

Detalles del proyecto de Tesis Doctoral:

Con el propósito de obtener corriente alterna (alternating current, AC) de amplitud y frecuencia variables, a partir de la red eléctrica, de amplitud y frecuencia fija, la estrategia más común es convertir la energía a un enlace de corriente continua (direct current, DC) por medio de una etapa rectificadora, para luego transformar la DC a AC utilizando un inversor.

El Convertidor Matricial (MC) es una topología para la conversión directa de potencia eléctrica que ha atraído creciente interés. Este convertidor permite alimentar una carga con frecuencia y amplitud variables, sin necesidad de almacenamiento de energía en un enlace DC. Otras de sus virtudes son que posee un circuito de potencia relativamente simple y compacto, es capaz de generar corrientes sinusoidales tanto en la entrada como en la salida, con factor de potencia (PF) unitario y capacidad de regeneración. Su principio de funcionamiento se basa en un arreglo de switches bidireccionales, que interconectan directamente la fuente de poder o entrada del convertidor con la carga. Su principal nicho se concentra en aplicaciones donde el tamaño y la ausencia de enlace continuo son temas relevantes, como por ejemplo en la industria aeronáutica.

Variadas son las técnicas para controlar el suministro de energía hacia o desde la carga, basada en general en métodos de modulación y controladores de corriente. Por otra parte, el Control Directo de Torque (Direct Torque Control, DTC) y el Control por Campo Orientado (Field Oriented Control, FOC) son estrategias de control para máquinas de inducción, de amplia aplicación en la industria y que han sido usadas en MCs. Un nuevo enfoque para controlar una amplia gama de variables en convertidores de potencia ha sido propuesto recientemente, aplicando control predictivo basado en modelos. Entre las variables controladas se cuentan las corrientes de salida, el torque y flujo en máquinas de inducción, la potencia reactiva hacia la red, el balance en el enlace continuo (convertidores multinivel) y la frecuencia de conmutación del convertidor.

El objetivo de esta investigación es desarrollar técnicas de control predictivo aplicadas al MC, alimentando tanto cargas pasivas como máquinas de inducción. En primer lugar, se estudian las técnicas de modulación y control más comunes para este tipo de convertidores. Posteriormente, se introduce la aplicación de control predictivo de corriente (predictive current control, PCC) y el control de torque predictivo (predictive torque control, PTC), analizando, tanto en simulación como experimentalmente, sus cualidades y desempeño. Adicionalmente, se presentan variaciones al algoritmo predictivo, que permiten controlar a voluntad la fase de las corrientes de entrada respecto a sus voltajes (PF), la frecuencia de conmutación, disminuir las pérdidas por conmutación -aumentando de esta forma la eficiencia del equipo- y reducir el voltaje de modo común (CMV) en la carga. Se estudia también el comportamiento del sistema trabajando con una fuente de alimentación desbalanceada.

El método desarrollado ha demostrado un excelente desempeño, controlando tanto las variables en la carga como las corrientes de entrada. Cuenta con una rápida respuesta dinámica, PF unitario y bajo nivel de ripple en torque y flujo. La técnica para reducir las pérdidas por conmutación logró aumentar la eficiencia del MC en cerca de un 1% sin afectar su desempeño, y hasta en un 3% en casos en que es aceptable un deterioro en la señal de torque y las corrientes a la red. La estrategia para mitigar el CMV logró reducir su valor rms desde aproximadamente 100 V a 30 V. Su eficacia radica principalmente en el hecho de que el método, a diferencia de las técnicas clásicas como SVM o DTC, utiliza los vectores rotatorios, que producen nulo CMV.

Los métodos predictivos de control desarrollados en el curso de esta investigación pueden ser implementados utilizando el actual estado del arte en procesadores digital de señales. Tanto PCC como PTC sacan partido de la naturaleza discreta de los estados de conmutación del convertidor y de la plataforma de control. De esta forma, logran reemplazar etapas de modulación y lazos de control superiores, tales como controladores de corriente, control por campo orientado (FOC), DTC u otros. El enfoque de control predictivo, basado en optimización en tiempo real, representa una solución novedosa para el control de convertidores de potencia y accionamientos eléctricos, abriendo interesantes perspectivas para su desarrollo futuro.

René Vargas B.