Résumé

L'objectif de ce travail porte essentiellement sur la modélisation et la commande d'un moteur à réluctance variable type 6/4. Pour le dimensionnement et la conception d'une structure d'un MRV type 6/4, une approche numérique-analytique (FEM-EMC) est adoptée. On a élaboré un modèle analytique basé sur les schémas équivalents et le calcul des inductances, qui permet d'obtenir un prédimensionnement en tenant compte d'un cahier de charge. Pour illustrer la variation du champ magnétique dans les différentes parties du moteur, on a recours à l'utilisation d'un modèle numérique basé sur la méthode des éléments finis permettant la résolution des équations différentielles régissant le fonctionnement du MRV. Afin d'améliorer les performances statiques et dynamiques du prototype ainsi dimensionner, on lui applique certaines stratégies de commande : commande vectorielle « FOC », commande directe du couple « DTC » et la commande directe du couple modifiée « DTC modifiée ».

Les résultats obtenus montrent une supériorité de la commande DTC modifiée par rapport aux autres commandes particulièrement dans la réduction des ondulations et du temps de réponse.

A la fin, pour mieux améliorer et optimiser les caractéristiques du MRV particulièrement le couple (en termes d'ondulations) et la vitesse, on a suggéré d'utiliser une nouvelle technique de commande proche de la réalité et qui propose de remplacer le régulateur PI utilisé dans la commande DTC par un régulateur d'ordre fractionnaire basée sur la fonction de transfert idéale de Bode.

Les résultats de simulation de la DTC avec régulateur d'ordre fractionnaire (DTCF) montrent des performances largement satisfaisantes que celles obtenues par la commande DTC avec PI classique (DTCPI).

Mots clés : Éléments finis, FEMM, MRVDS 6/4, commande vectorielle, commande directe du couple DTC, commande d'ordre fractionnaire.

ملخص

يتركز العمل في هده الأطروحة علي تحسين أداء و كفاءة محرك دو ممانعة متغيرة نوع 6/ 4 يغذيه مموج لتوتر ثلاثي الطور دو مستويين، من خلال تحسين خصائصه الكهرومغناطيسية و إعطاء لعزمه ديناميكية سريعة من دون الحاجة الى اي لاقط ميكانيكي على الجزء الدوار.
الدراسة تحتوى أساسا على:
** طريقة تحليلية تسمح بحساب الأبعاد الهندسية لماكينة ذات ممانعة متغيرة انطلاقا من دفتر شروط، وهي ترتكز على إستراتيجية الدوائر المغناطيسية المكافئة.
** طريقة رقمية تعتمد على منهج العناصر المنتهية بواسطتها ننشأ نموذج للمحرك في الحالة المشبعة (صياغة المشكلة الكهرومغناطيسية في مستوى ثنائي البعد) كما نسهل و نفعل أسلوب المحاكاة . البرنامج المعالج هو FEMM.
** عموميات حول الماكينات ذوات الممانعة المتغيرة و تاريخها و كذا الأبحاث الساعية لتطوير أداءها و أخيرا المفاهيم الأساسية لها .
** تطبيق استراتيجية التحكم الشعاعي لتدفق التي تسمح لنا الحصول على خصائص مطابقة لخصائص محرك ذو تيار مستمر يتوافق بشكل كبير مع المتطلبات الصناعية . لكن بنية هدا التحكم تبقي حساسة لتغير معاملات الآلة و تستوجب وضع لاقط ميكانيكي لسرعة .
** تطبيق استراتيجية التحكم المباشر في تدفق الجزء الساكن و في العزم الكهرو مغناطسيين ، في هدا التحكم عن طريق اختيار من جدول استبدال لأشعة المموج نستطيع التحكم مباشرة وانفراديا في التدفق و العزم الكهرومغناطيسي مما يعطى للمحرك صلابة ضد تغير معاملاته و عزم دو ديناميكية سريعة من دون الحاجة الى اي لاقط ميكانيكي . سلبية هدا التحكم تكمن فى صعوبة السيطرة على تواتر الاستبدال .
** لأجل تحسين مواصفات التحكم السابق أزحنا قطاعه الأول وجدوله الحقيقي ب30° ، النتائج المحصل عليه من خلال المحاكاة بينت نقص واضح في معدل تموج التدفق و العزم الكهر ومغناطسيين .
** تطبيق إستراتيجية جديدة لتحكم تعتمد على استبدال المعدل التكاملي الكلاسيكي في التحكم المباشر للعزم الكهرو مغناطسي بمعدل تكاملي دو درجة جزئية مع استعمال حلقة بوبد او دالة بود . نتائج المحاكاة بالسيميلينك بينت تحسن واضح في خصائص المحرك الكهرومغناطيسية.
كلمات مفتا حية : محرك ذو ممانعة متغيرة نوع 6/ 4 ، التحكم الشعاعي، التحكم المباشر في العزم ،مموج لتوتر الكهربائي ثلاثي الطور ذو مستويين، التحكم ذو الدرجة الجزئية .

Abstract

The aim of this work is to present a switched reluctance motor 6/4 motor modelling and control. A numerical-analytical (FEM-EMC) approach is applied for modelling and designing the switched reluctance machine type 6/4. The basic dimensions to build the machine are given and the 2D electromagnetic characteristics are accurately predicted. It was found that the flux density waveforms generated by the motor were completely non-sinusoidal and its maximum value varies periodically for aligned and unaligned position for the rotor.

To improve the static and dynamic performance of this machine, several techniques are applied for the control. The control of 6/4 SRM is analyzed by the Direct Torque Control techniques. The torque is controlled directly through the control of magnitude of the linkage flux and the change in speed of the stator flux vector. It is seen that the dynamic performances of SRM6/4 are better with modified DTC compared to those found with FOC and classical DTC. The torque and current responses present lower ripple and lower time responses with modified DTC.

Finally, a new model is presented on DTC of SRM based on the use of a fractional order controller $PI^{\lambda}D^{\mu}$. The latter use an elementary fractional order integrator as a reference model of the open-loop control system. The simulations results show that the fractional robustness and the efficiency of the fractional order DTC design are better compared to DTC with classic PI controller.

Keywords: Switched Reluctance Motor 6/4, Direct torque controller (DTC), Field-oriented control, Fractional-order $PI^{\lambda}D^{\mu}$controller.