



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE ASUNCIÓN
**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

TESIS DE MAESTRÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ingeniería
Laboratorio de Sistemas de Potencia y Control
Maestría en Ingeniería Electrónica
énfasis en Electrónica de Potencia

**ANÁLISIS DE ALGORITMOS DE CONTROL PREDICTIVO BASADO
EN EL MODELO APLICADO AL ACCIONAMIENTO HEXAFÁSICO**

Magno Elias Ayala Silva
Autor

Nombre del Tutor
Raúl Igmar Gregor Recalde

Nombre del cotutor
Jorge Esteban Rodas Benítez

Nombre del cotutor internacional
Jesús Doval-Gandoy

2017

RESUMEN

Las máquinas multifásicas (mayor a tres fases) se han vuelto ampliamente reconocidas como alternativa a los típicos esquemas trifásicos en numerosas aplicaciones en donde se requieren alta fiabilidad y la posibilidad de funcionar en post-falta, como es el caso de los sistemas de tracción para aplicaciones industriales y propulsión de vehículos eléctricos, trenes y navíos, así como sistemas de energía eléctrica, como la cólica. Las estrategias de control aplicadas a máquinas eléctricas, particularmente multifásicas, han evolucionado en los últimos años, desde la extensión de los métodos de control escalar, vectorial y control directo de par, utilizados en las máquinas trifásicas, a métodos más sofisticados, tales como los controles no lineales, como el control predictivo. El concepto del control predictivo se basa en la predicción o cálculo del comportamiento futuro del sistema, pudiéndose utilizar dicha información para obtener los valores óptimos de esfuerzos de control que minimizan una función de costo o reducen el error de una determinada variable del sistema. La ejecución del algoritmo del controlador predictivo se basa en tres pasos: 1) estimación de las variables no medibles por medio de un observador, 2) predicción del comportamiento futuro de los estados del sistema y 3) optimización de las salidas, de acuerdo a las restricciones impuestas como consigna de control. El control predictivo presenta ciertas ventajas en su implementación, como la facilidad de aplicación

a numerosos sistemas, una fácil compensación del tiempo muerto, entre otros. Además, la aplicación del control predictivo a máquinas de inducción asimétricas hexafásicas, por medio de convertidores electrónicos de potencia, tiene un comportamiento en la salida del tipo discreto, por ello se plantea una etapa de modulación para optimizar el comportamiento del sistema, considerando a la distorsión armónica total, la frecuencia de conmutación variable y el error cuadrático medio entre la referencia y la medición de las variables a controlar como puntos a mejorar en el control predictivo.

Esta Tesis realiza dos contribuciones al estado del arte del control predictivo de corriente aplicado a la máquina de inducción asimétrica hexafásica, tomando como punto de partida la estimación de parámetros no medibles, es decir, se centra en la aplicación de estimadores on-line de variables rotóricas (corrientes del rotor) en el control predictivo de corriente en convertidores electrónicos de potencia conectados a máquinas de inducción asimétricas hexafásicas mediante etapas finales de modulación. Teniendo en cuenta esto, se realiza un análisis comparativo de la eficiencia a partir de dos algoritmos de control predictivo de corriente, con un observador de estado basado en el filtro de Kalman y dos técnicas de modulación a las que se denominan M1 y M2 aplicada en la etapa final del controlador, para optimizar el funcionamiento del control predictivo. Los resultados obtenidos, teniendo en cuenta la eficiencia, son comparados entre sí, mediante un análisis cuantitativo.

Una contribución complementaria realizada en la presente Tesis corresponde a un estudio exhaustivo del modelo matemático de la máquina de inducción asimétrica hexafásica como modo generador aplicado a generación eólica. Se realiza un estudio del estado del arte del modelo matemático, teniendo en cuenta las variables físicas de la máquina y se realizan pruebas con distintas situaciones de trabajo para el generador asimétrico hexafásico. Al final, se obtiene un modelo matemático preciso de dicho generador.

Los aportes han sido analizados teóricamente mediante simulaciones para el accionamiento de MIAH. Así mismo, se ha realizado la validación experimental de las técnicas propuestas.

MAGNO ELIAS AYALA SILVA

Agosto, 2017. San Lorenzo, Paraguay.