

تتشرف كلية الدراسات العليا و كلية الهندسة بدعوتكم لحضور

مناقشة رسالة الماجستير

العنوان

تخميد الرفرفة باستخدام المتحكم النشط لجناح ثنائي الابعاد مع لوح تحكم

للطالب

عبدالله مجدي الطرابلسي

المشرف

أ.د. عبدالحميد اسماعيل مراد، قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة

المكان والزمان

الخميس، 25 نوفمبر 2021

4:00 PM

[Click here to join the meeting](#)

الملخص

تعرف ظاهرة الرفرفة (**Flutter**) على انها اهتزاز ذواتساع متزايد مع الزمن، تتأثر به الهياكل المرنة المعرضة لقوى الديناميكا الهوائية (**Aerodynamic**) وينتج عن التفاعل ما بين ثلاث قوى هي الديناميكا الهوائية، والمرونة (**Elastic**)، والقصور (**Inertia**). تحدث هذه الظاهرة عند سرعة معينة تسمى بسرعة الرفرفة (**Flutter Speed**) وهي السرعة التي تزداد عندها الطاقة الناتجة عن سرعة الهواء (**Aerodynamic**) بشكل يفوق قدرة الهيكل (مرونته) على تخميدها. تعد الرفرفة من أكثر ظواهر عدم الاتزان (**Instability**) خطورة في مجال دراسة الهياكل المرنة (**Aeroelasticity**) المعرضة لقوى الديناميكا الهوائية مثل الاجنحة. وذلك بسبب التأثيرات الكارثية طويلة المدى على متانتها وقابليتها للاستخدام بشكل آمن. لحل هذه المشكلة تم ولسنوات طويلة اعتماد طرق تقليدية، من أبرزها صناعة هياكل أكثر متانة. ولكنها تعد طرقاً غير مرغوبة لما يصاحبها من زيادة في وزن الهيكل، والذي بدوره يزيد من الحاجة للطاقة، ويؤثر سلباً على الأداء، والقدرة على المناورة.

تتميز طرق التحكم النشط (**Active control methods**) بخفة الوزن وزيادة قدرات المناورة. ولكن وبالرغم من أن عدداً كبيراً منها قد خضع بالفعل للدراسة، وأثبت نجاحاً في التجارب خلال السنوات والعقود السابقة، إلا أن أي منها لم يصل إلى مرحلة التطبيق الفعلي على الطائرات. يرجع ذلك بشكل أساسي إلى التردد والحذر الشديد عند مصممي ومشغلي الطائرات عندما يتعلق الأمر بقبول مخاطرة. لكن التطورات الأخيرة والمتسارعة في تكنولوجيا الحواسيب وأنظمة التحكم، سواء من ناحية البرمجة أو قدرات المعالجة، قد تجعل إمكانية التطبيق الفعلي لأحدى هذه الطرق أقرب من أي وقت مضى.

إن الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو المساهمة في الجهود الرامية لإيجاد طرق التحكم النشط الأكثر فعالية والأجدر بالاعتمادية لتخميد رفرقة الأجنحة. وذلك من خلال دراسة واختبار إمكانية استخدام التحكم الاستشراقي (**Model Predictive Control MPC**)، والذي اقتصر استخدامه لسنوات طويلة على الأنظمة الصناعية البيئية نسبياً، بسبب حاجته لقدرات حاسوبية عالية الأداء.

لغرض الدراسة تم استخدام نموذج الجناح ثنائي الابعاد مع لوح التحكم، وتم اشتقاق المعادلات الديناميكية للنظام باستخدام طريقة لاغرانج (**Lagrange's energy method**)، واستخدمت نظرية ثيودورسين (**Theodorsen unsteady aerodynamic theory**) لتمثيل قوى الديناميكا الهوائية. تم باستخدام برنامج **MATLAB®** تمت محاكاة النظام عند سرعات مختلفة، وحساب السرعة الحرجة للرفرفة (**Flutter Speed**) لجناح اختبار محدد المواصفات، والتي وجدت عند 23.96 متر/ثانية مع تردد 6.12 هيرتز. تلا ذلك، وباستخدام **MATLAB®** أيضاً، تصميم ومحاكاة متحكم خطي تربيعي غاوسي (**Linear Quadratic Gaussian LQG**)، ومتحكم استشراقي (**Discrete MPC**) لنفس الجناح، عند سرعة هواء تفوق السرعة الحرجة للرفرفة بـ 10%. ولمقارنة النتائج استخدمت معايير ومؤشرات الأداء التحليلية مثل (**ISE**) و (**ISU**) و (**Settling Time**).

أظهرت نتائج الدراسة أن كلا المتحكمين قادر على اخماد الرفرفة وتغيير زاوية لوح التحكم الى القيمة المطلوبة بسرعة ودقة. مع تفوق ملحوظ للمتحكم الاستشراقي (**MPC**)، حيث استطاع انجاز المهمة بوقت أقل بحوالي 40%، وباستهلاك أقل بشكل ملحوظ للطاقة، يظهر من خلال مؤشرات (**ISE**) و (**ISU**). اضافة الى تميزه بإمكانية تحديد السرعة والزوايا القصوى لحركة لوح التحكم دون أن يؤثر ذلك على أداء النظام، وهي ميزة غير متوفرة لدى معظم المتحكمات النشطة.

مفاهيم البحث الرئيسية: الرفرفة، طرق التحكم النشط، نظرية التحكم الأمثل، المتحكم التريبيعي الخطي، مرشح كالمان، المتحكم التريبيعي الغاوسي، التحكم الاستشراقي.