مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد(1) – 2025: 171-182

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (1) -2025: 171-182

تصميم وتنفيذ سيارة كهربائية مع اختبار أدائها على جهاز الديناومومتر

ربيع عدنان علو*[1] مسلم طعمة[2] عباس صندوق[3]

*[1]. مهندس– طالب دكتوراه ،قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سورية. rabbehalo1@gmail.com

[2]. أستاذ، قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سورية. MussallamTomeh@damascusuniversity.edu.sy

[3]. أستاذ، دكتور، قسم الطاقة الكهربائية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق، سورية. AbbasSandok@damascusuniversity.edu.sy

تاريخ الايداع: 2022/11/13
تاريخ القبول:2023/1/18

حقـــوق النشـــر: جامعـــة دمشـــق – ســـورية، يحـــتفظ المؤلفـــون بحقـــوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

الملخص:

تم في هذا المقال العملي استعراض وبيان مراحل تنفيذ سيارة كهربائية مخصصة لراكبين مع تحديد قيم المؤشرات والمحددات الديناميكية والاقتصادية التي تعبر عن هذه السيارة المصممة في الحالتين الرياضية (الحسابية) والتجريبية (العملية)، كما تم اختبار أداء هذه السيارة على جهاز الديناومومتر في حالة اللاحمل (دون سائق) وفي حال التحميل (مع وجود سائق) وذلك من خلال التجربة العملية التي تمت على السيارة بعد انتهاء عملية التصميم والتنفيذ على جهاز الديناومومتر وذلك لحالة طريق أفقي وتسجيل قيم القراءات التي تم الحصول عليها من خلال التجربة ومقارنتها مع القيم الحسابية التي تمت قبل عملية التصميم والتنفيذ وحساب قيم المردود ومناقشة النتائج.

الكلمـات المفتاحيـة: تصـميم سيارة كهربائيـة– اختبـار الأداء– جهـاز الـديناومومتر– حالـة اللاحمل– حالة الحمل.

Design and implementation of an electric car with its performance tested on a dynamometer

Rabbeh Adnan Alo*[1] Mussallam Tomeh[2] Abbas Sandok[3]

*[1]. Engineer, (PhD Student), Engineering Department of cars and heavy machinery, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University, Syria

[2]. Professor, Engineering Department of cars and heavy machinery, Faculty of Mechanical &Electrical Engineering, Damascus University, Syria.
MussallamTomeh@damascusuniversity.edu.sy

[3]. Professor, Department of Electrical Power Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University, Syria.
AbbasSandok@damascusuniversity.edu.sy

Received: 13/11/2022
Accepted: 18/1/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

In this practical article, the stages of implementing an electric car for two passengers were reviewed and clarified, with determining the values of indi cators
and the dynamic and economic determinants that express this designed car in both mathematical and experimental , and the performance of this car was tested on a dynamometer in the case of no load and in the case of loading through the practical experience that took place on the car after the design and implementation process was completed on the dynamometer for the condition of a horizontal road and recording the values of the readings that obtained through the experiment and comparing them with the mathematical values that were obtained before the design process implementation, calculating efficiency values and discussing the obtained results.

Key Words: Electric car design - performance test - dynamometer - non-loading condition - loading case.

مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد41 العدد(1) – 2025: 171-182

Damascus University Journal for engineering sciences
Vo 41 number (1) -2025: 171-182

المقدمة:

قامت كافة الشركات العالمية المختصة في صناعة السيارات بتصنيع سيارات كهربائية وسعت إلى ترويجها باعتبارها سيارات المستقبل الصديقة للبيئة وكان هناك تنافس شديد بين هذه الشركات من الناحية التصميمية وكلف الإنتاج وعمليات الترويج لمختلف الإصدارات من السيارات الكهربائية التي قامت بتصنيعها ، يوضح هذا البحث طريقة التصميم والتنفيذ الكامل لسيارة كهربائية مخبرية مع إجراء الاختبارات العملية على هذا النموذج المخبري المصمم .

1- هدف البحث وأهميته:

هدف البحث هو الحصول على سيارة كهربائية كاملة مصممة لراكبين قادرة على المسير على الطرق العامة ضمن المدن بعد تزويدها بمنبع القدرة اللازم والمطلوب لتحقيق الهدف المذكور. أما أهمية البحث فهي تأتي من خلال إمكانية إجراء العديد من التجارب العملية على السيارة المصممة ضمن المخابر العلمية على جهاز الدينامومتر وتحديد مؤشرات ومحددات أخرى لأداء السيارة حسب حاجة الباحث وتطوير تصميمها إن أمكن وبالتالي الاستفادة العملية والعلمية لطلاب الميكانيك اختصاص سيارات من كافة المراحل الوارد ذكرها في هذا البحث.

2- خطوات البحث:

1- المعادلات والعلاقات الرياضية الناظمة لديناميك السيارة الكهربائية المصممة.

2- شكل السيارة الكهربائية المنفذة وأبعادها.

3- مراحل وخطوات التصميم الكامل للسيارة مع الكلف الاقتصادية.

4- الاختبارات التي تمت على جهاز اختبار أداء السيارة (الدينامومتر).

3- الدراسة المرجعية:

قامت كافة الشركات العالمية بتصنيع سيارات كهربائية متنوعة الإصدارات و الاستطاعات والتصاميم وهناك دراسات لتحويل سيارات تقليدية إلى سيارات كهربائية لكن في هذه الدراسة المرجعية تمت الإشارة إلى ثلاث أنواع من الإصدارات المختلفة لسيارات كهربائية منفذة من كبرى الشركات العالمية وهي:

1- سيارة Porsche Taycan Turbo S الكهربائية بالكامل وهي مزودة بمحركين كهربائيين أحدهما أمامي مع نسبة تغيير واحدة والآخر خلفي مع نسبتي تغيير وهي تعمل بنظام دفع كلي للعجلات ، تتسارع هذه السيارة التي يبلغ وزنها 2300 Kg من 0 إلى 100 km/h في 2.8 sec ومن السكون إلى 200 km/h في 9.6 sec، وتتراوح المسافة التي تستطيع هذه السيارة قطعها بالشحنة الواحدة بين 318 – 412 km وتستغرق حوالي 22.5 دقيقة لشحن البطاريات بنسبة 80% ([1]).

2- سيارة Nissan Ariya تتمتع هذه السيارة بمجموعة كبيرة من المواصفات الرائعة ويوجد أربع إصدارات لها أحدها بدفع كلي للعجلات أحد هذه الإصدارات هو إصدار الدفع الخلفي حيث تزوّد السيارة في هذا الإصدار ببطاريات بقدرة 90 KW وتؤمن عزم 300 N.M وتتسارع السيارة من الثبات إلى سرعة 100 km/h خلال 7.6sec والسرعة القصوى لها 160km/h وتقطع السيارة مسافة 610 km بالشحنة الواحدة لبطارياتها ([2]).

3- سيارة تسلا الكهربائية التي تعتبر أكثر شركات السيارات تخصصا في السيارات الكهربائية وإنتاجاً لها وتميزت باستخدام بطاريات الليثيوم أيون ويوجد العديد من الإصدارات لهذه السيارة فهنالك الإصدار S والإصدار X والإصدار Y والإصدار Roadster 2020 حيث بلغ تسارع السيارة في هذا الإصدار من 0 إلى 100 km/h 9.1sec وأقصى سرعة

تصميم وتنفيذ سيارة كهربائية مع اختبار أدائها على جهاز الديناموميتر وصلت إلى 400 km/h وتتكون البطارية من 7000 خلية ليثيوم أيون وبطاقة كلية 200kw.h ويصل عمر البطارية إلى 250.000 km وأقل مسافة تقطعها السيارة بالشحنة الواحدة 150 km وأكثر مسافة تصل إلى 400 km ([3]).

1- الدراسة النظرية:

تكتفي الدراسة النظرية بذكر قوى المقاومة والقوى المساعدة على الحركة في حالة السيارة المصممة ولن تتطرق هذه الدراسة إلى القوى المهملة والغير موجودة من الأساس في حالة السيارة الكهربائية المصممة بالمقارنة مع السيارة التقليدية ([5,6,7]). القوى المتبقية والمؤثرة في حالة السيارة الكهربائية المصممة هي : 1- قوى مقاومة التدحرج 2- قوى مقاومة ميل الطريق 3- قوة عطالة كتلة السيارة أما قوى جر أو شد السيارة الكهربائية المصممة يعبر عنها بقوة وعزم المحرك التحريضي ثلاثي الأطوار المستخدم وكيفية قيادته والتحكم به وبسرعة دورانه فقط مع أخذ الضياعات بالحسبان. بناءً لما سبق فإن العلاقات الرياضية الناظمة والمعبرة عن ديناميك حركة السيارة الكهربائية المصممة هي العلاقات الرياضية الآتية فقط:

وقوة جر أو شد السيارة الواصلة إلى العجلات (خرج المحرك التحريضي) : [10]

$$P_p = \frac{M_e . i . \mu_m}{r_d}$$

أما عزم الجر الواصل للعجلات القائدة : [10]

$$M_p = P_p . r_d$$

وقوة مقاومة ميل الطريق وتعطى بالعلاقة التالية : [10]

$$Pi = \pm Mg \, . \sin \propto$$

أما عزم قوة مقاومة ميل الطريق : [10]

$$M_i = P_i . r_d$$

ققوة مقاومة التدحرج للعجلة وتعطى بالعلاقة التالية: [10]

علو، طعمة و صندوق

$$Pf = f \, . Mg . \cos \propto$$

أما عزم قوة مقاومة التدحرج للعجلة:

$$M_f = P_f . r_d \qquad [10]$$

ققوة مقاومة العطالة لحالة السيارة المصممة تعطى على الشكل الآتي: [10]

$$P_j = \frac{Mg}{g} . \frac{dv}{dt}$$

عزم قوة مقاومة العطالة لحركة السيارة فقط: [10]

$$M_j = P_j . r_d$$

فيما يلي:

الجدول (1) يبين دلالة كافة الرموز الواردة في العلاقات الرياضية السابقة:

المحدد	الدلالة
P_p	قوة الجر الواصلة للعجلات
M_e	العزم الكهربائي للمحرك المستخدم
Pi	قوة ميل الطريق
$\propto$	زاوية ميل الطريق عن خط الأفق بالدرجات
Pf	قوة تدحرج العجلة
F	معامل التدحرج للعجلة
P_j	قوة عطالة السيارة
g	تسارع الجاذبية ثابت 9.81
$\frac{dv}{dt}$	مشتق السرعة (التسارع)

يقابل عزم الجر ثلاث عزوم مقاومة للحركة وليتحقق شرط حركة السيارة يجب أن يكون:

$$M_p > M_i + M_f + M_j$$

تصميم وتنفيذ سيارة كهربائية مع اختبار أدائها على جهاز الديناموميتر

أي يجب أن يبقى عزم الجر أكبر من جميع عزوم مقاومة الحركة التي تتعرض لها السيارة الكهربائية خلال مسيرها وفي مختلف الظروف.

فيما يلي:

الجدول(2) يبين محددات المحرك الكهربائي المستخدم في التصميم إضافة إلى بعض المحددات التصميمية للسيارة:

المحدد	القيمة
نوع المحرك	تحريضي ثلاثي الأطوار – قفص سنجابي –
الاستطاعة الاسمية	4.5 KW
التردد	50 HZ
سرعة دوران المحرك	1430 rpm
التوتر الاسمي	400 V
نصف قطر العجلة rd	0.27 m
نسبة التخفيض في الدفرنس المستخدم i_o	1:4
المردود الميكانيكي μ_m	0.85
وزن السيارة المصممة كاملا مع راكب وبطاريات Mg	500 kg

بناء على هذه المحددات سيكون خرج هذا المحرك [9]

$$M_e = \frac{9.55 \times p}{n}$$

يعطى بواحدة $(n.m)$ حيث:

n:عدد الدورات بالدقيقة.

P: استطاعة المحرك بw.

$$M_e = 9.55 \times 4500 \div 1430 = 30(n.m)$$

وسوف تكون القوة المطبقة على العجلات الخلفية :

$$P_p = \frac{M_e . i_o . \mu_m}{r_d}$$

$$P_p = 30 \times 4 \times 0.85 \div 0.27 = 377.77(N)$$

علو، طعمة و صندوق

وعليه عزم الجر الواصل إلى العجلات القائدة :

$$M_p = P_p . r_d = 377.77 \times 0.27 = 102(N.m)$$

- الاستطاعة الواصلة إلى العجلات القائدة تحسب من العلاقة التالية : [10]

$$No = \mu_m . Ne$$

حيث أن Ne: استطاعة المحرك الفعلية وتساوي إلى 4.5 kw ومنه :

No = 0.85 * 4.5=3.82 kw

- سرعة السيارة المصممة وفق المحددات الحسابية التي أخذت : [10]

$$V_{max} = \frac{r_d . 2 . \pi . n}{60 . i}$$

$$v = 0.27 \times 2 \times 3.14 \times 1430 \div 60 \times 4 \cong 10(m.s) = 36\left(\frac{km}{h}\right)$$

- تسارع السيارة المصممة حسابيا يعطى بالعلاقة التالية : [10]

$$J_a = \frac{d_v}{d_t} = (D_\varphi - \gamma_\varphi)\ \frac{g}{\delta}$$

ولحالة طريق أفقي مع إهمال معامل التدحرج لصغر قيمته يحسب كالآتي :

$$Ja = \frac{P_p}{M_g} = \frac{377.77}{500} = 0.755\ m.s^{-2}$$

النتيجة:

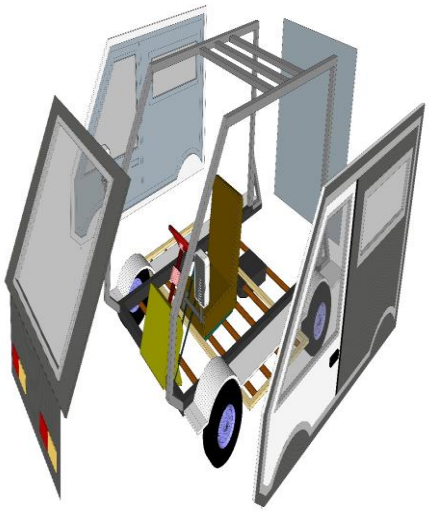
تحتاج السيارة إلى 13.25 ثانية للوصول إلى السرعة القصوى والتي بلغت 36 كم/سا.

2- شكل وأبعاد التصميم المخبري:

تصميم وتنفيذ سيارة كهربائية مع اختبار أدائها على جهاز الديناموميتر

تم تصميم سيارة كهربائية مخبرية كما هو موضح في الصورة التالية والمخطط ثلاثي الأبعاد على الأوتوكاد :

الشكل رقم(1) شكل السيارة المصممة



الشكل رقم(2) مخطط ثلاثي الأبعاد على الأوتوكاد

كانت الأبعاد العامة مع الأوزان

كما هو مبين في الجدول (3) التالي:

علو، طعمة و صندوق

الجدول (3) الأبعاد العامة مع الأوزان

وزن الهيكل فقط	kg 100
الطول (سم)	230
العرض (سم)	110
الارتفاع (سم)	140
جملة التوجيه الأمامية فقط	kg 75
المحور الخلفي مع الدفرنس	kg 60
الإطارات الأربعة مع الجنط	kg 64
المحرك الكهربائي	kg 30
الراكب مع البطاريات	kg 170

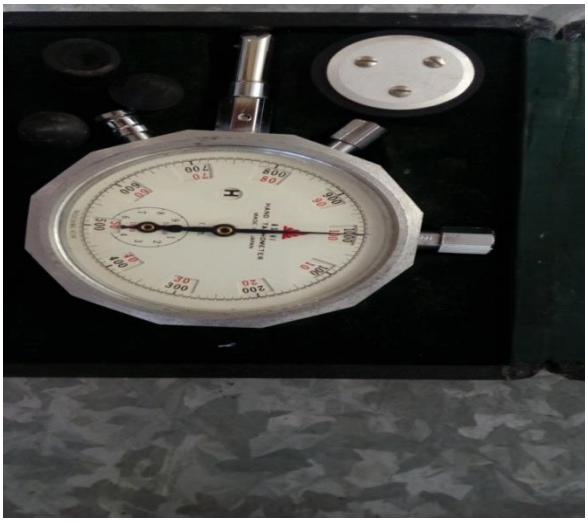
6- راحل التصميم والكلف الاقتصادية:

تم في البداية تصميم الهيكل المعدني الخارجي للسيارة بناء على الأبعاد والقياسات المرجعية لسيارة كهربائية مصممة حيث سبق وتم ذكر هذه الأبعاد في الجدول السابق [4]. بلغت الكلفة الاقتصادية لهذه المرحلة مائة ألف ليرة سورية في عام 2020، وبعد الانتهاء من تصميم الهيكل تم تجميع بقية المكونات عليه حيث تم وضع جملة التوجيه الأمامية مع المحور الأمامي للعجلات كما تم تركيب المحور الخلفي للسيارة (القائد) مع الدفرنس وهذين المكونين تم الاستفادة منهم من الورش التخصصية في المعهد التقاني للهندسة واستخدامهم، لنقوم بعدها بتأمين الاطارات المطاطية مع العجلات للمحاور الامامية والخلفية وتركيبهم عليها وتثبيتهم وبلغت كلفة هذه الإطارات مع هذه الأعمال ما يقارب نصف مليون ليرة سورية

وذلك في عام 2021، ليتم بعدها تأمين المحرك الكهربائي التحريضي ثلاثي الطور من الورش أيضا وتركيبه مباشرة على دخل الدفرنس في المحور الخلفي من خلال القيام ببعض أعمال الخراطة و وصله بشكل مباشر وتثبيت خرج المحرك مع دخل الدفرنس كقارنة مع مراعاة أن يكونا على نفس الاستقامة عند التثبيت كما تم تأمين مبدلة كهربائية مع كابل كهربائي ثلاثي لتأمين وصول التغذية الكهربائية إلى المحرك من أجل القيام بالتجارب العملية وبلغت الكلف الاقتصادية لهذه المرحلة ما يقارب أربعمائة ألف ليرة سورية فقط وذلك في عام 2022 ، لتكون الكلف الاقتصادية الإجمالية لكافة المراحل التي تم التصميم بها وفق القوة الشرائية لليرة السورية في عام 2022 ما يقارب مليون ونصف المليون ليرة سورية . إذا تمّ حساب تكلفة القطع والمكونات التي استخدمت من الورش في الحسبان مع نظام القيادة الكهربائية ومنبع التغذية ومقارنتها بالقوة الشرائية لليرة السورية اليوم فإن كلفة تصميم السيارة بشكل كامل سوف تكون في حدود خمس عشر مليون ليرة سورية فقط لا غير.

5- التجارب العملية ونتائجها:

1- تم قياس سرعة دوران خرج المحرك عمليا من خلال جهاز القياس الموضح في (الشكل رقم 3) :



الشكل رقم(3) جهاز قياس سرعة الدوران

وكانت نتائج القياس كما هي موضحة في الجدول (4) التالي:

الجدول (4) نتائج القياس

سرعة دوران المحرك	1430 دورة بالدقيقة
سرعة دوران العجلة اليمنى	330 دورة بالدقيقة
سرعة دوران العجلة اليسرى	340 دورة بالدقيقة

2- تم إجراء اختبار على السيارة الكهربائية المصممة على جهاز الديناموميتر بدون وجود سائق (حالة اللاحمل) ومع وجود سائق (حالة الحمل) ووفق المؤشرات والمحددات التي تم تصميم السيارة وفقها ، بلغ وزن السيارة في التجربة 329kg فقط وذلك لعدم وجود سائق وبطاريات ومكان الجلوس وبقية الملحقات النهائية (لهذا السبب تم افتراض الوزن الإجمالي للسيارة كاملة 500 kg في الدراسة النظرية وهو نفس وزنها في حالة الحمل). الاختبارات العملية التي تم إجراؤها على منصة اختبار أداء السيارة كانت الآتية: [8].

3- اختبار السرعة العظمى على العجلات القائدة دون حمل: في هذا الاختبار تم تشغيل السيارة على مرحلة الإقلاع الواحدة المزودة بها على المنصة ومحاكاة عملها في حال سيرها على طريق أفقية دون حمل ، كانت القيم كالآتي : بلغت سرعة السيارة العظمى 41,5 km/h ، واستغرقت السيارة 18 sec للوصول إلى هذه السرعة يبين الجدول (5) التالي ذلك.

الجدول (5) الوصول الى السرعة

السرعة العظمى	m/s 11,5= km/h 41.5
الزمن المستغرق للوصول	sec 18
التسارع = السرعة (m/s) / زمن الوصول لأقصى سرعة (ثانية)	0.638 $m.s^{-2}$

4- اختبار السرعة العظمى على العجلات القائدة مع حمل: تم في هذا الاختبار إعادة تشغيل السيارة على المنصة كما هو الحال في الاختبار الأول لكن تم تحميل السيارة واعتبار وجود السائق مع كتلة البطاريات ليكون وزنها تماما كما هو في الدراسة النظرية 500 kg، كانت قيم ونتائج هذا الاختبار كالآتي: بلغت سرعة السيارة العظمى 40 km/h، واستغرقت السيارة 20 sec للوصول إلى هذه السرعة ،يبين الجدول (6) التالي ذلك.

الجدول (6) الوصول الى السرعة

السرعة العظمى	40 km/h 11,1= m/s
الزمن المستغرق للوصول	20 sec
التسارع = السرعة (m/s) / زمن الوصول لأقصى سرعة (sec)	0.555 $m.s^{-2}$

1- اختبار استطاعة المحرك KW بدون حمل:

في هذا الاختبار تم حساب استطاعة المحرك وفقا لسرعة السيارة الموافقة لهذه الاستطاعة بعد تحديد السرعة المرجعية ،حيث كانت سرعة السيارة في هذا الاختبار 30 km/h يبين الجدول (7) التالي قيم هذا الاختبار:

الجدول(7) قيم الاختبار

استطاعة المحرك	kw 3.8
السرعة الموافقة	30 Km/h

2- اختبار استطاعة المحرك KW مع حمل (وجود سائق وبطاريات) : في هذا الاختبار تم إعادة الاختبار السابق رقم 3 لكم مع تحميل السيارة ،حيث كانت سرعة السيارة في هذا الاختبار 30 km/h أيضا يبين الجدول (8) التالي قيم هذا الاختبار:

الجدول(8) قيم الاختبار

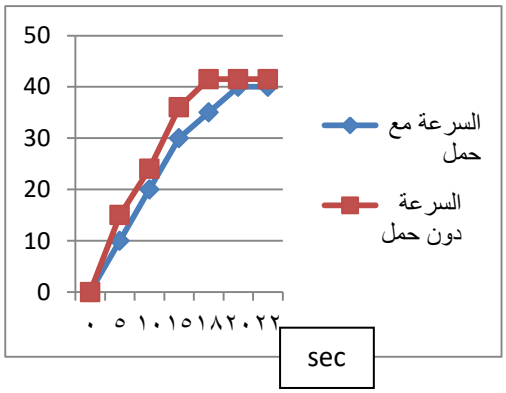
استطاعة المحرك	kw 4.2
السرعة الموافقة	30 Km/h

2- تم في هذا الاختبار إعادة اختبار استطاعة المحرك KW مع حمل وبدون حمل ولكن كانت السرعة المرجعية التي تم ضبط الجهاز عليها لمعرفة الاستطاعة الموافقة لها 20 km/h، يبين الجدول (9) التالي قيم ونتائج هذا الاختبار:

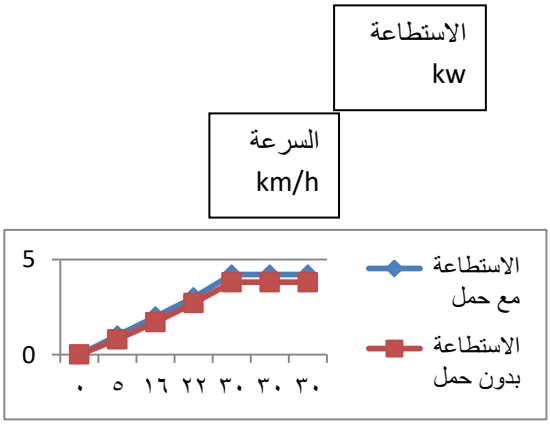
الجدول (9) قيم ونتائج الاختبار

استطاعة المحرك دون حمل	kw 3	
استطاعة المحرك مع حمل	kw 3.2	
السرعة الموافقة	20	Km/h

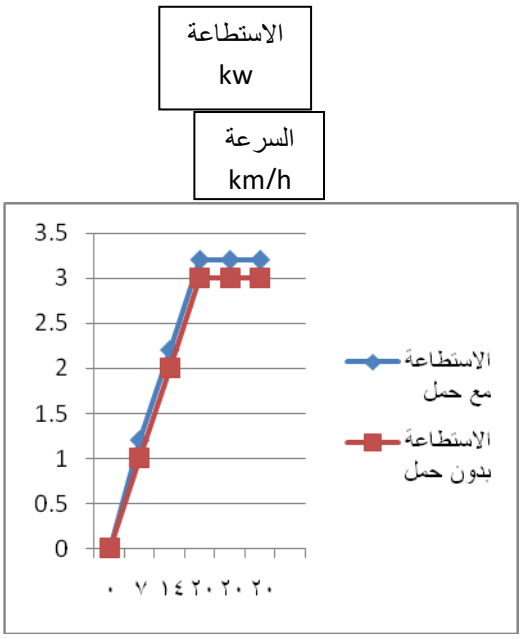
فيما يلي المنحنيات البيانية التي تبين وتوضح النتائج العملية التي سبق ذكرها في الجداول (5,6,7,8,9):



الشكل (4) منحني اختبار السرعة العظمى على العجلات القائدة دون حمل ومع حمل



الشكل (5) منحني اختبار استطاعة المحرك عند السرعة 30 km/h مع حمل وبدون حمل



الشكل(6) منحني اختبار استطاعة المحرك عند السرعة 20 km/h مع حمل ودون حمل

أخيراً:

الجدول (10) يوضح النتائج النهائية التي تم الحصول عليها حسابياً وعملياً

المحدد	حسابياً	عملياً
السرعة القصوى للسيارة $\left(\frac{km}{h}\right)$	36	دون تحميل: 41.5 مع تحميل: 40
الزمن اللازم للوصول لأقصى سرعة (S)	13.25	دون تحميل: 18 مع تحميل: 20
التسارع $m.s^{-2}$	0.755	دون تحميل : 0.638 مع تحميل: 0.555
الاستطاعة الواصلة إلى العجلات القائدة مع حمل KW	3.8	عند السرعة 30 = 4.2 KW عند السرعة 20 = 3.2 KW
المردود %	0.85	71% – 93%

6- مناقشة النتائج:

تظهر مقارنة النتائج التجريبية والحسابية التي تم الحصول عليها والموضحة في الجدول رقم(10) أنّ:

1- السيارة وصلت إلى قيمة عظمى بلغت عمليا 41.5 km/h بعد 18 sec من دون تحميل وعند تحميلها مع وجود سائق بلغت السرعة العظمى 40 كم/سا بعد 20 sec ، وحسابياً بلغت 36 km/h بعد 13.25 sec ، واستقرت سرعة السيارة عند هذه القيمة مهما طالت الفترة الزمنية بعدها حيث تعبر عن أقصى قدرة يستطيع المحرك الكهربائي المزودة به السيارة تقديمها . بناء عليه نجد أن السرعة القصوى كانت أعلى قيمة لها عند أقل وزن للسيارة (بدون سائق) لتنخفض قيمتها إلى 40 km/h فقط عند وجود سائق وهذا منطقي خاصة بأن تسارع السيارة اختلف فإضافة لانخفاض القيمة العظمى للسرعة انخفضت قيمة التسارع أيضا والتي كانت قيمته أعلى في الحالة الحسابية، ومن حيث المنطق من الطبيعي الحصول على سرعة أكبر كلما كان وزن السيارة أخف كون القدرة التي يعطيها خرج المحرك تكون قادرة على أن تصرف على زيادة السرعة كون قوى مقامة الحركة للسيارة قد انخفضت كما هو الحال بالنسبة للتسارع أيضا ، مع التنويه إلى أن قيمة السرعة العظمى في الحالة الحسابية كانت أقل من قيمتها في التجارب العملية ولكن مع قيمة تسارع أكبر.

2- الزمن الذي استغرقته السيارة نظريا للوصول للسرعة العظمى كان أقل من الزمن الحقيقي الذي استغرقته السيارة في التجارب العملية مع وجود سائق وبدون وجود سائق ويعود السبب في ذلك لكون سرعة السيارة العظمى في الحالة الحسابية أقل من الحالة العملية من جهة ، كما أن مصدر التغذية الكهربائية في التجارب العملية التي تمت قادر أن يؤمن القدرة التي يطلبها المحرك الكهربائي بشكل أسرع وهذا ما يوضحه الجانب العملي حيث استغرقت السيارة زمنا أكبر عند وجود سائق للوصل إلى السرعة العظمى والتي اختلفت قيمتها عن قيمة السرعة العظمة عند عدم وجود تحميل.

3- استطاعة المحرك المستخدم النظرية أو الاسمية كانت 4.5 kw (دون أخذ الضياعات الحاصلة في الحسبان) ومع اخذ الضياعات بالحسبان مع اعتبار قيمة المردود 85% كانت قيمتها 3.8 kw ولكن عند اختبار الاستطاعة تجريبيا وجدنا أن القيمة الفعلية لاستطاعة المحرك المستخدم والواصلة إلى العجلات القائدة عند التحميل عند السرعة 30 km/h بلغت 4.2 kw وهي قيمة جيدة عمليا ، أما عند السرعة 20 km/h فقد بلغت 3.2 km/h ، أما قيمة المردود الفعلية وبناء على التجارب العملية فقد تراوحت حسب السرعتين المأخوذتين بين القيمتين 93% و قيمة 71%، أي أن قيمة الضياعات الحاصلة انخفضت عن قيمة الاستطاعة الاسمية للمحرك وهذا يعود لعملية الربط المباشر للمحرك الكهربائي على الدفرنس دون وجود ميكانزمات توصيل وربط وسيطة مما جعل القدرة تنتقل مباشرة من خرج المحرك الكهربائي إلى دخل الدفرنس ومنه إلى العجلات القائدة ، من خلال هذه التجربة وجدنا أن قيمة المردود التي حصلنا عليها أكبر من قيمة المردود التي فرضت في الحسابات الرياضية.

4- سرعة دوران المحرك الفعلية في التجارب العملية كانت مشابهة ومساوية تماما لقيمة سرعة دورانه الاسمية في المحددات المعبرة عن أداء المحرك الكهربائي المستخدم ، كما أن سرعة دوران كل من العجلة اليمينية واليسارية للسيارة المصممة على المحور القائد كانت محققة لنسبة التخفيض وفقاً للدفرنس المستخدم وهي 1:4 وبالتالي نظريا يجب أن تكون سرعة دوران العجلة ما يقارب 357 rpm نظريا وهي فعليا كانت 330 و 340 rpm لكل عجلة وهذا الاختلاف بسيط تراوحت فيه نسبة الضياع لكل عجلة من 5% إلى 8% وهذا مرده لحالة العجلات وضغط الهواء فيها إضافة لطبيعة الإطار والعجلات التي ثبت عليها كون الإطارات المستخدمة مستعملة وليست جديدة مع ملاحظة أن القيم كانت متقاربة جدا.

الخلاصة:

إن التجارب العملية التي تمت أكدت صحة الدراسة النظرية والحسابية حيث تمكنت السيارة من المسير والوصول إلى سرعة عظمى مقبولة تصميما وهذا ما يسمح للباحثين البناء على هذه التجارب واستكمال التصميم للسيارة من خلال الملحقات الإضافية اللازمة لتصبح قادرة على المسير على الطرق العامة وتدخل حيز الاستثمار ، وهنا لا بد من التنويه إلى أن الكلف المالية لكافة الإعمال التي نفذت حتى الآن كانت منطقية وبلغت ما يقارب مليون ونصف مليون ليرة سورية فقط ولو تمّ إضافة كلفة بقية المكونات المذكورة سابقاً مع سعر المواد التي استخدمت من الورش الفنية في الجامعة فإن التكلفة سوف تصل إلى حدود خمس عشر مليون ليرة سورية تقريبا وهي بالتالي تكلفة مقبولة نسبياً للحصول على سيارة كهربائية قادرة على نقل راكبين وتسير على الطرق العامة بسرعة مقبولة ومنطقية علماً أن هذه التكلفة وفق القوة الشرائية لليرة السورية اليوم.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

9- د. جـرجس سـعادة–آلات كهربائيـة (4) – الآلات التحريضية– منشورات جامعة البعث– 2005.

10- د. عبد الحليم السيد – هندسة السيارات منشورات جامعة دمشق– 1983.

References:

1- https://www.redbook.com.au/cars/details/2020-porsche-/taycan-turbo-s-y1a-auto-awd-my21/spot-itm-548578.

2- https://www.nissanusa.com/ariya/html.

3- https://www.youtube.com/watch?v=ksld8yz1jxa(accessed.

4- DAVIDA.CROLLA, "Automotive engineering Powertrain, Chassis system and Vehicle body", 2009.

5- M. Ehsani, Y. Gao, and A. Emadi, (2010), "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicle Fundamentals, Theory, and Design", 2d edition, Tylor &Francis Group, New York.

6- Sheldon S. Williamson. (2013) "Energy Management Strategies for Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicles". Springer Science + Business Media New York.

7- Go. Duarte and P. Baptista. (2015) "Analysis of Hybrid Vehicle Configurations Based on Real-World on-Road Measurements". Nova Science Publishers, Inc.

8- Catalog and data chit for dynamometer.