جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة السيارات والآليات الثقيلة

# تَطويرُ مَنظومةِ التّزويدِ الأرضيّ للطّائرات بالوُقود بهدَف تحسين أدائِها والحدّ من أعطالِها

# development aircraft ground fueling system to improve performance and reduce failures

**سليمان حاتم سليمان**

**المشرف:أ. د. عصام قرقوط**

## الملخص

تمّ في هذا البَحث دراسَةُ إمكانيّة تَطوير مَنظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود المُستثمَرة حاليّاً في المَطارات العسكريّة في الجمهوريّة العربيّة السوريّة بعد انخفاض وثوقيّتها بالواقع الحالي نتيجةً للاستخدام الكثيف لها وتقادُم قطعها وأجزائها وفُقدان الفَائدة الأساسيّة منها في خدمة الطّيران. لتحقيق هذا الهدف وزيادة الجاهزيّة في المطارات تمّ إجراء تعديل تصميميّ على النّموذج الأساسيّ لآليّة نقل القدرة إلى مضخّة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود بالاعتمَاد على موادّ متُوفّرة محليّاً. شَمل هذا التّعديلُ تصميم وتصنيع واختبار علبة سرعة مساعدة مع الغطاء, و تركيبها بحيثُ تأخذ حركتها من نهاية العمود الوسيط لعلبة السّرعة الرّئيسيّة, وتَحوي بداخلها ثَلاثةَ مسنّنات ذاتُ أسنانٍ مستقيمة يتمّ توضيعُها بحيثُ تحقّق التّسامت وتؤمّنُ زيادة سرعة عمود المضخّة, وتتّصلُ مباشرةً مع وحدة نقل القدرة البديلة (PTO: Power Take Off Unite)الّتي يعتمد مبدأ عملها في نقل الحركة على وصلة مسنّنية داخليّة, و ذراع موصول مع محور وشوكة. تمّ تحقيق عمليّةَ الفَصل والوصل آليّاً بإضافة نظام تحكُّم آليّ كهروميكانيكيّ للتّحكم بآليّة نقل القدرة إلى المضخّة بشكل سلس وآمن. كما تمّ تعديل عمود نقل الحركة إلى المضخّة وذلك بتقليل طوله بمعدّل (33%) وزيادة قطره بمقدار (2mm) عما كان عليه في النّموذج الأساسيّ. تمَّ قياس وتحليل بارامترات الاهتزاز (سرعة (mm/sec), وتسارع ($mm/sec^2$) في الأجزاء الدّاخليّة للنّموذج الأساسيّ لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة باستخدام تقنيّة تحليل الاهتزازات كأحد أساليب الصّيانة المستندة إلى مراقبة الحالة (CBMConditionBasedMaintenance)بهدف تحديد درجة تأثُّرها بالعُيوب الحاصلة فيها من النّاحية التّصميميّة والتّقنيّة كالتّآكُل في المسنّنات والخلوصات الّتي تسبّب زيادة الاهتزازات في عمود نقل الحركة إلى المضخّة. تمّ حساب قيم السُرع الحرجة لعمود نقل الحركة في كِلا النّموذجين الأساسيّ والمُعدّل تبعاً لبارامترات الاهتزاز المأخوذة عند عدد دورات العمل نفسها. أظهرت نتائج الدّراستين التّحليليّة والتّجريبيّة انخفاضاً ملحوظاً في سرعة و تسارع الاهتزاز لقطع وأجزاء النّموذج المعدّل لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة من (44,81mm/s) و (32,78mm/s2) في النّموذج الأساسيّ إلى (8,213mm/s) و(4,09mm/s2) في النّموذج المُعدّل, وأظهر تحليل طيف الاهتزاز لوحدتي نقل القدرة PTOحدوث ضجيج (noise floor) على النّموذج الأساسيّ أعلى من النّموذج المُعدّل, و تبيّن أيضاً زيادة سرعة الدّوران لعمود خرج علبة السّرعة المُساعدة وزيادة قيم السُرعة الحرجة لعمود نقل الحركة مقارنةً بالنّموذج الأساسيّ(K=ncr2/ncr1) (ncr1), فازداد بذلك عامل الأمان (1,070), كما زادت إنتاجيّة المضخّة أثناء التّزويد بمُعدّل (23Litter/minute) عند عدد دورات (1500r.p.m), أعطى نظام التّحكُم الآليّ الكهروميكانيكيّ بالنّموذج المُعدّل لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة سهولةً في الاستثمار وزيادة عامل أمان الطّيران, وبالنّتيجة تمّ تحسين أداء منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود وزيادة وثوقيّتها لإطالة عمر الخدمة في تنفيذ أعمال الطّيران, وللحدّ من أعطال المنظومة والمُحافظة على الجَاهزيّة تمّ وَضعُ خطّة صيانةٍ فنيّة لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة في النّموذج المُعدّل المُنفّذ بالاعتماد على تقنيّة تحليل الاهتزازات.

## القسم النظري

➢ **الفصل الأول: مقدمة عامة ويشمل مايلي:**

1) مُقدِّمَة (Introduction). 2 ) المُشكِلَة العلميّة في البَحث (Problem). 3) مُبرّرات البَحث. 4 ) أهداف البَحث (Objectives) وأهميّته. 5 ) أماكن إجراء الاختبارات المتعلّقة بالبَحث. 6) الدِّراساتُ المَرجعيّةُ (Literatures Review).7 ) مُكوّنات البَحث (Chapters).

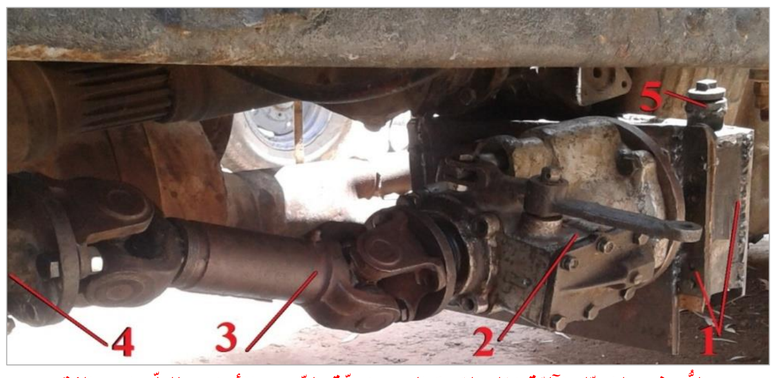
➢ **الفصل الثاني:** المُواصفات الفنيّة لمَنظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود., العَمليّات التّكنولوجيّة, بُنية وتَصميم ووُثوقيّة أجزائهاوالشُّروط الأساسيّة المحدِّدة لها.,التّآكُل في قطع وأجزاء منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود, وطُرق كشف العيوب وتَشخيصُ الأعطال في أجزاء منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود.

## القسم العملي

➢ **الفَصل الثّالث:** تشخيصُ الأَعطالِ في النُّموذج الأساسيّ لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة في منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود باستخدام تقنيّة تحليل الاهتزازات (FFT) .

➢ **الفَصل الرابع:** الدِّراسةُ التّصميميّةُ التّحليليّةُ للنُّموذَج المُعدَّل المُقترح لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة في منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود: وتم فيه: ( توصيفُ نموذج التّعديل المُقترَح لآليّة نقل القدرة إلى مضخّة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود, الحساب التّصميميّ لأجزاء النُّموذج المعدّل المُقترح لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة, وحسابات عمود نقل الحركة إلى المضخّة في النُّموذج المعدّل المُقترح لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة, وحسابُ عناصر وصلة هوك, ورسمُ أجزاء النُّموذج المُقترح لآليّة نقل القدرة إلى مضخّة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوقود).

➢ **الفَصلُ الخامس:** التّطبيقُ العمليّ والدّراسَة التّجريبيّة للنّموذج المُعدّل لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة في منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود وقياس وتحليل اهتزازاته, تصميم وتنفيذ نظام التّحكم الآليّ بالنُّموذج المعدّل لآليّة نقل القدرة إلى المضخّة.




النُّموذج المُعدّل لآليّة نقل القدرة إلى مضخّة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود
1- علبة السّرعة المُساعدة مع الغطاء. 2-وحدة نقل القدرة (PTO) الجديدة المضافة. 3- عمود نقل الحركة المعدّل طوله (30Cm). 4- فلنشة عمود مضخّة التّزويد الأرضيّ بالوُقود. 5-فتحة إملاء زيت علبة السّرعة .

## النتائج والمناقشة

➢ **الفَصل السادس: نتائجُ البحث ومُناقشتها:**

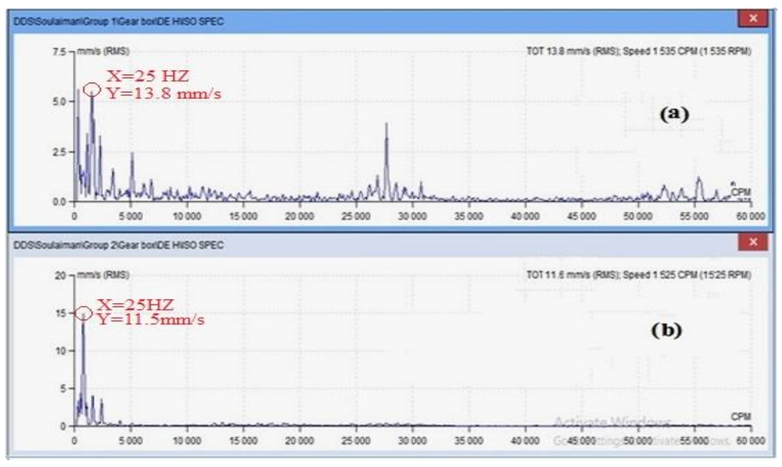
❑ أعطى التّعديل التّصميمي المُنفّذ على آليّة نقل القدرة إلى مضخّة تزويد الطّائرات بالوُقود باستخدام تقنيّة تحليل الاهتزازات (FFT) انخفاضاً ملموساً في قيم سرعة الاهتزاز مع انخفاض تردُّد الاهتزاز عند القياس على أجزاء علبة السُّرعة المُساعدة في النُّموذج المعدّل لآليّة نقل القدرة, ومضخّة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود مقارنةً بالنُّموذج الأساسيّ عند عدد دورات (1500r.p.m), وفقاً لمعيار ISO10816 القياسيّ. مع الأخذ بعين الاعتبار وجود القيمة الأكبر لسعة الاهتزاز لعدم إمكانيّة ضبط سرعة دوران المحرّك أثناء القياس, وتأثير الاهتزازات المنتقلة من أجزاء علبة السُّرعة الرئيسيّة أيضاً.

❑ تبيّن حدوث ضجيج (noisefloor) أقل في النُّموذج المعدّل مقارنةً بالنُّموذج الأساسيّ, عند تردُّد الاهتزاز ذاته كما يظهر من مقارنة تحليل طيف الاهتزاز.

❑ أنّ قيمتي لزوجة وكثافة الوُقود من النوع JetA1 المستخدم في منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود, قد انخفضتا من (1.833C.st) و (818Kg/m3) إلى (1.093C.st) و (797Kg/m3) في المجال الحراريّ (20C0 حتى 60C0) المناسب لظروف استثمار المنظومة في مطارات الجُمهوريّة العربيّة السُوريّة العسكريّة منها, وأنّ إنتاجيّة المضخّة ازدادت بمقدار(39litres/minute), ومردود المضخّة (عامل الفعل المفيد) قد ازداد بنسبة (1.098%).

❑ أدّى تقليلَ طول عمود نقل الحركة من (90Cm) في النُّموذج الأساسيّ إلى (30Cm) في النُّموذج المعدّل لآليّة نقل القدرة إلى مضخّة تزويد الطّائرات بالوُقود أي بنسبة تخفيض (33%) إلى زيادة عامل الأمان وعدم الوصول للسُّرعة الحرجة التي تُسبّب ظاهرة الرّنين بمعدّل (1.070) عند عدد دورات (1500r.p.m) لعمود المضخّة, و إطالة عمر خدمة عمود نقل الحركة إلى المضخّة وعدم انهياره على الحمولات الاهتزازيّة.

❑ أعطى نظام التّحكم الآليّ الكهروميكانيكيّ المُطبّق على النّموذج المعدّل لآليّة نقل الحركة إلى المضخّة سهولةً في استثمار منظومة التّزويد الأرضيّ للطّائرات بالوُقود, و زيادة عامل أمان الطّيران.




انخفاض حدة الضّجيج في النُّموذج المعدّل (b) مقارنةً بالنُّموذج الأساسيّ (a)

## المراجع

**[1] Kanarchuk,V.(1989). Aircraft ground equipment.Moscow:Russia.P**:273.

**[2]** Partovi,M., Toudeshk,M., & Janparvar,M .(2022). **Optimization repair And Maintenance Method of Aircraft Ground Support Systems**. Command and Staff University, Tehran: Iran. 10.22034/qjmst.2022.529743.1532. P:273.

**[3]** Chzto,R.(1991). **Fuel Equipment Plant**. Moscow:Russia, 2nd P:133

**[4]** Minski Autamabilny Zavod. (2017).**standard fueling procedures Maz-Man service levels and safety**.(online). https://www.iata.org/contentassets /828efe1a6a2a487aacaa8fe7642f0c72/iftp.

**[5]** Kogge, K. (1993).**Checks of reliabiliaty of aircraft equipment**. Moscow:Russia,P: 412

**[6]** Xuhu.Y,Huilin.J,Chittan.A.( 2019). Failure analysis of gearbox in CRH high-speed train . **vibration and shock journal**. Vol 120:pp: 212-224. China..Changto University.

**[7]** Chang, H. Wade,P.Smith, A.,& Peng,X.( 2019). **Application of surface replication combined with image analysis to investigate wear evolution on gear teeth – A case study**. https:// doi.org/ 10.1016/.2019.

**[8]** Giuma, A. shommak, B., & belhaj,N.(2019).Introduce Fast Fourier's technique toanalyze the vibration signal of a gearbox. **International Science and Technology Journal** . Vol. 19,PP:1-10 .England .Cranfield University.

**[9]** Paras. K., & Harish,H.(2021).Misalignment effect on gearbox failure An experimental study.New Delhi: India. Delhi Technological University.

**[10]** Michael. B, Feng. Ke, & Qing. N.(2023). A review of vibration-based gear wear monitoring and prediction techniques. **Journal of NSW**.Vol 182,PP: 109-122Australia, Sydney, University of New South Wales.