

Computadoras para control y seguridad en las centrales CANDU

En Canadá, la Etapa 3 requiere un sistema de parada totalmente computadorizado

por R.S. Gilbert

La industria nucleoelectrica siempre ha sido muy conservadora en cuanto a la aplicación de la tecnología digital a sus sistemas de control. En la mayoría de los casos los diseñadores de las centrales no han considerado necesarios los sistemas de control digitales o se han mostrado reacios a utilizarlos en las centrales nucleoelectricas.

A diferencia de la industria nucleoelectrica, las industrias de control de procesos (por ejemplo, las refinerías de petróleo) adoptaron la tecnología de las computadoras porque ofrecía ventajas significativas en el control de los grandes sistemas de elaboración. A principios del decenio de 1970 los sistemas típicos de control

El Sr. Gilbert es Director de la Subdivisión de Sistemas Electrónicos de Atomic Energy of Canada Ltd, Sheridan Park Research Community, Mississauga, Ontario.

Las referencias utilizadas para este artículo fueron "Evolution of Computer-Based Surveillance, Control and Man-Machine Communication Systems in Nuclear Power Stations", por H.M. Wilkinson, diciembre de 1979; "Benefits from the Use of Computers in CANDU Shutdown Systems", presentado por N.M. Ichiyen en la Reunión de especialistas del OIEA sobre el uso de computadoras digitales en los sistemas importantes para la seguridad, celebrada en Saclay, Francia, en noviembre de 1984; y "The Use of Digital Computers in CANDU Shutdown Systems", por R.S. Gilbert y C.W. Komorowski, preparado también para la reunión de Saclay.

de la central se diseñaban en torno a una gran computadora central. Esta computadora central (estructura principal) recibía la información de los sensores desde la central y seguidamente ejecutaba todas las decisiones necesarias para controlar directamente u optimizar el funcionamiento de la central. Sin embargo, incluso estas instalaciones solían estar dotadas de sistemas manuales de apoyo para controlar la puesta en marcha o parada de los procesos y para garantizar que la central continuara funcionando en caso de que la computadora central tuviera un fallo o dejara de funcionar.

Los diseñadores de las centrales energéticas CANDU reconocieron las ventajas que ofrecía el control por computadora y lo han venido utilizando en la explotación de estas centrales durante más de 15 años. Con cada diseño sucesivo se han perfeccionado y ampliado las funciones que realizan estas computadoras. Casi desde el inicio del desarrollo de los sistemas de control CANDU se persiguió el objetivo de eliminar los sistemas manuales de apoyo mediante la creación de un sistema que fuera fiable y a prueba de fallos y desperfectos. Comquiera que estos sistemas fueron los primeros de su tipo, la Atomic Energy of Canada y la industria canadiense adquirieron algunas de las primeras experiencias en el diseño, calificación e instalación de grandes sistemas de control digital directo.

Funciones controladas por computadoras en centrales de diversos diseños

	Douglas Point	Pickering 'A'	Bruce 'A'	Pickering 'B'	CANDU 600	Bruce 'B'	Darlington
Producción de energía eléctrica (megavatios)	1 X 200 (200 MW)	4 X 540 (2160 MW)	4 X 750 (3000 MW)	4 X 540 (2160 MW)	1 X 680 (680 MW)	4 X 750 (3000 MW)	4 X 850 (3400 MW)
Fechas de entrada en servicio (primera/última unidad)	1962	1971/73	1977/79	1982/83	1982/83	1983/87	1987/90
Entradas digitales	80	400	512	448	1104	576	656
Entradas analógicas	550	1152	1408	1408	1728	1840	2080
Salidas digitales	46	272	408	256	712	504	448
Salidas analógicas	17	42	32	42	64	36	72
CRT de representación visual (por unidad)		2 CRT	10 CRT (B/N)	9 CRT (Color)	13 CRT (Color)	10 CRT (Color)	18 CRT (Color)
Impresoras	3 máquinas de escribir	2	2	2	2	2	2
Rutinas principales del soporte lógico en tiempo real	4	10	18	14	17	18	19

El sistema de control típico de una central CANDU es muy grande. La CANDU 600 tiene unas 1700 entradas analógicas, 1100 entradas digitales, 64 salidas analógicas y 700 salidas digitales. El sistema también tiene un explorador de entradas por contacto que se usa para iniciar mensajes de aviso o anuncio. Este explorador comprueba el estado de 2000 señales digitales, 300 veces por segundo. Si cualquiera de estas entradas cambia de estado, el explorador pasa dicha información automáticamente a la computadora de control. La foto muestra la central nuclear Gentilly-2 en Quebec, un reactor de 645 MW(e) que entró en servicio en 1983. (Fuente: AECL)

Funciones controladas por computadoras en varias generaciones de diseño de centrales							
Instrumentación de vigilancia							
Función	Douglas Pt.	Pickering 'A'	Bruce 'A'	Pickering 'B'	CANDU 600	Bruce 'B'	Darlington
Barrido de los puntos de alarma							
Vigilancia de la temperatura de los canales							
Vigilancia o predicción del xenón							
Sistema de regulación del reactor							
Regulación de la potencia de la unidad							
Control de la presión de las calderas							
Control de la temperatura del moderador							
Limitación de la intensidad del reactor							
Vigilancia y trazado del flujo							
Vigilancia de las turbinas							
Aumento de la potencia de las turbinas							
Control de la máquina de carga de combustible							
Vigilancia de la secuencia de sucesos							
Control del transporte primario de calor							
Control del nivel de las calderas							
Control del desaireador							
Mensajes en CRT (alfanuméricos)							
Gráficos en CRT							
Almacenamiento de datos históricos							
Vigilancia del sistema de seguridad							
Disparo del sistema de seguridad							

No cabe dudas de que la conservadora industria nuclear ha cambiado. A juzgar por las conferencias recientes, el uso de los sistemas digitales se está generalizando en todos los sistemas de reactores. De hecho, las centrales CANDU, al igual que otras, ya están utilizando la lógica basada en computadoras para las funciones tanto de seguridad como de control. En las centrales CANDU estas nuevas aplicaciones relacionadas con la seguridad incorporan la experiencia que se ha acumulado en el uso de computadoras para el control general de las centrales. Esta tendencia a utilizar computadoras en los sistemas especiales de seguridad se ha basado en la esperanza de reducir los costos y aumentar al mismo tiempo la fiabilidad de los sistemas en cuanto a producción y seguridad.

En la actualidad se está diseñando un sistema general que emplea computadoras para todas las funciones de apagado. Se espera que cumplirá su cometido específico y que continuará dando los buenos resultados operacionales logrados hasta la fecha con aplicaciones de computadoras similares. También se espera que las centrales CANDU continúen ampliando el uso de computadoras en todos los aspectos del control de las centrales, y que la experiencia adquirida se aproveche como es debido en los diseños futuros basados en los sistemas de adquisición de datos a distancia y en las tecnologías de conductores comunes de datos.

Centrales prototipo CANDU

La primera central CANDU que utilizó computadoras para el control fue una central prototipo llamada Douglas

Point. Empleaba una sola computadora Control Data 636 para exploración de alarmas, vigilancia de la temperatura y regulación de la potencia.

El cuadro adjunto muestra las funciones controladas por computadora que se han incorporado en varias generaciones de diseño de centrales. Después de Douglas Point todas las centrales comerciales CANDU han aplicado las funciones de control mediante dos microcomputadoras. Estas funcionan en una configuración principal/auxiliar en línea conocida como DCCX y DCCY, respectivamente. En esta configuración, ambas computadoras reciben toda la información de los sensores y ejecutan programas idénticos de control de la central.

Normalmente, sólo las señales de control de la computadora principal están conectadas para controlar el proceso de la central. Cuando las autoverificaciones del soporte físico o del soporte lógico detectan algún fallo, el control se transfiere automáticamente a la computadora auxiliar en línea (DCCY). Esto se logra desconectando las señales de control de la principal y conectando las salidas de control de la auxiliar a los procesos. Se pueden transferir funciones de control individuales o todas las funciones, según el tipo de fallo que se detecte.

Hasta la fecha se ha empleado el diseño principal/auxiliar en línea en todas las centrales energéticas comerciales CANDU. El sistema ha demostrado una disponibilidad del 99,8% durante una vida operacional de más de 50 años sistema.

Como se ha señalado, las centrales CANDU actuales, al igual que otras, están empleando computadoras en sus sistemas especiales de seguridad. Los sistemas especiales

de seguridad de las centrales CANDU están separados completamente y son independientes del sistema de control de la central descrito en el cuadro adjunto. Las computadoras no se emplearon en estos sistemas hasta una fecha relativamente reciente.

Sin embargo, las ventajas y beneficios que se hicieron evidentes con el empleo de computadoras para el control han demostrado ser igualmente pertinentes para los sistemas especiales de seguridad. Así pues, en los más recientes diseños de centrales se ha comenzado a incorporar computadoras a los sistemas especiales de seguridad. El Sistema de Parada Uno (SDS1) y el Sistema de Parada Dos (SDS2) son los que han hecho un uso más amplio de la aplicación de computadoras. El tercer sistema especial de seguridad en que se han introducido las computadoras es el Sistema de Inyección de Refrigerante de Emergencia (ECI).

Elementos esenciales de los sistemas de parada

Un sistema de parada se compone de: sensores de proceso, dispositivos de reactividad (por ejemplo, barras mecánicas absorbentes que "caen por gravedad") y los instrumentos y lógica de intervención. Si los sensores detectan que la central está funcionando en un estado potencial de inseguridad (por ejemplo, potencia demasiado elevada, flujo de refrigerante demasiado bajo), se insertan dispositivos de reactividad para terminar cuanto antes la cadena de reacción. Para mejorar la fiabilidad, los sensores y la lógica se triplican.

Desde mediados del decenio de 1970 los reactores CANDU han empleado dos sistemas de parada independientes de igual eficacia. Cada uno de estos sistemas se compone de tres canales redundantes e independientes de instrumentos. Las salidas de estos tres canales están combinadas en un sistema de votación de dos de un total de tres, que se utiliza para iniciar la parada del reactor.

Los siguientes son algunos de los requisitos más importantes que influyen en el diseño de estos sistemas:

- La condición del sistema y los valores de medición del disparo o de la parada junto con sus puntos de ajuste deben estar representados permanentemente en la sala de control central.
- Debe poder comprobarse todo el sistema desde la sala de control central. Estas comprobaciones deben demostrar el funcionamiento del sistema desde el sensor primario hasta el mecanismo de parada.
- La lógica debe ser capaz de funcionar en condiciones adversas (por ejemplo, a altas temperaturas o durante un terremoto).
- El sistema debe estar diseñado para cumplir una meta de no disponibilidad de 0,001. De este modo, el diseño del sistema y las comprobaciones periódicas garantizan que funcionará en 999 de cada 1000 intentos.
- Cada canal de ambos sistemas de parada debe contar con dos mediciones diferentes para detectar todo accidente tipo.

La computadorización de los sistemas de parada ha pasado por tres etapas:

- Vigilancia de las variables importantes del sistema de parada
- Computadorización de funciones de disparo escogidas del sistema de parada

- Computadorización total del sistema de parada incluidos la lógica del disparo, la interfaz con el operador, la comprobación y la vigilancia.

Las dos primeras etapas se llevaron a cabo a fines del decenio de 1970 y principios del de 1980. En la actualidad está a punto de concluir la tercera etapa y en 1986 entrará en funcionamiento un sistema de parada totalmente computadorizado.

Las siguientes son algunas de las más importantes ventajas que ofrecen estos sistemas digitales:

- Costo general inferior
- Mayor flexibilidad de la lógica
- Procedimientos de comprobación mejorados
- Interfaz hombre-máquina mejorada
- Mejor disponibilidad (menor no disponibilidad).

El modo más fácil de comprender cómo se están utilizando las computadoras en los sistemas de seguridad CANDU es estudiando sus aplicaciones específicas. En las siguientes secciones de este artículo se describen ejemplos del empleo de estos sistemas.

Vigilancia del sistema de parada: primera etapa

En el emplazamiento de generación de energía nucleoelectrónica Bruce, en Ontario, Canadá, hay dos centrales CANDU de 4 X 750 megavatios. Para ambas centrales se diseñó un sistema de vigilancia por computadora que comenzó a funcionar recientemente. En la central Bruce 'B' se instaló el sistema de vigilancia antes de la puesta en marcha de la central, mientras que el sistema para la Bruce 'A' está siendo adaptado en unidades que ya están en funcionamiento.

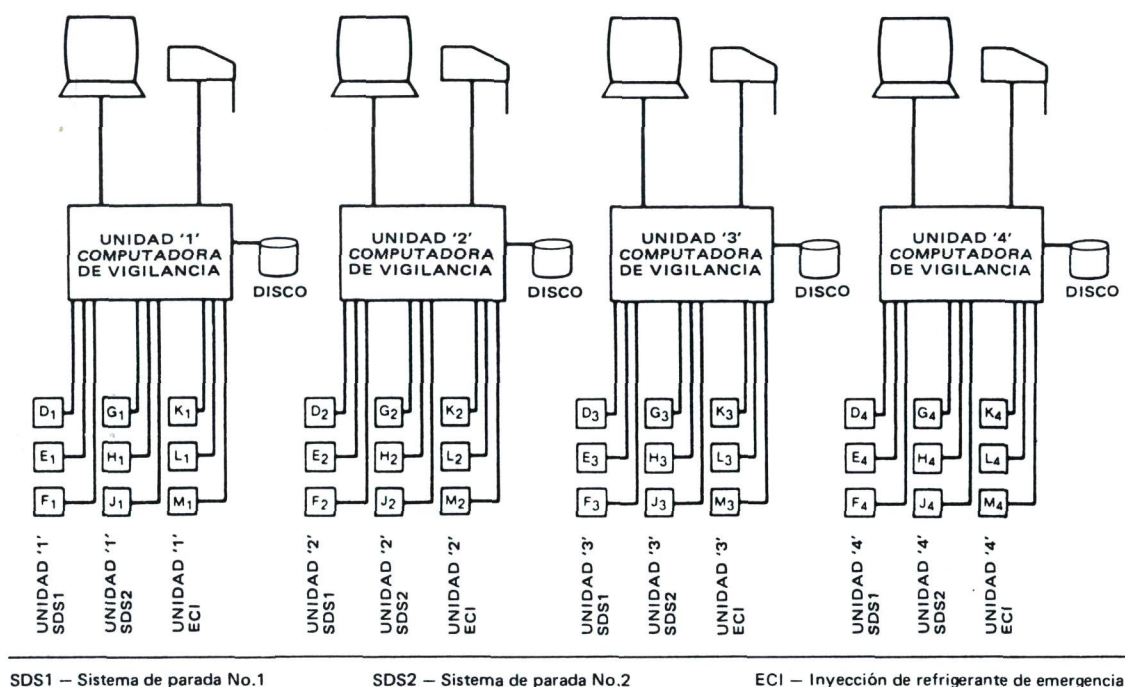
El objetivo de esta computadora de vigilancia es brindar al operario imágenes visuales en un tubo de rayos catódicos (CRT) que reflejen información proveniente de todos los canales del sistema de seguridad. La razón inicial para considerar la instalación del sistema fue la de brindar alarmas de margen para el disparo y una representación visual de las mediciones de flujo del sistema de parada. Sin embargo, a medida que avanzaba el diseño se agregaron funciones para mejorar aún más la presentación de la información al explotador. Estas características adicionales incluyen:

- Representación visual de los valores de las mediciones del proceso y de los puntos de ajuste
- Almacenamiento de datos históricos y representación visual de tendencias
- Registro de los valores en el momento del disparo durante las pruebas
- Alarmas especiales para indicar deficiencias en el sistema.

Inicio del disparo: segunda etapa

Los sistemas de parada de los reactores de 600 megavatios son similares a los de las otras centrales CANDU, con una excepción. Algunas de las funciones de disparo de las CANDU-600 requerían una lógica especial de acondicionamiento y se han utilizado microcomputadoras para aplicarla. Estas computadoras se llaman comparadores digitales programables (PDC) porque reemplazaron la función de comparadores analógicos y

CONFIGURACION DE LA COMPUTADORA DE VIGILANCIA DE LA CENTRAL BRUCE 'A'



La figura muestra el sistema completo de vigilancia para una central. El monitor central es una Micronova/MP-200 de la Data General. Esta computadora está completamente aislada de todos los equipos del sistema de parada por canales porque recibe los datos a través de conductos de fibras ópticas desde multiplexores de mando a distancia. Cada multiplexor es una Micronova MP-100 de Data General. Estos equipos recogen datos de cada uno de los canales SDS1 y SDS2 y del sistema ECI. Las partes de estos tres sistemas de seguridad que inician el funcionamiento del sistema utilizan instrumentos analógicos convencionales y conmutadores lógicos. (Fuente: AECL)

de su acondicionamiento asociado. Estos PDC están en funcionamiento desde julio de 1982.

A diferencia de los sistemas computarizados de vigilancia, que sólo realizan funciones de supervisión no críticas, los PDC realizan la propia función de disparo para algunas de las variables de disparo. En vista del carácter crítico de los PDC se adoptaron una serie de medidas especiales de diseño para garantizar su fiabilidad:

- Mediante rutinas especiales del soporte lógico se llevan a cabo numerosas verificaciones de la memoria de las computadoras, los programas almacenados, los datos almacenados, los componentes de entrada y salida, y las instrucciones de la computadora. Estas rutinas se suceden continuamente en línea durante el funcionamiento normal.
- Se instalan temporizadores "perro guardián" de seguridad para que cada PDC esté protegido contra los fallos (por ejemplo, disparo del canal) en el caso de que se detecte algún mal funcionamiento o la interrupción total de la computadora.
- El soporte lógico se mantiene muy sencillo y se estructura como un circuito simple sin ninguna interrupción. En pasadas alternas del programa, el soporte lógico de disparo utiliza datos almacenados de comprobación en lugar de datos actuales para verificar su propio funcionamiento.
- Cada pasada del programa incluye una "verificación" para garantizar que todas las partes del soporte lógico se estén ejecutando en el orden correcto.
- Los programas se almacenan en memorias ROM programables (PROM).

- Se realizaron varias modificaciones mecánicas y eléctricas para hacer los PDC resistentes a los sismos y garantizar su inmunidad al ruido inducido por electricidad.

Los comparadores digitales programables son Micronovas MP100 de Datos Generales con 4K* de memoria ROM programable. No usan periféricos salvo el equipo de entrada/salida del proceso que tiene una interfaz con estos PDC. Los PDC se diseñan con una configuración mínima de dotación física para aumentar su fiabilidad.

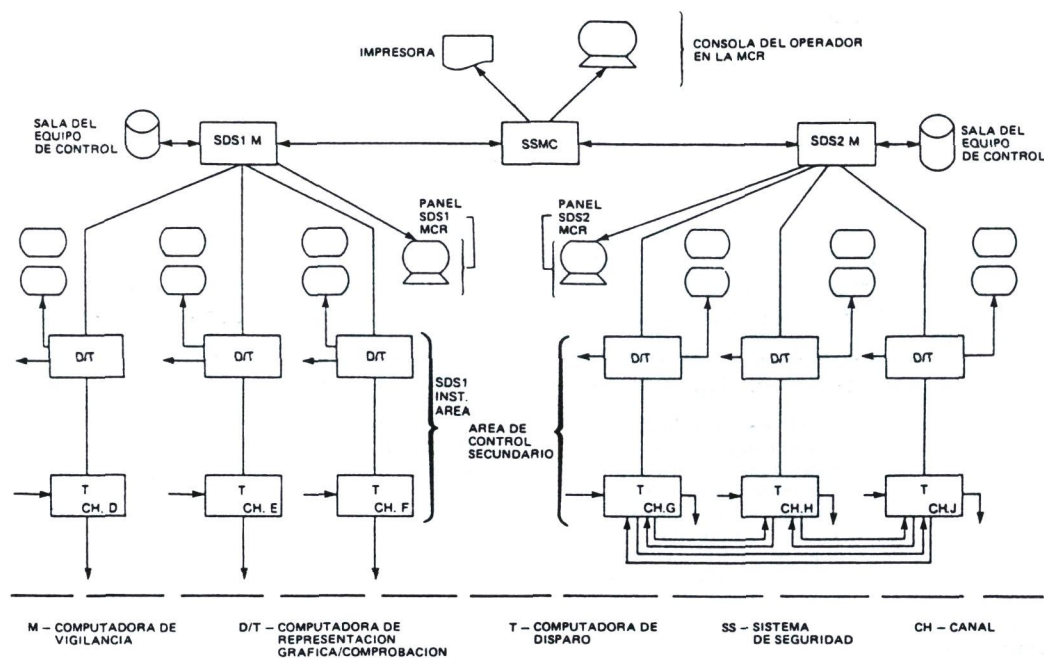
Sistema de parada totalmente computarizado: tercera etapa

La Central Darlington 'A' es una central de unidades múltiples y una estructura similar a la de la Bruce 'B' ya descrita. Se encuentra en construcción y la primera unidad entrará en servicio en 1987. Una característica singular de esta central es que los sistemas de parada (SDS1 y SDS2) emplean computadoras para todas las funciones del SDS de forma integrada. (Véase la descripción del soporte físico de las computadoras en el recuadro adjunto.)

Se están usando computadoras de vigilancia independientes para cada sistema de parada. Ambas computadoras cumplen funciones similares a las de las computadoras de vigilancia de la Central Bruce descritas. Cada una funciona independientemente y recibe datos de tres computadoras de comprobación con representación visual (D/T) cada

* Kilobyte, unidad del tamaño de una memoria central = 1024 bytes.

CONFIGURACION DE UN SISTEMA DE PARADA TOTALMENTE COMPUTORIZADO



La figura muestra cómo están dispuestas las computadoras de los sistemas de parada en una unidad de la central Darlington. Los Sistemas de parada Uno y Dos (SDS1 y SDS2) emplean un total de 15 computadoras. Estas computadoras están aisladas unas de las otras porque toda la comunicación de datos entre ellas transcurre por enlaces de fibras ópticas. Estos enlaces de datos están diseñados para funcionar asincrónicamente con una carga de hasta 19,2K bites por segundo. Normalmente cada enlace transmite unos 500 bytes por segundo.

La computadora que se observa en la parte superior de esta figura se llama computadora de vigilancia del sistema de seguridad (SSMC). Está incluida en el diseño para que la información procedente de los monitores de los SDS1 y SDS2 pueda presentarse al operador en una ubicación central. Este procesador controla los periféricos de la mesa del operador, que está ubicada en el centro de la sala de control principal (MCR). (Fuente: AECL)

dos segundos. En el sistema de la Darlington, estos monitores también brindan:

- Una interfaz con el operador para el control de secuencias de comprobación de rutina.
- Una interfaz con el operador para la recalibración de los detectores del flujo de neutrones.
- Una instalación de representación visual de apoyo para las imágenes por canales.

La interacción del operador con estos monitores asume dos formas. El operador puede obtener información de cualquiera de los dos monitores solicitándola a través de la computadora de vigilancia del sistema de seguridad en su mesa de control. Además, el operador puede seleccionar funciones mediante teclados especiales en las dos zonas de paneles de la sala de control principal dedicadas al SDS1 y al SDS2. Junto a cada teclado se encuentran sendos tubos de rayos catódicos (CRT) de representación visual para uso general que presentan la imagen seleccionada. Estos CRT suelen utilizarse para guiar al operador en las secuencias de comprobación y en los procedimientos de recalibración de los detectores de flujo.

Computadoras de comprobación con representación visual por canales

En cada canal de ambos sistemas de parada se encuentra una computadora de comprobación con representación visual (D/T). Este procesador recibe datos de una computadora de disparo conexas. Los datos se convierten y se usan para crear representaciones visuales de gráficos de barra que muestran mediciones de los

parámetros de disparo en los CRT de los canales. Esta información también se transmite a la computadora de vigilancia pertinente. Tales procesadores D/T no sólo brindan las imágenes correspondientes a los canales, sino que también actúan como memoria intermedia para los controles de pruebas canalizadas y otras entradas y salidas que tienen que estar aisladas de la computadora de vigilancia o de la sala de control principal.

Computadoras de disparo

Las computadoras de disparo procesan todos los parámetros necesarios de los dos sistemas de parada. Son similares a los PDC de las CANDU-600 y cumplen las siguientes funciones:

- Muestran los insumos de entrada
- Toman todas las decisiones relativas al disparo
- Realizan la compensación dinámica de las lecturas del detector de flujo
- Reciben y aplican los factores de recalibración de los detectores de flujo
- Transmiten datos a la computadora D/T.

Tendencias futuras

La aplicación exitosa de las computadoras en los sistemas de operación y de control, y, más recientemente, en los sistemas de seguridad, ha seguido demostrando las ventajas de la inteligencia artificial en las centrales CANDU. El acelerado ritmo de los acontecimientos en la industria de las computadoras también ha brindado nuevas oportunidades para la innovación. En estos momentos parece haber tres esferas en las que cabe esperar cambios.

Primeramente, se empleará el control o la adquisición de datos distribuidos, o ambas variantes, para reducir el costo de la instalación eléctrica y los programas de construcción. Ejemplo de esta tendencia es el actual diseño CANDU-300, que incluye un sistema de control que utiliza conductores comunes de datos y multiplexores de mando a distancia.

La segunda esfera en que habrá cambios es en el mejoramiento de las interfaces hombre-máquina en la sala de control. Ahora se dispone de nuevas tecnologías de representación visual y de mayor potencia en las

computadoras que reducirán los costos y mejorarán la calidad de las interfaces hombre-máquina.

La tercera esfera en que habrá innovaciones es la de las aplicaciones que se derivan de los requisitos únicos relacionados con los proyectos individuales. Existen determinadas situaciones en las que los sistemas de soporte físico y lógico de las centrales CANDU o la experiencia adquirida al respecto pueden adaptarse para otras aplicaciones. Ejemplo de ello es el uso de computadoras en las instalaciones de respuesta de emergencia o en proyectos energéticos en pequeña escala.

Soporte físico de computadoras para el sistema de parada CANDU

Las computadoras que se utilizan en el diseño de sistemas de parada totalmente computadorizados son productos corrientes que se pueden adquirir completos. Todas las computadoras, salvo las de disparo del Sistema de Parada Dos (SDS2) son unidades centrales de proceso (CPU) de la serie General Automation 250 y están conectadas al soporte físico de entrada y salida (E/S) de la General Automation. Las computadoras de disparo del SDS2 son procesadores DEC LSI 11/23 conectados a E/S de Computer Products. Todas las computadoras tienen procesadores centrales de 16 bites. Los monitores de los Sistemas de Parada Uno y Dos tienen 64K palabras de memoria y un disco de 10,2 megabytes.

Las computadoras D/T y la computadora de vigilancia del sistema de seguridad (SSMC) tienen 32K palabras de memoria de acceso aleatorio (RAM) y 16K palabras de memoria inalterable (ROM). En el cuadro adjunto figuran su soporte físico de entrada y salida típico y asociado. Estas computadoras y las de disparo son dispositivos independientes y ejecutan sus programas ROM residentes en un circuito continuo.

Soporte físico de representación visual

Los generadores de representación en video VDG que alimentan las pantallas de CRT son generadores de representación visual RAMTEK modelo 6210. Pueden brindar gráficos en color y representaciones alfanuméricas con una resolución máxima de 640 X 480 puntos.

A los VDG de D/T están conectados tubos de rayos catódicos adaptados a las condiciones ambientales y a prueba de sismos. Las computadoras de vigilancia tienen representaciones visuales en colores que no están adaptadas para sismos. Los VDG de vigilancia cuentan también con un soporte físico capaz de delinear vectores para representar tendencias.

Conexiones externas

Todas las computadoras del sistema reciben señales externos a través de un módulo de terminación especialmente diseñado. Este módulo puede utilizarse con diferentes marcas de computadoras y su diseño incluye supresión y filtro de ruido pasivo para todas las entradas y salidas de cada computadora. Además, este módulo contiene transductores de fibra óptica, indicación del estado de las entradas y salidas digitales, y un dispositivo de protección para cada procesador.

Bloqueo de las comunicaciones y los enlaces de datos

Todas las comunicaciones ordinarias de este sistema son procesadas por controladores DMA en cada computadora. La información siempre se pasa asincrónicamente y la mayoría de las veces en una sola dirección. El diseño permite que el operador pase libremente datos de la computadora de vigilancia a la computadora de representación visual y comprobación y a una computadora de disparo. Sin embargo, esta función está bloqueada de modo que la transmisión descendente de datos sólo puede ocurrir en un canal de cada SDS a la vez. Los bloqueos que controlan este tipo de transferencia de datos son ajenos a las computadoras en sí y forman parte de los circuitos de transductores de fibra óptica de cada módulo de terminación.

El operador utiliza esta capacidad de enviar datos a un solo canal para controlar la comprobación de los

instrumentos asociados a los canales y para recalibrar los datos de los detectores de flujo en una computadora de disparo.

Características típicas del soporte físico: sistema de parada totalmente computadorizado

Dispositivo de la computadora	Monitor del sistema de seguridad	Vigilancia del SDS	Representación visual y comprobación	Disparo
RAM	32KW	64KW	32KW	16KW
ROM	16KW	—	16KW	16KW
Eslabones en serie	3	5	4	1
Disco	—	1	—	—
Teclado	1	1	—	—
VDG	1	1	2	—
CRT en colores	1	1	—	—
Mono	—	—	2	—
Entrada digital	16	64	64	32
Salida digital	32	32	128	48
Entrada analógica	—	—	16	48
Salida analógica	—	4	4	4

RAM: Memoria de acceso aleatorio

ROM: Memoria inalterable

VDG: Generador de representación en video

CRT: Tubo de rayos catódicos

Soporte lógico

Todo el soporte lógico de aplicación de este sistema tiene un diseño especial. La mayoría de los programas, incluido el soporte lógico de disparo, están escritos en FORTRAN. Las computadoras de vigilancia están provistas de un sistema operativo que suministra el vendedor.

Los procesadores de la computadora de vigilancia del sistema de parada, los de representación visual y comprobación y los de disparo tienen arquitecturas de soporte lógico muy sencillas y por lo general realizan una pasada de un circuito del programa principal cada 30 a 100 milisegundos.

Conforme a la práctica seguida en proyectos anteriores, cada computadora contará con varias funciones de auto-comprobación. Estas funciones son mucho más amplias en las computadoras de disparo y están diseñadas para garantizar que la unidad central de procesamiento, la memoria y el soporte físico de entrada y salida funcionen debidamente. Si una computadora detecta por sí misma algún fallo o fallos graves que le impidan ejecutar su programa dentro de un plazo predeterminado, el sistema de "perro guardián" correspondiente a esa computadora pone automáticamente las salidas correspondientes en condiciones de seguridad.