

ESTIMACIÓN DE VARIABLES ROTÓRICAS EN CONTROLADORES PREDICTIVOS

Jorge Esteban Rodas Benítez, Ph.D. Ing.

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Asunción

Programa de Vinculación de Científicos y Tecnólogos - Convocatoria 2015

RESUMEN

Predictive current control has been recently proposed like an alternative to conventional PI-PWM current control techniques. Implemented solutions are based on inaccurate estimation of the rotor electrical variables to reduce the computational cost of the method. In this work, the utility and computational cost of predictive current control with different methods for the on-line estimation of the rotor variables are studied. Experimental results are provided to characterize the obtained benefits and drawbacks, using a five-phase induction machine as a case example.

INTRODUCCIÓN

Las máquinas multifásicas (más de tres fases) son ampliamente reconocidas como una alternativa al convencional esquema trifásico en un gran número de aplicaciones en donde se requieren elevada fiabilidad e incluso la posibilidad de seguir funcionando en presencia de fallas, como es el caso de los sistemas de tracción y propulsión de vehículos eléctricos, trenes y navíos, así como sistemas eléctricos de generación eólica.

Los avances en las estrategias de control de las máquinas multifásicas han evolucionado desde la extensión de los métodos de control vectorial y control directo de par, utilizados en las máquinas trifásicas, a métodos más sofisticados, tales como el control predictivo.

El concepto del control predictivo se basa en el cálculo del comportamiento futuro del sistema, de tal forma a utilizar dicha información para calcular los valores óptimos que minimizan una función de costo. La ejecución del algoritmo del controlador predictivo se basa en tres pasos: *estimación* de las variables no medibles, *predicción* del comportamiento futuro de los estados del sistema, y *optimización* de las salidas, de acuerdo a las restricciones impuestas como consigna de control. El control predictivo aplicado a las máquinas multifásicas utilizan, en su gran mayoría, las corrientes del estator y del rotor como variables de estado. Puesto que las corrientes del rotor son estados no medibles, éstas deben ser estimadas.

La principal aportación de esta trabajo se centra en la aplicación de estimadores on-line de variables rotóricas (corrientes del rotor) en el control predictivo de corriente en variadores de velocidad de máquinas de inducción multifásicas. En este contexto, se realiza un análisis comparativo de la eficiencia a partir de dos algoritmos de control predictivo de corriente (PCC, del inglés predictive current control), el PCC basado en el observador de Luenberger, y el PCC basado en la estimación óptima (filtro de Kalman), los resultados obtenidos son comparados con técnicas convencionales en las cuales la corriente del rotor es estimada a partir de las ecuaciones dinámicas del accionamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las aportaciones han sido evaluadas mediante simulaciones sobre dos tipos de accionamientos multifásicos, de seis y cinco fases, y posteriormente validadas mediante resultados experimentales los cuales han sido obtenidos sobre el accionamiento de cinco fases (ver Figura 1.)

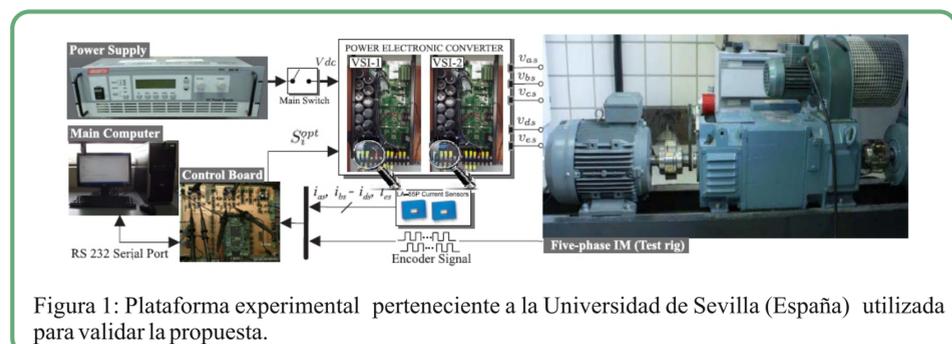


Figura 1: Plataforma experimental perteneciente a la Universidad de Sevilla (España) utilizada para validar la propuesta.

RESULTADOS

En la Figura 2 se observa el comportamiento del PCC propuesto en régimen transitorio. En el mismo se observa un excelente seguimiento de la referencia de corriente que puede concluirse debido al bajo valor del error cuadrático medio obtenido entre la corriente de referencia y medida (0,0918 A). Más detalles de los resultados obtenidos pueden consultarse en [1, 2].

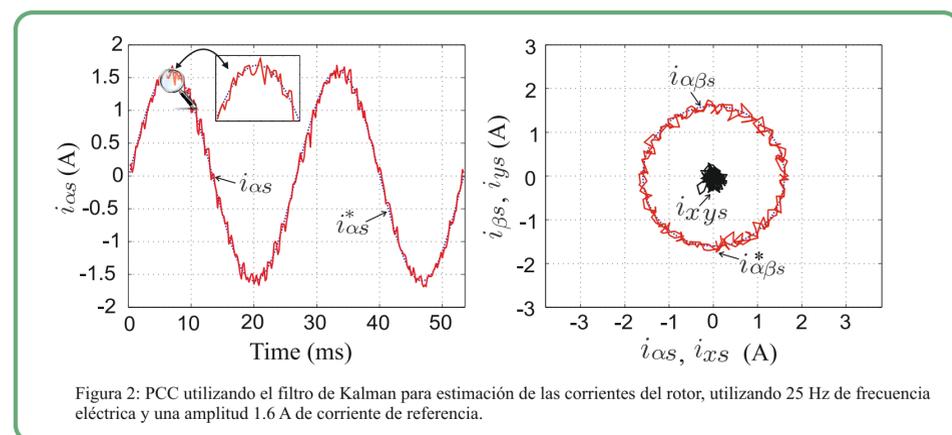


Figura 2: PCC utilizando el filtro de Kalman para estimación de las corrientes del rotor, utilizando 25 Hz de frecuencia eléctrica y una amplitud 1.6 A de corriente de referencia.

CONCLUSIONES

This work addresses for the first time the interest of using estimation methods for the rotor state variables in predictive current controllers. A five-phase IM drive is used as case study since it provides a challenging scenario. Two different estimation methods have been used: KF and LO, and the resulting controllers have been compared with the standard PCC approach. The KF has been tuned using a covariance estimation method while a root locus analysis was applied with LO. The obtained experimental results show that the system performance is improved using rotor state (rotor currents) estimations, which can be relevant in the development of high-performance motor drives because the added computational cost is manageable for modern microelectronic devices.

PUBLICACIONES OBTENIDAS

- [1] **J. Rodas**, F. Barrero, M.R. Arahal, C. Martín, R. Gregor, "On-Line Estimation of Rotor Variables in Predictive Current Controllers: a Case Study using Five-Phase Induction Machines," *IEEE Transactions on Industrial Electronics* (JCR-2014: 6.498). DOI: [10.1109/TIE.2016.2559420](https://doi.org/10.1109/TIE.2016.2559420)
- [2] **J. Rodas**, C. Martín, M.R. Arahal, F. Barrero, R. Gregor, "Influence of Covariance-Based ALS Methods in the Performance of Predictive Controllers with Rotor Current Estimation," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, (versión R2 bajo evaluación), (JCR-2014: 6.498).
- [3] **J. Rodas**, H. Guzmán, R. Gregor, F. Barrero, "Model Predictive Current Controller using Kalman Filter for Fault-Tolerant Five-Phase Wind Energy Conversion Systems," *7th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems: PEDG 2016*, Vancouver, Canadá, 27-30 junio, 2016.
- [4] R. Gregor, **J. Rodas**, J. Muñoz, D. Gregor, M. Ayala, O. González, "Predictive-Fixed Switching Frequency Technique for 5-Phase Induction Motor Drives," *23rd International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion: SPEEDAM 2016*, Capri, Italia, 22-24 junio, 2016.

AGRADECIMIENTOS

A Jorge Rodas le gustaría agradecer al Gobierno Paraguayo por el apoyo económico otorgando mediante el Conacyt gracias a la estancia de investigación bajo el "Programa de Vinculación de Científicos y Tecnólogos", PROCIENCIA, con referencia PVCT 15-13 (Convocatoria 2015) y mediante el proyecto de investigación 14-INV-101.