Modeling & Control of an Elastic Ship-Mounted Crane

ملخص:

موضوع هذه الرسالة يتمحور حول عمل تمثيل رياضي والتحكم في ذراع مرن، والتطبيق الذي تم اختياره للدراسة هو رافعة حاويات تثبت على سفن التفريغ، ويتكون التصميم من ذراع مرن ذات مقطع دائري، وقد تم إيجاد التمثيل الرياضي للذراع المرن والحمل، وقد استخدم كل من طول حبل الحمل ، وزاوية رفع وتنزيل الذراع (luff angle) ، بالإضافة إلى زاوية دوران الذراع حول المحور العمودي (slew angle) ،للتحكم في اهتزاز الذراع المرن والحركة البندولية للحمل تحت تأثير القوى الخارجية التي تؤثر عليهما. القوى الخارجية المؤثرة على الهيكل هي: قوى حركة الأمواج البحرية ، بالإضافة إلى قوى الرياح التي تؤثر على الحمل مباشرة. واعتبر أن الحمل يتحرك حركة بندوليه إلى داخل والى خارج المستوى الديكارتي.

تم إيجاد التمثيل الرياضي غير الخطي لكل من الحمل والذراع المرن. وقد استخدمت طريقة العناصر المحدودة في إيجاد التمثيل الرياضي للذراع. وتم استخدام متسلسلة Taylor لتقريب التمثيل الرياضي الحقيقي إلى تمثيل رياضي خطي حول نقطة التشغيل الحالية، والتي تتغير مع تغير كل من طول حبل الحمل، وزاوية رفع وتنزيل الحمل وزاوية دوران الذراع حول المحور العمودي . وهذا التقريب أدى إلى إيجاد تمثيل رياضي خطي للذراع والحمل يعتمد على الزمن.

نتائج المحاكاة للتمثيل الرياضي الخطي، قد أظهرت اهتزاز الحمولة والذراع المرن بحركة بندولية إلى داخل وخارج المستوى الديكارتي. واستخدم التمثيل الرياضي لتصميم نظام التحكم في الهيكل، حيث تم حساب مصفوفات النظام للتمثيل الرياضي الخطي عند نقطة التشغيل اللحظية الحالية، التي تعتمد على كل من طول حبل الحمل، وزاوية رفع وتنزيل الذراع وزاوية دوران الذراع حول المحور العمودي. وباستخدام هذه المصفوفات تم تصميم مراقب ممتد متغير مصفوفات المراقبة (variable-gain extended observer) لحساب قيم تقريبية للقوى الخارجية وحالات النظام غير المقاسة، كما تم تصميم متحكم متغير مصفوفات التحكم (variable-gain controller) للتحكم في الرافعة في جميع ظروف عملها(نقاط التشغيل) لخمد الاهتزازات الناتجة من تأثير القوى الخارجية.

وقد تم تقسيم مناطق عمل الرافعة إلى 108، ولضمان سلاسة عمل المتحكم والمراقب والانتقال بسلاسة بين هذه المناطق، تم تصميم برنامج إيجاد المنطقة لإيجاد منطقة التشغيل حسب طول حبل الحمل، وزاوية رفع وتنزيل الحمل وزاوية دوران الذراع حول المحور العمودي، الذي بدوره يقوم بتغذية المراقب والمتحكم بالمصفوفات اللازمة المحسوبة مسبقا حسب منطقة التشغيل.