

## Desarrollo e implementación de un emulador físico programable de cargas mecánicas a un accionamiento eléctrico controlado

OBRADOR, Emilio; JUNCO, Sergio; MORZÁN, Renzo; ALBA, Daniel<sup>(\*)</sup>.

LAC, Laboratorio de Automatización y Control, FCEIA-UNR  
{emiliomobrador6;renzomorzan}@gmail.com, sjunco@fceia.unr.edu.ar

<sup>(\*)</sup>Ing. Daniel Alba in memoriam, integrante del equipo de desarrollo de este proyecto, fallecido el 16 de abril de 2024.

**Palabras claves:** plataforma experimental; emulador físico programable; conversión electrónica controlada de la energía.

### INTRODUCCIÓN

Los accionamientos eléctricos controlados (AEC) tienen una gran ubicuidad en la industria y muchos otros ámbitos de aplicación. En esencia, un AEC es un sistema mecatrónico compuesto por un motor eléctrico alimentado a través de un convertidor electrónico de potencia (CEP), cuyo fin es mover cargas mecánicas (CM) de manera controlada. Previo a la implementación física definitiva de un sistema AEC+CM es muy conveniente realizar un estudio experimental exhaustivo de su comportamiento. Esta circunstancia suscita el interés en contar con un *sosía físico* de la CM real para su estudio en laboratorio. La gran variedad de CM posibles motivó el diseño de un sistema físico controlable cuya programación le permita emular a cualquiera de entre muchos tipos de cargas. Con este fin, en el LAC se desarrolló un emulador físico programable (EFP) de CM y se lo integró en una plataforma experimental que incluye al AEC que lo impulsa.

### METODOLOGÍA

La plataforma se diseñó con un enfoque mecatrónico y técnicas de MBSE (Model-based Systems Engineering – Ingeniería de Sistemas Basada en Modelos) a fin de proveer sinergia a la *integración física* de sus componentes (mecánicos, eléctricos, electrónicos, sensores y actuadores, informáticos) mediante su *integración funcional* vía acciones automáticas de control ejecutadas procesando la información disponible en el sistema a través de herramientas de software.

### TOPOLOGÍA DE LA PLATAFORMA SOLUCIÓN

La Figura 1 del panel debajo de éste muestra la Arquitectura Funcional resultante del diseño. A la izquierda, el AEC, con su motor M, controlador C y alternativas de alimentación desde la red eléctrica y paneles solares. A la derecha se aprecia el EFP propiamente dicho. La carga al motor del AEC –que debe ser igual a la que le impondría la CM a emular– la fuerza un generador eléctrico (G) controlado. Éste convierte la energía mecánica en su eje en energía eléctrica, que es pasada a la red de distribución por un CEP controlado. La “*inteligencia*” del EFP reside en el bloque microcontrolador MCU que procesa la velocidad medida en el eje M-G en tiempo real y genera la consigna del torque a forzar por el CEP en dicho eje a través del control. Este procesamiento se hace según el modelo matemático MM de la relación velocidad-cupla de la CM.

### ARQUITECTURAS FUNCIONAL Y FÍSICA

La Arquitectura Física de la Figura 2 incluye al autotransformador ATF (adapta los niveles de tensión nominales del CEP del G y la línea comercial). Muestra el caso particular de emular un sistema de bombeo solar de agua (SBSA), donde el EFP simula ser la bomba hidráulica. En este caso, la consigna de velocidad de referencia  $\omega^*$  al C del AEC es interna y resulta de forzar MPPT a los paneles. En un caso general, será externa y dependerá del ensayo que se quiera hacer sobre la CM. La Figura 3 es una imagen de la plataforma completa dispuesta en el LAC. La Figura 4 ilustra la placa electrónica soporte del MCU (microcontrolador) dónde se implementará el MM caracterizante de la CM (tarea actualmente en ejecución).

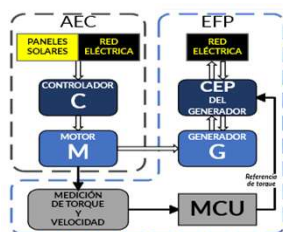


Figura 1. Arquitectura Funcional

SBSA: Sistema de Bombeo Solar de Agua

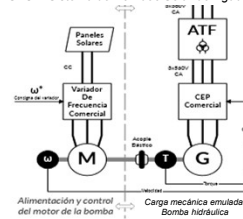


Figura 2. Arquitectura Física



Figura 3. Plataforma real



Figura 4. Placa MCU

### CONCLUSIONES

Se diseñó un EFP dotado de gran versatilidad provista por la programabilidad de CM genéricas en el MCU de su sistema electrónico. La implementación actual del SBSA de la Figura 2 incluye un variador comercial en el AEC, reemplazable por otro CEP si lo requiere un problema distinto a estudiar. Un ejemplo podría ser el caso del diseño de un controlador específico para una CM particular, cuyo modelo matemático se implementaría en el MCU del EFP. En el CEP diseñado ad-hoc se podría testear el algoritmo de control diseñado específicamente para esta carga y sus escenarios de operación. Esta propiedad convierte al sistema en una auténtica plataforma HiL (Hardware-in-the-Loop), la instancia última de diseño y verificación en laboratorio de controladores de sistemas mecatrónicos previo a su implementación física.

### AGRADECIMIENTOS y FINANCIAMIENTO (OPCIONAL)

Se agradece a la UNR que financió parcialmente este trabajo como parte del Proyecto “Ingeniería de Integración de sistemas para alimentación eléctrica de equipos y/o pequeños usuarios aislados desde fuentes solar fotovoltaica y/o eólica con construcción de plataformas demostrativas” de la 8ª Convocatoria “Vinculación Inclusiva” 2021