جامعة دمشق
كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية
قسم الحواسيب والأتمتة

تصميم متحكم ذكي لتحسين استقرار نظام التحكم اللاخطي بمنشأة لمعالجة النفط الخام

Designing an Intelligent Controller to Enhance Stability of Nonlinear Control System in Crude Oil Treatment Plant

اسم الطالب: عبدالله الشاهين

الدكتور المهندس بسام محمد
الدكتورة المهندسة هيام خدام

الملخص

يتميز الإنتاج النفطي بسلوك ديناميكي معقد يجعل من الصعوبة بمكان التحكم بكامل بارامتراته؛ بسبب صعوبة الضبط والتوليف Tuning للمتحكمات PID التي تتحكم بمستويات النفط والماء وضغط الغاز داخل الفاصل FWKO؛ باستخدام الطريقة التقليدية للضبط.

تركز هذه الدراسة في محورين يهدف أولهما استنتاج النموذج الرياضي لمكونات حلقات التحكم بمستويات النفط والماء وضغط الغاز داخل الفاصل، في مسعى لحل مشاكل النمذجة في بيئة MATLAB SIMULINK للفاصل المدروس. ويركز المحور الثاني على تصميم عدة متحكمات عائمة وعصبونية عائمة ANFIS للتحكم بمستوى النفط في الفاصل في محاولة لإنجاز تصميم يتغلب على صعوبة الضبط والتوليف للمتحكمات PID، تم تصميم نمذجة عامة لحلقات التحكم بمستوى الماء والنفط وضغط الغاز في الفاصل المدروس، آخذة بالحسبان نمذجة العلاقة المعقدة المتبادلة بين البارامترات الثلاثة، حيث تم استكمال المقترح العام لنمذجة حلقات التحكم في الفاصل الأفقي ثلاثي الطور كنموذج عام يمكن استخدامه للفواصل الأفقية ثلاثية الطور بأبعادها المختلفة، ومكوناتها متعددة القياسات. تم استخدام النموذج المصمم للفاصل لاختبار نتائج تطبيق المتحكمات المصممة المذكورة ودراسة تأثيرها من خلال المحاكاة ومقارنة أداء المتحكمات المصممة التي تتحكم بمستوى النفط في استقرار منظومة التحكم في الفاصل. وأثبتت النتائج تفوق المتحكم العائم التتابعي Cascade Fuzzy Controller بفارق واضح عن المتحكم العائم الصرف ثم وبفارق كبير عن PID فيما يتعلق بزمن الصعود وزمن الوصول إلى أول ذروة وزمن الاستقرار وخطأ الاستجابة النهائية. كما بينت نتائج المحاكاة للمتحكمات المصممة لضبط معاملات المتحكم PID في حلقة التحكم بمستوى النفط، تفوقاً بفارق ضئيل للمتحكم العائم المتكيف Adaptive Fuzzy controller على المتحكمات العصبونية العائمة المتكيفة ANFIS فيما يتعلق بالتجاوزات Overshoot وزمن الوصول إلى أول ذروة Peak time، بينما حققت المتحكمات العصبونية العائمة ANFIS أداءً أفضل بقليل أيضاً من المتحكم العائم المتكيف فيما يتعلق بالتجاوزات Undershoot وزمن الصعود Rise time .

القسم النظري

التحكم العائم وبنية المتحكمات العائمة، مبينة المفاهيم المتعلقة بالمجموعات العائمة وتوابع الانتماء، والعمليات على المجموعات العائمة ثم طرق الاستدلال Fuzzy Reasoning وطرق تحويل القيم العائمة إلى قيم محددة.

وضحت الدراسة النظرية أيضاً المعايير العامة لتصميم المتحكمات العائمة.

كما عرجت الدراسة النظرية على نظام الاستدلال العصبوني العائم المتكيف ANFIS والطبقات المكونة لبنية هذا النظام، وشرحت خوارزميات التدريب للمتحكمات العصبونية العائمة، خوارزمية التعليم الهجين Hybrid Learning Algorithm وخوارزمية الانتشار الخلفي Backpropagation Learning.

القسم العملي -

وضّح هذا القسم من الدراسة آلية العمل في الفاصل الأفقي ثلاثي الطور وفق التصميم المحدد المستخدم لـ FWKO، حيث تم التركيز على استنتاج النموذج الرياضي لكل عنصر من عناصر حلقات التحكم بمستوى الثلاث في الفاصل بشكل مستقل متضمنة الفاصل الأفقي ثلاثي الطور وفق التصميم الفعلي المستخدم في حقول شركة الفرات للنفط في سورية.

تم تصميم نمذجة عامة لحلقات التحكم الثلاث في الفاصل، متضمنة نمذجة العلاقة المعقدة المتبادلة بين البارامترات الثلاثة، والعلاقة المتبادلة لحجوم كل من الماء والنفط وضغط الغاز، حيث تم استكمال المقترح العام لنمذجة حلقات التحكم في الفاصل الأفقي ثلاثي الطور كنموذج عام للفواصل الأفقية ثلاثية الطور بأبعادها المختلفة كافة، ومكوناتها متعددة القياسات.

القسم العملي

تم تصميم المتحكمات التالية وإجراء المحاكاة في الـ MATLAB ومقارنة نتائج التصميم:

- المتحكم العائم التتابعي Cascade FC .
- المتحكم العائم الصرف. Fuzzy Controller FC.
- المتحكم العائم المتكيف Adaptive FC.
- المتحكمات العصبونية العائمة المتكيفة ANFIS

أنجزت الدراسة مقارنة تحليلية لأداء المتحكمات المصممة التي تتحكم بمستوى النفط في استقرار منظومة التحكم في الفاصل فيما وبضبط المتحكمات PID حيث حققت المتحكمات التتابعية العائمة والمتحكم العائم المتكيف الأداء الأفضل فيما يتعلق ببارامترات التحكم المطلوبة.

النتائج والمناقشة

تم التغلب على عدد من الصعوبات في نمذجة مستويات النفط والماء وضغط الغاز للفاصل في بيئة الـ MATLAB Simulink ومن خلال ما تقدم من تصميم ونمذجة لحلقات التحكم بمستوى الماء والنفط وضغط الغاز، وما تمت نمذجته للتأثيرات المتبادلة بين البارامترات الثلاثة، والعلاقة المتبادلة لحجوم كل من الماء والنفط وضغط الغاز، فقد استُكمِلَ المقترح العام لنمذجة حلقات التحكم في الفاصل الأفقي ثلاثي الطور كنموذج عام يستخدم للفواصل الأفقية بأبعادها المختلفة ومكوناتها مختلفة القياسات.

تغلبت التصميمات المنجزة باستخدام المتحكمات العصبونية العائمة والمتحكمات المتكيفة العائمة على المشكلة المتعلقة بصعوبة ضبط متحكمات الـ PID التي تتحكم بمستوى النفط والماء وبضغط الغاز داخل FWKO، وهو ما انعكس ايجابياً على استقرار عملية التحكم التي تستقبل على دخلها تدفقاً لا خطياً وغير منتظم لمزيج السائل الداخل إلى الفاصل، ما ساهم بشكل كبير في تخفيض كلفة ضياعات الانتاج المرافقة لتوقف الفاصل نتيجة خروج السائل أو الغاز المتحكم به عن القيم الحدية المسموح بها.

المراجع

[1] Backi, S. Skogestad. A simple dynamic gravity separator model for separation efficiency evaluation incorporating level and pressure control. In: Proceedings of the American Control Conference. Seattle, USA. (2017, May).
[2] Backi, S. Skogestad. A simple modeling approach to control emulsion layers in gravity separators. European Symposium on Computer Aided Process Engineering. Netherlands. (2019, June).
[3] Muraveva, E. Shulaeva, E. Charikov, P. Kadyrov, R. Sharipov, M. Bondarev, A. Shishkina, A. Optimization of the structure of the control system using the fuzzy controller. Procedia Computer Science. (2018).