

DIAGNOSIS Y OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS MOTORIZADAS

Tecnatom continúa su expansión en el campo de la diagnosis de válvulas, actividad en la que en los últimos años ha puesto su foco de atención.

Los servicios incluyen la diagnosis y mantenimiento de válvulas de retención, de válvulas motorizadas y de válvulas neumáticas, estando presente en decenas de centrales nucleares tanto nacionales como internacionales (Laguna Verde, Angra, Tihange, Civaux, Loviisa), además de centrales térmicas de combustible fósil.

De entre ellas, la diagnosis de válvulas motorizadas, de mayor trayectoria de ejecución en las centrales nucleares por requisitos normativos y de implantación de programas en la industria nuclear, merece especial atención por la entidad de la población de válvulas sometidas a los programas de pruebas, la diversidad de tipos de válvulas y actuadores, y las diferentes configuraciones de ensayo y condiciones de prueba, amén de la diversidad de equipamiento y utillaje necesarios para la correcta ejecución de estas diagnosis.

Consciente de esa necesidad, Tecnatom ha incorporado los recursos humanos y materiales necesarios para la prestación de estos servicios de manera fiable y segura, poniendo sus mejores esfuerzos de acuerdo con su compromiso de apoyo a la operación segura y eficiente de las centrales nucleares españolas.

En este artículo se describe la diagnosis de válvulas motorizadas, haciendo referencia a la evolución de los requisitos normativos que han dado lugar a los programas actuales, y reseñando las técnicas en uso y los medios que Tecnatom pone a disposición de las centrales nucleares para la prestación de estos servicios.

Las válvulas motorizadas tienen un papel crítico en la operación segura y eficiente de las centrales nucleares. Los titulares de las plantas tienen la obligación de establecer programas que verifiquen de manera periódica la operabilidad de estas válvulas, esto es, que comprueben que las válvulas son capaces de realizar su función de seguridad según las condiciones base de diseño.

Para cumplir con estos requisitos se han ido desarrollando sistemas de diagnóstico que permiten monitorizar y evaluar el estado de los componentes y verificar que las válvulas están en condiciones de realizar sus funciones de seguridad.

Para abordar la resolución de problemas identificados en las válvulas motorizadas por la industria nuclear norteamericana en los primeros años 80, la NRC emitió la *Generic Letter 89-10 Safety Related MOV Testing and Surveillance* por la que se requería a los licenciarios de las CC. NN. establecer un programa que asegurase la operabilidad de las vál-

vulas relacionadas con la seguridad en las condiciones base de diseño, y ello mediante la revisión de las bases de diseño de cada válvula, la comprobación de la capacidad del actuador, la determinación de los ajustes necesarios en limitadores de par, bypass, limitadores de carrera, etc., y otra serie de acciones encaminadas a asegurar la correcta operabilidad de estas válvulas.

Posteriormente la NRC emitió la *Generic Letter 96-05*, desarrollando y aclarando determinados aspectos de la GL 89-10, y estableciendo los programas de verificación periódica de la capacidad funcional de las válvulas. La NRC requiere en esta GL 96-05 que estos programas sean capaces de detectar e identificar cambios en el comportamiento de las válvulas por degradación o envejecimiento de sus componentes.

Para dar respuesta a la GL 96-05 la industria nuclear norteamericana agrupada en el *Joint Owners Group (JOG)* desarrolló un programa que culminó con la emisión del informe



REMEDIOS CERVILLA BORDIÚ

Responsable de Operaciones de Válvulas
TECNATOM

Ingeniera Industrial por la EPSIG
de la Universidad de Oviedo.



JOSÉ Mª LAPORTA PASTOR

Gerente del área de Pruebas
TECNATOM

Ingeniero Naval por la ETSIN de la
Universidad Politécnica de Madrid.

MOTOR OPERATED VALVES DIAGNOSTICS AND MAINTENANCE OPTIMIZATION

Tecnatom continues its expansion in the field of valve diagnosis, an activity in which it has focused its attention over the last years.

Services include diagnostic testing and maintenance of check valves, motor-operated and air-operated valves, being present in tens of national and international nuclear power plants (Laguna Verde, Angra, Tihange, Civaux, Loviisa), as well as in fossil-fuelled power plants.

Among them, the diagnostic testing of motor-operated valves (MOV), which execution is longer-established in NPPs due to regulatory and program implementation requirements, deserves special attention on account of the entity of the population of valves subject to the test programs, the diversity of valves and actuators, and the different test configurations and conditions, as well as the diversity of equipment and tools necessary for the correct execution of this testing.

Aware of this need, Tecnatom has incorporated the human and material resources necessary to provide these services in a reliable and safe manner, putting its best efforts in accordance with its commitment to support the safe and efficient operation of the Spanish nuclear power plants.

This article describes the diagnostic testing of motor-operated valves, referring to the evolution of the normative requirements that have given rise to the current programs, and outlining the techniques in use and the means that Tecnatom makes available to the NPPs to provide these services.

final MPR-2524, Joint Owners' Group Motor Operated Valve Periodic Verification Program Summary.

El programa se desarrolló con numerosos ensayos de diagnosis estática y dinámica sobre un elevado número de válvulas de hasta 98 reactores. Sobre la base de estos ensayos se estableció una categorización que determina el enfoque a dar a cada válvula en cuanto a su programa de pruebas, analizando además y dando recomendaciones para los diferentes tipos de válvulas diferenciando el tratamiento a dar a cada una de ellas.

Por otra parte, establece que para verificar la capacidad base de diseño de las válvulas éstas deben probarse en modo estático o dinámico a determinados intervalos de tiempo según su clasificación de riesgo y su margen funcional, entendiendo éste como la diferencia entre los valores de los parámetros de funcionamiento (empuje, par) reales y especificados. Las válvulas se clasifican en bajo, medio, y alto riesgo, en función de determinados criterios relacionados con la seguridad. En cuanto a los márgenes funcionales se considera que, teniendo en cuenta las incertidumbres asociadas a los métodos de medida, son de bajo margen las válvulas con margen inferior al 5%, de margen medio el igual o mayor al 5% pero menor del 10%, y de alto margen aquéllas válvulas con margen superior al 10%.

De esta manera se establecen los intervalos de prueba o diagnosis estáticas según la Tabla 1.

Para dar cumplimiento efectivo a estos programas de pruebas se aplican los métodos de diagnosis basados en la medida de los parámetros y señales características que determinan el comportamiento de las válvulas en su función de seguridad.

El método de diagnosis consiste esencialmente en el registro y la evaluación de diversos parámetros eléctricos y mecánicos de la válvula durante su accionamiento, que nos aportan información sobre el estado del componente y su operabilidad.

La realización de estas pruebas implica diferentes tipos de actuación eléctrica para maniobrar en apertura y cierre la válvula. Las pruebas podrán ser estáticas, sin caudal ni presión en el sistema, o dinámicas, con el sistema en funcionamiento a presión y caudal nominales. En cuanto a la actuación de la válvula, y en

Intervalo de prueba (años)	Margen bajo	Margen medio	Margen alto
Alto riesgo	2	4	6
Medio riesgo	4	8	10
Bajo riesgo	6	10	10

Tabla 1.

Parámetro	TRANSDUCTOR
Parámetros eléctricos:	
Tensión en cada una de las fases (Va, Vb, Vc)	Medidor de tensión alterna.
Intensidad en cada una de las fases (Ia, Ib, Ic)	Pinzas amperimétricas
Actuación del interruptor de par	Pinzas amperimétricas
Actuación de los contactos (finales de carrera, bypass, luces, interlocks, etc.)	Pinzas amperimétricas
Parámetros mecánicos:	
Empuje y par en el vástago	Sensores de par y empuje tipo QSS
Desplazamiento del paquete de muelles (spring-pack)	LVDT
Desplazamiento del vástago de la válvula	Sensor de desplazamiento (potenciómetro de hilo).

Tabla 2.

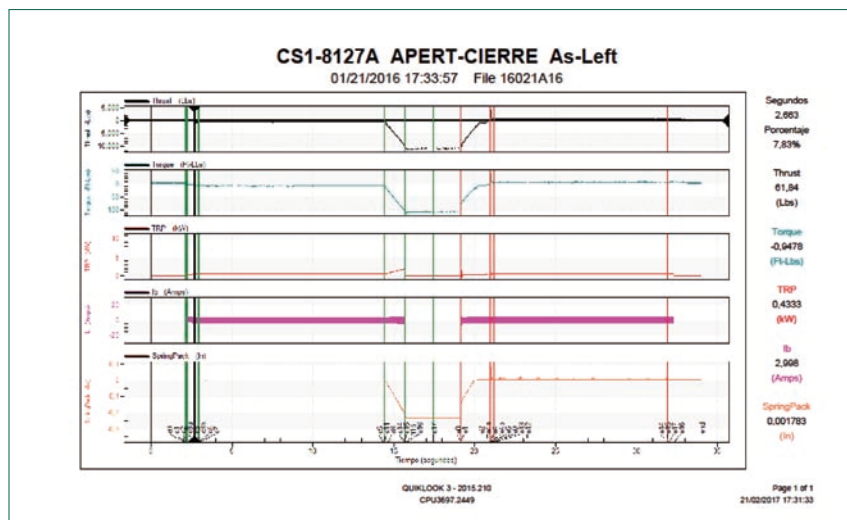


Figura 1. Gráfico de empuje, par, potencia, intensidad, y desplazamiento de spring-pack en apertura y cierre.

función de las condiciones en las que se encuentre la planta, la operación de la válvula podrá realizarse:

- Desde Sala de Control.
- Desde su propio Centro de Control de Motores con botonera local en el actuador.
- Con un CCM auxiliar portátil.

En este último caso además se pueden utilizar variadores de tensión para conocer la respuesta de la válvula en condiciones de tensión degradada.

Para realizar de forma adecuada y con aprovechamiento una diag-

nosis, se requiere un estudio previo de los datos conocidos de diseño, planos, etc., de cada conjunto válvula-actuador con objeto de conocer los empujes de diseño y su reparto (asiento, rozamiento en empaquetadura, efecto pistón, etc.), regulaciones, puntos de ajuste de interruptores, y los datos necesarios para la elección de sensores.

Típicamente, los parámetros a medir serán los que se indican en la Tabla 2.

Además de registrar estos parámetros, el software empleado permite obtener mediante cálculo las

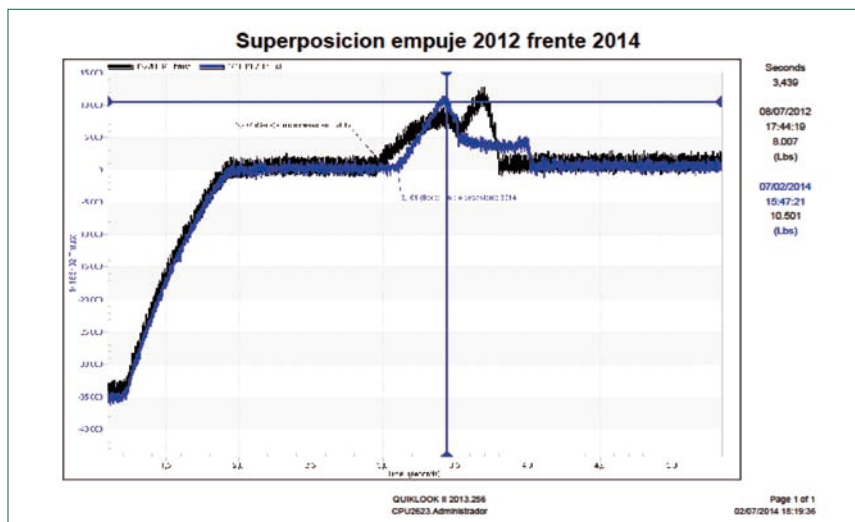


Figura 2. Gráfico de evolución de holuras en la unión vástago-disco en una válvula de compuerta.



Figura 3. Instalación de sensores para diagnóstico in situ de una válvula motorizada.

siguientes curvas en cada maniobra de apertura y cierre (Figura 1):

- Potencia consumida (real, aparente, reactiva).
- Valor eficaz de tensiones y corrientes (RMS).
- Tensiones y corrientes entre fases.
- Desfase ("ángulo de fase") entre fases.

Todos estos datos permitirán posteriormente realizar el seguimiento de una misma válvula o de varias válvulas del mismo modelo a través de la superposición de las curvas o gráficas, a modo de tendencias (ejemplo en Figura 2).

En todos los casos se efectuará una primera evaluación *in situ* que permita efectuar, de forma inmediata y en el curso de la toma de registros, los ajustes correspondientes de los interruptores de par y de final de carrera, ajustes que serán efectuados según los valores de diseño. En dicho caso, al efectuar los ajustes se tendrá en cuenta la precisión del sistema de medida.

Toda prueba de diagnóstico tendrá un análisis cuantitativo y cualitativo de los registros obtenidos.

Algunos de los criterios a considerar, entre otros, son:

- Ventanas de ajuste de empuje/par al disparo del interruptor de par.
- Empuje máximo final.
- Par máximo al disparo del interruptor de par.
- Empuje y par en distintos puntos de la maniobra de apertura y cierre.
- Factor de vástago y coeficiente de rozamiento.
- Holgura máxima del paquete de muelles (*spring pack*).
- Desplazamiento del paquete de muelles al disparo del interruptor de par.
- Ventanas de tiempos de carrera.
- Contactos auxiliares (señalización, enclavamientos), etc.
- Intensidad en recorrido y potencias.
- Márgenes de disponibilidad.

Tras el análisis de diferentes opciones para la elección de los sistemas de medida, Tecnatom optó por el empleo del sistema Quiklook de Teledyne Test Services, líder mundial en sistemas de diagnóstico de válvulas. El sistema es compatible con diferentes tipos de sensores de medida de empuje y de par, en vástago liso y en vástago roscado.

Además de la diagnosis propiamente dicha se realizan otros ensayos complementarios que someten a

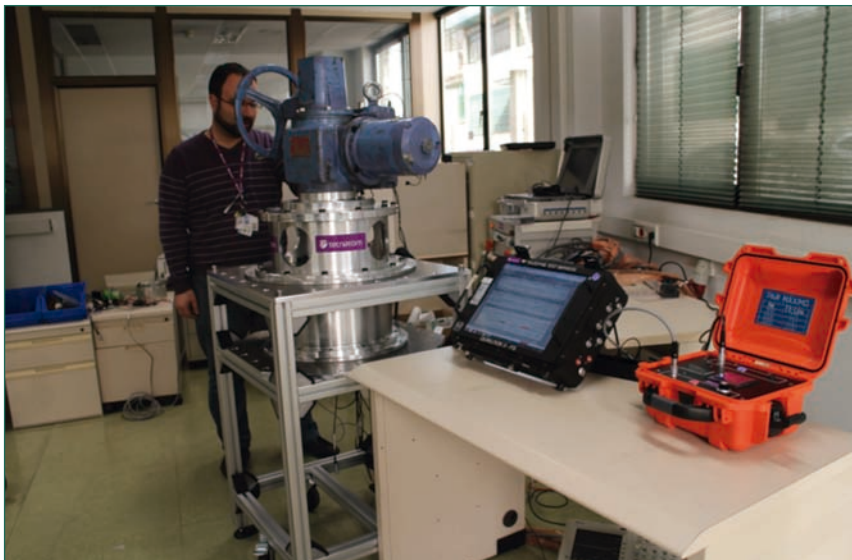


Figura 4. Banco de ensayo de actuadores.

prueba determinados componentes del conjunto válvula-actuador (Figura 3).

Ensayo del *spring-pack* o paquete de muelles

Una parte importante del actuador motorizado es el paquete de muelles (*spring-pack*). Éste se desplaza durante la transmisión de par por parte del motor a la válvula.

El interruptor de par está acoplado al paquete de muelles, lo que hace que cuando se alcanza un determinado nivel de par (en apertura máxima o cierre máximo de la válvula), el interruptor para la maniobra del motor, asegurando no se aplique un exceso de par.

En caso de que el paquete de muelles no cumpliera con las especificaciones, el disparo del interruptor de par podría ser inapropiado, lo que podría llevar a una situación de exceso de par en caso de actuación tardía (podría dañar componentes del conjunto actuador-válvula) o defecto de par en caso de actuar con anterioridad (la válvula podría no alcanzar su posición completamente abierta o completamente cerrada).

Por esto es importante que el paquete de muelles esté ajustado correctamente. Para ello, Tecnatom dispone de un banco de calibración que permitirá evaluar el estado del paquete de muelles, así como la tendencia del mismo con el paso del tiempo.

El ensayo consiste en el registro de la fuerza de compresión del paquete de muelles a medida que aplicamos fuerza progresivamente mediante una bomba manual, así como del desplazamiento lineal resultante de la compresión del mismo.

Con este ensayo obtendremos las curvas de desplazamiento/par y fuerza de los paquetes de muelles calibrados, permitiendo de esta forma determinar la validez o no del mismo según los requisitos indicados por Ingeniería.

El registro y análisis de datos se realiza empleando el mismo sistema y software Quiklook.

Ensayo de actuador en banco

Este ensayo tiene por objeto calibrar el actuador y obtener diferentes medidas de par en función del punto de ajuste del dial del interruptor de par, así como analizar la repetibilidad del mismo.

Se realiza para verificar la capacidad funcional del actuador antes de montarlo sobre la válvula y previamente a la diagnosis del conjunto válvula – actuador. Típicamente tras el mantenimiento del actuador con desmontaje de sus componentes internos.

En la prueba en banco se utilizará alimentación auxiliar (CCM portátil).

Paralelamente a la medida del par de salida del actuador mientras se frena con el banco, y a la velocidad de giro del mismo, se registrarán las

señales de potencia, desplazamiento del paquete de muelles y actuación del interruptor de par.

Esta calibración permitirá extrapolar los datos obtenidos a los posibles ajustes a realizar tras el montaje en válvula.

El rango de medida y capacidad de frenado del banco a utilizar dependerá del tamaño de actuador.

Los bancos actualmente disponibles para estos ensayos presentan inconvenientes de orden práctico para su empleo en planta. En algunos casos se trata de bancos con muchos años de antigüedad, y los actualmente disponibles en el mercado son de tamaños y pesos no apropiados para los requisitos de movilidad en planta.

Para cubrir esta necesidad Tecnatom ha desarrollado bancos de ensayo portátiles con las características adecuadas para el frenado de los actuadores de las válvulas motorizadas, y la medida de sus parámetros característicos con la calidad de señal y la precisión requerida en este tipo de ensayos (Figura 4).

Un programa adecuado de diagnosis permite retroalimentar los programas de mantenimiento, minimizando fallos de las válvulas a la vez que ahorrando costes, de mano de obra, repuestos, dosis de radiación, etc., con el consiguiente impacto positivo en la operación de la planta. El objetivo es realizar las actuaciones de mantenimiento necesarias, pero no más de las necesarias, para mantener la válvula operable y en condición segura. Y ello se consigue con la implantación de un programa de diagnosis adecuado y, fundamentalmente, con su correcta ejecución práctica.

Desde 2009 Tecnatom viene prestando el servicio de diagnosis y mantenimiento de válvulas motorizadas en decenas de centrales nucleares tanto nacionales como internacionales (Laguna Verde, Angra, Tihange, Civaux, Loviisa), además de en centrales térmicas de combustible fósil.

Tecnatom colabora además con Teledyne Test Services, fabricante de los sistemas de diagnosis Quiklook, con quien viene trabajando en la mejora y optimización de los equipos y software para diagnosis de válvulas.■