



Luis Miguel GARCÍA FERRER es Ingeniero Industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Zaragoza. En 1987 entró a formar parte del departamento de diseño de WALTHON WEIR PACIFIC S.A. como becario de la Fundación Empresa-Universidad de Zaragoza. En 1989 pasó a EUMYNSA, división de mantenimiento del GRUPO WALTHON, como responsable del departamento de desarrollo y aplicaciones de ensayos de válvulas y actuadores eléctricos / neumáticos.

DIAGNOSIS DE VÁLVULAS MOTORIZADAS DESDE EL CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

L. M. GARCÍA FERRER

Desde que en Abril de 1989 la U.S. NRC publicara la Generic Letter 89.10, las centrales nucleares españolas construidas con tecnología americana han invertido una gran cantidad de recursos económicos y esfuerzo personal en la consecución de los objetivos fijados en la misma. Parte de ellas, unidas en el Grupo de Propietarios, se decidió años atrás en cumplir los requerimientos de dicha US NRC G.L. 89.10 mediante una aproximación de ingeniería realizada por SIEMENS / KWU.

El Concepto SIEMENS de Funcionamiento de las Válvulas, asumido en España por WALTHON WEIR PACIFIC y su división de mantenimiento EUMYNSA, consta básicamente de dos partes principales perfectamente diferenciadas entre sí.

- El análisis de la capacidad actual de

funcionamiento de la válvula para cumplir con las exigencias del sistema en que está instalada, y

- La comprobación de que dicha capacidad actual de funcionamiento es mantenida durante toda la vida de la planta.

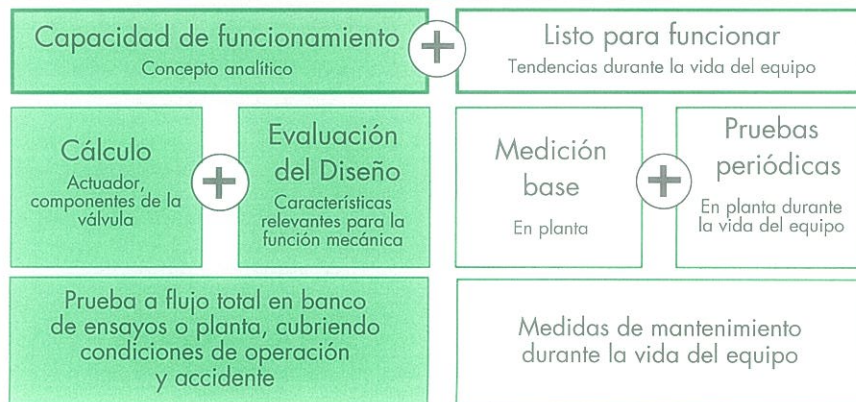
En la figura 1 se puede observar todas las partes de que consta el Concepto SIEMENS de Funcionamiento de las Válvulas.

En la primera fase, análisis de la capacidad actual de funcionamiento de la válvula (Ability of Function), se comprueba que la válvula y el actuador son capaces de realizar su función aún en las condiciones más desfavorables, bien sea operación manual o accidente base de diseño, del sistema en que están instaladas.

El proceso de esta primera fase se divide a su vez en dos partes diferenciadas:

FI - Concepto SIEMENS de funcionamiento de las válvulas.

Concepto de funcionamiento de las válvulas



Concepto de cálculo de las válvulas de compuertas relacionadas con la seguridad

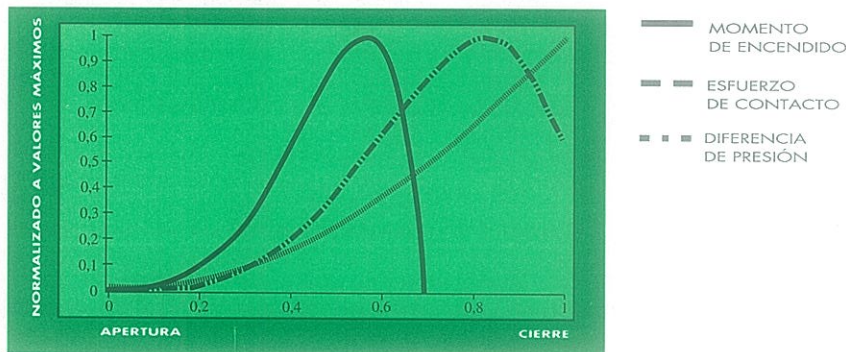
Parámetros con tolerancias referidas al valor nominal

FUNCIÓN Par requerido	ANÁLISIS DE ESFUERZOS PARA LAS PARTES FUNCIONALES	
	OPERACIÓN	FALLO DE DESCONEXIÓN
FRICCIÓN Vástago / Tuerca de roce $\Delta\mu = 33,3\%$	FRICCIÓN Vástago / Tuerca de roce $\Delta\mu = 33,3\%$	FRICCIÓN Vástago / Tuerca de roce $\Delta\mu = 33,3\%$
FRICCIÓN Caja de empaquetadura $\Delta\mu = 50\%$	FRICCIÓN Caja de empaquetadura $\Delta\mu = 50\%$	FRICCIÓN Caja de empaquetadura $\Delta\mu = 50\%$
FRICCIÓN Coeficiente de disco $\Delta\mu = 25\%$	FRICCIÓN Coeficiente de disco $\Delta\mu = 25\%$	TOLERANCIA DE PAR De la temperatura en la bobina $\Delta MT = 10\%$
TOLERANCIA DEL INTERRUPTOR Coeficiente de disco $\Delta C = 10\%$		EFICIENCIA DE LA TRANSMISIÓN $\Delta G = 10\%$
		TOLERANCIA DE PAR De la tolerancia del bobinado de la bobina $\Delta M = 14\%$

F II - Parámetros de cálculo de las válvulas con sus tolerancias.

F III - Evaluación del diseño de una válvula de compuerta con caras paralelas.

Capacidad de funcionamiento Valorización del diseño de válvulas de compuerta



CONCEPTO SIEMENS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS

- El cálculo de la capacidad actual de funcionamiento de la válvula.
- La realización de pruebas dinámicas que confirmen la bondad del cálculo anteriormente realizado.

La Capacidad de Funcionamiento de la válvula se determina por medio de dos pasos analíticos.

En el primero de ellos se calcula el empuje que debe proporcionar el actuador y el esfuerzo que soportan los componentes de la válvula. Durante este cálculo se asume que todos los parámetros que influyen en el funcionamiento de la válvula actúan simultáneamente con sus tolerancias a fin de que dicho cálculo resulte conservativo. En la tabla de la figura II se muestran estos parámetros con la tolerancia que les afecta a cada uno. Estas tolerancias están determinadas experimentalmente en base a la multitud de pruebas de diagnóstico

realizadas en diversos países con la tecnología SIEMENS siguiendo la aproximación de Gauss para la propagación de errores aleatorios.

Como resultado de este cálculo se desprende que para actuar la válvula es necesario un determinado empuje con una determinada tolerancia. Para calcular el par que debe proporcionar el actuador nuevamente se debe considerar una tolerancia para la transmisión entre el husillo de la válvula y la tuerca de roce del actuador. Con este par obtenido debe ser ajustado el interruptor de par del actuador en el banco de ensayos considerando siempre una tolerancia positiva. El siguiente paso lógico es que, debido a haber considerado conservativamente todas las tolerancias, el par calculado puede producir un empuje considerablemente más alto, si, por ejemplo, las pérdidas por fric-

ción en el sistema mecánico son menores a las esperadas. Evidentemente, como segunda parte del cálculo anterior, se verifica que los componentes de la cadena de transmisión de empuje de la válvula soportan esta fuerza manteniéndose dentro de su tensión admisible. En este punto se realiza también el análisis de la pieza más débil de la válvula asumiéndolo para la comprobación del empuje requerido.

Estos pasos analíticos proporcionan valores que, para la mayoría de un cierto grupo de válvulas, permiten un relativo margen de seguridad. En alguna de las válvulas puede ser que los resultados obtenidos no sean satisfactorios. En este caso, se utilizan los resultados analíticos para implementar mejoras tanto en los actuadores como en las válvulas. Estos valores nominales pasan a considerarse entonces como datos de diseño para el actuador y la válvula en caso de que se suministre una válvula nueva.

El segundo de los pasos analíticos a desarrollar para verificar la Capacidad Actual de Funcionamiento de la válvula es la evaluación del diseño. Esta evaluación consiste en la comprobación de que los componentes mecánicos de la válvula y el actuador funcionaran de acuerdo a las premisas con las que fueron diseñadas. Así se muestra la validez de los modelos matemáticos utilizados y que es permisible el uso de las reglas de cálculo. Las características del diseño consideradas en esta fase no han sido tenidas en cuenta en el cálculo de la fase anterior. La figura III presenta un ejemplo de los aspectos que se estudian en este punto. La gráfica muestra el funcionamiento de una válvula de compuerta de caras paralelas. En una carrera normalizada de la válvula (0 = abierta, 1 = cerrada) se representa la variación, también en valores normalizados, del par de inclinación de la cuña, del esfuerzo de contacto en los asientos y de la presión diferencial. El concepto de par de inclinación que se produce en la cuña se entiende mejor a la vista de la figura IV. En la parte izquierda de la figura se presenta el análisis de inclinación de la cuña para una válvula de compuerta de caras paralelas y en la derecha para una de caras inclinadas. El par de inclinación mencionado se produce por una diferencia de superficies por debajo y por encima de la línea de inclinación (tilting line) sometidos a presión diferencial.

Además de las características antes mencionadas se consideran otras también relevantes del diseño para el funcionamiento de la válvula.

Para completar la primera fase del Concepto SIEMENS de Funcionamiento de las Válvulas, se debería proceder ahora a la realización de pruebas dinámicas a las mismas con el fin de

Capacidad de funcionamiento. Valoración de válvulas de compuerta

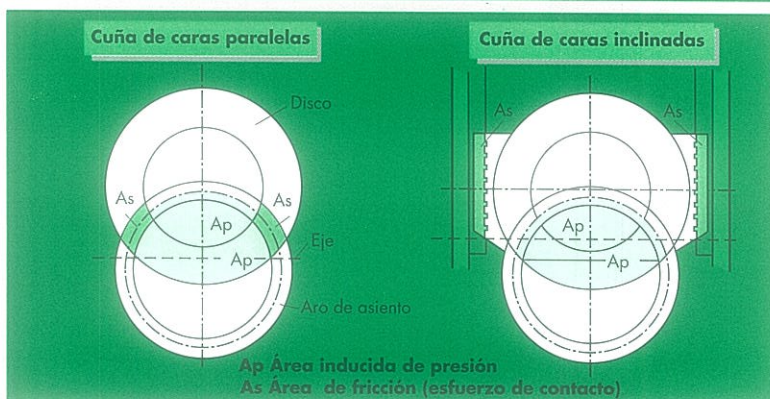
comprobar que los pasos analíticos realizados con anterioridad son correctos. Para reducir el número de pruebas dinámicas a realizar bajo la US NRC-G.L. 89.10, se ha desarrollado un análisis posterior encaminado a proveer una base para la justificación técnica a las válvulas que no van a ser probadas.

En este análisis, llamado Análisis de Similitud, se cuantifican las características principales para el funcionamiento del diseño. Las características analizadas en este proceso son la relación esfuerzo frente a la carrera en las guías del cuerpo y en el asiento y el esfuerzo en las partes funcionales para encontrar grupos de funcionamiento similar. Otras características que se estudian son la deflexión de las piezas y los requerimientos del sistema en que está instalada la válvula.

Terminado este estudio, se seleccionan para las pruebas dinámicas las válvulas representativas de cada grupo con la carga más alta para cada tamaño. Estas válvulas se convierten así en la referencia para las demás con el resultado de las pruebas realizadas, como se recoge en el suplemento 6 de la US NRC G.L. 89.10. En cualquier caso, el Análisis de Similitud es una unión lógica entre la parte analítica y la experimental. En él se recoge el comportamiento de las características principales del diseño y una respuesta integral a la operabilidad de la válvula. En la mayoría de los casos los resultados de las pruebas son satisfactorios incluso si se obtienen limitaciones en los resultados analíticos, ya que se puede utilizar la eficacia en los cálculos.

En este punto se encuentran las centrales nucleares españolas, terminando la fase de demostración de la capacidad actual de funcionamiento de las válvulas de sus sistemas de seguridad. Ahora comienza el proceso en que es necesario asegurar que la capacidad actual de funcionamiento va a ser mantenida durante toda la vida de la planta. Este proceso es el segundo gran bloque del Concepto SIEMENS de Funcionamiento de las Válvulas. Se conoce como el "Readiness for Function" o "listo para funcionar". En esta fase y mediante pruebas en planta se estudian las tendencias en el funcionamiento de las válvulas con el fin de detectar posibles fallos y degradaciones futuras antes de que éstas supongan un riesgo para la operabilidad de la válvula.

Para obtener los datos necesarios para llevar a cabo este análisis de tendencias, SIEMENS desarrolló la tecnología necesaria para realizar diagnosis a las válvulas motorizadas y para realizar pruebas a las mismas desde el Centro de Control de Motores. Estos equipos, utilizados en España por EUMYNESA, permiten una medición fiable y precisa de los parámetros de funcionamiento



CONCEPTO SIEMENS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS VÁLVULAS

F IV - Concepto de par de inclinación en la cuña de válvulas de compuerta.

de la válvula y proveen datos suficientes para una evaluación correcta de los posibles defectos existentes en la válvula.

Para poder iniciar el proceso de análisis de tendencias de las válvulas en planta, se debe disponer en primer lugar de una "medición base" o "baseline" a la cual referir las pruebas sucesivas a que se someta la válvula. Esta medición se debe realizar en un punto en el que se conoce que tanto el actuador como la válvula se encuentran en perfectas condiciones. Para ello conviene que personal especializado en el mantenimiento de válvulas y actuadores realice una revisión a fondo de ambos antes de llevar a cabo dicha medición. Para realizar esta medición se utiliza el equipo de diagnosis de válvulas motorizadas que, además de los parámetros eléctricos de funcionamiento del actuador y de la actuación de los interruptores, recoge el empuje durante la carrera de la válvula mediante galgas extensométricas pegadas en el vástago. Esta medición permite obtener una correlación "empuje-potencia activa del motor" que se utilizará en las pruebas posteriores.

Para asegurar la capacidad actual de funcionamiento de la válvula SIEMENS desarrolló hace ya 10 años un sistema capaz de realizar las pruebas de las válvulas desde el Centro de Control de Motores de la misma. Este equipo ha ido evolucionando desde su nacimiento hasta el modelo actual que, en base a la correlación obtenida en la medición base permite la estimación fiable del empuje de la válvula y provee una señal capaz de denunciar cualquier posible defecto que se encuentre en la válvula o el actuador. El parámetro sensitivo utilizado en este sistema para la representación del empuje en el vástago de la válvula es la potencia ac-

tiva del motor del actuador.

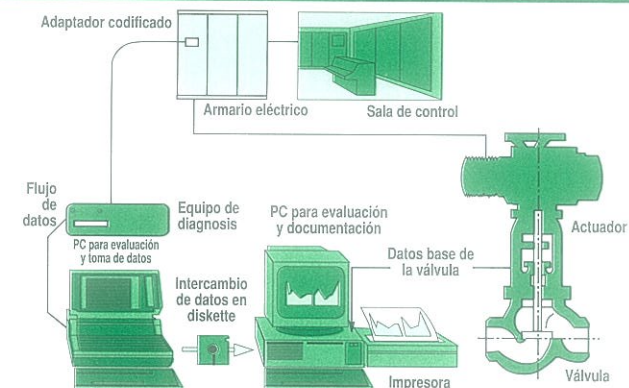
La figura V muestra un esquema simplificado de la medición de potencia activa desde el Centro de Control de Motores de la válvula. El método permite corregir las pérdidas originadas en los cables que van desde el Centro de Control de Motores hasta la localización del actuador, considerando así la potencia verdadera del motor.

La realización de las sucesivas pruebas a la válvula desde el Centro de Control de Motores en vez de desde la localización de la válvula presenta gran cantidad de ventajas dignas de considerar. Estas ventajas van desde la minimización de exposición a radiación del personal encargado de la prueba hasta la reducción de trabajos en recarga o la evaluación del plan de mantenimiento preventivo de la planta.

Para realizar estas mediciones de forma confortable y segura, se instala en la puerta delantera del Centro de Control de Motores un conector tipo enchufe codificado para cada válvula individual. Dentro, se instalan unos convertidores inductivos de potencia para obtener la potencia activa de cada una de las tres fases y la actuación de los interruptores del actuador. El código en el conector indica para cada válvula individual el punto de medición en el sistema y la base de datos en que se encuentra la válvula. Esta información no puede ser cambiada por error por lo que se asegura que se va a comparar la medición actual con la medición base de la válvula.

Para el propósito de analizar la tendencia en el funcionamiento de la válvula, los datos obtenidos en las pruebas desde el Centro de Control de Motores se presentan en forma gráfica y en forma tabular. El análisis de los datos recogidos en pruebas sucesivas por medio del software preparado para ello

Medidas de diagnóstico desde el centro de control de motores (CCM)



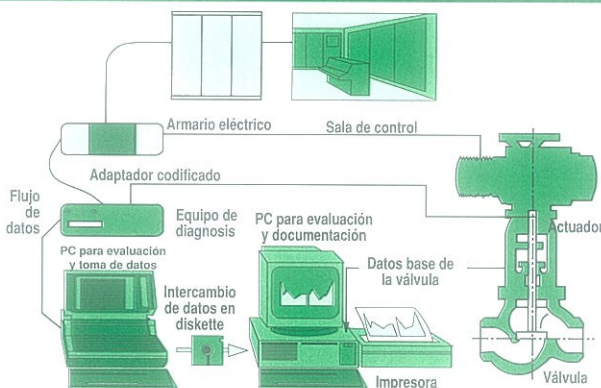
EQUIPO DE DIAGNOSIS

- Medidas
 - potencia activa
 - corriente (3 fases)
 - desviaciones de corriente
 - voltaje
 - maniobra de control de apertura
 - maniobra de control de cierre
- Potencias de motor conectables
 - hasta 1Kw, hasta 8Kw, hasta 18 Kw
 - corriente alterna 3 fases
 - 400 V / 50 Hz
 - 500 V / 50 Hz
 - 500 V / 60 Hz
- Corriente
- Voltaje
- Voltaje de control
 - hasta 250 V / 50,60 Hz
 - hasta 250 cc.
- Alimentación de energía
 - 230 V (+6% a -10%)
- Dimensiones
 - 147 x 470 x 362 mm (alto x ancho x largo)
- Peso
 - 13 Kg
- Protección
 - IP 20

REGISTRADOR DE DATOS

- PC compatible IBM para uso industrial, móvil.
- Procesador de altas prestaciones 80486 con 33 MHz
- Memoria central 8 MB
- Pantalla de 10,4" en color de matriz activa compatible EGA, VGA, compatible VESA
- Disco duro 500 MB
- Unidad de disco 3,5", 1,44 MB
- Programa MS - DOS 6.2
- 8 entradas analógicas y máximo 24 digitales
- Interruptor estático para datos de entrada, controlado por programa
- Voltaje autoajustable 115/230 VAC
- Dimensiones 460 x 142 x 400 mm (ancho x alto x largo)
- Peso aproximado 9,8 Kgs.
- Protección IP20

Medición de diagnóstico en la válvula



EQUIPO DE DIAGNOSIS

- Medidas
 - potencia activa
 - corriente (1 fase)
 - desviaciones de corriente
 - voltaje (1 fase)
 - carrera de desplazamiento del sinfin
 - Ángulo del desplazamiento del sinfin
 - Señales de los interruptores (6 canales)
 - Empuje en el vástago
 - Par en el vástago
- Potencias de motor conect.
- Corriente
- Voltaje
- Voltaje de control
 - hasta 1Kw, hasta 8Kw, hasta 18 Kw
 - corriente alterna 3 fases
 - 400 V / 50 Hz
 - 500 V / 50 Hz
 - 500 V / 60 Hz
 - hasta 250 V / 50 Hz, 60 Hz
 - hasta 250 VCC
- Alimentación de energía
 - 230 V (+6% a -10%)
- Dimensiones
 - 147 x 470 x 362 mm (alto x ancho x largo)
- Peso
 - 20Kg
- Protección
 - IP 20

REGISTRADOR DE DATOS

- PC compatible IBM para uso industrial, móvil.
- Procesador de altas prestaciones 80486 con 33 MHz
- Memoria central 8 MB
- Pantalla de 10,4" en color de matriz activa compatible EGA, VGA, compatible VESA
- Disco duro 500 MB
- Unidad de disco 3,5", 1,44 MB
- Programa MS - DOS 6.2
- 8 entradas analógicas y máximo 24 digitales
- Interruptor estático para datos de entrada, controlado por programa
- Voltaje autoajustable 115/230 VAC
- Dimensiones 460 x 142 x 400 mm (ancho x alto x largo)
- Peso aproximado 9,8 Kgs.
- Protección IP20

FV - Esquema de una prueba de diagnóstico desde el Centro de Control de Motores.

FVI - Esquema de una prueba de diagnóstico en la localización de la válvula.

permite detectar si nos encontramos ante una secuencia aleatoria o si por el contrario, los datos medidos tienden en alguna dirección que indiquen el comienzo de alguna anomalía. En este caso se puede optar por realizar una nueva medición desde la localización de la válvula recogiendo más parámetros para localizar el fallo de una forma más precisa e identificar la causa raíz del mismo. Estos datos son registrados, procesados y documentados con el mismo equipo que se utilizó para la medición base de la válvula. Un esquema de la medición in situ se presenta en la figura VI.

En párrafos anteriores se ha hablado de forma general en las ventajas que presenta este tipo de medición desde el Centro de Control de Motores pero no conviene terminar este artículo sin destacar las, a mi juicio, ventajas más importantes. La primera de ellas es una notable disminución en la exposición a radiación del personal encargado de realizar las pruebas. El hecho de que el grueso del equipo de pruebas permanezca en el Centro de Control de Motores, zona de baja radiación, a que lo haga en las inmediaciones de la válvula, zona habitualmente de alta radiación, hace que la dosis equivalente colectiva descienda a niveles mínimos. Hoy en día en que las plantas se encuentran inmersas en programas ALA-

RA de reducción de dosis, esta reducción es un punto a tener en cuenta.

Otro punto importante es la reducción de trabajos en recarga que se pueden desprender del uso de este sistema. En primer lugar esta reducción viene dada por la posibilidad de programar estas pruebas durante el ciclo de operación de la planta, haciéndolas coincidir incluso con las pruebas periódicas correspondientes al código ASME XI. El segundo camino de reducción de trabajos en recarga es la posibilidad de variar el plan de mantenimiento de la planta. El concepto de mantenimiento preventivo como mantenimiento basado en la experiencia puede ser cambiado a la condición de mantenimiento orientado, interviniendo solamente en las válvulas en que se está originando un problema. Así se pueden ampliar los intervalos entre inspecciones visuales que requieran desmontaje de la válvula pues se tiene constancia documental del buen funcionamiento de la misma. Un beneficio añadido de este punto es la reducción del riesgo de montajes inapropiados además de la consiguiente reducción del personal trabajando en recarga.

CONCLUSIONES

Una vez realizada la implantación de los nuevos ajustes de las válvulas cal-

culados en los estudios originados por la US NRC GL 89.10 y comprobado que las válvulas funcionarán correctamente así ajustada en condiciones base de diseño, las plantas se encuentran ante dos posibilidades. La primera de ellas es comprobar que el estado actual de la válvula se mantiene mediante las pruebas de diagnóstico tradicionales. Debido a que no se permite el acceso durante el ciclo de operación a la mayoría de las válvulas por su elevada dosis de radiación, se deben programar todas las pruebas en las paradas de recarga. Esto hace que la recarga se sature de pruebas además de que en caso de encontrar algún problema el tiempo de reacción es reducido.

La segunda de las posibilidades consiste en utilizar el sistema de diagnóstico desde el Centro de Motores de la válvula, e ir implementando gradualmente las ventajas que aporta. Desde descongestionar de pruebas la parada de recarga, con la consiguiente disminución del problema de descargos de equipos y sistemas. Además, en caso de encontrar problemas en la válvula o actuador, se puede programar las intervenciones de mantenimiento correctivo para la próxima parada programada contando con tiempo suficiente para planificar la intervención y acopiar los repuestos presumiblemente necesario.