

SISTEMA ELECTRICO

TECNICAS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL EN CENTRALES NUCLEARES: ¿NOS PASAMOS O NO LLEGAMOS?

W. Aleite, K.-H. Geyer, H. Hofmann y F. Scherschmidt *

En el presente artículo se intenta exponer unas ideas básicas y unas condiciones marginales acerca de la automatización, señalar situaciones relacionadas entre sí y obtener unos puntos de partida para la discusión relativa a la cuantificación de las técnicas de instrumentación y control. Las técnicas de instrumentación y control en centrales nucleares, que en las plantas ya construidas han alcanzado un alto nivel, están en vías de alcanzar una preparación y condensación de información aún más razonable, que es asumida cada vez en mayor medida por los ordenadores de proceso. Los sistemas centrales de información por ordenador de proceso, de los proyectos Konvoy, son ejemplos de desarrollo avanzado. Al personal de servicio y mantenimiento se le ofrecerán, en los futuros sistemas, unas posibilidades que en los sistemas actuales únicamente se pudieron introducir mediante equipos complementarios. También están apareciendo nuevas posibilidades en materia de documentación y análisis del comportamiento de la planta.

INTRODUCCION

La mayor parte de las técnicas de instrumentación y control en centrales nucleares han ido surgiendo de forma continua a partir de las técnicas de centrales convencionales. Para esta sección son aplicables los objetivos que siempre se consideraron fundamentales: explotar la planta con la máxima seguridad, disponibilidad y rentabilidad. En una central nuclear, la «seguridad nuclear», la protección para la población y el personal operador adquiere una importancia que rebasa todos los demás aspectos. Al igual que para el conjunto de las técnicas de la planta, también tiene máxima prioridad en la ejecución de las técnicas de instrumentación y control. Partiendo de esta premisa, el equilibrio entre los requisitos de alta seguridad y los de alta disponibilidad resulta todavía más difícil de lo normal.

Existen sectores en los que predominan claramente unos u otros requisitos. Se trata de sectores tales como los de técnica de instrumentación y control de seguridad, y los de la técnica de instrumentación y control de aprovechamiento exclusivamente industrial. En ellos apenas existe una posibilidad de discusión en cuanto a su volumen. En cambio, hay más margen de juicio en aquellos sectores en los que se solapan las dos clases de técnica de instrumentación y control.

TECNICA DE INSTRUMENTACION Y CONTROL DE SEGURIDAD

Dentro del marco del sistema de seguridad de una central nuclear, la técnica de instrumentación y control de seguridad tiene como misión el detectar a tiempo todas las perturbaciones y averías que se puedan considerar, iniciando las medidas necesarias para controlarlas, bien de forma automática o avisando al operador sobre la necesidad de iniciar medidas de carácter manual.

A partir de esta breve descripción del cometido, se deduce ya que la disposición y volumen de la técnica de instrumentación y control de seguridad viene determinada esencialmente por el espectro de perturbaciones que deben tenerse en cuenta para su control y por las instalaciones de seguridad activas disponibles que deba controlar. Con la necesidad de tener que controlar casos de avería complejos, múltiples, la disposición de un sistema de técnicas de ins-

trumentación y control seguramente resultará más complicada, de la misma manera que a la inversa, un sistema mecánico, estructural y funcionalmente más sencillo, traerá consigo una disposición más simple de los correspondientes sistemas de técnica de instrumentación y control.

Cuando se inició el desarrollo de centrales nucleares, el sistema de protección del reactor únicamente tenía el cometido de iniciar la parada rápida del reactor en caso de demanda. La función de limitación se reducía esencialmente a evitar que hubiera unas excursiones de potencia globales demasiado elevadas. Los cometidos de información y avisos se orientaban principalmente por necesidades industriales. Al ir aumentando la experiencia en la explotación y mantenimiento de las plantas, que a causa de ello, y por ampliarse las posibles perturbaciones a tener en cuenta, tanto porque hubieran aparecido o porque fueran de nueva concepción, el volumen y complejidad de las técnicas de instrumentación y control de seguridad del reactor han ido aumentando continuamente.

Para poder atender los cometidos crecientes de la técnica de seguridad, principalmente también desde la perspectiva de la técnica de proceso, se hizo necesaria no solamente una ampliación cuantitativa, sino también una adaptación óptima de los distintos sectores de la técnica de instrumentación y control en cuanto a sus funciones. La asignación de estos sectores, a unos objetivos de protección que había que mantener, constituyó a este respecto la ayuda de orientación adecuada. A estos objetivos de protección les han sido asignadas diferentes funciones de protección, de tal manera que el planteamiento de problemas tecnológicos resultantes pueda ser resuelto mediante instalaciones de técnica de instrumentación y control con requisitos escalonados (fig. 1).

La **primera categoría de objetivos de protección** tiene por objeto evitar repercusiones inadmisibles durante la fase de corto plazo –hasta 30 minutos después de producirse la avería–. Para alcanzar esta clase de objetivos de protección deberán iniciarse, por ejemplo, medidas que permitan:

- La parada rápida del reactor.
- La refrigeración de emergencia del núcleo.
- La retención de radiactividad.

Estas funciones deberán asegurarse con máxima fiabilidad los sistemas mecánicos y de instrumentación y control.

* Los autores de este trabajo desarrollan su labor en Kraftwerk Union A.G. de Erlangen (República Federal de Alemania), sociedad representada en España por Siemens, S. A.

Los objetivos de protección de segunda categoría sirven para controlar perturbaciones difíciles y limitar las repercusiones de tales perturbaciones. Se trata de instalaciones de instrumentación y control con unos requisitos menores que los de la «última barrera», pero netamente superiores a los de la técnica de instrumentación y control industrial. Para aclarar algo más la acción de estas instalaciones, citaremos aquí algunos ejemplos. Durante el funcionamiento de la planta se regulan variables de proceso, como, por ejemplo:

- presiones y temperaturas del circuito de refrigeración del reactor,
- nivel de llenado del presionador,
- presiones y caudales de agua de alimentación,
- niveles de llenado de los generadores de vapor.

mediante regulaciones de servicio —que en su sección de medida a menudo son redundantes— a unos valores prefijados y empleando unas bandas muertas razonables.

Si una o varias de estas variables de proceso se salen fuera del rango de servicio, por ejemplo, a causa del fallo de una instalación de regulación, entonces el operador puede intervenir (si la variación del transitorio es lenta), y traer de nuevo la variable de proceso al rango de regulación, mediante intervenciones manuales, antes de que se lleguen a alcanzar los valores límites relativos a la seguridad. Pero en un caso de avería también puede llegar a ser necesario que tengan que intervenir unas «instalaciones de limitación» (por ejemplo, en el caso de variaciones rápidas o para descargar al operador). Estos sistemas de instrumentación y control de acción automática impiden que la variable de proceso continúe desviándose fuera de los rangos admisibles, aplicando unas medidas que si bien no son óptimas (tal como el sistema de regulación), sí, en cambio, son seguras (irredundantes!) y «blandas». Es decir, que no dañan a los componentes. De esta manera, el operador puede iniciar un análisis de la perturbación sin estar sometido a un agobio de tiempo y posteriormente puede llevar a cabo la eliminación definitiva de la perturbación.

El paso de la planta a un estado seguro, a largo plazo, se define como la **tercera categoría de objetivos de protección**. Para ello se tiene en cuenta el hecho de que, gracias a las medidas antes descritas, la planta se ha llevado en primer lugar y a corto plazo a un estado seguro. En las plantas de fabrica-

ción alemana se toma para ello como base un período de tiempo mínimo de 30 minutos. Esto le da al operador la posibilidad de obtener una visión de conjunto del estado de la planta, sin estar sometido a agobios de tiempo, vigilar la efectividad de las medidas de carácter automático e iniciar las medidas de carácter manual necesarias para pasar la planta a un estado seguro a largo plazo.

Al operador se le llama la atención, sobre la necesidad de las medidas de carácter manual, por medio de unas pocas «alarmas de riesgo de seguridad», especialmente identificadas. La efectividad de las medidas de carácter automático y manual se puede vigilar mediante la indicación de las variables de proceso esenciales (indicación resumida de perturbaciones). Para los sistemas de información parcial, necesarios para ello, se establecerán, entre otras, unas exigencias de mayor disponibilidad y redundancia funcional.

En la parte anterior se han descrito los objetivos de protección, desde el punto de vista de la técnica de proceso, asignándoles una valoración escalonada. Los problemas de ahí resultantes se pueden resolver mediante la utilización de instalaciones de instrumentación y control con requisitos escalonados. Los máximos requisitos se deberán solicitar del sistema de protección del reactor. Para alcanzar la máxima disponibilidad del sistema, éste se ejecuta en técnica por impulsos autoverificable. Las señales de salida de protección del reactor se pueden comprobar periódicamente, junto con los componentes que son controlados. La obtención de los valores de medida necesarios para la identificación de un caso de avería, es redundante y diversa. Las partes del sistema de protección del reactor que sean redundantes entre sí irán dispuestas físicamente en recintos separados.

Las señales procedentes del sistema de protección del reactor tienen preferencia sobre las órdenes de los sistemas de limitación y de las técnicas de instrumentación y control de servicio. También las instalaciones auxiliares, necesarias para asegurar el funcionamiento del sistema de protección del reactor, tales como la alimentación de energía auxiliar, ventilación necesaria, etc., se ejecutan de tal manera que se garantice la máxima disponibilidad del sistema de protección del reactor tal como se exige. Para ello podrán utilizarse también aquellos otros aparatos de instrumentación y control que resulten necesarios para asegurar el funcionamiento de tal sistema auxiliar. Los sistemas auxiliares se ocupan, por ejemplo, de las condiciones ambientales necesarias para el sistema de protección del reactor, y por este motivo han de cumplir siempre esta función, con independencia de que se produzca una solicitud por parte del sistema de protección del reactor. No han de formar parte del sistema de protección del reactor, sino que tienen el carácter de «controles autárquicos».

A partir de los cometidos de las limitaciones, que limitan las repercusiones de las perturbaciones y ya antes de la iniciación de las medidas «duras» de protección del reactor, aparecen frente al sistema de protección del reactor unos requisitos más reducidos (no hay canales de excitación diversificados). Para garantizar la disponibilidad exigida, en caso de solicitud, estas instalaciones han de ser redundantes y verificables al igual que el sistema de protección. Se utilizan aparatos adecuados y fiables. Las señales de limitación tienen preferencia respecto a órdenes de servicio. Una diferencia esencial, frente al sistema de protección del reactor, resulta de los requisitos de alta capacidad de diferenciación que han de tener las instalaciones de limitación, tanto al recono-

Objetivos de protección

Evitar repercusiones inadmisibles en los casos de avería durante la fase a corto plazo.

- Evitar, o
- Influir favorablemente sobre acontecimientos de perturbación, y
- Limitar sus repercusiones

Llevar la planta a un estado seguro, y

- Mantenerla allí
- Limitar las repercusiones

Cometidos

Detectar los casos de y provocar medidas contra la avería:

- Parada rápida del reactor
- Retención de la reactividad
- Refrigeración de emergencia
- Evacuación de calor residual

Detectar precozmente perturbaciones y averías y llevar a cabo medidas diferenciadas, entre otras:

- Limitaciones de potencia
- Limitaciones de las variables de proceso
- Asegurar contra la rotura frágil

Establecer diagnósticos e iniciar medidas, entre otras:

- Aislar componentes
- Conmutar sistemas
- Solicitar expertos
- Tomar medidas externas

Requisitos

- Máxima disponibilidad
- Redundancia
- Diversidad (excitación)
- Posibilidad de prueba
- Disposición sencilla

- Alta disponibilidad
- Redundancia
- Diversidad funcional
- Posibilidad de diagnóstico
- Escalonamiento de medidas

- Mayor disponibilidad
- Redundancia funcional
- Presentación clara de la información
- Posibilidad sencilla de maniobra

Denominación empleada hasta ahora

«Sistema de protección del reactor»

«Limitaciones»

«Instalaciones de información y medidas de carácter manual»

cer como al actuar. Por este motivo, dicho sistema deberá permitir un tratamiento de la información esencialmente más complejo.

A pesar del alto grado de automatización de las contramedidas, en los casos de perturbación, el operador ha de asumir cometidos importantes, dentro de un concepto de medidas equilibradas para casos de avería.

De la introducción a este capítulo se deduce que el volumen de las técnicas de instrumentación y control de seguridad viene determinado por el volumen de las averías que deben ser controladas y por el volumen de las instalaciones de seguridad activas y disponibles para su aprovechamiento. Sobre el primero de estos puntos sólo se puede influir de manera condicional, ya que los casos de avería que han de suponerse son unos postulados, cuyo dominio debe demostrarse, fundamentalmente en cuanto a las contramedidas, en casos concretos de avería. No obstante, puede influirse sobre el volumen de las técnicas de instrumentación y control mediante la disposición de los sistemas mecánicos. Uno de los mandamientos importantes de la técnica de sistemas es el no desplazar las soluciones de problemas simplemente al sector de las técnicas de instrumentación y control. Este objetivo se contemplará principalmente en relación con el sistema de protección del reactor.

El grado de automatización de las técnicas de instrumentación y control de seguridad también ha encontrado eco en la regla KTA 3501. Allí se establece, entre otras cosas, que las medidas de carácter manual que sirvan para el dominio inmediato en caso de avería habrán de constituir una excepción.

Al introducir el sistema de limitación se aumentó el volumen de automatización, dentro de las técnicas de instrumentación y control de seguridad. Las ventajas que esto entraña, tales como

- reacción rápida ante perturbaciones, mediante contramedidas de carácter blando, previas a las medi-

das duras para la protección del reactor, y

- evitando, de esta forma, que el operador tenga que adoptar contramedidas precipitadas,

justifican este volumen, especialmente si comparamos éste con el volumen total de técnicas de instrumentación y control.

Mientras que el volumen del sistema de protección del reactor está bastante establecido, debido a las reglas vigentes, en cambio cabe esperar todavía que continúe la discusión en cuanto a la importancia cada vez mayor, y por tanto al volumen creciente, de las partes del sistema de información de proceso, relevantes para la técnica de seguridad.

TECNICAS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL DE SERVICIO

Las técnicas de instrumentación y control de servicio permiten esencialmente el funcionamiento normal y óptimo de la planta. En algunos sectores trabajan bajo determinados requisitos y reglas, colaborando con las técnicas de instrumentación y control de seguridad.

Uno de los cometidos esenciales de las técnicas de instrumentación y control de servicio es descargar al personal mediante la automatización de procesos parciales. Los sistemas automáticos de protección, los controles automáticos y las regulaciones automáticas manejan «por encargo» determinadas partes de la planta. Las vigilancias automáticas observan, comunican y documentan.

Otro de los cometidos de las técnicas de instrumentación y control de servicio, es el de informar al personal operador sobre el estado de la planta, en conjunto y en detalle, dándoles en caso contrario la oportunidad de realizar intervenciones manuales. Alrededor de 10.000 transmisiones remotas binarias y analógicas comunican informaciones para

poder observar el proceso. Unos 2.500 accionamientos remotos permiten la intervención manual en el proceso operativo.

Por la forma de funcionamiento de una central nuclear se pueden deducir tres condiciones marginales, importantes para la automatización:

- Comoquiera que en la actualidad el régimen de funcionamiento es principalmente para carga básica, los procesos de arranque, parada y cambio de carga son relativamente escasos.
- Debido a la magnitud de la potencia, las averías y fallos resultan especialmente críticos, tanto en sus aspectos técnicos como económicos.
- Como ésta trabaja cerca de los límites de diseño, es también importante dirigir la operación con gran precisión.

Estas condiciones marginales entrañan también el problema de que, por una parte, el personal apenas está sometido a «exigencias» durante largos períodos, pero en casos de irregularidad éste debe ejecutar súbitamente y en un tiempo muy corto unos trabajos voluminosos y cualificados. De ahí resultan, entre otras cosas, los deseos de tener unas ayudas para los operadores, que son también de técnica de instrumentación y control.

Si se exige que la central solamente se pueda arrancar y parar desde el puesto de control central, entonces viene determinado un cierto volumen básico para observación y maniobra. Para la automatización, una comisión de trabajo integrada por fabricantes y propietarios de centrales alemanas ha propuesto las siguientes funciones y sistemas:

- Procesos operativos que den lugar a una disposición operativa más rápida y que, por tanto, aumenten la disponibilidad del bloque. Ejemplo: conmutaciones de consumo propio.
- Procesos operativos que permitan dominar automáticamente perturbaciones. Ejemplo: conmutaciones a equipos de reserva, en caso de perturbación.
- Procesos operativos cuyo desarrollo normal ocupa un tiempo muy largo y que, por tanto, exigen la atención del personal del puesto de control durante un tiempo excesivamente largo. Ejemplo: calentamiento inicial de la turbina y sobrecalentamiento intermedio.

II

Subdivisión de la técnica de instrumentación y control por sectores

Tratamiento de señales	100 armarios
Control de accionamiento	80 armarios
Regulación	35 armarios
Bloqueos de protección, protección de equipos	35 armarios
Control automático	40 armarios
Vigilancia (sistemas de aviso, ordenador de proceso, etc.)	90 armarios

- Procesos operativos que en caso de variación de carga exigen variar la utilización de los medios de producción. Ejemplo: conexión y desconexión de las bombas de alimentación en función de la carga.
- Procesos operativos que se repiten periódicamente y que exigen bastante tiempo y personal. Ejemplo: prueba de controles de grupos funcionales.
- Sistemas que durante un tiempo prolongado deben trabajar sin atención constante. Ejemplo: desmineralización del condensado, desmineralización total.
- Sistemas que, en caso de fallo a causa de perturbación, influyen sobre la disponibilidad del conjunto de la planta. Ejemplo: precalentadores.
- Sistemas que, debido a su complejidad, no son fáciles de dominar por el personal operador. Ejemplo: tratamiento del concentrado.

Además de éstos se deberían automatizar también aquellos sistemas que permiten unificar el tamaño del puesto de mando principal y la organización de las instalaciones de control y vigilancia.

A partir de los problemas planteados y de los principios de solución mencionados resulta que para las técnicas de instrumentación y control de servicio, se precisan unos 380 armarios electrónicos, con la subdivisión mostrada en el cuadro 1.

Esta relación indica que en las técnicas de proceso se exige un volumen básico grande (215 armarios) para tratamiento de señales, control de accionamientos y regulación. El volumen de las instalaciones de protección es en gran medida proporcional al volumen previsto para control de accionamientos. La complejidad de los controles automáticos viene dada por el grado de automatización elegido, donde las discusiones relativas a las posibilidades de reducción han de tener en cuenta que las centrales nucleares presentan ya un grado de automatización bajo con respecto a las centrales convencionales. En cambio, es típico el considerable volumen de instalaciones de vigilancia, el cual, debido a una técnica más compleja, se puede jus-

tificar con la exigencia de una información exhaustiva.

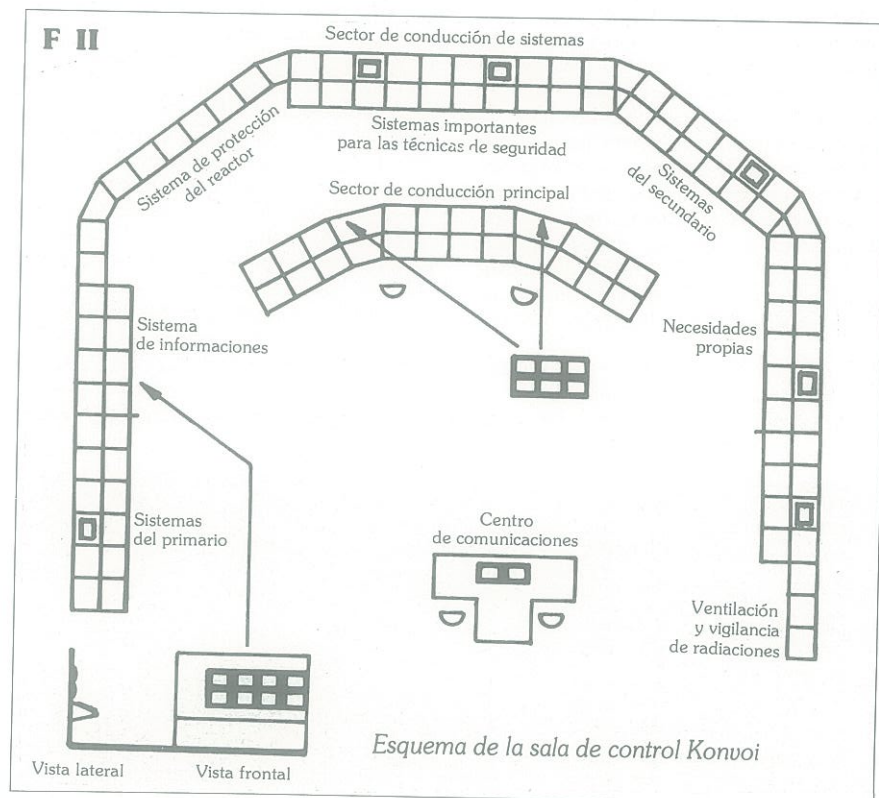
Nota: El volumen de las técnicas de instrumentación y control exclusivamente para las funciones de automatización, es por lo general pequeño. El confort (es decir, la comodidad en el manejo y registro de la información) para asegurar órdenes, detectar fallos, aclarar fallos y señalización supone como mínimo el 50 % del volumen total. Solamente aquí sería posible lograr reducciones, a costa de perder confort, y con las consiguientes repercusiones en cuanto a localización de fallos, tiempo de repercusión y, en última instancia, disponibilidad.

SALA DE CONTROL

Funcionalmente, la sala de control está subdividida en un sector de operación principal y otro sector de conducción de sistemas (fig. 2; tabla I). Al sector de operación principal le están asignadas las funciones de arranque y parada, desde unos estados de servicio definidos, así como el funcionamiento de los sistemas, que han de ser operados en función de la potencia, y también la

vigilancia del conjunto de la planta. Al sector de conducción de sistemas se le asignan las funciones de arranque, parada y servicio de los sistemas, que no se operan en función de la potencia, así como aquellos otros cometidos que solamente han de cumplirse durante determinados estados de funcionamiento.

El centro de maniobra y observación tiene una disposición fundamentalmente «convencional»: consta de elementos de control, con pulsadores y lámparas de aviso, que permiten controlar un equipo y para el aviso de retorno sobre el estado de servicio. A cada equipo se le asigna un elemento de mando. Estos elementos están dispuestos en cuadros sinópticos, donde se representan los principios del flujo de fluidos y energía. El centro de observación consta de paneles informativos para los avisos de estado y perturbación, así como de indicadores y registradores para la representación de las variables de proceso analógicas. La cantidad de instrumentos necesarios viene determinada esencialmente por la exigencia de que todas las acciones relacionadas con el número de cometidos asignados a la sala de control tienen que poder realizarse y observarse desde un punto central, es decir, que tiene que ser posible explotar la central sin necesidad de medidas «in situ».



T II

Estructura cuantificada del sistema informativo

- 2.500 puestos de control	28 pantallas
- 1.500 puestos de aviso	25 m ² de superficie de pupitre
- 1.400 indicadores analógicos	40 m ² de superficie de cuadros
- 160 registradoras de 2 canales	360 m ² de superficie

El centro de observación se complementa con un sistema de información con proceso por ordenador «no convencional» (ver apartado siguiente), con visualizadores gráficos que permiten representar la información con una alta calidad.

Las cifras indicadas en la tabla II son típicas de la estructura cuantificada de los proyectos alemanes de centrales Konvoy.

El volumen esencial de esta acreditada concepción de sala de control viene determinado por el número de elementos de control y por el diagrama sinóptico unido a ellos. Sólo es posible reducirlo dentro del marco de una modificación básica de la filosofía de automatización. Para ello sería necesario discutir para el futuro las siguientes posibilidades:

Solamente los equipos verdaderamente esenciales deben tener un elemento de control individual propio. Todos los demás equipos serán accionados únicamente dentro del marco del automatismo. En caso de que sea necesario un control individual, éste tendrá lugar en el armario electrónico, por medio de elementos de maniobra situados en las placas frontales de los módulos.

Una alternativa a lo anterior sería la maniobra de estos equipos a través de instalaciones secuenciales (tabla II), por ejemplo, visualizadores de datos o puestos de control conmutables (multiplex).

Partiendo de estas premisas, las superficies de ocupación de la sala de control se podrían reducir hasta un 50 % con relación al nivel actual. Ahora bien, estas ideas no son realizables actualmente, a la vista de las intensas variaciones que sufre la dinámica del proceso de la central y la alta disponibilidad del conjunto de la planta, por cuestiones ergonómicas y, en parte, porque estas ideas no son aceptadas.

ORDENADORES DE PROCESO

Los ordenadores de proceso se han utilizado hasta ahora principalmente para protocolizar y documentar la situación durante la operación y para editar los avisos de perturbación detallados.

Otros cometidos «históricos» de los ordenadores de proceso son, por ejemplo, la realización de cálculos de técnica nuclear, el control y la evaluación del sistema de medición por bolas (aeroball) y los cálculos de carga libre en el turbogruppo. No obstante, los ordenadores de proceso asumen cada vez más el cometido de un mejor tratamiento y representación de la información. Con la aplicación intensiva de sistemas de equipos con pantalla gráfica de alta calidad, con ordenadores de gran capacidad, se puede conseguir un sistema de información de gran potencia y fiabilidad.

Un ejemplo especialmente avanzado de utilización de ordenadores de proceso será el sistema centralizado de información, con ordenadores de proceso, de los proyectos Konvoy (fig. 3). Por motivos de disponibilidad se utilizan sistemas de ordenadores múltiples. No se emplean para cometidos de lazo cerrado. Sin embargo, se trata de sistemas en tiempo real. Por primera vez se realiza una separación de cometidos en cuanto a determinación y tratamiento. Esto permite una mayor capacidad de rendimiento del conjunto del sistema y una mejor adaptación del «hardware» a los cometidos planteados. Hay que hacer notar especialmente la alta redundancia a nivel de captación de datos.

El nivel de tratamiento comprende, además de los cometidos ya conocidos del sistema de alarmas de ordenador, de la protocolización y documentación del funcionamiento sobre papel y cinta magnética, un sistema de equipos con pantalla gráfica de gran potencia, para representar imágenes de planta, diagramas, curvas y diagramas de barras.

La tabla II muestra el volumen del sistema de información del ordenador de proceso que se ha realizado para las plantas Konvoy.

Las reducciones en los sectores de la técnica convencional de instrumentación y control significan, a menudo, desplazar los problemas al sistema de ordenador de proceso. Esto puede significar una ampliación del volumen de señales que hayan de obtenerse, o puede traer consigo mayores requisitos en cuanto a la calidad del sistema de información.

El tratamiento de la información y la condensación de la información exigen que todos los datos se centralicen en un sistema de cálculo central de gran potencia. Aquí hay que prever que en el futuro irán aumentando los requisitos. La vía de descentralización, en muchas unidades menores unidas entre sí por técnica de bus, que es razonable en la técnica de automatización, no es realizable con las técnicas de equipos de que se dispone hoy día y que son previsibles en un próximo futuro. El motivo de ello son los elevados flujos de datos y potencias de cálculo que han de poderse dar en un tratamiento de la información capaz (tabla III). Es previsible que en las centrales nucleares el volumen de los sistemas de información por ordenador de proceso todavía seguirá aumentando considerablemente.

T III

Señales e imágenes del sistema informativo

Señales binarias (dinámicas)	10.000
Señales analógicas, 1 seg.	500
Señales analógicas, 5 seg.	1.500
Pantallas (gráfica de puntos)	28
Imágenes de planta	120
Diagramas	80
Imágenes de curvas	100
Imágenes de barras	100

DESARROLLO FUTURO

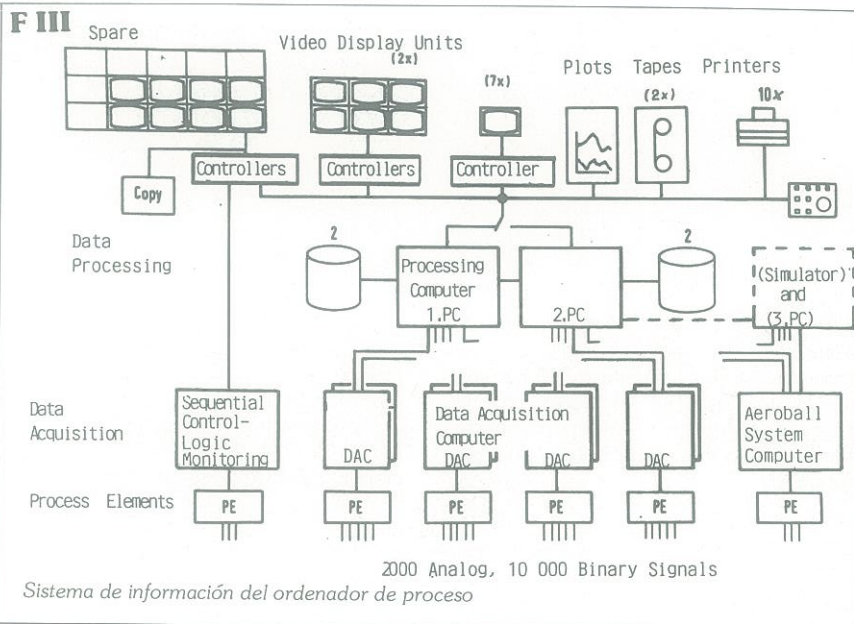
A pesar del elevado nivel técnico que ya tienen hoy día las técnicas de sistemas y aparatos utilizados en la instrumentación y control de las centrales nucleares, se contemplan posibilidades de un posterior desarrollo más ventajoso, en la misma utilización de sistemas modernos, con apoyo de ordenadores y que se encuentran disponibles hoy día.

Al igual que ocurre con las centrales nucleares en general, también las técnicas de instrumentación y control en las centrales nucleares constituyen un punto de atención para el público. No se trata solamente de que las normas y condicionados en cuanto a «seguridad nuclear» sean especialmente rigurosos, sino que cualquier incidente que tenga lugar en una central se discute con todo detalle en público, y tiene consecuencias para la aceptación de las centrales nucleares. De ahí viene que los usuarios y constructores de centrales nucleares también sean muy conservadores a la hora de introducir de nuevas técnicas. Por tanto, resulta natural que las «nuevas técnicas de instrumentación y control» se utilicen y prueben por lo general primero en otros sectores, entre ellos también en centrales convencionales. Solamente entonces y paso a paso irán penetrando en las técnicas de instrumentación y control de servicio y después en las de seguridad, si es que no surgen unos motivos graves o una utilidad desmesurada que aconsejen su utilización «prematura».

Ahora bien, la utilización paso a paso en la forma descrita vendrá una y otra vez a provocar serias dificultades, especialmente en la comunicación entre sí de ambas «clases» de técnica de instrumentación y control, porque la técnica de «una señal-un hilo» ha de emplearse en paralelo con la técnica de los sistemas de bus, siendo únicamente posible establecer unos límites exactos entre ambas clases de técnica de instrumentación y control, a nivel de proyecto.

La utilización de microprocesadores en las unidades de automatización dará lugar a nuevas estructuras de las técnicas de instrumentación y control. El tratamiento de las señales ya no distinguirá entre señales analógicas y binarias, pues todas estas señales se tratan en forma digitalizada. Pero de ahí resultarán también unas posibilidades más sencillas de tratamiento de la información.

Como sistema de comunicación en



sistemas de ordenadores repartidos, los sistemas de bus de información presentan ventajas. Si éstos se construyen directamente en técnica de fibra óptica, entonces se consigue al mismo tiempo:

- Buenas características dieléctricas frente a la influencia de tensiones exteriores y entre los sistemas parciales, y
- El funcionamiento a prueba de fallos, ya que en caso de ejecución adecuada para ordenador, con información transmitida bloque a bloque, se ofrecen numerosas posibilidades de control y vigilancia.

Hoy en día existen ya en el mercado equipos que permiten representar informaciones de forma muy condensada: en la actualidad se trata de la representación gráfica mediante aparatos con pantalla de color de grafismo total. Esta técnica cumple ya hoy día casi todos los requisitos que podrán exigirse en el futuro para la representación de la información en la central. Pero también aquí avanzará la técnica, por ejemplo, por medio de visualizadores de plasma y paneles de información láser, ofreciendo nuevas posibilidades, especialmente para las informaciones necesarias para dominar averías complejas, pero también para una optimización extrema de las grandes plantas con altas inversiones. Una amplia transformación de la técnica actual a una técnica completa de ordenador y de información, solamente a través de aparatos de pantalla, también conducirá naturalmente a re-

ducir el nivel de maniobra paralelo (por ejemplo, la utilización de «paneles de contacto»).

Pero la reestructuración en este sector no tendrá lugar sin una forma de proceder ergonómica para el sistema, empezando por tener en cuenta la comprensión humana del comportamiento de la planta, pasando por el comportamiento de sistemas complejos de técnicas de instrumentación y control, hasta llegar a la acción humana. Así también se analizarán con detalle los diferentes cometidos del personal de la central nuclear, responsable del servicio, mantenimiento y análisis del desarrollo de acontecimientos en la planta, y se tendrán en cuenta las necesidades de estas actividades cuando se diseñen los nuevos sistemas.

Al igual que ya sucedió en el pasado, la proporción porcentual de las técnicas de instrumentación y control dentro del conjunto de la central nuclear no cambiará sustancialmente. Esto se refiere tanto a los costes como a las necesidades de espacio. Este será más pequeño para las secciones que efectúen el tratamiento de la información, pero ello quedará compensado con el mayor volumen necesario para las comunicaciones.

En conjunto se puede decir, por tanto, que las capacidades y posibilidades de los sistemas de técnicas de instrumentación y control continuarán desarrollándose y mejorando su entendimiento, pero que su volumen —en cuanto a espacio y costes— se mantendrá aproximadamente igual.