تحسين إقلاع محرك العربة الفنية المطارية في ظروف درجات الحرارة المنخفضة

سليمان حاتم سليمان*

(تاريخ الإيداع 11 / 5 / 2020. قُبِل للنشر في 30/ 9 / 2020)

□ ملخّص □

يتناول البحث طريقة هامة لتحسين إقلاع محرك العربة الفنية المطارية التي تحمل تجهيزات خاصة تخدم الطائرة، بحيث تضمن هذه الطريقة معالجة الصعوبات التي تعيق دوران المحرك في ظروف درجات حرارة الوسط المحيط المنخفضة ، ويتم ذلك بإضافة منظومة مساعدة تسخن كل من الزيت في حوض المحرك والهواء الداخل إلى المفحم أثناء عملية الإقلاع بتسلسل زمني محدد لاختصار الزمن اللازم لإقلاع المحرك.

الكلمات المفتاحية: إقلاع – الفنية – المطارية – تجهيزات – الطائرة – منظومة – مساعدة – حوض – المفحم .

* ماجستير- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية -جامعة دمشق- دمشق- سورية.

The Improvement Starting Engine of the Airport Technical Vehicle in Ambient Temperature Conditions

Soliman Hatem Soliman*

(Received 11 / 5 / 2020. Accepted 30 / 9 / 2020)

□ ABSTRACT □

The research deals with an important way to improve the starting engine of the airport technical vehicle, which carries special equipment that's serving aircraft. so that This method includes treatment the difficulties that impedes the starting engine in ambient temperature conditions, and this is done by adding an auxiliary system that secures heating of both the oil in the carter and air entering the carburetor during the starting process in a specific time sequence thus reducing the time required to start the engine

Keywords : the starting - technical – airport- equipment – Aircraft- system- auxiliary- carter- carburetor

* **(Master)- Faculty of Mechanical & Electrical Engineering- Damascus University – Damascus - Syria.**

مقدمة:

* تتعلق صعوبة بدء تشغيل السيارات القديمة التي تم تصنيعها قبل منتصف الثمانينيات من القرن الماضي بوجود مشاكل في كل من المدخرة والزيت إضافة إلى مشاكل في المفحم لأن الوقود لم يتبخر جيدًا أثناء الإقلاع البارد، ولكن لا داعي للقلق بشأن هذه الأمور إذا تم تصنيع سيارتك في العشرين عامًا الماضية فقد أصبحت في غالبيتها العظمى تزود بسخان للبطارية أو سخان لكتلة المحرك يتغذى من منبع كهربائي للحفاظ على درجة حرارة مناسبة مما يساعد الزيت والسوائل الأخرى على التدفق بسهولة أكبر أثناء بدء تشغيل المحرك البارد [1].

* في دراسة للباحث E. P. GOHN بعنوان (Cold Starting and Fleet Operation) تناول فيها صعوبات بدء تشغيل محركات الشاحنات في الطقس البارد، تم استخدام سخان كهربائي باستطاعة (1250 واط) مثبت في كتلة المحرك لتسخين السائل المحيط بجدران الأسطوانات، وقد بينت التجارب أن هذا السخان يوفر وسيلة بسيطة واقتصادية نسبيًا لتحسين بدء تشغيل المحرك البارد شتاء [2].

* و في دراسة للباحثين (J. J. DeCarolis, W. E. Meyer and P. W. Espenschade) حول استخدام الوقود الثانوي كمحفزات للاشتعال للمساعدة في بدء تشغيل محركات الديزل في الطقس البارد، أظهرت النتائج أن أفضل طريقة هي توفير الوقود الثانوي المحفز في مدخل السحب على شكل بخار، كما يمكن التحكم بسهولة بكمية هذا الوقود وأي بخار مكثف يتم حمله عبر هواء السحب البارد، وبالتالي يتم منع صعوبات بدء التشغيل الناتجة عن تراكم هذا البخار، يوجد حد أدنى لدرجة حرارة بدء التشغيل لكل نوع من أنواع المحركات،لذلك هناك حاجة دائمة إلى مزيد من العمل لضمان بدء التشغيل على البارد في جميع المحركات [3].

* و في دراسة للباحثين (O. Haahtela and G. Decker) حول أنواع الوقود ومواد التشحيم الحالية والمستقبلية المستخدمة للمحركات في المناخ البارد، تبين أن إضافة المكونات المحتوية على الأوكسجين إلى البينزين له تأثير كبير على بدء تشغيل المحركات وأداء الإحماء للمركبات على البارد، و يعتمد على استخدام الوقود البديل مثل الميثانول بشكل مناسب بحيث يحتوي الوقود فيه على مكونات خفيفة الغليان للحصول على أفضل أداء، تم بحث ظروف الإحماء للمحرك عند درجة الحرارة ($-10°C$) و حساب الوقود الإضافي المطلوب في ظل هذه الظروف لتسخين جميع مكونات المحرك بما في ذلك المبرد وزيوت التشحيم ، و بعد القياس الأساسي لارتفاع درجة الحرارة تم فحص الوقود الإضافي المطلوب بسبب الاحتكاك العالي عن طريق تشغيل المحرك، وقد أظهرت نتائج التجارب التي تم إجراؤها لتسخين أسرع لزيوت التشحيم مزايا فقط إذا تم تقليل حجم الزيت في الحوض المعدل [4].

* إن معظم الوسائل و الدراسات السابقة لتحسين إقلاع المحركات في الأجواء الباردة تناولت إمكانية تسخين محركات الديزل بشكل عام و المحركات البينزينية ذات الاستطاعات الصغيرة بشكل أكبر، أما بالنسبة للمحركات البينزينية ذات الاستطاعات الكبيرة فقد تم في منتصف الثمانينيات استخدام جهاز يؤمن تسخين كل من سائل التبريد والزيت و من ثم توجيهه إلى الأماكن المراد تدفئتها قبل بدء تشغيل المحرك وذلك في ظروف درجات الحرارة المنخفضة ($-15°C$) وما دون [5]، و بناء عليه في ضوء الهدف المنشود من هذا البحث تبين من خلال الدراسة الميدانية أن إقلاع محركات العربات التي تحمل تجهيزات فنية خاصة تخدم الطائرة يحتاج زمناً كبيراً في ظروف درجات الحرارة المنخفضة وخاصة في المناطق الداخلية و الصحراوية التي تتوضع فيها بعض المطارات في سوريا، مما استدعى التفكير بطريقة فعالة يتم فيها اختصار هذا الزمن بإضافة منظومة مساعدة لتحسين إقلاع محرك العربة الفنية المطارية وسرعة تنفيذ الأعمال القتالية وخاصة في ظروف الحرب.

منهجية البحث:

تم الاعتماد في هذا البحث على استخدام قاعدة اختبار و مجموعة تجهيزات وعناصر تمت تسميتها بمنظومة مساعدة لإقلاع المحرك البنزيني زيل−130 الذي يركب على العربة الفنية المطارية التي تخدم الطائرة لتنفيذ الطلعة الجوية، وتم إجراء التجارب في إحدى تشكيلاتنا في ظروف درجات الحرارة المنخفضة التي تتراوح بين 0 و 10^oC وقياس زمن إقلاع المحرك بشكل عادي و زمن إقلاعه بالمنظومة المساعدة وحساب الفرق بينهما عند درجة حرارة الوسط المحيط والبارامترات نفسها.

أولاً: تحسين إقلاع محرك العربة الفنية المطارية (airport technical vehicle):

* ينتشر استخدام الوسائل المساعدة لتسخين المحرك في الجو البارد بشكل واسع و تقسم هذه الوسائل إلى مجموعتين أساسيتين:

1. وسائل تساعد على تأمين وثوقية اشتعال الشحنة العاملة: يتم فيها تسخين الهواء الداخل إلى الأسطوانات، أو تسخين حجرة الاحتراق باستخدام شمعات التحمية، أو رفع نسبة الانضغاط عند الإقلاع، أو استخدام أنواع وقود سهلة التبخر والاشتعال.

2. وسائل تساعد على خفض مقاومة دوران العمود المرفقي: يتم فيها خفض الضغط العامل في الأسطوانات في مرحلة التحضير للإقلاع وقبل البدء بحقن الوقود، أو استخدام أجهزة تسخين الماء والزيت [6].

* تؤمن منظومة الإقلاع المساعدة المطبقة على محرك العربة الفنية المطارية مايلي:

1- إعطاء التغذية الكهربائية من المدخرات لتجهيزات منظومة الإقلاع.

2- تسخين الهواء الداخل إلى المفحم باستخدام وشائع تسخين كهربائية من أسلاك التنغستين المعالجة حرارياً، و تسخين الزيت باستخدام أصابع تسخين كهربائية معزولة تتوضع بشكل محيطي و بمسافات متساوية في حوض المحرك وتتغذى من المدخرات وبجهد($[V]$ 24).

3- تدوير زيت المحرك بإجراء محاولة إقلاع أو أكثر بشكل متزامن مع عمليات التسخين.

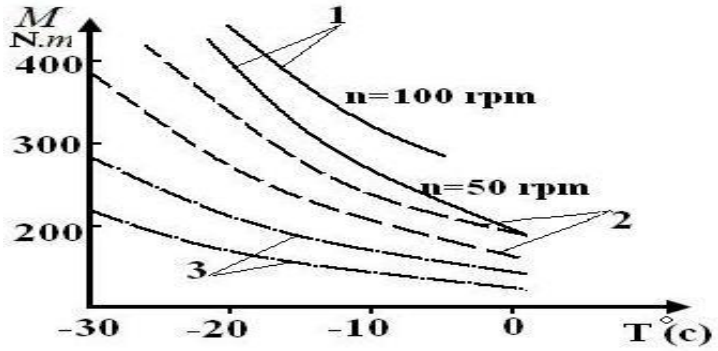
4- تعشيق مسنن المقلع مع مسنن الحدافة ودوران عمود المرفق بعد عمليتي التسخين لكل من الهواء والزيت.

5- السماح باستقبال الحمولة عند وصول بارامترات المحرك (درجة الحرارة – ضغط الزيت) إلى الحدود الطبيعية من خلال إعطاء إشارة تنبيه صوتية وضوئية بآن واحد.

ثانياً- العوامل المؤثرة على الزمن اللازم لإقلاع المحرك (start the engine):

❖ **درجة حرارة الوسط الخارجي المحيط (Ambient temperature conditions):**

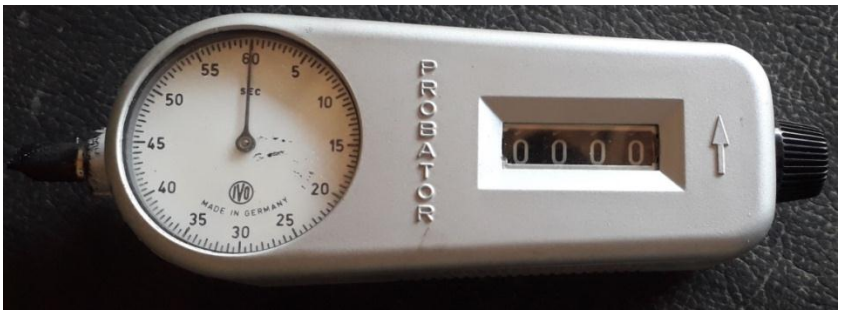
يزداد عزم مقاومة العمود المرفقي للمحرك M و يصل إلى القيمة العظمى له بحسب نوع الزيت المستخدم في حالة انخفاض درجة حرارة الوسط المحيط كما هو مبين في الشكل (1) [7].



الشكل (1) علاقة عزم مقاومة العمود المرفقي للمحرك بحرارة الوسط المحيط عند عدد دورات معينة

1- زيت АС-8. 2- زيت АСЗП-10. 3- زيت АСЗП-6.

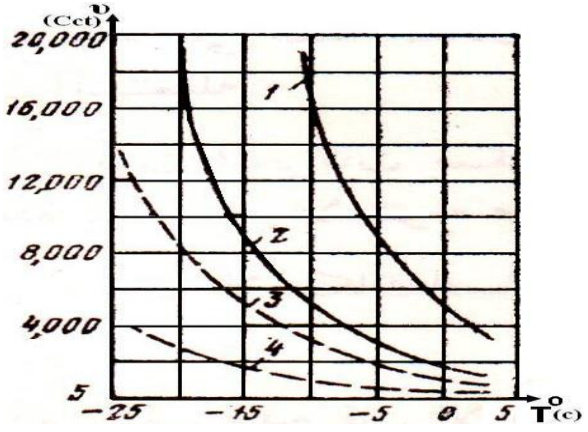
باستخدام الجهاز الموضح في الشكل (2) يتم قياس عدد دورات العمود المرفقي حيث نعير الشاشة الرقمية على زمن(60 ثانية) ويوضع مسبر الجهاز بحيث يلامس المحور الدوار فيشير السهم إلى قيمة عدد الدورات في الدقيقة.



الشكل (2) مقياس عدد دورات العمود المرفقي بالدقيقة

❖ **<u>لزوجة زيت المحرك (Engine Oil Clamminess):</u>**

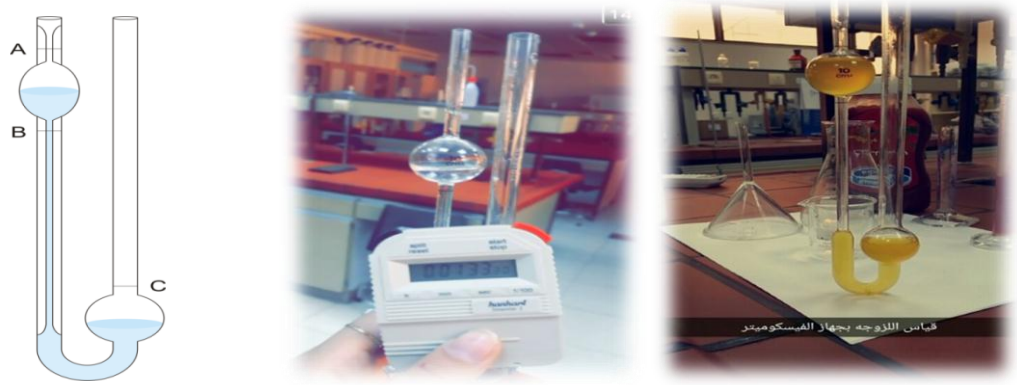
– إن صعوبة إقلاع المحرك بدرجات الحرارة المنخفضة مردها بالأساس إلى الارتفاع الكبير في قوة الاحتكاك بسبب ارتفاع لزوجة الزيت فكلما كان الخط البياني للزوجة الزيت أشد انحناءً عند تغير درجة الحرارة ، كلما كانت صعوبة الإقلاع أقل و تدل التجربة أن لزوجة الزيوت المعدنية المختلفة لا تتغير بمقدار متساو بتغير درجة حرارة الوسط الخارجي المحيط وأفضلها يكون الزيت ذو اللزوجة الثابتة كما نرى في الشكل (3) أن زيت المنحني رقم (4) هو النوع الأفضل لأن لزوجته تتغير أقل من غيره [8].



الشكل (3) مخطط تغير لزوجة زيت المحرك بتغير درجة حرارة الهواء الخارجي

1- زيت АС-10. 2- زيت АС-8. 3- زيت АСЗП-10ДВ. 4- زيت АСЗП-6.

يستخدم جهاز قياس اللزوجة فيسكوميتر أوستوالد (Ostwald Viscometer) المعروف أيضاً باسم U–أنبوب لقياس لزوجة السوائل ذات الكثافة المعروفة ويظهر في الشكل (4)، يتكون هذا المقياس من أنبوبه شعرية موضوعه في وضع رأسي وتتصل بالانتفاخين A ، B الموجودين أعلاها ، ويتصل الطرف الأسفل للأنبوبة الشعرية بأنبوبة زجاجية على شكل حرف U بها انتفاخ في طرفها الأيمن تعلوه أنبوبه زجاجية C ، يوضع السائل أولاً في الأنبوبة C ويسحب حتى يملأ الانتفاخ ويصل إلى العلامة A ، يقاس الزمن بحيث يهبط السائل بين العلامتين A ، B وليكن t1 نكرر التجربة ونفرض أن الزمن t2 [9].



الشكل (4) جهاز قياس لزوجة زيت المحرك فيسكوميتر اوستوالد (Ostwald Viscometer)

❖ **معامل فائض الهواء (α) (Air Accessive Modulus):**

إن كمية الهواء اللازمة لحرق $(1\,[kg])$ من الوقود (البنزين) هي حوالي $(14{,}9\,[kg])$ من الهواء ويميّز مزيج الوقود مع الهواء بمعامل فائض الهواء الذي يُعطى بالعلاقة : $\alpha = \frac{L}{L_o}$ [10]

حيث أن:

L– كمية الهواء الحقيقية التي تدخل في عملية الاحتراق.

Lo– كمية الهواء اللازمة نظرياً لتحقيق الاحتراق الكامل للوقود.

– إذا كانت $(\alpha = 1)$ يكون المزيج طبيعياً (مثالياً)، أما عندما تكون $(\alpha\rangle 1)$ يكون المزيج فقيراً، وعندما $(\alpha\langle 1)$ فيكون المزيج غنياً.

* ويؤثر على عملية تشكيل المزيج عوامل كثيرة من أهمها:

1– الزمن اللازم لتحضير مزيج الاحتراق.

2– درجة حرارة الوسط الخارجي والحالة الحرارية للمحرك.

3– تصميم المفحّم ودارة الامتصاص وشكل حجرة الاحتراق في المحرك.

4– نوعية الوقود المستخدم وخواصه.

ثالثاً– محرك العربة الفنية المطارية و مميزات قاعدة الاختبار المنفذة :

أ– المحرك من نوع زيل–130 يعمل على الوقود البينزيني له المواصفات التالية [11]:

1– شكل حرف V زاوي رباعي الأشواط ذو مفحم و دسامات مقلوبة.

2–الاستطاعة العظمى عند سرعة دوران $(3200\,[R.p.m])$: $(110.325\,[KW])$.

3- الحجم العامل للأسطوانات : ($6000\ [C.C]$) .

4- عدد الأسطوانات : (8) على صفين بزاوية ($90\deg ree$) .

5- قطر الأسطوانة : ($100\ [mm]$) . 6- شوط المكبس : ($100\ [mm]$) .

7- طول المحرك : ($800\ [mm]$) . 8- عرض المحرك : ($600\ [mm]$) .

9- ارتفاع المحرك : ($600\ [mm]$) . 10- ارتفاع المبرد : ($680\ [mm]$) .

11- عرض المبرد : ($800\ [mm]$) . 12- سماكة المبرد : ($200\ [mm]$) .

ب- مميزات قاعدة الاختبار (Testing Base) التي يركب عليها المحرك:

1- إمكانية تجريب المحرك من نوع زيل 130 على الساخن .

2- خفة الوزن نسبياً والبساطة في التصميم .

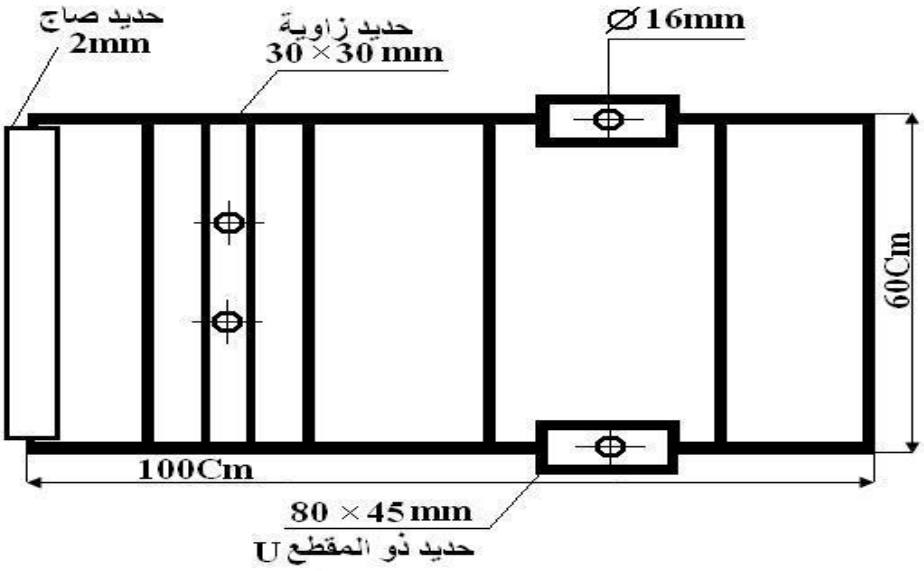
3- ذات مظهر جيد وتؤمن سهولة الوصول إلى جميع القطع والتجهيزات المركبة عليها.

4- ذات الأبعاد التالية : الطول ($100\ [Cm]$) ، العرض ($60\ [Cm]$) بحيث تضمن التوضع المناسب للمحرك وكافة تجهيزاته أثناء اختبار إقلاعه.

5- تم اختيار حديد زاوية (قياس ($30\times30\ [mm]$) ، وزن المتر الطولي منه ($2\ [Kg]$) الكمية الإجمالية المستخدمة في التصميم : ($6\ [m]$) للحوامل العلوية والسفلية للقاعدة المعدنية بوزن ($12\ [Kg]$) ، و ($6\ [m]$) لحوامل لوحة التحكم ووصلات التقوية بين الحوامل العلوية والسفلية ، وأماكن توضع المدخرات وزن ($12\ [Kg]$) .

6- تم استخدام حديد صاج سماكة ($2\ [mm]$) لتثبيت المبرد على القاعدة المعدنية ، ووضع غطاء الواجهة الأمامية ، الكمية الإجمالية منه ($\frac{1}{2}$) لوح بوزن ($12\ [Kg]$) .

7- أما من أجل أماكن توضع قواعد المحرك الرئيسية فتم اختيار الحديد ذو المقطع U قياسه ($80\times45\ [mm]$) وقد استخدمنا منه ($\frac{1}{2}[m]$) بوزن ($4\ [Kg]$) . يوضح الشكل (5) أبعاد ومقاطع الحديد في المسقط الأفقي لقاعدة اختبار المحرك زيل-130.

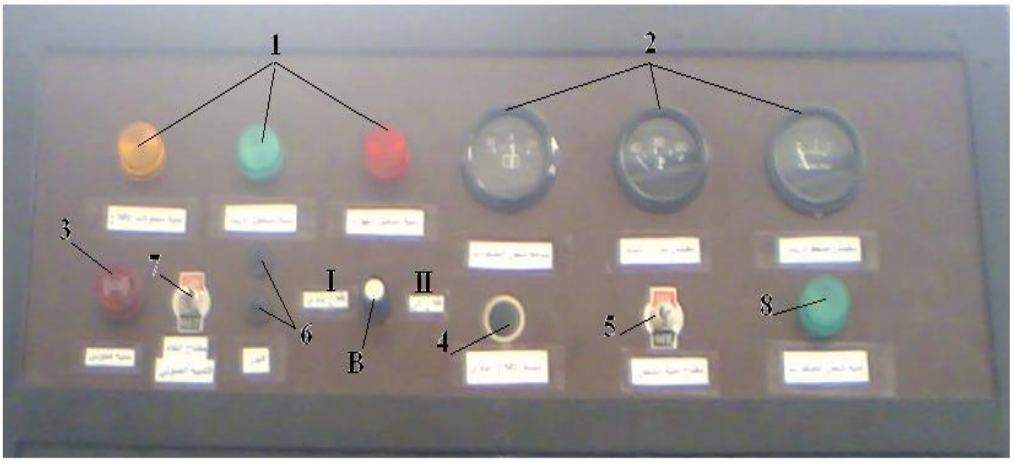


الشكل (5) المسقط الأفقي لقاعدة اختبار المحرك

رابعاً : المنظومة المساعدة (an auxiliary starting system) لإقلاع محرك العربة الفنية المطارية :

– تتألف المنظومة المساعدة لإقلاع محرك العربة المدروسة من الأجزاء التالية:

1– اللوحة الرئيسية لإقلاع المحرك (main board for engine start):



الشكل (6) اللوحة الرئيسية لإقلاع المحرك

تحتوي هذه اللوحة كما يظهر في الشكل (6) على مايلي :

1–لمبات الدلالة على العمل. 2– ساعات قياس (شحن المدخرات ، درجة حرارة المحرك، ضغط الزيت).

3–المنبه الصوتي. 4– كبسة الإقلاع العادي. 5– مفتاح عمل دارة الشحن. 6– فاصمة حرارية (فيوز)

7– مفتاح إلغاء التنبيه الصوتي. 8– لمبة الدلالة على عمل دارة الشحن.

B: مفتاح الوضعيات (I– إقلاع عادي II– إقلاع بالمنظومة المساعدة).

2– منظومة تسخين الهواء(Heating Air System) الداخل إلى المحرك :

تؤمن هذه المنظومة تسخين الهواء البارد المسحوب بواسطة مروحة عند مروره على وشائع تسخين موجودة ضمن حجرة مغلقة إلى درجة حرارة مناسبة تصل حتى (20^oC) ، ومن ثم توجيهه إلى فوهة المفحم ضمن أنبوب خاص، وبالتالي فهي تقدم الهواء البارد في ظروف درجات الحرارة المنخفضة كما لو أن درجة حرارة الوسط المحيط (20^oC) ، و تتألف منظومة تسخين الهواء الداخل إلى المفحم ممايلي :

أ– مجموعة وشائع من أسلاك التنغستين الحراري :

تلف هذه الأسلاك على قطع من الفيبر العازل المقاوم لدرجات الحررة العالية ، وتوصل هذه الوشائع مع بعضها لتشكل مجموعة مقاومات حرارية لها المواصفات الفنية التالية:

– توتر منبع التغذية : $(U_e = 24\,[V])$. – قطر سلك التنغستين المستخدم في المقاومات: $(5\,[mm])$.

– طول المقاومة الواحدة : $(l = 2\,[m])$. – قيمة كل مقاومة : $(R = 0.3\,[\Omega])$.

– عدد المقاومات : $(N_a = 6)$. – قيمة المقاومة المكافئة : $(R_{eq} = 0.452\,[\Omega])$

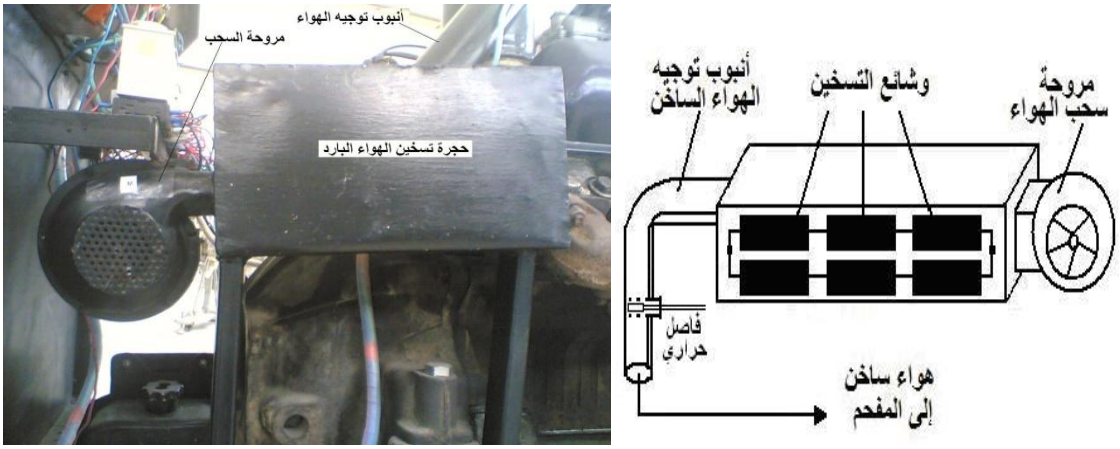
– قيمة التيار عند عمل السخان: $(I_1 = \dfrac{U_e}{R_{eq}} = \dfrac{24}{0.452} = 53\,[A])$

– و الاستطاعة الناتجة P_h : $(P_h = U_e \times I_1 = 24 \times 53 = 1272[W] = 1{,}272[KW])$ [12]

ب- مروحة سحب الهواء البارد من الوسط الخارجي :

تقوم هذه المروحة بسحب الهواء البارد من الوسط الخارجي، و دفعه إلى داخل حجرة مغلقة و تمريره على وشائع تسخين لإعطائه الحرارة اللازمة ثم توجيهه بتدفق معين عبر أنبوب خاص إلى فوهة المفحم مما يؤمن مزيج غني ومتجانس يجعل إقلاع المحرك وجاهزيته للعمل على الحمل بأقل زمن ممكن، ونذكر المواصفات الفنية لمروحة سحب الهواء إلى حجرة التسخين :

- جهد التغذية : من المدخرة $(U_e = 12\,[V])$.
- عدد دورات المروحة : $(n = 1500[R.p.m])$.
- تدفق الهواء الخارج : $(\varpi = 0.052\,[m^3/Sec])$.
- التيار عند الحمل : $(I_2 = 3\,[A])$.
- الاستطاعة : $(Pz = U_e \times I_2 = 12 \times 3 = 36\,[W])$
- وقد تم وضع حاكمة حرارية ضمن أنبوب توجيه الهواء الساخن إلى المفحم تعمل على فصل نظام تسخين الهواء عند وصول درجة حرارة الهواء إلى (20^oC) ، يظهر في الشكل (7) جهاز تسخين الهواء الداخل إلى المفحم وهو مركب على قاعدة اختبار المحرك.

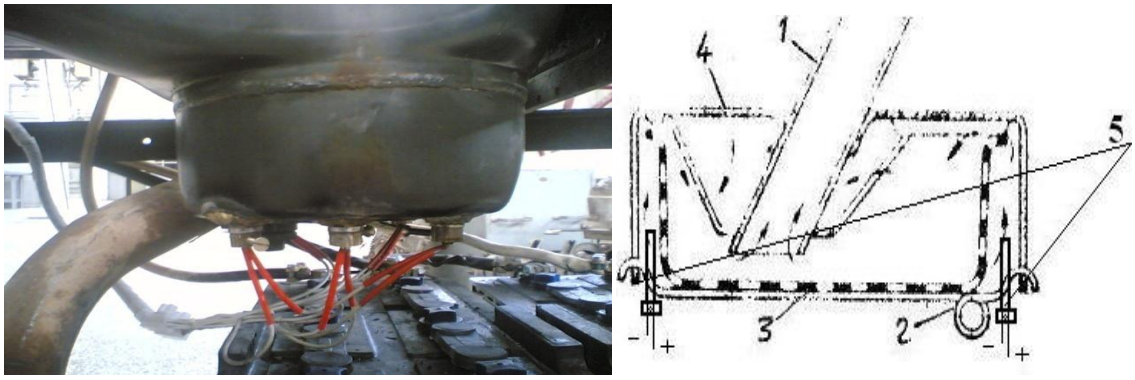


الشكل (7) منظومة تسخين الهواء الداخل إلى المحرك

3- منظومة تسخين الزيت (Heating Oil System) في حوض المحرك :

يتم تسخين الزيت باستخدام أصابع تسخين كهربائية تتوضع بشكل محوري ومعزول حول شبكة التصفية الموجودة ضمن حوض الزيت في المحرك، وتتغذى من مدخرات العربة من أجل تسهيل دوران المحرك عند إقلاعه في الظروف الجوية الباردة، وتقليل تآكل قطعه في فترتي الإقلاع و التحمية ، ونذكر المواصفات الفنية لأصابع التسخين الكهربائية المستخدمة لتسخين الزيت :

- توتر تغذية أصابع التسخين : $(U_H = 24\,[V])$.
- التيار عند الحمل لكل إصبع : $(I_h = 4\,[A])$.
- التيار الكلي عند الحمل: $(I_3 = 4 \times 6 = 24\,[A])$.
- استطاعة الإصبع الواحد : $(P_s = 100\,[W])$
- عدد الأصابع المستخدمة لتسخين الزيت : $(N_h = 6)$ ، توصل مع بعضها على التوازي كما في الشكل (8).



الشكل (8) توضع أصابع التسخين الكهربائية ضمن حوض الزيت وطريقة توصيلها وهي مركبة على قاعدة الاختبار المنفذة :
1- أنبوبة 2- نابض 3- شبكة تصفية 4- جسم الحوض 5- أصابع تسخين الزيت.

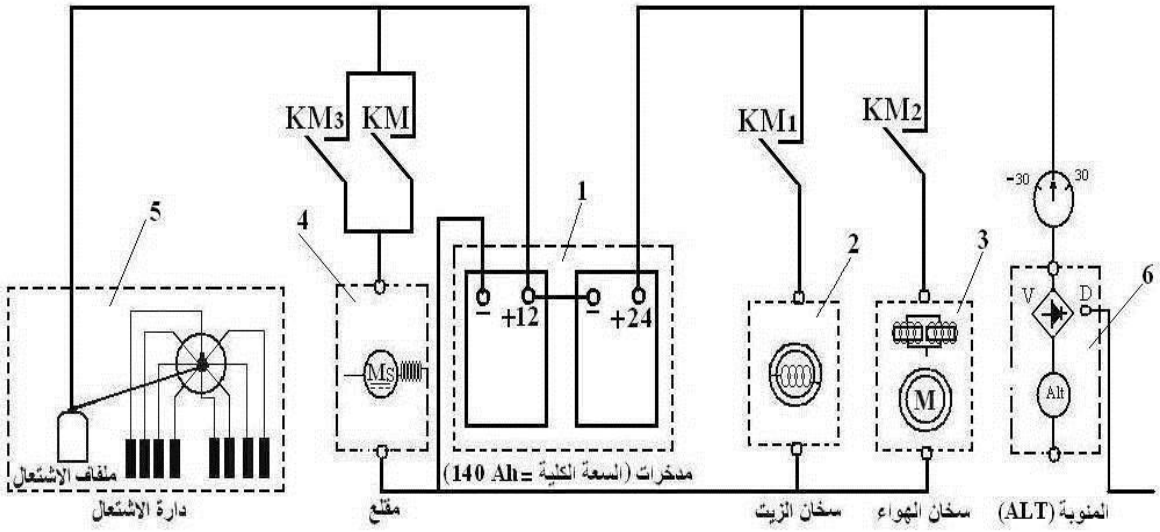
4- المدخرات (Battaries):

تم استخدام مدخرتين من نوع $6CT-140$ السعة 140 أمبير ساعي لكل منهما توصلان مع بعضهما على التسلسل بحيث تؤمن إحداهما تغذية دارة الاشتعال والإقلاع العادي للمحرك وتؤمنان معاً تغذية منظومة الإقلاع بالمنظومة المساعدة.

5- المنوبة ودارة التقويم (Alternator) [13]:

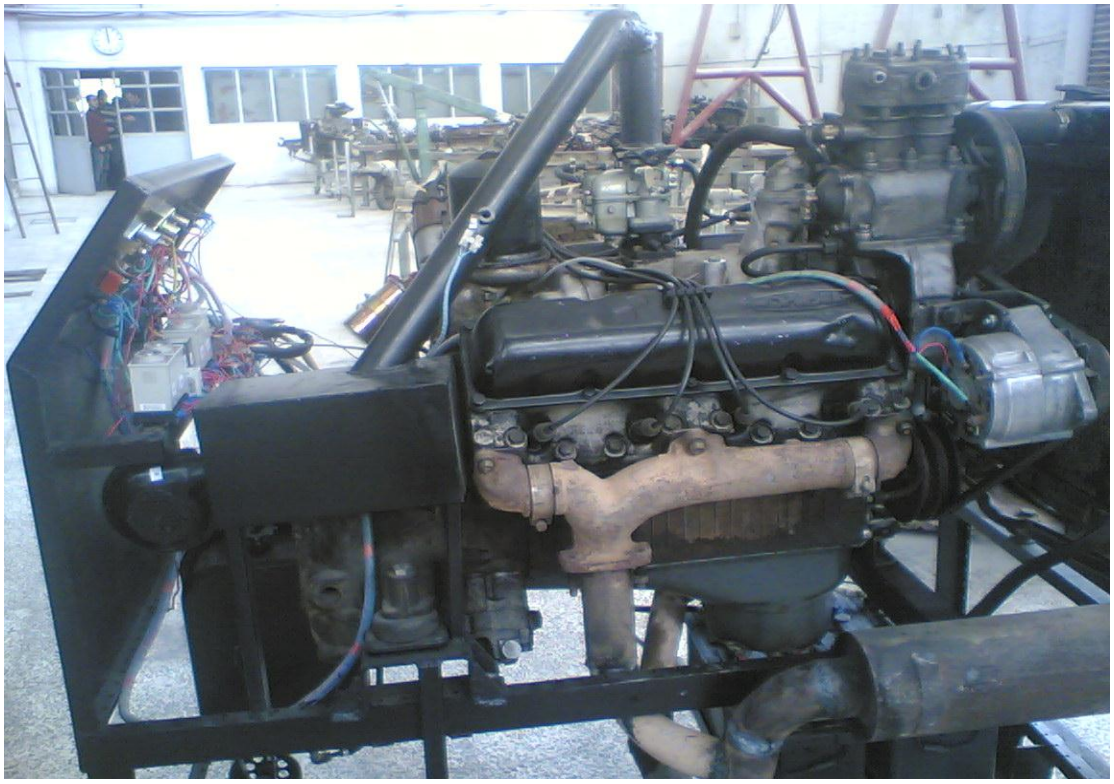
وهو عبارة عن مولد صغير يعمل أثناء عمل المحرك بواسطة سير مرتبط ميكانيكياً مع بكرة العمود المرفقي للمحرك، عند دوران المنوبة يتولد توتر متناوب يتم تقويمه عن طريق مقوم داخلي لتحويله إلى توتر مستمر ($24...Volt$)، يستخدم هذا التوتر لشحن مدخرات العربة أثناء عملها وتغذية عناصر منظومة الإقلاع المساعدة المضافة للمحرك.

- وتظهر دارة الاستطاعة لمنظومة الإقلاع المساعدة لمحرك العربة الفنية المطارية في الشكل (9):



الشكل (9) مخطط دارة الاستطاعة لمنظومة الإقلاع المساعدة لمحرك العربة الفنية المطارية
1- المدخرات. 2- سخان الزيت. 3- سخان الهواء. 4- المقلع. 5- دارة الإشتعال. 6- المنوبة .

- وتظهر منظومة الإقلاع المساعدة مع كافة عناصرها و تجهيزاتها وهي مركبة على محرك العربة الفنية المطارية زيل130 المركب على قاعدة الاختبار المخصصة في الشكلين (10) و(11):



الشكل (10) قاعدة اختبار المحرك مع كامل تجهيزات منظومة الإقلاع المساعدة

الشكل (11) عناصر التحكم بعمل منظومة الإقلاع المساعدة لمحرك العربة الفنية المطارية

1. مفتاح متعدد الوضعيات 2. قواطع تحكم لتشغيل المستهلكات 3. ريليه زمنية 4. ريليه تحكم.

* و نذكر بشكل تفصيلي أجزاء وعناصر تشغيل منظومة إقلاع المحرك المطبقة كمايلي:

B : مفتاح تشغيل نظام الإقلاع الرئيسي وله ثلاث وضعيات :

- الوضعية I : إقلاع عادي (Normal Starting).
- الوضعية الوسطى : إيقاف الإقلاع.
- الوضعية II : إقلاع باستخدام المنظومة المساعدة .

B_1 : مفتاح إيصال التغذية الكهربائية إلى الحاكمة P_2 .

L_4 : لمبة الدلالة على عمل دارة الشحن.

B_2 : مفتاح إيصال التغذية الكهربائية إلى الحاكمة P_4 ،

M_S : ملف مقلع المحرك.

KM : قاطع تغذية المقلع الكهربائي عند الإقلاع العادي للمحرك.

KM_1 : قاطع منظومة تسخين الزيت في حوض المحرك.

KM_2 : قاطع منظومة تسخين الهواء الداخل إلى المفحم.

KM_3 : قاطع تغذية المقلع الكهربائي عند الإقلاع باستخدام المنظومة المساعدة.

M : مروحة سحب الهواء في منظومة تسخين الهواء.

P_1 : حاكمة إيقاف عمل منظومة تسخين الهواء.

P_2 : حاكمة إيقاف محاولات الإقلاع بالمنظومة المساعدة عند دوران المحرك.

P_3 : حاكمة تعمل فقط عند الإقلاع بالمنظومة المساعدة لإعطاء التغذية بجهد $(12\ [V])$ إلى ملفاف الاشتعال.

P_4 : حاكمة إعطاء جاهزية المحرك للعمل على الحمل عن طريق تشغيل المنبه الصوتي.

P_5 : حاكمة تعمل فقط عند الإقلاع العادي للمحرك لإيصال التغذية $(12\ [V])$ إلى ملف المقلع الكهربائي بعد الضغط على كبسة الإقلاع العادي (Start).

KT_1 : حاكمة تعيير زمن تشغيل منظومة تسخين الزيت.

KT_2 : حاكمة تعيير بدء تشغيل منظومة تسخين الهواء.

KT_3 و KT_4 : حاكمتين زمنيتين لتأمين عدد من محاولات الإقلاع ، حيث أن الحاكمة الزمنية KT_3 تؤمن تشغيل قاطع تغذية المقلع الكهربائي KM_3 و الحاكمة الزمنية KT_4 تؤمن الاستراحة لفترة $(10 \div 15\ [Sec])$.

Sca^0 : حساس درجة حرارة الهواء الساخن المتدفق داخل أنبوب توجيه الهواء إلى المفحم.

Scw^0 : حساس درجة حرارة ماء التبريد بعد دوران المحرك.

L_1 : لمبة الدلالة على عمل منظومة تسخين الزيت.

L_2 : لمبة الدلالة على عمل منظومة تسخين الهواء.

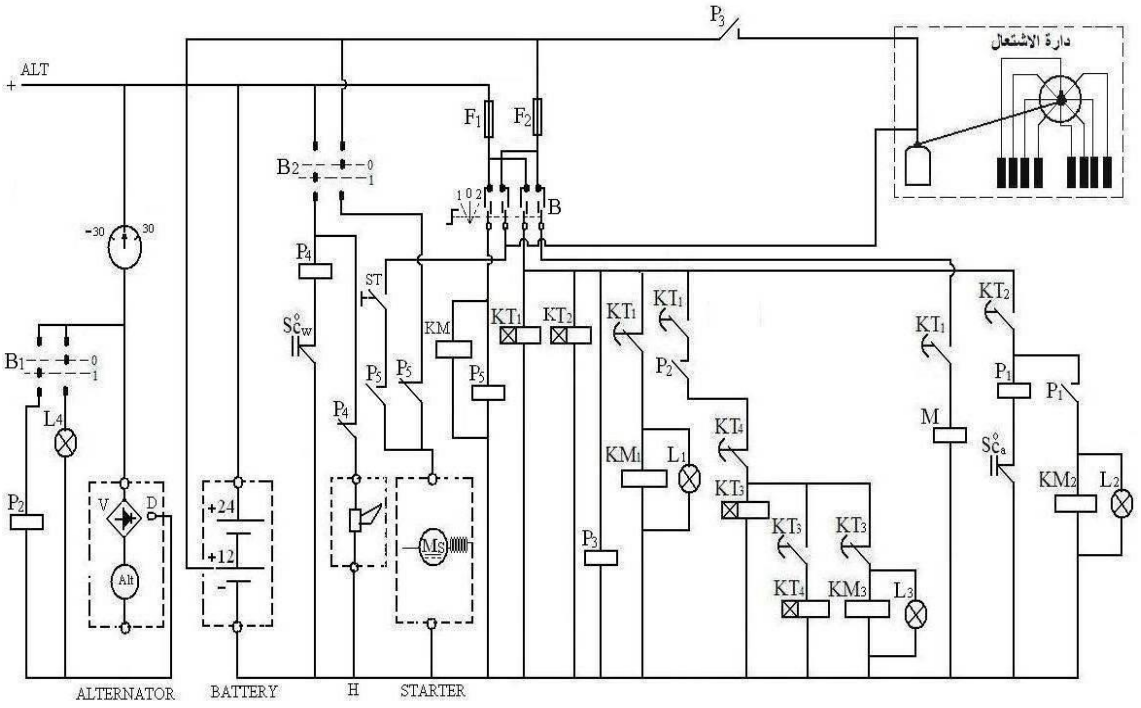
L_3 : لمبة الدلالة على محاولات الإقلاع بالمنظومة المساعدة ، حيث تضيء عند عمل القاطع KM_3 .

H : المنبه الصوتي.

F_1, F_2 : فاصمة حماية.

* مبدأ العمل:

نشرح مخطط مبدأ عمل المنظومة المساعدة المطبقة لإقلاع محرك العربة الفنية المطارية بالاعتماد على الشكل (12) وفق الآتي:



الشكل (12) مخطط مبدأ عمل منظومة الإقلاع المساعدة لمحرك العربة الفنية المطارية

– الوضعية (I) الإقلاع العادي للمحرك : يؤمن مفتاح التشغيل الرئيسي B في الوضعية (I) مرور التيار المستمر بجهد ($12\ [V]$) إلى كبسة الإقلاع العادي (Start) (4) وعن طريق المفتاح B_2 (7) إلى ملفاف الاشتعال في دارة الاشتعال، كما يؤمن وصول التغذية بالتيار المستمر ($24\ [V]$) من المدخرة إلى ملف القاطع KM والحاكمة P_5 .

– الوضعية (II) إقلاع المحرك بالمنظومة المساعدة: يؤمن مفتاح التشغيل الرئيسي B لنظام الإقلاع في الوضعية (II) وصول التغذية بالتيار المستمر من المدخرات بجهد ($12\ [V]$) إلى المروحة M ، كما يؤمن وصول التغذية بالتيار المستمر بجهد ($24\ [V]$) إلى الحواكم الزمنية KT_1 ، KT_2 ، KT_3 ، KT_4 ، والقواطع KM_1 ، KM_2 ، KM_3 ، و الحواكم P_1 ، P_2 ، P_3 ، ولمبات الدلالة L_1 ، L_2 ، L_3 ، L_4 . كما يظهر في الشكل (13).

الشكل (13) لوحة التحكم بالمنظومة المساعدة لإقلاع المحرك

– تعمل الحاكمتين الزمنيتين KT_1 و KT_2 بآن معاً ولكن على زمنين مختلفين حيث تؤمن الحاكمة KT_1 عمل منظومة تسخين الزيت عند تغذية ملف القاطع KM_1 الذي يعطي التغذية إلى أصابع تسخين الزيت الموجودة في حوض المحرك مباشرة وتضيء اللمبة L_1 دلالة على العمل طيلة فترة التسخين.

– قبل انتهاء الزمن المحدد لعمل الحاكمة KT_1 تعمل الحاكمة KT_2 على تشغيل وشائع تسخين الهواء عند قلب تماساتها وتصل التغذية إلى الحاكمة P_1 فتعمل وتوصل التغذية إلى ملف القاطع KM_2 عن طريق إغلاق تماسها المفتوح ، فيعمل القاطع KM_2 ويوصل التغذية الكهربائية إلى وشائع تسخين الهواء وتضيء اللمبة L_2 دلالة على العمل.

– عند انتهاء زمن تعيير الحاكمة KT_1 تقلب تماساتها فتتوقف تغذية ملف القاطع KM_1 الخاص بتشغيل منظومة تسخين الزيت ، وتصل التغذية إلى المروحة M ، وإلى كل من الحاكمتين الزمنيتين KT_3و KT_4 عبر تماس الحاكمة P_2 الذي يكون مغلقاً لحظة انتهاء زمن تعيير الحاكمة KT_1 وطالما المحرك في وضعية إجراء محاولات الإقلاع عند وصول التغذية إلى ملف القاطع KM_3 ، وتضيء اللمبة L_3 عند كل محاولة إقلاع.

– تنطفيء اللمبة L_4 لحظة دوران المحرك دلالة على عمل دارة الشحن وتنقطع التغذية عن ملف الحاكمة الرئيسية P_2 التي بدورها تفتح تماسها وتفصل عمل الحاكمتين الزمنيتين KT_3و KT_4 لإلغاء محاولات الإقلاع.

–عند دوران المحرك ووصول درجة حرارته إلى (40^oC) يرسل الحساس Scw^0 إشارة تغذية إلى ملف الحاكمة الرئيسية P_4 فتغلق تماسها وتصل التغذية إلى المنبه الصوتي دلالة على جاهزية المحرك للحمل.

– تعمل الحاكمة P_3 عند إقلاع المحرك بالمنظومة المساعدة ، وتؤمن وصول التغذية الكهربائية $(12\,[V])$ إلى ملفاف الاشتعال عن طريق تماسها.

النتائج والمناقشة:

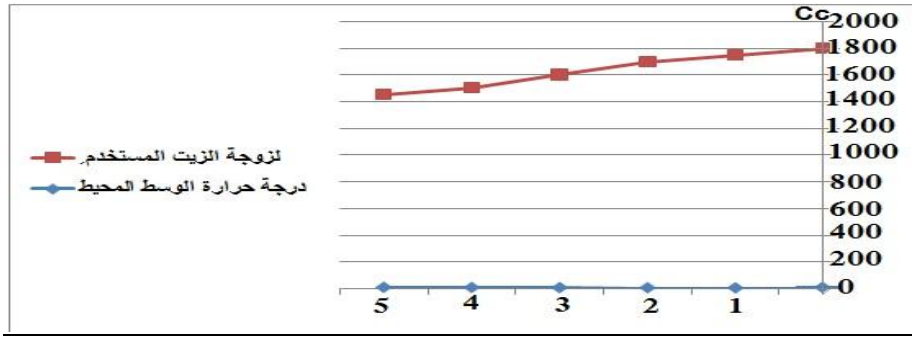
درجة حرارة الوسط الخارجي (Degree)	لزوجة الزيت قبل التسخين (Cc)	لزوجة الزيت بعد التسخين للدرجة(40^oC) (Cc)	عزم مقاومة دوران عمود المرفق قبل تسخين الزيت (KN.m)	عزم مقاومة دوران عمود المرفق بعد تسخين الزيت للدرجة(40^o C) (KN.m)	زمن الإقلاع العادي (min,Sec)	زمن الإقلاع بالمنظومةالمساعدة (min,Sec)	معدل اختصار الزمن (min,Sec)
0	1800	75	2,292	0,0294	18,40	17	1,40
1	1750		2,206		16,30	14,35	1,55
2	1700		2,120		14	12,30	1,30
3	1600		1,951		12,50	10,55	1,55
4	1500		1,786		10,45	9,30	1,15
5	1450		1,625		10	9,10	0,50

الجدول (1) نتائج تجارب إقلاع محرك العربة الفنية المطارية بالحالتين : إقلاع عادي وإقلاع بالمنظومة المساعدة عندما تكون درجات حرارة الوسط المحيط في المجال من 0 وحتى 5^oC

معدل اختصار الزمن (min,Sec)	زمن الإقلاع بالمنظومةالمساعدة (min,Sec)	زمن الإقلاع العادي (min,Sec)	عزم مقاومة دوران عمود المرفق بعد تسخين الزيت للدرجة($40^{o}C$) (KN.m)	عزم مقاومة دوران عمود المرفق قبل تسخين الزيت (KN.m)	لزوجة الزيت بعد التسخين للدرجة($40^{o}C$) (Cc)	لزوجة الزيت قبل التسخين (Cc)	درجة حرارة الوسط الخارجي (Degree)
0,42	8,38	9,20	0,0294	1,468	75	1300	6
1,03	8,30	9,33		1,241		1150	7
0,45	8,20	9,05		1,095		1050	8
0,55	7,55	8,50		0,887		900	9
0,28	7,30	7,58		0,691		750	10

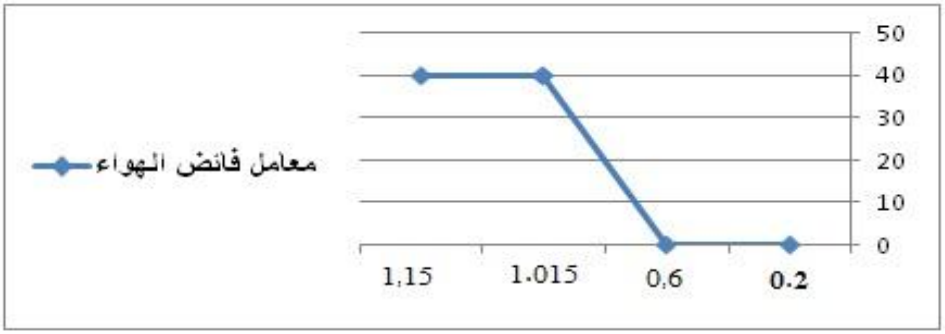
الجدول (2) نتائج تجارب إقلاع محرك العربة الفنية المطارية بالحالتين : إقلاع عادي وإقلاع بالمنظومة المساعدة عندما تكون درجات حرارة الوسط المحيط في المجال من 6 وحتى $10^{o}C$

المخططات و الرسوم البيانية:

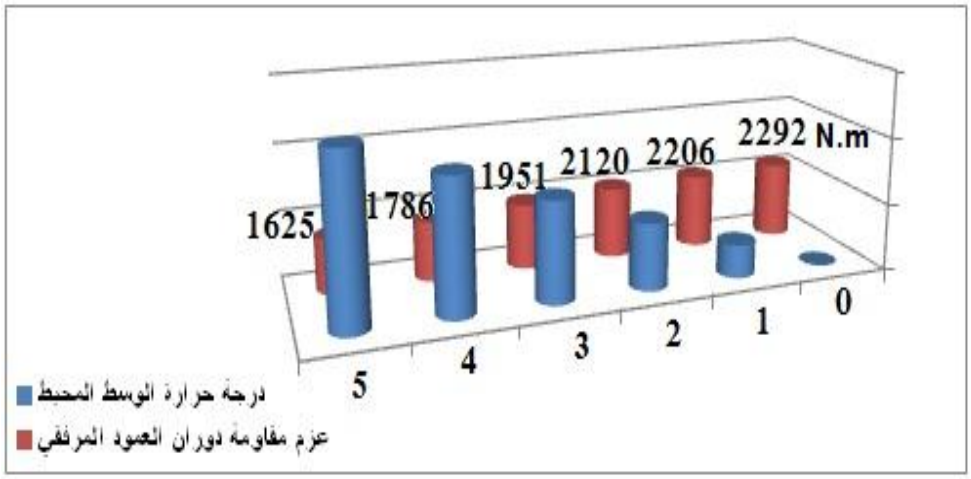


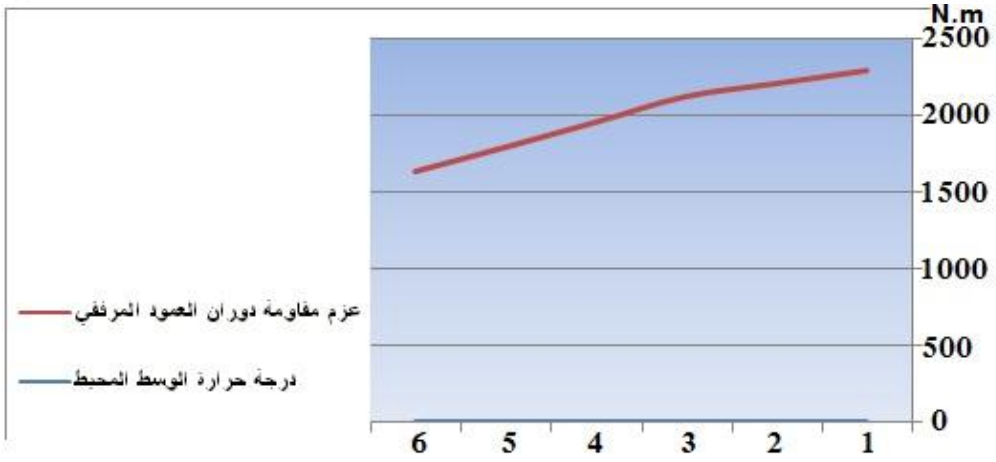
الشكل (14) انخفاض لزوجة الزيت عند ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط في المجال من 1 وحتى $5^{o}C$)

الشكل (15) انخفاض لزوجة الزيت عند درجة حرارة الوسط المحيط في المجال من 6 وحتى $10^{o}C$

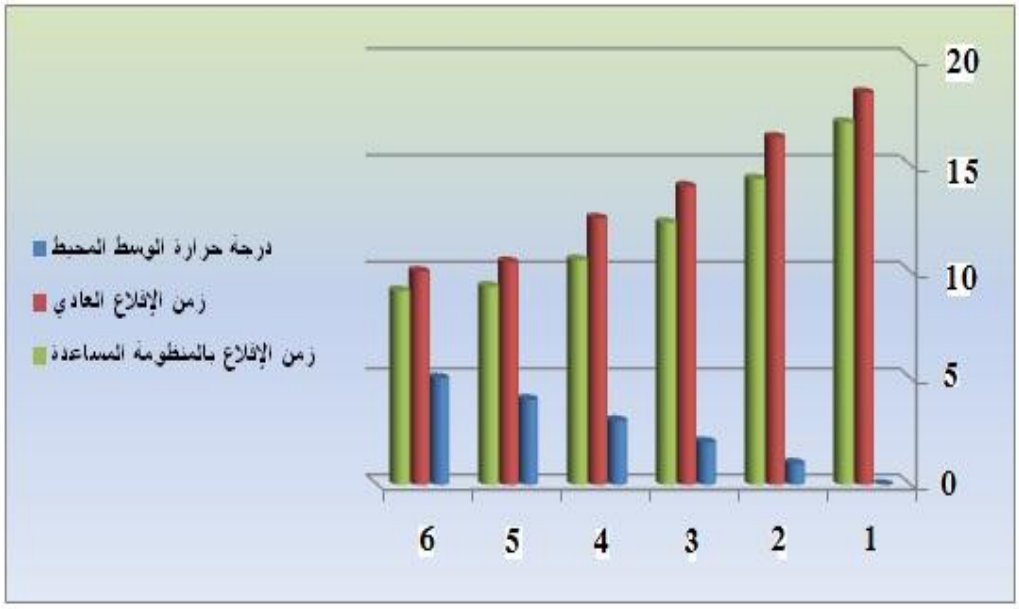


الشكل (16) زيادة معامل فائض الهواء مع ازدياد درجة حرارة الهواء الداخل للمحرك نتيجة تسخينه حتى $(20^{o}C)$





الشكل (17) انخفاض عزم مقاومة دوران العمود المرفقي عند ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط



الشكل (18) اختصار الزمن اللازم لعملية إقلاع محرك العربة الفنية المطارية في حالتي:

(1- إقلاع عادي 2- إقلاع بالمنظومة المساعدة) عند درجة حرارة الوسط المحيط نفسها.

مناقشة النتائج:

التجربة الأولى: إقلاع محرك العربة الفنية المطارية عندما تكون درجة حرارة الوسط المحيط (0^oC):

لزوجة الزيت المستخدم نوع AC−8 قبل التسخين تساوي $(1800\ [Cc])$ و عزم مقاومة دوران العمود المرفقي يساوي $(2,292\ [KN.m])$، وبعد التسخين حتى (40^oC) تصبح اللزوجة $(75\ [Cc])$ وعزم المقاومة يصبح $(0,0294\ [KN.m])$، عند قياس زمن الإقلاع العادي: $(18.40[\min, Sec])$ و زمن الإقلاع بالمنظومة المساعدة: $(17[\min, Sec])$ وبالتالي يكون معدل اختصار الزمن اللازم لإقلاع المحرك يساوي: $(18,40-17=1,40\ [\min, Sec])$.

التجربة الثانية: إقلاع محرك العربة الفنية المطارية عندما تكون درجة حرارة الوسط المحيط (3^oC):

لزوجة الزيت قبل التسخين تساوي $(1600\ [Cc])$ و عزم مقاومة دوران العمود المرفقي $(1,951\ [KN.m])$، وبعد التسخين حتى (40^oC) تصبح اللزوجة $(75\ [Cc])$ وعزم المقاومة يصبح $(0,0294\ [KN.m])$، و عند قياس زمن الإقلاع العادي: $(12,50\ [\min, Sec])$ و زمن الإقلاع بالمنظومة المساعدة: $(10,55[\min, Sec])$ وبالتالي يكون معدل اختصار الزمن اللازم لإقلاع المحرك يساوي: $(12,50-10,55=1,55\ [\min, Sec])$.

التجربة الثالثة: إقلاع محرك العربة الفنية المطارية عندما تكون درجة حرارة الوسط المحيط (4^oC):

لزوجة الزيت قبل التسخين تساوي $(1500[Cc])$ و عزم مقاومة دوران العمود المرفقي $(1,786\ [KN.m])$، وبعد التسخين حتى (40^oC) تصبح اللزوجة $(75\ [Cc])$ وعزم المقاومة يصبح $(0,0294\ [KN.m])$، و عند قياس زمن الإقلاع العادي: $(10.45[\min, Sec])$ و زمن الإقلاع بالمنظومة المساعدة: $(9,30\ [\min, Sec])$ وبالتالي يكون معدل اختصار الزمن اللازم لإقلاع المحرك يساوي: $(10,45-9,30=1,15\ [\min, Sec])$.

التجربة الرابعة: إقلاع محرك محرك العربة الفنية المطارية عندما تكون درجة حرارة الوسط المحيط (5^oC):

لزوجة الزيت قبل التسخين تساوي $(1450\ [Cc])$ و عزم مقاومة دوران العمود المرفقي للمحرك يساوي $(1,625[KN.m])$ وبعد التسخين حتى (40^oC) تصبح اللزوجة $(75\ [Cc])$، وعزم المقاومة $(0,0294\ [KN.m])$، و عند قياس زمن الإقلاع العادي: $([\min]\ 10)$ بينما زمن الإقلاع بالمنظومة المساعدة: $(9,10\ [\min, Sec])$ وبالتالي يكون معدل اختصار زمن إقلاع المحرك زيل −130 يساوي: $(10-9,10=0,50\ [\min, Sec])$ وذلك يضمن وصول العربة لتخدم الطائرة بأسرع وقت ممكن.

التجربة الخامسة: تسخين الهواء الداخل إلى المحرك عن طريق المفحم :

إن كثافة الهواء الداخل إلى المفحم عندما تكون درجة الحرارة (0^oC) تكون مرتفعة نسبياً، وبالتالي يكون معامل فائض الهواء يتراوح بين $(\alpha=0,6)$ و $(\alpha=0,2)$ لأن سرعة دوران الجذع المعقوف تكون صغيرة، ويكون تبخّر الوقود سيئاً حيث أن الجزء الأكبر منه يتكاثف على الجدران الباردة لحجرة الاحتراق ومجمعات الامتصاص، و نتيجة تسخين الهواء حتى (40^oC) تنخفض كثافة الهواء الداخل إلى المفحم ، مما يؤدي إلى سرعة دخول وزيادة كمية الهواء المشاركة في عملية الاحتراق يؤدي إلى زيادة معامل فائض الهواء حتى $(\alpha=1,05)$ أو $(\alpha=1,15)$ ويصبح المزيج غنياً.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات :

1- إن عزم مقاومة دوران العمود المرفقي و لزوجة زيت المحرك يتناسب كلاهما عكساً مع درجة حرارة الوسط المحيط ، ومن هنا تأتي صعوبة إقلاع محرك العربة الفنية المطارية نوع زيل – 130 في ظروف درجات الحرارة المنخفضة كما تبين المخططات في الأشكال (14) و (15) و (17).

2- إن الزمن اللازم للإقلاع العادي ينخفض عند استخدام المنظومة المساعدة لإقلاع المحرك عند درجة حرارة الوسط المحيط نفسها ، ومن هنا تأتي أهمية البحث العلمي المطروح في اختصار الزمن اللازم لإقلاع المحرك في درجات الحرارة المنخفضة وأثره الإيجابي على سير الأعمال القتالية كما يبين المخططين في الشكل (18).

3- إن عملية تسخين الهواء الداخل إلى المحرك عن طريق المفحم تؤدي إلى تحسين الإقلاع في ظروف درجات الحرارة المنخفضة نتيجة زيادة تجانس المزيج والاحتراق الكامل للوقود بسبب زيادة معامل فائض الهواء كما يتضح ذلك في الشكل (16).

التوصيات:

1- توفير القاعدة المادية اللازمة لتنفيذ منظومة الإقلاع المساعدة المقترحة في البحث في كافة التشكيلات وبمعدل عربة واحدة على الأقل ، بما يؤمن وجود الاحتياطي اللازم في زمن الحرب الحالية.

2- دراسة إمكانية تطبيق منظومة الإقلاع المساعدة المقترحة على المحرك زيل –130 على أنواع أخرى من المحركات والتي تسهم في تحقيق الجاهزية العالية للتشكيلات القتالية.

3- تنفيذ دارة الكترونية للتحكم بمنظومة الإقلاع المساعدة المطبقة في البحث بحيث يتم قياس درجة حرارة الوسط الخارجي باستمرار وإعطاء أمر التسخين بشكل آلي في ظروف درجات الحرارة المنخفضة.

References:

[1] Christie, A. How to Start a Car in Cold Weather. SAE Transactions,2016 <https://www.yourmechanic.com/article/how-to-start-a-car-in-cold-weather>

[2] GOHN, E. P. COLD STARTING and Fleet Operation SAE Transactions, Vol. 53 (1945), pp. 333-340, 351 (9 pages), Published By: SAE International, https://www.jstor.org/stable/44467787

[3] DeCarolis, J. J, Meyer, W. E. and Espenschade, P. W. PRIMING AIDS for Cold Starting Diesel Engines, Vol. 67 (1959), pp. 351-364 (14 pages). Published By: SAE International <https://www.jstor.org/stable/Difficulty starting the engine in cold weather>

[4] Haahtela, O.and Decker, G. Present and Future Fuels and Lubricants in Cold Climate Operation, SAE Transactions Vol. 98, Section 4: JOURNAL OF FUELS AND LUBRICANTS (1989), pp. 46-57 (12 pages), Published By: SAE International <https://www.jstor.org/stable/44472008/ Present and Future Fuels and Lubricants in Cold Climate Operation>

[5] Подогреватель предпусковой ПЖД ЗИЛ-131 комплект,1989 <https://odetal.ru/p286038983-131-1004475-podogrevatel.html>

[6] ALSARAKBI, M. 2009.*Internal Combusition Engines Design*. Damascus,Syria, 512P.

[7] ALZAIBAK, A. 1994. *Maintenance And Fixing Establishment*.Damascus. Syria, 536P.

[8] ИЗДАНИЕ ОФИцИАЛЪНОЕ : МАСЛА, СМАЗКИ,ПРИСАДКИ- МИР-МОСКВа, 1970.
[9] C.Skarvelakis M.HaziG.Antonini THE BIO-ULTRACARBOFLUID PROCESS 1996, https://www.sciencedirect.com/topics/physics-and-astronomy/viscometers> <
[0] GHOJEL, G. 1986.*Internal Combusition Engines*. Damascus,Syria,452P.
[1] Их модификации : автомобили, ЗИЛ-130 - машиностроЕниЕ 1985.
[2] ДаНОВ . Б . А : ЭЛЕКТРИЧЕИСКИЕ АВОРОДОВАИЙ ВОЕИННОЙХ МаШИНЫ - ВОЕНИЗДаТ – МОСКВа,1988.
[3] ALMASRI, M. 1997. *Automatical And Industrial Electric Control*.Damascus,Syria,131P.