

Wind turbine design (Micro Turbo) for running hybrid vehicles

Dr. Jaber Debieh*
Dr. Rami George**
Areeg Asslan***

(Received 10 / 1 / 2018. Accepted 9 / 4 / 2018)

□ ABSTRACT □

This paper present a design of Wind turbine (Micro Turbo) to generate electric power, which used to charge a battery bank to run a hybrid vehicle. The industrial development and the demand on power caused the fossil fuel sources to drain with an increase in pollution and noise that harm booth the environment and people alike. Using a small wind turbine (Micro Turbo) to get electric power considered as a permanent source of power that helps to reduce the consumption of fossil fuel and provides a clean operation to the hybrid vehicle with an efficiency in performance and minimum costs of investment. In this paper, we also present a comparison between the types of batteries used in hybrid vehicles, and why we adopted lithium-ion batteries in our study. We demonstrated the wind turbine design in Autodesk Inventor program and the materials used in this design; we also tested the designed Micro Turbo for stress, Strain and displacement tests using this program. Finally, we put this micro turbine in a win tunnel using Autodesk Flow Design program to demonstrate the aerodynamic of the proposed design. Simulation studies showed that the proposed design of the micro turbo gives a great durability and strength when exposed to various stress tests and efficiency in delivering the needed electric power.

Keywords: Hybrid Vehicles, Type of Hybrids, Small Wind Turbine, Micro Turbine, Hybrid Vehicles Batteries.

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

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

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

تصميم عنفة ريحية (Micro Turbo) لتشغيل المركبات الهجينة

الدكتور جابر ديبية*

الدكتور رامي جورج**

أريج أصلان***

(تاريخ الإيداع 21 / 6 / 2017. قُبِلَ للنشر في 21 / 1 / 2018)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث الى تصميم عنفة ريحية صغيرة (Micro Turbo) لتوليد الكهرباء وتأمين مصدر لشحن مجموعة المدخرات في مركبة هجينة. حيث أن التطور الصناعي وزيادة الطلب على الطاقة أدى إلى استنزاف مصادر الوقود الأحفوري من جهة وزيادة التلوث والضجيج وتأثيرهما المباشر على البيئة والانسان على حد سواء. يعد استخدام عنفة ريحية صغيرة لتقديم الطاقة الكهربائية لمجموعة المدخرات مصدر دائم للطاقة ويوفر كثيراً في استخدام الوقود الأحفوري ويؤمن تشغيل نظيف للمركبة مع كفاءة في الأداء ورخص في كلفة الاستثمار. تم في هذا البحث مقارنة أنواع المدخرات المستخدمة في المركبات الهجينة وتبيان الغاية من اختيار بطاريات الليثيوم أيون، كما بينا تصميم العنفة الريحية الصغيرة باستخدام برنامج Autodesk Inventor ونوعية المواد التي ستصنع منها واختبارات الاجهاد على هذه العنفة. تم اختبار هذه العنفة في نفق هوائي باستخدام برنامج Autodesk Flow Design لتبيان أيروديناميكية التصميم. أظهرت النتائج المختلفة أن التصميم المقترح يظهر متانة كبيرة عند تعريضه للإجهادات المختلفة وكفاءة في تأمين الاستطاعة المطلوبة.

الكلمات المفتاحية: المركبات الهجينة، أنواع التهجين، العنفات الريحية الصغيرة، بطاريات المركبات

الهجينة.

* أستاذ - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهمةك - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهمةك - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
*** طالبة ماجستير - قسم هندسة القوى الميكانيكية - كلية الهمةك - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

أصبح الطلب على الطاقة حول العالم متزايداً نتيجة الزيادة في عدد السكان، وارتفاع أسعار الوقود التقليدي، وتوقع نفاذه في المستقبل القريب، إضافة للتلوث الناتج عن مخلفات هذا الوقود. كل ذلك يدعو للبحث عن مصادر بديلة للطاقة (طاقة رياح، طاقة شمسية، طاقة نووية....) [1]. وشهدت الطاقة المولدة من المصادر الريحية حول العالم زيادة سنوية بلغت حوالي 30% بين عامي 1993 حتى 2003 حيث بلغت القدرة الاجمالية المولدة عام 2003 ما يقارب 8000 MW. وتعد الطاقة الريحية من مصادر الطاقة النظيفة وشبه الدائمة بالإضافة إلى أن عملية التوليد تكون قريبة من مراكز الحمولة وبالتالي نستغني عن الحاجة لخطوط نقل للطاقة ذات التوترات العالية [2].

عندما تسير المركبة تخلق ريحاً في الاتجاه المعاكس لسيرها وتسير تلك الريح بنفس سرعة المركبة. قمنا بتصميم عنفة ريحية صغيرة Micro Turbo، واختيار مكانها على هيكل المركبة لتقوم هذه العنفة بتأمين الطاقة الكهربائية اللازمة لشحن مجموعة المدخرات الذي سيقوم بتأمين مصدر الطاقة للمحرك الكهربائي الذي يقود المركبة، وذلك من أجل توفير في طاقة الوقود الأحفوري وتخفيف التلوث، والاستعاضة عن المحطات الثابتة لشحن مدخرات الطاقة. أي بمعنى أن العنفة الصغيرة المصممة تقوم بعملية الشحن الذاتي للمدخرات بمساعدة الرياح الواردة عليها.

بدأت المركبات الهجينة بالانتشار بشكل واسع حول العالم وقد بينت المراجع المدروسة أمثلة مختلفة لأنواع الطاقات البديلة المستخدمة حيث يظهر المرجع [3] تصميم عنفة ريحية محمولة على ظهر مركبة صغيرة (دراجة رياحية) تقوم هذه العنفة بشحن مجموعة مدخرات مسؤولة عن تغذية محرك كهربائي صغير (3 HP) ذو تيار مستمر مسؤول عن تحريك الدراجة، مكونات النظام الهجين المعتمد في هذا المرجع كما يلي:

- بنك مدخرات (3 مدخرات) يعطي استطاعة 2.16 KW ويعطي تيار 60Ah وجهد 36 VDC

- محرك تيار مستمر جهد التشغيل له 36 VDC واستهلاكه 17 A.

- عنفة ريحية مكونة من 6 شفرات بنصف قطر 38.1 cm تعطي استطاعة عظمى 26.6 W.

- بطارية إضافية.

- نظام شحن ذكي يوزع عملية الشحن بحيث يتم وصل بطارية (من الأربع بطاريات) إلى الشاحن (عندما

ينخفض تيارها إلى 40% من التيار الأعظمي) ويبقي 3 بطاريات موصولة إلى المحرك.

أما المرجع [4] يبين تصميم نظام هجين مشترك (ريحي/شمسي) من خلال تصميم عنفة صغيرة لشحن مدخرة إضافة إلى لوح شمسي يستخدم أيضاً في شحن المدخرة التي تقوم مباشرة بتشغيل نموذج بسيط لمركبة (عربة تشبه ألعاب الأطفال) و تكون مكونات النظام الهجين بالشكل التالي:

- محركين كهربائيين صغيرين 12 VDC (كل محرك موصول على عجلة) لتشغيل المركبة.

- متحكم IC 1293d للتحكم بتشغيل المحركين.

- مجموعة من الأضواء المركبة على الروبوت يتم الإشارة إلى مصدر الطاقة الحالية (شمسي أو ريحي).

بينما بين المرجع [5] تصميم نظام هجين مشترك (ريحي/شمسي) لشحن مجموعة مدخرات تغذي محرك

كهربائي عن طريق قالبة ومتحكم رقمي لتشغيل مركبة هجينة، مكونات النظام الهجين المستخدم كما يلي:

- محرك تيار مستمر ذو مغناطيس دائم عديم المسفرات موصول إلى محور العجلات الخلفية للمركبة.

- محول خافض/ رافع للجهد Buck-Boost converter لتنظيم عملية شحن المدخرات.

- مجموعة من المنظمات الالكترونية مثل PWM Inverter و DC-DC buck converter ومعالج أردوينو Arduino Processor للتحكم بالطاقة الكهربائية المنقولة من المدخرات الى المحرك. أما المرجع [6] فيبين مواصفات سيارة نيسان ليف Nissan Leaf، التي تم اعتمادها كمنطلق في اختيار الأجزاء الكهربائية حيث أنها سيارة كهربائية مصممة من قبل شركة نيسان اليابانية وهي موجودة في الأسواق العالمية من عام 2010.

أهمية البحث وأهدافه:

تعد حركة المرور والنقل من الأمور الأساسية في اقتصاد أي دولة وتلعب وسائل النقل دوراً كبيراً في نشاطات السكان. تشكل وسائل النقل التقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري الغالبية العظمى السائدة حتى الآن وهذه المركبات تسبب مشاكل صحية وبيئية كبيرة على حد سواء نتيجة انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون CO₂ وأحادي أكسيد الكربون CO والهيدروكربونات HC ومركبات الوقود وأكاسيد النيتروجين وغيرها من المركبات الكيميائية، بالإضافة إلى الضجيج الذي تحدثه محركات الاحتراق الداخلي وعوادم المركبات. لذلك تسعى معظم الدول لتقليل استخدام المركبات التي تعمل بالوقود الاحفوري وإدخال تقنيات الطاقات المتجددة من خلال استخدام مركبات هجينة أو مركبات كهربائية. وذلك لتأمين عملية التنقل بدون مشاكل بيئية وبأقل نسبة ممكنة من الضجيج [7].

يهدف هذا البحث إلى تصميم عنفة ريشية صغيرة Micro Turbo باستخدام برنامج حاسوبي، تركيب هذه العنفة على مركبة وتحول طاقة الرياح لطاقة كهربائية يستفاد منها لتشغيل هذه المركبة، بالتالي إمكانية تسييرها على الكهرباء أطول فترة ممكنة والاستغناء عن الوقود بشكل جزئي أو كامل.

طرائق البحث وموارده:

1- المركبات الهجينة

يقع العالم الآن على اعتاب انتقال ضخم نحو المركبات التي تعمل بالطاقة الهجينة، والتي تستخدم محركات كهربائية ذات كفاءة عالية. وتعد هذه التكنولوجيا المتطورة للغاية متغيرة بشكل مستمر لأجل زيادة كفاءة الطاقة وإدخال مصادر وقود جديدة والتقليل قدر الإمكان من استخدام الوقود الاحفوري في مجال النقل.

يطلق على أي مركبة اسم مركبة هجينة عندما تستخدم مصدرين أو أكثر للطاقة [8]. حيث يتم في المركبة الهجينة تجميع محرك الاحتراق الداخلي مع مولد وبطاريات ومحرك كهربائي أو أكثر لتقليل الطاقة المهدورة في محرك الاحتراق والعمليات الميكانيكية في المركبة حيث أنه في المركبات التقليدية فقط 15% من الطاقة الناتجة عن حرق الوقود يتم الاستفادة منها لتحريك العجلات أو تشغيل الأجهزة الأخرى في المركبة كجهاز التكييف بينما يضع 85% من الطاقة في المحرك واثناء وقوف المركبة أو خلال عملية الفرملة.

1-1 أنواع التهجين:

يوجد نوعان رئيسيان للتهجين يختلفان بطريقة ربط الأنظمة في المركبة وهما الربط التسلسلي والربط التفرعي [9].

• الربط التسلسلي:

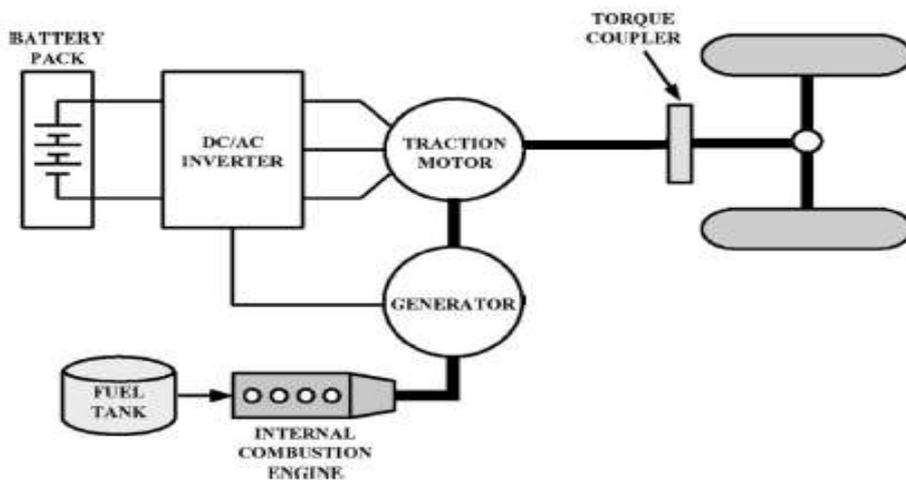
المحرك الرئيسي هو محرك كهربائي (وتكون استطاعته كبيرة نسبياً) يقوم بتسيير العجلات ومحرك الوقود يعمل فقط في حالات خاصة. ولدينا حالتين للعمل:

- حالات الذروة التي نحتاج فيها لعزم كبير (الإقلاع أو الإقلاع المتكرر في أماكن الازدحام أو الطرق الوعرة والمرتفعات) يقوم عندها محرك الاحتراق بتقديم الطاقة عبر مولد إلى المحرك الكهربائي.
 - الحالات الطبيعية يأخذ المحرك الكهربائي الاستطاعة مباشرة من مجموعة المدخرات.
- هناك ميزة كبيرة لهذا النظام وهي انه في أماكن الازدحام عندما يكون السير متوقف فان المحرك الكهربائي يأخذ الطاقة من المدخرات مباشرة وبالتالي لا نستخدم وقود نهائياً (بعكس المركبات التقليدية التي تستمر بصرف الوقود حتى عندما يكون السير متوقفاً). ويبين الشكل (1) طريقة التوصيل في نظام التهجين التسلسلي.

• الربط التفرعي

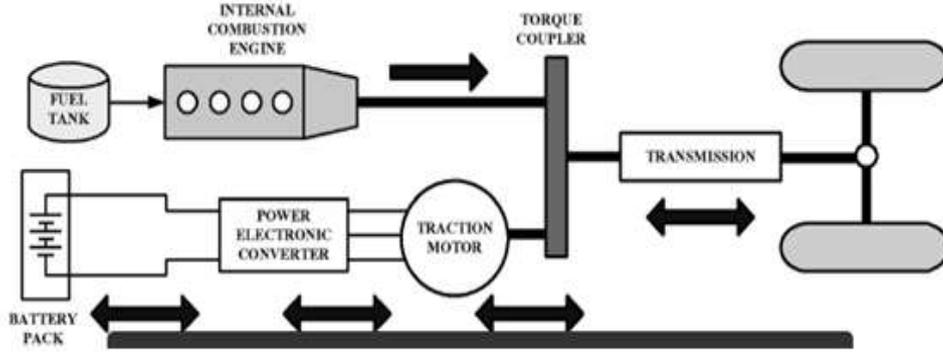
كلا المحركين يمكن لهما أن يقوموا بتوصيل القدرة إلى العجلات مباشرة (محرك الوقود يعمل بشكل دائم) وهنا لدينا 3 حالات حسب العزم المطلوب:

- عندما يكون العزم المطلوب اقل من العزم الذي يقدمه محرك الاحتراق الداخلي يقوم المحرك الكهربائي بالعمل كمولد ويخزن هذه الطاقة الفائضة في مجموعة المدخرات.
- عند الحاجة لعزم كبير أكبر من عزم محرك الاحتراق الداخلي تقديماً فان المحرك الكهربائي يمكنه أن يقوم بتأمين الطاقة الإضافية المطلوبة. بل أن المحرك الكهربائي يمكنه لوحده أن يقدم كل العزم المطلوب وتسيير المركبة لمسافة قصيرة كما هو موجود في سيارة (Toyota Prius).
- في بعض الحالات فان المحرك الكهربائي يكون صغير الحجم ويقوم بالعمل بشكل مستمر مع محرك الاحتراق الداخلي لتأمين القدرة المطلوبة للعجلات (كما هو موجود في سيارة Honda Civic IMA).



الشكل (1): مخطط الربط التسلسلي للسيارات الهجينة.

ويبين الشكل (2) طريقة الربط في نظام التهجين التفرعي.



الشكل (2): مخطط الربط التفرعي للسيارات الهجينة.

في هذا البحث سنقوم باستخدام التهجين المتسلسل.

1-2 أنواع المدخرات المستخدمة في المركبات الهجينة:

يوجد العديد من المدخرات المستخدمة بشكل عام في المركبات ولكن تعد مدخرات الليثيوم أيون هي الأفضل [10] وهي التي قمنا باستخدامها في نموذج المركبة المستخدم في بحثنا. ويبين الجدول (1) الخصائص العامة لأنواع المدخرات المستخدمة في المركبات بشكل عام، بينما يبين الجدول (2) مقارنة بين هذه المدخرات ويظهر لنا التفوق الواضح لبطاريات الليثيوم أيون وخصوصاً من ناحية ارتفاع عدد دورات الشحن والتفريغ والسعة التخزينية مقارنة مع الحجم [11].

الجدول (1): المدخرات المستخدمة في المركبات وخواصها العامة.

الصفات	المدخرة
هي أقدم أنواع المدخرات القابلة للشحن وتمتلك نسبة منخفضة للطاقة Energy مقابل الوزن وكذلك الطاقة مقابل الحجم. أي أن هذه المدخرات تستهلك حجم ووزن كبيرين في المركبة. ولكن هذه المدخرات تمتلك نسبة كبيرة نوعاً ما للقدر Power مقابل الحجم كما أنها منخفضة الثمن مما يجعلها مثالية من أجل المركبات.	أكسيد الرصاص Lead acid (Pb-acid)
تمتاز مدخرات النيكل كادميوم بعمر طويل أكثر من أي نوع آخر من المدخرات (1500 دورة شحن) ولكن قدرتها التخزينية منخفضة مقارنة ببقية المدخرات. ولأن الكادميوم عنصر سام للإنسان والحيوان فإن هذه المدخرات تستبدل بمدخرات ليثيوم أيون أو هيدريد النيكل وخصوصاً للاستخدامات المنزلية.	نيكل كادميوم Nickel Cadmium (NiCd)
هذه المدخرات مشابهة لمدخرات النيكل كادميوم من ناحية التصميم لكن باستبدال الكادميوم مما يجعلها آمنة للاستخدام أكثر. كما أن هذه المدخرات تعطي من 2 - 3 قدرة تخزينية مقارنة بمدخرة نيكل كادميوم من نفس الحجم. ولكن بمقارنة هذه المدخرات مع مدخرات الليثيوم أيون نلاحظ أن استطاعتها أقل وكذلك تفريغها الذاتي. من تطبيقات هذه المدخرات: الالكترونيات المنزلية و المركبات الهجينة كسيارة (Toyota Prius) وسيارة (Toyota RAV4-EV).	هيدريد النيكل Nickel-Metal-Hydride (NiMH)
تعد من المدخرات الحديثة ذات القدرة التخزينية الكبيرة (وزن خفيف مع طاقة كبيرة) من	ليثيوم أيون Lithium-ion (Li-ion)

سلبياتها: مشكلة التبخر، السخونة الزائدة، السعر المرتفع، العمر التشغيلي المحدود. انتشر استخدامها كثير في الأجهزة الالكترونية واهما الموبايلات ومؤخرا بدأ استخدامها في المركبات الهجينة من قبل العديد من الشركات الكبيرة (تويوتا، جينيرال موتورز)	
مشابهة لمدخرات الليثيوم أيون ولكن بعمر تشغيلي أكبر مع سعة تخزينية أقل. تصميمها قليل السماكة جداً (قد لا يتجاوز 1 ملم). من مشاكلها أنها إذا شحنت بشكل زائد تكون غير مستقرة وكذلك إذا انخفض مستوى شحنها عن حد معين قد لا تعود صالحة للعمل مرة أخرى.	بوليمير الليثيوم أيون Li-ion polymer
تعرف باسم Zebra وتستخدم المحلول الملحي مما يجعلها ذات سعة تخزينية كبيرة (قدرة وطاقة عالية) و يجعلها ملائمة للمركبات الكهربائية، لكن بسبب أن درجة حرارة العمل هي (270-350 درجة مئوية) فذلك يسبب مشاكل من ناحية التبريد والأمان ويتطلب تجهيزات خاصة للعمل معها بالإضافة إلى وجود فواقد حرارية عندما لا تستخدم المدخرة.	كلوريد الصوديوم نيكل Sodium Nickel Chloride (NaNiCl)

الجدول (2): مقارنة بين الخواص الكهربائية للمدخرات المستخدمة في المركبات.

المدخرة	القدرة مقارنة بالوزن (W.h/kg)	القدرة مقارنة بالحجم (W.h/liter)	الطاقة مقارنة بالوزن (W/kg)	عدد دورات الشحن والتفريغ	المردود	السعة التخزينية مقارنة ببطاريات أكسيد الرصاص	التفريغ الذاتي خلال 24 ساعة	المفاقيد الحرارية
أكسيد الرصاص	40	60 – 75	180	500	82,5%	100%	1%	-
نيكل كادميوم	60	50 – 150	150	1350	72,5%	150%	5%	-
هيدريد النيكل	70	140 - 300	250 - 1000	1350	70%	175%	2%	-
ليثيوم أيون	125	270	1800	1000	90%	313%	1%	-
بوليميرات الليثيوم أيون	200	300	أكبر من 3000	-	-	500%	-	-
كلوريد النيكل صوديوم	125	300	-	1000	92,5%	313%	0%	7,2%

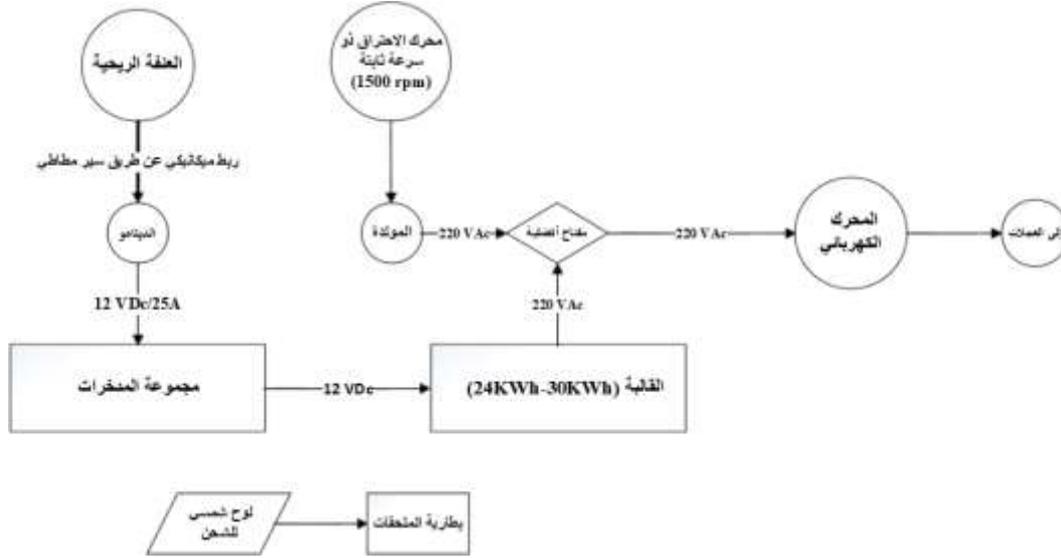
2- التصميم:

يركز البحث المقدم على استخدام مفهوم الطاقة الناتجة عن سرعة الرياح الواردة إلى المركبة الهجينة أثناء سيرها في شحن مجموعة المدخرات ذاتياً. يبين الشكل (3) المخطط الكامل للتصميم. ولسهولة العرض والتوضيح تم تقسيم العمل الخاص بتصميم المركبة في هذا البحث إلى قسمين:

- قسم كهربائي: تم فيه اختيار الأجزاء الكهربائية المناسبة للمركبة (محرك-مجموعة المدخرات... الخ).
- قسم ميكانيكي: تم فيه تصميم العنفة الريحية الصغيرة واختيار محرك الاحتراق الداخلي المستخدم في المركبة.

2-1 القسم الكهربائي:

يبين الشكل (3) المخطط التصميمي العام للنظام الهجين المصمم.



الشكل (3): المخطط التصميمي العام للنظام المصمم.

يتكون القسم الكهربائي في المركبة المدروسة من الأجزاء التالية:

• المحرك الكهربائي Electrical Motor: وهو محرك كهربائي بالكامل يعمل كمحرك ومولد ذو كفاءة عالية وباستطاعة 80kW (110 hp) وينتج عزم مقداره 280 N.m ويبين الشكل (4) نموذج للمحرك المستخدم في سيارة نيسان لايف ويعد مناسباً لبحثنا.

• القالبة Inverter: تؤمن القالبة القدرة الكهربائية اللازمة لعمل المحرك، حيث تعمل على تحويل الكهرباء من مجموعة المدخرات (24 V.DC) إلى (220 V.AC) اللازمة لتشغيل المحرك. ويوجد لدينا خيارين لتحديد استطاعة القالبة المطلوبة يختلفان بالمسافة التي يمكن للمركبة قطعها وذلك بالشكل التالي:

30 kWh → 172 km

24 kWh → 135 km أو



الشكل (4): المحرك الكهربائي المستخدم في سيارة نيسان ليف الكهربائية.

• مجموعة المدخرات:

كما ذكرنا سابقاً فإن المدخرات المستخدمة هي من نوع ليثيوم أيون، تعطي كل مدخرة 13Ah بجهد 3.6V وتكون أبعاد المدخرة الواحدة هي:

9.88 × 5.68 × 0.36 inch أو 251 × 144.2 × 9.2 mm

يتم تجميع كل 4 مدخرات في حزمة Pack، ويكون العدد الكلي للحزم 20 حزمة كل حزمة تعطي 12V.Dc وتوصل هذه الحزم على التفرع، ويبين الشكل (5) نموذج المدخرات المستخدم.



(أ)

(ب)

الشكل (5): أ. شكل مجموعة المدخرات بعد ربط الحزم مع بعضها، ب. شكل المدخرة الواحدة (على اليسار) وشكل الحزمة (على اليمين) • الشاحن:

نستخدم في هذه البحث مولد Alternator (مثل الموجود في المركبات العادية) وذلك لشحن مجموعة المدخرات، يتم ربط هذا المولد مع العنفة الريحية المصممة عبر سير مطاطي ومحور. يحتاج المولد لسرعة دوران تتراوح بين (2500-6000 rpm) وذلك لكي يعطي جهد بين (13.4-14 V.DC) وهو الجهد المناسب لشحن مجموعة المدخرات وتيار بشدة 25 A واستطاعة العمل المطلوبة تتراوح بين (335 – 340 W).

• مدخرة خاصة لتشغيل ملحقات المركبة:

وهي مدخرة أكسيد الرصاص 12 V.DC تستخدم في تشغيل ملحقات المركبة كنظام القفل المركزي (وهي خاصية مهمة حيث يبقى المستخدم قادراً على فتح السيارة حتى عند حدوث عطل معين في نظام مدخرات الليثيوم أيون لأن القفل المركزي موصول مع مدخرة أكسيد الرصاص) كما تستخدم هذه المدخرة في تشغيل الراديو ومساحات النوافذ والأجهزة الالكترونية الأخرى الموجودة في المركبة وكذلك الأضواء الأمامية. يمكن شحن هذه المدخرة من الشاحن الرئيسي (المولد) أو عن طريق لوح شمسي يعطي مظهر جمالي للمركبة ويكون موجود على سطح المركبة ويعطي استطاعة اعظمية 5 W تكون كافية لشحن المدخرة كما هو مبين في الشكل (6).



الشكل (6): اللوح الشمسي الخاص بشحن مدخرة الملحقات.

2-2: القسم الميكانيكي:

تم تصميم العنفة الريحية الصغيرة باستخدام برنامج Autodesk Inventor وذلك بحيث تؤمن هذه العنفة استطاعة تكفي لتأمين استطاعة المولد (335- 340 W) وبسرعة دوران توافق السرعة التي يدور عندها (-2500 6000 rpm) مع الأخذ بعين الاعتبار أن هذه العنفة ستوضع في مقدمة المركبة أمام المحرك الكهربائي وبالتالي يجب أن يكون قطرها (40- 50 cm).

قمنا باختيار ثلاث أقطار مختلفة للعنفة الصغيرة وهي (40-45-50 cm) ودرسنا الاستطاعات التي تولدها وسرعة الدوران وذلك عند سرعة رياح بين (11-25 m/s) توافق سرعة المركبة بين (40-90 km.h). حيث تعطى سرعة العنفة الريحية كتابع للسرعة النسبية لطرف الجناح بالعلاقة التالية [12]:

$$\lambda = \frac{\pi \times D \times n}{60 \times V} \quad (1)$$

حيث: λ : السرعة النسبية لطرف الجناح.

D : قطر العنفة ويقدر بـ (m).

n : سرعة دوران العنفة وتقدر بـ (rpm).

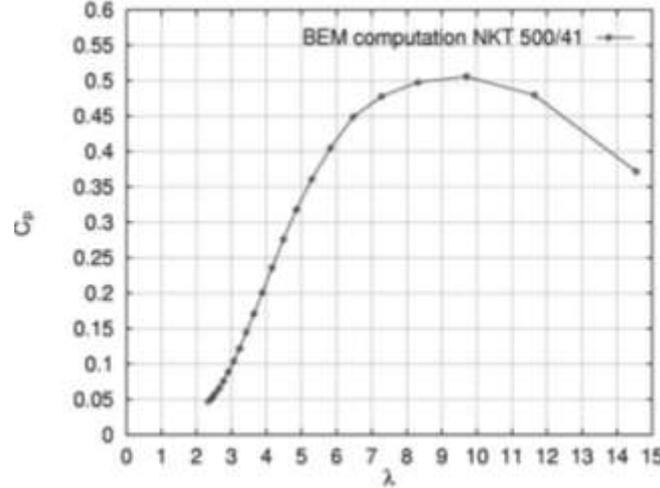
V : سرعة الرياح وتقدر بـ (m/s).

تؤخذ قيمة λ من الشكل (7) الذي يبين العلاقة بين السرعة النسبية لطرف الجناح (λ) بدلالة معامل الاستطاعة

(C_p)، مع ملاحظة أن القيمة المختارة لـ (λ) يجب أن توافق الشرطين التاليين [13]:

العنفات المستخدمة في ضخ المياه $\leftarrow 1 < \lambda < 3$

العنفات المستخدمة لتوليد الكهرباء $\leftarrow 4 < \lambda < 10$



الشكل (7): العلاقة بين السرعة النسبية لطرف الجناح (λ) بدلالة معامل الاستطاعة (C_p) [12].

باختيار قيم لـ λ والتعويض في المعادلة 1 عند سرعتي الرياح الصغرى والعظمى نحصل على سرعة دوران

العنفة المبينة في الجدول (3):

الجدول (3): سرعة العنفة عند قيم مختلفة للسرعة النسبية لطرف الجناح.

$D(m)$	λ	$V_{min}(m/s)$	$V_{max}(m/s)$	$n_{min}(rpm)$	$n_{max}(rpm)$
0.5	4.4	11	25	1849.68	4203.82
0.45	4.4	11	25	2055.20	4670.91
0.4	4.4	11	25	2312.10	5254.77
0.5	4.8	11	25	2017.83	4585.98
0.45	4.8	11	25	2242.03	5095.54
0.4	4.8	11	25	2522.29	5732.48
0.5	6	11	25	2522.29	5732.48
0.45	6	11	25	2802.45	6369.42
0.4	6	11	25	3152.86	7165.60
0.5	6.8	11	25	2858.59	6496.81
0.45	6.8	11	25	3176.22	7218.68
0.4	6.8	11	25	3573.24	8121.01

أما لتحديد الاستطاعة ننطلق من معادلة الاستطاعة للعنفات الريحية [1]:

$$P = \frac{1}{2} \rho \times A \times V^3 \times C_p \quad (2)$$

حيث: P : استطاعة العنفة وتقدر بـ (W).

ρ : كثافة الهواء وتساوي $1.225 \frac{kg}{m^3}$.

A : مساحة سطح الدوران وتعطى بالعلاقة ($A = \frac{\pi \times D^2}{4} m^2$).

V : سرعة الرياح وتقدر بـ (m/s).

C_p : معامل الاستطاعة ويمثل نسبة الطاقة المستخلصة من الرياح (P_N) إلى الطاقة الكامنة (P) المتوفرة

في الرياح وبأخذ عادة من الشكل (7) كتابع للسرعة النسبية لطرف الجناح λ .

وباختيار قيمة C_p الموافقة لقيمة λ التي اخذناها عند حساب سرعة دوران العنفة وبالتعويض في المعادلة 2 يتم

حساب قيم الاستطاعة للعنفة المبينة في الجدول (4) التالي:

الجدول (4): استطاعة العنفة عند قيم مختلفة معامل الاستطاعة.

$D(m)$	C_p	$V_{min}(m/s)$	$V_{max}(m/s)$	$A (m^2)$	$P_{min}(W)$	$P_{max}(W)$
0.5	0.2	11	25	0.19625	31.99	375.63
0.45	0.2	11	25	0.15896	25.91	304.26
0.4	0.2	11	25	0.1256	20.47	240.40
0.5	0.25	11	25	0.19625	39.99	469.54
0.45	0.25	11	25	0.15896	32.39	380.33
0.4	0.25	11	25	0.1256	25.59	300.50
0.5	0.35	11	25	0.19625	55.99	657.36
0.45	0.35	11	25	0.15896	45.35	532.46
0.4	0.35	11	25	0.1256	35.83	420.71
0.5	0.4	11	25	0.19625	63.99	751.26
0.45	0.4	11	25	0.15896	51.83	608.52
0.4	0.4	11	25	0.1256	40.95	480.81

بعد حساب الاستطاعة وسرعة الدوران، يتم اختيار العنفة التي تتناسب مع الشرط التالي الذي تم ذكره سابقاً:

يجب أن تؤمن العنفة الصغيرة المصممة استطاعة تكفي لتأمين استطاعة المولد (340-335 W) وبسرعة دوران توافق

السرعة التي يدور عندها (2500-6000 rpm) مع الأخذ بعين الاعتبار أن هذه العنفة ستوضع في مقدمة المركبة أمام

المحرك الكهربائي وبالتالي يجب أن يكون قطرها (40-50 cm). وبالتالي نختار العنفة ذات المعطيات التالية المبينة

في الجدول (5):

الجدول (5): بيانات العنفة الريحية الصغيرة التي تم اعتمادها.

$D(m)$	λ	C_p	$n_{min}(rpm)$	$n_{max}(rpm)$	$P_{min}(W)$	$P_{max}(W)$
0.45	6	0.35	2802.45	6369.42	45.35	532.46

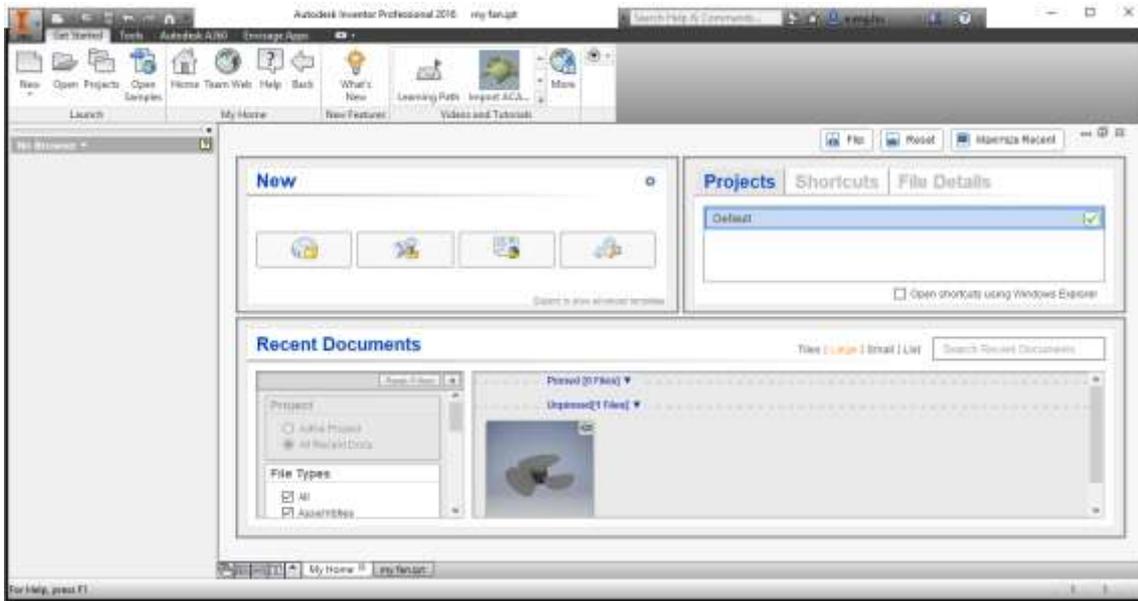
أما عدد شفرات العنفة الريحية الصغيرة فيتم تحديده اعتماداً على قيمة السرعة النسبية لطرف الجناح وذلك من

الجدول (6) [13]:

الجدول (6): عدد شفرات العنفة الريحية اعتماداً على السرعة النسبية لطرف الجناح.

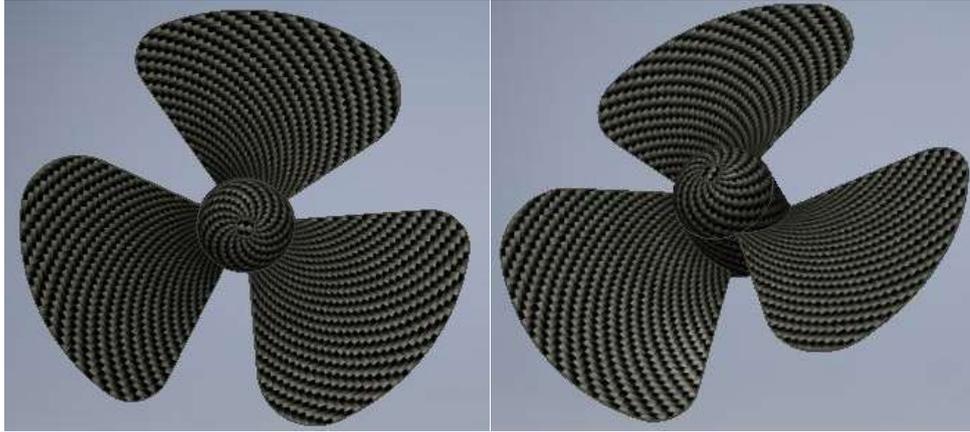
λ	عدد الشفرات
1	8-24
2	6-12
3	3-6
4	3-4
أكثر من 4	1-3

أصبح لدينا جميع المعطيات التي نحتاجها لتصميم العنفة الريحية الصغيرة باستخدام برنامج Autodesk Inventor، وفيما يلي سنستعرض التصميم الذي تم إنجازه وجميع الاختبارات التي تم تنفيذها. بعد برنامج Autodesk Inventor المبين في الشكل (8) برنامج متخصص في التصميمات الميكانيكية، من منتجات شركة Autodesk المشهورة المنتجة لبرنامج AutoCAD.



الشكل (8): واجهة برنامج Autodesk Inventor.

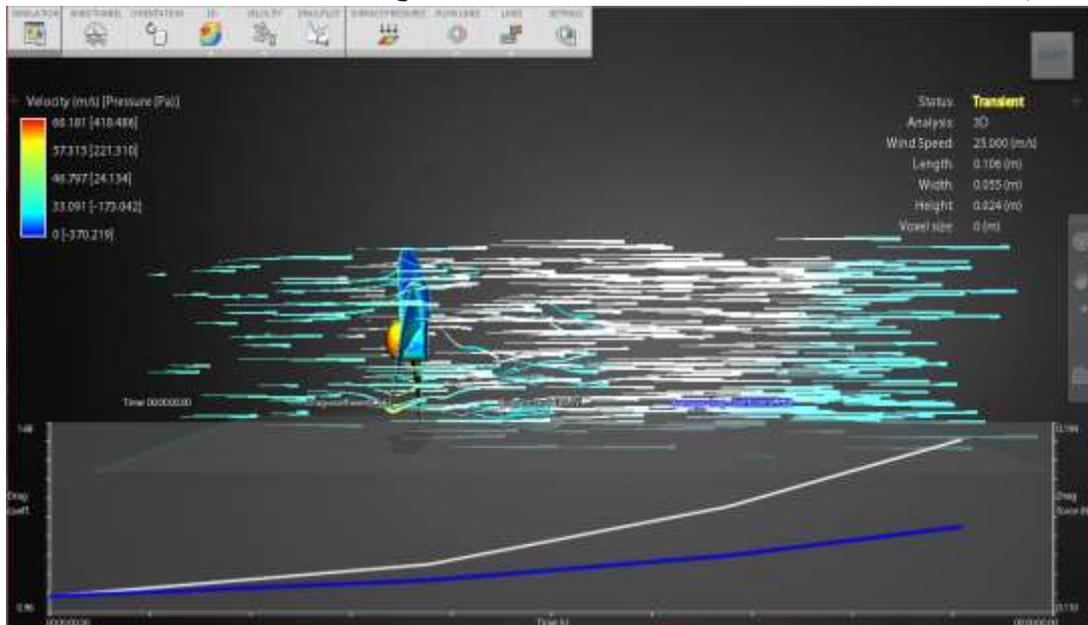
ويبين الشكل (9) العنفة الريحية الصغيرة التي تم تصميمها في هذا البرنامج. وتجدر الإشارة أنه تم صنع العنفة من مادة الاليف الكربونية Carbon Fiber لما تتمتع به هذه المادة من صلابة وخفة في الوزن وما زال استخدامها في مجال العنفات الريحية قليلاً.



الشكل (9): العنفة الريحية الصغيرة المصممة.

النتائج والمناقشة

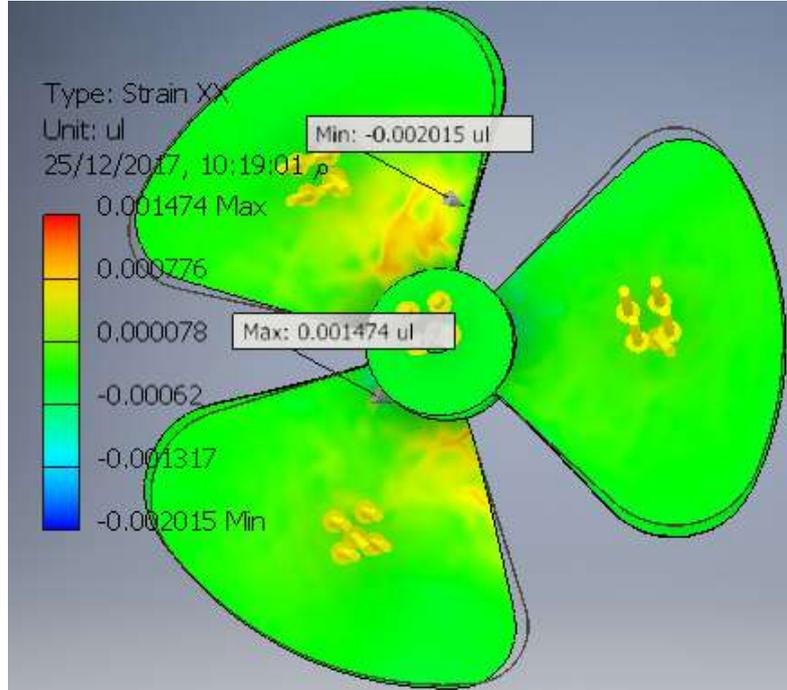
بعد أن تم تصميم العنفة الريحية الصغيرة يتم إدخالها إلى نفق هوائي Wind Tunnel من أجل تحديد القوى التي تتعرض لها هذه العنفة أثناء تعرضها للرياح، ويتم ذلك من خلال برنامج Autodesk Flow Design الذي يستخدم لاختبار التصاميم المختلفة (سيارات- طائرات - ابنية- أنظمة تهوية) عند تعرضها للرياح. تم تعريض العنفة الريحية الصغيرة المصممة لرياح تتراوح سرعتها من (11-25 m/s) وبين الشكل (10) العنفة المصممة أثناء وضعها في نفق ريحي وتعريضها لرياح سرعتها (25 m/s) حيث يبين الشكل أن العنفة تتعرض لقوى ضغط جوي من الرياح تتراوح بين (200-10000 Pa) ولقوى جر تتراوح بين (10-400 N)، كما يبين الشكل سلاسة التصميم حيث لا تتشكل دوامات ريحية خلف العنفة مما يخفف الضجيج.



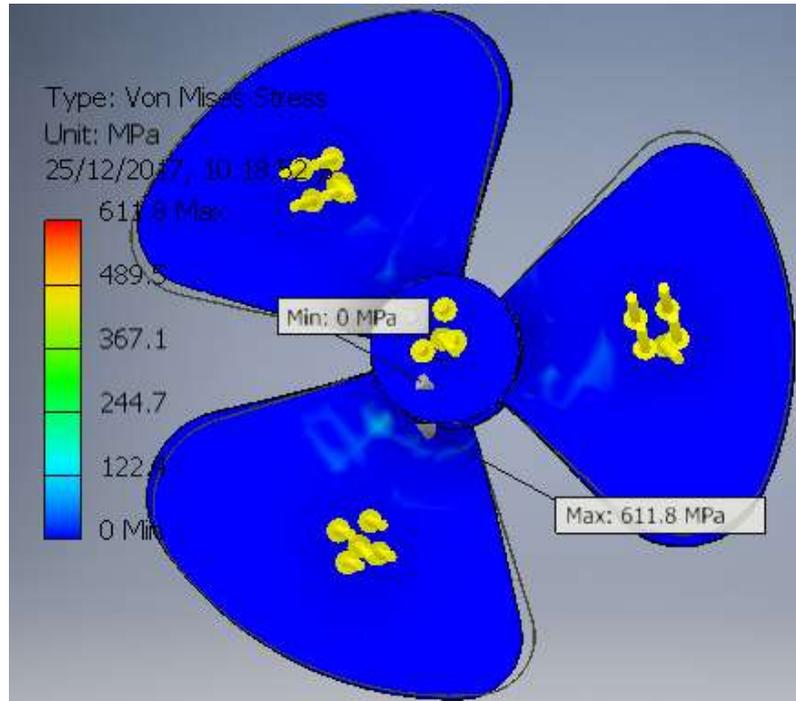
الشكل (10): العنفة الريحية الصغيرة المصممة أثناء وضعها ضمن النفق الريحي.

بعد معرفة القوى العظمى التي تتعرض لها العنفة متمثلة بقوى الجر والضغط بالقيم (10000 Pa – 400 N) تم إجراء اختبار اجهادات لهذه العنفة من خلال برنامج Autodesk Inventor حيث تم دراسة اختبار الالتواء Strain

والضغط Stress والازاحة Displacement. يبين الشكل (11) نتائج اختبار الالتواء باتجاه المحور (XX) حيث كانت قيم الالتواء مهملة تقريباً فبلغت القيمة العظمى للالتواء (0.001474 ul) والصغرى (-0.002015 ul). بينما يبين الشكل (12) نتائج اختبار الضغط حيث بلغت قيمة الضغط العظمى المطبقة على العنفة (611.8 MPa) وهي قيمة مهملة امام قدرة تحمل ألياف الكربون التي تبلغ (3.5 GPa).

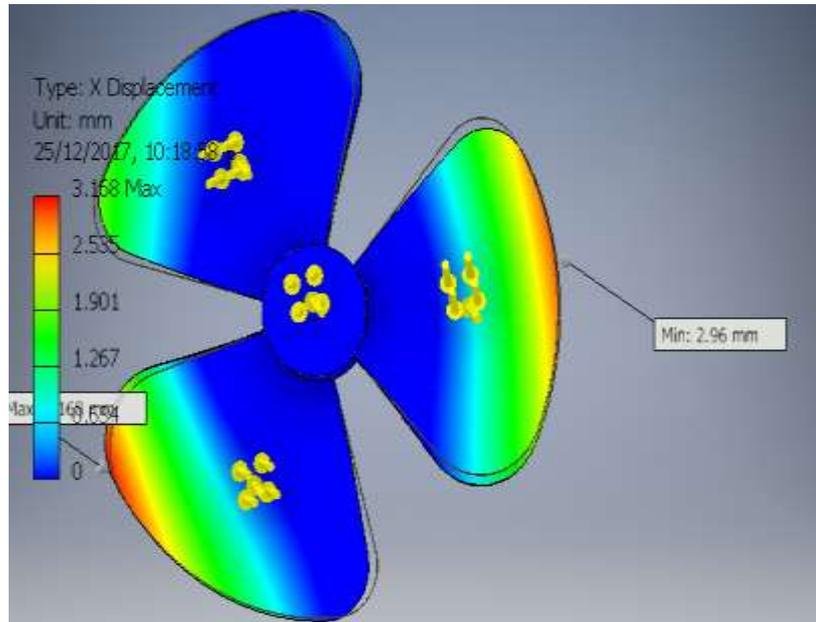


الشكل (11): اختبار الالتواء للعنفة الريحية الصغيرة المصممة باتجاه المحور (XX).

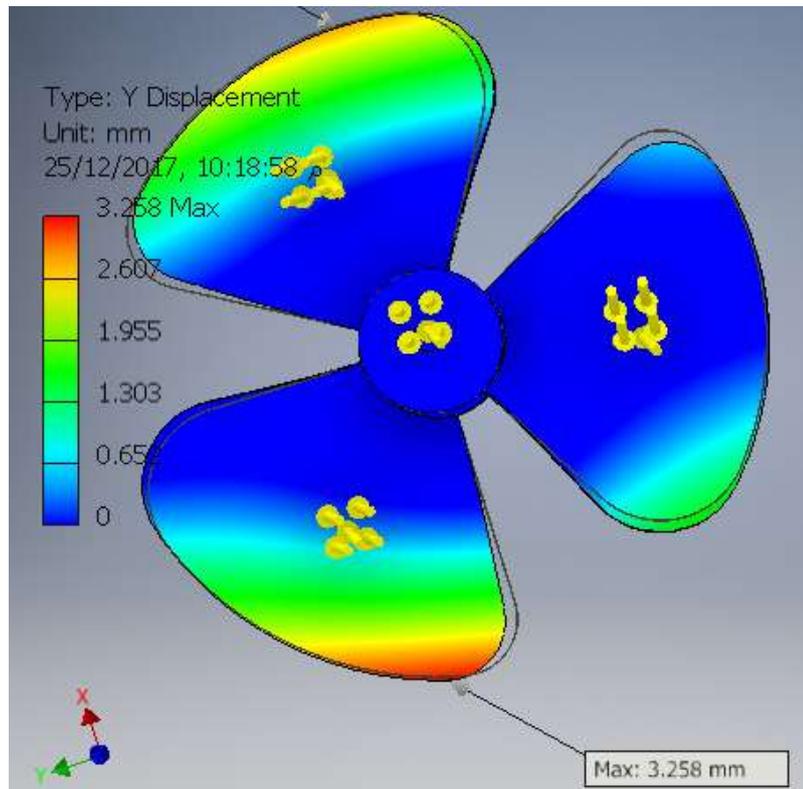


الشكل (12): اختبار الضغط للعنفة الريحية الصغيرة المصممة.

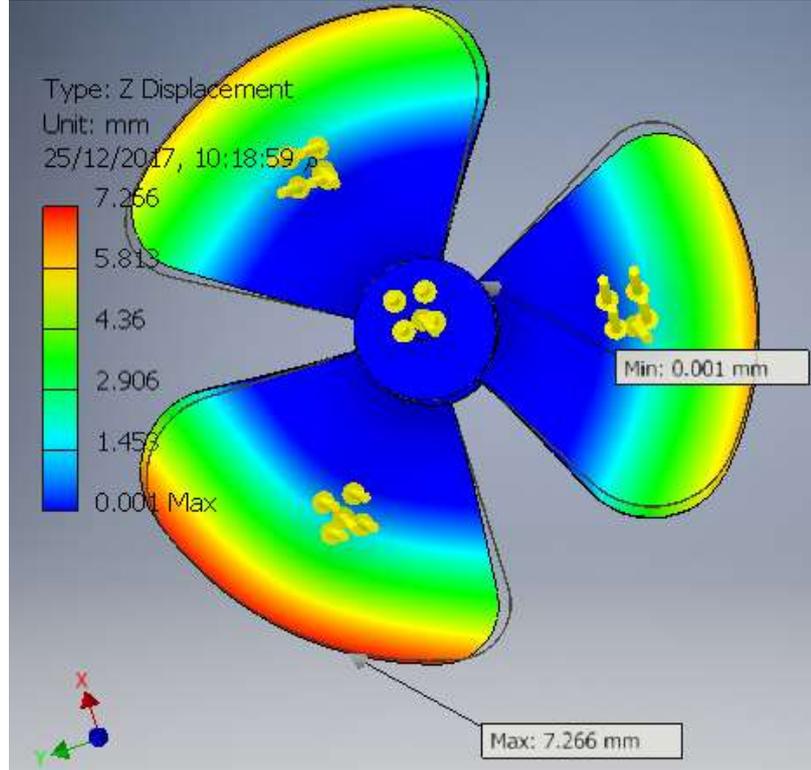
أما الاشكال (13-14-15) تبين اختبار الازاحة لشفرات العنفة على المحاور الثلاثة X و Y و Z حيث بلغت أعظم إزاحة على المحور X (3.168 mm) وعلى المحور Y (3.258 mm) وعلى المحور Z (7.266 mm).



الشكل (13): اختبار الازاحة للعنفة الريحية الصغيرة المصممة على المحور X.



الشكل (14): اختبار الازاحة للعنفة الريحية الصغيرة المصممة على المحور Y.



الشكل (15): اختبار الازاحة للعنفة الريحية الصغيرة المصممة على المحور Z.

الاستنتاجات والتوصيات:

تبين لنا أن التصميم المقترح المتمثل بعنفة ريشية صغيرة مكونة من 3 شفرات وبقطر 45 cm تؤمن شروط الاستطاعة (335–340 W) وسرعة الدوران (2500-6000 rpm) المطلوبتين لتشغيل المولد لتأمين الطاقة الكهربائية اللازمة لشحن مجموعة المدخرات المسؤولة عن تأمين مصدر الطاقة الكهربائية لتشغيل المحرك الكهربائي. كما أن التصميم المقترح يتميز بسلاسة ممتازة تخفف التيارات الدوارة وراء العنفة كما تبين من النفق الريحي الأمر الذي يقلل الضجيج الصادر عن العنفة بنسبة كبيرة. إضافة إلى أن استخدام ألياف الكربون في صناعة العنفة أثبت كفاءة وممانعة التصميم عند تعريضه لاختبارات إجهاد مختلفة (الالتواء Strain والضغط Stress والازاحة Displacement).

يتم تحسين التصميم من خلال إضافة مفتاح أفضلية (كما هو مبين في الشكل 6) وهو عبارة عن دائرة كهربائية متوفرة في الأسواق مكونة من كونتاكتورين وقفل ميكانيكي يمكن استخدامها كحماية إضافية بحيث لا يعمل محرك الوقود أثناء عمل القالبية وبالعكس ويمكن التحكم بهذه الدارة عن طريق مفتاح يوضع أمام السائق في تابلو المركبة.

يمكن وضع حساسات تثبيت سرعة الريح لمنع المولد من العمل عند تجاوز سرعة الرياح (25m/s) ولكن ذلك غير ضروري لأن المولد بطبيعته يحوي على حماية توقفه عن العمل عند تجاوز جهد الخرج حد معين أو عند امتلاء مجموعة المدخرات.

المراجع:

- [1]. PATEL, M.R. *Wind and solar power systems: design, analysis, and operation*. 2nd. ed., CRC press Taylor & Francis Group, USA, 2005, 472.
- [2]. ACKERMANN, T. ED. *Wind power in power systems*. John Wiley & Sons, Ltd, England, 2005, 742.
- [3]. ATIEH, A., AL SHARIF, S., MOHAMMED, K. AND ALNAKHLI, M. *Hybrid wind/electric powered vehicle*. In Renewable Energy Congress (IREC), 5th International IEEE, 2014. PP. 1-4.
- [4]. WADHAI, B. R., NAGRARE, A. S., KAMBLE, M. D., DURGE, T. J., AND NARNAWARE, V. S. *solar and wind powered hybrid vehicle prototype*. International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR). Vol. 1, No, 4, 2016. PP. 235-238.
- [5]. VIGNESH, T., SATHISHKUMA, S., AND SILAMBARASAN, D. *Design of Hybrid Electric Vehicles Using Solar and Wind Energy with Arduino Processor*. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering. Vol. 6, No. 3, 2017. PP. 1586-1592.
- [6]. LEMON, S. AND MILLER, A. *Electric Vehicles in New Zealand: Technologically Challenged?*. Presented at EEA Conference & Exhibition, Auckland, New Zealand .2013.
- [7]. RASKIN, A. AND SAURIN, S. *The Emergence of Hybrid Vehicles: Ending Oil's Stranglehold on Transportation and the Economy*. AllianceBernstein, USA, 2006.
- [8]. HELMS, H., PEHNT, M., LAMBRECHT, U. AND LIEBICH, A. *Electric vehicle and plug-in hybrid energy efficiency and life cycle emissions*. In 18th International Symposium Transport and Air Pollution, Session, Vol. 3, 2010. PP. 113.
- [9]. CHEN, J. *Energy Efficiency Comparison between Hydraulic Hybrid and Hybrid Electric Vehicles*. Energies. Vol. 8, No. 6, 2015. PP. 4697-4723.
- [10]. IRELAND, S.E. *Hybrid electric and Battery Electric Vehicles-Technology, costs and Benefits*. AEA Energy & Environment. 2007.
- [11]. DUKE, M., ANDREWS, D. AND ANDERSON, T. *The feasibility of long range battery electric cars in New Zealand*. Energy Policy. Vol. 37, No. 9, 2009. PP. 3455-3462.
- [12]. HANSEN, M.O. *Aerodynamics of wind turbines*. 3rd. ed., Routledge, UK & USA, 2008, 192.
- [13]. INGRAM, G. *Wind turbine blade analysis using the blade element momentum method*. version 1.1. School of Engineering, Durham University, UK. 2011.