

الخلاصة

تمتلك اذرع الإنسان الآلي ذو الوصلات المرنة flexible link manipulator العديد من المزايا التي تفوق الاذرع الاعتيادية الصلدة rigid manipulators . واهم الفوائد من استخدامها هو الحصول على نسبة وزن حمل/ذراع عالية وسرعة الحركة والاستخدام الآمن وتحسين قابلية النقل للإنسان الآلي وقلة الكلفة وإمكانية الوصول إلى الأهداف البعيدة والاقتصاد بالطاقة ... الخ. على كل حال فإن تقليل الوزن في هذه الأذرع يؤدي إلى زيادة المرونة والتي تؤدي إلى تعقد ملحوظ في نظام السيطرة على الذراع. إن الصعوبة في السيطرة تنشأ بسبب أن موديل الذراع هو من نوع الحمل الموزع المعاملات distributed parameters. وفي هذه الحالة فإنه يتطلب العديد من الأنماط المرنة للحصول على دقة عالية كافية. وكذلك فإن الحمل فيه العديد من المعاملات الغامضة uncertain parameters (كتلة الحمل وعنصر التخمين لهيكل الذراع ... الخ) والتي تؤثر بشكل ملحوظ على أداء النظام. إن وجود خاصية الطور اللا قليل non-minimum phase للذراع هو عقبة أخرى في طريق الحصول على أداء عالي مع متانة جيدة لنظام السيطرة.

في هذه الأطروحة تم دراسة النموذج الديناميكي والسيطرة على تتبع المسار trajectory tracking للذراع ذو وصلة واحدة single link والمتعدد الوصلات multi-link. تم تطبيق طريقة لاكرانج-النمط الكفوء Lagrange-assumed modes approach للحصول على نموذج خطي للذراع ذو الوصلة الواحدة والذي تم التحقق منه ومحاكاته. ثم تبعه إيجاد نموذج ديناميكي لاخطي للذراع المتعدد الوصلات multi-link. وتم استخدام برنامج Matlab وأداة Simulink للتحليل والمحاكاة.

تم اقتراح مسيطر لتتبع المسار بالاستفادة من فكرة المسيطر الهجين hybrid controller للتغلب على مشكلة الاهتزاز في طرف الذراع خلال الحركة والذي هو من صفات الهياكل المرنة. حيث تم تصميم نسخة معدلة من مسيطر PD لتتبع مسار المفصل بينما تم استخدام سيطرة النمط المنزلق sliding mode لتخميد الاهتزازات. وكذلك تم تطوير مسيطر ثاني (مسيطر منطق مضرب $(Fuzzy (PI+D)^2$) كطريقة للسيطرة على كل من تخميد الاهتزازات وتتبع المسار.

تم عرض نتائج المحاكاة والتي توضح مزايا ومتانة أداء طرق السيطرة المقترحة عبر تغير الحمل. وتم الحصول على نتائج جيدة لتتبع المسار وكذلك تم إثبات الاستقرار لهذه المسيطرات.

ABSTRACT

Flexible link manipulators possess many advantages over the traditional rigid manipulators. The most important benefits include high payload-to-arm weight ratio, faster motion, safer operation, improved mobility, low cost, longer reach and better energy efficiency. However, the reduction of weight leads to the increase of the link elasticity that significantly complicates the control of the manipulator. The difficulty in control is caused by the fact that the link model is a distributed parameter plant. In this case, several elastic modes are required to achieve sufficiently high accuracy. Also, the plant has several uncertain parameters (payload mass, hub and structural damping factors, etc.) that influence significantly the system performance. The inherent, non-minimum phase behaviour of the flexible manipulator is another obstacle to achieve simultaneously a high-level performance as well as good robustness.

In this thesis, the dynamic modeling and trajectory tracking control of single link and multi-link manipulators are studied. The Lagrange-assumed modes approach is applied to get the dynamic model of a planner single link and multi-link manipulator. A linear dynamic model is obtained for the single link and was verified and simulated. This followed by the nonlinear dynamic model of the multi-link manipulator. Matlab package and its Simulink tool were used for the analysis and simulation.

Trajectory tracking controller is suggested by utilizing the hybrid controller approach to overcome the problem of vibration of tip position through motion which is a characteristic of the flexible link system. A modified version of the proportional-derivative (PD) rigid controller to track the hub position while sliding mode control was used for vibration

damping. Also, a second controller (a fuzzy logic based proportional-integral plus derivative $(PI+D)^2$) control scheme was developed for both vibration damping and trajectory tracking.

Simulation results are presented to illustrate the advantages and robust performance of the proposed tip position tracking controllers over the payload variation. A good performance is obtained for the trajectory tracking. The stability of these controllers is also proved.