

NUEVA INSTRUMENTACIÓN DE NIVEL DE AGUA DEL REACTOR PARA PWR

S. KAERCHER

Actualmente, muchos de los reactores del tipo PWR están equipados con sistemas de instrumentación para determinar el nivel de agua en el reactor utilizando métodos diferentes de medición.

Debido a problemas de obsolescencia, FRAMATOME ANP empezó a desarrollar y calificar un nuevo sistema de medición del nivel de agua en la vasija del reactor usando termopares calientes y fríos. El principio de medición se basa en el hecho que el traspaso térmico en agua es considerablemente mayor que en vapor.

La solución electrónica para procesar las señales se basa en una tecnología ya comprobada y desarrollada, calificada e instalada por FRAMATOME ANP en distintas CC.NN. Para la adquisición y el procesamiento de las señales de los termopares el sistema está equipado con transductores avanzados de medición de temperaturas.

Today, many PWR reactors are equipped with a reactor water level instrumentation system based on different measurement methods.

Due to obsolescence issues, FRAMATOME ANP started to develop and qualify a new water level measurement system using heated and unheated thermocouple measurements. The measuring principle is based on the fact that the heat transfer in water is considerably higher than in steam.

The electronic cabinet for signal processing is based on a proven technology already developed, qualified and installed by FRAMATOME ANP in several NPPs. It is equipped with an advanced temperature measuring transducer for acquisition and processing of thermocouple signals.

INTRODUCCIÓN

Historia y contexto

Hasta que se produjo el accidente de Three Mile Island (TMI), se utilizaba el nivel del agua del interior del presionador para supervisar el inventario del agua existente dentro del sistema de refrigeración principal de los reactores con agua a presión (PWR). El accidente de TMI mostró que éste no era un método fiable para determinar el inventario de refrigerante en el interior de la vasija a presión del reactor. En consecuencia, era necesario contar con una medición directa del nivel del agua del

interior de la vasija a presión del reactor (RPV) que fuera independiente y distinta de la medición del nivel del agua del interior del presionador.

En la actualidad, todos los reactores de agua a presión alemanes están equipados con una instrumentación del nivel del agua del reactor basada en mediciones de termómetros de resistencia. Esta instrumentación dejará de fabricarse por varias razones, de las que la más evidente es la reciente dificultad para conseguir los componentes esenciales. Debido a la prevista desaparición de estos equipos, FRAMATOME ANP ha firmado un contrato con la VGB (asociación alemana de operadores de centrales eléctricas) para el desarrollo y adaptación de una nueva cadena de medición. La nueva instrumentación ha de cumplir todos los requisitos que satisface la ya existente: concepto de redundancia, margen de mediciones, competencia, etc.

Los criterios siguientes constituyen la base del diseño del sistema de medición del nivel:

- Medición directa del inventario del agua dentro de la RPV
- Señalización óptima, tiempo de respuesta corto: < 30 segundos
- Alto nivel de la señal para un proceso fiable
- Excelente resolución axial del sensor
- Gran estabilidad estructural y flexibilidad mediante la utilización de componentes con experiencia de funcionamiento eficaz comprobado

- Utilización de componentes de eficacia probada para situaciones de LOCA (accidente con pérdida de refrigerante) y sismos

Descripción general de la cadena de medición

La instrumentación del nivel de agua se compone de sondas de medición de nivel situadas en el PWR, así como de bastidores electrónicos diseñados para captar procesar señales entrantes.

En la figura 1 se muestra la cadena de medición instalada en los reactores de agua a presión alemanes: el PWR tiene instaladas dos sondas, equipadas con tres sensores cada una. Las señales se procesan en cuatro bastidores eléctricos en cuatro redundancias.

Principio de medición

El principio de medición de las sondas de medición de nivel por termopar se basa en el hecho de que la transferencia de calor en agua es considerablemente mayor que en vapor. Un elemento de calefacción calentado eléctricamente alcanzará un exceso de temperatura notablemente menor en agua que rodeado de vapor. Un termopar mide la temperatura del elemento de calefacción (termopar calentado): si el elemento citado está sumergido en agua, el exceso de temperatura es menor que si está rodeado de vapor. Para mantener una temperatura independiente de la temperatura absoluta del agua o del vapor, la sonda también contiene termopares no calentados que miden la temperatura

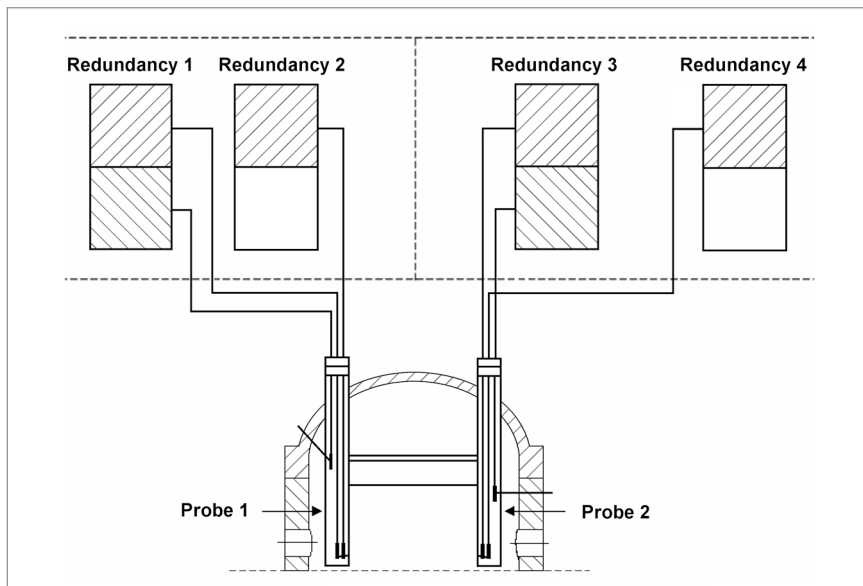


Figura 1. Esquema general de la instrumentación de nivel de agua en los PWR alemanes

absoluta del refrigerante y sirven de referencia.

Como medida del nivel de refrigerante en la RPV se utiliza la diferencia entre las señales del termopar calentado y del termopar de referencia no ca-

lentado correspondiente. El nivel de refrigerante se supervisa mediante umbrales. Si la diferencia entre las termotensiones de los termopares calentados y no calentados supera un umbral definido, ello indica de que el nivel de

agua ha descendido por debajo del termopar calentado.

UN NUEVO TIPO DE SONDAS PARA MEDICIONES REDUNDANTES

Se ha diseñado una nueva sonda para atender a las necesidades de los PWR alemanes. Dentro del tubo de la carcasa principal se colocan tres tubos pequeños. Los termopares (por ejemplo, en la figura 2, los elementos 2 y 3) y los cables de calentamiento (por ejemplo, en la figura 2, el elemento 1) se sitúan dentro de estos tres tubos. La sonda lleva cuatro sensores. Cada sensor está constituido por un termopar calentado, un elemento de calefacción y un termopar de referencia no calentado.

Este diseño específico de la sonda de nivel de agua permite distribuir los termopares calentados y los termopares de referencia en varios tubos. La distribución geométrica permite realizar una separación espacial de los sensores y utilizar varios cables de calentamiento. El diseño presenta las siguientes ventajas:

- El nuevo diseño combina en una sola sonda las dos versiones distintas de la sonda existente. Esto se consigue mediante la utilización de cuatro sensores en la nueva sonda, en lugar de los tres sensores necesarios en cada variante de la sonda anterior. La selección de los tres sensores utilizados se realiza en una caja de compensación situada dentro de la contención.

- Las posiciones de medición redundantes se utilizan en la parte inferior de la sonda. Estas posiciones de medición redundantes pueden separarse espacialmente en varios tubos distintos.

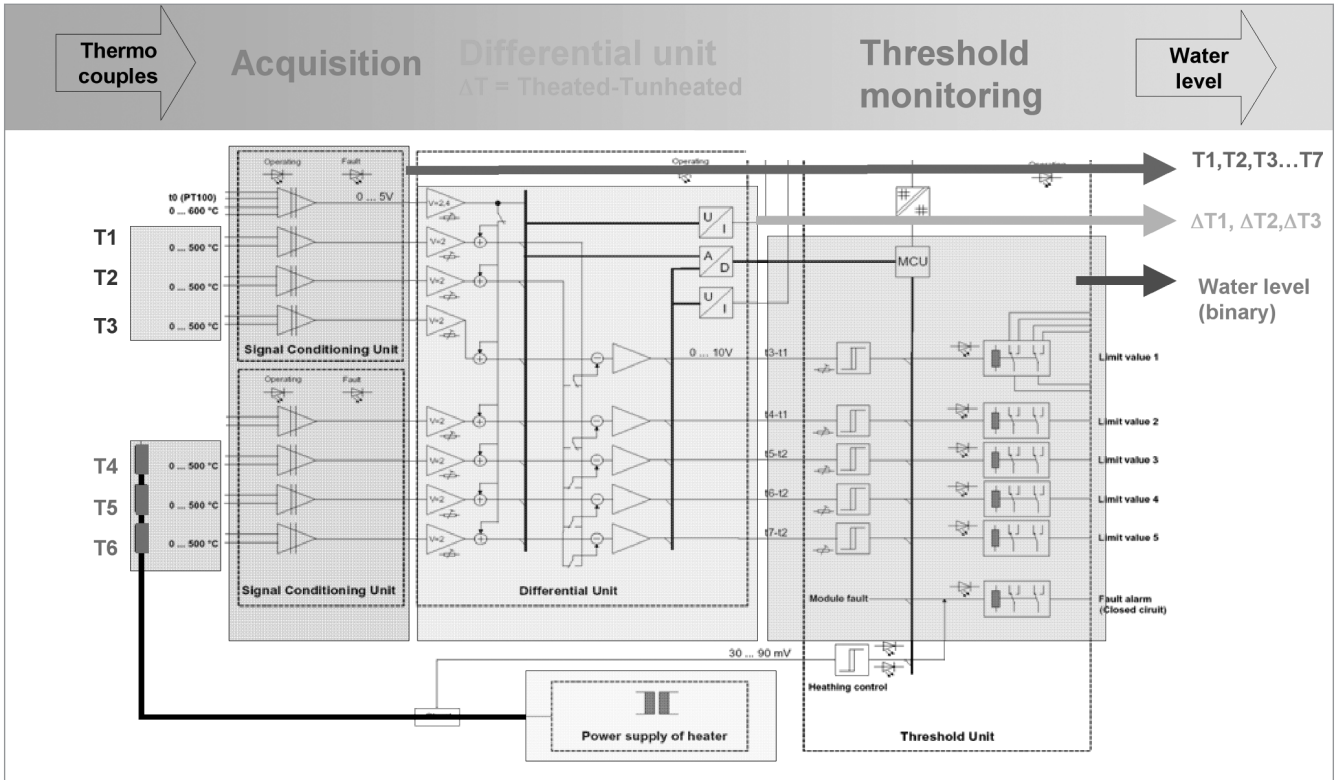
- Se consigue una gran fiabilidad, ya que se utiliza un elemento de calefacción por termopar calentado, así como una medición de referencia por cada posición de medición. En caso de que falle un componente, sólo implicará el fallo del sensor correspondiente.

- Al separar el termopar calentado en varios tubos, se anulan los efectos de las influencias mutuas de los termopares calentados. Asimismo, todos los termopares de referencia pueden montarse en un tubo frío sin cable de calentamiento, lo que permite disponer de una medición de temperatura de referencia muy precisa.

- El termopar calentado y el termopar de referencia tienen la misma altura. De esta forma también se aumenta la precisión de la medición.



Figura 2. Nueva sonda para los PWR alemanes.



OBTENCIÓN Y PROCESO DE LAS MEDICIONES

Proceso de señales

Las señales de los termopares calentados y no calentados se acondicionan en un transductor de temperatura especial, y a continuación se corrigen con la temperatura de la unión fría medida por una resistencia de 100 Pt en una caja de compensación de la contención. Las señales de la temperatura corregida se transmiten a amplificadores de diferencia, donde a los valores de los termopares calentados se les restan los valores de los termopares no calentados para convertir la diferencia de temperaturas en una medida del nivel del agua en el interior de la RPV. El nivel del agua en el interior de la RPV se supervisa mediante los valores límite de las diferencias de temperatura.

El transductor de medición de temperatura analógico TempTrans

La obtención y proceso de las señales de los termopares se realiza con el transductor de medición de temperatura analógico TempTrans desarrollado por FRAMATOME ANP para los sistemas de seguridad nuclear. Este transductor está compuesto por un conjunto de módulos multicanal para la obtención y acondicionamiento de

hasta ocho señales de temperatura de termopares de Níquel Cromo / Níquel y termómetros de resistencias (compensación). Este transductor de gran fiabilidad y precisión está diseñado para aplicaciones de seguridad nuclear y cumple los requisitos de IEC 60780 y KTA 3503.

Fuente de alimentación controlada
para los elementos de calefacción

Para establecer un valor de umbral único para la detección del nivel de agua en una gama amplia de temperaturas del refrigerante, es necesario es-

tablecer un valor ΔT (señal de termopar calentado – señal de termopar no calentado) casi constante de toda la gama de valores de temperaturas del refrigerante (T_{sys}). Debido a las propiedades termodinámicas del agua, $h(T_{\text{sys}})$ aumenta en función de T_{sys} . Por ello, es necesario compensar este efecto mediante el aumento del flujo calorífico Φ . Esto puede conseguirse aumentando en consecuencia la potencia eléctrica en el elemento de calefacción. El control de la potencia eléctrica en función de T_{sys} es posible gracias a las variaciones de resistencia del



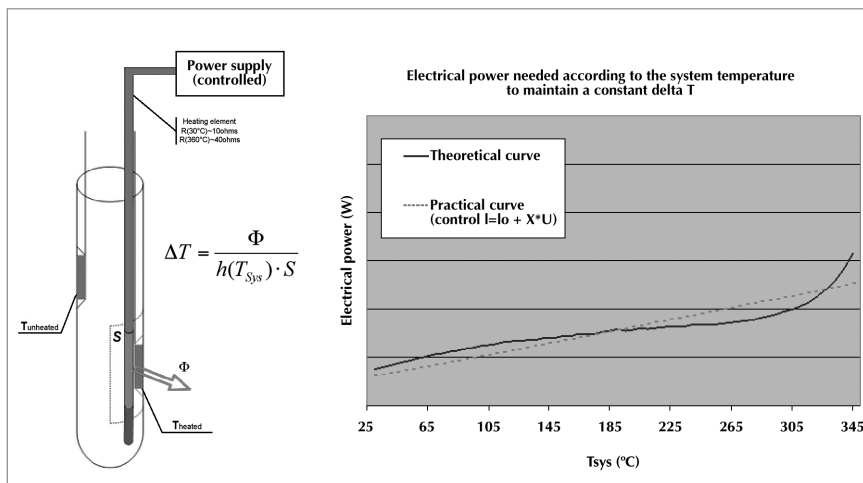


Figura 5. Control de potencia eléctrica de los elementos de calefacción.

elemento de calefacción con arreglo a T_{sys} .

El dispositivo de la fuente de alimentación controla la potencia eléctrica transmitida al elemento de calefacción según las modificaciones de la resistencia R , es decir en función de T_{sys} . La función característica (I, U) de esta alimentación adopta la forma siguiente:

$$I = I_0 + X \cdot U$$

$$\Rightarrow P = \frac{R \cdot I_0^2}{(1 - X \cdot R)^2}$$

Donde I_0 y X pueden ajustarse para optimizar la compensación de $h(T_{\text{sys}})$ y para alcanzar una curva ΔT constante a lo largo de T_{sys} .



En el año 2003, Sacha KAERCHER se incorporó al departamento de Instrumentación Nuclear de Framatome ANP. Participa de forma activa en la gestión de proyectos de Instrumentación y Control relacionados con el desarrollo y modernización de sistemas de seguridad para centrales nucleares, y en especial sistemas de medición de niveles de agua en el reactor y sistemas de medición de flujo neutrónico. Es licenciado por la escuela de ingeniería francesa Ecole des Mines de Nantes y tiene un MSc (un Master's en Ciencias) en física subatómica.

Centrales Nucleares 2005

Experiencias Operativas

El 21 de febrero de 2006 tendrá lugar la reunión "Experiencias Operativas de las centrales nucleares en 2005", en el Salón de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la UPM.

FEBRERO						2006
L	M	M	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28					

Reserve esta fecha en su agenda