جامعة الفيوم

كلية الهندسة

" النمذجة الرياضية لبعض مشاكل التحكم فى أنظمة الطاقة المتجددة "

مقترح أطروحة بحثية مُقدم إلى كلية الهندسة جامعة الفيوم لنيل درجة دكتوراة الفلسفة فى العلوم الهندسية

تخصص

الرياضيات الهندسية

إعداد

أحمد رجب عبد العزيز على

مدرس مساعد بقسم الرياضيات و الفيزيقا الهندسية ، كلية الهندسة ، جامعة الفيوم

تحت إشراف

أ.د. حازم على عطية

أستاذ الرياضيات الهندسية المتفرغ- قسم الرياضيات و الفيزيقا الهندسية ، كلية الهندسة ، جامعة الفيوم

(المشرف الرئيسى)

أ. د. داليا فاروق محمد علام

أستاذ نظم القوى الكهربية - قسم الهندسة الكهربية ، كلية الهندسة ، جامعة الفيوم

(المشرف المشارك)

جامعة الفيوم ، الفيوم ، مصر ٢٠٢٥

الملخص العربى

التفاضل الكسري يوفر إطارًا جديدًا وفعّالًا لمعالجة المشكلات المعقدة، وذلك بفضل نطاقه التشغيلي الأوسع مقارنة بالتفاضل التقليدي العادي. إن دمج مبادئ التفاضل الكسري في نظرية التحكم يتيح تطوير أنظمة تحكم أكثر قوة ودقة وفعالية، قادرة على التعامل مع التحديات والانحرافات التي تواجه التطبيقات العملية. في أنظمة الطاقة، تلعب أجهزة التحكم في تردد الشبكة نتيجة تغير الحمل (LFCs) دورًا أساسيًا في استعادة استقرار التردد والطاقة في خطوط الربط الناتجة عن اضطرابات الحمل. ومع ذلك، فإن زيادة دمج مصادر الطاقة المتجددة يؤدي إلى ظهور عدم يقين في معايير النظام وانخفاض في القصور الذاتي للنظام، مما يمكن أن يؤثر سلبًا على أداء أجهزة التحكم في تردد الحمل. لذلك، يعد تطوير أنظمة تحكم متقدمة تعتمد على مبادئ التفاضل الكسري أمرًا ضروريًا لمعالجة هذه التحديات.

اقترح هذا العمل نهجًا محسنًا للتحكم من خلال دمج مبادئ التفاضل الكسري مع التفاضل التقليدي العادي. ركز البحث على تحسين أجهزة التحكم في تردد الحمل للأنظمة مع وجود مصادر الطاقة المتجددة أو بدونها باستخدام معاملات كسرية عامة. إعتمدت المنهجيات المقترحة على خوارزميات التحكم المتوائم التكيفي المرجعي النموذجي (MRAC)، التي تدمج عوامل كسرية مع نظرية استقرار ليابونوف للمعادلات التفاضلية غير الخطية. إستخدمت هذه الأنظمة المتوائمة التكيفية نماذج مرجعية ومعادلات تفاضلية تكيفية كسرية لتوليد إجراءات تحكم فعالة، مما ضمن متابعة النظام الخاضع للرقابة للنموذج المرجعي بشكل دقيق مع الحفاظ على الاستقرار وفقًا لنظرية ليابونوف. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء تحسينات على وحدة التحكم PID الكسرية التقليدية لتعزيز أدائها. كما تم استخدام الخوارزمية الأمثلية التى تدعى الأرانب الاصطناعية لضبط معايير وحدات التحكم غير التكيفية عن طريق تقليل دالة تكلفة الخطأ التربيعي الزمني المتكامل.

في الجزء الأول من الدراسة، تم دمج وحدة MRAC ذات الأوامر الكسرية في دائرة التحكم المسماة القصور الذاتي الافتراضي و المضافة إلى الدوائر التقليدية لأجهزة التحكم في تردد الشبكة نتيجة اضطراب الحمل. في الوقت نفسه، تم تقديم وحدة FOID-P المعدلة مع مرشح في الدائرة التكميلية (الثانوية) التقليدية لأجهزة التحكم في تردد الشبكة نتيجة اضطراب الحمل. توفر وحدات القصور الذاتي الافتراضية قدرة قصور ذاتي تعويضية لمعالجة التدهور الناتج عن مصادر الطاقة المتجددة، بينما تولد الوحدات التكميلية التقليدية إشارات مرجعية للطاقة لتوربينات المولدات التقليدية. أظهرت محاكاة سيناريوهات مختلفة تحسينات كبيرة في الأداء باستخدام خوارزميات التحكم المقترحة.

أما الجزء الثاني من الدراسة، فقد أهمل استخدام وحدات القصور الذاتي الافتراضية واقترح خوارزمية MRAC كسرية للأوامر في الدوائر التكميلية التقليدية. تعتمد هذه الخوارزمية على دمج العوامل الكسرية مع نظرية استقرار ليابونوف لاشتقاق معادلات تكيفية متوائمة و مستقرة ذات معاملات كسرية لتعديل خصائص وحدة التحكم التكميلية ديناميكيًا. تستخدم وحدة التحكم هيكلًا يعتمد على ردود الفعل الناتجة فقط، باستخدام إشارات مساعدة وحالات داخلية مولدة، دون الحاجة إلى معرفة تفصيلية بمعايير النظام الخاضع للرقابة. كما تتضمن خوارزمية تعديل e وإشارة رفض الاضطرابات في إجراءات التحكم الخاصة بها. أظهرت محاكاة سيناريوهات معقدة تحسينات كبيرة في استجابة النظام تحت تأثير استراتيجيات التحكم المقترحة.