

## تصميم وتصنيع ملحق لنقل الحركة لتوليد الطاقة الكهربائية من الجرار الزراعي (مولد PTO)

علي أبوراس<sup>1\*</sup>، عبد الرؤوف القطعي<sup>2</sup>، محمد الرويمي<sup>3</sup>، معمر احمد<sup>4</sup>، علي الرتيمي<sup>5</sup>  
<sup>1,2,5</sup> قسم تقنيات الهندسة الميكانيكية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، الزاوية، ليبيا  
<sup>3</sup> قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، كلية الهندسة، جامعة المرقب، الخمس، ليبيا  
<sup>4</sup> قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، كلية الهندسة، الجامعة الأسمرية الإسلامية، زليتن، ليبيا

### Design and Manufacture of a Power Transmission Attachment for Generating Electric Power from an Agricultural Tractor (PTO Generator)

Ali Aburass<sup>1\*</sup>, Abdul Raouf Alqute<sup>2</sup>, Mohamed Elrawemi<sup>3</sup>,  
Moamar Hamed<sup>4</sup>, Ali Alrataimi<sup>5</sup>

<sup>1,2,5</sup> Department of Mechanical Engineering Technologies, Higher Institute of Science and  
Technology, Zawia, Libya

<sup>3</sup> Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Engineering,  
Elmergib University, Al Khums, Libya

<sup>4</sup> Department of Mechanical and Industrial Engineering, Faculty of Engineering,  
Alasmarya Islamic University, Zliten, Libya

\*Corresponding author: [ali.aburass@hite.edu.ly](mailto:ali.aburass@hite.edu.ly)

تاريخ النشر: 2025-04-14

تاريخ القبول: 2025-04-06

تاريخ الاستلام: 2025-02-08

#### الملخص

تهدف هذه الدراسة الى تعزيز الاستفادة من الجرارات الزراعية واستخدامها في توليد الطاقة الكهربائية في المناطق التي يصعب فيها الحصول على الطاقة الكهربائية من الشبكة العامة للكهرباء. وعلى هذا الأساس تركز موضوع هذه الدراسة على تصميم وتصنيع ملحق على جرار زراعي نوع MF 240 لتوليد الطاقة الكهربائية بخامات محلية وبتكاليف منخفضة. ومن هذا المنطلق تم تصميم ملحق يعتمد على قدرة وسرعات عمود إخراج الطاقة من الجرار الزراعي. وبعد اختبار سرعة دوران عمود إخراج الطاقة، صُمم صندوق التروس لرفع سرعة عمود إخراج الطاقة وهي السرعة اللازمة لتشغيل ملف توليد الكهرباء.

بعد التصميم الذي أستخدم فيه برنامج SolidWorks، تم تصنيع الملحق وهو صندوق التروس مع ملحقاته وتركيبه مع ملف توليد الكهرباء وذلك في هيكل واحد. أجريت عدة تجارب وتعديلات عملية، استطاع شخص واحد لعدة مرات من فك وتركيب الملحق على الجرار بكل سهولة. كما تم تشغيل الجرار بالملحق بشكل مبدئي وبدون تشغيل المولد أي بدون أحمال كهربائية مع متابعة أجهزة القياس ومؤشرات الفولتية والتردد والحرارة لفترات طويلة. نتج عن ذلك أن كل الأجزاء الميكانيكية للملحق تعمل بشكل طبيعي. أجريت التجارب العملية لتشغيل المولد بعد عمل جيد للأجزاء الميكانيكية وذلك بتوصيل الأحمال الكهربائية التي تجاوزت 35 امبير لفترة 4 ساعات متواصلة في ظروف مختلفة وفي أجواء صيفية وأماكن زراعية وصناعية. نتج عن ذلك توليد وإنتاج للكهرباء بكفاءة عالية، وأيضاً كان مستوى صوت الأجزاء الميكانيكية مقبولاً. إن هذا الإنجاز العلمي سيكون له بالغ الأثر في القطاعات الصناعية والزراعية التي تواجه صعوبة الحصول على التيار الكهربائي مباشرة من الشبكة العامة للكهرباء أو تلك التي تعاني من انقطاع متكرر للكهرباء.

الكلمات المفتاحية: الجرارات الزراعية، صندوق التروس، ملف توليد الكهرباء، عمود إخراج الطاقة.

## Abstract

The main aim of this study is to enhance the benefits of agricultural tractors, particularly their ability to generate electricity in areas where the public grid is not easily accessible. The study focuses on the design and manufacture of an agricultural tractor MF 240 attachment, which can generate electricity with local materials and at low costs. It is designed based on the capacity and speeds of the energy release shaft. After testing the rotation of the power output shaft, the gearbox is modified to increase the power output, which is necessary to operate the electricity generation coil.

The SolidWorks software is used to design the attachment. The gearbox with the relevant accessories is installed with the electricity generation coil in one frame. Several practical modifications are made so that the user can easily install the attachment. The tractor was also operated in the appendix in principle and without operating the generator, that is, without electrical loads, with the follow-up of the measuring devices, voltage indicators, frequency and heat for long periods. All the mechanical parts of the attachment are working as normal. Practical experiments are conducted by generating an electric load of more than 35 Amps for a period of 4 continuous hours in different circumstances (e.g. summertime weather and suburban and industrial areas). The tractor can generate electricity with high efficiency, and the amount of noise made by its mechanical parts is considered acceptable. The results of this study will have a major impact on industrial and agricultural sectors that face difficulties in obtaining power directly from the public grid or regions that suffer from frequent power outages.

**Keywords:** Agricultural tractors, Gearbox, Generator coil, Power output shaft.

## 1. مقدمة

مهما كانت الأسباب التي تؤدي إلى انقطاع التيار الكهربائي في الشبكة الكهربائية، سواء كانت ناجمة عن أعطال في محطات توليد الكهرباء أو في المحطات الفرعية، أو الأعطال التي تحدث خلال عملية نقل الكهرباء أو الأعطال في شبكه التوزيع أو نتيجة حدوث زيادة كبيرة في الأحمال الكهربائية وغيرها، تعتبر مشكلة لها تأثيرات وأضرار مادية جسيمة [1] [2]. إن مشكلة انقطاع الطاقة الكهربائية سواء كان هذا الانقطاع على المدى القصير أو المدى الطويل له تأثير مباشر على حياة البشر، خاصة في القطاعات الزراعية والصناعية. وهذا بدوره سيؤدي إلى توقف عجلة الإنتاج وبالتالي ستكون الخسائر المادية باهظة الثمن. من هنا وجب الحرص على استخدام عدة بدائل ومصادر احتياطية لإنتاج الكهرباء، مثل المولدات الكهربائية والطاقة الشمسية. إلا أن بعض البدائل تكون فيها التكاليف عالية ربما لا تستطيع جميع القطاعات تنفيذ ذلك. وعلي هذا الأساس اضطر المزارعون والمراكز الصناعية الصغيرة (مثل مراكز اللحام) للبحث عن البديل والأرخص لتغطية الفقد الحاصل في الكهرباء أثناء انقطاع التيار الكهربائي من الشبكة العامة للكهرباء. وكان الخيار المتاح هو المولدات الكهربائية المستوردة من الخارج إلا أن أسعارها مرتفعة وتمثل عبأً كبيراً على المزارعون وأصحاب المراكز الصناعية. وباعتبار أن أغلب المزارع يوجد بها جرار زراعي، ومن الأنواع الشائعة في ليبيا هي (MF) 240/275/285/290 أو ما يعادلها من أنواع أخرى [3]. ظهرت للباحثين فكرة تصميم مولد كهرباء PTO لجرار زراعي لإنتاج الطاقة.

## 2. دراسة عمل الجرار الزراعي

صُممت جميع الجرارات الزراعية بمواصفات خاصة تختلف عن الآلات الميكانيكية الأخرى وذلك حسب طبيعة ومكان عملها. من ضمن هذه المواصفات أن جميع الجرارات الزراعية مزودة بعمود إخراج الطاقة الذي يعرف بإسم (P.T.O) لتشغيل عدة معدات وملحقات كبيرة وصغيرة أو ذات طابع ثقيل، على سبيل المثال كباسة القش وعزاقة التربة وغيرها، حيث أن هذا العمود يقوم بإخراج حركة دورانية من الجرارات الزراعية بسرعة دوران تتراوح من 450 – 1000 لفة/دقيقة حسب وصف جمعية المهندسين الأمريكيين وتصل الى 2000 لفة/دقيقة في بعض جرارات الحدائق، وقد وُجد أن القدرة المسموح بنقلها من المصدر تبلغ حوالي 50% من قدرة المحرك [4]. هذا البحث يركز على عمل عمود إخراج الحركة الدورانية (P.T.O) لإنتاج الطاقة الكهربائية.

### 1.2 مولدات (P.T.O)

بدأت في الانتشار في السنوات الأخيرة مولدات PTO للجرارات لكن بشكل قليل، إن هذه المولدات أساسها الجرار الزراعي. يُستخدم هذا النوع للاستغلال الزراعي أو للاستخدام الصناعي المتنقل، لأنها مثالية للتنقل في الحقول حيث لا يمكن وصول التيار الكهربائي لهذه المناطق أو عند انقطاعه. هذه المولدات تعتبر أيضاً مثالية ببنيتها لأنها تتطلب مصدر للطاقة توفره الجرارات أو آليات أخرى مشابهة. هذا الملحق يحظى بتقدير كبير في المناطق الريفية وما شابهها حيث يتعذر الوصول إلى خطوط الكهرباء والحصول على التيار الكهربائي بسهولة. الشكل (1) يوضح أشكال مولدات إخراج الطاقة (PTO) وهو صندوق تروس وملف توليد الكهرباء [5].



شكل 1: مولدات PTO بدون الجرار [5]

تكمُن أهمية الدراسة بأهمية فكرة موضوعها المتعلق بحماية المحاصيل الزراعية من الجفاف أثناء الانقطاعات الطويلة والمتكررة للتيار الكهربائي وخاصة في فصل الصيف. ومن هذا المنطلق جاءت فكرة الاستفادة من الجرار الزراعي داخل الحقول الزراعية بتوليد الطاقة الكهربائية بتكاليف منخفضة. على هذا الأساس أجريت الدراسات العملية لتصميم وتصنيع صندوق تروس محلياً، لرفع سرعة عمود إخراج الطاقة من الجرار للحصول على السرعة اللازمة لتشغيل ملف توليد الكهرباء، لتوليد طاقة كهربائية تكفي لاحتياجات المزرعة. بالإضافة إلى إمكانية الاستفادة من الخامات والمعدات المحلية في صناعة هذه الآلية أو الملحق بتكاليف منخفضة وجودة عالية. أيضاً هذا البحث يُعطي الفرصة لإمكانية الاستفادة منه مادياً وإنشاء خط إنتاج لإنتاج كميات تتماشى مع الطلب في السوق الليبي.

### 3. تصميم الملحق وهيكل الآلة.

صُممت جميع الأجزاء ببرنامج SolidWorks لتفادي الأخطاء أثناء التصنيع، وأُخذ في الحسبان عملية ربط الجرار بالملحق الميكانيكي وربط الملحق بالمولد أولاً، ثم ملف توليد الكهرباء. كل هذه المتطلبات يجب أن تكون لها دراسة وتصميم وتصنيع دقيق. صُمم صندوق التروس بناءً على الدراسة العملية التي أجريت على الجرار وتحديد سرعة وقوة عمود إخراج الطاقة من الجرار حيث أنه عند دوران محرك الجرار 1500 لفة/دقيقة تكون سرعة دوران عمود إخراج الطاقة من الجرار 480 لفة/دقيقة وسرعة الدوران اللازمة لتشغيل ملف توليد الكهرباء المراد استخدامه في الدراسة 1500 لفة/دقيقة أي أن هذه السرعة مساوية لسرعة دوران محرك الجرار. وبالتالي يجب رفع سرعة عمود إخراج الطاقة من الجرار لتصل إلى 1500 لفة/دقيقة عن طريق التروس [6].

أثناء الدراسة العملية أجريت عدة زيارات ميدانية لموزعي قطع غيار الجرارات وذلك للاطلاع على شكل ومواصفات التروس التي تقوم بتشغيل عمود إخراج الطاقة من الجرار (P.T.O) وهو عبارة عن ترسين بسيطين فقط. إحداها ترس كبير والأخر ترس صغير، حيث الترس الصغير عدد اسنانه (17) سن عدلة وهو الترس القائد وهو متصل مباشرة بقرص قابض متصل بمحرك الجرار. حيث أن الجرار الزراعي به عدد اثنان اقراص قابضة، احداها مخصص لصندوق السرعات بالجرار والأخر مخصص لعمود إخراج الطاقة من الجرار ونظام الرفع الهيدروليكي. الترس الثاني الكبير المنقاد عدد اسنانه (54) سن عدلة حيث تتم إدارته بواسطة الترس الأول وهو متصل مباشرة مع عمود إخراج الطاقة للجرار. ولمعرفة السرعة الفعلية لعمود إخراج الطاقة، تم قياس سرعة دوران العمود بجهاز قياس سرعة الدوران Tachometer (التاكوميتر) كما موضح بالشكل (2) أثناء تشغيل العمود على سرعات مختلفة، حيث كانت النتائج كما موضح بالجدول (1). هذه النتائج الأولية والتفصيلية صُمم علي أساسها الملحق لنقل السرعة.

جدول 1: النتائج الأولية لسرعة دوران عمود إخراج الطاقة (P.T.O)

رت	سرعة الجرار	سرعة عمود إخراج الطاقة
1.	500 لفة/دقيقة	160 لفة/دقيقة
2.	1000 لفة/دقيقة	320 لفة/دقيقة
3.	1500 لفة/دقيقة	480 لفة/دقيقة
4.	2000 لفة/دقيقة	640 لفة/دقيقة
5.	2500 لفة/دقيقة	800 لفة/دقيقة



شكل 2: جهاز قياس سرعة عمود اخراج الطاقة.

بعد قياس سرعة عمود إخراج الطاقة باستخدام جهاز قياس السرعة، تم حساب نسبة التخفيض بين التروس. ولتصميم التروس تم استخدام علاقة سرعة الدوران 480 لفة/دقيقة لعمود إخراج الطاقة المحددة في الدراسة والسرعة 1500 لفة/دقيقة المطلوبة لتشغيل ملف الكهرباء [7].

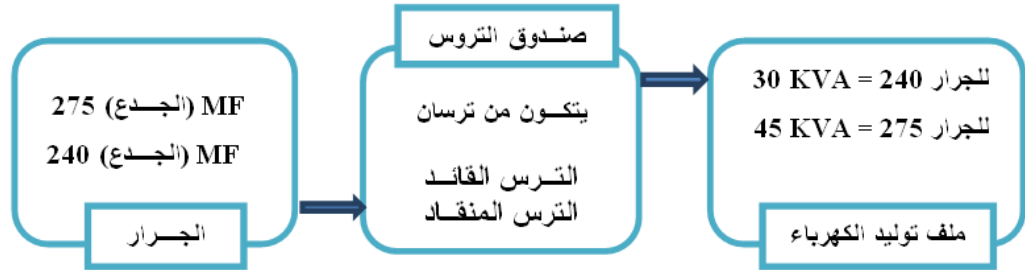
$$3.125 = \frac{1500}{480} = \frac{\text{سرعة الترس المقاد}}{\text{سرعة الترس القائد}}$$

$$3.176 = \frac{54}{17} = \frac{\text{عدد اسنان الترس القائد}}{\text{عدد اسنان الترس المقاد}}$$

أستخدم ترس القائد بعدد اسنان 54 سن وترس مُنقاد بعدد اسنان 17 سن بحيث تصبح السرعة اللازمة لتشغيل ملف توليد الطاقة كالتالي:

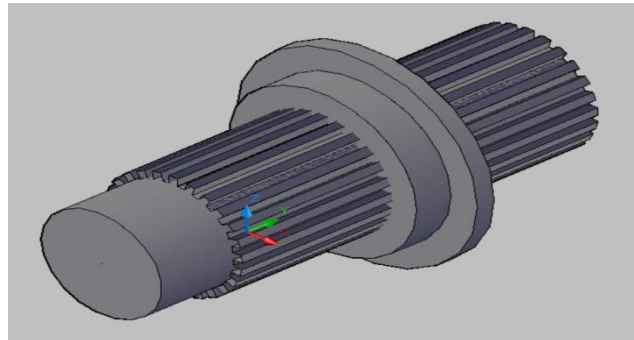
$$\text{السرعة اللازمة لتشغيل الملف} = 480 \times 3.176 = 1524.48 \text{ لفة/دقيقة}$$

ولفهم تصميم التروس يجب أولاً معرفة المصطلحات الخاصة بالدائرة، ثم مصطلحات تصميم التروس ومعادلات التصميم وتقسيم الترس على الفريزة [8]. الشكل (3) يوضح مخطط تصميم آلية عمل حركة المنظومة ووصف التصميم التفصيلي بشكل عام لكل جزء.



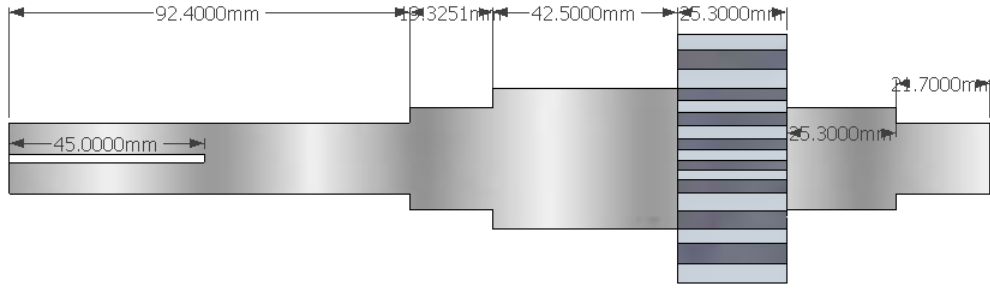
شكل 3: آلية عمل المنظومة.

العمود الأول وهو العمود الرئيسي الذي يقوم بإدخال الحركة عن طريقه الى صندوق التروس ويُركَّب عليه الترس القائد ويتصل من الجهة الأمامية بالوصلة المرنة التي تنقل الحركة من الجرار وهو مصدر الطاقة، كما هو موضح بالشكل (4).



شكل 4: المحور الحامل للترس القائد.

العمود الثاني الذي يُركب عليه الترس المنقاد، وهو عمود إخراج الحركة من صندوق التروس الى ملف توليد الكهرباء، والترس متصل مباشرة بالعمود، كما موضح بالشكل (5).

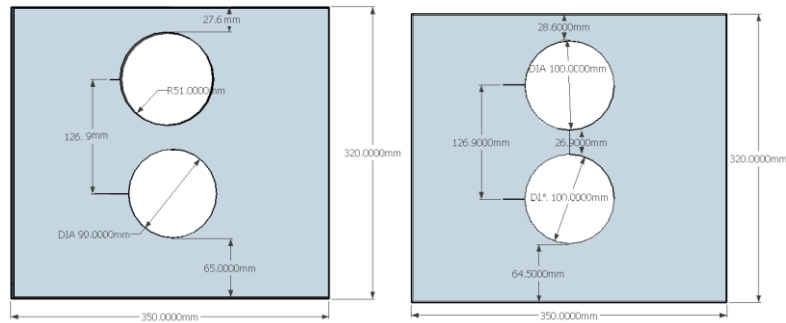


شكل 5: المحور الحامل للترس المنقاد.

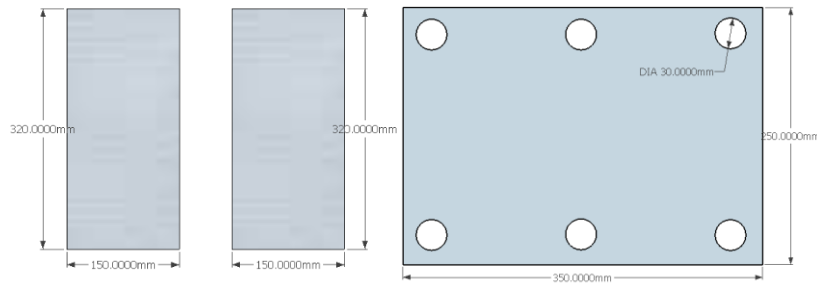
بعد الانتهاء من تصميم تروس نقل الحركة، من هنا ننتقل الي تصميم إطار الصندوق على أن يكون بأبعاد ومواصفات دقيقة ليحمل التروس وحوامل الأعمدة وايضا الزيت لتسهيل الحركة. أبعاد ومقاسات الصندوق موضحة بالجدول (2).

جدول 2: مواصفات هيكل صندوق التروس.

رت	نوع اللوح	السمك	ارتفاعه	عرضه
1.	لوح القاعدة	20مم	250مم	350مم
2.	لوح الواجهة الأمامية	20مم	320مم	350مم
3.	لوح الواجهة الخلفية	20مم	320مم	350مم
4.	اللوح الجانبي اليمين	20مم	320مم	150مم
5.	اللوح الجانبي اليسر	20مم	320مم	150مم
6.	لوح الغطاء العلوي	4 مم	350مم	150مم



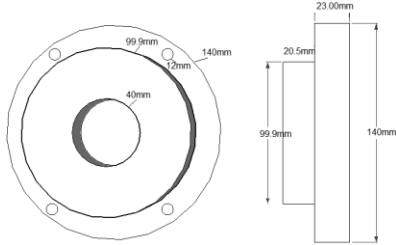
شكل 6: القاعدة الامامية للمحامل المتدحرجة للمحور القائد شكل 7: القاعدة الخلفية للمحامل المتدحرجة للمحور المنقاد



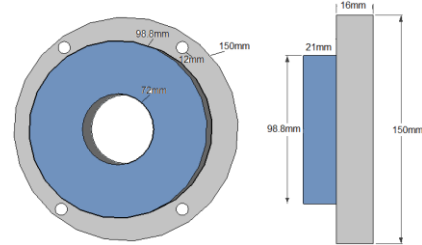
شكل 8: القاعدة السفلية شكل 9: لوح الجانب اليمين ولوح الجانب اليسر

### 1.3 قواعد تثبيت المحامل (الفلائشات).

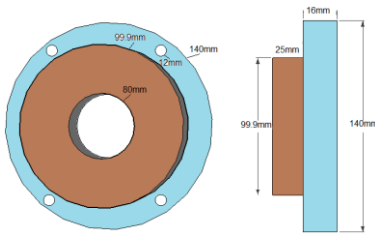
قواعد المحامل وهي مهمة جدًا في التثبيت وحمل الأثقال وجعلها مركزيه عند دورانها . وظيفة هذه القواعد هي تثبيت المحامل (المتدحرجات) ومنع تسرب الزيت [7]. تم ربط المحامل على جسم الصندوق وعددها أربعة كما هو موضح بالأشكال (10،11،12،13).



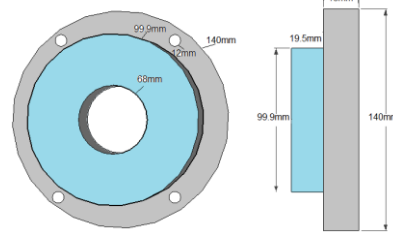
شكل 11: القاعدة الثانية للعمود القائد من جهة اللفة.



شكل 10: القاعدة الاولى للعمود القائد من جهة الجرار.



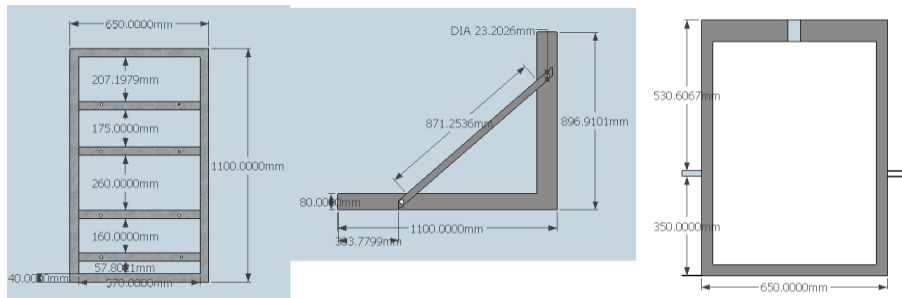
شكل 13: القاعدة الرابعة للعمود المقاد من جهة الجرار.



شكل 12: القاعدة الثالثة للعمود المقاد من جهة اللفة.

### 2.3 الهيكل المعدني (الشاصي).

حرصًا على سير الدراسة أو البحث بالشكل المطلوب، تم الأخذ في الحسبان وزن صندوق التروس وأيضًا وزن ملف توليد الكهرباء الذي يصل وزنه إلى 230 كيلوجرام بالإضافة إلى وزن الشاصي نفسه بحيث يكون الهيكل المعدني يتحمل الأوزان سالفة الذكر. من هنا تم تصميم القاعدة الرئيسية على شكل حرف U بسمك 1م وارتفاع 80 مم وقنطرة الموازنة العلوية من زاوية بسمك 10مم وأذرع الموازنة الجانبية بسمك 8 مم كما موضح بالشكل (14).



شكل 14: الشاصي المركب عليه كامل أجزاء الآلة.

### 4. الجانب العملي

بعد الانتهاء من مناقشة حساب الأبعاد من خلال التصميم تم استخدام مجموعة من الآلات خلال عملية التصنيع من ضمنها آلة الخراطة وآلة الفريزة والمنشار المعدني الكهربائي ومجموعة من الآلات الأخرى والتي تتوفر في الورش الميكانيكية بالمعهد العالي للعلوم والتقنية بالزاوية. أجريت عمليات التصنيع باستخدام معدن الحديد (الصلب الطري) لصناعة التروس والصندوق وحوامل الأعمدة. أيضًا أثناء عمليات التصنيع أجريت بعض الاختبارات للتعرف على خصائص المعادن المستخدمة في عملية التصنيع. وبعد الانتهاء من عملية التصنيع والمعالجة الحرارية لبعض الأجزاء المصنعة. تم تجميع الأجزاء لتعديلها وجعلها مركزية Centered وذلك بمساعدة مهندسين وفنيين في الورش الميكانيكية بشركة الزاوية لتكرير النفط. جميع أعمال التصنيع واللحام والتركيب والتجميع لجميع أجزاء الآلة موضحة بالشكل (15).

أجريت التجارب العملية الميدانية على الشاصي وذلك بعد التأكد من مستوى زيت التزييت بالصندوق عن طريق توصيل الآلة بالجرار ورفع وخفض الآلة بواسطة أذرع الرفع الهيدروليكية بالجرار للتأكد من متانة اللحام وجودة التصنيع كما موضح بالشكل (16). كما أجريت عدة تجارب عملية وتشغيلية على هذا الملحق فكان من السهل جداً لشخص واحد تركيب المولد وتشغيله وفكه وتخزينه.



شكل 15: تجميع الأجزاء وتعبئة الزيت



شكل 16: تركيب الملحق على الجرار وتشغيل نظام الرفع الهيدروليكي

## 5. النتائج

بعد الانتهاء من تصميم وتصنيع وتجميع الملحق، أجريت تجارب أولية لتوصيله بالجرار الزراعي. هدفت هذه التجارب إلى تقييم أداء الملحق بالمولد المُصنَّع، حيث تم رصد مؤشرات القوة الدافعة للجرار، والقدرة الكهربائية، ودرجة الحرارة، والفولتية، وغيرها من القيم المصممة لتحديد قدرة المولد وعلاقته بالأحمال الكهربائية، من خلال توصيله بمضخة غاطسة في بئر مياه بعمق يزيد عن 16 متر وبقوة 15 حصان في المزرعة. وقد أظهرت العملية التشغيلية نجاحاً ملحوظاً، حيث استمرت التجارب لأكثر من 4 ساعات متواصلة دون أي مشاكل تذكر.

كما تم اختبار قدرة المولد والجرار والملحق على تحمل الأحمال الكبيرة، حيث تم تشغيل المضخة بالإضافة إلى منزل مكون من طابقين بكافة أحماله الكهربائية التي تجاوزت 35 أمبير. وقد لوحظ نجاح جميع التجارب بكفاءة عالية في توليد الكهرباء دون أي عيوب ملحوظة. ومع ذلك، لا تعني هذه النتائج أن الدراسة خالية من العيوب، إذ لا يمكن تشغيل المولد في الأجواء الممطرة، وعند تشغيل الحمل الكامل للمولد بقوة (30 KVA) والذي يتجاوز 37 أمبير على الجرار MF 240، يكون عزم المحرك عند أعلى مستوى، مما يمنع زيادة تسارع المحرك بسبب تأثير الحمل الكامل للمولد، كما يفقد المحرك جزءاً من قوته لتشغيل أجزاء الجرار الأخرى. بالإضافة إلى ذلك، يكون صوت الجرار مرتفعاً أثناء التشغيل في الأماكن المغلقة أو شبه المغلقة.

## 6. الخلاصة

إن الكهرباء هي المحرك الرئيسي لعصرنا الحديث، وهي شريان التنمية والحياة والتصنيع والإنتاج. وفي بعض الأماكن، يؤدي انقطاعها المتكرر أو انعدامها إلى إلحاق ضرر كبير بعجلة الحياة. ركزت هذه الدراسة على تصميم وتصنيع ملحق ناقل حركة لجرار زراعي، مرتبط بملف لتوليد الطاقة الكهربائية بتكلفة منخفضة وجودة عالية، وبالتالي الاستفادة من المواد المحلية في عملية التصنيع والتشغيل. تعتبر هذه الدراسة العلمية إنجازاً كبيراً، حيث سمحت بتشغيل المولد بأحمال كهربائية تصل إلى 35 أمبير. ولوحظ أيضاً أن استهلاك الوقود كان منخفضاً جداً، حيث لم تتجاوز كمية وقود الديزل المستهلكة عن 7 لترات بعد فترة تشغيل تزيد عن 4 ساعات. كما يمكن نقل المولد بسهولة حسب الحاجة لاستخدامه في أغراض متعددة،

بما في ذلك الاستخدام الصناعي والمنزلي. تم استخدام الفكرة في البداية لتشغيل مضخات المياه في المزارع أثناء انقطاع التيار الكهربائي لري المحاصيل وحمايتها من الجفاف.

## 7. التوصيات

1. اختيار خامات مناسبة أكثر لمقاومة الاحتكاك وقابليتها للمعالجة الحرارية.
2. تصنيع صندوق التروس لدى الشركات المتخصصة في مجال صناعة صناديق التروس ونواقل الحركة للحصول على جودة بالموصفات العالمية وبتكلفة منخفضة.
3. لتشغيل المولد في الأجواء الممطرة يُوصى بتصنيع غطاء عازل للماء من مواد خفيفة الوزن وعازلة للماء ويكون قابلاً للفك والتركيب بسهولة.
4. لتفادي صوت الجرار أثناء التشغيل يُوصى بتشغيله في أماكن مفتوحة بعيدة عن السكن بمسافة لا تقل عن 50 متر.
5. في حالة تشغيل المولد بشكل متكرر في نفس الموقع يُنصح بتركيب قاطع مبدل للتيار (قلّاب) بين كهرباء الشبكة العامة وكهرباء المولد.
6. من خلال ما تقدم وتم ذكره في هذه الدراسة هنالك إمكانيه لإنشاء خط إنتاج وتصنيع كميات كبيرة من المولدات وتسويقها في السوق المحلي وتحقيق استفادة اقتصادية لحل أزمة الطاقة في الأماكن النائية.

## 7. مشاركة

فكرة هذه الورقة أساسها مشروع تخرج بالمعهد العالي للعلوم والتقنية- الزاوية، قسم هندسة التقنيات الميكانيكية، شعبة إنتاج. تحصل هذا المشروع على الترتيب الأول في اليوم الهندسي بكلية الهندسة، جامعة الزاوية، لسنة 2022م.

## قائمة المراجع:

- [1] التقرير السنوي للشركة العامة للكهرباء (ليبيا)، 2010.
- [2] عارف محمد السميحي، جامعة الإسكندرية. أشكال الطاقات. الطبعة الأولى، 1999.
- [3] إنعام عز الدين إبراهيم، 2010، تحديد كفاءة المولدات الكهربائية بالسودان وتركيز شحنات، بحث ماجستير، كلية الدراسات العلمية جامعة السودان.
- [4] عبدالله محمد يايه وآخرون، الجرارات والآلات الزراعية، وزارة التعليم الفني والتدريب المهني اليمنية، الطبعة الأولى، 2010.
- [5] محمد أحمد سعيد، جامعة بغداد، الأجزاء الرئيسية لنقل الحركة الميكانيكية، الطبعة الأولى، 2003.
- [6] ميسم آدم قوش، جامعة بابل، الطاقات الكهربائية المتحركة، الطبعة الثانية، 2005.
- [7] أحمد الحديدي، طرق توليد الكهرباء. الزرقاء، الأردن، 2010.
- [8] الخير مبروك البرناوي وآخرون. "تصميم صندوق سرعات أوتوماتيكي لمخرطة تقليدية." African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)، 2025.