جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة الطاقة الكهربائية

التحكم المباشر بالعزم (DTC) باستخدام الذكاء الصنعي لقيادة المحركات التحريضية (تطبيقها بالمركبات الكهربائية)

Direct Torque Control (DTC) By Using Artificial Intelligence to Drive Induction Motor Application for Electric Vehicles

إعداد: المهندس أحمد الحمود العريفي

إشراف: الدكتورة المهندسة سلام محمود

المشرف المشارك: الدكتور المهندس رائد الشرع

الملخص

تستخدم منهجية التحكم المباشر بالعزم في تصميم نظم القيادة الكهربائية؛ للتحكم بالمحركات الكهربائية لتزويد المركبات الكهربائية بالحركة، لكنها تعاني من بعض السلبيات عند السير في شروط خاصة. يهدف البحث لتطوير طريقة التحكم المباشر بالعزم بطريقتين. الأولى: باستعمال الشبكات العصبونية، والثانية: بالاعتماد على المنطق العائم، حتى يمكن تقدير الفيض بطرائق أدق من المنهجية التقليدية؛ من خلال ترشيح التغيرات والاضطرابات التي تطرأ على قيمة مقاومة ثابت المحرك التحريضي؛ نتيجة تغير الحمولة وفقاً لمسار المركبة، وانتقالها من مسار مستقيم إلى صاعد ثم نازل بواسطة تقدير القيمة الصحيحة؛ بالاعتماد على قيم التيارات المستجرة للمحرك؛ مما يسبب عزم كهرومغناطيسياً بأقل خطأ ديناميكي وستاتيكي؛ مقارنة بالطريقة التقليدية

القسم النظري

وضّح في هذا القسم طريقةُ إجراء منهجية التحكم المباشر بالعزم، وكيفية تطويرها؛ باستعمال الطريقتين (الشبكات العصبونية والمنطق العائم)، وتمت نمذجة ومحاكاة المحرك التحريضي في بيئة ماتلاب، وقيادته بالمنهجية التقليدية، والمدعِمّة بالشبكات العصبونية ثم بالمنطق العائم.

محاكاة الطريقة التقليدية والمحسنة في بيئة RT-LAB
حيث تم إيجاد استجابتَي السرعة والعزم، وإشارات الخطأ لكلا الطريقتين المطورتين؛ فضلاً عن الطريقة الكلاسيكية، وإجراء مقارنة فيما بينهم؛ بالاعتماد على معيار متوسط مربع الخطأ؛ إذ أثبتت النتائج تفوق المنهجية المطورة ؛باستعمال المنطق العائم على الطريقة الكلاسيكية والطريقة المطورة؛ باستعمال الشبكات العصبونية، كما أن طريقة الشبكات العصبونية تفوقت على الطريقة الكلاسيكية، مما يؤدي للحصول على عزم كهرومغناطيسياً بأقل خطأ ديناميكي وستاتيكي`

القسم العملي

يتضمن التطبيق العملي تنفيذ النمذجة والمحاكاة لنظام التحكم المطور باستخدام الذكاء الصنعي (الشبكات العصبونية، المنطق العائم)، باستخدام منصة RT-LAB، وتنفيذ التحكم على المحرك التحريضي وحمله الميكانيكي في المخبر -قسم هندسة الطاقة الكهربائية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية.

مقارنة نتائج النمذجة والمحاكاة مع نتائج التطبيق العملي
حيث تم التأكد من صحة هذه النتائج من خلال التطبيق العملي للمنهجية التقليدية والمطورة؛ باستعمال المنصة البحثية المنفذة، ومن خلال مقارنة نتائج التطبيق العملي بنتائج المحاكاة بالزمن الحقيقي نلحظ أن نتائج التطبيق العملي قريبة جدا من نتائج المحاكاة؛ مما يدعم صحة هذه النتائج.

النتائج والمناقشة

- تم تطوير طريقة تقدير فيض الثابت والعزم الكهرطيسي كمقادير خاضعة للتحكم في تقنية DTC التقليدية، استند البحث إلى مقدرات تعتمد تقنيات الذكاء الصنعي (الشبكات العصبونية-المنطق العائم)؛ انعكس ذلك في تحسين المقدرات ومتانتها ورفع سوية أدائها.
- يساهم استخدام المقدرات المطورة في تقليل سوية التموّجات والاهتزازات حول القيمة المرجعية للعزم، التي ترافق عمل المتحكمات البطائية في حلقة تنظيم العزم.
- أثبتت تقنية التحكم المباشر بالعزم باستخدام الذكاء الصنعي الاستجابة الديناميكية العالية لإشارة العزم في الحالة العابرة، والانتقال بسلاسة ونعومة وبزمن استجابة سريع بين سويات العزم المختلفة.
- أثبتت مقارنة نتائج المحاكاة بين الطريقة التقليدية، والطرائق المطورة؛ باستخدام الذكاء الصنعي وذلك في بيئتي RTLABوMATLAB، قدرة الطرائق المطورة على تخفيض مطال التأرجحات في استجابتي العزم والسرعة حول القيمة المرجعية، وذلك في الحالة المستقرة والعابرة.
- بينت نتائج الاختبارات العملية على المحرك التحريضي بحمل ميكانيكي مع الربط على منصّة RTLAB؛ باستخدام تقنية التحكم المباشر بالعزم DTC التقليدية والمطورة باستخدام الذكاء الصنعي أفضلية هذه الأخيرة. وكذلك أثبتت تقارب النتائج العملية مع نتائج النمذجة والمحاكاة؛ في بيئتي RTLABوMATLAB، صحة نتائج البحث.

المراجع

[1] Saber M. E. Fadul, A.K.M. Parvez Iqbal, Modelling and Simulation of Electric Drive Vehicle Based on Space Vector Modulation Technique and Field Oriented Control Strategy, 2017 International Conference on Communication, Control, Computing, and Electronics Engineering (ICCCCEE).

[2] Sadhana Jadhav Kirankumar Jaladi, Advanced VSC and Intelligent Control Algorithms applied to SVM_DTC for Induction Motor Drive: A Comparative Study, 2016 12th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA) June 12-15, 2016, Guilin, China

[3] Jackson John Justo, Francis Mwasilu, Eun-Kyung Kim, Jinuk Kim, Han Ho Choi, Member, IEEE, and Jin-Woo Jung, Member, IEEE, Fuzzy Model Predictive Direct Torque Control of IPMSMs for Electric Vehicle Applications, DOI 10.1109/TMECH.2017.2665670, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics

[4] Jagan Mohana Rao Malla, Dr. Manoj Kumar Sahu and Prof. P K Subudhi, DTC-SVM of Induction Motor by Applying Two Fuzzy Logic Controllers, International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) – 2016

[5] Abderrahim Zemmit a, Sabir Messalti , Abdelghani Harrag, A new improved DTC of doubly fed induction machine using GA-based PI controller, journal homepage: www.sciencedirect.com,2017

[6] E. Fernández, Member, IEEE , L. Romeral, Member, IEEE, V Sala, Member, IEEE, Power converters and its application in electric traction systems. Analysis Present and Future Technologies, IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 14, NO. 2, FEB. 2016.

[7] Lahon, P., Kandali, A.B., Panda, G., & Patowary, M. (2022). A Review on Control Methods Used in Renewable Energy Source-Fed Induction Motors. In Sustainable Energy and Technological Advancements (pp. 279-292).

[8] Sung, G.M., Tung, L.F., Huang, C.C., & Huang, H.Y. (2022). Modified Predictive Direct Torque Control ASIC with Multistage Hysteresis and Fuzzy Controller for a Three-Phase Induction Motor Drive. Electronics, 11(11), 1802.

[9] Kazemzadeh, E., Koengkan, M., & Fuinhas, J.A. (2022). Effect of Battery-Electric and Plug-In Hybrid Electric Vehicles on PM2.5 Emissions in 29 European Countries. Sustainability, 14, 2188. Lahon, P., Kandali, A.B., Panda, G., & Patowary, M. (2022). A Review on Control Methods Used in Renewable Energy Source-Fed Induction Motors. In Sustainable Energy and Technological Advancements (pp. 279-292).

[10] Lahon, P., Kandali, A.B., Panda, G., & Patowary, M. (2022). A Review on Control Methods Used in Renewable Energy Source-Fed Induction Motors. In Sustainable Energy and Technological Advancements (pp. 279-292).