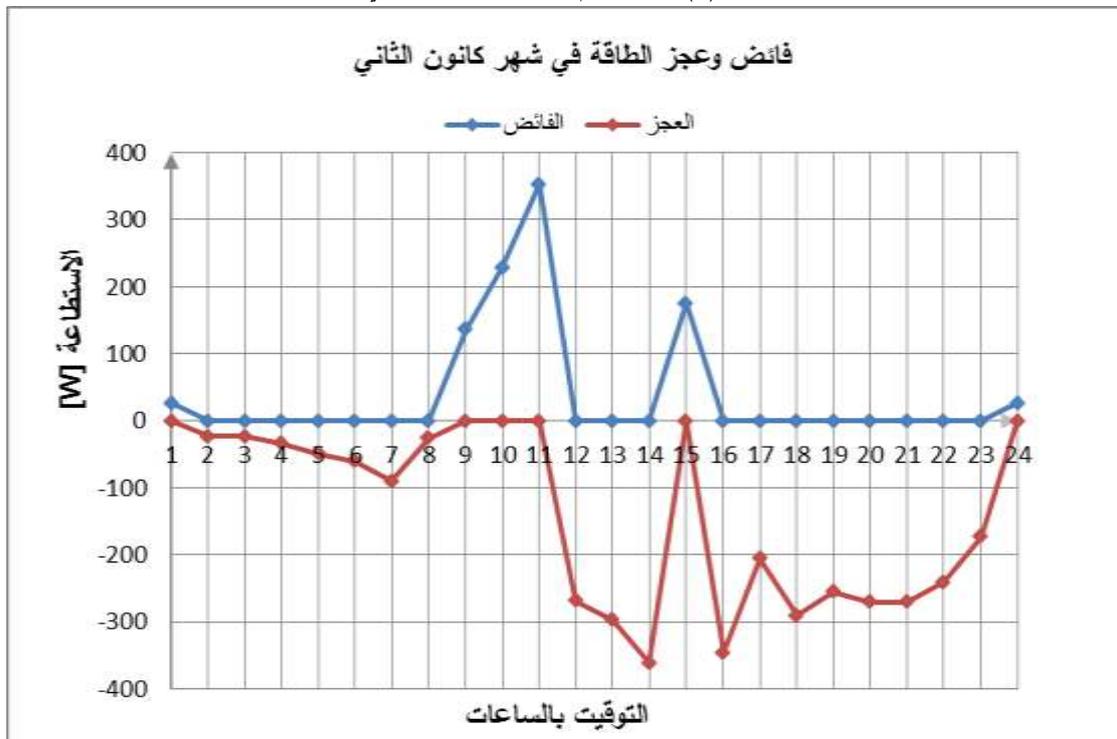
يبين الجدول (6) خرج الخلايا مع و الحمولة مع الزمن و أيضا الأوقات التي تغذي فيها المدخرات الحمولة و مدى القدرة الكامنة لها مع الزمن . نلاحظ من الجدول أن المدخرات و النظام قادرين على تغطية كل الحمولات على مدار اليوم حيث يتم شحنها من العنفة والموديولات على حد سواء. كما تم تمثيل قيم الجدول (6) على الشكل (4) وذلك لشهر كانون الثاني.

الجدول(6): أداء النظام خلال شهر كانون الثاني

التوقيت	خرج الألواح الشمسية (w)	خرج العنفة الريحية (w)	خرج النظام (w)	الحمولة (w)	القدرة الفائضة (w)	العجز (w)
1	0	150	150	123.5-	26.5	0
2	0	100	100	123.5-	0	-23.5
3	0	100	100	123.5-	0	-23.5
4	0	90	90	123.5-	0	-33.5
5	0	75	75	123.5-	0	-48.5
6	0	60	60	120-	0	-60
7	0	30	30	120-	0	-90
8	134	20	154	180-	0	-26
9	295.8	20	315.8	180-	135.8	0
10	408.8	0	408.8	180-	228.8	0
11	472.5	0	472.5	120-	352.5	0
12	501.8	0	501.8	770-	0	-268.2
13	472.5	0	472.5	770-	0	-297.5
14	408.8	0	408.8	770-	0	-361.2
15	295.8	0	295.8	120-	175.8	0
16	134	0	134	480-	0	-346
17	0	20	20	225.5-	0	-205.5
18	0	25	25	315.5-	0	-290.5
19	0	60	60	315.5-	0	-255.5
20	0	65	65	335.5-	0	-270.5
21	0	65	65	335.5-	0	-270.5
22	0	75	75	315.5-	0	-240.5
23	0	100	100	273.5-	0	-173.5
24	0	150	150	123.5-	26.5	0
المجموع						-3284.4
					945.9	



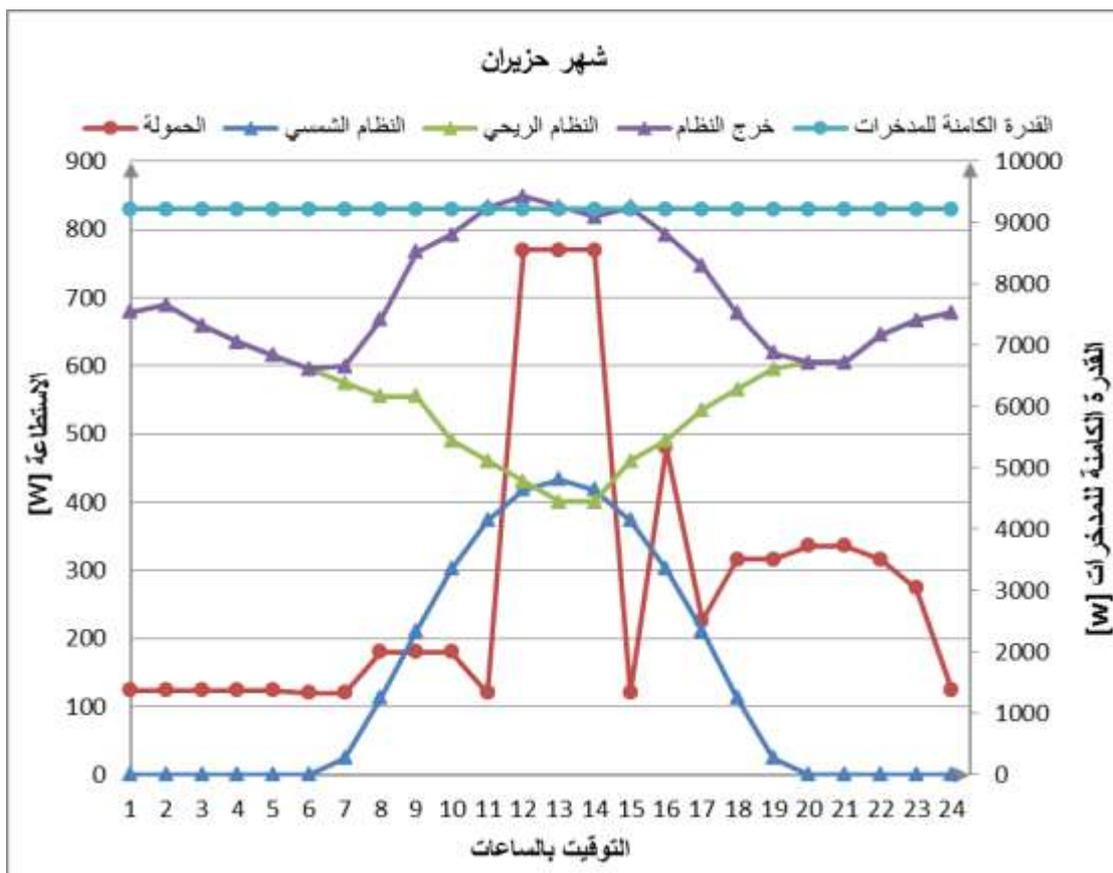
الشكل(4): أداء النظام خلال شهر كانون الثاني



الشكل(5): فائض وعجز الطاقة خلال شهر كانون الثاني

الجدول(7):أداء النظام خلال شهر حزيران

العجز (w)	القدرة الفائضة (w)	الحمولة (w)	خرج النظام (w)	خرج العنفة الريحية (w)	خرج الألواح الشمسية (w)	التوقيت	
0	555.5	123.5-	679	679	0	1	
0	565.5	123.5-	689	689	0	2	
0	535.5	123.5-	659	659	0	3	
0	511.5	123.5-	635	635	0	4	
0	491.5	123.5-	615	615	0	5	
0	475	120-	595	595	0	6	
0	479	120-	599	575	24	7	
0	487.1	180-	667.1	555	112.1	8	
0	586.3	180-	766.3	555	211.3	9	
0	611.7	180-	791.7	490	301.7	10	
0	712.8	120-	832.8	460	372.8	11	
0	77.9	770-	847.9	430	417.9	12	
0	63.4	770-	833.4	400	433.4	13	
0	47.9	770-	817.9	400	417.9	14	
0	712.8	120-	832.8	460	372.8	15	
0	311.7	480-	791.7	490	301.7	16	
0	520.8	225.5-	746.3	535	211.3	17	
0	361.6	315.5-	677.1	565	112.1	18	
0	303.5	315.5-	619	595	24	19	
0	269.5	335.5-	605	605	0	20	
0	269.5	335.5-	605	605	0	21	
0	329.5	315.5-	645	645	0	22	
0	392.5	273.5-	666	666	0	23	
0	554.5	123.5-	678	678	0	24	
0	10226.5	المجموع					



الشكل (6): أداء النظام خلال شهر حزيران



الشكل (7): فائض وعجز الطاقة خلال شهر حزيران

النتائج والمناقشة:

يمكن تلخيص نتائج اختبار أداء النظام في الجدول التالي:

الجدول (7): فائض و عجز الطاقة في النظام ليوم في الشهر.

الشهر	الفائض [w]	العجز [w]	نظام مستقل	نظام مرتبط بالشبكة العامة
كانون الثاني	945.9	-3284.4	بحاجة لمصدر آخر لشحن المدخرات بمقدار [2358.5w] بنسبة (35.4%) من حاجة الحمولة	بحاجة لاستيراد استطاعة من الشبكة بمقدار [2358.5 w] بنسبة (35.4%) من حاجة الحمولة
شباط	1183.3	-2845.6	بحاجة لمصدر آخر لشحن المدخرات بمقدار [1662.3w] بنسبة (25%) من حاجة الحمولة	بحاجة لاستيراد استطاعة من الشبكة بمقدار [1662.3w] بنسبة (25%) من حاجة الحمولة
آذار	2264.4	-2621.1	بحاجة لمصدر آخر لشحن المدخرات بمقدار [356.7w] بنسبة (5.35%) من حاجة الحمولة	بحاجة لاستيراد استطاعة من الشبكة بمقدار [356.7 w] بنسبة (5.35%) من حاجة الحمولة
نيسان	3809.3	-872.1	ملائم مع أحمال الضخ	النظام يدعم الشبكة بمقدار [2937.2w]
أيار	5500.3	-362.6	ملائم مع أحمال الضخ	النظام يدعم الشبكة بمقدار [5173.7 w]
حزيران	10226.5	0	ملائم مع أحمال الضخ	النظام يدعم الشبكة بمقدار [10226.5 w]
تموز	12202.64	0	ملائم مع أحمال الضخ	النظام يدعم الشبكة بمقدار [12202.6 w]
آب	12933.5	0	ملائم مع أحمال الضخ	النظام يدعم الشبكة بمقدار [12933.5 w]

النظام يدعم الشبكة بمقدار [8912.9 w]	ملائم مع أحمال الضخ	0	8912.9	أيلول
النظام بحاجة لاستيراد استطاعة من الشبكة بمقدار [750.4 w] بنسبة (11.3%) من حاجة الحمولة	النظام بحاجة لمصدر آخر لشحن المدخرات بمقدار [750.4 w] بنسبة (11.3%) من حاجة الحمولة	-2394.3	1643.9	تشرين الأول
النظام بحاجة لاستيراد استطاعة من الشبكة بمقدار [3144.4w] بنسبة (47.2%) من حاجة الحمولة	النظام بحاجة لمصدر آخر لشحن المدخرات بمقدار [3144.4w] بنسبة (47.2%) من حاجة الحمولة	-3915.3	770.9	تشرين الثاني
النظام بحاجة لاستيراد استطاعة من الشبكة بمقدار [6127.4 Kwh] بنسبة (50.4%) من حاجة الحمولة	النظام بحاجة لمصدر آخر لشحن المدخرات بمقدار [3360.2w] بنسبة (50.4%) من حاجة الحمولة	-4043.2	683	كانون الأول
		1597881	351153	المجموع في العام

يتبين لنا من خلال الجدول (7) مايلي:

- الطاقة الشمسية كافية لسد العجز الحاصل في نظام الطاقة الريحي في الموقع المدروس بنسبة مساهمة (60%) من حجم الحمولة خلال أشهر (نيسان، أيار، حزيران، تموز آب، أيلول) من خلال قدرة النظام المصمم على تغطية الحمولة كلياً، في حين أن النظام خلال بقية الأشهر غير قادر على تغطية كامل الحمولة وذلك بسبب وجود عجز في الاستطاعة المولدة خلال النظام يتراوح بين % (5.35-50.4) من استطاعة الحمولة.
- يمكن تحديد استطاعة النظام قبل الشروع ببنائه بناءً على منحني الحمولة اليومي من خلال تحديد حجم النظام باستطاعة موافقة لاستطاعة الحمولة ومراعاة قيمة استطاعة الذروة في اختيار المكونات المختلفة.

الاستنتاجات والتوصيات:

- وفي نهاية هذا العمل لا بد من التأكيد على بعض النتائج التي تم الحصول عليها:
- 1- النظام المصمم غير قادر على تغطية كامل الحمولة على مدار العام بالاعتماد على المصدرين الريحي والشمسي فقط.
 - 2- النظام مجدي اقتصاديا من الناحية الاستثمارية من خلال وجود فائض استطاعة كلي في النظام حوالي (1562.7 Kw/Year) يمكن استثماره في ري المزروعات أو دعم الشبكة العامة. وبناء على ما تقدم وموقع الحمل بالنسبة للشبكة العامة نوصي بمايلي:
 - 1- ربط النظام مع الشبكة العامة لإمكانية دعم الشبكة في حال وجود فائض في استطاعة النظام، والحاجة لاستيراد استطاعة لتغطية كامل الحمولة في حال عجز النظام عن تغطية كامل الحمولة.
 - 2- متابعة الدراسة مع إضافة مصدر آخر من مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة في المنطقة مثل الطاقة الحيوية أو مولدة ديزل.
 - 3- متابعة البحث باستخدام تقنية التركيز الشمسي بالنسبة للنظام الكهروضوئي.

المراجع:

المراجع العلمية:

- [1] منشورات المركز الوطني لبحوث الطاقة.
- [2] م زينب علي و د. حسام شاهين و د. يوسف ياخور - التحكم بنظام طاقة هجين مكون من عنفة ريحية ووحدة كتلة حيوية في قطينة باستخدام المتحكمات الصغيرة - رسالة ماجستير - جامعة تشرين 2013.
- [3] م رفاة رومية و د. فيصل شعبان و د. مسعود - صبيح دراسة فنية واقتصادية لاستخدام الخلايا الشمسية لتغذية قرية معزولة بالطاقة الكهربائية - رسالة ماجستير - جامعة تشرين 2011.
- [4] م علا درغام و د. علي خضور و د. محسن الخطيب - دراسة وتصميم مبدلات الاستطاعة الالكترونية لنظام طاقة ريحي مستقل - رسالة ماجستير - جامعة تشرين 2013.
- [5] م عيسى حمود و د. علي خضور و د. حسن وسوف - دراسة أثر شروط الاستثمار على كفاءة وأداء مدخرات التخزين في نظم الطاقة الكهروضوئية - رسالة ماجستير - جامعة تشرين 2013.
- [6] الحزوري، مصطفى (2009). نمذجة ومحاكاة نظام قدرة كهربائية متعدد المصادر . مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية سورية، المجلد 25، العدد 2، 149-178.
- [7] Bourgoine, N. *Harvest Energy From a Single Photovoltaic Cell*. Analog Innovation. Vol. 21, N^o. 1,1-6.