

دراسة و تقييم أثر ضياعات مكونات منظومة كهروضمسية مستقلة على أدائها

أ.د.م. علي بديع خضور *

م. بيان مهنا **

(تاريخ الإيداع 2023 /7/13 - تاريخ النشر 2023 /12/11)

□ ملخص □

يتمتع بلدنا سورية بمستوى إشعاع شمسي جيد بحكم موقعه الجغرافي، مما يجعل إمكانية استثمار هذه الطاقة مصدراً مناسباً لتوليد الكهرباء، و لاسيما في ظل الظروف الحالية التي يعاني منها قطاع الكهرباء في بلدنا. إن الأبحاث اليوم جادة في العمل لتطوير هذا المصدر الطاقوي و وضعه قيد الاستثمار الفعلي على نطاق واسع، إذ أن العالم الآن بدأ يدرك أهمية الطاقة الشمسية و إمكاناتها الكبيرة في المساهمة بحل أزمة الطاقة المقبلة . الهدف من هذا البحث تحديد قيمة ضياعات مكونات منظومة كهروضمسية مستقلة عن الشبكة حيث تم اختيار منظومة كهروضمسية منزلية باستطاعة 4.2KW مركبة في محافظة طرطوس لإجراء التجارب و القياسات عليها . تم في هذا البحث نمذجة و محاكاة المنظومة آنفة الذكر باستخدام برنامج SAM و برنامج PVsystem و استخلاص النتائج و مقارنتها مع نتائج التجارب التي قمنا بها حيث بلغت النسبة المئوية للضياعات في برنامج SAM حوالي 29% بينما كانت النسبة المئوية للضياعات في برنامج PVsystem حوالي 36% أما النسبة المئوية للضياعات الناتجة عن الاختبارات و التجارب التي قمنا بها كانت حوالي 39% و بالتالي برنامج PVsystem أعطى نتائج أكثر دقة و نسبة الضياعات 39% هي نسبة لا بد من أخذها بالاعتبار في تركيب المنظومات الشمسية مستقبلاً. الكلمات المفتاحية: المنظومات الشمسية المستقلة، الضياعات، PVsystem، SAM، PR (معامل الأداء)، CF (عامل السعة).

*أستاذ دكتور في قسم هندسة الطاقات المتجددة-كلية الهندسة التقنية-جامعة طرطوس-طرطوس-سوريا.
**طالبة ماجستير في قسم هندسة الطاقات المتجددة-كلية الهندسة التقنية-جامعة طرطوس-طرطوس-سوريا

Study and Evaluation of the Impact of Component Losses on the Performance of Stand-Alone Photovoltaic Systems

Dr Ali Khaddour*

Bayan Muhana**

(Received 13/7/2023.Accepted 11/12/2023)

□ABSTRACT □

Our country Syria enjoys a good level of solar radiation due to its geographical location, which makes the possibility of investing in this energy a suitable source for generating electricity, especially under the current conditions that our country's electricity sector is suffering from.

Research is currently striving to develop this energy source and put it into actual investment on a wide scale, as the world is now starting to realize the importance of solar energy and its great potential in contributing to solving the upcoming energy crisis.

The aim of this research is to determine the value of losses of components in an off-grid photovoltaic system. A 4.2KW residential photovoltaic system installed in Tartous Governorate was selected for experiments and measurements.

In this research, the above-mentioned system was modeled and simulated using the SAM and PVsystem programs. The results were extracted and compared with the results of the experiments we conducted. The percentage of losses in the SAM program was approximately 29%, while the percentage of losses in the PVsystem program was about 36%. The percentage of losses resulting from the tests and experiments we carried out was about 39%. Therefore, the PVsystem program provided more accurate results, and the percentage of losses of 39 % is a rate that must be taken into account in future installation of solar systems.

Keywords: Off-grid photovoltaic systems, losses, PVsystem, SAM, PR (performance ratio), CF (capacity factor).

* Professor, Doctor, Department of Renewable Energy Engineering, Faculty of Technical Engineering, University of Tartous, Tartous, Syria.

** Master student in the Department of Renewable Energy Engineering - College of Technical Engineering - University of Tartous - Tartous – Syria.

-المقدمة

في ظل التحدي الطاقى المتمثل بازدياد الطلب (المقدرة عالمياً بحوالي 60-30 تيراواط في عام ٢٠٥٠ م) وارتفاع تكلفة استهلاك الوقود الأحفوري وتوقع نفاذ مصادر الطاقة التقليدية (الفحم، البترول، و الغاز) بعام ٢٠٥٠ م، وخطورة استثمار الطاقة النووية، وارتفاع معدل التلوث عن الحدود المسموح بها، تم اتخاذ خطوات جدية في عالم الطاقة الشمسية.

تعتبر الأنظمة الشمسية المستقلة عن الشبكة (off grid) هي الطريقة المثالية لتزويد المناطق النائية، و الريفية، و البعيدة عن الشبكة العامة بالكهرباء النظيفة للاستخدامات المختلفة.

إن الضياعات في مكونات الأنظمة الشمسية تؤدي إلى انخفاض القدرة الكلية للنظام، و انخفاض الإنتاجية والكفاءة، بالتالي انخفاض العمر الافتراضي للنظام، و سوء إدارة الأحمال [1]، حيث أن الضياعات لا يمكن ملاحظتها بشكل كبير في الأنظمة الكهروضوئية ذات الاستطاعات الصغيرة بينما تكون واضحة في الأنظمة ذات الاستطاعات الكبيرة و لاسيما الضياعات في الكابلات حيث مع زيادة مقطع الكابلات تزداد نسبة الضياعات [2].

تم التركيز على النقاط السابقة في العديد من الدراسات، فقد تم إجراء التجارب على ٣٠ لوح شمسي باستخدام جهاز PVPM2540 [1]، دراسة أخرى ركزت على ضياعات الكابلات بشكل خاص حيث تم استخدام كابلات بمقاطع مختلفة [2]، في عام ٢٠١٧ قدمت جامعة Salento في إيطاليا دراسة على منظومة في جنوب إيطاليا باستطاعة 960KW موصولة مع الشبكة لتحديد الضياعات و الكفاءة [3]، كما قدمت دراسة أخرى الجدوى الاقتصادية لمدة ٢٠ عاماً لدراسة أثر الضياعات على العمر الافتراضي للمنظومة الشمسية [4]، دراسة أخرى استخدمت طريقة محاكاة تدعى Monte-Carlo التي تستخدم توزيعات Gauss والتوزيعات المثالية لخطوات النمذجة الفردية بما في ذلك البارامترات الشمسية، وتأثير الضياعات خلال العمر الافتراضي على سلوك النظام [5]، كما استخدمت دراسة أخرى المنظومة المدمجة سقياً لدراسة و تحليل أداؤها و دراسة أثر الضياعات عليها [6].

في هذا البحث تم اختيار منظومة كهروضوئية موجودة في محافظة طرطوس باستطاعة 4.2kw لاختبارها و إجراء التجارب عليها، و ملاحظة اختلاف القيم بناء على الموقع الجغرافي، و مكان تركيب المنظومة.

2-أهمية البحث وأهدافه

تكمن أهمية هذا البحث في توفير دراسة بحثية مرجعية حول الضياعات في مكونات الأنظمة الشمسية يمكن استخدامها لاستثمار هذه التكنولوجيا بالشكل الأمثل، حيث ستقدم هذه الدراسة قيم دقيقة يمكن أخذها بالاعتبار في الدراسات المستقبلية، كما تكمن أهمية هذا البحث أيضاً في الحفاظ على أداء و إنتاجية عالية للنظام الشمسي خلال العمر الافتراضي له، وذلك من خلال مراعاة الضياعات في مكونات النظام (الألواح الشمسية، العواكس، الكابلات.. الخ) أثناء تصميم أي نظام شمسي و بالتالي الحصول على القدرة المتوقعة لهذا النظام ورفع جودة إدارة الأحمال.

الهدف من هذا البحث هو إجراء الاختبارات والقياسات اللازمة على المنظومة المختارة (4.2KW) للحصول على البارامترات المطلوبة لحساب الضياعات في مكونات المنظومة الشمسية، نمذجة المنظومة المختارة باستخدام برنامج SAM و برنامج PVsystem للحصول على المخطط الذي يمثل الضياعات من كليهما، و مقارنة نتائج النمذجة مع النتائج الناتجة عن التجارب و استخلاص النتائج و التوصيات.

3-طرائق البحث ومواده

أنجز البحث للمساهمة في حساب قيم الضياعات في المنظومات الشمسية المستقلة عن الشبكة وذلك من خلال المرحلتين:

- المرحلة الأولى:

قمنا بالاطلاع على تصميم المنظومة الشمسية المختارة ومواصفات مكوناتها عن طريق Datasheet لهذه المكونات.

- المرحلة الثانية:

إجراء التجارب على المنظومة المختارة باستخدام جهاز الأفومتر وجهاز قياس الإشعاع الشمسي وجهاز محل القدرة، وذلك للحصول على البارامترات اللازمة لحساب الضياعات.

هذا المنهج نُفذ باستخدام المحاكاة الحاسوبية من خلال:

- برنامج SAM (System advisor model): أحد أشهر وأهم البرامج المستخدمة في الطاقات

البديلة و المتجددة حيث يقوم بنمذجة و محاكاة أنواع مختلفة من الطاقات المتجددة .

- برنامج PVsystem : و هو أحد أفضل و أدق البرامج المصممة للحساب و نمذجة

المنظومات الكهروضمسية.

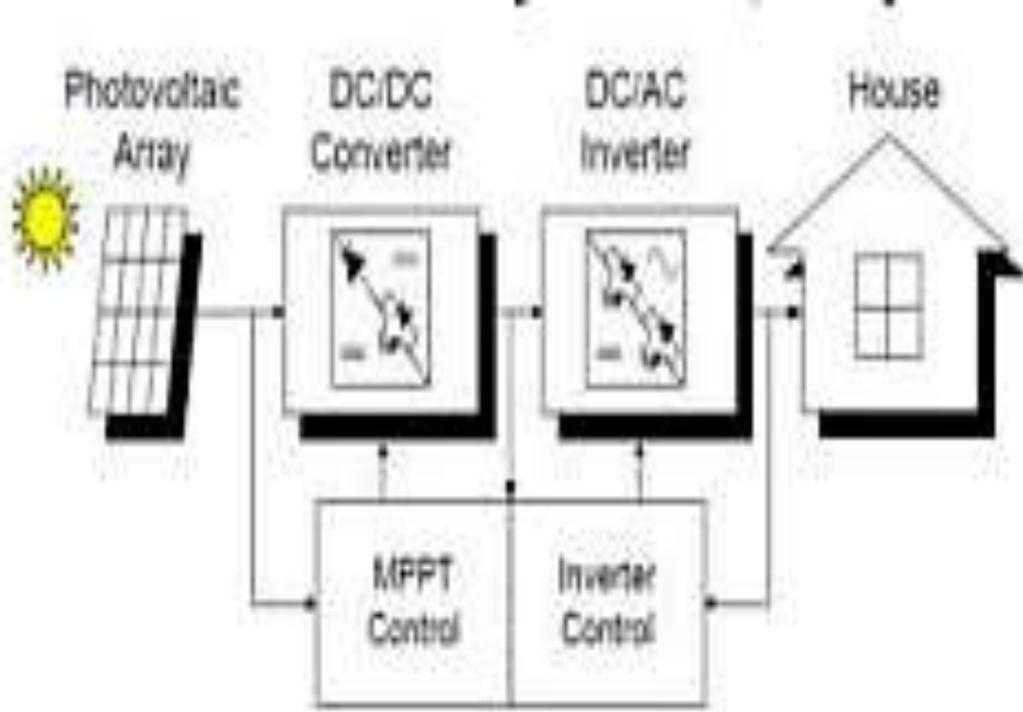
٣-١ الأنظمة الشمسية المستقلة عن الشبكة (off grid):

تعتبر الأنظمة الشمسية المستقلة عن الشبكة هي أنظمة توليد الطاقة الكهربائية باستخدام الطاقة الشمسية، وتعمل هذه الأنظمة بشكل مستقل تمامًا عن الشبكة الكهربائية العامة، وتتميز هذه الأنظمة بعدة ميزات [6] ، ومنها:

- لاستقلالية: حيث تعمل هذه الأنظمة بشكل مستقل عن الشبكة الكهربائية العامة، مما يسمح بتوليد الطاقة الكهربائية في المواقع النائية والمناطق التي لا يصلها التيار الكهربائي.
- الاعتمادية: حيث تتميز هذه الأنظمة بالاعتمادية العالية، حيث يتم تخزين الطاقة الكهربائية المولدة في بطاريات خاصة، مما يسمح بتوفير الكهرباء في حالة انقطاع التيار الكهربائي.
- الاقتصادية: حيث تعتبر هذه الأنظمة اقتصادية بشكل عام، حيث يتم توليد الطاقة الكهربائية من مصدر متجدد ولا يتطلب دفع فواتير الكهرباء للشركات المزودة للكهرباء.
- البيئية: حيث تعتبر هذه الأنظمة صديقة للبيئة، حيث أن توليد الكهرباء يتم من مصادر طاقة متجددة وغير ملوثة، مما يساهم في الحفاظ على البيئة وتقليل الانبعاثات الضارة.
- و على الرغم من ذلك فإنّ الأنظمة المستقلة عن الشبكة لها بعض العيوب[6] :
- التكلفة الأولية العالية: حيث تتطلب الأنظمة الشمسية المستقلة عن الشبكة استثمار كبير في بناء وتركيب المنظومة الشمسية، وهذا يزيد من تكلفتها الأولية.
- الصيانة والإصلاح: حيث تتطلب الأنظمة الشمسية المستقلة عن الشبكة صيانة دورية وإصلاحات، مثل استبدال البطاريات والوحدات الشمسية التالفة.
- القدرة الكهربائية المحدودة: حيث تعتمد الأنظمة الشمسية المستقلة عن الشبكة على قدرة كهربائية محدودة وتعتبر غير قادرة على تلبية احتياجات الطاقة الكهربائية

العالية، مما يعني أنه يجب تحديد الاستخدامات بعناية لتجنب انقطاع الطاقة في حالة الحمل الزائد.

تتكون هذه الأنظمة من ألواح شمسية و مدخرات و مبدل لتحويل التوتر المستمر إلى توتر متناوب لتأمين الكهرباء المنزلية علماً أنه في الأنظمة البسيطة ذات أحمال التيار المستمر لا حاجة للمبدل كما هو مبين في الشكل ١.



الشكل (١) المخطط الأساسي للنظام الكهروضوئي المستقل.

تمّ الاطلاع على دراسة وتصميم المنظومة المختارة لإجراء الدراسة والتعرف على مواصفات مكوناتها من خلال DATASHEET و تمّ الوصول إلى ما يلي:

تتكون المنظومة من ١٠ ألواح نوع LG Half cut استطاعة اللوح الواحد $P_{max}=455 \text{ watt}$ ، كفاءة اللوح الواحد $V_{mp}=42.1 \text{ v}$ ، 20.3% و $I_{mp}=10.83 \text{ A}$.

➤ تمّ وصل ٥ ألواح على التسلسل في فرعين و بالتالي يكون جهد الدخل للانفرتر $V_{dc}=210.5 \text{ V}$ و تيار الدخل للانفرتر $I_{dc}=21.66 \text{ A}$.

➤ الانفرتر المختار 5000 watt covax vmlI وهو انفرتر شمسي مفتوح ذو موجة نقية، تبلغ كفاءة هذا الانفرتر 93% و تيار شحن المدخرات $I=80 \text{ A}$.

➤ تمّ اختيار بطاريات لومينوس الأنبوبية 230 Ah عدد ٨ حيث تم وصل كل ٤ بطاريات على التسلسل في فرعين و عليه يكون الجهد $V_{DC}=48$ وهو متوافق مع بارامترات الانفرتر.

➤ يبلغ مقطع كابلات DC بين الألواح الشمسية و الانفرتر 4 mm^2 حيث تم استخدام كابل شمسي يتحمل حتى $(50 \text{ A}-1500 \text{ V})$ و يبلغ طوله 4 m .

➤ يبلغ مقطع كابلات AC بين الانفرتر و أحمال AC المراد تشغيلها 10 mm^2 و يبلغ طوله 2 m .

➤ يبلغ مقطع كابلات DC بين البطاريات و الانفرتز $25mm^2$ و يبلغ طوله 2m.

3-2 الضياعات في المنظومات الشمسية المستقلة:

تؤثر الضياعات في منظومات الطاقة الشمسية على إنتاجية المنظومة بشكل مباشر، حيث تؤدي إلى تقليل كفاءة المنظومة وتحديد حجم الطاقة الكهربائية التي يتم إنتاجها، وبالتالي فإن الضياعات تؤدي إلى تقليل الكمية الفعلية من الطاقة الكهربائية المتاحة للاستخدام.

ومن الجدير بالذكر بأن الضياعات تؤثر أيضًا على عمر المنظومة وكفاءتها على المدى الطويل، حيث يمكن أن تتسبب في تآكل الأجزاء الداخلية للمنظومة وزيادة التكاليف اللازمة للصيانة والإصلاح. لذلك يتعين على المستخدمين والمهندسين العمل على تحسين كفاءة المنظومة وتقليل الضياعات لزيادة إنتاجيتها وتحسين أدائها على المدى الطويل، وتقسم الضياعات في المنظومات الشمسية المستقلة إلى عدة أنواع [1]:

١. الضياعات الناتجة عن تظليل الألواح الشمسية :

تعتبر الضياعات الناتجة عن تظليل الألواح الشمسية مشكلة شائعة تؤثر على أداء أنظمة الطاقة الشمسية، ويمكن أن تكون لها تأثيرات سلبية على كفاءة التحويل وإنتاجية النظام، فعند حدوث تظليل تتحول الألواح الشمسية من منتج للطاقة إلى مستهلك، مما يؤدي إلى تشكل بقع ساخنة و تشقق الألواح الشمسية.

٢. الضياعات الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة :

يعمل ارتفاع درجة الحرارة على زيادة مقاومة المواد المستخدمة في الألواح الشمسية، مما يقلل من كفاءتها في تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء، هذا يعني أن الألواح الشمسية ستولد كمية أقل من الطاقة عند درجات حرارة أعلى، كما أنّ الحرارة العالية قد تؤدي إلى تدهور التركيبات الداخلية و المكونات الإلكترونية، مما يقلل من عمر النظام والحاجة إلى صيانة أو استبدال أجزاء النظام بشكل أكثر تكراراً.

٣. الضياعات الناتجة عن انخفاض الإشعاع الشمسي :

انخفاض الإشعاع الشمسي يعد عاملاً آخر يؤثر على أداء أنظمة الطاقة الشمسية فعندما يكون هناك انخفاض في كمية الإشعاع الشمسي المستلمة، ينخفض إنتاج الطاقة من الألواح الشمسية ويمكن أن يتسبب في بعض الضياعات والتأثيرات السلبية على أداء المنظومة، لأنه يصبح من الصعب عليها تلبية جميع احتياجات الطاقة. في مثل هذه الحالات، قد يحتاج المستخدمون إلى الاعتماد بشكل أكبر على الشبكة الكهربائية المحلية.

٤. الضياعات في كابلات DC و كابلات AC:

تولد ضياعات الطاقة في الكابلات حرارة إضافية في الموصلات ، هذا التسخين الزائد يمكن أن يؤثر على أداء الكابلات ويزيد من فقدان الطاقة وتدهور الأداء العام للمنظومة. بعض الحالات يمكن أن تؤدي إلى تلف الكابلات وحتى احتمالية حدوث حريق كما تؤدي لانخفاض جهد النظام.

٥. الضياعات في المبدلات:

ضياعات العاكس يمكن أن تؤثر على استقرار المنظومة الشمسية. على سبيل المثال، إذا زادت درجة الحرارة في العاكس نتيجة للضياعات الحرارية قد يتأثر أداء العاكس ويصبح أقل استقراراً. يمكن أن تؤدي الضياعات العالية في العاكس إلى انخفاض جودة التيار المتناوب المولد وتسبب مشاكل في عمل

الأجهزة المتصلة به بمعنى أنّ العاكس يستهلك جزءًا من الطاقة المتاحة من الألواح الشمسية ولا يحولها بكفاءة كاملة.

٦. الضياعات في البطاريات:

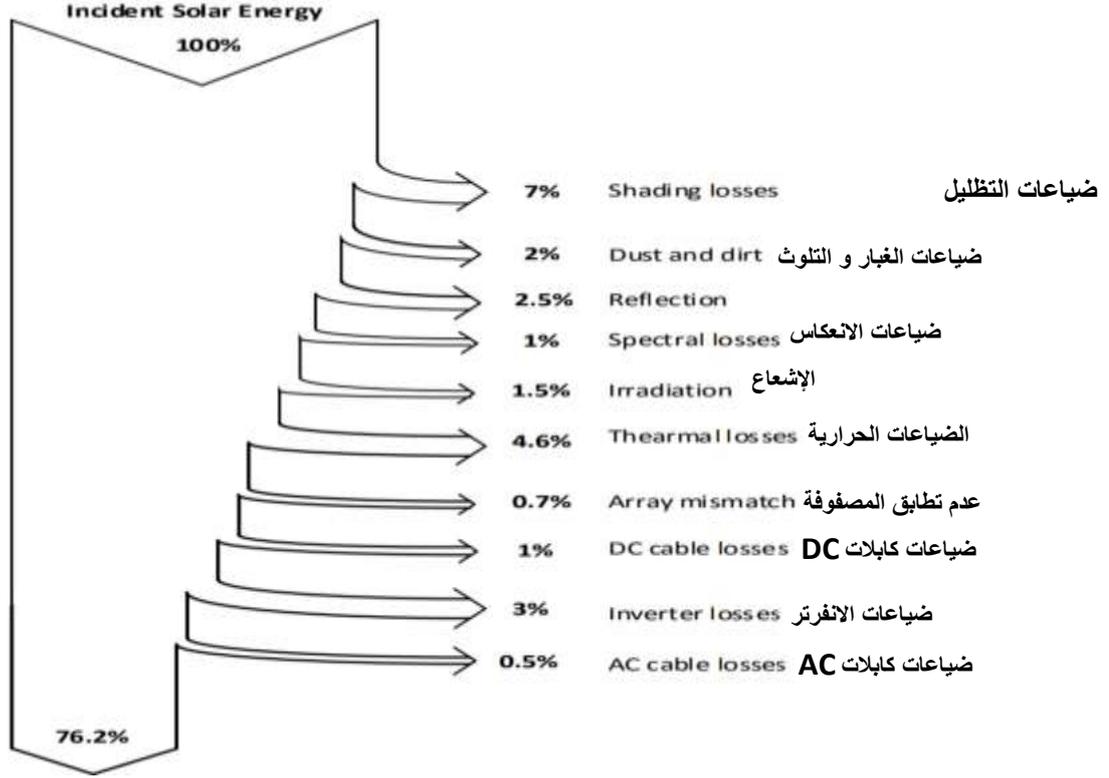
البطاريات في المنظومة الشمسية تستخدم لتخزين الطاقة الشمسية للاستخدام في الليل أو أثناء فترات انخفاض الإشعاع الشمسي. خلال عملية الشحن والتفريغ، تحدث ضياعات طاقة نتيجة لعملية التحويل الكيميائي ومقاومة البطارية، هذه الضياعات تؤدي إلى تقليل الكمية الفعلية للطاقة المخزنة في البطاريات وتؤثر على كفاءة المنظومة الشمسية في استخدام الطاقة المخزنة، و مع مرور الوقت و الاستخدام المتكرر للبطاريات، يمكن أن يحدث فقدان في سعتها، هذا يعني أن البطاريات لن تكون قادرة على تخزين الكمية الكاملة من الطاقة كما كانت عليه في البداية، و هذا التدهور التدريجي في السعة يؤدي إلى ضياع الطاقة وتقليل عمر البطاريات وكفاءتها. وهناك نوع آخر من الضياعات التي تحتاج لأجهزة ذات تقنيات عالية لاكتشافها:

٧. الاهتراء الفيزيائي (PID(Potential Induced Degradation) [4]:

هو التحلل المحتمل حدوثه في الوحدات الكهروضوئية البلورية بسبب التيارات الشاردية يحدث في المنظومات الكهروضوئية غير المؤرضة نتيجة الجهد العالي و الحرارة المرتفعة و الرطوبة العالية، و نتيجة انتقال التيارات عبر الهيكل إلى الأرض تحدث هذه التيارات نتيجة الاهتزازات و الصدمات التي يتعرض لها اللوح الشمسي . يمكن اكتشاف هذا النوع من الضياعات عن طريق التصوير بالتألق الكهربائي، وهو طريقة لتقييم الموصلات الكهربائية

٨. الضياع الناتج عن الضوء (LID(Light Induced Degradation) [4]:

و هو الضياع في الطاقة الناتج عن الساعات الأولى للتعرض لأشعة الشمس. بشكل عام ونتيجة العديد من الأبحاث و الإحصائيات اعتمدت النسب التالية كنسب ثابتة تمثل الضياعات بحيث نحصل على خرج النظام الكهروضوئي بنسبة تقدر ٧٦.٢% من قدرة الخرج المتوقعة (الشكل [1] 2).



الشكل (٢) ضياعات المنظومة الكهروضوئية.

نستعرض القوانين المستخدمة لحساب الضياعات بعد إجراء التجارب و الحصول على البارامترات

المطلوبة في الجدول 1.

الجدول 1: قوانين حساب الضياعات والتوصيف

| الرموز | العلاقة الرياضية | التوصيف |
|---|--|---|
| <p>G : الإشعاع الشمسي المُقاس .</p> <p>G_0 : الإشعاع الشمسي في شروط الاختبار القياسية 1000w/m^2 .</p> <p>Imp_0 : تيار الألواح المُقاس .</p> <p>Imp : تيار التشغيل عند الشروط النظامية .</p> <p>Vmp_0 : جهد الألواح المُقاس</p> <p>Vmp : جهد التشغيل عند الشروط النظامية .</p> <p>Pmp_0 : الاستطاعة المُقاسة</p> <p>V_T : الجهد الحراري .</p> <p>C_T : عامل مثالية الديود .</p> <p>T_C : درجة الحرارة عند الشروط النظامية ٢٥ درجة مئوية .</p> <p>T_{ref} : درجة الحرارة عند القياس .</p> <p>R_S : المقاومة التسلسلية للوح الشمسي .</p> | $Imp_0 = Imp \frac{G}{G_0}$ $Vmp_0 = Vmp \frac{1}{1+C_T(T_C-T_{ref})} + V_T \frac{T_{cref}}{T_C} \ln\left(\frac{G_0}{G}\right) - Imp \cdot R_S \cdot \left(\frac{G_0}{G} - 1\right)$ $Pmp_0 = Imp_0 \cdot Vmp_0$ | <p>الضياعات الناتجة عن الإشعاع الشمسي المنخفض و ارتفاع درجة الحرارة</p> |
| <p>Y_A : الزمن الذي تستغرقه الألواح الشمسية لتوليد الطاقة المستمرة المطلوبة منها</p> | | <p>بعض القوانين المستخدمة في حساب الضياعات</p> |

| | | |
|---|---|--|
| <p>بالقيمة الاسمية.</p> <p>Y_F: الزمن الذي تستغرقه الألواح الشمسية لتوليد الطاقة المتناوبة لتغذية الأحمال.</p> <p>Y_R: عدد ساعات الإشعاع الشمسي.</p> <p>Y_{CR}: عدد الساعات الذي يحقق الإشعاع الشمسي و الحرارة عند الشروط النظامية.</p> <p>α: معامل درجة الحرارة (%/C).</p> <p>E_{DC}: الطاقة المستمرة المطلوبة من الألواح.</p> <p>E_{AC}: الطاقة المتناوبة المطلوبة لتغذية الأحمال.</p> | $Y_A = \frac{E_{DC}}{\text{power prated}} \left[\frac{h}{\text{day}} \right]$ $Y_F = \frac{E_{AC}}{\text{power prated}} \left[\frac{h}{\text{day}} \right]$ $Y_R = \frac{G}{G_0} \left[\frac{h}{\text{day}} \right]$ $Y_{CR} = Y_R (1 - \alpha (T_{ref} - T_C)) \left[\frac{h}{\text{day}} \right]$ | |
| <p>L_C: الضياع الناتج عن سوء امتصاص المصفوفة للإشعاع الشمسي.</p> | $L_C = Y_R - Y_A$ | الضياعات الناتجة عن سوء امتصاص المصفوفة للإشعاع الشمسي |
| <p>L_{TC}: الضياع الناتج عن ارتفاع درجة الحرارة.</p> | $L_{TC} = Y_R - Y_{CR}$ | الضياعات الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة |
| <p>L_{MC}: الضياع الناتج عن التظليل.</p> | $L_{MC} = Y_{CR} - Y_A$ | الضياعات الناتجة عن التظليل |
| <p>L_S: الضياع في كابلات DC.</p> | $L_S = Y_A - Y_F$ | الضياعات في كابلات DC |
| <p>G_{POA}: الإشعاع الشمسي المقاس.</p> <p>A: المساحة التي تشغلها المصفوفة [m²].</p> | $\eta_{sys} = \frac{E_{AC}}{G_{POA} * A}$ | مردود المنظومة الشمسية |
| <p>W_{AC}: القدرة الاسمية للانفرتر</p> | $\Delta P_{INV} = 0.8\% * W_{AC}$ | الضياعات الناتجة عن عمل الانفرتر خلال النهار |
| | $\Delta P_{INV} = 0.025\% * W_{AC}$ | الضياعات الناتجة عن عمل الانفرتر خلال الليل |

4-النتائج و المناقشة

نفذ البحث بتطبيق سلسلة من الخطوات وفقاً لمرحلتين ويظهر المخطط المبين بالشكل 3 المراحل المتبعة:



الشكل (3) خطة البحث التي تم تنفيذها.

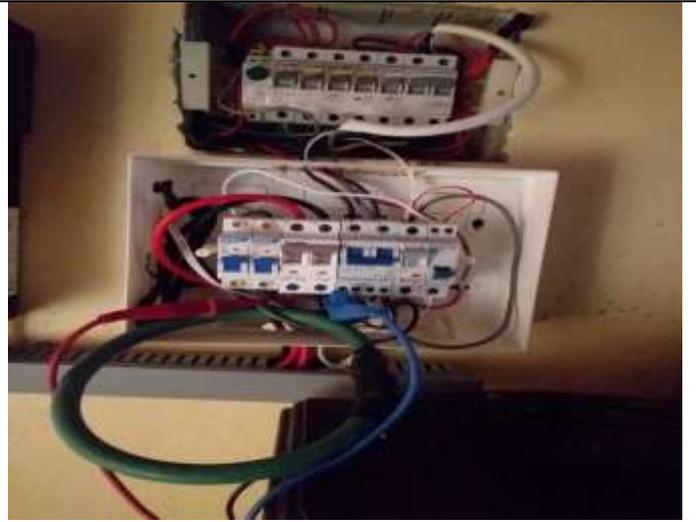
1-4 المرحلة الأولى: إجراء الاختبارات و التجارب

ضمن هذه المرحلة تم إجراء التجارب و الاختبار على المنظومة الشمسية و تحديد قيم الضياعات في كل شهر ثم حساب القيم الوسيطة للضياعات كخرج للمرحلة الأولى و التي تتم مقارنتها مع نتائج البرامج الشكل (12)، حيث تم اختيار يوم العاشر من كل شهر لمدة أربع أشهر (نيسان - أيار - حزيران - تموز) لإجراء التجارب و ذلك باستعمال جهاز الأفومتر و جهاز محلل القدرة و جهاز الإشعاع الشمسي الحصول على البارامترات المطلوبة و اللازمة لحساب الضياعات، و تمت مقارنتها مع نتائج الأشهر الأربعة في كل من برنامجي PVSyst و برنامج sam بعد إدخال بارامترات المنظومة آنفة الذكر.

و فيما يلي بعض الصور التي توثق عمليات القياس التي قمنا بها :



الشكل (٤) جهاز قياس الإشعاع الشمسي المستخدم في التجارب.



الشكل (٥) توصيل جهاز محلل القدرة لاختبار المنظومة_١.



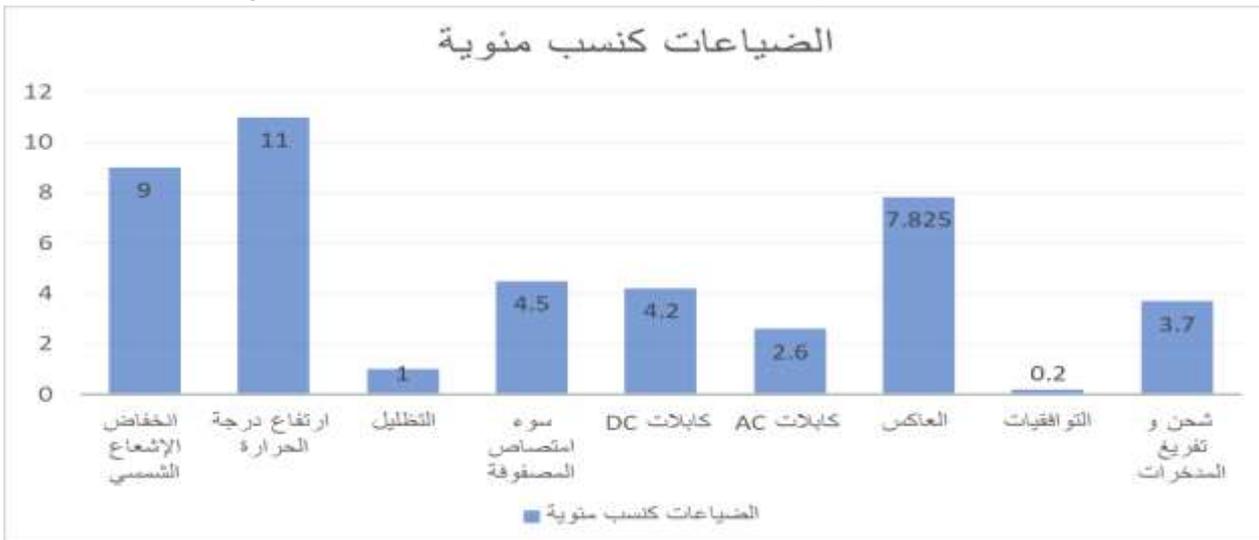
الشكل (٦) توصيل جهاز محلل القدرة لاختبار المنظومة_٢.

الشكل (٧) النتائج التي حصلنا عليها بواسطة جهاز محلل القدرة.

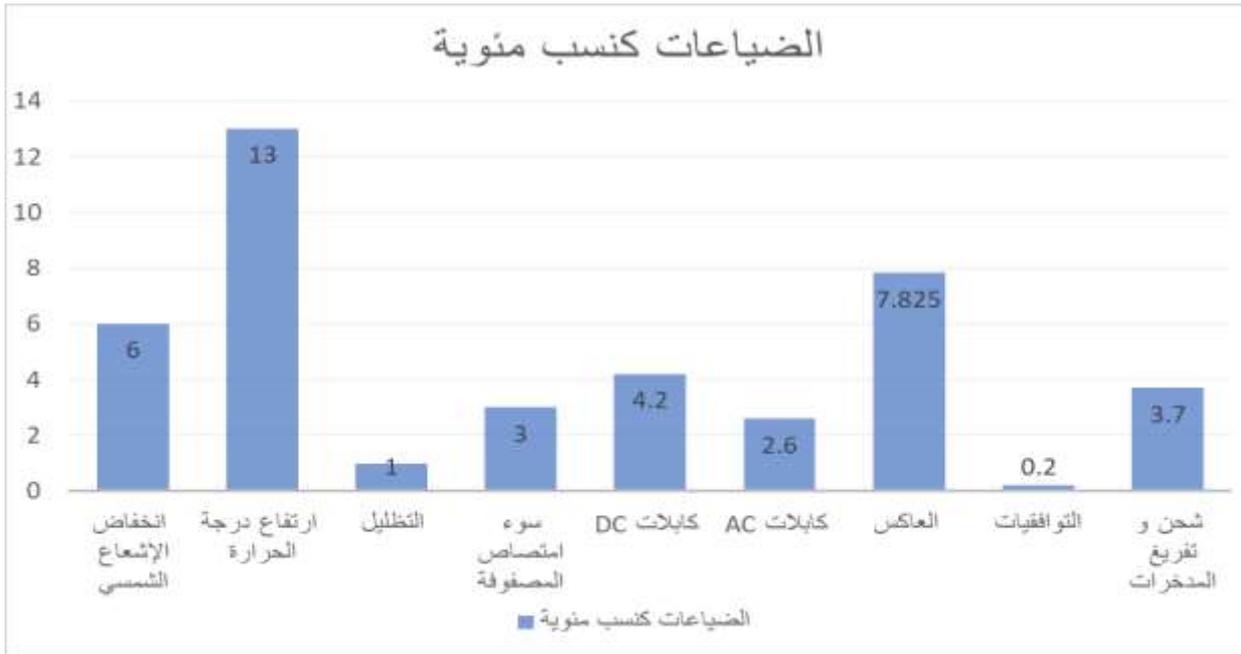
و كانت النتائج الناتجة عن التجارب خلال الأشهر كما يلي:

| البارامترات المطلوبة | نيسان | أيار | حزيران | تموز |
|--------------------------------|-------|------|--------|------|
| الإشعاع [w/m ²] | ٩١٧ | 970 | ١٠٠٠ | ١٠٧٥ |
| درجة الحرارة [c ⁰] | ٢٨ | ٣٠ | ٣٤ | ٣٥ |
| التيار [A] | ١٨.٦ | ٢٠.٢ | ٢٠.٩ | ٢١.١ |
| الجهد [V] | ٨٢ | ٨٠ | ٧٨ | ٧٧ |
| التوافقيات | 4% | | | |

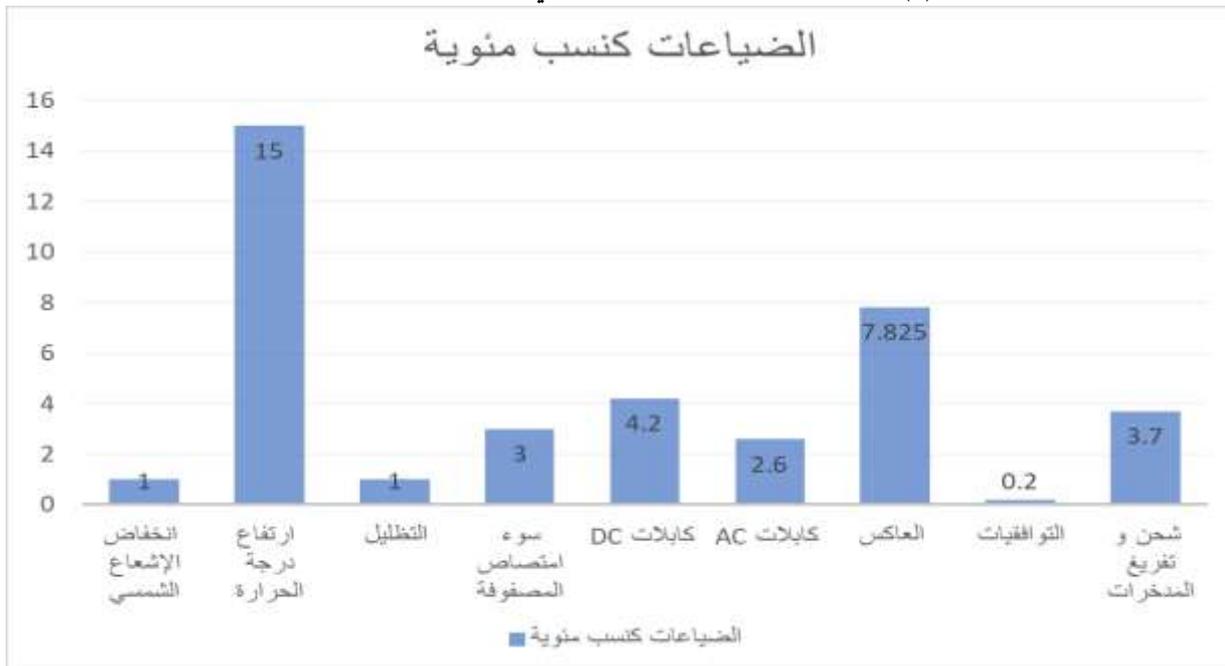
و بعد تطبيق القوانين السابقة باستخدام البارامترات الناتجة عن عملية القياس حصلنا على النتائج التالية:



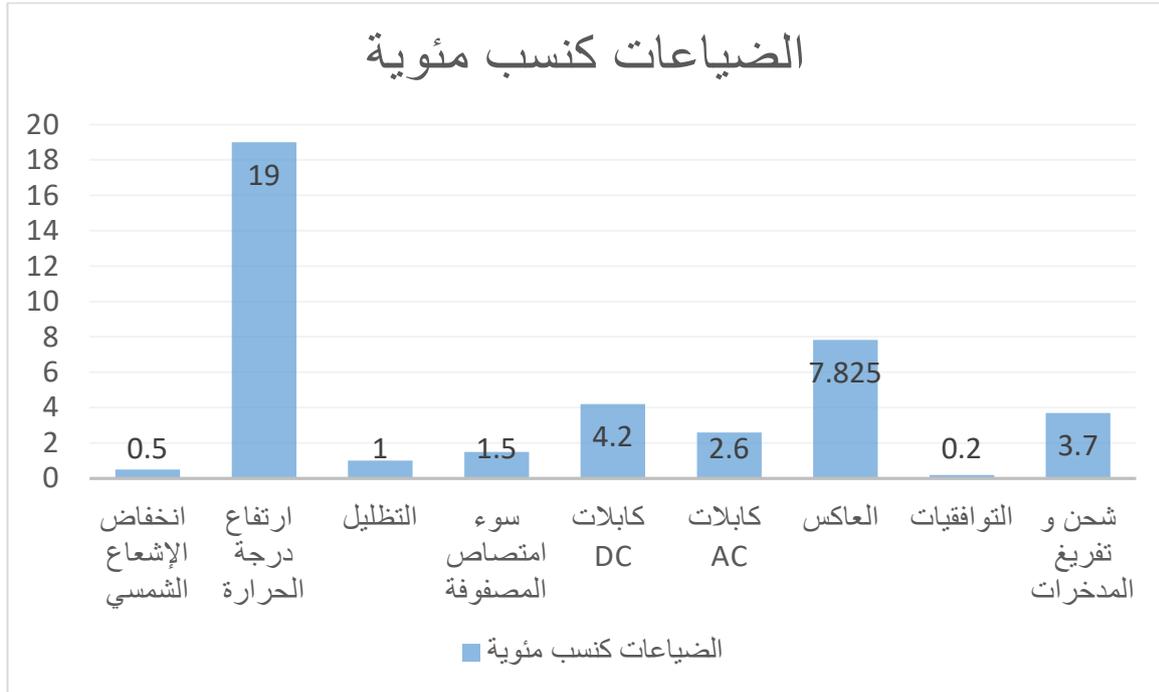
الشكل (8) ضباغات المنظومة خلال شهر نيسان و التي بلغت %44.025.



الشكل(9) ضياعات المنظومة خلال شهر أيار و التي بلغت %41.33.



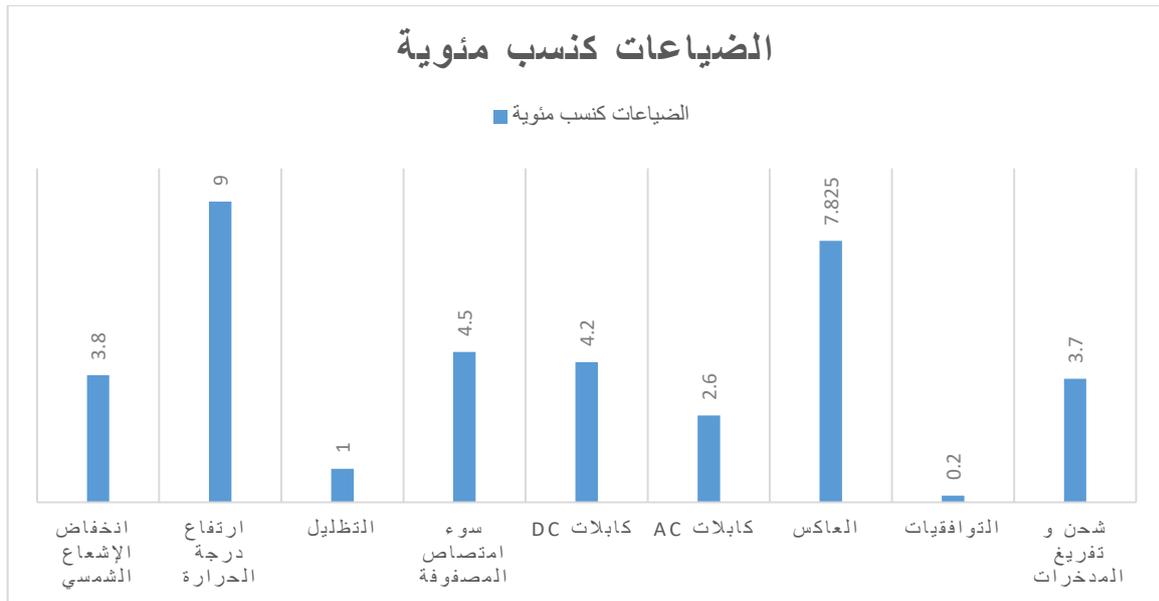
الشكل(10) ضياعات المنظومة خلال شهر حزيران و التي بلغت %36.525.



الشكل (11) ضياعات المنظومة خلال شهر تموز و التي بلغت 38%.

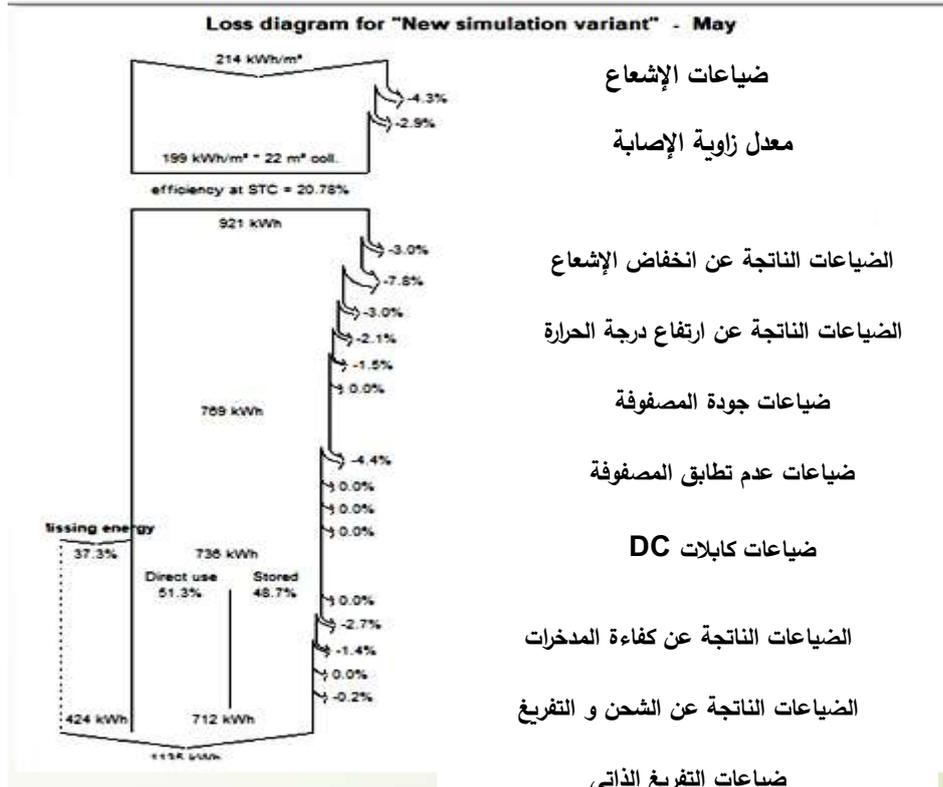
و بأخذ القيم الوسطية للضياعات وفق ما سبق نحصل على خرج المرحلة الأولى الذي سنقارن به نتائج

البرامج:



الشكل (12) خرج المرحلة الأولى.

بلغت أكبر نسبة ضياعات نتيجة ارتفاع درجة الحرارة 13% يليها ضياعات العاكس 7.825% وضياعات سوء امتصاص المصفوفة 3% ثم ضياعات كابلات DC بلغت 4.2% أما ضياعات انخفاض الإشعاع الشمسي بلغت 5% و ضياعات كابلات AC بلغت 2.6% أما الضياعات الناتجة عن شحن و تفريغ المدخرات بلغت 3.7% بينما أخفض قيمة للضياعات كانت الناتجة عن التوافقيات 0.2%.



ضیاعات الإشعاع

معدل زاوية الإصابة

الضیاعات الناتجة عن انخفاض الإشعاع

الضیاعات الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة

ضیاعات جودة المصفوفة

ضیاعات عدم تطابق المصفوفة

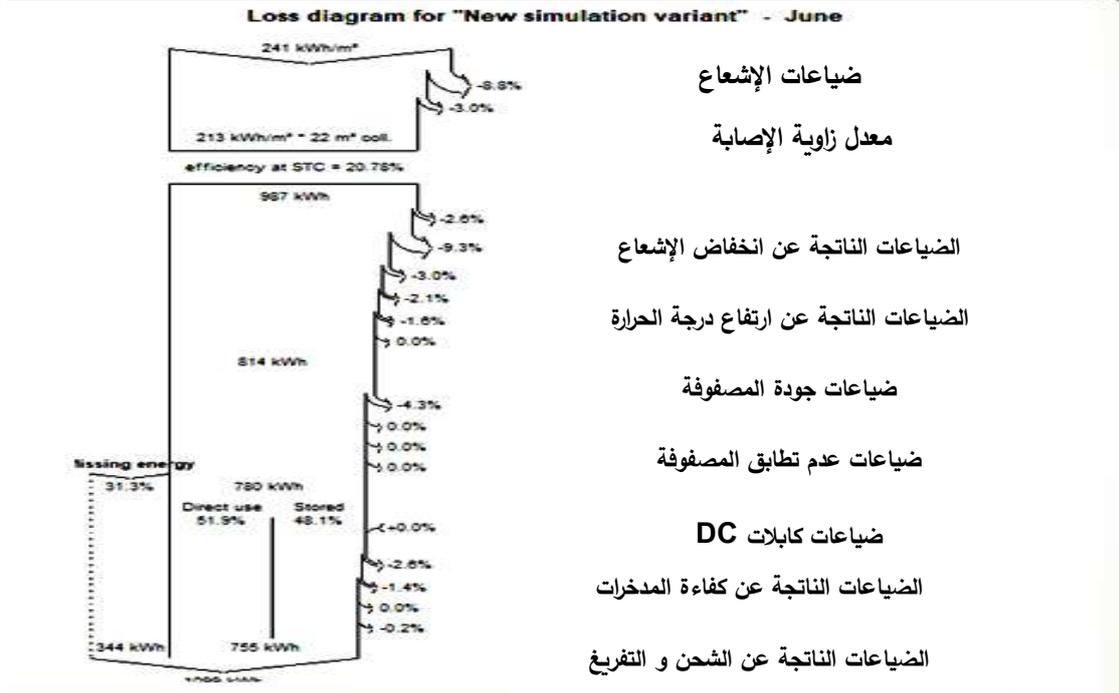
ضیاعات كابلات DC

الضیاعات الناتجة عن كفاءة المدخرات

الضیاعات الناتجة عن الشحن و التفريغ

ضیاعات التفريغ الذاتي

الشكل (15) ضیاعات المنظومة خلال شهر أيار و التي بلغت 33.3% باستخدام برنامج pvsystem.



ضیاعات الإشعاع

معدل زاوية الإصابة

الضیاعات الناتجة عن انخفاض الإشعاع

الضیاعات الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة

ضیاعات جودة المصفوفة

ضیاعات عدم تطابق المصفوفة

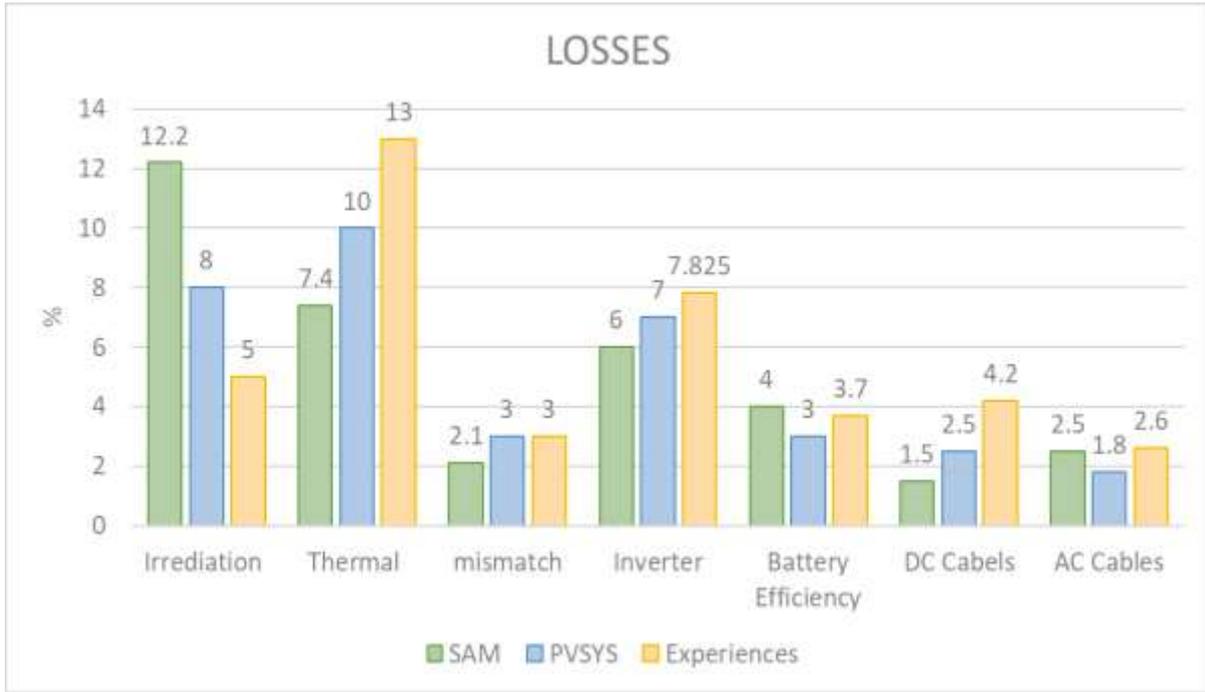
ضیاعات كابلات DC

الضیاعات الناتجة عن كفاءة المدخرات

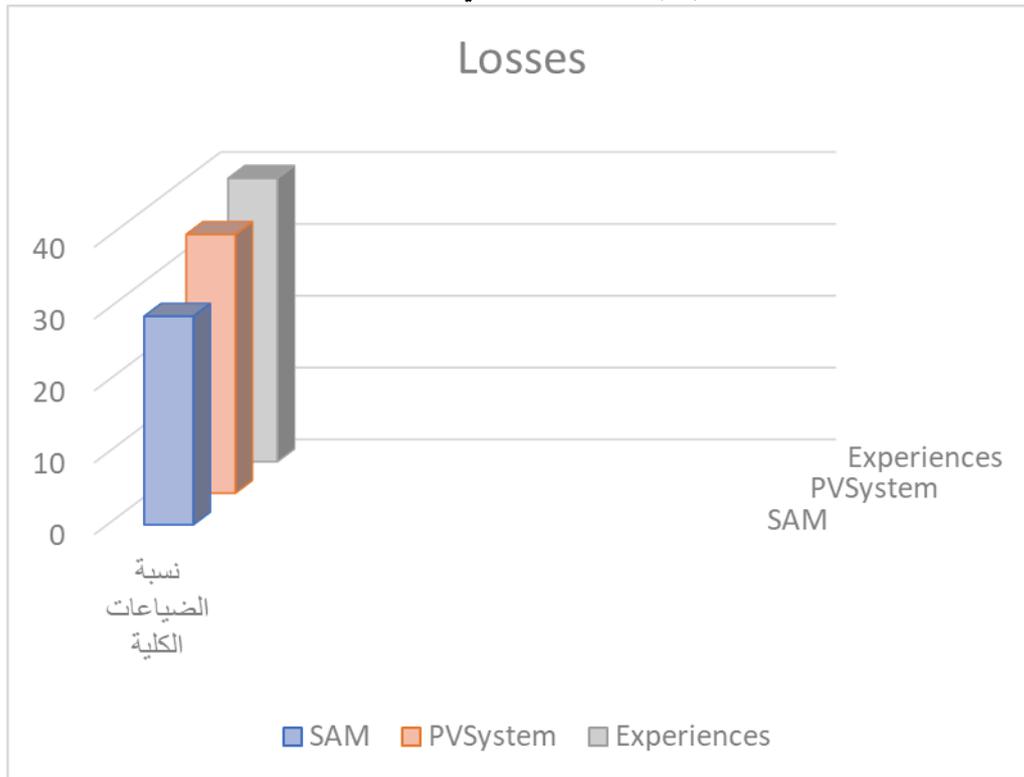
الضیاعات الناتجة عن الشحن و التفريغ

ضیاعات التفريغ الذاتي

الشكل (16) ضیاعات المنظومة خلال شهر حزيران و التي بلغت 37.1% باستخدام برنامج pvsystem.



الشكل (19) مقارنة الضياعات في الحالات الثلاث_١.



الشكل (20) مقارنة الضياعات في الحالات الثلاث_2.

النتائج المبينة في الأشكال السابقة هي قيم الضياعات خلال أربعة أشهر للمنظومة الشمسية المختارة، تبين من خلال ما سبق أن نسبة الضياعات الناتجة عن التجارب على مدى أربعة أشهر هي 39% من استطاعة المنظومة ، بينما نسبة الضياعات وفق لبرنامج PVsystem هي 36% من استطاعة المنظومة بينما نسبة الضياعات وفقاً لبرنامج SAM هي 29% .

بناء على ما سبق برنامج PVsystem يعطي نتائج أفضل و أكثر دقة من حيث النمذجة و المحاكاة ، و نسبة الضياعات 39% هي نسبة لا بد من الأخذ بها عند تصميم المنظومات الشمسية مستقبلاً.

٥-تقييم آثار الضياعات على أداء المنظومة الشمسية :

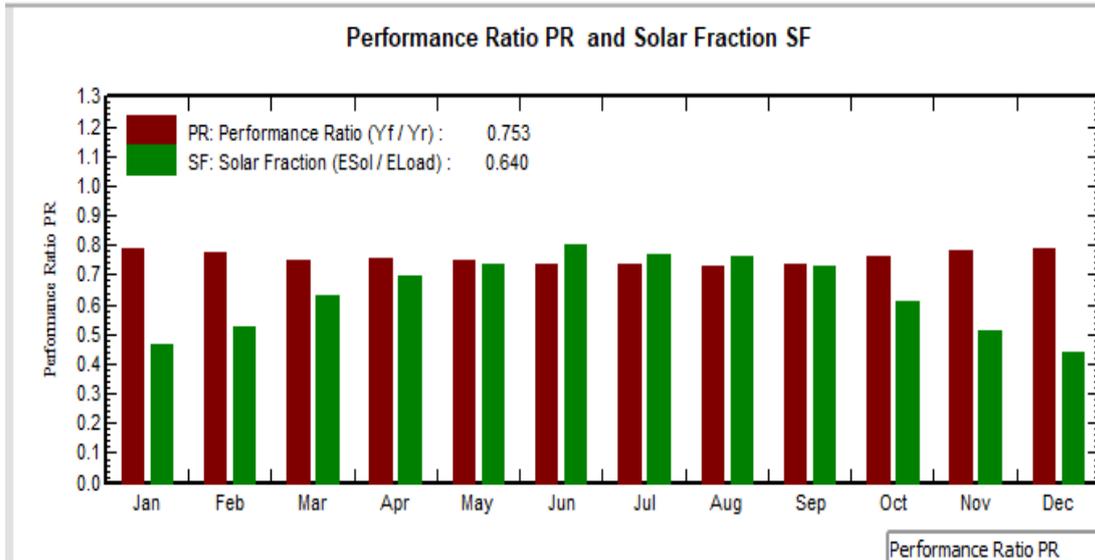
يمكن تحديد آثار الضياعات على أداء المنظومة الشمسية من خلال عاملين هما :

✓ **معامل الأداء Performance Ratio**: هو أهم المتغيرات لتقييم كفاءة المنظومة، و هو مقياس لجودة المنظومة الشمسية، يُحدّد كنسبة مئوية بين خرج الطاقة الكهربائية الفعلية و النظرية للمنظومة، لا يعتمد على موقع المنظومة و لا توجيه الألواح. كلما اقترب معامل الأداء من 100% كان أفضل و لكن بسبب الضياعات تصل قيمته إلى 80% [3].

$$\text{معامل الأداء} = \frac{\text{الطاقة الفعلية المقاسة}}{\text{متوسط الإشعاع الشمسي * مساحة المنظومة * كفاءة الألواح}} \quad (٥-١)$$

وفقاً لبرنامج Pvsystem بلغت قيمة PF=0.753 و بالتالي انخفاض جودة المنظومة ٥% عن

القيم الاسمية لها :



الشكل (21) معامل الأداء للمنظومة الشمسية المختارة.

✓ عامل السعة CF :

هو نسبة طاقة التيار المتناوب السنوية إلى الطاقة القصوى التي يمكن توليدها خلال ٢٤ ساعة في اليوم.

تبلغ قيمة هذا العامل في الحالة المثالية 29% و يعتمد بشكل كبير على موقع المشروع و طريقة تركيب الألواح الشمسية [4].

$$CF = \frac{E_{AC}[KWh]}{prated[kw] * 8760[h]} * 100 \quad (5 - 2)$$

$$= \frac{9043}{4.29 * 8760} * 100 = 24\%$$

و بالتالي و نتيجة لما سبق نلاحظ انخفاض جودة و كفاءة المنظومة الشمسية عن القيم الاسمية لها بحدود 5% ،و ذلك نتيجة الضياعات.

٦-الاستنتاجات والتوصيات

- إن الضياعات في مكونات الأنظمة الشمسية تؤدي إلى انخفاض القدرة الكلية للنظام، و انخفاض الإنتاجية والكفاءة، بالتالي انخفاض العمر الافتراضي للنظام .
- برنامج PVsystem يعطي نتائج أفضل و أكثر دقة من حيث نمذجة و محاكاة المنظومات الشمسية .
- إن نسبة الضياعات الناتجة عن التجارب و القياسات هي 39% هي نسبة لا بد من الأخذ بها عند تصميم المنظومات الشمسية مستقبلاً لأننا فعلياً نحصل على 61% من استطاعة المنظومة المطلوبة.
- إن الضياعات في مكونات المنظومات الشمسية تؤدي إلى خفض جودة أداء المحطة حوالي 5%.

التوصيات:

- استخدام خوارزميات التحسين و الذكاء الاصطناعي التي تعمل على رفع كفاءة الألواح الشمسية و المنظومة الشمسية بشكل عام .
- تطوير الطريقة المقترحة من خلال استخدام الخوارزميات الذكية (الخوارزمية الجينية وخوارزميات الأسراب...الخ) لتحديد قيم البارامترات الأمثل للحصول على أقل ضياع ممكن.

المراجع

- [1] S.Silvestre , A.Chouder ,*ANALYSIS OF POWER LOSSES IN PV SYSTEMS*, Research GATE, 2008.
- [2] Sami Ekici , Mehmet Ali Kopru, *Investigation of PV System Cable Losses*, INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH,2017.
- [3] M. Malvoni , A. Leggieri, G. Maggioletto, P.M. Congedo, M.G. De Giorgi, *Long term performance losses and efficiency analysis of a 960 kWp photovoltaic system in the Mediterranean climate* ,, Università del Salento, Department of Engineering for Innovation, Lecce, Italy, 2017.
- [4] Mehmet Rida Tur, İlhami Colak, Ramazan Bayindir , *Effect of Faults in Solar Panels on Production Rate and Efficiency*, Research Gate,2018.
- [5] Nallapaneni Manoj Kumara , Ramjee Prasad Guptab, Mobi Mathewc , Arunkumar Jayakumard, "*Neeraj Singhe, Performance, energy loss, and degradation prediction of roof integrated crystalline solar PV system installed in Northern India*" , Research Gate,2019.
- [6]GHAREEB,A,T;MOOHAMED,O,A.*Design and control of stand alone P_V system for Rural Residential Application.fifth international symposium on energy* ,Puerto Rico Energy Center_laccei, Puerto Rico,2013.