

DELECTO.0619.2014
14 de Noviembre de 2014.

DR. LUIS ENRIQUE NORENA FRANCO
PRESIDENTE DEL CONSEJO DIVISIONAL DE
CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERIA
PRESENTE.

Por medio del presente solicito a usted se someta a consideración del Consejo Divisional que usted preside la prórroga hasta por 12 meses del proyecto de investigación: **"ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONTROLADORES PARA MOTORES ELÉCTRICOS"** cuyo responsable es el Dr. Jesús Ulises Liceaga Castro; el objetivo de solicitar esta prórroga consiste en brindarle a los participantes del proyecto la oportunidad de concluir las metas establecidas en la propuesta original del proyecto de investigación.

Las metas incluidas en la propuesta del proyecto de investigación original que aún no se han alcanzado, así como el porcentaje de avance, se detallan a continuación:

METAS AÚN NO CONCLUIDAS:

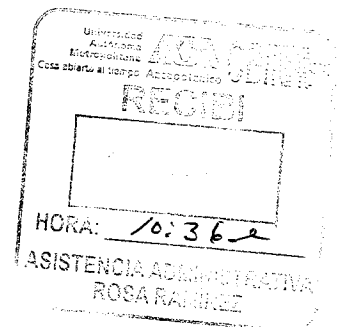
1. **Generar una línea de conocimiento en la investigación del control de motores de corriente alterna (CA) y de corriente directa (CD) con el fin de desarrollar estrategias de control que permitan operar este tipo de máquinas eléctricas de tal forma que satisfagan requerimientos de operación industriales;** para lograr este objetivo, los participantes del proyecto analizaron tres tipos de motores:
 - a. **Motores de trifásicos de CA;** en esta temática, únicamente les falta un 10% para alcanzar completamente sus metas; y esto tiene que ver con la implementación observadores no lineales para los flujos magnéticos y su control por medio de un sistema eléctrico con el objetivo de estimar y controlar la potencia media que este tipo de motores pueden entregar.
 - b. Respecto a los **motores de Reluctancia Variable de 4 fases**, aún falta un 50% para alcanzar las metas y eso está relacionado con la finalización del prototipo que permita corroborar experimentalmente tanto el modelo matemático como los algoritmos de control que en simulación han demostrado buenos resultados.
 - c. Para el caso del control de Motores Universales conectados en Serie, únicamente falta un 20% para completar la meta de terminar las pruebas en tiempo real de los esquemas de control de velocidad desarrollados.

Sin más par el momento, me reitero a sus órdenes y le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Casa abierta al Tiempo"

M. en C. Roberto A. Alcántara Ramírez
Jefe del Departamento de Electrónica



04 de noviembre de 2014

M. en C. Roberto A. Alcántara Ramírez.
Jefe del Depto. de Electrónica
Presente

Por este conducto le solicito se sirva realizar los trámites necesarios para solicitar prórroga para el proyecto de investigación denominado: "ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONTROLADORES PARA MOTORES ELÉCTRICOS" contemplado en los "Criterios y lineamientos para la presentación, aprobación y evaluación de proyectos de investigación que se sometan al Consejo Divisional de CBI de la Unidad Azcapotzalco" y del cual soy responsable.

Para esto anexo a la presente le envío la justificación en la cual señalo la razón por la cual se solicita dicha prórroga, así como el grado de avance de cada una de las metas propuestas.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.



Dr. Jesús Ulises Liceaga Castro.
Responsable del Proyecto de Investigación.



SOLICITUD DE PRORROGA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS Y DISEÑO DE CONTROLADORES PARA MOTORES ELÉCTRICOS

El proyecto de "Análisis y Diseño de Controladores para Motores Eléctricos" tiene como objetivo general el generar una línea de conocimiento en la investigación del control de motores de corriente alterna (CA) y de corriente directa (CD) con el fin de desarrollar estrategias de control que permitan operar este tipo de máquinas eléctricas de tal forma que satisfagan requerimientos de operación industriales, tanto para el control de velocidad como para el de posición (servo-actuadores), que garanticen condiciones de robustez y desempeño.

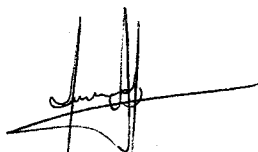
Para la consecución de estos objetivos se analizaron 3 tipos de máquinas eléctricas o motores eléctricos: Motores trifásicos de CA tipo jaula de ardilla, Motores de Reluctancia Variable de 4 fases y Motores Universales conectados en Serie.

- En el caso de los motores de trifásicos de CA se realizó un análisis de las características multivariantes del subsistema eléctrico aplicando la metodología de análisis y diseño para sistemas multivariantes conocida como Análisis y Diseño por Canal Individual (ICAD por sus siglas en inglés), lo cual permitió determinar los requerimientos de estabilidad, desempeño y robustez que permiten la implementación de los controladores industriales más comunes (IFOC), facilitando el diseño de los controles necesarios para el subsistema mecánico (controles de posición y velocidad). Los resultados obtenidos se publicaron en 2 artículos de revistas internacionales indizadas [1,2], uno de revista internacional arbitrada [3] y un artículo de congreso internacional arbitrado [4].
- Con respecto a los motores de Reluctancia Variable de 4 fases, se obtuvo un modelo el cual fue validado en pruebas de simulación digital, y que permitió diseñar un esquema de control de velocidad aplicando estrategias de control no lineal. Sin embargo, estos resultados se encuentran a nivel de simulación digital. Los resultados obtenidos se publicaron y presentaron en 2 congresos internacionales arbitrados [5,6].
- Para el control de Motores Universales conectados en Serie, se analizaron 2 estrategias para el control de velocidad: Control Predictivo Generalizado No lineal, Controles tipo PI clásicos con Observadores de Perturbaciones. Así mismo, se construyó un banco de pruebas para este tipo de motores. Los resultados de esta investigación fueron publicados en un artículo de revista internacional arbitrada [7] y un artículo de congreso internacional arbitrado [8].

A pesar de que se han cumplido los objetivos generales del proyecto, aún quedan por concluir los siguientes puntos, razón por la que se solicita una prórroga para el proyecto:

- Para el control de motores trifásicos de CA, actualmente se está trabajando en un procedimiento que permita estimar y controlar la potencia media que este tipo de motores pueden entregar, sin la necesidad de utilizar torquímetros. Éste es un problema muy recurrente a nivel industrial. Lo anterior requiere el diseñar observadores no lineales para los flujos magnéticos y su control por medio del subsistema eléctrico. Así mismo, se está terminado de construir un banco de pruebas que permitan el desarrollo de pruebas operativas en tiempo real.
- Para los motores de Reluctancia Variable se está construyendo el inversor y banco de pruebas que permitirá realizar pruebas en tiempo real, así como extender los resultados al control de posición.
- Para el control de Motores Universales conectados en serie aún faltan por terminar las pruebas en tiempo real de los esquemas de control de velocidad y analizar y diseñar controladores de posición. Para esto último, se aplicarán controles de estructura variable (Modos Deslizantes) y Controles Clásicos de alta ganancia con doble integración.

- [1] *Speed and Position Controllers Using Indirect Field-Oriented Control: A Classical Control approach*. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 61, NO. 4, APRIL 2014
- [2] *The Structural Robustness of the Induction Motor Stator Currents Subsystem*. Asian Journal of Control, Vol. 16, No. 5, pp. 1–14, November 2014
- [3] *Structural Robustness Assessment of Electric Machine Applications Using Individual Channel Analysis and Design*. CYBERNETICS AND PHYSICS, VOL. 2, NO. 2, 2013, 108–118
- [4] *Structural Robustness of Electric Machine Applications Using the ICAD Framework*. PHYSCON 2013, San Luis Potosí, México, 26–29th August, 2013
- [5] *Modeling and Simulation of a 4 Phases Variable Reluctance Motor*. 16th International Conference on System Theory and Control Joint Conference SINTES 16, SACCS 12, IMSIS 16 Sinaia, Romania, October 12 - 14, 2012
- [6] *Speed Control of a 4 Phases Variable Reluctance Motor*. 4th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering ISEEE 2013, Galati, Romania, October 11 - 13, 2013
- [7] *Information and Communication Technologies Applications in Control Theory Courses. Case of study: Speed Control*. Proceedings of the 11th International Conference on Circuits, systems, Electronics, Control & signal Processing (CSECS' 12). Montreux, switzerland, December, 29-31, 2012
- [8] *Case of Study for Classical Control Theory Course Using Information and Communication Technologies*. INTERNATIONAL JOURNAL OF EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES Issue 2, Volume 7, 2013



Dr. Jesús Ulises Liceaga Castro.
Responsable del Proyecto de Investigación.