University of Mosul
College of Engineering

# Intelligent Optimization Control of High Performance Switched Reluctance Motor

**Muhammed Abduljaleel Ibrahim Sultan**

**Doctor of Philosophy**

**In**

**Electrical Engineering / Electrical Engineering**

**Supervised by**

**Assist. Prof. Dr. Ahmed Nasser B. Alsammak**

**2023A.C** **1445 A.H**

# Abstract

The inherent features of the Switched Reluctance Motor (SRM) make it a promising candidate for further examination. SRM is currently encountering certain control complexity and torque quality issues. However, these challenges can be examined and resolved. This thesis aims at improving the SRM drive system to achieve reliability and the best torque quality. Intelligent optimization control are utilized to enhance the performance of SRM drive system, namely bacterial foraging optimization algorithm (BFOA), genetic algorithms (GA) and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS).

The contribution of this study is of four folds. Firstly, an accurate and highly reliable model is developed to analyze the performance of a 4 kW 8/6 SRM and a 60 kW 8/6 SRM. Based on the finite element method, the FEMM4.2 program has been utilized along with AutoCAD with the less possible complexity in terms of selecting the number of points motor dimensions to order to achieve the best magnetization characteristics. The proposed model can incorporate all nonlinearities present in this machine. Secondly, the effect of the current control band of hysteresis control on the phase current has been deeply investigated on torque ripple, average torque and average switching frequency. This investigation has been performed with soft-hysteresis current control and hard-hysteresis current control simultaneously. Simulation results proved that the soft HCC gives the best results. Best current control band is selected at 1% from the rated current of 8/6 SRM and a maximum average switching frequency is 11 KHz. Thirdly, The optimum PID coefficients have been attained to control the speed of 6/4 SRM using

genetic algorithms. This procedure resulted in greatly enhancing the transient and steady-state performances with PID-GA-ISE, which are the most suitable in dynamic response characteristics. Finally, the rapid optimization-based bacterial foraging procedure is employed to select the optimal value for commutation angles, which is the most crucial factor in control flexibility. Five performance indices have been investigated in this work namely, maximum average torque, minimum RMS phase current, minimum percentage torque ripple, maximum smart efficiency and multi-objective optimization. Using the multi-objective performance gave the best trade-off between torque ripple and RMS phase current while keeping the highest smart efficiency.

جامعة الموصل
كلية الهندسة

# التحكم الذكي الامثل للمحرك المعاوقي المفتاحي عالي الاداء

اطروحة دكتوراه تقدم بها
محمد عبدالجليل ابراهيم سلطان

الى
مجلس كلية الهندسة / جامعة الموصل
كجزء من متطلبات نيل شهادة
دكتوراه فلسفة في الهندسة الكهربائية/الهندسة الكهربائية

بإشراف
أ.م.د. أحمد نصر بهجت السماك

1445هـ 2023م

## المستخلص

الميزات المتأصلة في محرك المعاوقة المفتاحي (SRM) تجعل منه مرشحًا واعدًا لمزيد من الدراسة . يواجه محرك SRM حاليًا مشكلات معينة في تعقيد التحكم وجودة عزم الدوران؛ ومع ذلك، يمكن دراسة هذه التحديات وحلها. تهدف هذه الأطروحة على تحسين نظام مسوق محرك المعاوقة المفتاحي للوصول الى الموثوقية و افضل جودة عزوم دوران. يتم استعمال استراتيجيات التحكم الذكي الامثل لتحسين أداء محرك المعاوقة المفتاحي(SRM) وهي: خوارزمية تحسين تغذية البكتيريا (BFOA) ، والخوارزمية الجينية (GA) ونظام استدلال المضبب العصبي المتكيف (ANFIS).

يتكون مساهمة هذا العمل من أربعة اجزاء. أولاً ، تطوير نموذج دقيق وموثوق للغاية لتحليل أداء 4kW ، SRM 8/6 و SRM 60 kW 8/6. وبالاعتماد على طريقة العناصر المحددة FEA وباستخدام برنامج FEMM4.2 جنبًا إلى جنب مع AutoCAD مع أقل تعقيد ممكن من حيث اختيار عدد نقاط أبعاد المحرك من أجل تحقيق أفضل خصائص مغنطة. ويشتمل النموذج المقترح على جميع العناصر اللاخطية الموجودة في هذا المحرك. ثانيًا ، فحص تأثير نطاق تحكم التيار في تحكم الهسترة ( Hysteresis Control) لتيار الطور بإسهاب على تموج عزم ومعدل العزم ومتوسط تردد التبديل . اجريت هذه الدراسة من خلال التحكم لتيار الطور في تحكم الهسترة الناعم (Soft) و الصعب(Hard). أثبتت نتائج المحاكاة ان تحكم التيار الناعم في تحكم الهسترة يعطي أفضل النتائج مقارنة مع الطريقة الاخرى. تم اختيار أفضل نطاق تحكم حالي بنسبة 1% من التيار المقنن ل SRM 6/8 والحد الأقصى لمتوسط تردد التبديل عند 11 كيلو هيرتز. ثالثا، تم التوصل إلى معاملات PID المثلى للتحكم في سرعة SRM 4/6 باستخدام الخوارزمية الجينية. أدى هذا الإجراء إلى تحسين أداء الحالة العابرة والمستقرة بشكل كبير باستخدام PID–GA–ISE وهي الانسب لخصائص الاستجابة الديناميكية. أخيرًا ، تم استخدام خوارزمية تغذية البكتريا سريع قائم على التحسين لاختيار القيمة المثلي لزوايا القدح، وهو العامل الاكثر اهمية في مرونة التحكم. تم دراسة خمسة مؤشرات أداء في هذا

العمل وهي؛ اعظم متوسط عزم الدوران، اقل تيار طورRMS ، اقل نسبة تموج عزم الدوران، اعظم كفاءة الذكية والتحسين متعدد الأهداف. باستخدام تحسين متعدد الاهداف، تم الحصول أفضل مفاضلة بين تموج عزم الدوران وتيار طور RMS مع الحفاظ على أعلى كفاءة ذكية.