

Desarrollo de un Laboratorio Integral Virtual y Remoto para la Enseñanza de Arranques de las Máquinas Asíncronas

J. Fraile-Ardanuy, *Senior Member, IEEE*, P. A. García-Gutiérrez, C. Gordillo-Iracheta y J. Maroto-Reques

Title—Development of an integrated virtual/remote lab for teaching asynchronous machine starting methods.

Abstract—This paper presents the development of an integrated virtual/remote lab for teaching induction motor starting methods used in the Civil Engineering School at the Technical University of Madrid (UPM).

Index Terms—AC motor, engineering education, remote lab, starting methods.

I. INTRODUCCIÓN

LA Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid es una de las Escuelas de Ingeniería más antiguas de España con más de 200 años de historia. Hasta la entrada de los nuevos planes de estudio adaptados al plan Bolonia en septiembre de 2010, la titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos sólo tenía tres cursos relacionados directamente con la ingeniería eléctrica: *Electrotecnia*, *Sistemas Eléctricos de Potencia* e *Instalaciones Eléctricas* en un plan de estudios singular de 6 años (plan 83). El nuevo plan de estudios de grado, Ingeniero Civil y Territorial, sólo tiene una asignatura eléctrica: *Electrotecnia* mientras que las asignaturas de los estudios de máster en Ingeniería de Caminos todavía están en desarrollo y pendientes de aprobación por parte de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA).

La actual asignatura de *Electrotecnia* es obligatoria y se imparte en tercer curso. Su temario contempla una introducción a las ecuaciones de Maxwell (electromagnetismo), circuitos eléctricos en régimen permanente (en corriente continua, corriente alterna monofásica y trifásica), introducción a los circuitos magnéticos, teoría general de máquinas eléctricas, transformador, máquina asíncrona, líneas y alumbrado. Se dispone de 96 horas de teoría y 10 horas de prácticas de laboratorio. Esta asignatura es cursada por unos 350

alumnos cada año, la mayoría de los cuales no volverá a tener una formación posterior en ingeniería eléctrica a excepción de aquellos que escojan, en quinto curso, la especialidad de *Hidráulica y Energética*.

En general, la mayor parte de los alumnos de ingeniería civil no tienen una motivación específica para estudiar asignaturas del área eléctrica, aunque son conscientes de su importancia posterior, cuando estén ejerciendo como profesionales. Durante varios años observamos que los alumnos que asistían al laboratorio para realizar las prácticas de máquinas eléctricas tenían algunas dificultades a la hora de comprender el objetivo de la práctica y relacionar la información presentada en clase con los aparatos del laboratorio. Por ello, en el curso 2007-2008, se desarrolló un interface gráfico multimedia (*Graphical User Interface*, GUI) basado en MATLAB® que permitía al alumno estudiar el transformador y la máquina asíncrona [1], [2]. Estas herramientas multimedia contienen la teoría, vídeos grabados en el laboratorio y ejemplos de simulación con ordenador, todo integrado bajo una misma plataforma software. Además y teniendo en cuenta los comentarios de los alumnos, en el curso 2009-2010 se hizo un trabajo muy importante de actualización y mejora de todas las prácticas de laboratorio, que habían permanecido sin modificaciones significativas casi 20 años [3].

En el curso académico actual (2011-2012), van a coincidir a partir del segundo semestre, estudiantes de los dos planes de estudio (plan 83 y el nuevo plan de Bolonia) y por tanto el número de alumnos que cursarán la asignatura se duplicará, con la dificultad de gestionar adecuadamente las horas y el espacio físico para realizar las prácticas de laboratorio.

Teniendo en cuenta esta limitación espacio-temporal, los autores han desarrollado un laboratorio virtual-remoto que cubre los métodos de arranque de los motores de inducción trifásicos a través de la web. Esta nueva herramienta permite al alumno estudiar conceptos generales relacionados con los arranques de las máquinas asíncronas tales como el arranque directo, estrella-triángulo y mediante reguladores de frecuencia.

El presente artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección II se presenta un breve resumen de los métodos de arranque explicados en el sistema experimental. En la sección III se muestra el laboratorio virtual y cómo se llevan a cabo las simulaciones por parte del alumno. La sección IV explica el sistema de laboratorio remoto. En la siguiente sección se describe el laboratorio remoto y en la

J. Fraile-Ardanuy está en el Dpto. De Tecnologías Especiales Aplicadas a la Telecomunicación (TEAT). ETSI Telecomunicación, Avda. Complutense, 30, 28040 Madrid (España). (Telf: 91 549 57 00 – ext. 2328); fax: 91 336 72 78; e-mail: jesus.fraile.ardanuy@upm.es.

P. A. García-Gutiérrez, C. Gordillo-Iracheta y J. Maroto-Reques pertenecen al Dpto. de Ingeniería Civil: Hidráulica y Energética de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos. c/ Profesor Aranguren s/n, 28040 Madrid (España). (Telf: 91 336 67 15; fax: 91 336 67 72; e-mail: pgar@caminos.upm.es; ciracheta@caminos.upm.es; jesus.maroto@upm.es)

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

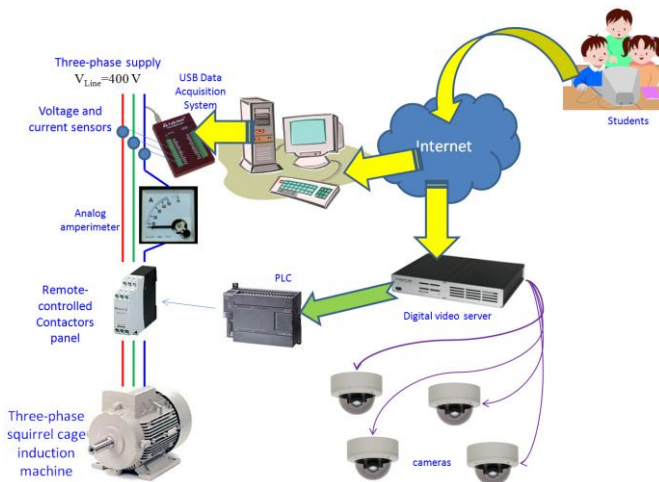


Fig. 1. Diagrama de bloques del sistema

última sección se comentan las principales conclusiones del trabajo.

II. MÉTODOS DE ARRANQUE DE LAS MÁQUINAS ASÍNCRONAS TRIFÁSICAS

El proceso de arranque de una máquina asíncrona va acompañado de un consumo elevado de corriente. Por ello, existen distintos métodos de puesta en marcha que permiten reducir esa sobre-intensidad. Es muy importante que el alumno comprenda bien las ventajas (e inconvenientes) de cada uno de estos métodos a través de las clases teóricas primero y luego de su refuerzo práctico en el laboratorio.

El método de arranque directo es el método más sencillo, con el coste de implementación más bajo, pero es el que presenta mayores inconvenientes. La corriente de arranque en este caso es entre 4 y 7 veces la corriente asignada y, si el motor está alimentado a través de una red débil, puede producirse una caída de tensión significativa en la misma que afecten a otras cargas conectadas.

El arranque estrella-triángulo ($Y-\Delta$) es un método electromecánico que permite un arranque con menor sobre-intensidad. Sólo puede utilizarse en motores que estén preparados para operar en triángulo con la tensión de red y la maniobra consiste en conectar inicialmente la máquina en estrella en el momento del arranque y conmutar a una conexión en triángulo cuando la máquina ya se ha acelerado. En el momento de la puesta en marcha, se aplica una tensión por fase de una magnitud $1/\sqrt{3}$ de la tensión asignada. De esta forma se reduce la corriente absorbida durante la maniobra, a costa de reducir en $1/3$ el par en el arranque nominal.

Los dos métodos anteriores son métodos electromecánicos que se realizan mediante un conjunto de contactores cableados. En la actualidad estos métodos van quedándose obsoletos y la nueva maquinaria dispone de accionamientos eléctricos que permiten disponer del par máximo en el arranque con sobre intensidades entre 0.3 y 1.5 de la corriente nominal. Este tipo de dispositivos son mucho más eficientes y permiten un mayor control del arranque, ajustando la aceleración de la máquina, aumentando su duración de vida y evitando arranques sacudidos de par. Los mayores inconvenientes vienen relacionados con el precio de estos dispositivos y la

posibilidad de generar armónicos en la red debido a la rápida conmutación de los dispositivos semiconductores [4].

III. DESCRIPCIÓN DEL LABORATORIO REMOTO

Todos los estudiantes de la asignatura de *Electrotecnia* deben realizar estos tres arranques en la misma sesión del laboratorio, independientemente de si asisten presencialmente al mismo o acceden al experimento de forma remota.

Uno de los principales objetivos del desarrollo inicial consistía en utilizar la mayor parte de los equipos existentes en el laboratorio, evitando adquirir nuevos equipos. Es por ello, que este sistema se ha desarrollado alrededor de las máquinas y paneles actualmente disponibles. En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del laboratorio remoto y en la figura 2 una fotografía con los principales componentes identificados.

El sistema consta de una máquina asíncrona trifásica con rotor en jaula de ardilla (230-400 V) de 0.37 kW y un panel de contactores controlados a través de un autómata programable (*Programmable Logic Controller, PLC*). El variador de frecuencia se selecciona a través de un contactor externo que no se muestra en la figura 1. La conexión del motor puede ser directamente a la red a través de los paneles de contactores o bien a través del variador de frecuencia.

El autómata está conectado a su vez a un servidor de vídeo digital. Este servidor-grabador permite visualizar y grabar secuencias de vídeo desde cámaras analógicas locales o de cámaras digitales conectadas a una red IP hasta un número máximo de 4 [5].

Estas cámaras se montaron sobre unos bastidores de madera y se pusieron enfocando a las partes significativas del sistema (la máquina asíncrona, el autómata, los contactores y el amperímetro analógico). Las cámaras se han destacado en la figura 2 mediante unas elipses blancas.

El servidor de vídeo dispone también de 4 entradas y una salida de audio que permite establecer una comunicación bidireccional entre los estudiantes remotos y las personas que están en el laboratorio en ese momento. El servidor está dotado de 4 salidas digitales cuyo control puede realizarse de forma remota a través de la página web del curso. Estas salidas digitales están conectadas, a su vez, a las entradas digitales del autómata. El autómata está programado con tres subrutinas, cada una de las cuales permite activar uno de los tres métodos de arranque.

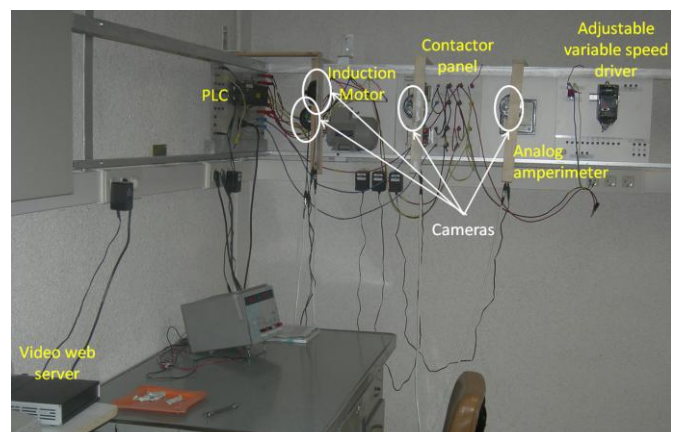


Fig. 2. Montaje de los equipos en el laboratorio



Fig. 3. Página web con la sección de teoría

Se ha incluido también un sistema de adquisición de datos que mide la tensión de fase y la corriente absorbida por la máquina y se conecta, mediante un puerto USB, al ordenador [6]. De esta forma, es posible medir la forma de onda de la señal durante el arranque.

IV. LABORATORIO VIRTUAL

Antes de realizar ningún experimento de forma remota, es muy importante asegurarse que los estudiantes han comprendido bien todos los aspectos teóricos relacionados con la máquina asíncrona. Para ello, los alumnos remotos pueden acceder a un pequeño tutorial a través de la web que permite repasar los conceptos más importantes (ver figura 3).

En esta misma página se explica los procedimientos a seguir durante la práctica, el diagrama de contactos de los montajes electromecánicos (arranque directo y Y-Δ), etc.

Una vez que los estudiantes han realizado el repaso de la teoría, están preparados para descargar los ficheros del laboratorio virtual.

A. El Laboratorio Virtual y el Interface Gráfico

Para completar el hueco de conocimiento entre la teoría y el laboratorio, los estudiantes utilizarán el laboratorio virtual para familiarizarse con los modos de operación de la



Fig. 4. Interface de usuario. Página inicial

máquina asíncrona y los métodos de arranque. Este laboratorio virtual consiste en una serie de ficheros de MATLAB/Simulink® que permiten simular el comportamiento de la máquina y realizar todos los procedimientos que se llevarán a cabo posteriormente en el laboratorio.

Para ello se ha desarrollado un interface gráfico de usuario (GUI) con MATLAB con un menú inicial (mostrado en la figura 4). Desde esta pantalla, el estudiante puede acceder a los distintos experimentos, seleccionando la opción deseada y abriendo unos nuevos ficheros Simulink que permiten al alumno modificar multitud de parámetros, desde la tensión de alimentación, como los parámetros fundamentales del motor y de la carga.

Este laboratorio virtual está estructurado en tres partes: la primera, denominada *Ensayo Motor*, permite realizar los ensayos para determinar los parámetros del circuito equivalente de la máquina: ensayo en corriente continua, ensayo en vacío o rotor libre y en cortocircuito o con rotor bloqueado [2], [8].

Posteriormente, los alumnos pueden acceder a la sección de *Arranques* para seleccionar el método de arranque que se quiere llevar a cabo: directo, Y-Δ y con variador de frecuencia. Durante la simulación los alumnos pueden visualizar el valor real de la corriente mediante la función *Scope* de MATLAB o su valor eficaz. También pueden medir otras magnitudes físicas como la potencia activa y reactiva, la velocidad de giro del motor y el par electromagnético.

Por último, en el bloque *Funcionamiento Carga*, el alumno puede analizar el comportamiento del motor frente a distintos tipos de carga: par constante (como el par mecánico ofrecido por un puente de grúa) y pares cuadráticos (como los ofrecidos por las bombas centrífugas). La figura 5 muestra el fichero Simulink con esta aplicación.

La descripción de este laboratorio virtual puede verse con más detalle en la referencia previa [2].

V. LABORATORIO REMOTO

Los estudiantes que realicen la práctica de forma remota pueden realizar dicha práctica de la misma forma que si estuviesen en el laboratorio e incluso obtener medidas eléctricas más completas que las obtenidas por sus

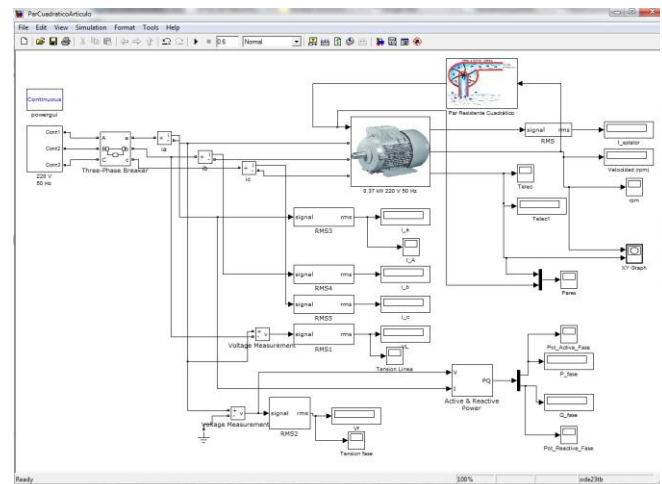


Fig. 5. Carga con par cuadrático

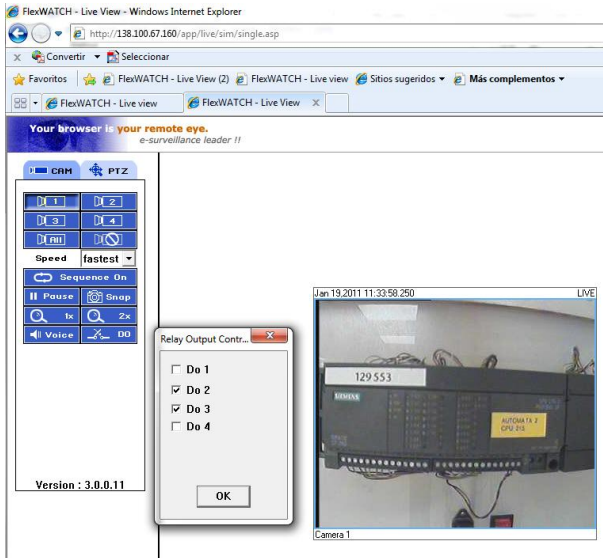


Fig. 6. Interface gráfico inicial del laboratorio remoto

compañeros presenciales (que sólo disponen de aparatos de medida analógicos mucho menos precisos).

Los estudiantes comienzan accediendo al laboratorio remoto a través de la plataforma Moodle de la Universidad Politécnica de Madrid, identificándose con su login y su contraseña. Desde el curso de *Electrotecnia* de Moodle se enlaza a una página web como la mostrada en la figura 6.

La primera acción que debe realizar el estudiante remoto consiste en asegurarse de que no existen otros estudiantes presenciales realizando la práctica en ese mismo momento. Para ello, pulsando la etiqueta *TAB* y haciendo doble-click sobre el botón *Voice*, se activa el micrófono y los altavoces del equipo, permitiendo la comunicación bidireccional entre el ordenador del alumno remoto y el laboratorio.

Los estudiantes pueden escoger la imagen de vídeo de cualquiera de las cuatro cámaras disponibles a través de los botones 1, 2, 3 y 4 o bien pueden visualizar las cuatro cámaras en la misma pantalla a la vez, seleccionando la opción *All*.

Para comenzar a realizar los distintos arranques, el estudiante debe introducir un determinado código binario, recogido en la Tabla I. Para ello, deben hacer doble click sobre el botón *DO* (*digital output*, salidas digitales) y en ese momento aparece una nueva ventana emergente denominada ventana de control de relés o (*Relay Output Control, ROC*). Los dos primeros bits de este registro (Do1 y Do2) permiten desactivar o activar el procedimiento de puesta en marcha, mientras que con los otros dos bits disponibles (Do3 y Do4) se escoge el método de arranque deseado según la tabla I.

TABLA I

COMBINACIONES POSIBLES DEL REGISTRO				
Do1	Do2	Do3	Do4	Método de arranque
1	X	X	X	PARADA
0	1	0	0	Arranque directo (conexión estrella)
0	1	0	1	Arranque directo (conexión triángulo)
0	1	1	0	Arranque Y-Δ
0	1	1	1	Arranque con variador



Fig. 7. Nuevo interface gráfico para el acceso al laboratorio remoto

Esta cadena binaria se envía desde la salida digital del servidor de vídeo a las entradas digitales del autómata programable. Éste se ha programado para realizar automáticamente la subrutina de activación del método de arranque seleccionado al recibir la cadena binaria adecuada. Así, cuando se envía una secuencia 0100 al autómata, éste activa el contactor de estrella (que conecta al motor en estrella) y el contactor principal durante 3 segundos. Después, se desconecta el contactor de estrella durante 30 ms y posteriormente se conecta el contactor de triángulo, conectando la máquina finalmente en triángulo. De esta forma, el equipo permite realizar de forma autónoma un arranque estrella-triángulo. Finalmente, si el autómata detecta una cadena 0111, se conecta el variador de frecuencia y, mediante una rampa de aceleración pre-programada, el motor se acelera desde velocidad cero a la velocidad nominal en 5 segundos.

Uno de los primeros aspectos que los alumnos criticaron al utilizar esta plataforma fue la necesidad de tener que introducir la cadena binaria de control, puesto que hacía que el manejo de la herramienta fuese poco intuitivo. Por ello, el sistema se modificó, realizando una nueva página web (mostrada en la figura 7) mucho más atractiva que la original (fig. 6) donde el alumno podía acceder a toda la información de forma integral: teoría, laboratorio virtual y laboratorio remoto.

En la etiqueta *Cámara*, los estudiantes pueden seleccionar fácilmente la vista de cámara deseada y conectar y desconectar la comunicación bidireccional de audio con el laboratorio.

Bajo la etiqueta de *Control* el alumno escoge el método de puesta en marcha. Cuando el bit de arranque (Do2) es igual a 1, el sistema de adquisición de datos se activa y comienza a muestrear la tensión y la corriente de fase. La captura de datos finaliza cuando se activa el bit de parada (Do1). Los datos muestreados se almacenan en una base de datos en la nube [6], permitiendo acceder a ella a través de una clave compartida, desde cualquier navegador y con un ordenador con conexión a internet. En la figura 8 se muestra la tensión inicial aplicada al motor durante una maniobra de arranque estrella-triángulo.



Fig. 8. Datos eléctricos registrados. Tensión.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un laboratorio virtual-remoto para la enseñanza de los métodos de arranque de los motores de inducción. Se ha desarrollado como complemento a las prácticas de laboratorio de la asignatura de *Electrotecnia* del plan de estudios 83 (todavía vigente en la actualidad) en el tercer curso de la titulación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en la Universidad Politécnica de Madrid.

Esta plataforma integral permite a los estudiantes repasar los conceptos teóricos básicos sin necesidad de otros libros de apoyo o manuales. Posteriormente, el alumno puede adquirir nuevas destrezas a través de modelos matemáticos de máquinas asíncronas modelados mediante MATLAB/Simulink®, de forma que se familiarice con su comportamiento. Estos modelos de simulación están plenamente integrados en el curso y complementan tanto las clases teóricas del aula como las prácticas que se realizarán posteriormente en el laboratorio.

Por último, los estudiantes pueden realizar la práctica de laboratorio de forma presencial o de forma remota, evitando desplazarse hasta la Universidad. Los estudiantes pueden elegir el método de arranque que se ejecutará en el sistema y comprobar cómo varía la intensidad absorbida durante la maniobra. Para ello, el experimento está completamente monitorizado con cuatro cámaras de vídeo y un sistema de adquisición de datos que se encarga de medir la tensión y la corriente de fase del motor. De esta forma, el alumno tiene una realimentación visual inmediata de la aceleración del motor y de la corriente absorbida (a través del movimiento de la aguja del amperímetro analógico situado en el laboratorio).

Al finalizar el experimento, el estudiante puede acceder a la información de las principales medidas eléctricas, que se han ido registrando durante el mismo.

Esta plataforma ha sido probada inicialmente por un grupo de prácticas (15 estudiantes) durante el curso 2009-2010 y con sus comentarios se modificó notablemente durante el curso 2010-2011, mejorando la interface gráfica con el usuario.

Con la coincidencia durante este segundo semestre del curso académico 2011-2012 de dos cursos a la vez (uno de la titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos del plan 83 y el otro de la titulación de grado de Ingeniero Civil y Territorial del nuevo plan de Bolonia), se pretende utilizar esta plataforma para descongestionar el laboratorio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer Vicerrectorado de Ordenación Académica y Planificación Estratégica de la Universidad Politécnica de Madrid la financiación recibida, a través del programa propio de Proyectos de Innovación Educativa 2009-2010, para la puesta en marcha del proyecto titulado: “Laboratorio Remoto de Máquinas Eléctricas (IE09042090)” mediante el cual se ha llevado desarrollado esta plataforma.

Una versión previa de este artículo fue premiado como mejor artículo en su sesión en el congreso II Conferencia Internacional de Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería, FINTDI 2011.

REFERENCIAS

- [1] J. Fraile-Ardanuy, P. García-Gutiérrez, J. I. Pérez and J. Fraile-Mora, “Improving Understanding of Single Phase Transformer Behaviour through a Multimedia tool,” *Int. J. of Electrical Engineering Education*, vol.46, n. 1, pp. 74-86, January 2009.
- [2] J. Fraile-Ardanuy, “Estudio del comportamiento de la máquina asíncrona utilizando MATLAB®/Simulink,” *Revista Iberoamericana de Tecnologías de Aprendizaje RITA-IEEE*, vol.2, n. 1, pp. 9-18, Mayo 2007.
- [3] J. Fraile-Mora, P. A. García-Gutiérrez, J. Fraile-Ardanuy, “Prácticas de Electrotecnia”, Servicio de Publicaciones de la ETSICCP, 2010.
- [4] J. Larabee, B. Pellegrino and B. Flick, “Induction Motor Starting Methods and Issues”, *Digests 52nd Annual Petroleum and Chemical Industry Conference Industry Applications Society*, 2005, pp. 217-222, 2005.
- [5] Flexwatch, <http://www.flexwatch.com>, Enero 2012
- [6] LabJack, <http://www.labjack.com>, Enero 2012.
- [7] MATLAB Manual, version 2010, Mathworks Inc.
- [8] S. Ayusun and C.O. Nwankpa, “Induction Motor Tests Using MATLAB/Simulink and Their Integration Into Undergraduate Electric Machinery Courses”. *IEEE Trans. On Education*, Vol. 48, n. 1, 37-46, February 2005.



Jesús Fraile-Ardanuy (StM'93, M'96, SM'2010) nacido en Madrid, en 1972. Es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en 1996 y realizó el proyecto fin de carrera en el *University College London* (UCL), en el curso 1995-1996. Es Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la UPM desde 2003.

Desde 1996 hasta 2003 ha sido Profesor Titular de Escuela Universitaria Interino en el departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica y Energética, en la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la UPM. De 2003 a 2010 ha sido Profesor Titular de Universidad en la misma Escuela y desde

2010 es Profesor Titular en el departamento de Tecnologías Especiales Aplicadas a la Telecomunicación, en la ETSI de Telecomunicación de la UPM.

ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la UPM. De 2003 a 2010 ha sido Profesor Titular de Universidad en la misma Escuela y desde 2010 es Profesor Titular en el departamento de Tecnologías Especiales Aplicadas a la Telecomunicación, en la ETSI de Telecomunicación de la UPM.

Sus principales líneas de investigación están relacionadas con el modelado y control de centrales hidroeléctricas, identificación, modelado y control de máquinas eléctricas y caracterización del movimiento de presas mediante redes neuronales así como la integración del vehículo eléctrico en la red y gestión activa de demanda.

Es autor de 8 libros y más 30 artículos en revistas y congresos internacionales.

Ha ocupado el cargo de Tesorero del capítulo español del *Industrial Applications Society (IAS)* desde enero de 2004 hasta enero de 2011.

En la sección española ha ocupado los puestos de vocal de Relaciones Institucionales (enero 2008-enero 2010) y vocal de Actividades Educativas y Atracción a los Estudios de Ingeniería (enero de 2010-enero 2012), donde potenció el programa *Teacher in Service Program (TISP)* del IEEE.

Por último, el profesor Fraile Ardanuy ha sido galardonado con el Premio IAS-IEEE por la organización del *1st IEEE R-8 Trans-European IAS Chapters' Joint Workshop* en 2006.



Pedro Ángel García-Gutiérrez nacido en Gijón (Asturias), en 1950. Es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en 1974 y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la UPM desde 1982

Ha trabajado en Telefónica de España (1975) y ha sido profesor Colaborador (1974-1975) y profesor encargado de curso (1977-1982) en la EUIT Industrial de la UPM. De 1982 a 1984 fue Profesor Adjunto Interino en la ETSI de Caminos, Canales y Puertos y desde 1984 es Profesor Titular.

Es autor de 10 libros y más 20 artículos en revistas y congresos internacionales.



Cristina Gordillo-Iracheta nacida en Madrid, en 1966. Es Técnico Especialista en Electrónica Industrial en 2000.

Ha trabajado en la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos desde 1987 en el Departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica y Energética en el Laboratorio de Electrotécnica.

Imparte cursos de Autómatas Programables en procesos Industriales desde el año 2000.



Jesús Maroto-Reques nacido en Segovia, en 1969. Es Técnico Especialista Eléctrico-Electrónico en 2000.

Ha trabajado en mantenimiento e instalaciones de centrales de frío en la empresa Auserco S.L. en 1995 y en la empresa Zífrío realizando las mismas tareas.

En la actualidad se encuentra en la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y puertos en el Departamento de Ingeniería Civil: Hidráulica y Energética en el Laboratorio de Electrotécnica.

Imparte cursos de Autómatas Programables en procesos Industriales desde el año 2008.