

NOTA TÉCNICA

Comisión Técnica de la SNE

PROYECTO EUREKA - TRON:

RECUPERACIÓN DE OBJETOS DEL FONDO DE LAS VASIJAS DE CENTRALES PWR

INTRODUCCIÓN. OBJETIVOS DEL PROYECTO

En las operaciones de recarga, o bajo circunstancias que requieran actuaciones excepcionales, es necesario abrir la vasija del reactor. Durante el tiempo que ésta permanece abierta, existe el riesgo de que algún objeto (herramientas o partes de ellas, fungibles, etc.) caigan en su interior debido a errores humanos o a otras circunstancias. Otro camino que los objetos pueden seguir hasta llegar al fondo de la vasija es a través del circuito primario. Objetos caídos y olvidados en el fondo del generador de vapor durante operaciones de mantenimiento, virutas de operaciones realizadas en los mismos o en válvulas auxiliares, etc., pueden ser impulsados por el flujo de primario hasta el interior de la vasija. La presencia de estos objetos puede ser detectada durante la parada de recarga, o bien durante el ciclo productivo de la planta por los sistemas de vigilancia y detección de impactos metálicos. En el peor de los casos, su presencia puede permanecer oculta durante largos períodos de tiempo. En cualquier caso, los objetos que permanezcan en el interior de la vasija, bien en el fondo, bien sobre alguna de las superficies horizontales del combustible o los internos, pueden suponer, dependiendo de su naturaleza, un grave riesgo para el combustible y ciertas estructuras internas de la vasija debido a la presión del agua que circula a través de la misma.

La complejidad de las operaciones de detección y recuperación de objetos del interior de la vasija depende, obviamente, del lugar de la misma donde éstos se encuentren. Si los objetos descansan sobre los elementos de combustible o sobre la placa inferior de soporte del núcleo son generalmente visibles mediante cámaras subacuáticas o incluso a simple vista y pueden ser recuperados desde la plataforma de la grúa de combustible o el borde de la piscina, por operarios expertos mediante pértigas largas provistas en su extremo de pinzas, garras, dispositivos de succión, imanes u otras herramientas dispuestas a tal efecto. Pero, ¿qué ocurre si los objetos pasan a través de alguno de los agujeros de la placa inferior de soporte del núcleo? Bajo estas circunstancias, los objetos permanecen ocultos en los internos inferiores y su recuperación exige el desmontaje completo del núcleo, el traslado de todos los elementos de combustible y la retirada de los internos inferiores desde el interior de la vasija hasta su ubicación de almacenamiento bajo el agua en la cavidad del reactor.

El proyecto TRON consiste, precisamente, en el diseño y construcción de un sistema teleoperado para la localización y recuperación de objetos caídos al fondo de las vasijas de las centrales PWR, sin que se precise el desmontaje de los internos inferiores de las mismas ni la retirada de todos los elementos de combustible. La disponibilidad de un sistema de estas características permite reducir drásticamente el tiempo de operación, los costes indirectos asociados a la ma-

yor duración de la parada y los riesgos derivados del desmontaje de los internos y de la retirada de los elementos de combustible.

El TRON se desarrolla en el marco del proyecto EU 1565 MAINE TRON, dentro del programa de investigación europeo EUREKA, y está siendo desarrollado por ENWESA Operaciones, S.A., en colaboración con el Instituto de Mecánica de la Academia de Ciencias Rusa de Moscú.

ELEMENTOS DEL SISTEMA

La consecución de los objetivos del TRON supone el desarrollo e integración de los siguientes subsistemas:

- Sistemas mecánicos teleoperados, brazos y pértigas, capaces de moverse por la estructura interna de la vasija y soportar las herramientas de recuperación y los dispositivos de inspección, cámaras y sensores.

- Herramientas para la recogida de los objetos que se emplazarán en el extremo del brazo robotizado (end-effectors) y cuya estructura dependerá del tamaño y naturaleza de los objetos (metálicos y no metálicos, blandos, duros, pesados, finos, planos, cilíndricos...).

- Sistema de visión artificial, capaz de integrar las imágenes reales del entorno captadas por las cámaras subacuáticas con las imágenes de ordenador correspondientes al modelado teórico del entorno para facilitar la localización de objetos pequeños.

Así mismo, será necesario desarrollar e integrar los sistemas de control y mando correspondientes a cada uno de los subsistemas y diseñar los elementos necesarios para la instalación de los dispositivos en las zonas de operación, fundamentalmente grúas y pértigas. El desarrollo del brazo y los sistemas de control corren a cargo de ENWESA, mientras que las herramientas y sistema de visión serán desarrollados por el Instituto de Mecánica de la Academia de Ciencias Rusa.

El desarrollo de todos los elementos se basa en la utilización, en la medida de lo posible, de elementos comerciales para facilitar su implementación y reducir su coste.

ASPECTOS CRÍTICOS DE DISEÑO

La geometría de los internos inferiores y las condiciones de acceso a los mismos imponen restricciones muy severas en el diseño de los dispositivos de inspección y recuperación. De entre ellas pueden destacarse las siguientes:

- Los dispositivos deben ser instalados en los internos desde zonas seguras, tales como la plataforma de la grúa de combustible, que se encuentra entre 15 y 18 metros por encima del área de operación. El peso y geometría de los dispositivos debe ser tal que su instalación sea rápida y no requiera más de dos operarios.

- Las dimensiones del brazo y las herramientas deben ser tales que permitan su paso por los agujeros de la placa inferior de soporte del núcleo, cuyo diámetro es de unos 69 mm.

- Los dispositivos deben ser lo suficientemente robustos como para aguantar colisiones con el entorno con el brazo funcionando a su velocidad máxima, sin que se produzcan pérdidas de materiales.

- Los dispositivos deben diseñarse de forma que puedan ser fácilmente retirados en caso de fallos eléctricos, mecánicos, pérdida de alimentación o cualquier otra circunstancia. La extracción debe poder realizarse de forma manual desde zonas seguras, incluso en el caso de que los dispositivos se enganchen con partes de los internos.

- Los dispositivos deben funcionar sumergidos y bajo condiciones radiológicas muy duras. Todos los elementos eléctricos y electrónicos deben protegerse de forma conveniente. Las cámaras y dispositivos electrónicos embarcados deben soportar las condiciones radiológicas del ambiente.

- Los mecanismos hidráulicos de aceite están completamente descartados, si bien se admite, aunque con ciertas restricciones, el uso de dispositivos hidráulicos de agua desmineralizada y neumáticos.

El análisis del entorno se ha realizado a partir del estudio de la central nuclear de Ascó I; sin embargo, el proyecto no pretende ceñirse únicamente a dicho caso, sino que se está diseñando un sistema aplicable a otros entornos con unas características similares.

CONCLUSIONES.

BENEFICIOS PARA EL SECTOR ELÉCTRICO

Considerando que el sistema no precisa del desmontaje de la estructura interna de la vasija ni de la retirada de todos los elementos de combustible, se pueden estimar los siguientes beneficios:

- Reducción drástica del tiempo consumido en la operación.

- Reducción de los costes indirectos asociados a la mayor duración de la parada, como son la pérdida de producción, los costes de reposición de la energía, etc.

- Eliminación de los riesgos derivados del desmontaje de la estructura interna de la vasija.

Existe, además, la posibilidad, cuya viabilidad y conveniencia deben ser estudiadas, de utilizar el sistema para inspecciones rutinarias del fondo de la vasija y de los internos inferiores.

Por último, cabe destacar que el producto supone una importante innovación y un considerable aporte tecnológico al sector industrial español, en tanto que no existe en el mercado ningún sistema teleoperado con estas características. Por otro lado, cada uno de los subsistemas principales, brazo, herramientas y sistema de visión, tiene suficiente entidad por sí mismo para su comercialización y es posible generar las correspondientes patentes..