

## نمذجة ومحاكاة منظومة تغذية كهربائية تكيفية مستحدثة بهدف تحسين اقتصادية الوقود في السيارات باستخدام MATLAB/SUMILINK & C-CODE

الدكتور أحمد قصي كيالي\*  
الدكتور محمد علي قاسم\*\*  
الدكتور عبد القادر جوخدار\*\*\*  
يوسف حسين الكشتو\*\*\*\*

(تاريخ الإيداع 14 / 11 / 2012. قُبل للنشر في 19 / 3 / 2013)

### ▽ ملخص ▽

تم في هذا البحث بناء النماذج الرياضية لمنظومة تغذية كهربائية تكيفية مستحدثة للسيارات التقليدية بهدف تطوير عمل هذه المنظومة من أجل تحسين اقتصادية استهلاك الوقود. أجريت النمذجة في بيئة MATLAB وباستخدام لغة C من أجل دراسة السلوك الديناميكي للمنظومة المقترحة.

تم إجراء المحاكاة لمنظومات السيارة بالكامل باستخدام دورتي قيادة وقد أظهرت النتائج تحسناً واضحاً في استهلاك الوقود وتخفيضاً ملحوظاً في تقليل نسبة الغازات السمية الصادرة عن العادم في السيارة. في كلتا الحالتين (دورتي القيادة) عند استخدام خوارزمية قيادة متطورة لمنظومة التغذية الكهربائية بالمقارنة مع الخوارزميات التقليدية. نود التنويه أن الخوارزمية المقترحة يمكن تنفيذها على مختلف أنواع السيارات السياحية المستعملة والجديدة كون أن الخوارزمية المقترحة ذات كلفة منخفضة وسهلة التنفيذ.

**الكلمات المفتاحية:** إدارة الطاقة في السيارات، نمذجة ومحاكاة السيارات الكهربائية، دورات القيادة، انبعاث الغازات في السيارات.

---

\*أستاذ قسم الميكاترونك - كلية الهندسة الالكترونية- جامعة حلب- حلب - سورية .  
\*\*أستاذ مساعد - كلية الهندسة الميكانيكية- أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية - دمشق - سورية.  
\*\*\*أستاذ مساعد - قسم الميكاترونك - كلية الهندسة الالكترونية- جامعة حلب- حلب - سورية .  
\*\*\*\*طالب دراسات عليا (دكتوراه) - كلية الهندسة الالكترونية - جامعة حلب- حلب - سورية .

## **MATLAB& C-Code–Based Modelling& Simulation of Adaptive Power Supply System For Fuel Economy Improvement of Petrol Vehicles**

Dr. A K Kayyali\*  
Dr. M.Kasem\*\*  
Dr.A. Joukhadar\*\*\*  
Yosef Hussein AL-Kashtow\*\*\*\*

(Received 14 / 11 / 2012. Accepted 19 / 3 / 2013)

### **▽ ABSTRACT ▽**

The present paper provides a mathematical dynamic modelling and analysis of a newly developed electrical power supply system for petrol cars. The main goal of this research work is to improve the economic operation of the car's electric power supply aiming at fuel economy improvement and for less gases emission. The proposed scheme has been studied and investigated using MATLAB/SIMULINK<sup>(R)</sup> toolbox and C language. The dynamic behaviour of the proposed system has been analysed for two different driving cycles and the results showed a fuel economy improvement in the investigated two cases. It is shown that the proposed approach is very superior to the conventional one, which is widely used in most of public cars. However, it also shows very encouraging results in terms of fuel save and less gas emission. The main advantage of the method proposed is its applicability to any first or second hand low cost cars.

**Keywords:** Modelling & Simulation of Electric Vehicle, Car Power Management, Driving Cycle, Car gas emission

---

\*Professor Dept. of Mechatronics, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria .

\*\* Associate Professor, Faculty of Mechanical Engineering AL-Assad academy for military engineering, Damascus, Syria.

\*\*\* Associate Professor, Dept. of Mechatronics, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria .

\*\*\*\* Postgraduate Student, Faculty of Electrical and Electronic Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria

**مقدمة:**

أدى التطور التقني وضرورة الحفاظ على البيئة إلى ضرورة استخدام السيارات الصديقة للبيئة التي تنفذ مع مخلفات العادم أقل قدر ممكن من الغازات السامة وتوفر في استهلاك الوقود، وفي هذا الإطار تعتبر عملية نمذجة منظومة التغذية الكهربائية في السيارة بهدف أمثلة العمل وتقليل صرف الوقود لتشغيل المستهلكات الكهربائية واحدة من أبرز الاتجاهات البحثية هذه الأيام. وعلى الرغم من كثرة الباحثين في هذا المجال إلا أن النماذج المتوفرة في المقالات والنشرات العلمية تقدم النتائج فقط وتخفي الكثير من التفاصيل في الكودات البرمجية والنماذج وطرق تحديد البارامترات ولا تتطرق إلى المنظومة المذكورة بشكل كامل. ومن أجل تجاوز هذه السلبيات يقدم هذا البحث نمذجة كاملة لعناصر منظومة التغذية الكهربائية التكميلية في السيارة وربط هذه المكونات مع بعضها لمحاكاة العمل الفعلي في ظروف التشغيل الطبيعية. نفذت النمذجة في بيئة MATLAB وبلغت البرمجة C من أجل اختبار عمل السيارة في دورات قيادة مختلفة، يسمح بالتقييم الدقيق للخوارزمية التكميلية في التأثير على اقتصادية الوقود للسيارات التقليدية. تم الحصول على نتائج تقارب الواقع العملي بشكل كبير جداً وبدقة تصل حتى 95 %.

**أهمية البحث وأهدافه:**

تكمن أهمية البحث في إيجاد تطبيق برمجي يؤمن حل مثالي لمسألة إدارة الطاقة الكهربائية في السيارات التقليدية بهدف تحسين اقتصادية الوقود.

لتحقيق هذه الدراسة تم بناء النماذج الديناميكية لكل من المولد والمدخرة ومجموعة نقل الحركة في بيئة

**MATLAB ولغة C.**

يتيح استخدام بيئة برمجية متقدمة مثل C و MATLAB إمكانية تعديل وتطوير هذه النماذج في السيارات وفقاً لما يراه المصمم متاحاً. فضلاً عن ذلك إن استخدام النماذج المبنية بشكل مسبق كما في بيئة Simpler.Saber و Advisor وغيرها من البرمجيات المستخدمة على نطاق واسع في نمذجة السيارات والقطارات الكهربائية والهجينه لدى الشركات الرائدة في مجال صناعة السيارات لن تساعد في الفهم العميق والتطوير كون أن الكود البرمجي لها ليس متاحاً بالنسبة للباحثين وإنما هي ملكية الشركة الصانعة.

يهدف البحث إلى إعداد النموذج الرياضي لنظام تغذية تكميلي يعطي في خرجه جهداً ثابتاً في شروط العمل المختلفة للعربة مع ضمان استهلاك أقل للوقود.

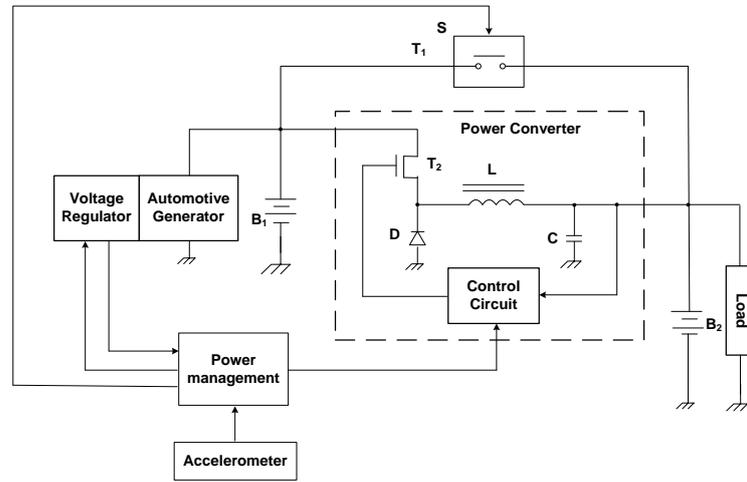
**طرائق البحث ومواده:**

تعتمد طريقة البحث على إجراء مراجعة شاملة لما تم إنجازه في مجال نمذجة المنظومات الكهربائية في السيارات. وبشكل خاص في الأبحاث المنشورة في المجلات الدولية (IMECH،IEEE) باعتماد بيئة MATLAB ولغة C كبيئة برمجية متقدمة لنمذجة كل من عناصر منظومة التغذية الكهربائية في السيارة واستخلاص النتائج والتوصيات. **منظومة التغذية الكهربائية التكميلية المقترحة**

تتكون المنظومة من مدخرتين حمضيتين رصاصيتين (1) و(2) تؤمن المدخرة الثانية تياراً لدارة الحمل وتشحن المدخرة الأولى من المولد على جهد معين أعلى من جهد المدخرة (2). يوصل بين المدخرتين (1) و(2) مبدل الطاقة ينجز تحويل طاقة أحادية الاتجاه من المدخرة (1) إلى المدخرة (2). وفقاً لاستهلاك الطاقة ووفقاً للحمل فإن دارة

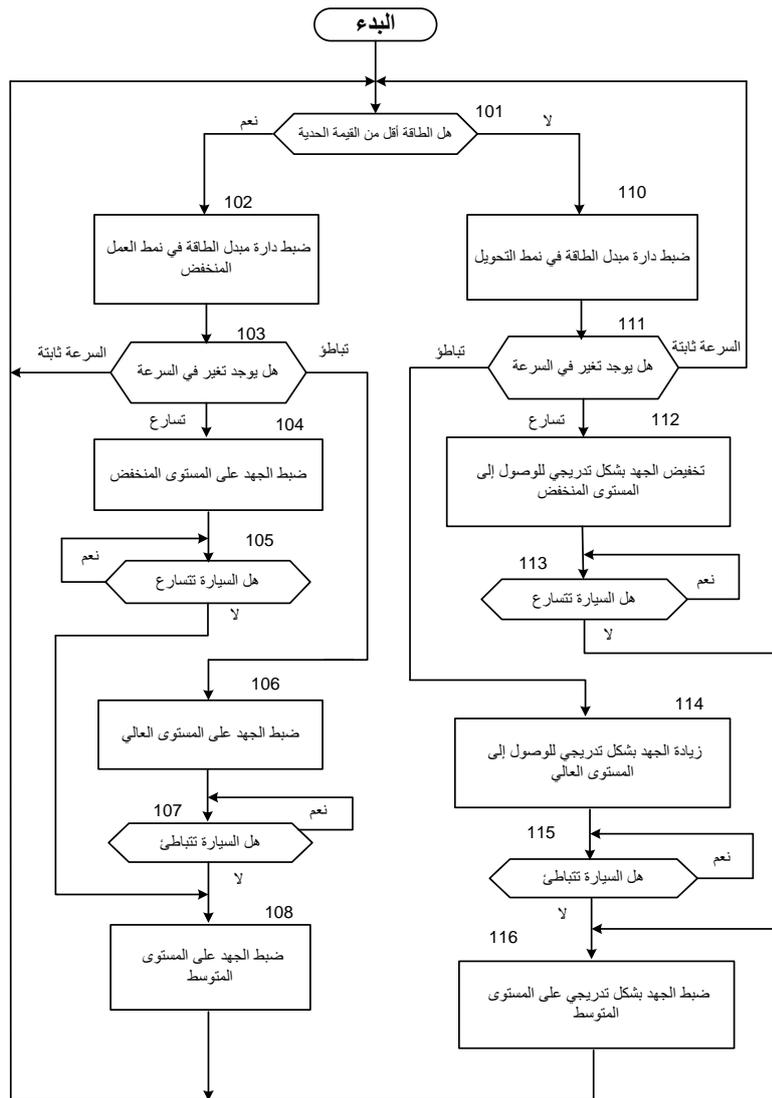
تحويل القدرة تعمل إما في النمط الأول أو في النمط الثاني، ففي النمط الأول (نمط التحويل) تعمل دائرة تحويل القدرة وفقاً لجهد المدخلة الثانية بحيث يبقى جهد المدخلة ثابتاً، أما في النمط الثاني فإن دائرة تحويل القدرة تعمل كدارة وصل مباشر بين المدخلتين (1) و(2)، يتحكم منظم الجهد بجهد خرج المولد عن طريق تنظيم تيار التحريض وفقاً لإشارة تحكم يؤمنها المتحكم بالنظام. يؤمن مقياس التسارع إشارة إلى متحكم النظام لتبيان تغيرات سرعة العربة. يراقب متحكم النظام معطيات القدرة ومعطيات أخرى تطبق عليه من منظم الجهد ويحدد قيمة الاستطاعة المستهلكة في الحمل وإضافة إلى تحديد الاستطاعة المستهلكة من قبل الحمل فإن المتحكم يراقب إشارة سرعة العربة المطبقة عليه من مقياس التسارع لكي يكتشف لحظات حدوث تغيرات سرعة العربة. وكمثال على مبدل الطاقة يمكن أن يكون المبدل عبارة عن دائرة مبدل من DC to DC تتكون من ترانزستور استطاعي يستخدم كمفتاح ومن ديود وملف ومكثف تتيم ودائرة تحكم. يوصل مصرف الترانزستور مع المدخلة (1) ويوصل منبعه مع أحد أطراف الملف أما الطرف الآخر للملف فيوصل مع المدخلة (2).

تولد دائرة التحكم قطاراً من النبضات ذات استمرارية متغيرة وبتردد محدد مسبقاً يتراوح بين (10-100) كيلو هرتز. يفود هذا القطار النبضي الترانزستور إلى حالة تمرير في مجالات دورية ويؤدي ذلك إلى اهتزاز عالي التردد في دائرة الملف والمكثف وخلال النصف الأول من كل دورة اهتزاز يمر التيار عبر المكثف والديود ويشحن المكثف. أما في نصف الدور التالي فإن التيار يحجب، وبذلك فإن المكثف يشحن بجهد مستمر. تعمل دائرة التحكم في نمط تعديل عرض النبضة عن طريق مراقبة الجهد عبر المكثف والتحكم بعرض نبضات القيادة وفقاً للفرق بين جهد المكثف والجهد الثابت المرجعي بحيث يتم تخفيض الفارق إلى الصفر وبنتيجة ذلك يتم الحفاظ على جهد ثابت على طرفي المكثف، يوضح الشكل (1) مخطط صندوقي للمنظومة المقترحة.

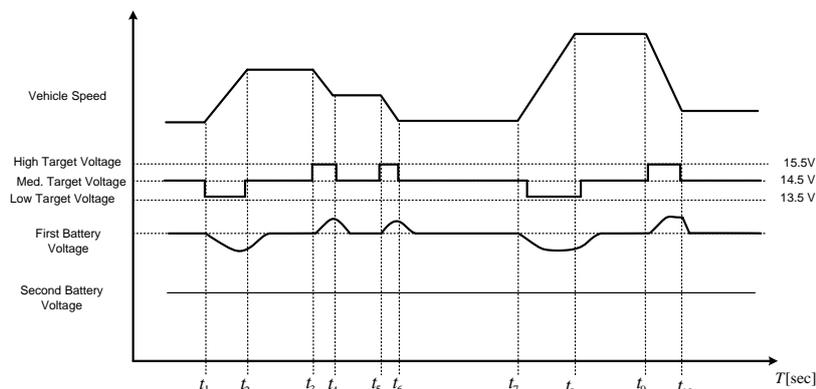


الشكل (1) مخطط صندوقي للمنظومة المقترحة

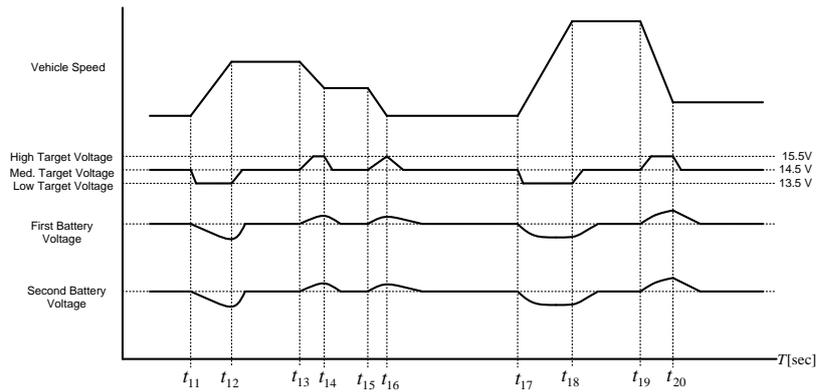
يوضح الشكل (2) المخطط النهجي لعمل متحكم إدارة الطاقة على السيارة التقليدية وبعتماد خوارزمية مطورة لإدارة الطاقة. كما توضح المخططات على الأشكال (3) و (4) تغيرات بارامترات النظام مع الزمن، حيث اعتمدت هذه الأشكال في إعداد المخطط النهجي المذكور.



الشكل (2) مخطط نهجي لعمل المتحكم بالنظام



الشكل (3) مخطط زمني لشرح عمل نظام التغذية الكهربائية عندما يكون استهلاك الطاقة منخفضاً



الشكل (4) مخطط زمني لشرح عمل نظام التغذية الكهربائية عندما يكون استهلاك الطاقة عالياً نسبياً

### النموذج الرياضي لمجموعة نقل الحركة

تتكون مجموعة نقل الحركة من الفاصل الواصل (الدبرياج)، وعلبة السرعة، وعلبة النقل النهائية، والدواليب، والعتالة. لم تخضع هذه المكونات للنمذجة بالتفصيل، وإنما تم فقط نمذجة العلاقة بين سرعة العربة، وسرعة المحرك، وعزم مجموعة نقل الحركة. من أجل سرعة العربة المعطاة بشكل عام  $v(t)$ ، وميل الطريق  $\alpha(t)$ ، ونسبة التعشيق المختارة  $g_r(t)$ ، يمكن حساب سرعة المحرك وعزم دفع العربة المطابق كما يلي:

تتألف القوة الضرورية لتسيير العربة  $F_d(t)$  من العتالة، ومقاومة الهواء، وانحدار الطريق، ومقاومة التدرج [1].

$$F_d(t) = M \dot{v}(t) + \frac{1}{2} \rho C_d A_d v(t)^2 + M \cdot g \sin(\alpha(t)) + C_r M \cdot g \cos(\alpha(t)) \quad (1)$$

بإهمال الضياعات في علبة السرعة، يصبح العزم على الجذع المعقوف:

$$\tau_d(t) = \frac{w_r}{f_r} \frac{1}{g_r(t)} F_d(t) \quad (2)$$

تعطى سرعة المحرك بالعلاقة:

$$\omega(t) = \frac{f_r}{w_r} g_r(t) v(t) \quad (3)$$

وتعطى الطاقة المطلوبة للدفع بالعلاقة:

$$P_d(t) = \omega(t) \tau_d(t) \quad (4)$$

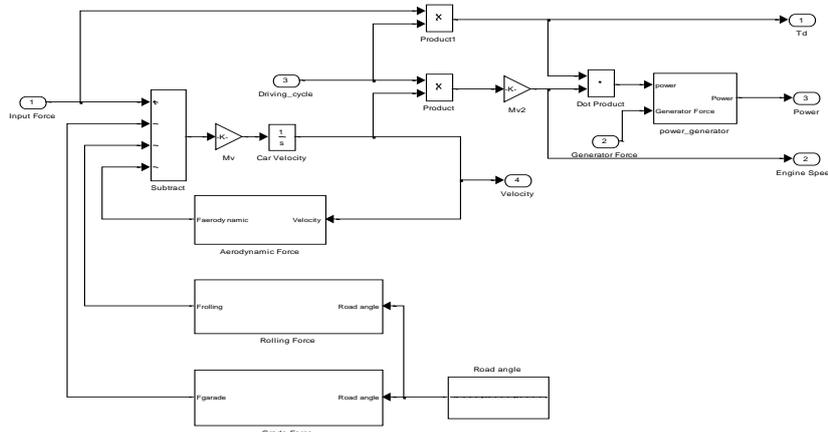
يوضح الجدول (1) شرح البارامترات وقيمها المستخدمة في هذا البحث.

الجدول (1) قيمة البارامترات لموديل المحاكاة [2]

الوحدة	القيمة	الرمز	الكمية
Kg	1600	M	الكتلة
M <sup>2</sup>	2	A <sub>d</sub>	المساحة الأمامية
-	0.3	C <sub>d</sub>	عامل مقاومة الهواء
-	0.015	C <sub>r</sub>	مقاومة التدرج
M	0.3	W <sub>r</sub>	نصف قطر العجلة
-	4.0	f <sub>r</sub>	نسبة القيادة النهائية

نسبة تعشيق السرعة	$g_r$	3.4-2.1-1.4-1.0-0.77	-
سرعة الدوران الحر	$W_i$	100	Rad/s
كثافة الهواء	$p$	1.2	$g/m^3$
الجاذبية	$g$	9.8	$m/s^2$

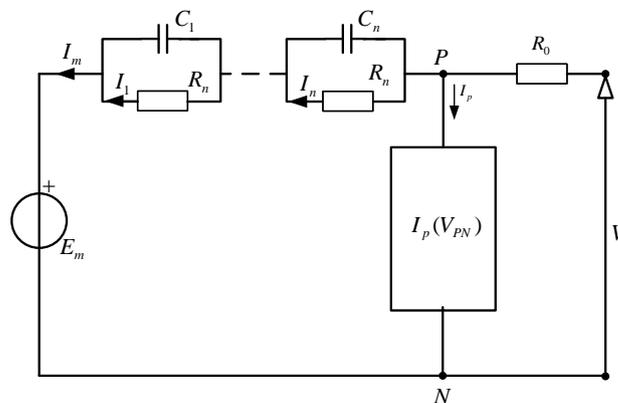
يوضح المخطط التالي الشكل (5) بنية النموذج الرياضي لمجموعة نقل الحركة.



الشكل (5) بنية النموذج الرياضي لمجموعة نقل الحركة

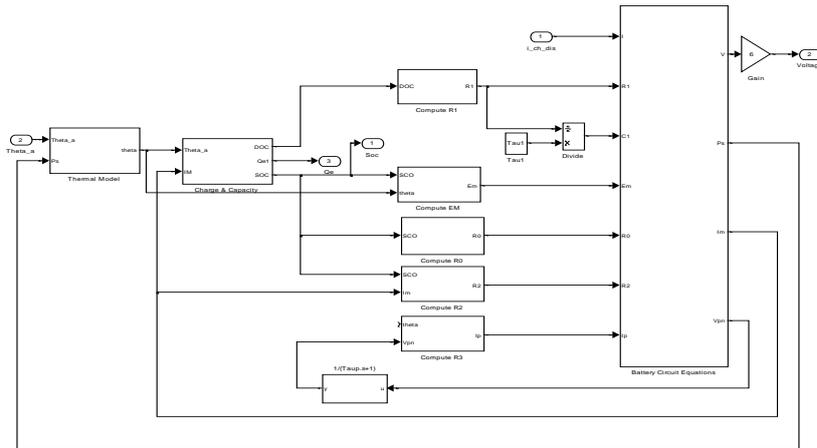
### النموذج الرياضي للمدخرة

لبناء النموذج الديناميكي الرياضي للمدخرة يتم استخدام الدارة الكهربائية للمدخرة. يوضح الشكل (6) السلوك الكهربائي للمدخرة من خلال الدارة الكهربائية التالية.



الشكل (6) الدارة الكهربائية المكافئة للمدخرة الحمضية الرصاصية لحالتي الشحن والتفريغ [3]

تتألف الدارة من فرعين أساسيين، يوضح الفرع الأول بشكل تقريبي السلوك الديناميكي للمدخرة في مختلف الظروف، بينما يفسر الفرع الطفيلي سلوك المدخرة في نهاية عملية الشحن. يوضح الشكل (7) بنية النموذج الرياضي لمدخرة حمضية رصاصية 12V سعتها 50Ah.



الشكل (7) بنية النموذج الرياضي لمدمخة حمضية رصاصية 12V سعتها 50Ah [4].

### النموذج الرياضي للمولد

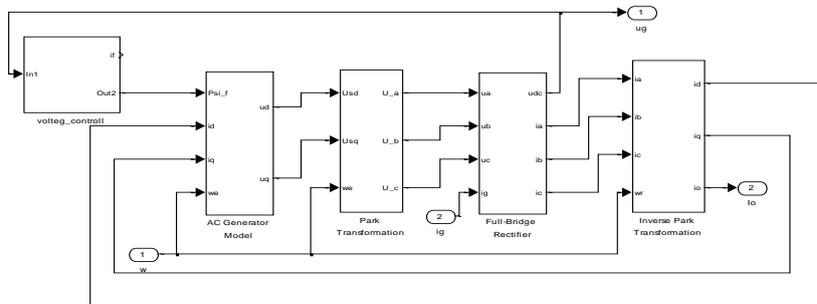
المولد المستخدم في السيارات هو مولد ثلاثي الطور يتألف من ثلاثة أطوار بفارق طوري مقداره  $120^\circ$  درجة بينما يتألف الدوار من ملف تحريض تتم تغذيته بتيار مستمر [5].

إن بناء النموذج الديناميكي للمولد ثلاثي الطور في نظام المحاور ABC يشكل صعوبة بالغة كون أن هناك تحريضية متبادلة بين الأطوار الثلاثة، هذا بالإضافة إلى أن المفاعلات التحريضية للأطوار ليست ثابتة زمنياً، لكنها تتغير وفقاً لزاوية دوران محور المولد.

لتبسيط الموديل الديناميكي للمولد تم استخدام نظرية التحكم الشعاعي التي تعتمد على فكرة تحويل الجملة الثلاثية المتناظرة إلى جملة ثنائية مكافئة (إفترضية) تكافئ الجملة الثلاثية وتؤدي إلى الغرض نفسه.

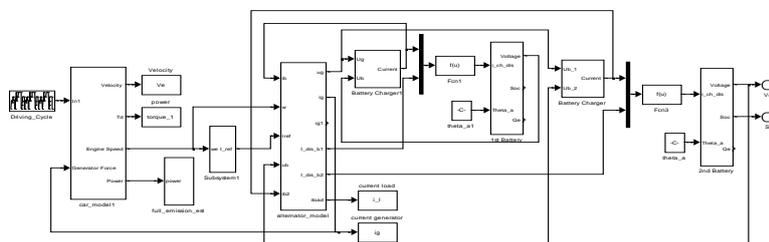
في هذه الحالة سنحصل على عدة مزايا أهمها اختصار عدد المعادلات من ثلاث معادلات إلى اثنتين (بالنسبة إلى معادلات الجهد للثابت). إلغاء المفاعلة المتبادلة بين الأطوار كون أنه في النظام الثنائي الافتراضي سيكون الطور  $\alpha$  متعامد مع الطور  $\beta$  وهذا بدوره يلغي المفاعلة المتبادلة [6]. وهذا سيؤدي إلى اختصار المعادلات أضف إلى ذلك ستصبح المفاعلات الرئيسية للأطوار مستقلة تماماً عن زاوية الدوران مما يؤدي في النهاية إلى اختصار الحدود التفاضلية للنموذج الديناميكي للمولد.

يوضح الشكل (8) نموذج المولد في البيئة MATLAB & C [7].



الشكل (8) بناء موديل المولد في بيئة MATLAB & C

النموذج الرياضي الكامل للمنظومة للاختبار في Driving cycle محددة.  
يوضح الشكل (9) النموذج الرياضي الكامل لمنظومة التغذية الكهربائية في سيارة تقليدية متطورة.

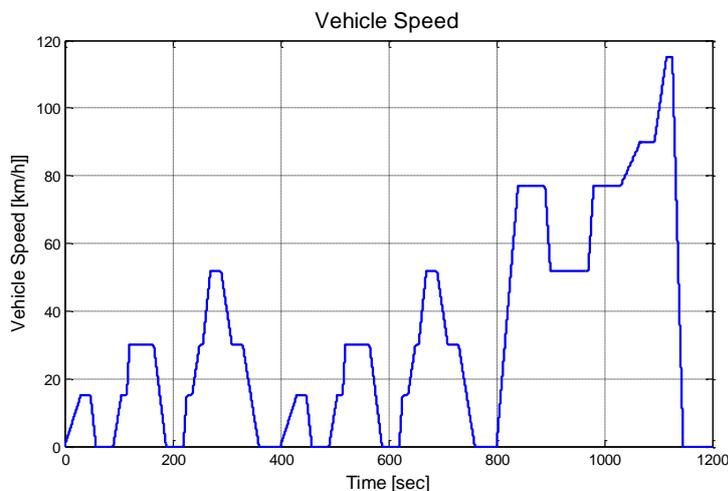


الشكل (9) بناء الموديل الكلي لمنظومة التغذية الكهربائية

### النتائج والمناقشة.

سيتم عرض ومناقشة النتائج التي تم الحصول عليها من النموذج الديناميكي لمنظومة التغذية الكهربائية لسيارة تقليدية 1600 CC. وهي الفئة الأكثر شيوعاً في الجمهورية العربية السورية لدراسة النتائج وتحليلها تم اعتماد دورتي قيادة لتشغيل السيارة وفقاً للمعايير الدولية المعتمدة في اختبار السيارات. يوضح الشكل (10) سرعة السيارة وفقاً لدورة القيادة الأوروبية (NEDC) [8].

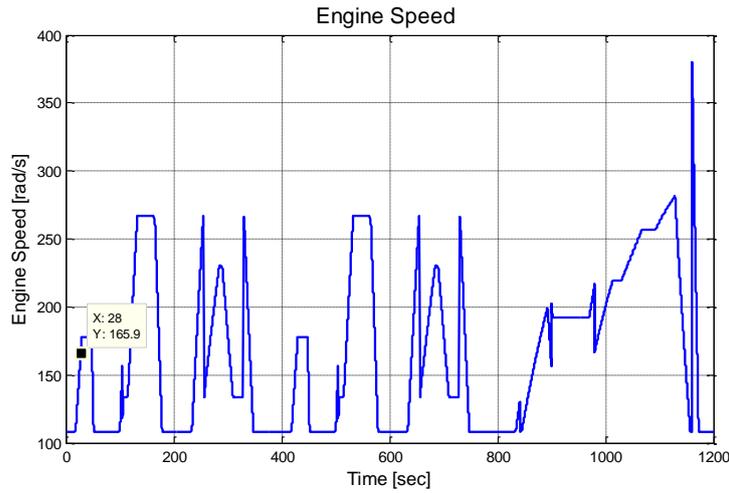
إن اعتماد دورة القيادة المبينة في الشكل (10) سيتيح اختبار منظومة التغذية عند سرعات مختلفة بما فيها حالة عدم سير السيارة وبقاء المحرك يدور عند السرعة الأولية بدون حالة تعشيق (حالة الدوران الحر).



الشكل (10) سرعة السيارة مقدرة Km/h

يوضح الشكل (11) سرعة دوران المحرك الموافقة لحركة السيارة وفقاً لدورة القيادة حيث أخذت سرعة المحرك

مقدرة بالـ rad/sec .



الشكل (11) سرعة دوران المحرك [ rad/sec ]

يوضح الشكل (12) و(13) استطاعة المحرك لكل من المنظومة التقليدية والمنظومة المقترحة على التوالي. على سبيل المثال سنأخذ لحظتين زمنيتين نوضح من خلالها انخفاض استطاعة المحرك عند التحميل الزائد وفقاً للخوارزمية المقترحة.

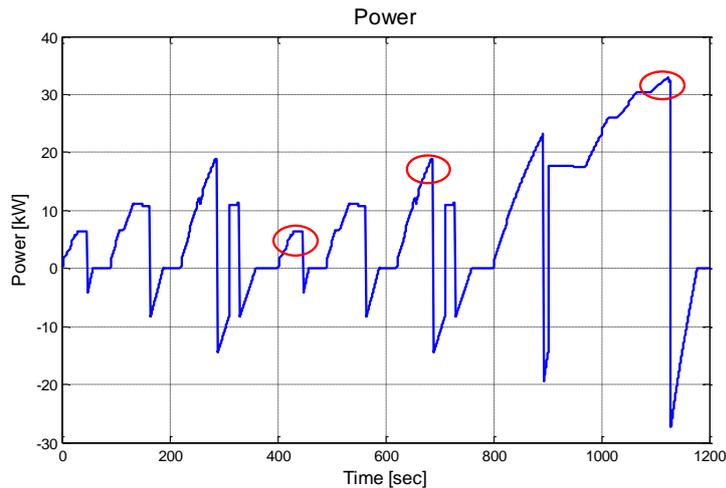
الجدول (2) قيم استطاعة المولد والمحرك في لحظتين مختلفتين

T[sec]	Power[kw]		Generator Force[kw]		حالة السيارة
	تقليدية	مقترحة	تقليدية	مقترحة	
28	6kw	4.5 kw	1.4 kw	0 w	تسارع
170	-4.7kw	-6.5 kw	1.4 kw	1.9 kw	تباطؤ

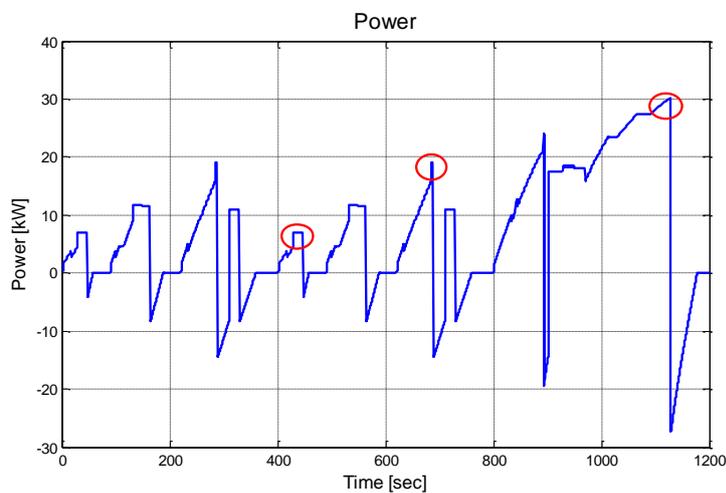
ففي اللحظة  $t = 28 \text{ sec}$  تكون السيارة في حالة تسارع، نلاحظ أنه في المنظومة التقليدية الحمل الميكانيكي الذي يؤثر فيه المولد على المحرك يصل حتى  $1.4 \text{ kw}$  كونه يوجد استهلاك كبير في التيار وبالتالي ترتفع استطاعة المحرك حتى  $6 \text{ kw}$ . بتطبيق الخوارزمية المقترحة في هذه اللحظة وهي خفض الجهد المعير إلى  $12 \text{ V}$  وفصل تيار التحريض والاعتماد على المدخرتين بتغذية الحمل نلاحظ انخفاض الحمل الميكانيكي الذي يؤثر فيه المولد على المحرك إلى الصفر تقريباً وبالتالي انخفاض استطاعة المحرك إلى  $4.5 \text{ kw}$  تقريباً.

أما في اللحظة  $t = 170 \text{ sec}$  نلاحظ أن السيارة في حالة تباطؤ وبالتالي يتم تفعيل المولد ورفع مستوى الجهد المعير حيث يتم الاستفادة في هذه الحالة من تأثير الفرملة عن طريق تحويل عزم المركبة إلى طاقة كهربائية وبذلك تستعاد هذه الطاقة وتخزن في المدخرة ونلاحظ نلاحظ ارتفاع الحمل الميكانيكي الذي يؤثر فيه المولد على المحرك من  $1.4 \text{ kw}$  إلى  $1.9 \text{ kw}$ ، انظر الجدول(2).

تبين الدوائر المشار إليها في الشكل انخفاض الاستطاعة في المنظومة المقترحة في اللحظات التي يكون فيها المحرك محمل بشكل زائد.



الشكل (12) استنطاعة المحرك في المنظومة التقليدية



الشكل (13) استنطاعة المحرك في المنظومة المقترحة

يوضح الشكل (14) تيار المولد المرجعي. يتم احتساب تيار المولد المرجعي وفقاً لسرعة دوران المحرك. وتعطى علاقة التيار في العلاقة (5).

$$I_{ref} = I_{max} \left( 1 - e^{-\frac{n_x - n}{n_x}} \right) \quad (5)$$

حيث:

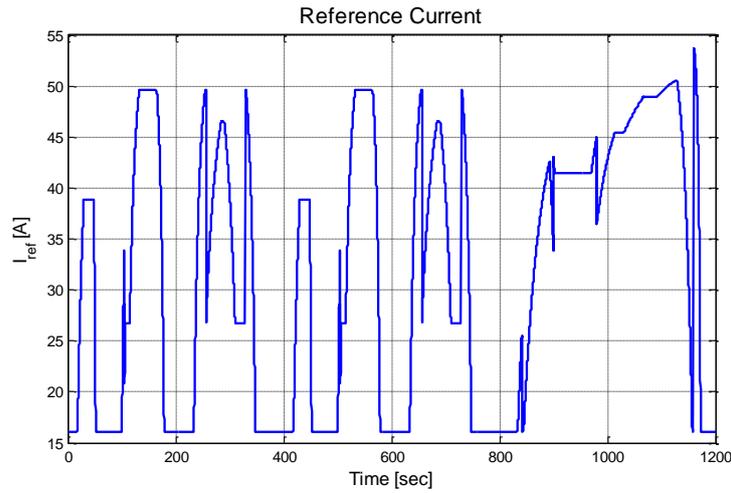
$I_{max}$ : التيار الأعظمي للمولد.

$I_{ref}$ : التيار المرجعي

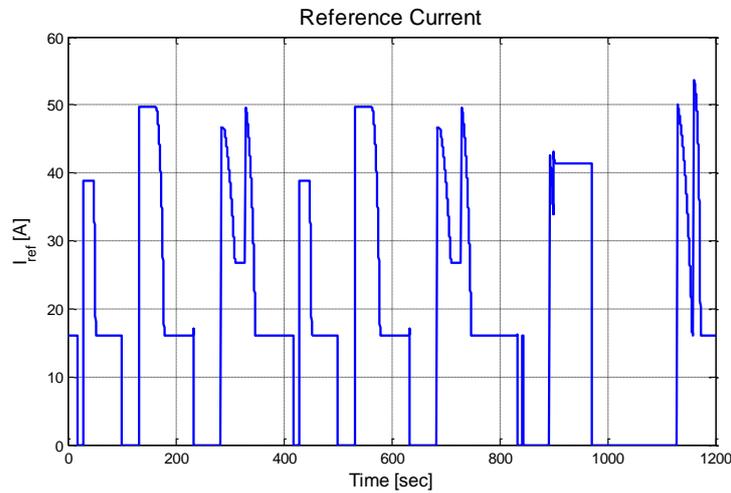
$n$ : سرعة دوران المولد.

$n_x$ : سرعة الدوران الابتدائية.

تمثل العلاقة (5) حالة التيار المرجعي الأعظمي عند سرعة ما. بناءً على حالة التيار المرجعي الأعظمي يمكن لمنظومة إدارة الطاقة في السيارة التحكم بجريان الطاقة (شحن أو تفريغ المدخرة) وتوزيع الأحمال بين المدخرة والمولد. إن مراقبة التيار المرجعي الأعظمي بشكل مباشر يساعد بدوره منظومة التحكم على توزيع الأحمال بشكل مثالي بين المدخرة والمولد.



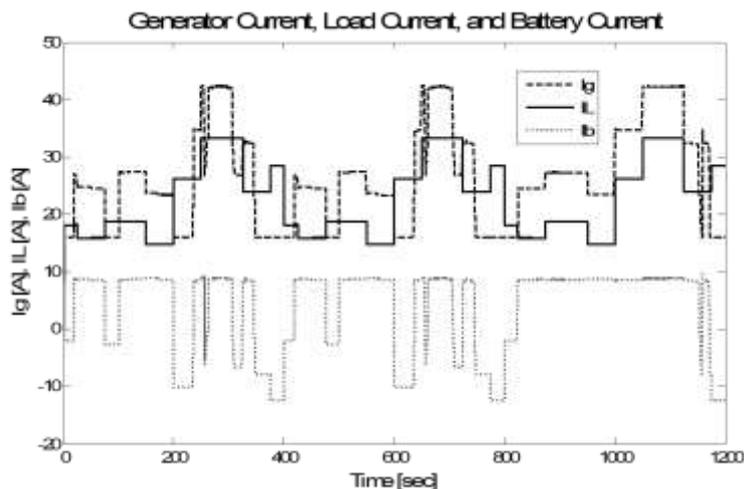
الشكل (14- a) تيار المولد المرجعي في المنظومة التقليدية



الشكل (14- b) تيار المولد المرجعي في المنظومة المقترحة

نلاحظ في الشكل (14- b) انخفاض تيار المولد المرجعي في المنظومة المقترحة إلى الصفر عند التسارع وهو ما يخفف الحمل الكهربائي على المحرك ويتحقق ذلك من خلال فصل ملف التحريض أي توقيف المولد عن توليد الكهرباء، بحيث يصبح جهد مبدل الطاقة هو فقط جهد دخل المدخنة.

يوضح الشكل (15) تيارات منظومة التغذية الكهربائية التقليدية. كما هو واضح من الشكل في كل لحظة زمنية يكون مجموع تيار الحمولة وتيار المدخنة مساوياً لتيار المولد وهذه الطبيعة هي من مهمة المتحكم الذي يدير عملية إدارة الطاقة في منظومة التغذية الكهربائية في السيارة. من الملاحظ أنه وفقاً لتغيرات تيار الحمولة فإن تيار المدخنة يتغير من حالة الشحن إلى حالة التفريغ. إن تغير تيار يعتمد في الواقع على سرعة السيارة وحالة العمل فمثلاً عند عمل السيارة عند سرعة منخفضة (حالة توقف) عند اللحظة  $t = 348 \text{ sec}$  حتى  $t = 418 \text{ sec}$  فإن التيار الأعظمي الذي يمكن أن يعطيه المولد في هذه الحالة هو  $16 \text{ A}$ .



lg: تيار المولد IL: تيار الحمولة lb: تيار المدخرة

الشكل (15) تيارات منظومة التغذية التقليدية

بينما في هذه اللحظة تماماً التيار المطلوب من منظومة التغذية الكهربائية هو 30 A لذلك هناك نقص في التيار قيمته 14 A تقريباً سيتم تأمين هذا التيار من خلال تبديل عمل المدخرة من حالة الشحن إلى حالة التفريغ وهذا ما يوضحه الشكل (15) عند نفس اللحظة الزمنية، للتأكد بجمع التيارات عند اللحظة  $t = 400 \text{ sec}$  فإن  $I_G = 30 + (-14) = 16 \text{ A}$  وهذا يؤكد دقة عمل منظومة التحكم في دارة الطاقة الكهربائية في السيارة. أما في المنظومة المقترحة الشكل (16) نلاحظ وجود تيار المدخرة الأولى والمدخرة الثانية مع تطبيق دقيق للخوارزمية المقترحة.

والتي سوف نوضحها من خلال الأمثلة التالية:

يوجد نمطين للعمل، لنأخذ النمط الأول والذي يكون فيه الحمل أقل من حد معين نلاحظ وجود حالتين للشحن والتفريغ:

الحالة الأولى:

$$t = 160 \text{ sec}, I_G = 33.35 \text{ A}, I_L = 14 \text{ A}, I_{b1} = I_{b2}$$

وبالتالي يذهب ما تبقى من تيار المولد لشحن المدخرتين:

$$I_G = I_L + (I_{b1} + I_{b2})$$

الحالة الثانية:

$$t = 90 \text{ sec}, I_G = 17.4 \text{ A}, I_L = 18.1 \text{ A}, I_{b1} = -1.3 \text{ A}, I_{b2} = 0 \text{ A}$$

وبالتالي نلاحظ أنه تم المحافظة على جهد المدخرة الثانية وتغذية الحمل من المدخرة الأولى والمولد مع بعضهما.

أما النمط الثاني: عندما يكون استهلاك الحمل أكبر من حد معين كذلك نلاحظ وجود حالتين للشحن والتفريغ:

الحالة الأولى:

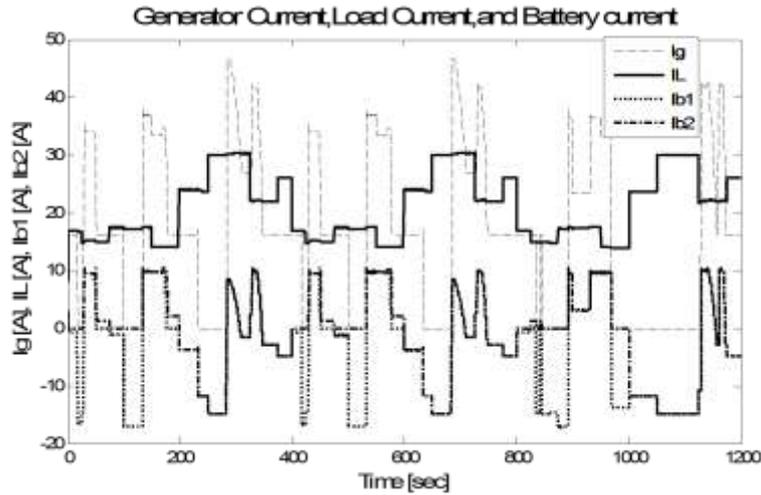
$$t = 1110 \text{ sec}, I_G = 0 \text{ A}, I_L = 29.84 \text{ A}, I_{b1} = I_{b2} = -14.92 \text{ A}$$

وبالتالي نلاحظ تغذية الحمل من المدخرتين مع بعض وفصل تيار المولد وهي حالة تفريغ للمدخرات.

### الحالة الثانية:

$$t = 1135 \text{ sec}, I_L = 21,99, I_G = 41,87, I_{b1} = I_{b2} = 9,863 \text{ A}$$

ونلاحظ حالة شحن للمدخرتين مع بعض.

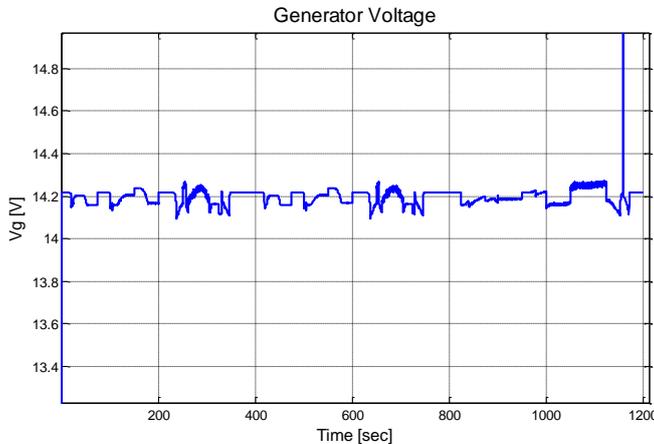


lg: تيار المولد IL: تيار الحمولة lb1: تيار المدخرة 1 lb2: تيار المدخرة 2

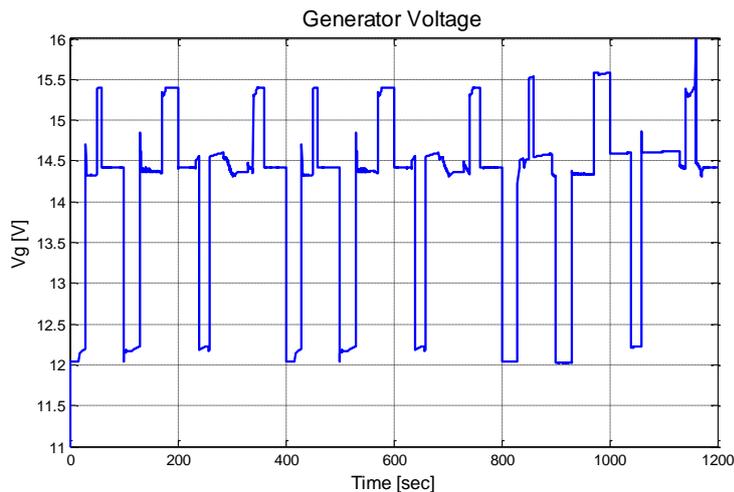
الشكل (16) تيارات منظومة التغذية المقترحة

أما جهد المولد فكما هو واضح من الشكل (17) يتغير مع الزمن وذلك حسب حالة توزيع الأحمال في منظومة التغذية الكهربائية وهناك اضطراب في جهد خرج المولد إلا أنه سرعان ما يعود هذا الجهد إلى القيمة المرجعية المتعارف عليها في منظومة التغذية الكهربائية  $(14V \pm 0.5)V$ .

إن عودة جهد المولد إلى القيمة المرجعية يعتمد على مركبين رئيسيين هما معايرة الفيض المغناطيسي في المولد والسرعة وهذا بدوره يعتبر من مهمة منظم الجهد في المولد. تم في هذه الدراسة تنظيم جهد المولد بالاعتماد على ضبط الفيض المغناطيسي بشكل آلي على اعتبار أن المتحول الرئيسي في منظومة التوليد هو السرعة حيث يتغير من المحيط الخارجي (محرك السيارة) ولا يمكن التحكم به. نلاحظ أنه أثناء التسارع يكون جهد المولد منخفض وعند السير بسرعة ثابتة يتم ضبط جهد المولد على القيمة المتوسطة أما في حالة التباطؤ يتم ضبط جهد المولد على القيمة العالية.

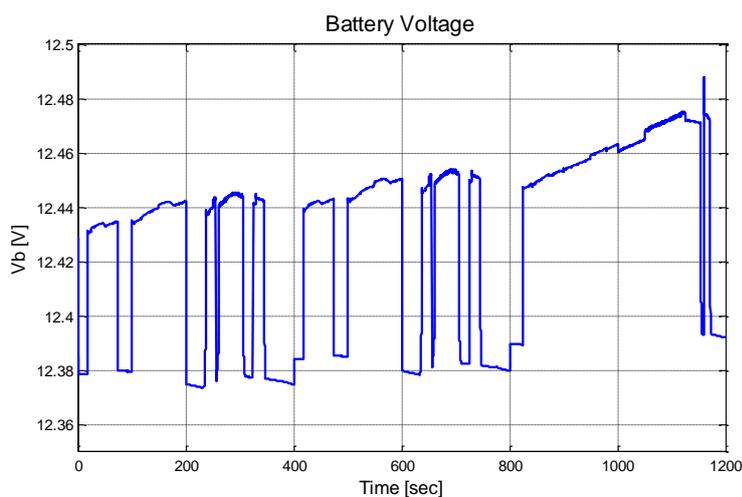


الشكل (17) جهد المولد في المنظومة التقليدية



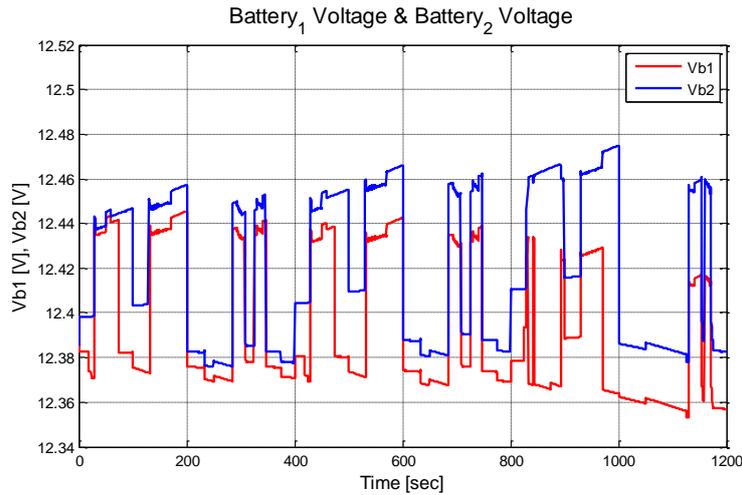
الشكل (18) جهد المولد في المنظومة المقترحة

يوضح الشكل (19) تغيرات جهد المدخرة بتغيير تيارها وفقاً لإدارة الطاقة في منظومة التغذية الكهربائية في السيارة. إن الاضطراب الحاصل في جهد الخرج للمدخرة سببه في الواقع انتقال حالة عمل المدخرة من الشحن (من اللحظة  $t = 19$  sec حتى  $t = 75$  sec حالة شحن) إلى التفريغ (من اللحظة  $t = 75$  sec حتى  $t = 100$  sec حالة تفريغ).



الشكل (19) جهد المدخرة في المنظومة التقليدية

أما في المنظومة المقترحة نلاحظ من الشكل (20) تغير الجهد لكل من المدخرتين وفقاً للخوارزمية المقترحة.



الشكل (20) جهد البطارتين في المنظومة المقترحة

وهنا نوضح ماذا يحدث في جهود المدخرتين من خلال الشكل، نلاحظ أن جهد المدخرة الثانية ثابتة أكثر من الأولى ولا ينخفض عن حد معين وخصوصاً في نمط العمل الأول، على سبيل المثال الفترة من  $t = 800 \text{ sec}$  إلى  $t = 830 \text{ sec}$ ، نلاحظ ثبات جهد المدخرة الثانية بينما نلاحظ انخفاض جهد المدخرة الأولى لتغذية الحمل المطلوب، أما في نمط الحمل الثاني نلاحظ تغير جهد المدخرتين مع بعض، على سبيل المثال  $t = 600 \text{ sec}$  إلى  $t = 685 \text{ sec}$ .

### تقييم اقتصادية الوقود في المنظومة التقليدية والمقترحة

لتقييم أداء المنظومة المقترحة فقد تم بناء النظام في بيئة الـ MATLAB/SIMULINK ولغة الـ C. الجدير بالذكر أنه لتقييم أداء المنظومة من جهة انبعاث الغازات السامة ومصروف الوقود تم اعتماد منحنيات دولية [9] واعتبارها مرجعاً أساسياً في هذا البحث. تم إيجاد تابع كثير الحدود مكافئ لهذه المنحنيات، حيث تم اعتماد تابع كثير الحدود من الدرجة السابعة. للتأكد من صحة التابع المشتق تم تجريبه على عينات مختلفة وأكدت التجارب التي تم إجراؤها صحة التابع الذي تم اعتماده. تم اشتقاق توابع كثير الحدود مماثلة من أجل تقييم نسبة استهلاك الوقود ومختلف غازات العادم المنبعثة. تم كتابة هذه التوابع بلغة الـ C وتم دمج Augmenting هذا البرنامج مع الموديل الديناميكي للنظام المقترح في بيئة الـ MATLAB/SIMULINK ولغة الـ C. يوضح الجدول (3) قيم استهلاك الوقود والغازات المنبعثة من عادم السيارة في كلا المنظومتين، من خلال إجراء الحسابات (برنامج بلغة الـ C) تبين أن المنظومة المقترحة تقدم ما مقداره 1.6% توفيراً في استهلاك الوقود بالمقارنة مع نظيرتها في النظام التقليدي ونسب مختلفة للتحسن في إصدار الغازات موضحة في الجدول.

الجدول (3) مقارنة بين منظومة التغذية المقترحة والمنظومة التقليدية

الغاز/مصروف الوقود	المنظومة التقليدية	المنظومة المقترحة	نسبة التخفيض
CO [g/km]	2.2618	2.2273	%1.6
NO <sub>x</sub> [g/km]	0.1985	0.1844	%6
HC [g/km]	0.2169	0.2142	%1.3
Full [g]	$1.2344 \times 10^3$	$1.2156 \times 10^3$	%1.6

ونلاحظ من الجدول 3 أن السيارة استهلكت تقريباً 1.2 لتر بنزين لمسافة 11.16 كيلو متر وهو المصروف الطبيعي لمثل هذه السيارات.

### الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث إجراء المحاكاة لمنظومات التغذية الكهربائية التقليدية وأخرى تم اقتراحها في هذا البحث وذلك بهدف تخفيض استهلاك الوقود في السيارات العاملة على البنزين وكذلك تقليل نسبة الغازات السمية الصادرة عن عوادم السيارات. نفذت الدراسة على سيارة سياحية كونها الأكثر شيوعاً واستخداماً بين عامة الناس. تم اختبار المنظومة المقترحة باستخدام دورتي قيادة وتمت مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع منظومة تغذية تقليدية مستخدمة حالياً في السيارات السياحية. أظهرت النتائج تحسناً واضحاً في استهلاك الوقود وتخفيضاً ملحوظاً في تقليل نسبة الغازات السامة الصادرة عن العادم في السيارة. في كلتا الحالتين (دورتي القيادة) عند استخدام خوارزمية قيادة متطورة لمنظومة التغذية الكهربائية بالمقارنة مع الخوارزميات التقليدية. نود التنويه أن الخوارزمية المقترحة يمكن تنفيذها على مختلف أنواع السيارات السياحية المستعملة والجديدة كون أن الخوارزمية المقترحة ذات كلفة منخفضة وسهلة التنفيذ.

### المراجع :

- 1- J. T. B. A. Kessels. Energy management for automotive power nets, PhD thesis, Department of Electrical Engineering, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands, 2007, 21.
- 2- M.W.T. Koot. Energy management for vehicular electric power systems. PhD thesis, Department of Mechanical Engineering, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands, 2006, 23.
- 3- Ceraolo, Massimo and Stefano Barsali. Dynamical Models of Lead-Acid Batteries: Implementation Issues. IEEE Transaction on Energy Conversion. Vol. 17, No. 1, IEEE, March 2002, 16-23.
- 4- Jackey, Robyn A., "A Simple, Effective Lead-Acid Battery Modeling Process for Electrical System Component Selection," SAE Paper 2007-01-0778, SAE International, Warrendale, 2007.
- 5- Johan F. Keshow. Automotive Electrical and Electronic Systems, Chek – Chart, 2005, 372.
- 6- Peter Vas. Sensorless Vector and Direct Torque control, OUP 1998, 729.
- 7- Emilian Ceuca, Serban Lungu. Simulation of power electrical circuits of automotive 2006, 229-242.
- 8- T J Barlow, S Latham, I S McCrae and P G Boulter, Reference book of driving cycle for use in the measurement of road vehicle emission, TRL Limited, 2009.
- 9- Arsie I., Pianese C. and Rizzo G. (1998) Models for the Prediction of Performance and Emissions in a Spark Ignition Engine. SAE paper 980779