



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الموصل

كلية الهندسة

تحليل أداء محول الحالة الصلبة لتطبيقات القدرة الكهربائية

هيثم احمد عبيد

رسالة ماجستير علوم في

الهندسة الكهربائية / الهندسة الكهربائية

بإشراف

الدكتور ياسر محمد يونس أمين

الملخص

أدى اتصال عدد كبير من محطات القدرة الموزعة بالشبكة إلى ضرورة اجراء بعض التغييرات في نظام التوزيع الكهربائي. ان أحد الأجزاء المهمة في منظومات القدرة هو محولات القدرة والتي تستوجب تكييفها بشكل جيد لتكون قادرة على تلبية التغييرات المطلوبة، لذلك ظهر مؤخراً محول الحالة الصلبة (Solid State Transformer) على أنه بديل مناسب للمحول التقليدي في الشبكات المستقبلية. إذ تمتلك هذه المحولات الجديدة بعض الصفات مثل صغر حجمها ووزنها وتوفر في عملها العديد من المزايا مثل إمكانية التحكم في اتجاه ومقدار سريان القدرة وتحسين جودة القدرة و إمكانية التحكم في الفولتية وتعويض القدرة المتفاعلة وغيرها من المزايا التي لا تتوفر في المحول التقليدي. تستعرض هذه الرسالة محولات الحالة الصلبة من حيث مكوناتها وطريقة عملها وتحليلها الرياضي وخطوات تصميمها وعملية التحكم فيها. إذ تم باستخدام برنامج ANSYS Maxwell 3D لتصميم ونمذجة اشكال مختلفة من القلوب لمحولة العزل عالية التردد. ومن التصميم المقترحة في هذه الرسالة هو احداث تجويف في المادة المغناطيسية المكونة للقلب ومقارنة ادائه بعد نمذجته مع القلوب الأخرى المذكورة في المصادر، وقد اظهرت نتائج المحاكاة نجاح فكرة هذا التصميم المقترح من حيث تقليل الوزن وتوفير في المواد الاولية مع انخفاض قليل في عامل الاقتران. من ناحية أخرى، فإن القسم الثاني من مكونات محولات الحالة الصلبة هي مغيرات القدرة الالكترونية والتي استعرضتها هذه الرسالة في مراحلها المختلفة. إذ استخدم برنامج MATLAB/Simulink في تطوير نماذج محاكاة لمحول الحالة الصلبة المتكون من ثلاث مراحل المبني على مغير متعدد المستويات النمطي (Modular Multilevel Converter) المسيطر عليه باستخدام خوارزمية الفرز في مرحلته الاولى، وعلى مغير القنطرة الفعالة المفردة (Single Active Bridge) أو القنطرة الفعالة المزدوجة (Dual Active Bridge) المسيطر عليهما باستخدام طريقة الازاحة الطورية في مرحلته الثانية، وعلى مغير القدرة ثلاثي الطور التقليدي (العاكس) في مرحلته الاخيرة. كما تم تقديم نموذج عملي مختبري مصغر لمحول الحالة الصلبة

باستخدام مغير القنطرة الفعالة المفردة، ولقد تبين من نتائج المحاكاة ونتائج العملي توافقاً كبيراً مع نتائج التحليل الرياضي الذي تم تقديمه في هذه الرسالة.

Abstract

The connection of a large number of distributed power stations to the grid has led to the necessity of making some changes in the electrical distribution system. One of the important parts of power systems is the power transformers, which must be well adapted to be able to meet the required changes. Therefore, the Solid State Transformer recently appeared as a suitable alternative to the traditional transformer in future networks. These new transformers have some characteristics such as their small size and weight, and provide many advantages in their work, such as the possibility of controlling the direction and amount of power flow, improving the quality of power, the possibility of controlling voltages, compensating reactive power and other advantages that are not available in the traditional transformer. In this thesis, SST are examined with regard to their components, mode of operation, their mathematical analysis, construction and design steps and control methods. With the ANSYS Maxwell 3D software, various core shapes for the high-frequency isolating transformer were designed and modeled. One of the designs proposed in this thesis is to create a cavity in the magnetic material that makes up the core and compare its performance after modeling it with other cores mentioned in the sources. The simulation results showed the success of the idea of this proposed design in terms of reducing weight and saving in raw materials with a slight decrease in the coupling factor. On the other hand, the second section of the components of solid-state transformers is the power electronic converter, which were reviewed in this thesis in its various stages. The MATLAB/Simulink program was used to develop simulation models of the three-phase solid-state transformer based on a Modular Multilevel Converter that is controlled using the sorting algorithm in its first stage, and on the Single Active Bridge converter. Dual Active Bridge, which is controlled using the phase shift method in its second stage, and on the traditional three-phase power converter (inverter) in its last stage. Also, a laboratory model of a miniature solid-state transformer was presented using single active bridge, and it was found from the simulation and experimental results that it was in great agreement with the results of the mathematical analysis that was presented in this thesis.

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Mosul

College of Engineering



Performance Analysis of A Solid State Transformer for Electrical Power Applications

Thesis submitted by

Haitham Ahmed Obaid

M.Sc. Thesis

In

Electrical Engineering / Electrical Engineering

Supervised by

Dr. Yasir M. Y. Ameen

2021 A.D.

1443 A.H.