

تصميم ومحاكاة نظام طاقة شمسية مستقل لتغذية ابار حقل الوفاء النفطي بالطاقة الكهربائية باستخدام برنامج pvsyst

عبدالباسط نورالدين¹, علي ابراهيم كريميد², امحمد الصادق عبود³, عادل صالح بالخير⁴, معتر زيادة⁵
¹² كلية التقنية الهندسية /جنزور, ³ كلية الهندسة/-جامعة غريان, ⁴ المعهد العالي للتقنيات الهندسية /طرابلس, ⁵ شركة مليته للنفط والغاز

المخلص

تهدف هذه الورقة الي تزويد الآبار النفطية البعيدة عن محطات التوليد الكهربائية بالطاقة الكهربائية عن طريق تصميم ومحاكاة منظومة انتاج كهرو شمسية مستقلة عن الشبكة لتغذية الأحمال الكهربائية في الآبار الاتية (A58,A60,A46) في حقل الوفاء النفطي الذي يقع في جنوب غرب ليبيا وذلك لتقليل تكلفة وجهد توصيل هذه الآبار بالطاقة عن طريق الشبكة العامة، وكذلك التقليل من الاضرار البيئية على الطبيعة المحيطة بالآبار. ان استخدام برنامج (Pvsyst) لمحاكاة عمل المنظومة وتحليل بياناتها على مدار السنة مهم جدا لمعرفة كمية الطاقة المنتجة بواسطة الخلايا الشمسية وذلك حسب المواصفات القياسية العالمية والمواصفات القياسية لشركة مليته للنفط والغاز مع إمكانية تطوير هذا المشروع بشكل أكبر مستقبلاً. وظهرت النتائج من خلال تقرير برنامج (Pvsyst) أن المنظومة الكهرو شمسية تغطي احتياجات الأحمال بنسبة 100% حتى في أشهر الشتاء التي تكون فيها ساعات النهار أقصر، و بذلك لا نحتاج لزيادة قدرة إنتاج المنظومة

الكلمات المفتاحية: الخلايا الكهروضوئية، النظام الكهروضوئي المستقل، تتبع نقطة الطاقة القصوى، العاكس، لوحات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، البطاريات الشمسية

1- المقدمة

ان الحاجة الملحة للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وارتفاع أسعار الوقود الأحفوري شجعت معظم البلدان على وضع سياسات جديدة للطاقة من خلال استخدام الطاقات المتجددة. تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة وتتنافس الدول المتقدمة في زيادة تطوير هذه التقنيات و الاستفادة منها ودمجها في مختلف المجالات المدنية والصناعية والزراعية وذلك لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة، ومن هذه المجالات صناعة النفط والغاز وذلك لتقليل تكلفة الإنتاج والاستفادة من كميات الغاز المستهلكة لتغذية عمليات الإنتاج وبيعها للزبائن المتعطشين للغاز وتتمثل هذه التقنيات في منظومات الألواح الشمسية وكذلك المركبات الشمسية الحرارية. من أهم مصادر الطاقات المتجددة، الطاقة الشمسية الكهروضوئية، لتطوير نظام التكنولوجيا الكهروضوئية، يجب تطوير أدوات برمجية يمكنها تحديد أداء التركيب الكهروضوئي ومعرفة كمية وخصائص الطاقة المنتجة، مما يساعد على معرفة تكلفة إنتاج الطاقة. النظام الكهروضوئي المستقل هو نظام يوفر الكهرباء دون الحاجة إلى شبكة كهربائية ويعتمد على توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية. كما يقوم بتخزين الطاقة باستخدام البطاريات الشمسية. Pvsyst هو برنامج محاكاة للأنظمة الكهروضوئية، تم تطوير برنامج Pvsyst من قبل جامعة جنيف. يتم استخدام البرنامج لدراسات الجدوى، والتحجيم، ومحاكاة الأنظمة الكهروضوئية. يختار المستخدم الموقع والاحمال وقاعدة البيانات للمكونات المختلفة ثم يقوم البرنامج بحساب حجم النظام. أصبح تصميم و هندسة النظام الكهروضوئي أمراً ضرورياً قبل الذهاب إلى التنفيذ لضمان الأداء الجيد للنظام والاستغلال الجيد. من المعروف عن الحقول النفطية أن بعض آبار إنتاج النفط والغاز تبعد مسافات كبيرة عن مصنع المعالجة قد تصل لعشرات الكيلومترات ما يضطر الشركات النفطية لتحمل تكلفة وجهد مد هذه الآبار بالطاقة الكهربائية عن طريق كيلومترات من الكوابل الأرضية أو الأبراج الهوائية، بالإضافة لمحطات رفع الجهد وإلى جانب تكلفتها العالية وصعوبة مد هذه الكوابل فإنها تكثر فيها الأعطال بسبب الظروف المناخية الصعبة ومرور آلات النقل الثقيل مما يؤثر على عملية الإنتاج. ولحل هذه المشكلة يمكن استخدام منظومات كهروضمسية لتغذية الآبار بشكل مستقل دون الحاجة للربط فيما بينها، وعلى الرغم من أن تصميم المنظومة الكهروضمسية للآبار النفطية والغازية يتطلب بعض التكاليف الأولية المرتفعة نسبياً، إلا أنه يمكن تحقيق توفير كبير في التكاليف على المدى الطويل، بالإضافة إلى ذلك، فإن الخلايا الشمسية تعد من التقنيات النظيفة والمستدامة، وتحقق توازناً بين الاستدامة الاقتصادية والبيئية. للاستفادة من موارد الطاقة الشمسية بكفاءة، يصبح من الضروري تحديد حجم النظام ومحاكاته لتحقيق إنتاجية فعالة للطاقة. يمكن تقدير إنتاجية الطاقة والحجم المطلوب للنظام الكهروضوئي باستخدام

برنامج المحاكاة PVsyst. استخدم العديد من الباحثين PVsyst لتقييم أداء النظام. اقترح المؤلفان [1] نظاماً كهروضوئياً مستقلاً لعيدة افتراضية في ماليزيا، وتم تحديد حجمه بناءً على ساعات الذروة الشمسية، وتم بناء نموذج المحاكاة الخاص به باستخدام PVsyst (MATLAB/Simulink R2018b). يركز هذا الورقة على [2] محاكاة نظام كهروضوئي مستقل باستخدام برنامج PVsyst يسمح برنامج PVsyst بالتقييم الاقتصادي والاستهلاك التفصيلي لكل ساعة. [3] في هذه البحث، تمت محاكاة ونمذجة تحليل نظام كهروضوئي مستقل باستخدام برنامج PVsyst للحصول على القيمة المثلى لزوايا الميل لأقصى إشعاع شمسي لنظام قدرته 3,120 وات في مركز محافظة بابل، العراق. في هذه الورقة البحثية [4] تم التحليل النظري لموقع معين (مبنى سكني) إلى جانب محاكاة النظام الكهروضوئي بناءً على ظروف الحمل للمبنى لتحقيق أقصى قدر من الطاقة ونسبة الأداء والكفاءة باستخدام برنامج PVsyst. في هذه المقالة [5] تم إجراء تصميم قائم على المحاكاة وتقييم التصميم والتحجيم والإنجاز لنظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية المرتبط بالشبكة بقدرة 50 كيلوواط في قرية "نيدوها بوخاري" في منطقة تشاتاربور في ولاية ماديا براديش بالهند. في هذه الورقة [5] تم تقديم نظام كهروضوئي أحادي المرحلة متصل بالشبكة (PV)، حيث تم دمج محول التيار المستمر-التردد المستمر والعكس في ترتيب واحد لاستخدامه كواجهة بين الشبكة الكهروضوئية والشبكة الرئيسية. في هذه المقالة [6] أُجريت محاكاة لنظام كهروضوئي مستقل بقدرة 100 واط باستخدام برنامج PVsyst 7.0 على موقع جغرافي صغير في ماديبكام، تشيناي في تاميل ناديدو بالهند. في هذه الورقة البحثية [7] تم دراسة التحجيم الأمثل لتكوين الخلايا الكهروضوئية المستقلة (SAPV) وفقاً للطلب المحلي على الطاقة في المناطق البعيدة..

2- مكونات النظام الكهروضوئي المستقل Component Of Stand-Alone Pv System

تعد الطاقة الشمسية من المصادر المتجددة لتوليد الكهرباء، ويشهد قطاع الطاقة الشمسية انتشاراً واسعاً في الآونة الأخيرة وتعددت تقنياته وأنظمتها بناءً على استخداماته من أبرز مكونات النظام الشمسي:

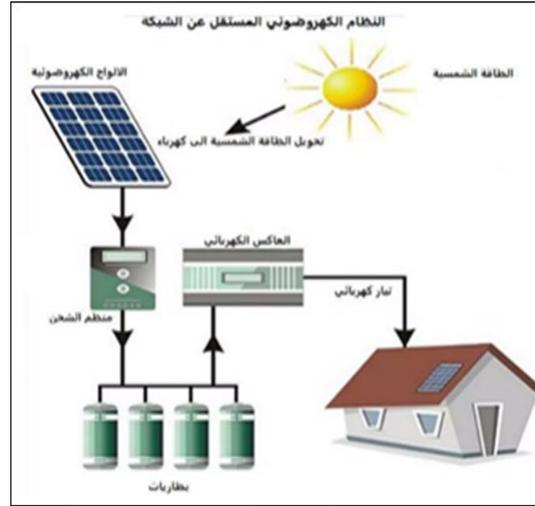
1- الألواح الشمسية (Solar Panels) يحتوي اللوح الشمسي على عدة خلايا ووظيفته تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية تيار مستمر (DC). عند اختيار الألواح الشمسية يجب الأخذ بالاعتبار العمر الافتراضي للألواح وأن تكون ملائمة للاستعمال في المناطق الصحراوية وأن تعمل في درجات الحرارة العالية بكفاءة جيدة، ولمعرفة عدد الألواح الموصلة على التوازي والتوالي يجب تحديد جهد النظام وهو جهد شحن البطاريات وللأحمال الأكثر من 2KW يجب أن يكون جهد النظام 48 V، ويجب أن يكون جهد الألواح أعلى من جهد النظام ومتناسب مع العاكس من نوع (MPPT)، لان لكل عاكس جهد عمل أدنى وجهد عمل أقصى.

2- منظم الشحن (Charge Controller) يقوم منظم الشحن بتنظيم شحن البطارية بحيث ينظم الجهد الناتج عن الخلايا بما يتناسب مع البطارية ليضمن عدم حصول الشحن الزائد أو المنخفض وذلك بطريق قطع التيار عن البطارية لكي يحافظ على سلامتها.

3- البطاريات (Batteries) تعمل البطاريات في النظام الشمسي على تخزين الطاقة الكهربائية الناتجة من الألواح الشمسية لاستخدامها في وقت غياب الإشعاع الشمسي. عند اختيار البطاريات يوجد عدة عوامل تؤثر على إختيار حجم البطاريات وهي:

- ❖ الاستهلاك اليومي
- ❖ جهد النظام
- ❖ عدد الأيام التي تغيب فيها الشمس

4- العاكس (Inverter) يحول العاكس التيار المستمر (DC) الناتج عن الألواح الشمسية إلى تيار متردد (AC) يوضح الشكل (1) مكونات النظام الشمسي.



الشكل (1) رسم تخطيطي لنظام شمسي مستقل

3 - محاكاة عمل المنظومة الكهروضوئية باستخدام برنامج (Pvsyst)

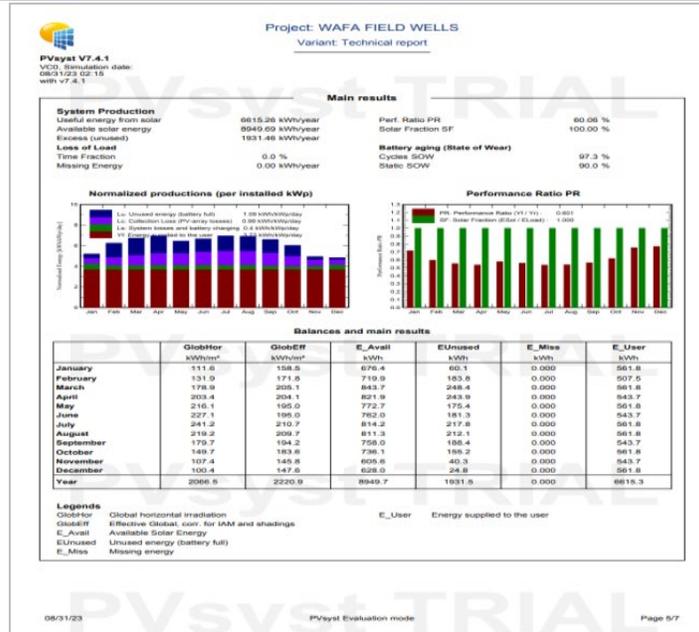
هو برنامج لتصميم ومحاكاة الخلايا الكهروضوئية. وهو مصمم ليتم استخدامه من قبل المهندسين والباحثين. ويقدم نهجا سهل الاستخدام لتطوير المشروع. تمتلك شركة Pvsyst قاعدة بيانات كبيرة تشمل العديد من شركات البطاريات والوحدات الكهروضوئية المشهورة. بالإضافة إلى ذلك بيانات الأرصاد الجوية لعدد من المواقع في جميع أنحاء العالم. كما يوفر أيضا إدخالاً يدوياً للبيانات المقاسة للمواقع غير المدرجة في البرنامج. ويعرض النتائج في شكل تقرير كامل يتضمن رسوماً بيانية وجدولاً محددة. يمكن تصدير البيانات لاستخدامها في برامج أخرى. للحصول على النتائج، يتعين علينا توفير بعض المدخلات للبرنامج. متغيرات المحاكاة في Pvsyst هي:

3.1 الموقع الجغرافي وبيانات الأرصاد الجوية

يقع حقل الوفاء في جنوب غرب ليبيا (حوض غدامس)، بالقرب من الحدود الليبية - الجزائرية، ضمن الإمتياز (NC 169a) التابع للمؤسسة الوطنية للنفط بالشراكة مع شركة (Eni North Africa B.V). ويقع ضمن إحداثيات (28.8841496,10.0267233).

3.2 ساعات الذروة الشمسية

وهي عدد ساعات التي تكون فيها شدة الإشعاع الشمسي الشكل (2) تساوي 1000 W/m^2 ، حيث يعتمد إنتاج الألواح الشمسية على عدد ساعات الذروة فكلما زادت ساعات الذروة الشمسية زاد إنتاج الألواح من الطاقة الكهربائية. ويمكن استخدام موقع (Global Solar Atlas) كمرجع لمعرفة ساعات الذروة الشمسية (Peak sun hours) لأي موقع في العالم، وقد وجد أن ساعات الذروة الشمسية في حقل الوفاء 6 ساعات، وهو معدل عالي ما يجعل إنتاج الألواح الكهروضوئية أعلى من باقي المناطق وأكثر كفاءة، بالتالي نحتاج عدد ألواح أقل لإنتاج نفس كمية الطاقة الكهربائية في بعض المناطق الأخرى.



الشكل (2) معدل الإشعاع الشمسي الشهري

3.3 استهلاك الطاقة

لتصميم نظام SAPV، يجب تحديد الطلب على الطاقة لتجنب المبالغة في تحجيم النظام، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى تكلفة إضافية. يتم تحديد استهلاك الطلب على الطاقة على أساس الطاقة اليومية المستهلكة ووقت التشغيل. يظهر استهلاك الطاقة اليومي للمنزل في الجدول [1].

الجدول [1] معدل الاستهلاك اليومي والشهري للطاقة الكهربائية

Consumption Hourly distribution

Daily consumptions

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib.	Daily energy
1	Lamps (LED or fluo)	150 W/amp	4.0 h/day	OK	600 Wh
1	Socket	2000 W/app	1.0 h/day	OK	2000 Wh
1	SCADA	500 W/app	24.0 h/day	OK	12000 Wh
1	3-phase motor	1.10 kWh/day	1.0	OK	1100 Wh
1	CCTV cameras	400.0 W aver.	2.0 h/day	OK	800 Wh
1	Telecom cabinet	500 W/app	2.0 h/day	OK	1000 Wh
1	Outside light	150 W/app	4.0 h/day	OK	600 Wh
	Stand-by consumers	0 W tot	24 h/day		0 Wh
Total daily energy					18100 Wh/day
Monthly energy					543.0 kWh/mth

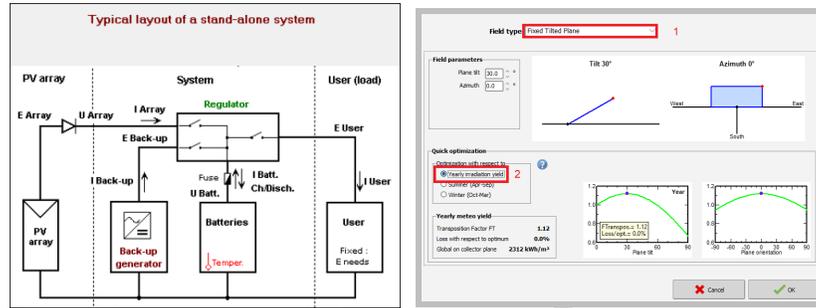
Appliances info

مجموع الطاقة المستهلكة اليومية تساوي 18.1 KWh/day

مجموع الطاقة المستهلكة الشهرية تساوي 543 KWh/mth

4- تحجيم مكونات النظام الشمسي المستقل

الشكل (3) يوضح تجميع كافة مكونات النظام. لاستقبال أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي، يجب وضع المصفوفة الكهروضوئية بزاوية معينة. بالنسبة للمصفوفة الكهروضوئية الثابتة، عادةً ما تحتاج المصفوفة إلى أن تكون موجهة نحو الجنوب في نصف الكرة الشمالي. يمكن تحقيق الإخراج الأمثل للمصفوفة الكهروضوئية باستخدام زاوية ميل تساوي تقريباً خط عرض الموقع. شكل (4) تم توضيح سمت اللوحة الأمثل وزاوية الميل على مدار العام في حالة استخدام زاوية ثابتة.

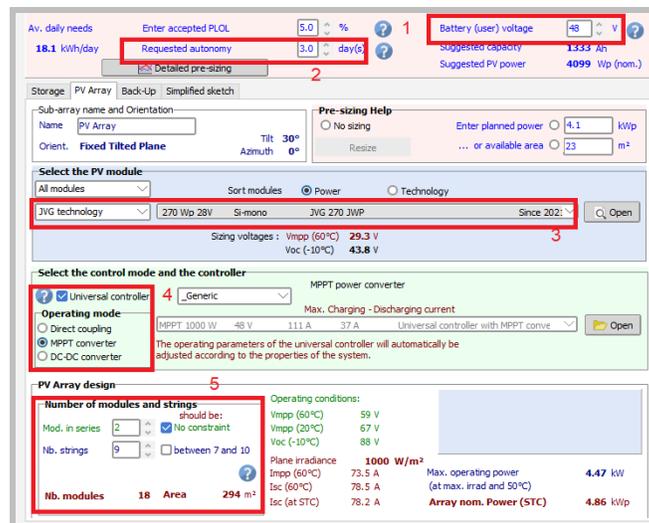


شكل (4) زاوية ميل الألواح الشمسية

الشكل (3) تكوين النظام

4.1- تحجيم الخلايا الكهروضوئية

يعتمد حجم المصفوفات الكهروضوئية بشكل حاسم على الإشعاع الشمسي المتاح والاحمال الكهربائية. يتم توصيل عدد كبير من وحدات الطاقة الشمسية لعمل المصفوفات. يجب أن يكون حجم المصفوفة الكهروضوئية مناسباً لتوفير طاقة كافية للأحمال ولشحن البطارية. وبحسب توصيات المستخدم النهائي تم إختيار ألواح من شركة J.v.G technology GmbH، وسنختار الموديل (JVG 270) تنتج 270 W وبجهد خرج $V_{mpp} = 32.65 V$ وأقصى تيار منتج $I_{mpp} = 8.27 A$ ويبين الشكل(5) معاملات الوحدة الكهروضوئية المستخدمة في هذه الدراسة.

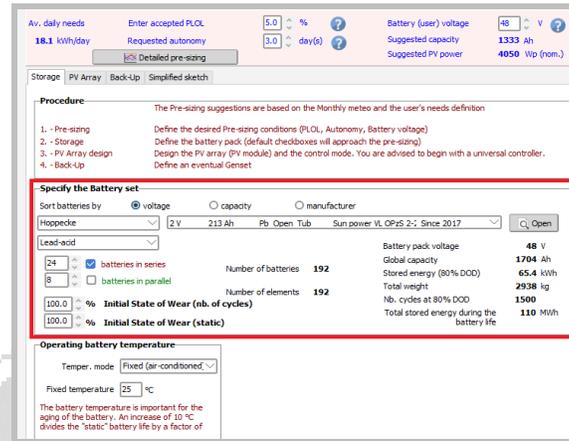


الشكل رقم (5) تحجيم مكونات النظام الشمسي المستقل

من الشكل 4 تبين اننا نحتاج الي عدد 18 لوح شمسي لتغذية الاحمال

4.2- تحجيم بطاريات التخزين

البطارية المقترحة عبارة عن صفائح من الرصاص الحمضية، ذات فتحات تهوية من شركة 2-280 (Sun power VL OPzS) بقوة 213Ah والجهد الاسمي لكل خلية هو 2 فولت وبجهد شحن 2.23 V/cell. ومن المتوقع أن تكون البطاريات ، قادرة على تغذية الحمل الكهربائي لمدة 3 ايام . كما في الشكل (6)



الشكل (6) تحجيم البطاريات

الشكل (6) اظهر لنا اننا نحتاج في هذا النظام الي 8 سلاسل من البطاريات (موصلة على التوازي) كل سلسلة تحتوي علي 24 بطارية اي ان المجموع الكلي للبطاريات يساوي 192 بطارية

4.3- تحجيم العاكس

عند اختيار العاكس يجب أن يكون جهد الخرج للعاكس مساوي للجهود التي تعمل عليها الأحمال الكهربائية، وكذلك متوافق مع جهود البطاريات والذي يساوي (48V) وهو جهد الدخل بالنسبة للعاكس، أما بالنسبة لجهد الخرج فيجب أن يكون أحادي الطور (230V) وثلاثي الطور (400V)، كما يجب أن يتحمل القدرة العابرة عند بداية تشغيل المحركات (Surge power). وقد اخترنا عاكس من نوع (MUST) موديل PH30-(10048-T) بقدرة 10kva

4.4- تحجيم منظم الشحن

سنستخدم منظم شحن من شركة (MUST) موديل (MPPT) PC1800F Series (60/80/100A) يعمل بجهد شحن 54.8V وأقصى تيار شحن 100A، وكذلك يستطيع تغذية أحمال DC عن طريق منفذ مستقل عن منفذ الشحن وبجهد ثابت يتم ضبطه في إعدادات الشاحن، ويمكن ربط حساس حرارة مثبت على البطاريات لمراقبة حالة البطاريات وفصل التيار في حالة حدوث ارتفاع في درجة حرارة البطاريات.

5- نتائج المحاكاة

تعتمد نتائج المحاكاة لمخرجات النظام الكهروضوئي على موقع المشروع المحاكى ومدخلات الأرصاد الجوية ومعلومات تصميم النظام.

في هذا التصميم، يلزم وجود نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية مع 192 بطارية 18 وحدة كهروضوئية لتلبية الطلب على الطاقة البالغ 18.1 KWh/day من الأجهزة في الموقع . على الرغم من أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية المستقلة ذات التكلفة الأولية

العالية والمتانة والموثوقية والاستدامة وسهولة الصيانة والملاءمة للبيئة. وهذه تجعل النظام ملائماً للمناطق البعيدة عن محطات توليد الكهرباء وغيرها من التطبيقات ذات الصلة.

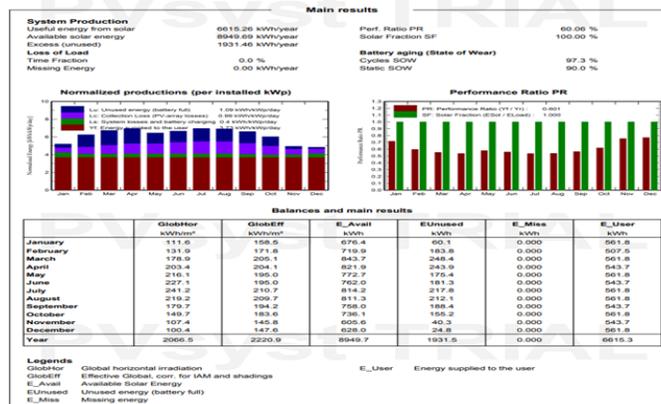
5.1- تقرير برنامج (PVsyst)

1- الشكل (7) يوضح تقرير برنامج (PVsyst) يعرض فيه نتائج المحاكات في شكل تقرير كامل يشمل خصائص جميع مكونات النظام الشمسي المسقل من حيث الحجم والموصفات

PV Array Characteristics		Battery	
PV module		Manufacturer	Generic
Manufacturer	Generic	Model	Sun power VL OPzS 2-280
Model	JVG 270 JWP	Technology	Lead-acid, vented, tubular
(Custom parameters definition)			
Unit Nom. Power	270 Wp	Nb. of units	8 in parallel x 24 in series
Number of PV modules	18 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	4860 Wp	Stored energy	65.4 kWh
Modules	9 Strings x 2 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	48 V
Pmpp	4467 Wp	Nominal Capacity	1704 Ah (C10)
U mpp	61 V	Temperature	Fixed 25 °C
I mpp	73 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.92 / 0.75
Technology	MPPT converter	approx.	54.1 / 50.1 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
Converter		approx.	47.1 / 48.9 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	4.86 kWp		
Total	18 modules		
Module area	294 m ²		

الشكل (7) تقرير برنامج (PVsyst)

1. من خلال تقرير برنامج (PVsyst) نجد أن المنظومة الكهروضوئية تغطي احتياجات الأحمال بنسبة 100% حتى في أشهر الشتاء التي تكون فيها ساعات النهار أقصر، بذلك لا نحتاج لزيادة قدرة إنتاج المنظومة الشكل (8) تحتوي على نتائج إنتاج القدرة ومعدل أداء المنظومة بالنسبة للطاقة المتاحة بشكل شهري، وكذلك الطاقة التي تنتجها المنظومة كل شهر.



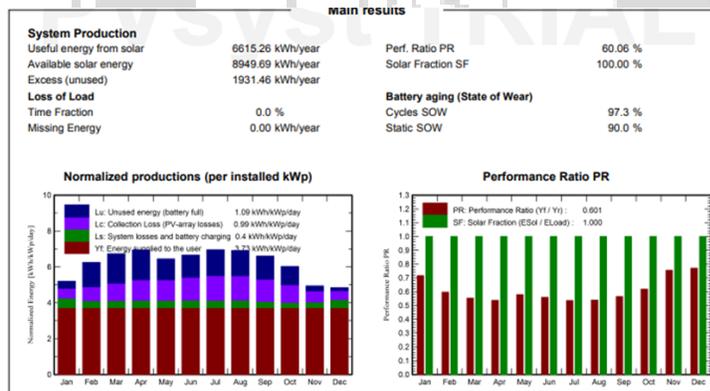
الشكل (8) نتائج إنتاج القدرة ومعدل أداء المنظومة

2. من خلال تقرير مخطط مفايد القدرة نلاحظ أن 20% من القدرة تفقد نتيجة امتلاء شحن البطاريات بالتالي من الممكن زيادة عدد البطاريات وذلك لزيادة عدد الأيام التي تغطي فيها المنظومة احتياج الأحمال بدون شمس الشكل (9) يحتوي على مخطط المفايد الكلية للمنظومة، بحيث توضح نسبة كل مكون من أجهزة المنظومة الشمسية من المفايد والطاقة التي تحتاج إضافتها لتغطية الأحمال بشكل سنوي.

Array losses			
Thermal Loss factor		DC wiring losses	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	13 mΩ
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s		
		Series Diode Loss	
		Voltage drop	0.7 V
		Loss Fraction	1.1 % at STC
Module Quality Loss		Module mismatch losses	
Loss Fraction	0.8 %	Loss Fraction	0.5 % at MPP
		Strings Mismatch loss	
		Loss Fraction	0.2 %
IAM loss factor	Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290		
	0°	30°	50°
	60°	70°	75°
	80°	85°	90°
	1.000	0.999	0.987
			0.962
			0.892
			0.816
			0.681
			0.440
			0.000

الشكل (9) مخطط مفاقد القدرة

3 معدل أداء المنظومة (PR ratio) يساوي 60.1% وهو معدل تحويل المنظومة للإشعاع الشمسي المتاح إلى طاقة كهربائية إجمالي إنتاج المنظومة السنوي يساوي 8949.69 KWh/year بينما إجمالي الطاقة المستهلك يساوي 6615.26 KWh/year أي أنه يوجد فائض من الطاقة يقدر بـ 1931.46 KWh/year ويكون هذا الفائض في أشهر الصيف لأن عدد ساعات النهار أطول والشكل (10) يحتوي على ملخص المشروع مثل الموقع الجغرافي (خطوط الطول، دوائر العرض)، وكذلك على عدد الألواح الشمسية والبطاريات وسعتها وجهد النظام المستخدم



الشكل (10) معدل أداء المنظومة

6- التحليل الاقتصادي للمنظومة الكهروضوئية:

يتم عادة تقييم الأنظمة الكهروضوئية سواء كانت سكنية أو تجارية أو غيرها بمجموعة من مقاييس الأداء الاقتصادي. وهذا يضمن جدوى مثل هذه الأنظمة ويساعد في اتخاذ القرار الصحيح [8]. يتم عادة استخدام مقاييس الأداء للأنظمة الكهروضوئية بوحدة مختلفة مثل الدولار والسنوات والسنت لكل كيلووات في الساعة [9] - [10]. تتأثر اقتصاديات الأنظمة الكهروضوئية بعوامل مختلفة مثل التكلفة الأولية وعمر النظام وتكاليف التشغيل والصيانة ومعدل الفائدة [11].

فيما يلي مقاييس الأداء الاقتصادي كما تم حسابها لنظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية المقترح الذي تم تصميمه في هذه الدراسة وهي فترة استرداد رأس المال (Pay Back Period, PBP) وصافي القيمة الحالية (Net Present Value, NPV) ومعدل العائد الداخلي (Internal Rate of Return, IRR) والتكلفة المستوية للكهرباء (Levelized Cost of Electricity, LCOE).

1-6 فترة استرداد رأس المال (Pay Back Period):

تعد هذه الطريقة من الطرق الشائعة والأكثر استخداماً حيث يقيس هذا المعيار القيمة الاقتصادية للاستثمار عن طريق الفترة الزمنية اللازمة لاسترداد كلفة الاستثمار عن طريق الإيراد النقدي السنوي لذلك الاستثمار.

وتعرف فترة الاسترداد على أنها : عدد السنوات اللازمة لاستعادة أصل المبلغ المستثمر من صافي التدفق النقدي السنوي، ويضاف التدفق النقدي لبعده سنة بعد أخرى للتوصل الى المبلغ الذي يقارن بأصل الاستثمار. كما في المعادلة التالية:

$$\text{فترة الاسترداد} = \frac{\text{الكلفة الاستثمارية للمشروع}}{\text{الإيراد النقدي السنوي}}$$

ويعتبر المشروع الأفضل والاكثر اقتصادياً هو المشروع الذي يحقق أقصر فترة استرداد ، وفي حالة عدم وجود مشاريع للمفاضلة فيتم مقارنة فترة الاسترداد الحاسمة التي يحددها المستثمر على اساس من الخبرة السابقة له.

2-6 صافي القيمة الحالية (Net Present Value)

صافي القيمة الحالية هو الفرق بين القيمة الحالية للعائد النقدي السنوي للمشروع (التدفقات النقدية الداخلة) والقيمة الحالية لكلفة الاستثمار (التدفقات النقدية الخارجة) على مدى عمر النظام.

$$\text{صافي القيمة الحالية} = \text{القيمة الحالية للعائد النقدي السنوي} - \text{كلفة الاستثمار}$$

و وفقاً لهذه الطريقة فإنه عادة ما تفضل المشاريع الاستثمارية التي تكون صافي القيمة الحالية لها صفراً أو أكبر من الصفر لأن ذلك يعطي مؤشراً على أن المشروع يمثل استثماراً مربحاً ويعني ان التدفقات النقدية الداخلة (العائد النقدي) أكبر أو يساوي الكلفة وفي حالة مقارنة أكثر من مشروع فإن المشروع الاستثماري الذي يحمل أعلى قيمة صافية حالية هو الذي يتم اختياره.

3-6 معدل العائد الداخلي (Internal Rate of Return)

يعتبر معيار معدل العائد الداخلي من أهم معايير تقييم المشاريع الاستثمارية اقتصادياً ويعرف بأنه المعدل الذي تتساوى عنده مجموع القيم الحالية للتدفقات النقدية الداخلة مع مجموع القيم الحالية للتدفقات النقدية الخارجة. وبطريقة أخرى هو الحد الأدنى من العائد على رأس المال الذي يقبل به المستثمر من أجل القيام بالاستثمار.

4-6 التكلفة المستوية للكهرباء (Levelized Cost of Electricity)

التكلفة المستوية للطاقة الكهربائية تعني تكلفة وحدة الطاقة الكهربائية الواحدة (كيلو واط ساعة) ويتم حسابها من خلال قسمة التكلفة الاجمالية لدورة حياة المشروع على اجمالي الطاقة الكهربائية :

$$\text{التكلفة المستوية للكهرباء (LCOE)} = \frac{\text{التكلفة الإجمالية لدورة حياة المشروع}}{\text{إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة على مدار عمر المشروع}} \text{ دولار / ك.و.س}$$

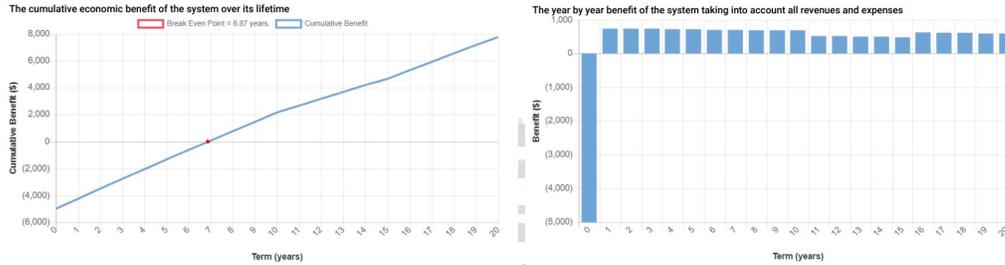
يستخدم هذا المعيار لمعرفة تكلفة وحدة الكهرباء المنتجة من المشروع على اساس ثابت بغض النظر عن عمر المشروع او حجمه حيث انها تمثل متوسط سعر الكهرباء المطلوب لكل وحدة من الطاقة الكهربائية المولدة لاسترداد تكاليف بناء وتشغيل وصيانة محطة توليد الكهرباء خلال العمر الافتراضي للمشروع.

لحساب معايير التقييم الاقتصادية سالفة الذكر للمظومة الشمسية الكهروضوئية المقترحة في هذه الدراسة تم ادخال البيانات الخاصة بالمنظومة في اداة التقييم الاقتصادي لمشاريع الطاقة الاقتصادية المتوفرة مجاناً على الانترنت [12] وكانت النتائج كما هو موضح بالجدول (2):

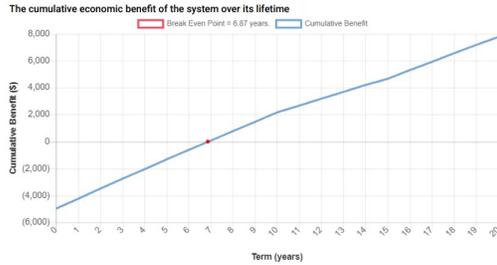
جدول (2): نتائج الدراسة الاقتصادية للمشروع
القيمة

ت	المعيار	القيمة
1	فترة الاسترداد لرأس المال	7 سنوات
2	صافي القيمة الحالية	\$ 3174
3	معدل العائد الداخلي	12.27 %
4	التكلفة المستوية للكهرباء	\$ 0.055

ويوضح الشكل (11) التدفقات النقدية الداخلة والخارجة على مدى عمر المشروع بينما يوضح الشكل (12) الفوائد النقدية التراكمية ومنها يتضح ان فترة الاسترداد للمشروع في حدود 7 سنوات. وتبين كل النتائج المتحصل اليها بوضوح الجدوى الاقتصادية للمشروع .



الشكل (11): التدفقات النقدية الداخلة والخارجة للمشروع



الشكل (12): الفوائد النقدية التراكمية وفترة الاسترداد

7- التأثير الاجتماعي والبيئي للمنظومة الكهروضوئية

في جميع أنحاء العالم، استمر معدل توفير فرص العمل في مجال الطاقة المتجددة في النمو منذ أول تقييم سنوي للوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) نُشر في عام 2012. وكان من المثير للاهتمام أنه خلال عام 2017، حدث أقوى توسع في صناعة الطاقة الشمسية الكهروضوئية مقارنة بالتقنيات الأخرى [13].

من المتوقع ان تخلق المنظومة الكهروضوئية المقترحة ومثيلاتها عدداً كبيراً من فرص العمل لمجموعة واسعة من العمال المهرة وغير المهرة، بما في ذلك المهندسين والاستشاريين والفنيين والعمال وغيرهم الكثير. وسيكون ذلك خلال المراحل المختلفة للمشروع بما في ذلك التصميم والبناء والتكليف والتشغيل والصيانة. وهذا بالتأكيد له تأثير اجتماعي واقتصادي إيجابي على المجتمع بصفة عامة وعلى المجتمع المحلي والتنمية المكانية بصفة خاصة ويسهل تطوير المهندسين والخبراء الوطنيين في مجال الطاقة الشمسية.

تطلق معظم تقنيات توليد الكهرباء، إن لم يكن كلها، انبعاثات غازية ثبت أنها ضارة جداً ببيئة الأرض وهي السبب الرئيسي لتغير المناخ. يمكن قياس هذا التأثير من خلال كثافة انبعاثات الكربون، وهو مقياس لكمية الغازات الدفيئة المنبعثة لوحد الطاقة

المولدة التي يشار إليها بمكافئ ثاني أكسيد الكربون ($CO_2 eq$). لا شك أن تقنيات توليد الكهرباء التي تعتمد على الوقود الأحفوري تطلق غازات دفيئة أكثر من التقنيات المتجددة. ونتيجة لذلك، فإن التقنيات المتجددة مثل الأنظمة الكهروضوئية التي تم أخذها في الاعتبار في هذه الدراسة البحثية يمكن أن تساعد في التخفيف من انبعاثات الكربون.

تم استخدام حاسبة مكافئات الغازات الدفيئة [14] في هذه الدراسة لتقدير التأثير البيئي للمنظومة الكهروضوئية المقترحة لمدة عام واحد. وأشارت الحاسبة إلى أن الطاقة المولدة من المنظومة، استناداً إلى [15]، تعادل 6252 كيلوجراماً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. هذه الكمية من ثاني أكسيد الكربون التي تم تجنبها، بناءً على [16]، تعادل 25933 كيلومتراً قطعاً بواسطة سيارة ركاب متوسطة، وبناءً على [17]، تعادل 103 بذرة شجرة تمت زراعتها لمدة 10 سنوات.

8-الاستنتاج (الخاتمة)

تم في هذه الورقة البحثية استخدام أدوات المحاكاة المعروفة باسم برنامج PVSYSY لتصميم ومحاكاة نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية بالإضافة إلى التنبؤ بإنتاج الطاقة المتولدة بناءً على محاكاة نظام التحجيم. يعتمد نظام التحجيم بشدة على الموقع الجغرافي. ركزت هذه الدراسة على نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية المستقل SAPV المصمم لتغذية الأحمال الكهربائية في الأبار الاتية (A58,A60,A46) في حقل الوفاء النفطي الذي يقع في جنوب غرب ليبيا. تم محاكاة تصميم نظام الطاقة الكهروضوئية المستقل المقترح بنجاح باستخدام نظام PVSYSY وقد تبين أن نسبة الأداء للنظام (PR) بلغت 73.9%، بإنتاجية شهرية قدرت بـ 543 KWh/mth شهرياً.

كما بينت مؤشرات تقييم الأداء بالدراسة الاقتصادية ان النظام المقترح مجدي اقتصاديا ويعد مشروعاً مربحاً وبفترة استرداد قصيرة مقارنة بعمر المشروع بلغت 7 سنوات وبتكلفة منافسة جداً للطاقة الكهربائية المنتجة قدرت بـ 0.055\$. كما أشار التحليل الاجتماعي والبيئي للنظام المقترح إلى أن تنفيذ هذا المشروع يعد خطوة كبيرة نحو استدامة مثل هذه المواقع وأنه سيكون له أثر اجتماعي واقتصادي إيجابي على المجتمع وسيسهل تنمية قدرات المهندسين والخبراء الوطنيين في مجال الطاقة الشمسية. وتبين ان الأثر البيئي للطاقة المولدة للنظام المقترح تعادل إزالة 6252 كيلوجراماً من مكافئ ثاني أكسيد الكربون. وتعادل هذه الكمية من ثاني أكسيد الكربون التي سيتم تجنبها قطع 25933 كيلومتراً بواسطة سيارة ركاب متوسطة، وتعادل 103 بذرة شجرة تمت زراعتها لمدة 10 سنوات. كل الحقائق والقيم المذكورة بهذه الدراسة تؤكد الاستنتاج الرئيسي وهو أن اتخاذ القرار الصحيح بتركيب هذه الأنظمة سيمثل خطوة كبيرة نحو التنمية المستدامة والتنمية المكانية أيضاً وسيكون له كبير الأثر في بناء القدرات البشرية الوطنية.

المراجع

[1] Design and simulation of a rooftop solar pv system using pv syst software. PR Vidur, S Jagwani 2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive. 2022. ieeexplore.ieee.org

[2] Performance Analysis of Stand-Alone Photovoltaic System Using Pvsyst. Bhuvanewari, D Susitra, WA Memala - ECS Transactions, 2022 - iopscience.iop.org

[3] Optimum yearly and seasonal tilt angle of solar system in the center of Babylon Iraq using PVSyst software. M Aljanabi, MSS Al-Kafaji, AH Duhis. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 2023.

- [4] Design, Sizing & Performance Estimation of a 50kWp Solar Grid-Synchronized PV System through “PVsyst” for Rural Area in Chhatarpur, India V Prajapati, S Mohaney, S Kapoor 2023 9th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), 2023•ieeexplore.ieee.org
- [5] Modeling and Simulation of a Single-Phase Single-Stage Grid Connected PV System R Dhir Recent Developments in Electrical and Electronics Engineering: Select. 2023•Springer
- [6] Performance Analysis of Stand-Alone Photovoltaic System Using PVsyst B Bhuvanewari, D Susitra, WA Memala - ECS Transactions, 2022 - iopscience.iop.org
- [7] Sizing Stand-Alone Systems “Photovoltaic/Battery” using PVSYST Software with Domestic Variable Demand R Toujani, A Abdelkafi, L Krichen 2022 19th International Multi-Conference on Systems, Signals ..., 2022•ieeexplore.ieee.org
- [8] Imam, A.A. and Y.A. Al-Turki, Techno-Economic Feasibility Assessment of Grid-Connected PV Systems for Residential Buildings in Saudi Arabia—A Case Study. Sustainability, 2019. 12(1): p. 1-25. <https://doi.org/10.3390/su12010262>
- [9] E. Drury, P. Denholm, and R. Margolis, Impact of Different Economic Performance Metrics on the Perceived Value of Solar Photovoltaics. Technical Report NREL/TP-6A20-52197, 2011, National Renewable Energy Lab. (NREL). Available at: <https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/52197.pdf>
- [10] L, Jongsung, B. Chang, Byungik, C. B. Aktas, G. Ravi, Economic feasibility of campus-wide photovoltaic systems in New England, Renewable Energy, Elsevier, 2016, vol. 99(C), pages 452-464. doi: 10.1016/j.renene.2016.07.009
- [11] Tarigan, et al, Simulation and feasibility studies of rooftop PV system for university campus buildings in Surabaya, Indonesia. International Journal of Renewable Energy Research, 2018. 8(2): p. 895-908. Available at: <https://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/view/7547>
- [12] <https://www.solarprojectbuilder.org/index.php/calculator/>. Accessed 21/6/2024.
- [13] IRENA, Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Available at: <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>
- [14] <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>.
- [15] D. Mulholland, Quantifying the Multiple Benefits of Energy Efficiency and Renewable Energy: A Guide for State and Local Governments. EPA. 2018. Available at: <https://www.epa.gov/statelocalenergy/quantifying-multiple-benefits-energy-efficiency-and-renewable-energy-full-report>

[16] M. Desai, and V. Camobreco, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks. EPA. 2019. Available at: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-04/documents/us-ghg-inventory-2019-main-text.pdf>

[17] E. McPherson, N. van Doorn, and Paula J. Peper, Urban tree database and allometric equations. USDA (2016). doi: 10.13140/RG.2.2.35769.98405

