

## تصميم وتنفيذ مبدل قدرة إلكتروني (DC/DC) فعّال واختبار أدائه

د. صفاء الاحمد \*

(تاريخ الإيداع 2024/5/23 . قُبل للنشر في 2024/6/27 )

### □ ملخص □

تمّ في هذا البحث تصميم وتنفيذ مبدل قدرة إلكتروني (Sepic)، من أجل الحصول على جهد خرج ثابت عند تغيير جهد الدّخل بمجال واسع، بحيث يكون هذا المبدل ذو كفاءة وفعالية عالية.

تمّت محاكاة دارة المبدل Sepic باستخدام التحكم غير المباشر (التحكم بملقّي الجهد والتيار) من أجل تحقيق الاستقرار في الخرج خلال زمن قصير، كما تمّ استخدام برنامج EasyEDA لتصميم الدّارة العملية للمبدل Sepic باستخدام التحكم بملقّي الجهد والتيار (CMC,VMC)، حيث تمّ عرض الدّارة على شكل مخطط دارة مطبوعة (PCB) ومخطط ثنائي الأبعاد (2D) وثلاثي الأبعاد (3D) ومن ثمّ تنفيذها عملياً وتحويلها إلى دارة مطبوعة (PCB)، ليتم بعد ذلك التنفيذ العملي للدّارة .

تم اختبار أداء المبدل المصمّم عند تغيير جهد الدخّل ضمن المجال [V] (35-49) بدون حمل، وعند قيم مختلفة لمقاومة الحمل باعتبار جهد الدخّل قيمة ثابتة، حيث أكدت النتائج أنّ المبدل يحقّق الاستقرار في جهد الخرج عند قيمة [V] 40، وكذلك تيار خرج يصل إلى [A] 4.22، ممّا يجعل المبدل مناسب للعمل مع أنظمة الطاقة الكهروضوئية، ويمكن استخدامه كمبدل ثنائي الوظيفة لتغذية أحمال مستمرة (مضخات DC أو محركات DC) وكشاحن للبطاريات.

بيّنت النتائج أيضاً أنّ المبدل المصمّم يحقّق كفاءة عالية تصل إلى (80.241-90.19)% في ظروف التنفيذ نظراً لوجود بعض الضياعات في العناصر المستخدمة.

**الكلمات المفتاحية:** تصميم، الدّارة المطبوعة، مبدل القدرة الإلكتروني، تعديل عرض النبضة، برنامج EasyEDA .

\* مدرس في كلية الهندسة التقنية، قسم هندسة تقانات الطاقات المتجددة، جامعة طرطوس، سوريا.

## Design and implementation of an efficient DC/DC electronic power converter and test its performance

Dr. Safaa Al Ahmad\*

(Received 23/5/2024 . Accepted 27/6/2024)

### □ ABSTRACT □

An electronic power converter (Sepic) was designed and implemented in this research in order to obtain a constant output voltage when the input voltage changes in a wide field, so that this converter is highly efficient and effective.

The circuit of Sepic converter is simulated by using indirect control (control of voltage and current loops) in order to stabilize the output within a short time, EasyEDA software was also used to design the practical circuit of the Sepic converter using voltage and current ring control (CMC,VMC), where the circuit was displayed in the form of a printed circuit diagram (PCB) and a two-dimensional (2D) and (3D) diagram and then practically implemented and converted into a printed circuit (PCB), to then be practically implemented of the circuit and test the performance of the converter designed when the input voltage changes within the range (35-49) [V] without load.

the performance of the converter has been tested at different values of load resistance considering the input voltage as a constant value, where we find that the converter achieves stability in the output voltage at a value of 40 [V], as well as an output current of up to 4.22 [A], which makes the converter suitable for working with photovoltaic systems, it can be used as a dual-function converter to feed continuous loads (DC pumps or DC motors) and as a charger.

The results also showed that the designed converter achieves high efficiency of up to (80.241-90.19)% in the implementation conditions due to the presence of some losses in the elements used.

**Key words:** Design, Printed Circuit Board, Electronic power converter, Pulse Width Modulation, Software EasyEDA .

---

\*Lecturer at the Faculty of Technical Engineering-Department of Renewable Energy Technologies Engineering-University of Tartous.

**1- المقدمة:**

يُعد المبدل الإلكتروني (DC-DC) من المكونات الأساسية المستخدمة بشكل فعال في الإلكترونيات والأنظمة الكهروضوئية، حيث يعمل على رفع جهد الدخل أو خفضه حتى يتناسب مع جهد الحمل على خرج المبدل من خلال ضبط دورة العمل للمبدل (Duty cycle) على قيمة معينة والحصول على الخرج المطلوب، يُستخدم بكثرة في تغذية الانفرترات (المعرجات) والمدخرات (البطاريات) وغيرها من التطبيقات العامة الأخرى، أي يعمل المبدل كملائم (Adapter) للطاقة الكهربائية ليتيح لنا استخدامها بالشكل الأمثل، لذلك ازداد التركيز في الآونة الأخيرة على إجراء العديد من البحوث والدراسات النظرية والتجريبية فيما يخص المبدلات الإلكترونية وتصميمها بأنواع عديدة من أجل تحسين فعاليتها وأدائها، ومن هذه الدراسات:

- استعرض الباحث (Ihsan A. Mejbel, 2023)، نموذجاً جديداً للمبدل Sepic من خلال الجمع بين مبدل Sepic التقليدي ودارتين مختلفتين، حيث تتكون الدارة الأولى من 3 ديودات وملفين، بينما تتكون الدارة الثانية من مكثفين وديودين، كما تم استخدام برنامج MATLAB لاختبار وتأكيد التحليل النظري للمبدل المقترح. بيّنت نتائج الدراسة أنّ المبدل المقترح يحقق كسب جهد عالي في الخرج، ويقلل من تَمَوّج جهد الخرج، وجهد الخرج للمبدل غير معكوس، ويقل الإجهاد على المفتاح الإلكتروني بشكل كبير، مما يحسن أداء المبدل المقترح بالمقارنة مع المبدلات الأخرى [1].

- قدّم الباحث (Mokhtar Ali, 2010) في ماليزيا، دراسة حول المبدل Sepic للاستفادة منه في تطبيقات إنارة الشوارع (LEDs) عند تغيير جهد الدخل، بحيث يحقق المبدل متطلبات هامة مثل معامل الاستطاعة العالي والكفاءة العالية والعمر الطويل والتحكم الدقيق في التيار، مبيناً قيم المكونات المناسبة وحلقة التحكم بالتيار المستخدمة، كما تم عرض نتائج المحاكاة باستخدام برنامج PSIM لإثبات فعالية المبدل المقترح مع إنشاء نموذج تجريبي للمبدل للتحقق من النتائج عملياً. بيّنت نتائج الدراسة أنّ المبدل المقترح يحقق معامل استطاعة عالي قريب من الواحد مع انخفاض إجمالي التشوه التوافقي (THD)، كما نجد أنّ الكفاءة عالية تقع بين المجال (90-94%) وفق التغيير في جهد الدخل [2].

- قدّم الباحث (H. N. K. Ningrum, 2021)، دراسة حول طوبولوجيا المبدل Cuk، مبيناً مبدأ عمله باستخدام أردوينو نانو، مع التنفيذ العملي للدارة وإجراء عدة اختبارات لعرض النتائج. بيّنت نتائج الدراسة أنّ جهد الخرج للمبدل Cuk يضبط على المجال [V] (19-2) مع دورة عمل تقع ضمن المجال (50-27%)، حيث نلاحظ أنّ البطارية تُشحن عند حدّ أدنى للتيار [mAh] 520 [3].

**2- مشكلة البحث وهدفه، وأهميته :**

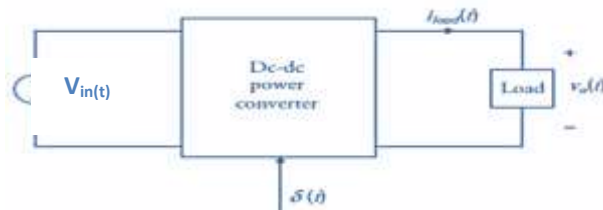
على الرغم من الاستخدام الكبير لمبدلات (DC-DC) من أجل الحصول على جهد خرج ثابت مستمر، إلا أنه يوجد بعض المشكلات التي نواجهها عند العمل مع هذه المبدلات مثل تأرجح جهد الخرج وعدم الاستقرار، وهذا ما يجعلها ذات فعالية قليلة نسبياً. وعليه يهدف البحث إلى: تصميم وتنفيذ مبدل قدرة إلكتروني (Sepic) (خافض-رافع للجهد) ذو فعالية وكفاءة عالية من أجل الحصول على جهد خرج ثابت عند تغيير جهد الدّخْل بمجال واسع، حيث يمكن استخدامه كمبدل ثنائي الوظيفة لتغذية أحمال مستمرة (مضخات DC أو محركات DC) وكشاحن للبطاريات.

يسهم هذا البحث في توطين التكنولوجيا لتصميم مبدل إلكتروني (DC-DC) والحصول على مبدل يعمل بكفاءة وفعالية عالية.

### 3- طرائق البحث ومواده:

#### 3-1- المبدل الإلكتروني (DC-DC):

يُعرّف المبدل الإلكتروني أنه دائرة إلكترونية تقوم بتحويل جهد الدخل المستمر غير المنظم  $V_{in}(t)$  إلى جهد خرج منظم  $V_o(t)$  بمطال أكبر أو أقل من جهد الدخل، كما يحتوي المبدل على زوج مترافق من القواطع الإلكترونية (ديود واحد وترانزستور واحد) تُستخدم من أجل التحكم بالخرج عن طريق إشارة التحكم [10].  
يبين الشكل (1) الشكل الأساسي للمبدل (DC-DC).



الشكل (1): الشكل الأساسي للمبدل (DC-DC).

#### ✓ أنواع المبدلات الإلكترونية (DC-DC):

##### النوع الأول: المبدلات غير المعزولة:

المبدلات الإلكترونية غير المعزولة غلفانياً هي المبدلات الإلكترونية الأكثر شيوعاً واستخداماً في دارات التيار المستمر، ويوجد خمسة أنواع منها تُصنف حسب طريقة تنظيم جهد الخرج إلى [4,5,6,12]:

- المبدل الخافض للجهد (Buck Converter) ويسمى أحياناً (Step-Down).
- المبدل الرافع للجهد (Boost Converter) ويسمى أحياناً (Step-Up).
- المبدل الخافض - الرافع للجهد (Buck - Boost Converter).
- المبدل الخافض - الرافع مع مكثف لنقل الطاقة (Cuk Converter).
- المبدلات المشتقة من Cuk Converter: وهي مبدلات (Sepic, Zeta).

##### النوع الثاني: المبدلات المعزولة:

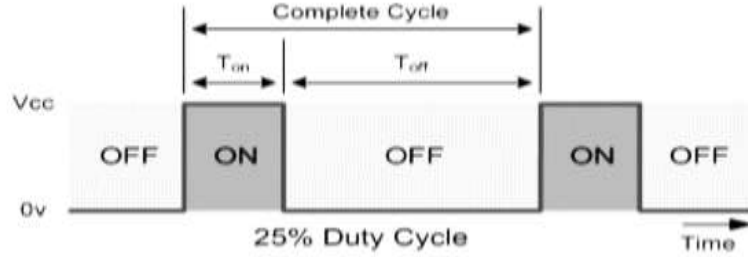
إنّ المبدلات الإلكترونية المعزولة غلفانياً هي المبدلات التي تستخدم في بنيتها محولات عالية التردد ذات حجم صغير نسبياً، وتعمل على رفع جهد الخرج أو خفضه وفق معدل التحويل المطلوب [11].

#### ✓ طرق التحكم في المبدلات الإلكترونية (DC-DC):

يُمكن التحكم في عمل المبدلات الإلكترونية بطريقتين [7,12]:

1- تعديل عرض النبضة (Pulse Width Modulation) (PWM): يتم ذلك عن طريق تغيير فترة التوصيل (Ton) مع المحافظة على زمن الدور (T) ثابت، أي ثبات تردد الفتح والإغلاق للمفتاح الإلكتروني، وهي الطريقة الأكثر استخداماً في المبدلات الإلكترونية.

2- تغيير التردد: يتم ذلك بتغيير زمن الدور (T) مع الحفاظ على زمن التوصيل (Ton) ثابت، أي بتغيير تردد الفتح والإغلاق للمفتاح الإلكتروني، وتعدّ هذه الطريقة ذات استخدام قليل نسبياً لأنّ المبدلات تكون عادة مسبوقة بمرشحات وبالتالي تحتاج إلى تعديل تردد المرشح أيضاً وهذه يعتبر صعب تقنياً، لذلك تُستخدم في الأنظمة التي لا يمكن التحكم بها عن طريق PWM. تمت دراسة في هذا المقال آلية الحصول على الخرج المناسب عن طريق تعديل عرض النبضة (PWM) وذلك من خلال تغيير نسبة التشغيل (D). يبيّن الشّكل (2) دورة العمل.



الشّكل (2): Duty Cycle.

### ✓ التحكم غير المباشر (التحكم بحلقتي الجهد والتيار):

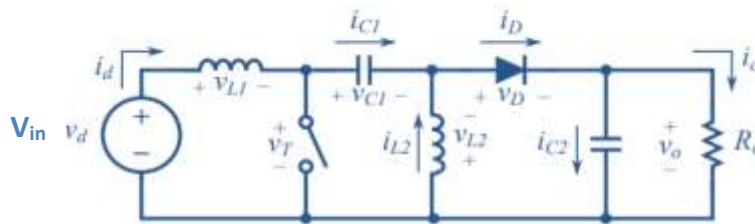
يُعرف التحكم بحلقتي الجهد والتيار أنّه التحكم الناتج عن تعديل وضع التحكم بحلقة الجهد (VMC) وهي اختصاراً لـ Voltage Mode Control، بحيث يتم اكتشاف تيار الملف في الدارة باستخدام حلقة التحكم بالتيار التي يُرمز لها بالرمز (CMC) وهي اختصاراً لـ Current Mode Control. يُستخدم تيار الملف بدلاً من الأشكال الموجية المثالية المستخدمة في وضع التحكم بحلقة الجهد حيث يمكن استشعاره باستخدام مقاومة الـ Mosfet أو باستخدام مقاومة استشعار التيار، وتكون عادة مقاومة استشعار التيار ذات قيمة منخفضة في نطاق عشرات المليي أوم ( $m\Omega$ )، ويُرمز للتحكم بحلقتي الجهد والتيار بالرمز (VMC, CMC).

يعتمد وضع التحكم بحلقتي الجهد والتيار على إضافة حلقة التحكم بالتيار (CMC) بشكل مستقل عن حلقة التحكم بالجهد (VMC)، أي يوجد نوعين من حلقات التغذية العكسية (حلقة الجهد الخارجية وحلقة التيار الداخلية)، حيث تعمل حلقة التيار الداخلية على التحكم بتيار الملف ومقارنة إشارة تيار الملف مع إشارة التحكم ( $V_c$ ) الناتجة عن مكبر الخطأ المستخدم في حلقة الجهد الخارجية، ثم تقارن الإشارة الناتجة من جديد مع الإشارة المثالية أو إشارة سن المنشار ويُعطى الناتج إلى وحدة التحكم بتعديل عرض النبضة (PWM) وفقاً لتعديل دورة العمل (D) [2,9,13].

### 3-2- محاكاة المبدل الإلكتروني (Sepic) باستخدام التحكم غير المباشر (التحكم بحلقتي الجهد والتيار)

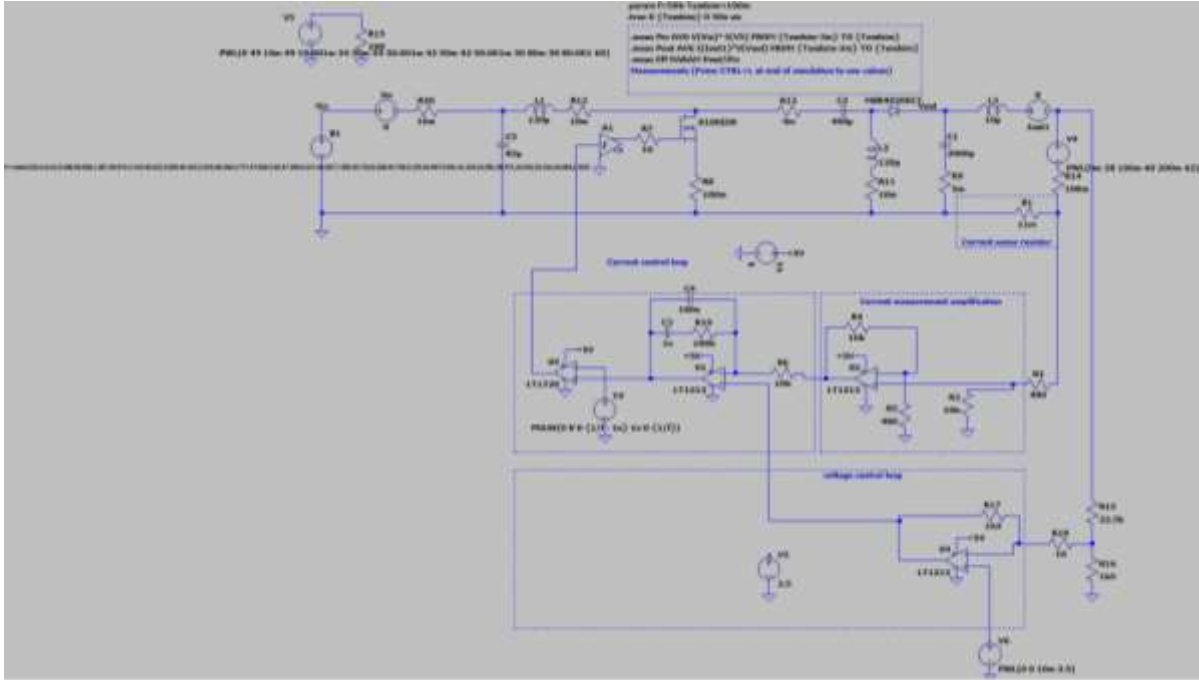
:(VMC, CMC)

قمنا باستخدام برنامج LTspice لمحاكاة المبدل حيث تمّ اختيار قيم للعناصر التي تمت نمذجتها لتوفير الوقت والجهد والكلفة المادية بشكل كبير، يبيّن الشّكل (3) دارة مبدل Sepic الرئيسية المراد محاكاتها.



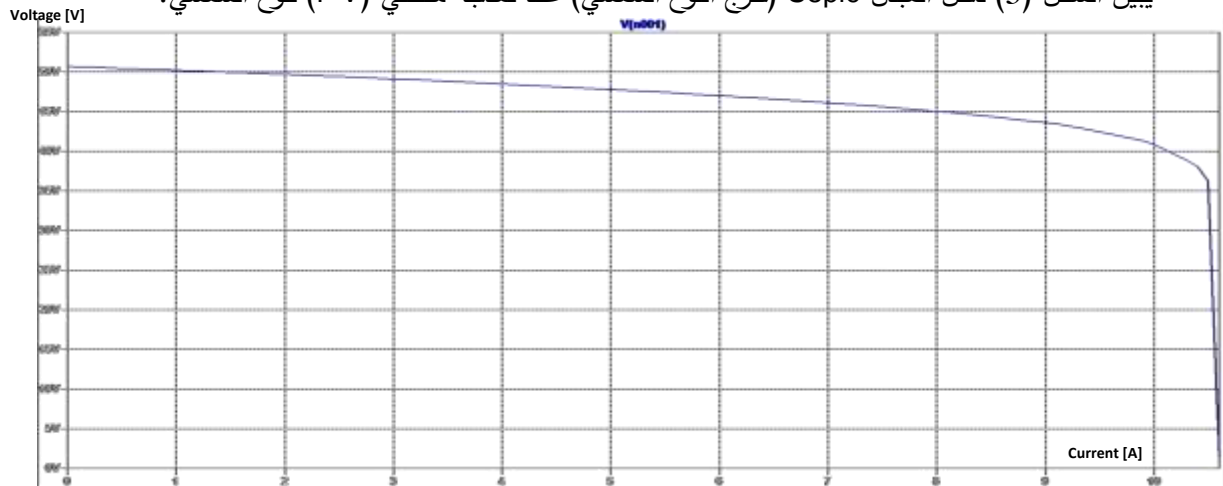
## الشكل (3): دائرة مبدل Sepic الرئيسية.

قمنا بإجراء المحاكاة للمبدل Sepic بعد القيام بنمذجة اللوح الشمسي المستخدم باستخدام التحكم غير المباشر أو ما يُسمى التحكم بحلقتي الجهد والتيار (VMC,CMC) من خلال تصميم حلقتين من التغذية العكسية، الحلقة الأولى هي حلقة التحكم بالتيار من أجل التحكم بتيار الحمل والحلقة الأخرى هي حلقة التحكم بالجهد من أجل التحكم بجهد الحمل، كما يبيّن الشكل (4).



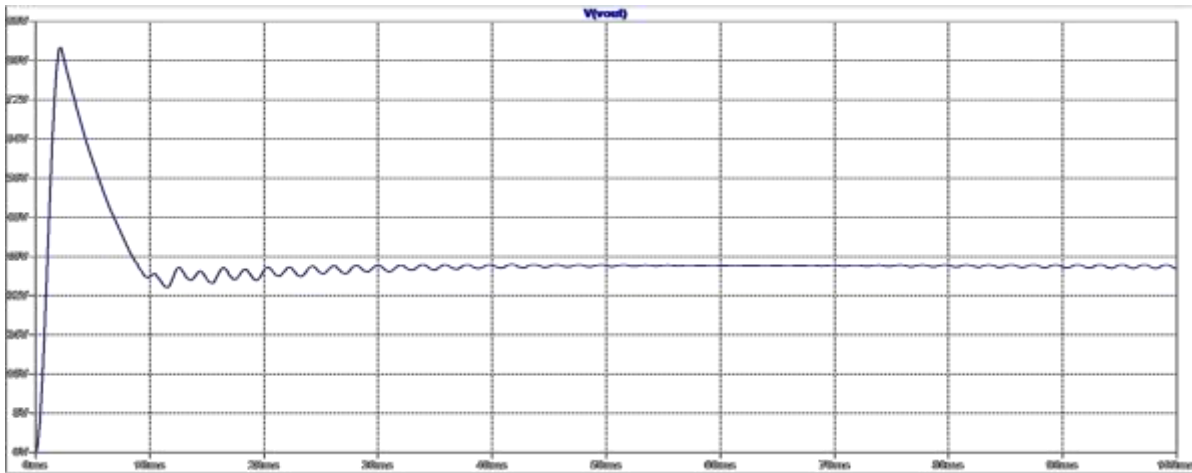
## الشكل (4): دائرة المحاكاة للمبدل Sepic باستخدام (VMC,CMC).

يبيّن الشكل (5) دخل المبدل Sepic (خرج اللوح الشمسي) عند نمذجة منحنى (I-V) للوح الشمسي.



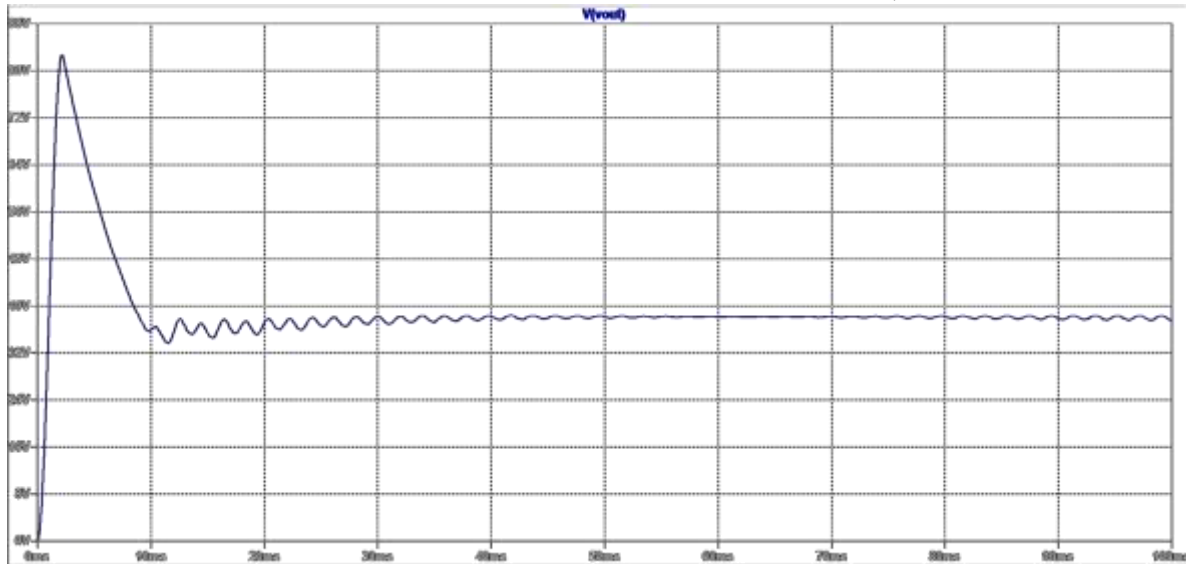
الشكل (5): دخل المبدل Sepic (خرج اللوح الشمسي) عند نمذجة منحنى (I-V) للوح الشمسي.

يبيّن الشكل (6) منحنى جهد الخرج للمبدل Sepic باستخدام (VMC,CMC).



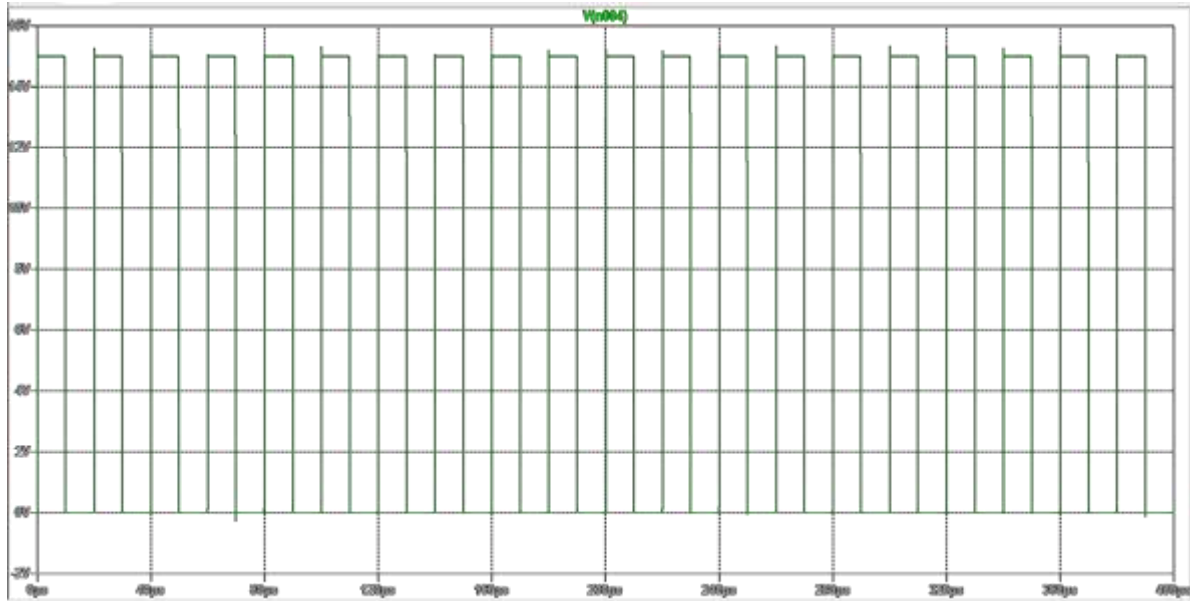
الشكل (6): جهد الخرج للمبدل Sepic باستخدام (CMC,VMC).

يبين الشكل (7) منحنى تيار الخرج للمبدل Sepic باستخدام (CMC,VMC).



الشكل (7): تيار الخرج للمبدل Sepic باستخدام (CMC,VMC).

يوضح الشكل (8) إشارة PWM على بوابة الـ Mosfet باستخدام (CMC,VMC).



الشكل (8): إشارة PWM على بوابة الـ Mosfet باستخدام (CMC,VMC).

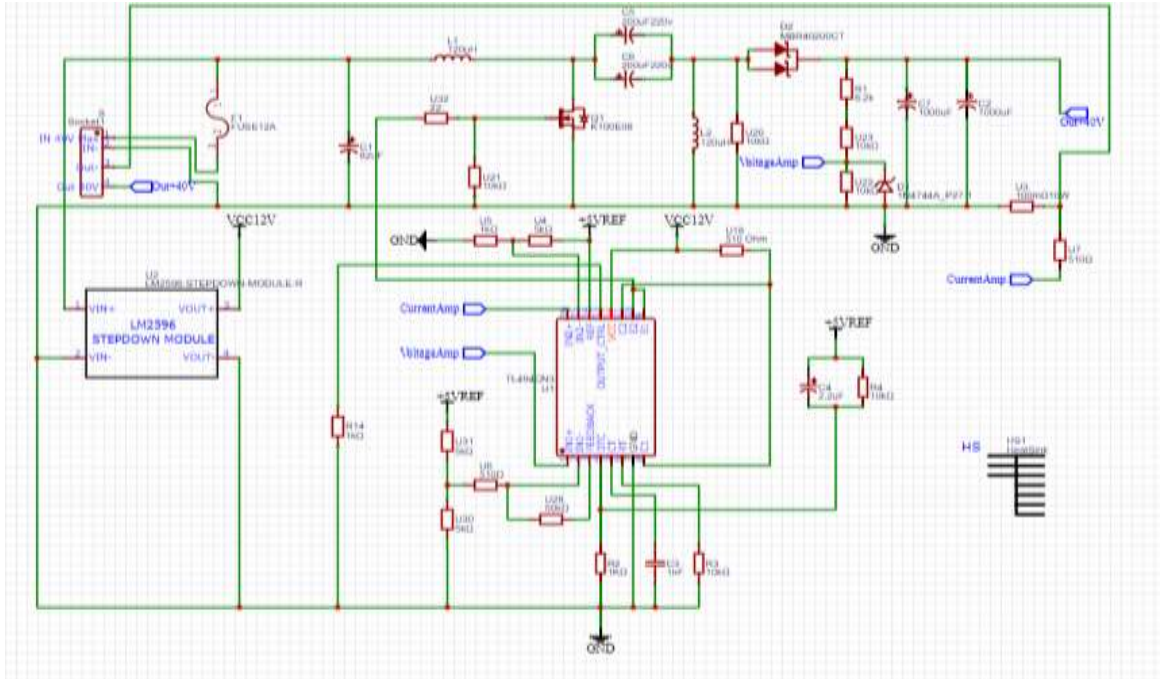
باعتبار لدينا ثلاثة بطاريات كحمل في الخرج وجهد البطارية الواحدة [V] 12، نلاحظ من الشكل (7) أنه يتم شحن البطاريات في البداية من المبدل بتيار أعظمي ثابت يساوي  $I_o = 9.389$  [A] من خلال استخدام حلقة التحكم بالتيار الثابت، فيكون جهد الشحن [V] 38 عندما تكون حالة الشحن للبطاريات  $SOC = 70\%$ ، ومن ثم تنخفض قيمة هذا التيار عندما يرتفع جهد الشحن إلى [V] 40 مع مرور الزمن، كما يبيّن الشكل (6)، ولكن بعد اكتمال عملية الشحن ينتقل العمل إلى استخدام حلقة التحكم بالجهد الثابت من أجل الحفاظ على قيمة جهد البطارية ثابتة ولتخفيض قيمة تيار الشحن عن قيمته السابقة، أي عندما تكون SOC قد وصلت إلى نسبة  $(80-90)\%$  والجهد قد ارتفع إلى [V] 42 يتم الاحتفاظ بجهد شحن البطاريات ثابتاً بحيث تسحب هذه البطاريات تيار أقل لتصل قيمة التيار بعد ذلك إلى الصفر ويتم إيقاف عملية الشحن للبطاريات لحمايتها من الشحن الزائد. يتحقق زمن الاستقرار ( $T_s$ ) عند [msec] 0.83 .

3-3- الدارة العملية للمبدل الإلكتروني (Sepic) باستخدام التحكم بحلقتي الجهد والتيار

:(CMC,VMC)

قمنا بتصميم مخطط الدارة العملية للمبدل Sepic (الخافض-الرافع) باستخدام برنامج EasyEDA، كما يبيّن الشكل (9)، حيث تم استخدام حلقتين من التحكم في دارة التغذية العكسية من أجل التحكم بجهد وتيار الخرج والحصول على جهد خرج ثابت.

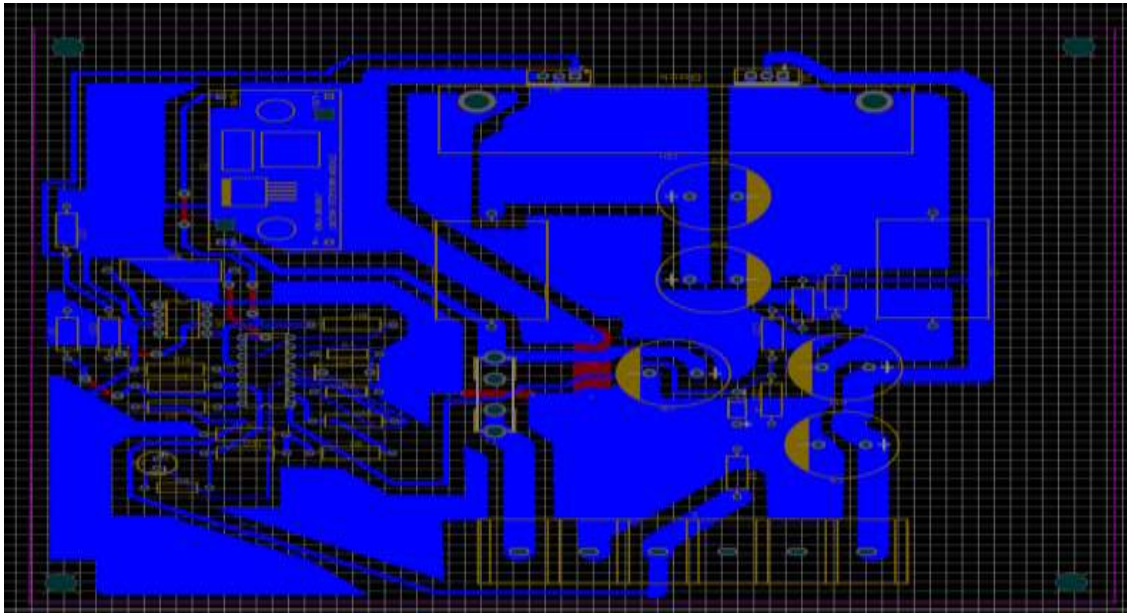




الشكل (9): مخطط الدارة العملية للمبدل Sepic باستخدام برنامج EasyEDA.

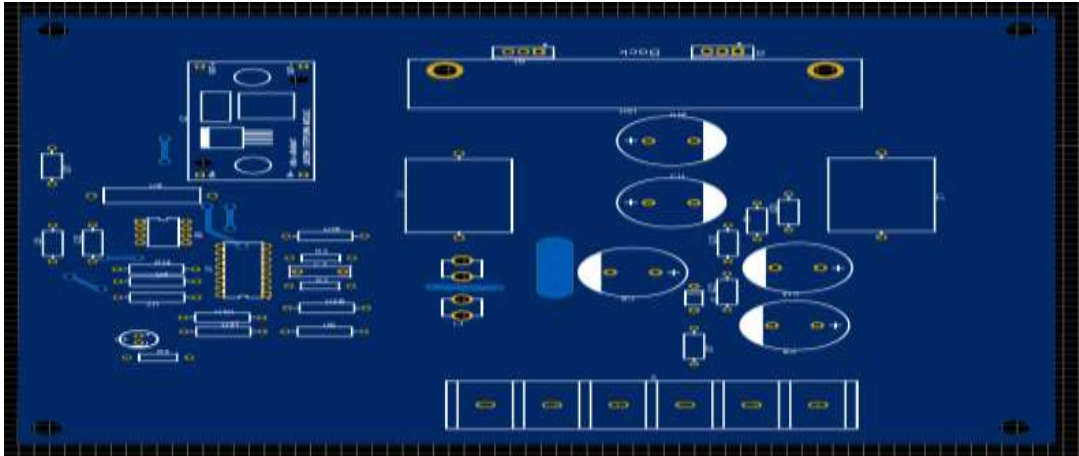
يبين الشكل (10) مخطط الدارة المطبوعة (PCB) (Printed Circuit Board) للمبدل Sepic باستخدام

برنامج EasyEDA.

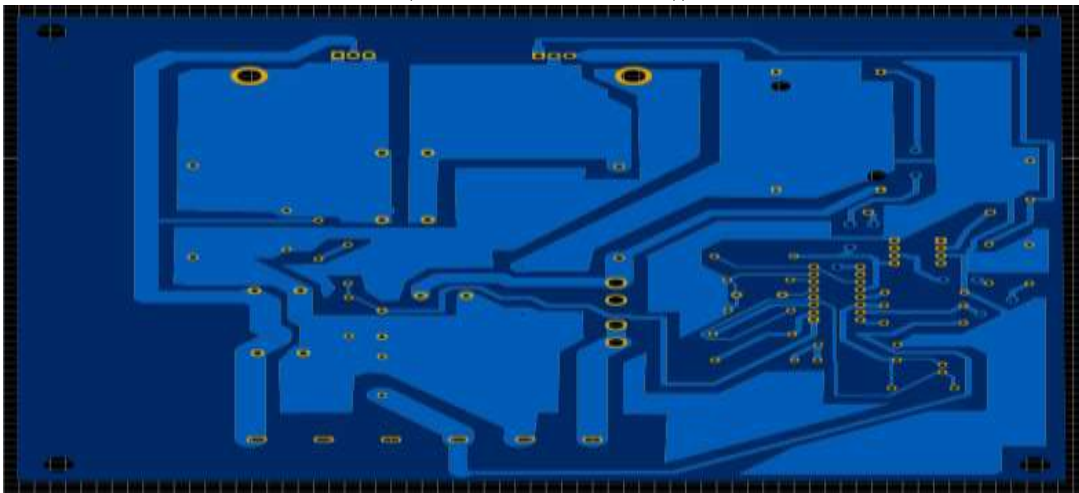


الشكل (10): مخطط الدارة المطبوعة (PCB) للمبدل Sepic باستخدام برنامج EasyEDA.

يبين الشكل (11) مخطط ثنائي الأبعاد (2D) للمبدل Sepic باستخدام برنامج EasyEDA.



(أ): الجانب العلوي (Top Side).

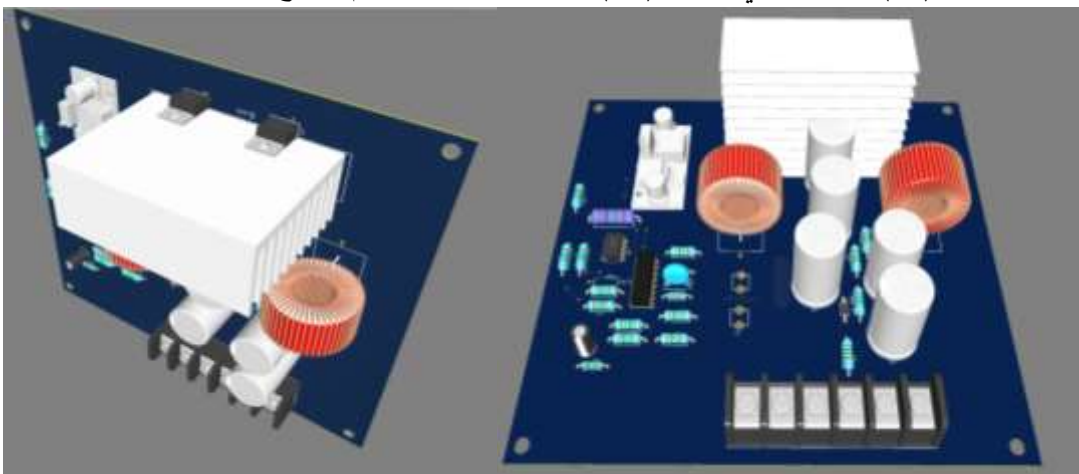


(ب): الجانب السفلي (Bottom Side).

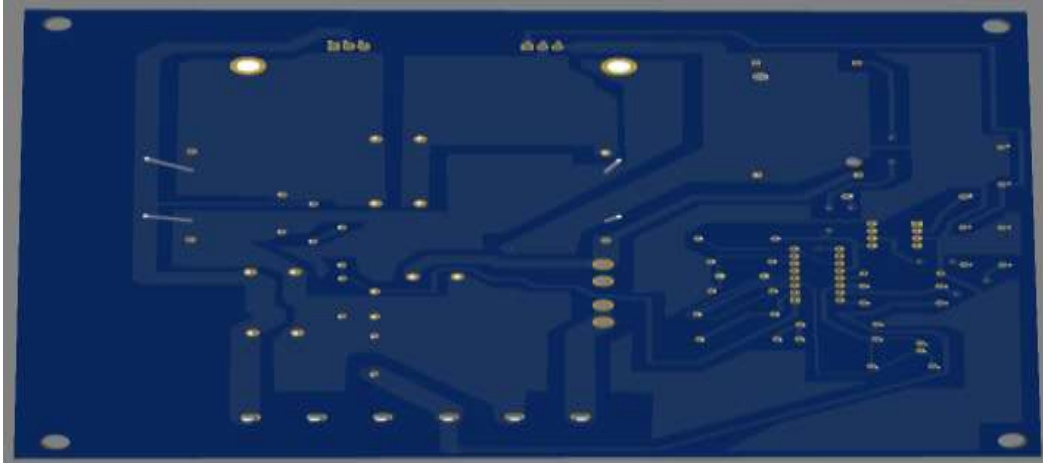
الشكل (11): مخطط ثنائي الأبعاد (2D) للمبدل Sepic باستخدام برنامج EasyEDA.

(أ): الجانب العلوي (Top Side) - (ب): الجانب السفلي (Bottom Side).

يبين الشكل (12) مخطط ثلاثي الأبعاد (3D) للمبدل Sepic باستخدام برنامج EasyEDA.



(أ): الجانب العلوي (Top Side).



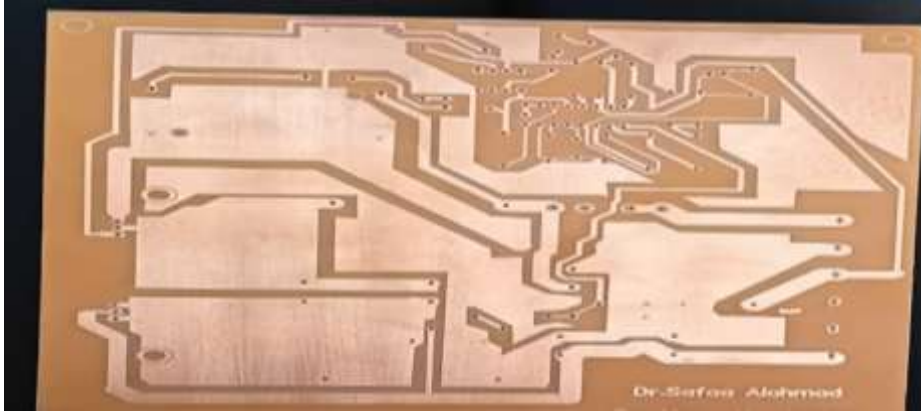
(ب): الجانب السفلي (Bottom Side).

الشكل (12): مخطط ثلاثي الأبعاد (3D) للمبدل Sepsic باستخدام برنامج EasyEDA.

(أ): الجانب العلوي (Top Side) - (ب): الجانب السفلي (Bottom Side).

3-4- تنفيذ الدارة العملية:

بعد تصميم الدارة العملية للمبدل باستخدام برنامج EasyEDA، تم تحويل المخطط عملياً إلى دارة مطبوعة (PCB)، كما يبيّن الشكل (13).



الشكل (13): الدارة المطبوعة (PCB).

بعد ذلك قمنا بالتنفيذ العملي للدارة، حيث تم ضبط تردد العمل للدارة المنفذة على قيمة [50 KHz]، وبيّن الشكل (14) الدارة العملية للمبدل Sepsic.



الشكل (14): الدارة العملية للمبدل Sepsic.



بعد تنفيذ دائرة المبدل *sepic* عملياً تم اختبارها لمدة 4 ساعات لثلاثة أيام متواصلة باستخدام مقاييس الجهد والتيار وجهاز راسم الإشارة، كما تم استخدام الكاميرا الحرارية لمراقبة درجة حرارة العناصر وتجنب تلفها، حيث نلاحظ وجود فقد قليل في الملفات والترانزستور والديود بينما يوجد فقد أكبر في دائرة المتحكم TL494 وفي دائرة العزل والملائمة TLP250 نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، كما يوضح الشكل (15).



الشكل (15): الاختبار العملي للدائرة.

#### 4- مناقشة ومقارنة النتائج:

##### 4-1- اختبار أداء المبدل *sepic* المصمم عند تغيير جهد الدخل بدون حمل:

أجرينا اختبار لدائرة المبدل عند تغيير جهد الدخل بقيم مختلفة ضمن المجال [V] (35-49) بدون وجود حمل في الخرج للتحقق من ثبات جهد خرج على قيمة 40 [V] وتحقيق الاستقرار في خرج المبدل، حيث تبين الأشكال (16)، (17) بعض قيم الاختبار.



(b)

b: جهد الخرج [V] 39.9 .

(a)

a: جهد الدخل [V] 38.7 .



(b)

b: جهد الخرج [V] 40 .

(a)

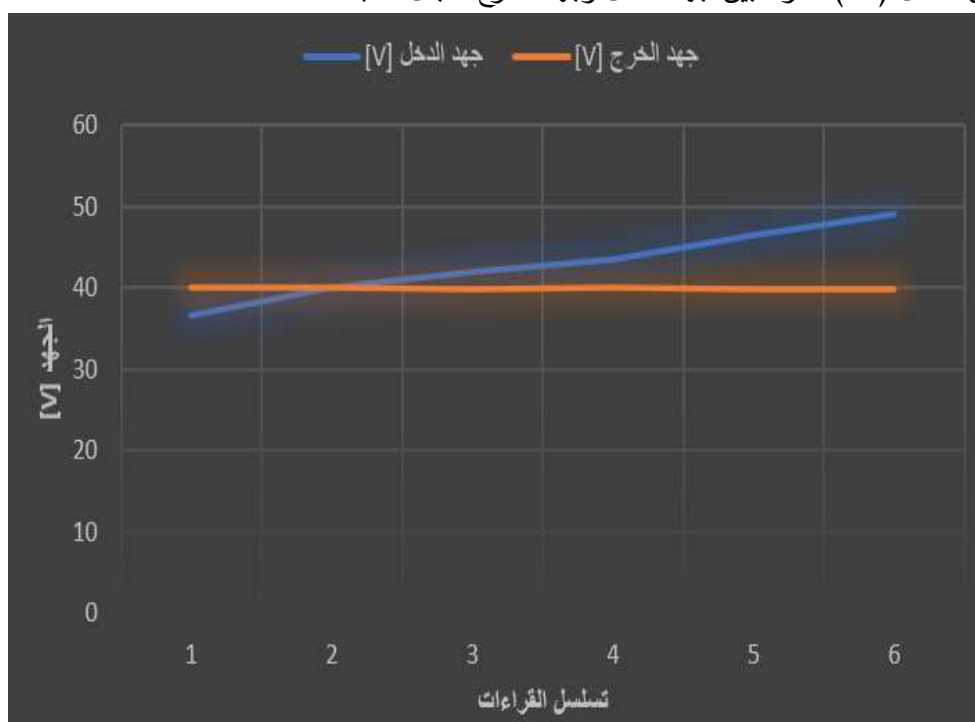
a: جهد الدخل [V] 49.3 .

بعد اختبار أداء المبدل عند قيم مختلفة لقيم جهد الدخل تم الحصول على قيم جهد الخرج التالية، كما يبين الجدول (1).

الجدول (1): نتائج اختبار دائرة المبدل Sepic عند تغير قيم الدخل.

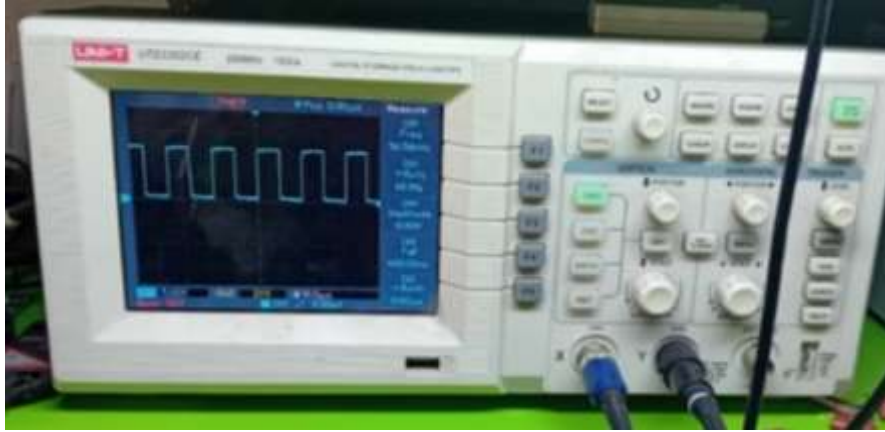
| جهد الخرج [V] | جهد الدخل [V] |
|---------------|---------------|
| 39.9          | 35            |
| 39.8          | 36.5          |
| 39.9          | 38.7          |
| 40            | 40            |
| 40            | 43.8          |
| 40            | 49.3          |

يبين الشكل (18) مقارنة بين جهد الدخل وجهد الخرج للمبدل Sepic.



الشكل (18): مقارنة بين جهد الدخل وجهد الخرج للمبدل Sepic.

نلاحظ من الجدول (1) والشكل (18) المبدل يحافظ على قيمة جهد الخرج ثابتة تساوي 40 [V] عند قيم جهد الدخل المختلفة، كما يوضح الشكل (19) إشارة PWM على بوابة الـ Mosfet المستخدم عند تحقيق الاستقرار في الخرج.



الشكل (19): خرج الـ Mosfet عند دورة عمل 48.9% .

#### 2-4- اختبار أداء المبدل Sepic المصمم عند تغيير مقاومة الحمل:

قمنا باختبار أداء المبدل عند قيم مختلفة لمقاومة الحمل باعتبار جهد الدخل قيمة ثابتة وفق ثلاث حالات، كما يبين الجدول (2).

الجدول (2): نتائج اختبار دائرة المبدل Sepic المصممة عند تغيير قيم الحمل.

| الكفاءة % | استطاعة الخرج [W] | استطاعة الدخل [W] | مقاومة الحمل $[\Omega]$ | تيار الخرج [A] | جهد الخرج [V] | تيار الدخل [A] | جهد الدخل [V] |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| 85.274    | 31.04             | 36.4              | 48.5                    | 0.80           | 38.8          | 1.04           | 35            |
| 86.063    | 62.052            | 72.1              | 25.143                  | 1.571          | 39.5          | 2.06           | 35            |
| 86.691    | 121.368           | 140               | 12.46                   | 3.12           | 38.9          | 4              | 35            |
| 90.190    | 36.8              | 40.8              | 43.47                   | 0.92           | 40            | 1.02           | 40            |
| 88.719    | 73.815            | 83.2              | 21.567                  | 1.85           | 39.9          | 2.08           | 40            |
| 80.241    | 129.451           | 124.8             | 11.569                  | 3.345          | 38.7          | 4              | 40            |
| 88.956    | 45.332            | 50.96             | 34.24                   | 1.139          | 39.8          | 1.04           | 49            |
| 87.616    | 88.44             | 100.94            | 17.488                  | 2.23           | 39.66         | 2.06           | 49            |
| 83.969    | 164.58            | 196               | 9.241                   | 4.22           | 39            | 4              | 49            |

نجد من الجدول (2) أن المبدل يحقق الاستقرار في جهد الخرج عند قيمة متوسطة تساوي [V] 40 عندما يكون جهد الدخل بقيمة ثابتة ومقاومة الحمل متغيرة.

#### 3-4- اختبار أداء المبدل Sepic عند العمل كمنظم شحن للبطاريات:

قمنا باختبار أداء المبدل في حالة عمله كمنظم شحن لثلاث بطاريات (Lead-acid) [V] 12، وسعة البطارية الواحدة [Ah] 45 موصولة مع بعضها على التسلسل، حيث قمنا في البداية بتفريغ البطاريات إلى نفس قيمة الجهد، ثم وصل اللوح الشمسي مع الدارة المُنفذة إلى البطاريات، ليتم بعد ذلك تسجيل القيم اللحظية لكل من تيار وجهد البطاريات وشدة الإشعاع الشمسي بمعدل قراءة كل 15 دقائق، حيث بدأنا بتسجيل قيم هذه

التجربة بتاريخ 2024/2/26 و 2024/2/28 على التوالي من الساعة 11:30 صباحاً إلى الساعة 5:30 مساءً، كما يبيّن الجدول (3) الأشكال (20) و(21) و(22) و(23).

الجدول (3): نتائج الاختبار والقياس عند عمل المبدل كمنظم شحن للبطاريات.

| مستوى الشحن % (SOC) | جهد الشحن [V] | تيار الشحن [A] | تيار الدخل [A] | جهد الدخل [V] | شدة الإشعاع [w/m <sup>2</sup> ] | الزمن [hour] | تسلسل القراءات |
|---------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------------------------|--------------|----------------|
| 16.954              | 35.62         | 4.33           | 3.97           | 46.9          | 1047                            | 11:30        | 1              |
| 25                  | 36.15         | 4.25           | 4.12           | 46.7          | 1045                            | 11:45        | 2              |
| 33.909              | 36.74         | 4.15           | 4.08           | 46.4          | 1057                            | 12:00        | 3              |
| 35.590              | 36.85         | 4.16           | 4.09           | 46.4          | 1059                            | 12:15        | 4              |
| 37.863              | 37.00         | 4.16           | 3.81           | 46            | 1043                            | 12:30        | 5              |
| 39.681              | 37.12         | 4.14           | 3.82           | 45.9          | 1050                            | 12:45        | 6              |
| 40.454              | 37.17         | 4.14           | 3.84           | 45.9          | 1040                            | 1:00         | 7              |
| 41.954              | 37.27         | 4.08           | 3.83           | 45.6          | 1018                            | 1:15         | 8              |
| 43.181              | 37.35         | 4.08           | 3.84           | 45.2          | 1023                            | 1:30         | 9              |
| 47.727              | 37.65         | 4.09           | 3.80           | 44.9          | 1014                            | 1:45         | 10             |
| 50                  | 37.80         | 4.05           | 3.79           | 44.5          | 967                             | 2:00         | 11             |
| 53.181              | 38.01         | 4.01           | 3.82           | 44.8          | 960                             | 2:15         | 12             |
| 60.136              | 38.47         | 4.02           | 3.77           | 44.9          | 936                             | 2:30         | 13             |
| 63.772              | 38.71         | 3.96           | 3.80           | 44.1          | 934                             | 2:45         | 14             |
| 66.818              | 38.91         | 3.94           | 3.60           | 44.4          | 930                             | 3:00         | 15             |
| 68.909              | 39.05         | 3.92           | 3.59           | 44            | 927                             | 3:15         | 16             |
| 72.090              | 39.26         | 3.87           | 3.72           | 43.8          | 909                             | 3:30         | 17             |
| 75.909              | 39.51         | 3.86           | 3.76           | 43.7          | 873                             | 3:45         | 18             |
| 77.118              | 39.59         | 3.86           | 3.70           | 42.9          | 838                             | 4:00         | 19             |
| 83.318              | 40            | 3.85           | 3.79           | 42.2          | 822                             | 4:15         | 20             |
| 83.772              | 40.03         | 3.86           | 3.72           | 41.5          | 803                             | 4:30         | 21             |
| 88.318              | 40.33         | 3.82           | 3.70           | 40.5          | 652                             | 4:45         | 22             |
| 90.909              | 40.5          | 3.77           | 3.73           | 38.4          | 651                             | 5:00         | 23             |
| 94.227              | 40.72         | 3.32           | 2.99           | 38.8          | 559                             | 5:15         | 24             |
| 98.454              | 41            | 2.39           | 2.8            | 38.3          | 505                             | 5:30         | 25             |





الشكل (20): قيم تيار وجهد البطاريات عند تيار دخل [A] 3.97 وجهد دخل [V] 46.9 .



الشكل (21): قيمة شدة الإشعاع الشمسي  $[W/m^2]$  1043 .



الشكل (22): قيم تيار وجهد البطاريات مع تيار دخل [A] 3.73 وجهد دخل [V] 38.4 .

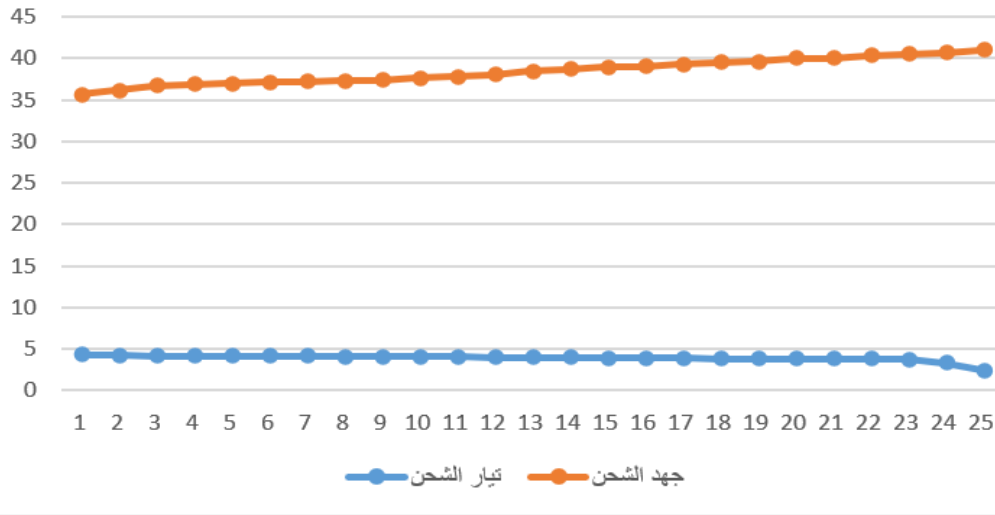




الشكل (23): قيمة شدة الإشعاع الشمسي  $651 [W/m^2]$ .

يبين الشكل (24) العلاقة بين تيار وجهد الشحن للبطاريات.

العلاقة بين تيار الشحن وجهد الشحن للبطاريات



الشكل (24): العلاقة بين تيار وجهد الشحن للبطاريات.

نلاحظ من الجدول (3) ومن الشكل (24) أنه تم تفريغ البطاريات إلى قيمة  $35.62 [V]$  عند مستوى شحن  $16.95\%$  ومن ثم شحنها بتيار ثابت ليرتفع جهد البطاريات تدريجياً وتصل إلى حد الامتلاء بقيمة  $41 [V]$  عند حالة شحن  $98.45\%$ .

**الاستنتاجات:**

- 1- المبدل Sepic قادر على تحقيق الاستقرار في الخرج والحفاظ على جهد خرج ثابت [V] 40 وتيار خرج يصل إلى [A] 4.22 عند تغيير جهد الدخل بمجال واسع [V] (35-49)، مما يجعله مناسب للاستخدام مع الأنظمة الكهروضوئية، حيث يستعمل كشاحن للبطاريات.
- 2- إن المبدل المصمم فعال، يحقق كفاءة عالية تصل إلى % (80.241-90.19) في ظروف التنفيذ العملي.
- 3- إن المبدل المصمم مناسب للعمل كشاحن لثلاث بطاريات، حيث يقوم بشحن البطاريات بتيار ثابت تقريباً ليرتفع جهدها تدريجياً إلى قيمة [V] 41 عند حالة شحن % 98.45 .
- 4- المبدل المصمم قابل للتطوير بحيث يمكن استخدامه مع تطبيقات الري بالطاقة الشمسية وتطبيقات أخرى مع محركات DC.

**التوصيات:**

- 1- دراسة وتطوير نماذج جديدة للمبدل Sepic بحيث تحقق الفعالية العالية عند تصميمها مقارنة مع مبدل Sepic التقليدي.
- 2- استخدام تقنيات مطورة أخرى للتحكم بعمل المبدلات الإلكترونية.
- 3- يُوصى بتطوير المبدل المصمم باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

## المراجع

- [1]- Ihsan A. Mejbel & Turki K. Hassan, 2023, "Design And Simulation Of High Gain Sepic DC-DC Converter ".*Journal Of Engineering And Sustainable Development*.
- [2]- Mokhtar Ali & Mohamed Orabi & Mahrous E. Ahmed & Abdelali El-Arouadi, 2010, "A Single Stage SEPIC PFC Converter for LED Street Lighting Applications". *IEEE. Malaysia*.
- [3]- H. N. K. Ningrum & G. Prabowo & R. J. K. Haryo & B. Winarno & M. Safi'I, 2021, "Design of Adaptive DC Power Supply with Microcontroller Based Cuk Converter Circuit ". *IOP Con*.
- [4]- N. Janaki & SureshAdhithya, G. R. & Joe Edward, C. & Veeraraghavan, K. 2021, "Efficient Operation of DC-DC Converter Using Cuk and Sepic Topology for the Application of Photovoltaic System ". *Annals of R.S.C.B. India*.
- [5]- K. A. Sa'idu & A. Shehu & D. Y. Gital & M. A. Sule, 2021, "Design and Simulation of Cuk DC-DC Converter Topology in Step Down Mode for Improved Solar Battery Performance". *IJETR*.
- [6]- Ejiofor Mac-Rowland Chidera, 2019, "Design and Analysis of Developed Sepic Converter". *NICOSIA*.
- [7]- Mohammed Omar Ali & Ali Hussein Ahmad, 2020, "Design, modelling and simulation of controlled sepic DC-DC converter-based genetic algorithm". *International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)*. Iraq.
- [8]- Ratna Ika Putri & Surya Nata & Bambang Priyadi, 2022, "Battery charging control using photovoltaic with sepic converter". *International Journal of Frontier Technology and Engineering (IJFTE)*. Indonesia, Vol.01, No.01,33-41.
- [9]- Darameičikas, M. & Muhammad-Sukki, F. & Abu-Bakar, S. H. & Sellami, N. & Bani, N. A. & Muhtazaruddin, M. N. & Mus'ud, A. A. & Ardila-Rey, J. A. 2019, "Improved design of a DC-DC converter in residential solar photovoltaic system". *International journal of power electronics and drive systems (IJPEDS)*. Vol.10, No.3, pp.1476~1482.
- [10]- Shruti Pramodrao Patil & S. R. Paraskar, 2021, "Design and Simulation of DC-DC Converters for Photovoltaic System" *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering*. Vol.2, No.6, India.
- [11]- M. Dhamodaran & S. Jegadeesan & A. Murugan & B. Ramasubramanian, 2019, "Modeling and Simulation of the Flyback Converter using SPICE Model". *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. Vol.8.
- [12]- Ned Mohan & Tore M. Undeland & William P. Robbins, 1995, "Power Electronics, Converters, Applications, and Design". United States of America.
- [13]- Andhika Giyantara & David Christover & Yun Tonce Kusuma Priyanto, 2019, "Design and Implementation Buck-Boost Converter Using Arduino Mega 2560". *ICONIT-International Conference on Industrial Technology*.