

MODERNIZACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL USANDO LA SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE INGENIERÍA

J.A. CARRASCO - L. FERNÁNDEZ - A. JIMÉNEZ

Hoy en día todas las tendencias de modernización de plantas industriales se apoyan en el empleo de sistemas digitales de control. En las plantas de mayor tamaño se suelen usar Sistemas de Control Distribuido (DCS).

La inclusión de estos sistemas en una planta nuclear conlleva un proceso de adaptación ya que la mayoría de ellas están usando un gran número de sistemas de control analógicos. Este artículo presenta los objetivos y los primeros resultados obtenidos en un proyecto de modernización, centrado en obtener una plataforma de simulación que posibilite la optimización y la realización de pruebas antes de la instalación de los equipos en una central nuclear.

Modernización, Sistema de Control, SCD, DCS, Automatización, Simulación, Formación

Nowadays, all plant automation tendencies are based on the use of Digital Control Systems. In big industrial plants the control systems employed are Distributed Control Systems (DCS).

The addition of these systems in nuclear power plants, implies an important adaptation process, because most of them were installed using analog control systems. This paper presents the objectives and the first results obtained, in a modernisation project, focused in obtaining an engineering platform for making test and analysis of changes prior to their implementation in a nuclear plant.

Modernisation, Upgrade, DCS, Automation, Simulation, Training

INTRODUCCIÓN

Este artículo es fruto del trabajo desarrollado por Tecnatom en el proyecto de modernización del Sistema de Control Distribuido de CN Cofrentes (SCD o DCS), donde se ha trabajado en colaboración con Iberdrola, Iberinco y Honeywell.

CN Cofrentes tiene en funcionamiento desde 1988 un Sistema de Control Distribuido. El proyecto de

modernización, se realiza después de un periodo amplio sin grandes cambios. En la actualidad hay cerca de 80 lazos gobernados por el SCD (todos ellos de la parte BOP).

Uno de los principales objetivos del proyecto es poder hacer análisis previos a la instalación de equipos en planta, mediante simulación. Para ello, el simulador de alcance total de Tecnatom se ha utilizado como plataforma de ingeniería.

Como consecuencia del proyecto, el simulador tiene un sistema de control similar al de planta, de tal forma que es una plataforma ideal para la realización de pruebas, siendo un ejemplo real de lo que se denomina Sala de Control Híbrida. La tendencia de modernización de las centrales actuales, nos lleva al empleo de estas Salas Híbridas (donde se conjugan tecnología analógica y digital). En la recarga 13, se realizó una modernización de

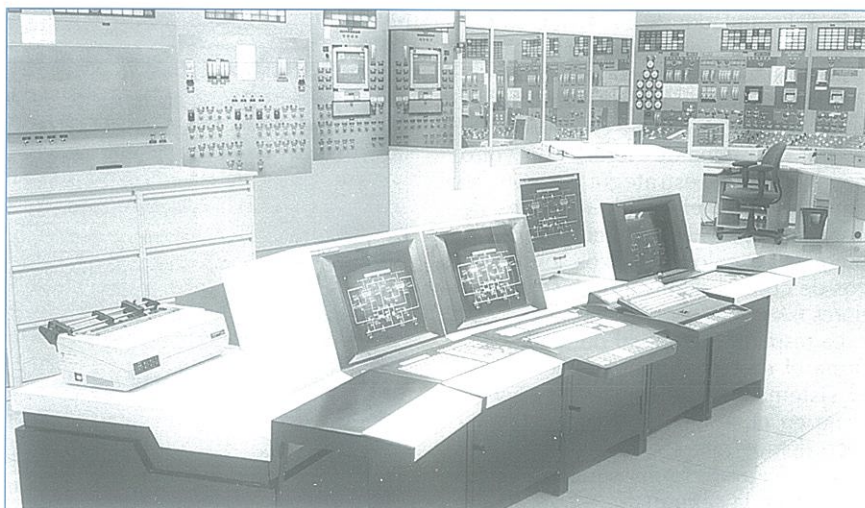


Figura 1. Aspecto actual del simulador de Tecnatom.

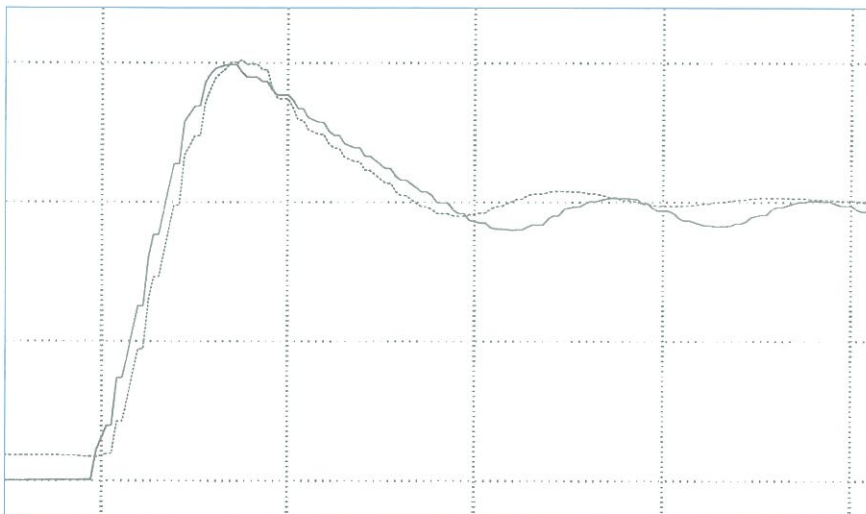


Figura 2. Comparación de la respuesta temporal de dos lazos de control simétricos en el simulador de Tecnatom.

lazos de control que habían sido desarrollados y probados previamente en el simulador de Tecnatom.

Otro objetivo importante del proyecto es la mejora de la calidad del entrenamiento de los operadores de CN Cofrentes.

La mayor dificultad técnica del proyecto ha consistido en el análisis que permite extrapolar los datos del simulador a planta y en dotar de una funcionalidad de simulación a los equipos instalados en el simulador. Evidentemente, en los casos en que los equipos de control ya están preparados para trabajar en un entorno de simulación, esta dificultad se simplifica.

La figura 2 muestra un ejemplo del funcionamiento del sistema de control instalado en el simulador.

El ensayo que originó la gráfica presentada se realizó durante la conversión del simulador de Tecnatom en herramienta de ingeniería. La gráfica presenta la respuesta de dos lazos de control simétricos, durante un escalón en la referencia (uno de ellos controlado por el sistema de Honeywell y otro por la antigua estrategia de control que existía en el simulador antes de las modificaciones comentadas en el presente artículo). Los lazos son los lazos de control de nivel de los calentadores 6A y 6B.

La respuesta temporal obtenida confirma el correcto funcionamiento que el sistema de control de Honeywell tiene en el simulador de Tecnatom (y recordemos que en el simulador está funcionando de forma similar a como lo hace en la central).

La plataforma de ingeniería (en la que ha quedado convertido el simula-

dor de Tecnatom) permite un ajuste de los lazos de control antes de su instalación en la central. Evidentemente, es posible realizar cualquier otro tipo de análisis sobre las estrategias de control.

Las actividades de análisis, realizadas en la plataforma de simulación diseñada, permiten las siguientes alternativas en el ajuste de los lazos de control de la central:

- Los lazos se pueden ajustar usando modelos del simulador

- Los lazos se pueden ajustar usando modelos empíricos obtenidos en planta. El simulador ha sido de gran utilidad para el chequeo de las herramientas de ajuste y obtención de estos modelos.

- Los lazos se pueden ajustar de una forma mixta, empleando los resultados obtenidos con los modelos del simulador y los modelos empíricos que se puedan obtener en planta.

Estas tres alternativas posibilitan un ajuste muy interesante para una instalación nuclear, donde no se pueden realizar muchas pruebas en los momentos de arranque de la planta.

FASES DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN

Las fases más importantes del proyecto de modernización del Sistema de Control Distribuido de CN Cofrentes son:

- Fase 1: Adición de nuevas consolas de operación en la planta.
- Fase 2: Conversión del simulador de alcance total en herramienta de ingeniería.
- Fase 3: Instalación de un nuevo controlador con una red de entradas y salidas distribuida.
- Fase 4: Modernización continuada.

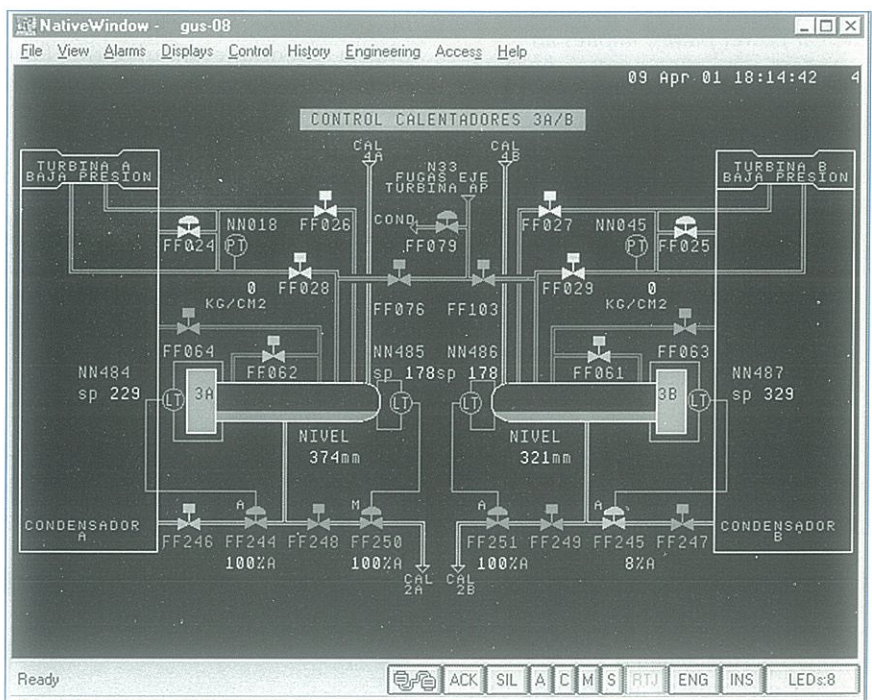


Figura 3. Ejemplo de pantalla del TPS de Honeywell integrado en el simulador de Tecnatom.

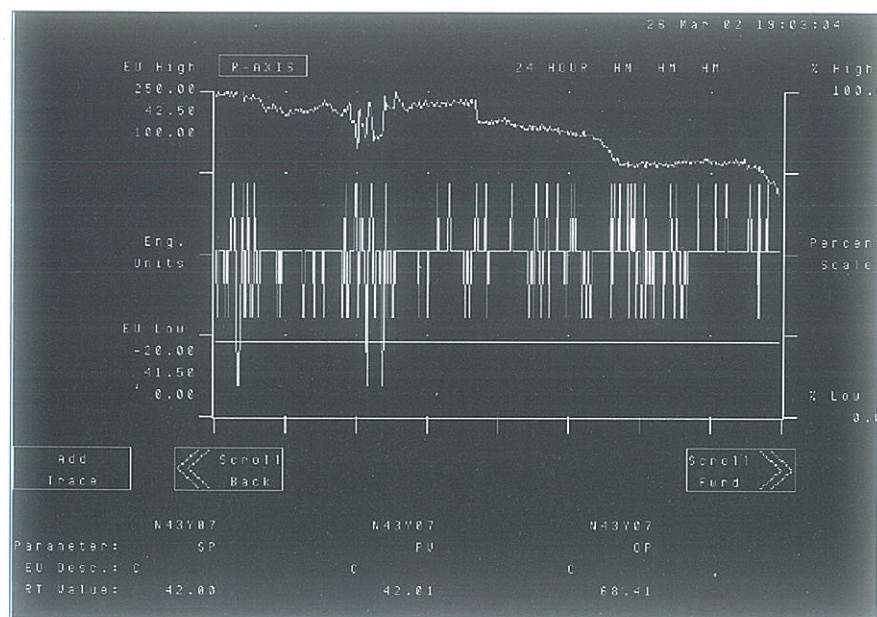


Figura 4. Ejemplo de la respuesta temporal de lazo de control de planta (ajustado en el simulador).

La Fase 3 de este proyecto se ha finalizado en el año 2002. En ella, se ha seleccionado un número pequeño de lazos de control con la intención de que el personal de mantenimiento tuviera una adaptación más sencilla a la nueva plataforma instalada en planta. La finalización de esta fase permite que la planta y el simulador estén preparados para una fase de modernización continua de lazos de control. La plataforma de control instalada permite la realización de modernizaciones durante el funcionamiento normal de la planta.

En la figura 3 se presenta el aspecto de un "display de operación" en el simulador, idéntico al existente en planta. Esta interfase de operación será mejorada a lo largo del proyecto, ya que la capacidad gráfica del sistema ha evolucionado muchísimo desde 1988.

RESULTADOS PRÁCTICOS DEL PROYECTO

La modernización realizada en CN Cofrentes durante la 13 recarga, ha permitido comprobar que la plataforma de ingeniería reproduce la interfase hombre-máquina de manera perfecta. A modo de ejemplo, en las dos instalaciones (simulador y planta) existe el mismo retardo en la aparición de las ventanas de operación y las características de "parpadeo" de los iconos activos de la pantalla son absolutamente idénticas.

Durante la recarga se ha podido comprobar la utilidad de las distintas opciones de ajuste que se han descrito con anterioridad. Algunos de los parámetros de los lazos de control finalmente utilizados en planta, han sido muy diferentes a los que se podrían haber puesto sin un estudio detallado (ya que como ya se ha comentado, no es fácil la realización de pruebas durante el arranque de una planta nuclear).

En la figura 4 se presenta un ejemplo de la respuesta temporal de un lazo de control que se sintonizó utili-

zando exclusivamente el análisis realizado en la plataforma de simulación. Durante el periodo representado en la figura, la potencia eléctrica generada por la central varió aproximadamente entre 0 y 800 MW y la variable controlada (representada en amarillo) apenas se movió de su punto de referencia. La variable controlada es una señal de una RTD y la escala utilizada en el gráfico es de 1°C.

En la figura 5 se presenta la respuesta temporal de un lazo de control de planta que se ajustó realizando un análisis combinado de los modelos del simulador con modelos empíricos obtenidos en la planta.

La variable controlada (también en amarillo) se empezó a controlar en automático en el momento que comienza la subida continuada en el primer tercio del gráfico.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UNA PLATAFORMA DE SIMULACIÓN PARA ACTIVIDADES DE INGENIERÍA QUE INCORPORA UN SISTEMA DE CONTROL REAL

Las principales ventajas obtenidas con el uso de una plataforma de ingeniería con simulación son:

- La interfase hombre-máquina se puede diseñar y validar de forma completa de forma previa a la instalación en planta. También se pueden probar dispositivos físicos como las pantallas táctiles.

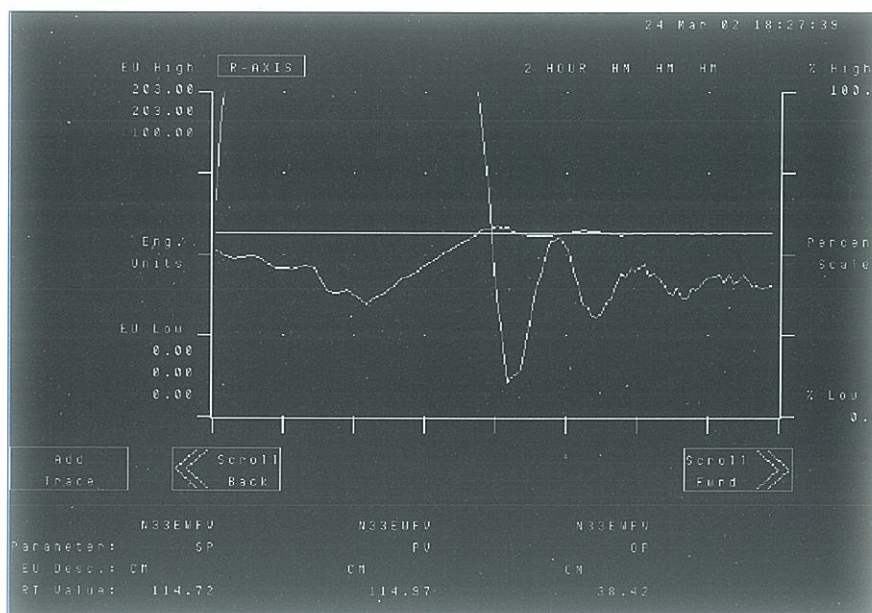


Figura 5. Ejemplo de la respuesta temporal de un lazo de control de planta (ajustado de manera combinada).

- La actuación del sistema de control en el simulador puede ser igual a la actuación que tendrá en la planta de referencia. En el simulador se pueden usar exactamente los mismos algoritmos que se usan en la planta.

- Si se diseñan adecuadamente los programas que vayan a instalar en la planta, pueden ser validados en el simulador, pudiéndose utilizar diferentes condiciones de estado de la planta. Evidentemente, esta característica es de gran utilidad en una central nuclear.

- El usuario del sistema puede incrementar su confianza en el mismo cuando ve su actuación en el simulador, donde puede trabajar en situaciones de operación extremas difíciles de ver en una planta.

Por supuesto, existen inconvenientes en el uso de una plataforma de ingeniería con simulación, principalmente relacionadas con el coste y la complejidad del trabajo a realizar:

- El coste de incluir equipo real en un simulador puede ser considerable. La compra y actualización de equipos reales puede conllevar un desembolso muy importante si no se negocia convenientemente.

- Las propiedades de comunicación de los SCD actuales, pueden hacer que la complejidad del desarrollo de la plataforma de ingeniería con simulación sea elevada. Afortunadamente, la mayoría de los SCD van mejorando sus capacidades de comunicación y también se va extendiendo el uso del estándar de comunicaciones OPC (Ole for Process Controls).

- Una simulación rápida no es sencilla de obtener si se utilizan sistemas reales de control en una plataforma de ingeniería, ya que estos no suelen estar preparados para un trabajo más rápido que el tiempo real.

Para finalizar este análisis de ventajas e inconvenientes, se puede afirmar que las ventajas son mayores que los inconvenientes. También es importante resaltar que un futuro cercano, todos los sistemas de control tendrán versiones exclusivamente software (que además tendrán características de comunicación más potentes que las que tienen actualmente) y entonces, la inclusión de sistemas reales de control en un si-

mulador será una cuestión más sencilla y económica.

CONCLUSIONES

Tecnatom ha desarrollado una plataforma de ingeniería con simulación. Su simulador BWR es un ejemplo perfecto de Sala de Control Híbrida.

Los resultados obtenidos muestran que una plataforma de ingeniería con simulación permite:

- El análisis de la futura respuesta temporal de los controles de planta.

- La validación completa del diseño y desarrollo de la interfase hombre-máquina.

- La validación de los distintos programas que se incorporen en planta.

- Mejorar el entrenamiento de los usuarios del sistema (ya sea personal de operación, ingeniería o mantenimiento). El entrenamiento sobre un sistema de control instalado en una Sala de Control Híbrida es una cuestión de altísimo interés.

Un aspecto a destacar, es la utilidad del simulador como banco de pruebas en una fase previa a una modernización. Es muy importante que las modificaciones en el simulador puedan ir por delante de los cambios en planta, de tal forma que se pueda sacar el máximo provecho al esfuerzo realizado. Esta cuestión evidente, requiere un esfuerzo para que la definición de los cambios esté perfectamente especificada mucho antes de lo que debería estarlo en condiciones normales.

Evidentemente, si existe una herramienta de simulación ya construida, que proporcione una buena fidelidad y capacidad de extrapolar datos a la planta, podría no ser necesaria la inclusión de equipos reales en el simulador. La solución que ofrecen otros fabricantes más relacionados con el sector nuclear que Honeywell, se suele apoyar en el empleo de sistemas de control reales ligeramente modificados para simplificar la obtención de una funcionalidad de simulación adecuada.

La experiencia adquirida con el planteamiento elegido en el presente proyecto, permite asegurar el éxito en otros simuladores, con independencia de las características de los sistemas de control utilizados.



Juan Atanasio CARRASCO MATEOS, ingeniero industrial de ICAI, executive MBA de IE, lleva prestando sus servicios en Tecnatom, S.A. desde 1995. Ha participado y coordinado proyectos relacionados con temas de I&C, entre los que destaca la modernización referenciada en el presente artículo. En la actualidad esta finalizando un doctorado relacionado con el trabajo en simulación con sistemas de control.



Luis FERNÁNDEZ ILLOBRE, ingeniero industrial por la E.T.S.I.I. de Madrid, es responsable de la Unidad de Sistemas de Operación de Tecnatom, S.A., donde lleva prestando sus servicios desde 1984. Certificado como Supervisor de Operación de centrales PWR, ha participado y coordinado numerosos proyectos y estudios de apoyo a la explotación de centrales nucleares españolas.



Alfonso JIMÉNEZ FERNÁNDEZ SESMA, ingeniero industrial de ICAI, es responsable de la división de Ingeniería de Operación de Tecnatom, S.A., donde lleva prestando sus servicios desde 1981. Certificado como Supervisor de Operación de centrales PWR, ha participado y coordinado numerosos proyectos y estudios de apoyo a la explotación de centrales nucleares españolas. Durante dos años, estuvo trabajando en INPO (EE.UU.) como ingeniero-evaluador en las tareas de operación y apoyo técnico.