

El uso de computadoras para el control eficaz de centrales nucleares

por G. Sitnikov*

El control y la instrumentación de centrales nucleares ha mejorado rápida y significativamente en los últimos años a medida que han aumentado las demandas de seguridad, disponibilidad y fiabilidad del reactor. La concepción y el diseño de sistemas modernos altamente automatizados ha sido posible gracias a la introducción de nuevos métodos de medición y control, junto con nuevas técnicas de tratamiento de datos, basadas en los recientes avances en los componentes electrónicos, transductores y computadoras.

En la actualidad contamos con una nueva generación de sistemas computadorizados de control de centrales nucleares que satisfacen las elevadas exigencias de seguridad del reactor y reducen los riesgos de accidentes.

Los dos simposios que el OIEA ha organizado sobre control e instrumentación de centrales nucleares, celebrados en 1973 y 1978, demostraron ser una importante oportunidad para el intercambio de información a nivel internacional sobre este tema. El tercer simposio sobre la misma materia**, despertó en consecuencia gran interés, el cual se vio reflejado en la cantidad y calidad de las memorias presentadas.

Las reuniones técnicas mostraron que se había acumulado utilísima experiencia en la esfera general de la ingeniería de la interfaz hombre-máquina. Los nuevos diseños de las salas de control utilizan técnicas de análisis numérico en gran escala y han sido objeto de extensivos análisis ergonómicos. Una consecuencia reconocida de estos estudios ha sido la adaptación de los procedimientos de operación. Ahora se considera esencial que los operadores tengan una participación activa en el diseño de las salas de control con el fin de mejorar no solamente la seguridad y fiabilidad de las centrales nucleares sino también las condiciones de trabajo de los operadores. Las salas de control son hoy tan complejas que se justifica la construcción de un modelo, a pesar del elevado costo de tal procedimiento. El gran avance ahora logrado en el diseño de las salas de control indica que, en muchos casos, las salas existentes deberían actualizarse y posiblemente reconstruirse completamente.

Este es solo un aspecto del problema del carácter obsoleto del equipo de control e instrumentación en las centrales nucleares construidas hace 10 o 15 años. En muchos casos, será necesario modificar de manera muy extensa los sistemas de control e instrumentación de dichas centrales. Tales modificaciones son factibles dado que es relativamente simple reemplazar el equipo eléctrico. Sin embargo, los costos de las modificaciones pueden ser extremadamente elevados en ciertos casos, pero se ven

justificados por la más elevada seguridad resultante de los mismos.

Actualmente se acepta, por regla general, que el equipo de control e instrumentación sea examinado y actualizado varias veces durante la vida útil de la central nuclear. Constantemente se introducen nuevos adelantos tecnológicos al renovar los diseños de los sistemas de control.

En los países en desarrollo surgen algunos problemas específicos en relación con la instalación de centrales nucleares del tipo "llave en mano". Algunas veces las instalaciones de mantenimiento han demostrado ser inadecuadas debido a la insuficiencia de las funciones de apoyo. Han sido necesarias grandes inversiones para asegurar un mejor rendimiento de la central, aunque no se disponía de la mayor parte del capital para destinarlo a tales fines.

En muchos países se está llevando a cabo una investigación en gran escala sobre los sistemas avanzados de apoyo de la operación de las centrales tanto durante condiciones normales de funcionamiento como en situaciones anormales. Casi todos los estudios se encuentran en la etapa de planificación, diseño o pruebas de simulación, que demuestran no solo que los progresos en esta esfera son muy rápidos sino que además existe todavía un gran campo en el que se siente la necesidad de nuevas ideas y técnicas. Las memorias presentadas en el simposio mencionado describían algunos sistemas auxiliares especiales principalmente para el análisis de perturbaciones de paneles de lectura de los parámetros de seguridad, de guías para operadores de centrales y de diagnóstico de centrales. La aplicación específica de tales dispositivos depende del tipo de reactor y de las normas de seguridad y de las reglamentaciones nucleares vigentes en los diferentes países.

La variedad de sistemas de apoyo y los diferentes enfoques aplicados a su diseño indican que todavía es necesario realizar considerables trabajos de investigación y que un mayor intercambio de información a nivel internacional sobre este tema podría resultar muy útil.

Un grupo de compañías japonesas está trabajando en un denominado Sistema Completo Computadorizado de Apoyo al Operador (COSS), utilizable tanto para reactores de agua ligera a presión (PWR) como para reactores de agua ligera en ebullición (BWR). Dicho sistema utiliza diversas técnicas avanzadas de tratamiento y representación visual de la información, haciendo amplio uso de los CRT (tubos y rayos catódicos) y de simuladores de centrales. Se han dedicado considerables esfuerzos para desarrollar métodos y medios de suministrar información útil y exacta al operador acerca del funcionamiento de la central en todo momento. En la discusión sobre tal sistema se indicó claramente que el costo de su creación alcanzará a cerca de 30 millones de dólares de los Estados Unidos durante un período de cinco años. Cada uno de los participantes en este trabajo está diseñando su propio sistema, pero persigue las mismas metas comunes definidas para el proyecto.

* El Sr. Sitnikov es funcionario de la Sección de Ingeniería de Reactores de la División de Energía Nucleoeléctrica del Organismo.

** Simposio internacional sobre control e instrumentación de centrales nucleares, organizado por el OIEA y celebrado en Munich, República Federal de Alemania, del 11 al 15 de octubre de 1982.

El sistema STAR de análisis de perturbaciones, desarrollado en la República Federal de Alemania, es otro ejemplo de los resultados prácticos de la introducción de sistemas de apoyo al operador. El concepto de STAR es el sistema de base de datos fuera de línea, desarrollado en el curso del proyecto del PWR de Grafenrheinfeld. Dicho sistema puede encargarse de funciones tales como las alarmas, los análisis post-disparo, etc. La futura aplicación de STAR significaría una multifacética ayuda al operador en determinado número de tareas. Una de ellas podría ser el sistema de lectura de parámetros de seguridad (SPDS).

Los diseñadores parecen seguir, por regla general, los mismos enfoques para el desarrollo de los sistemas protectores, debido a la similitud de los objetivos y que hacen uso del mismo material en cuanto a componentes electrónicos y computadoras se refiere.

Durante el simposio muchos participantes se mostraron algo reticentes respecto a la introducción de computadoras y microprocesadores en los sistemas de protección. Se subrayó la necesidad de conservar tanto los elementos físicos (hardware) como la dotación lógica (software) simple y de fácil comprobabilidad, procurando además respetar los bien conocidos principios de diversidad y redundancia para ambos sectores.

La Kraftwerkunion (KWU) ha desarrollado un concepto interesante para centrales nucleares, denominado *Leittechnik* (el término abarca todo el equipo que se necesita para protección, guía y supervisión). Este concepto incluye los sistemas operativos, los sistemas de protección divididos en sistemas de limitación y los sistemas de protección en el sentido más estricto de la palabra.

Dentro de esas categorías, los requisitos de seguridad varían en órdenes de magnitud. Gracias a esta clasificación sistemática ha sido posible introducir computadoras en los sistemas que son menos importantes para la seguridad del reactor. Se observó que los sistemas de limitación mejoraron tanto la disponibilidad como la seguridad de la central porque tratan las perturbaciones antes de que éstas exijan la aplicación de medidas de seguridad, y ayudan al operador a evitar los errores.

La experiencia adquirida por los canadienses en el uso de computadoras en los sistemas de control de reactores y en el monitoreo de la situación de los sistemas de seguridad ha mostrado los beneficios que se pueden obtener de sistemas de apagado totalmente computadorizados. Son fiables, flexibles en cuanto al diseño y brindan una mejor interfaz hombre-máquina.

Se están desarrollando sistemas computadorizados similares para los reproductores rápidos. Las micro-computadoras y su dotación lógica dominarán los sistemas futuros. Las computadoras y sus periféricos, por ejemplo los CRT trazadores de gráficos en color, se convertirán en la más importante fuente de información para el operador también para este tipo de reactor.

En Japón se ha desarrollado un sistema avanzado de monitoreo y control de centrales llamado Nucamm-80. Incluye procedimientos automáticos de puesta en marcha y de apagado para reducir los riesgos de errores potenciales y para mejorar la gestión operativa. Los métodos de control empleados son principalmente el control supervisor por computadora y el control digital directo. En el control por punto de interrupción

("break point"), el operador recibe información sobre los resultados de las acciones automáticas varias veces durante la puesta en marcha y el apagado. Se inician luego manualmente las etapas siguientes presionando botones en el panel. Pero los controles más importantes de la central se ejecutan por medio de sistemas automáticos.

Se dispone ahora de nuevos resultados en la esfera de las técnicas y métodos de medición, incluyendo varios métodos para medir la distribución de potencia en un núcleo de reactor. En el simposio, los especialistas canadienses presentaron resultados interesantes en este campo. Describieron sus trabajos experimentales y teóricos con vanadio, platino y con detectores de inconel relativamente nuevos, que parecen tener cerca del 100% de respuesta inmediata con características bastante predecibles de grado de quemado. Se ha propuesto una forma especial de detector de inconel con vaina de platino, que debería tener una respuesta dinámica que corresponde estrechamente a la de la potencia de los elementos combustibles.

En la República Democrática Alemana se han utilizado detectores de sodio autoalimentados en los PWR del tipo WWER-440. Junto con los termopares que se encuentran sobre el núcleo, dan una buena imagen de la distribución de la potencia.

Los experimentos llevados a cabo en Hungría muestran la posibilidad de utilizar la activación de ^{16}N para medir el flujo de refrigerante dentro de un reactor enfriado con agua. Los experimentos en su reactor de investigación han dado una exactitud de casi el 2% para un tiempo de medición de 60 segundos.

En Francia se ha desarrollado un nuevo tipo de sistema de protección de reactores, llamado *Spin*, para su introducción en todas las nuevas centrales de tipo PWR de 1300 MW del país. *Spin* consiste en cuatro unidades lógicas redundantes. Cada una de ellas está equipada con un microprocesador y con dos partes redundantes para permitir actuar a los dos sistemas de seguridad independientes. El proceso de cualificación, que se desarrolla junto con el sistema, ha alcanzado ya la etapa de las pruebas de rendimiento funcional para la primera serie. El sistema está listo ahora para su entrada en servicio en línea en las primeras unidades de 1300 MW y ha obtenido su plena licencia por parte del Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires.

La experiencia canadiense con sistemas distribuidos y computadorizados se usará en el futuro para la modernización de los sistemas de control de los reactores *Candu*. El primer paso es la realización de una red distribuida de seis procesadores para obtención de datos en un reactor de investigación más antiguo. El desarrollo ulterior de este sistema mejorará sus posibilidades de detección de fallos y de recuperación.

Los problemas relacionados con la obtención de licencias y los métodos que se desarrollarán para las pruebas de verificación, análisis de efectos de fallos y mantenimiento causaron intensos debates durante el simposio. Estos problemas parecen ser difíciles, pero se consideran de posible solución. Ahora se espera que los sistemas computadorizados de control encuentren aplicación práctica en un futuro cercano tan pronto como se hayan resuelto los problemas de obtención de licencias, y los relacionados con la interfaz hombre-máquina, incluyendo las nuevas distribuciones de instrumentación en las salas de control y la capacitación de los operadores.