

SISTEMAS MODERNOS DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE FRAMATOME ANP. UNA INVERSIÓN PARA EL FUTURO

U. KRAFT - S. RICHTER

En función de las aplicaciones de las plataformas TELEPERM XS y XP, se describen las experiencias de estos sistemas de instrumentación y control de operación y de seguridad en centrales nucleares europeas y estadounidenses. Citando las informaciones de clientes en el campo nuclear, se verifican los resultados positivos de distintas centrales nucleares de todo el mundo, de manera que con la aplicación de estas nuevas plataformas digitales, existen alternativas para casi todos los tipos de centrales nucleares. Los sistemas TELEPERM XS y XP se pueden utilizar fácilmente en actividades de modernización de sistemas de instrumentación y control existentes, obteniéndose resultados de alta fiabilidad y ventajas económicas, de acuerdo con la tecnología actual.

Para demostrar a los lectores del artículo el estado de desarrollo del sistema de instrumentación y control de seguridad TELEPERM XS, se añade a continuación información importante referente a las características generales, a la arquitectura del hardware y al proceso de ingeniería y de desarrollo del software. De esta manera, se puede adquirir una idea general del sistema TELEPERM XS, además de una visión en conjunto de las aplicaciones exitosas de este moderno sistema de instrumentación y control de seguridad para centrales nucleares de todo el mundo.

Based on the applications of the TELEPERM XS and XP platforms, experience with these operating and safety I&C systems in nuclear plants both in Europe and abroad is described here. To quote information from customers in the nuclear field, the positive results can be confirmed by specific nuclear plants from all over the world, so that with the application of these new digital platforms alternatives exist for quasi all types of nuclear plant. The TELEPERM XS and XP system families can be easily applied for modernization projects for existing I&C systems, resulting in a high degree of availability and economic advantages, in accordance with modern technology.

In order to demonstrate to the readers of this article the status of development of the TELEPERM XS safety I&C system, further important information regarding the general characteristics, to the architecture of the hardware and the engineering process as well as the development of the software is given. In this way one can obtain a general idea of the TELEPERM XS system as well as an outlook combined with the successful application of this modern safety I&C system for nuclear plants world wide.

En muchas centrales, no sólo en aquellas que aspiran a una prolongación de la vida útil, es preciso poner en práctica concepciones apropiadas para el dominio de los problemas relativos al envejecimiento y a los repuestos. Esto no sólo significa el suministro de un hardware y software modernos, más todavía hace falta un suministrador sólido que aporte, además de productos y soluciones innovadores, largos años de experiencia y amplios conocimientos en torno a todos los procesos de la central. Un suministrador que tenga por lema apoyar en amplia medida a sus clientes en el servicio seguro y económico de sus plantas.

Un proveedor con estas cualidades es Framatome ANP. Las experiencias obtenidas con la construcción de más de 90 centrales nucleares en todo el mundo y con extensos proyectos de modernización en gran número de reactores de los más diversos tipos y fabricantes han hecho de nosotros un ofertante de primera línea para la modernización de sistemas de instrumentación y control. En los últimos diez años hemos efectuado mundialmente más de la mitad de todas las modernizaciones esenciales de sistemas de instrumentación y control. Tan sólo en Europa ha realizado Framatome ANP

casi 30 modernizaciones de sistemas de instrumentación y control sobre la base de plataformas digitales (véase la figura 1: Modernizaciones de sistemas de instrumentación y control en todo el mundo).

Estas modernizaciones aportan gran número de ventajas operacionales: aumento de la seguridad y disponibilidad, mejora de la flexibilidad del servicio de la planta y mayor confort de mando y vigilancia, unido ello a costes de servicio y mantenimiento reducidos. Para cada planta se encuentra la solución óptima, debiéndose considerar en el análisis de costes y beneficios, además de las ventajas esperadas, la duración de servicio restante de la planta, las propiedades de la instrumentación y control existente y su influencia sobre la disponibilidad de la planta, así como las inversiones necesarias.

La moderna instrumentación y control de Framatome ANP permite también abrir nuevos mercados que incrementan las ganancias. Así, un nuevo ordenador de operación utilizado para la turbina contribuyó en el reactor de agua a presión Neckar 2, de 1365 MW, a un cumplimiento más rápido y seguro de los requerimientos de distribución de cargas. El diseño de la planta convoy de Siemens/KWU no era en un

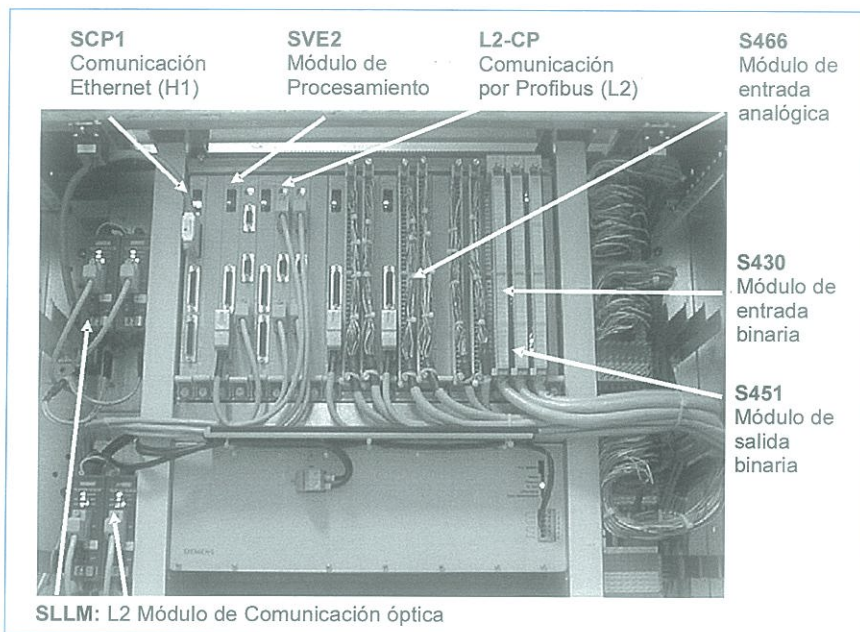


Figura 2. Bastidor típico de TELEPERM XS.

de la planta ejecutada con la participación de peritos externos.

En mayo de 2000 la Nuclear Regulatory Commission (NRC-Comisión norteamericana para reglamentación nuclear) otorgó la aprobación genérica para el empleo de la plataforma del sistema TELEPERM XS en todas las aplicaciones de la I&C de seguridad, incluyendo los sistemas de protección.

Los sistemas I&C de seguridad TELEPERM XS están prestando servicio exitosamente en varios países con multiplicidad de requisitos de licenciamiento.

Hardware y Arquitectura

Son características preponderantes de TELEPERM XS una arquitectura de adaptación flexible a cada cometido, que permite soluciones económicas y ocupa poco espacio, para plantas nucleares de todo tipo y tamaño, y una concepción avanzada que garantiza una vida útil prolongada del sistema por el uso consecuente de normas para interfaces y comunicación, siempre que es posible.

Los requerimientos más estrictos de sistemas de I&C de seguridad en plantas nucleares corresponden al equipo para la iniciación automática de medidas de protección. Las propiedades requeridas en cuanto a la tolerancia respecto a perturbaciones requieren aquí el uso de sistemas de ordenadores múltiples físicamente distribuidos. Los ordenadores de automatización utilizados deben soportar la implementación y vigilancia de topologías redundantes distribuidas.

Las arquitecturas típicas de las categorías de más alta seguridad presentan tres o cuatro trenes redundantes, instalándose cada uno en un lugar separado con aislamiento energético de los demás, lo que se consigue mediante el uso de cables de fibra óptica. Los sistemas de I&C basados en TELEPERM XS constan fundamentalmente de:

- ordenadores de adquisición de datos y de funciones
- ordenadores de actuación ('voters'),
- un ordenador de vigilancia y de interfaz de servicio técnico (abreviadamente: MSI),
- una unidad 'gateway'.

Esta subdivisión resulta principalmente de la asignación de cometidos funcionales, pero con los mismos módulos de hardware (salvo para unidades 'gateway') usados para varios cometidos diferentes en cierto número de casos.

El componente básico de un ordenador de automatización es un portamódulos con un bus de 32 bits en la placa posterior. La alimentación de energía y el ventilador están integrados en el portamódulos.

Los componentes tales como el módulo de procesamiento SVE2, el procesador de comunicación SCP2 y los módulos de entrada y salida analógicos y binarios están insertados en el portamódulos.

Las conexiones entre los diferentes dispositivos, módulos e interfaces de

E/S se especifican con el sistema de ingeniería SPACE en diagramas de hardware usando métodos similares a los empleados para interconectar los bloques de funciones durante la configuración del software. Las conexiones configuradas se evalúan para la generación del software. La figura 2 muestra un bastidor típico de TELEPERM XS equipado con un módulo de procesamiento, interfaces de red y módulos de E/S.

Arquitectura

La figura 3 muestra una arquitectura típica de un sistema I&C basado en un TELEPERM XS. Como se ha explicado, los ordenadores de adquisición de datos y de funciones, los ordenadores de actuación y las interfaces de vigilancia y de servicio técnico son de igual tecnología pero se asocian a diferentes cometidos.

Los ordenadores de adquisición de datos y de funciones registran las señales analógicas y binarias provenientes del proceso o de la sala de control, efectúan el acondicionamiento digital necesario, emiten (reciben) el resultado a (de) los ordenadores redundantes de adquisición y de funciones, procesan estos datos con arreglo a los requerimientos funcionales y dan salida a órdenes de actuación, enclavamientos y habilitaciones a los ordenadores de actuación.

Los ordenadores de actuación (voters) reciben órdenes de actuación, enclavamientos y habilitaciones de los ordenadores redundantes de adquisición de datos y de funciones y procesan estos datos para elaborar señales de control para los equipos actuados.

La **interfaz de vigilancia y de servicio técnico (MSI)** realiza esencialmente la vigilancia de los ordenadores de adquisición de datos y de funciones y de los ordenadores de actuación, la interfaz para la unidad de servicio técnico y la transmisión de alarmas e informaciones a la unidad 'gateway' para su transferencia al sistema de información de la planta y a otros sistemas de I&C fuera del TELEPERM XS. La MSI se usa también para soportar las pruebas periódicas necesarias.

El **ordenador de 'gateway'** forma una interfaz para sistemas de control operacional y de vigilancia. Está conectado a los ordenadores de automatización (ordenadores de adquisición de datos y de funciones así como ordenadores de actuación) a través del ordenador de vigilancia y de interfaz de servicio técnico.

La **unidad de servicio técnico** es un PC estándar que funciona con software de sistema LINUX.

La unidad de servicio técnico tiene por cometidos la vigilancia y el diagnóstico del sistema, la modificación de parámetros, la actualización remota del software de los ordenadores de automatización y el soporte para pruebas periódicas. La protección de acceso a los ordenadores de automatización se asegura por interruptores de hardware al efecto, cuyo estado es detectado por los ordenadores de automatización. La lógica de habilitación está realizada técnicamente en concordancia con la concepción de seguridad específica de la planta.

El sistema de comunicación de TELEPERM XS se basa en dos redes diferen-

Ambas redes se soportan por los acopladores de hardware necesarios, convertidores eléctricos/ópticos y medios de transmisión asociados.

La red L2 es determinística y se usa para la comunicación entre los ordenadores de automatización (ordenadores de adquisición de datos y de funciones, ordenadores de actuación) y entre esos ordenadores y la MSI.

La red H1 se usa entre las MSI, el ordenador de 'gateway' y la unidad de servicio técnico.

La figura 4 ofrece una vista general del proceso de ingeniería de software de TELEPERM XS. Durante la fase de especificación, los requerimientos en cuanto a funciones de proceso se analizan y estructuran y, en base a ello, se elabora la especificación de funciones de I&C. Una herramienta gráfica denominada editor SPACE se usa para especificar las funciones del sistema de I&C por medio de diagramas de funciones detallados. Estos diagramas se guardan en una base de datos del proyecto y constituyen la base común para documentación del sistema, para la

verificación del diseño por ingenieros de procesos y especialistas en I&C y también para creación de todas las funciones de software ulteriores específicas del proyecto. Este proceso de ingeniería se describe con más detalle en el documento 'Requirements management of I&C backfitting' [1] (Gestión de requerimientos de reequipamiento de I&C).

El código de software de aplicación se deriva de esos diagramas de funciones detallados por medio de herramientas de generación automática de códigos en forma de una conversión, estrictamente basada en reglas, de los datos de especificación funcional. Se evita así completamente la codificación manual de software en el proceso de ingeniería.

El código fuente ANSI C generado realiza las funciones de I&C en una forma independiente del hardware, cumple con los requerimiento según IEC 60880 y satisface reglas estrictas de diseño y programación que son implementadas en las herramientas de generador de código. Por esta razón, el código del software de aplicación se puede analizar mediante una herramienta y verificar respecto a los datos de especificación en la base de datos.

Por otra parte, el código se sujeta a pruebas en un entorno de simulación del software, previamente a su carga en el hardware de destino en el banco

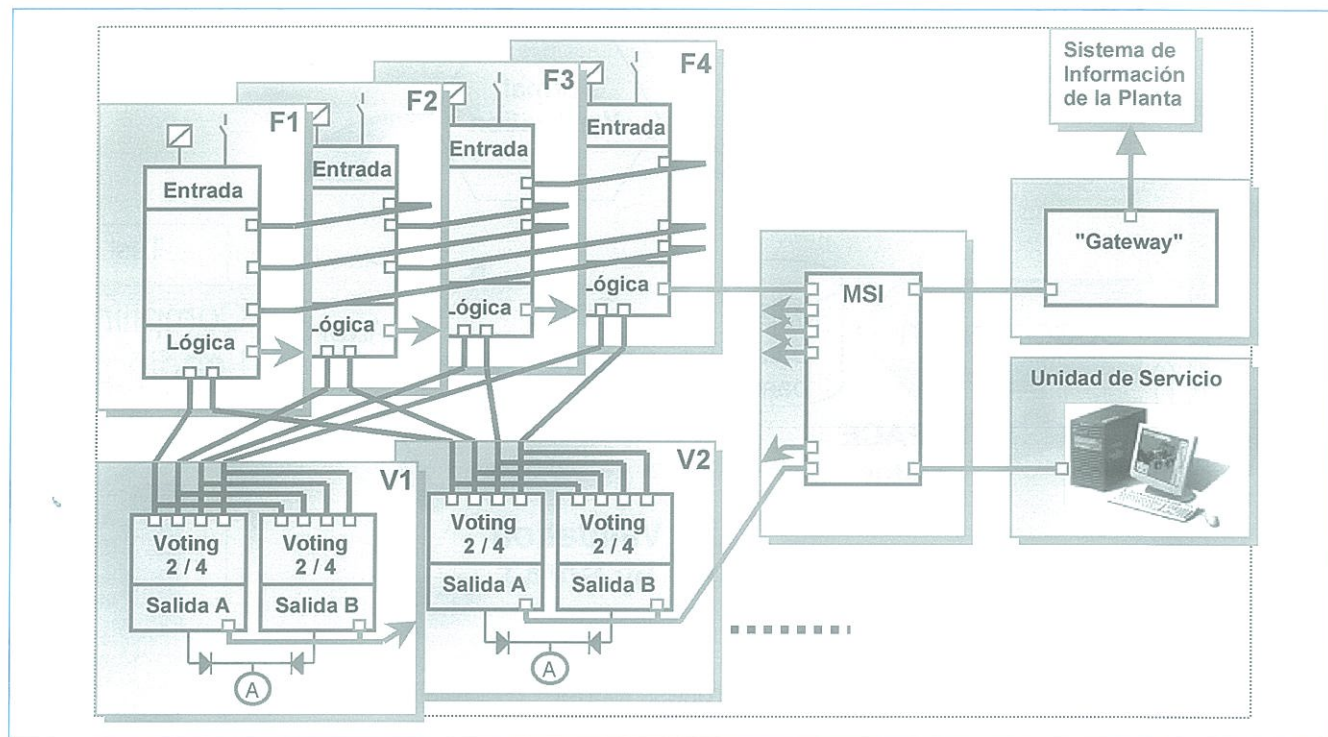


Figura 3. Arquitectura típica

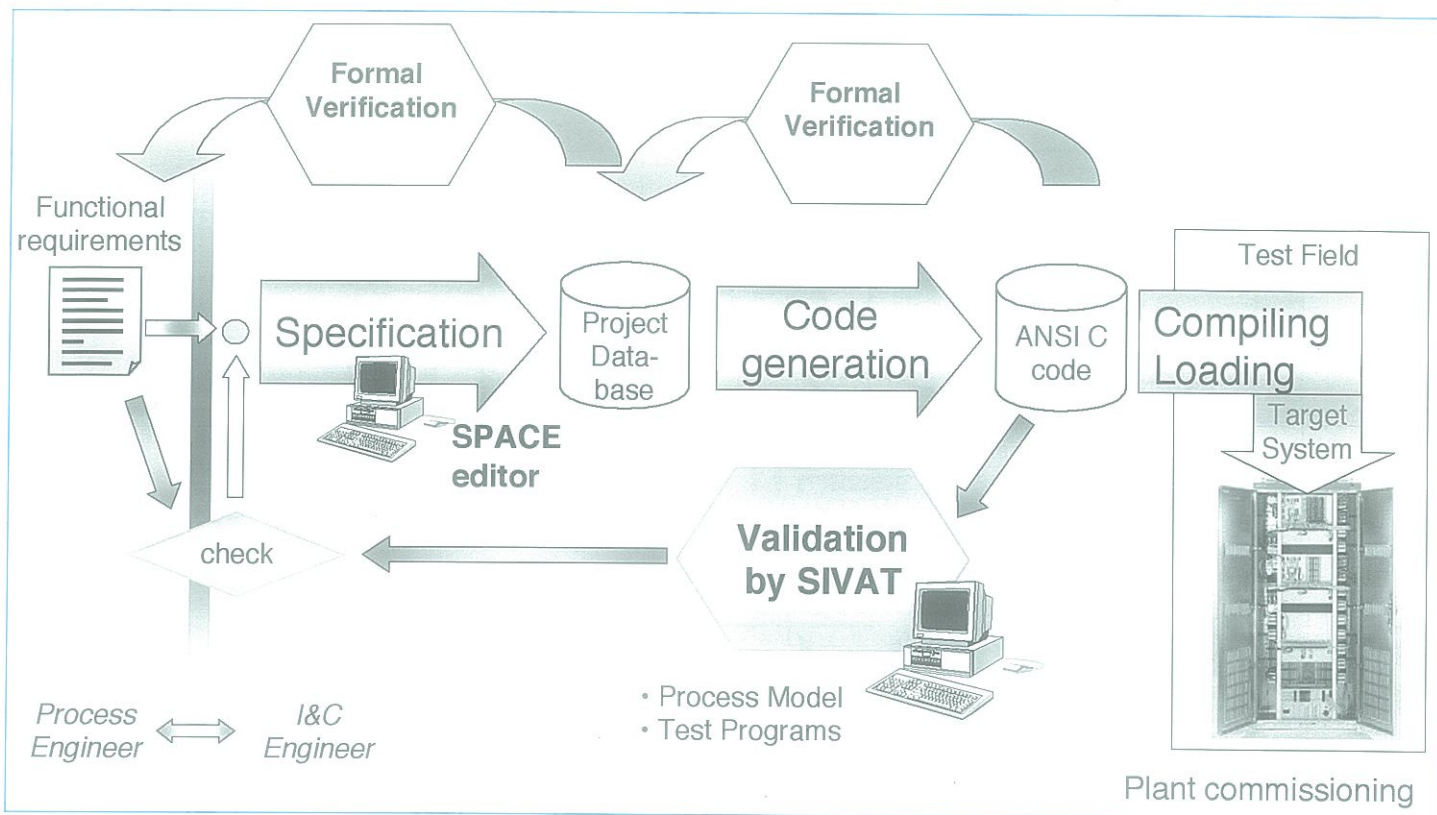


Figura 4. Proceso de ingeniería de software en TELEPERM XS y V&V.

de pruebas del proyecto. La herramienta de simulación SIVAT empleada para tal fin provee todo lo necesario para ejecutar una validación exhaustiva del software de aplicación específico del proyecto fuera del hardware de destino. Más información al respecto se encuentra en el artículo [2].

Como resultado de tal validación del software basada en una simulación, la extensión de actividades restantes en el campo de pruebas se puede reducir notablemente. Así, por ejemplo, para el sistema de protección y control del reactor Tianwan-1 fue posible acortar de 12 a 5 meses el cronograma para el campo de pruebas.

LISTA DE REFERENCIAS

[1] Requirements Management for I&C Backfitting (Gestión de requerimientos de reequipamiento para I&C). H.W. Bock, K.H. Wiening.

[2] Verification and Validation Process for Safety I&C Systems (Proceso de verificación y validación para sistemas de I&C de seguridad).

Dr. S. Richter, J.U. Wittig Nuclear Plant Journal / Mayo - Junio 2003.Tomo 21 Núm. 3.



Heinz-Ullrich KRAFT es ingeniero industrial superior en la rama de Electrotecnia y vicepresidente mayor de los Sistemas Eléctricos y de Instrumentación y Control de la empresa nuclear Framatome ANP. Como director administrativo de todos los centros de negocios de Framatome ANP, tiene bajo su responsabilidad las actividades para la aplicación de sistemas y equipamientos eléctricos y de instrumentación y control para centrales nucleares. En esta ocupación se dedica con gran esfuerzo a las complejas modernizaciones de sistemas de instrumentación y control de centrales nucleares con plataformas TELEPERM, así como también a la construcción de nuevas centrales nucleares y a garantizar los servicios y suministros necesarios a los clientes de Framatome ANP en este importante campo para la seguridad de las centrales nucleares.



Steffen RICHTER es doctor en ingeniería industrial y jefe de la Sección de Investigaciones y Desarrollo de Sistemas de Instrumentación y Control de Seguridad en la empresa nuclear Framatome ANP. Entre otras funciones, tiene bajo su responsabilidad todas las actividades para el desarrollo continuo de la plataforma de I&C TELEPERM XS, que se aplica en sistemas importantes para la seguridad de las centrales nucleares. En esta ocupación hay que tener en consideración no sólo los principios generales del desarrollo rápido de sistemas digitales avanzados, sino también las necesidades de operación a largo plazo de las centrales nucleares, tales como un funcionamiento seguro, una alta disponibilidad del equipamiento y una compatibilidad funcional de los componentes.