

MONITORIZACIÓN & DIAGNÓSTICO Y MANTENIMIENTO

E.L. CRANFORD - N.P. MUELLER - T.A. KOZLOSKY

La tendencia mundial hacia la liberalización de la generación de energía eléctrica está presionando a las empresas eléctricas a mejorar la eficiencia comercial de las centrales en operación mediante el aumento de la disponibilidad, la reducción de las paradas no programadas, la eliminación del mantenimiento innecesario, y el desarrollo de nuevas estrategias de operación y mantenimiento más eficientes. Esta presión está ampliando y acelerando las iniciativas de reducción de costes de operación y mantenimiento (OyM).

La necesidad de reducir costes y a la vez mantener unos altos niveles de disponibilidad ha dejado anticuada la anterior práctica normal de realizar mantenimiento "rutinario", sea o no necesario. En su lugar, las tecnologías modernas, como las Inspecciones basadas en el Riesgo Probabilístico (PRI) y las Pruebas basadas en el Riesgo Probabilístico (PRT), permiten reducir las horas-hombre necesarias para las inspecciones y pruebas sin perjudicar la fiabilidad. Se puede mejorar aún más la fiabilidad mediante el uso de la modelación de simulación activa de los mecanismos de degradación tales como la vibración, corrosión y fatiga.

En este artículo, se expone la forma en la que se aplican estas nuevas ciencias y tecnologías de MyD a las operaciones de la central y a las actividades de mantenimiento. Se describe con detalle la aplicación de una tecnología específica de MyD a las centrales nucleares, así como un modelo que permite organizar la enorme cantidad de información procedente de la aplicación de las tecnologías MyD de forma que tenga sentido sin necesidad de gestión por parte de los especialistas. También hay una discusión del papel que desempeña la integración en el aprovechamiento de toda esta información, de modo y para fines que anteriormente resultaban imposibles o requerían demasiado tiempo o recursos para poder considerarlos.

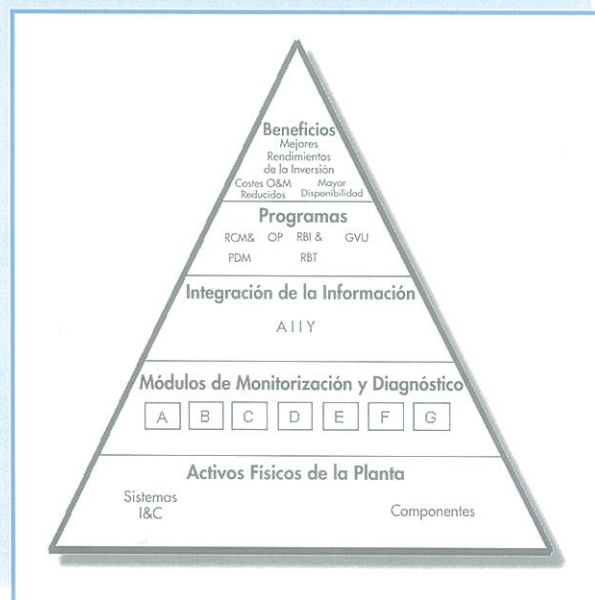
INTRODUCCIÓN

La tendencia generalizada hacia la desregulación del sector eléctrico está obligando a las empresas productoras a mejorar el rendimiento económico de las centrales en operación incrementando su eficacia, reduciendo las paradas no programadas, eliminando el mantenimiento innecesario y desarrollando nuevas estrategias de mantenimiento y operación más eficientes. Esta presión está impulsando y acelerando la puesta en marcha de programas de reducción de costes de operación y mantenimiento (O&M). Las necesidades de reducir los costos, mientras se mantienen altos niveles de disponibilidad, ha dejado obsoleta a la que fuera una vez práctica regular de realizar mantenimientos de "rutina" fueren o no necesarios. En su lugar, las tecnologías modernas tales como las Inspecciones basadas en la Probabilidad de Riesgo ("Probabilistic Risk based Inspections" - PRI) y las Pruebas basadas en la Probabilidad de Riesgo ("Probabilistic Risk based

Testing" - PRT) están reduciendo las horas-hombre necesarias para las inspecciones y pruebas sin sacrificar la fiabilidad. Esta puede incluso ver-

se mejorada por la utilización de modelos de simulación activa de algunos mecanismos de degradación como pueden ser las vibraciones, la corrosión y la fatiga. Basándose en los datos de la central, los modelos de simulación activa proporcionan información acerca del estado del equipo para ser utilizada como dato de entrada en los procesos PRI y PRT. Los modelos de simulación activa son solo una de las tecnologías de monitorización y diagnóstico que se utilizan para obtener el máximo rendimiento de la inversión, sin sacrificar la seguridad o la calidad. Este artículo trata de como se aplican estas nuevas tecnologías de monitorización y diagnóstico a las actividades de operación y mantenimiento de las centrales. Se describe, con cierto detalle, la aplicación específica de esta tecnología a las centrales nucleares así como un modelo que organiza la gran cantidad de información proveniente de esta aplicación, para que tenga sentido y pueda ser utilizada sin que sea necesario recurrir a especialistas. También se discute el papel importante que juega la integración de toda esa información

FI - Optimización de mantenimiento.



para evitar que su utilización consuma demasiado tiempo o recursos.

PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO

En los últimos 100 años, las estrategias de mantenimiento, que pueden ser agrupadas en cuatro áreas principales, han ido evolucionando. Está la estrategia "Árréglo cuando se rompa / No haga nada" o estrategia (FIB), del inglés "Fix when it Breaks". La estrategia FIB solo funciona cuando se trabaja con equipos baratos que no afectan a la disponibilidad ni a la seguridad y que tienen una baja tasa de fallos. En el otro extremo, está el "Programa de Mantenimiento Preventivo" o estrategia (PMS), del inglés "Preventive Maintenance Scheduling", que consiste en reparaciones, sustituciones y programas de inspección planificados. Estos programas se desarrollan independientemente de las condiciones reales del equipo considerado. Un derivado avanzado de la estrategia PMS es el Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad o estrategia (RCM), del inglés "Reliability-Centered Maintenance". La estrategia RCM incorpora la experiencia real de fallos en la industria así como la información de diseño sobre los puntos débiles para optimizar el programa de mantenimiento preventivo.

La optimización se alcanza reduciendo el exceso de actividades de reparación / sustitución y optimizando aquellas reparaciones y sustituciones que realmente sean necesarias. Finalmente, existe el Mantenimiento Predictivo o estrategia (PDM), del inglés "Predictive Maintenance". La estrategia PDM se ha popularizado debido principalmente a la eficacia de las tecnologías de monitorización y diagnóstico en tiempo real que pueden medir o estimar el estado del equipo. Esta información puede ser utilizada para optimizar, aún más si cabe, las reparaciones, sustituciones y programas de inspección. Estos programas deben basarse en un software de integración que ayude a organizar y reducir el gran volumen de información producido por las tecnologías de monitorización y diagnóstico

LA SOLUCIÓN DE MONITORIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO (ALLY)

ALLY es la piedra angular del sistema de monitorización y diagnóstico de Westinghouse (Figura I). Recibe información de los módulos de monitorización (A, B, C, etc. en la Figura I) que describen el estado de los equi-

pos, componentes y sistemas. ALLY también recibe información del ordenador de planta que describe el estado de la operación en curso de la central (caudal, presión, temperatura, etc.). ALLY integra la información apropiada y la prepara en la forma y formato adecuados para su análisis y presentación (Figura 2). Dependiendo de los objetivos seleccionados para el diseño del sistema de monitorización y diagnóstico, la información se compila en matrices de estado y tendencias que se evalúan utilizando sistemas y metodologías especializados. Finalmente, cuando las condiciones lo requieren, ALLY hace recomendaciones que presenta en forma de alarmas e instrucciones de actuación. ALLY está específicamente diseñado para permitir un acceso rápido y fácil a todas las informaciones utilizadas en su toma de decisiones y al proceso de elaboración de las recomendaciones (Figura II).

El historial de estado y las tendencias de funcionamiento de los componentes y equipos controlados por ALLY son elementos clave para la toma de decisiones en cualquier programa dirigido a reducir los costos de operación y mantenimiento (O&M) o a maximizar la disponibilidad de la central. Sirvan como ejemplo los programas de Optimización de Paradas (OP), de Gestión de Vida Útil (GVU) y de Inspección Basada en el Riesgo (RBI).

Un objetivo base de ALLY es maximizar la utilización de equipos, minimizar los mantenimientos innecesarios y evitar los fallos que pudieran ocasionar paradas no programadas. Cuando se le acopla un software de gestión de documentación y de ordenes de trabajo, puede jugar un papel importante en la reducción de los costos asociados con la gestión administrativa de las actividades de mantenimiento.

Basándose de manera automática en el diagnóstico de ALLY, el software de gestión puede suministrar los planos, procedimientos y lista

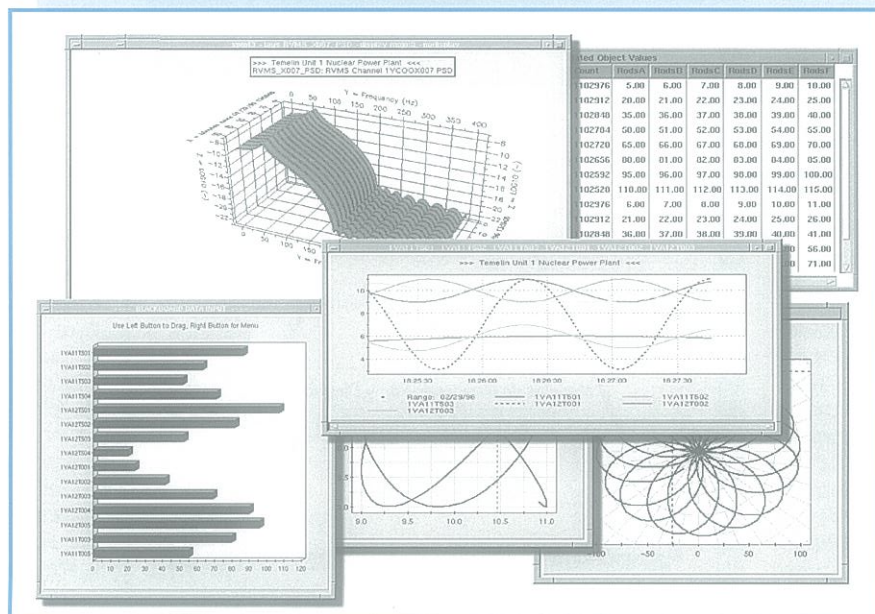
de herramientas y repuestos necesarios. Adicionalmente, el software puede preparar órdenes de trabajo y permisos (protección contra el fuego, acceso a espacios confinados, etc.) para la definición y planificación de los recursos. Cuando se termina una actividad, el software puede producir un informe de cierre de los trabajos incluyendo la duración de los trabajos, las dosis acumuladas, etc. y, si se desea, puede incluso generar las ordenes de compra necesarias para la reposición de los repuestos utilizados. La tecnología incorporada en ALLY, basada en ordenadores modernos, ofrece una mejora importante en todos los aspectos del proceso de mantenimiento y permite una reducción considerable de los costos asociados.

- Se automatiza la vigilancia reduciendo la necesidad de mano de obra. Se obtienen datos más exactos y completos que son compilados para su fácil acceso y almacenamiento.
- El análisis continuo de los datos de operación permite elaborar recomendaciones de mantenimiento tempranas y más exactas al mismo tiempo que se reduce la necesidad de disponer en la central de expertos de alto nivel. Los parámetros de control permiten confirmar de inmediato el éxito del mantenimiento que se ha realizado.
- Se reducen las necesidades de personal de apoyo para la planificación, programación, inventarios, mantenimiento, delineación, procedimientos, repuestos, recuperación de herramientas, etc.
- La preparación de documentos, antes y después de la actividad de mantenimiento, puede ser automatizada y los requerimientos de retención de documentación pueden realizarse de manera automática y consistente.

El sistema representado en la Figura III parece sugerir que un sistema de monitorización y diagnóstico

diseñado para reducir los costos de O&M tiene que ser importante y por lo tanto caro. Esto es falso. Un sistema de monitorización y diagnóstico exitoso puede iniciarse con un solo módulo (como el Controlador de Eventos Térmicos de Westinghouse - WESTEMS) que cumple con un conjunto limitado de objetivos. La clave para el éxito global y la maximización de beneficios es disponer de una arquitectura de sistema (tal como el sistema ALLY

F II - La presentación de los datos juega un papel importante en la optimización de los programas de Monitorización y Diagnóstico.



mostrado en la figura III) que permita su crecimiento mediante la incorporación de nuevos módulos y programas. El sistema puede incluir módulos de obtención y procesamiento de datos especializados que generalmente no forman parte de los sistemas tradicionales de I&C orientados al control pero cuya utilidad ha sido demostrada. Como ejemplo de sistemas aplicados podemos identificar los siguientes:

- Monitorización de vibraciones de la bomba del refrigerante del reactor
- Monitorización sísmica
- Monitorización de piezas sueltas
- Monitorización acústica de fugas
- Monitorización de fugas por humedad
- Monitorización de vibraciones del reactor
- Monitorización de tensiones y fatiga de los materiales
- Monitorización del desplazamiento de los equipos
- Monitorización del sistema de accionamiento de los mecanismos de las barras de control
- Monitorización de válvulas

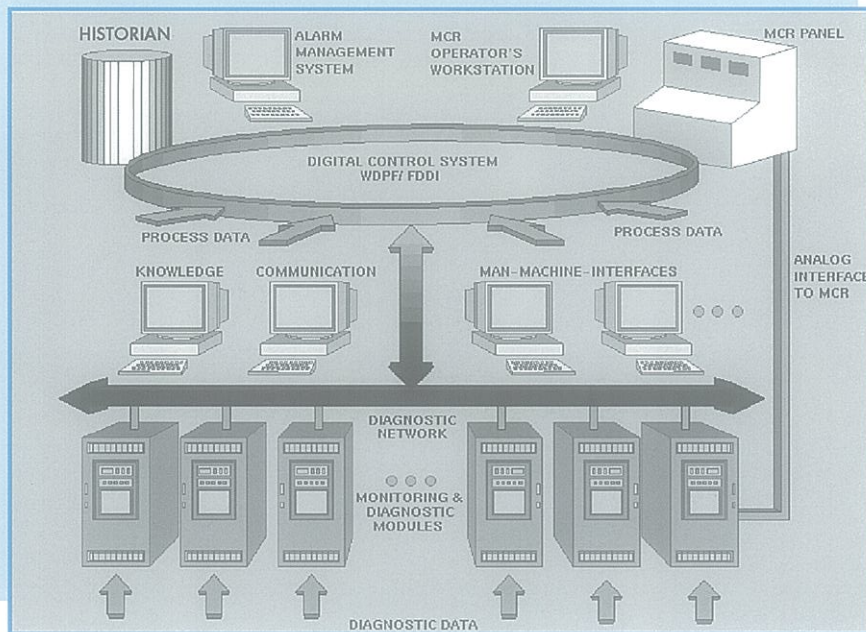
La información de la diagnosis procedente de todos los módulos se resume y se presenta gráficamente por medio del interfaz gráfico para usuarios del sistema ALLY. Este interfaz gráfico intenta mostrar la información con el suficiente nivel de detalle para permitir al usuario un análisis y verificación adecuados sin que por otro lado resulte excesiva y de difícil utilización.

CONSIDERACIONES DE COSTOS

Muchos módulos de monitorización y diagnóstico pueden actuar como sistemas autónomos, provistos de obtención de datos, procesamiento, interpretación e interfaces para el usuario. Normalmente, estos módulos justifican su costo por sí mismos. La aplicación de las tecnologías de diagnóstico y monitorización reduce los costos puesto que reduce las necesidades globales de mano de obra y suministra información sobre el estado del sistema y sus componentes que respalda los programas de reducción de mantenimiento.

Las reducciones de costo pueden obtenerse integrando actividades similares o relacionadas en un proceso simple. Un ejemplo de este tipo de integración es el Sistema de Control de Eventos Térmicos WESTEMS. Este módulo integra las siguientes actividades en un proceso único:

F III - La arquitectura del sistema es clave para su expansión futura.



- Análisis de la integridad estructural cuando han ocurrido eventos inesperados
- Recuento de los transitorios incluidos en las especificaciones técnicas
- Monitorización de la estratificación térmica NRCB-88-08

WESTEMS reduce los costos generales asociados con los programas administrativos basados en procedimientos que hacen el recuento de los transitorios incluidos en las especificaciones técnicas y la monitorización de la estratificación térmica NRCB-88-08. Adicionalmente, el sistema suministra apoyo tecnológico automatizado para los eventos que excedan los límites de calentamiento y enfriamiento indicados en las especificaciones técnicas. Los efectos sinérgicos de la integración consisten en un mayor nivel de conocimiento acerca de los transitorios que afectan al SNGV y un tiempo de respuesta más rápido para el análisis y la justificación técnica de esos eventos, mientras se reduce la mano de obra requerida para estas tareas. Los sistemas automatizados realizan el seguimiento e identificación de los transitorios de manera mucho más eficaz que cualquier programa manual basado en procedimientos. El módulo rastreará automáticamente todos los transitorios térmicos que afectan al SNGV determinará si están cubiertos por las bases de diseño existentes y, de ser así, determinará para que transitorio se dispone de un evento menos. Además, el módulo realizará automáticamente un análisis de la integridad estructural según la Sección XI del Código ASME, Apéndice E. Los resultados de todos los diagnósticos están inmediatamente disponibles para que los ingenieros puedan utilizarlos y justificar el continuar con la operación normal de la central. El beneficio de la automatización es aún más notorio cuando ocurre algún incidente que hace que se excedan los límites de calentamiento o enfriamiento indicados en las especificaciones técnicas en relación con la

vasija del reactor. El tiempo de respuesta, en casos como éste, es crítico porque la ingeniería debe analizar la integridad estructural de la vasija y determinar si la central puede continuar funcionando o si se debe pararla. Los tiempos normales de respuesta en estos casos oscilan entre las 4 y 24 horas, mientras que con un sistema automatizado los análisis están disponibles inmediatamente para poder justificar el continuar con la operación de la planta, en el caso de que el resultado sea positivo.

El módulo WESTEMS también realiza análisis

ASME de fatiga de los componentes de acuerdo con los criterios de la Sección III del Código ASME. La información obtenida con estos análisis puede ser utilizada para la evaluación del estado general de dichos componentes cuando se implementan programas PRI, PRT o GUV. Este tipo de información ha sido particularmente útil para identificar zonas sometidas a condiciones adversas de carga que han afectado de manera muy negativa a la vida del material. Como ejemplo, en una central donde se realizaban controles de fatiga automatizados, se detectaron, en las líneas de agua de alimentación, unos daños anormales causados por la fatiga. En base a las estimaciones de fatiga presentadas por el sistema, se programaron inspecciones durante la parada para recarga. Durante la inspección, se encontraron grietas en las tuberías de agua de alimentación que se repararon inmediatamente. En este caso, la monitorización de la fatiga permitió identificar y reparar la tubería en condiciones programadas, evitando así una posible parada imprevista con el consiguiente ahorro, si se consideraban los costos de sustitución de la energía durante una parada no programada.

Con la ayuda de un software de gestión del mantenimiento automatizado y la utilización de varios módulos de monitorización y diagnóstico, el ahorro puede ser muy importante. La eficacia de la operación y mantenimiento de las centrales mejora progresivamente con cada módulo que se integra en el sistema.

RESUMEN

La desregulación está obligando a las empresas eléctricas a realizar un examen minucioso de los costos de operación y mantenimiento. La monitorización y diagnóstico puede ayudar a reducirlos

mejorando la disponibilidad, incrementando los factores de capacidad y reduciendo los costos directos de mantenimiento. Esto lo consigue reduciendo los costos de inspección y vigilancia, reduciendo los costos de documentación y los tiempos de procesamiento de documentos y re-

duciendo al máximo la eventualidad de paradas no programadas. Un programa de monitorización y diagnóstico, diseñado de manera adecuada, puede proporcionar una información más exacta, completa y apropiada que sustente una toma de decisiones, relacionadas con el

mantenimiento, debidamente documentada. Aplicar actualmente tecnologías de monitorización y diagnóstico no tiene porqué ser caro; los sistemas pueden ser grandes o pequeños dependiendo de las metas y de los objetivos que cada central se haya fijado.



E.L. CRANFORD tiene 24 años de experiencia en la industria nuclear. Posee varias patentes relacionadas con los sistemas de monitorización y diagnóstico y ha representado a los Estados Unidos en la conferencia de la IAEA sobre monitorización y diagnóstico en aplicaciones relacionadas con la seguridad. Graduado por la Universidad de Augusta, Georgia, es licenciado en física y trabaja actualmente en la División de Proyectos Nucleares de Westinghouse Electric Company.



N.P. MUELLER tiene 29 años de experiencia en la industria nuclear y es director del grupo de Diseño y Análisis de Sistemas de Control de la División de Proyectos Nucleares de Westinghouse Electric Company. Tiene un master en ingeniería eléctrica por la Universidad de Pittsburgh y es autor de varios artículos relacionados con la mejora de la operación y disponibilidad de las centrales nucleares.



T.A. KOZLOSKY tiene un master en ingeniería mecánica por la Universidad de Pittsburgh. Trabaja para Westinghouse Electric Company desde 1982 y, durante los últimos años, ha desarrollado varios módulos de monitorización y diagnóstico así como un sistema experto para la integración de la información. En la actualidad lidera la puesta en marcha de un proyecto de monitorización y diagnóstico en la República Checa.

ANALAB, S.A.

TERMÓMETROS A INFRARROJOS RAYTEK

Termómetros inteligentes

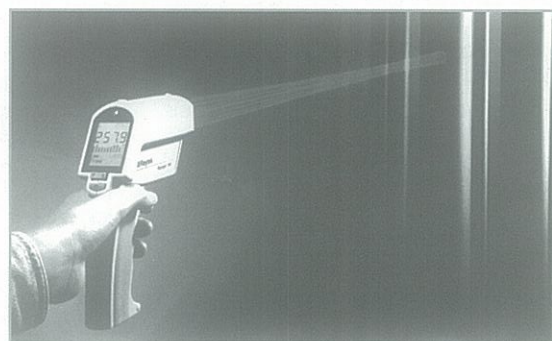
MANTENIMIENTO - INVESTIGACIÓN - CONTROL DE PROCESOS

Raytek Gm



SERIE RAYNGER 3i

- Resolución y fiabilidad óptimas.
- Rango Temperatura: -30 a +3000°C (según modelo).
- Guía Láser de máxima precisión.
- Mira telescópica y guía láser simultáneas (según modelo).
- Datalogger y Software de captura y tratamiento de datos.
- Modelos específicos para aplicaciones especiales: vidrio, plástico, metales secundarios, etc.



SERIE RAYNGER MX

- Rango Temperatura: -30 a +900°C.
- Medición instantánea - Precisión: 1%
- Facilita Lecturas: MAX, MIN, DIF, AVG (PROMEDIO)
- Alarma Baja y Alta, audible y visible.
- Puntero láser circular.
- Emisividad ajustable.
- Display gráfico.
- Datalogger interno.
- Salida datos RS232 o 1mV/°C.
- Software gráfico basado en Windows.