

# SEGURIDAD, RENDIMIENTO Y ECONOMIA DE LAS CENTRALES NUCLEOELECTRICAS EN LA UNION SOVIETICA

En la Unión Soviética, país rico en carbón, petróleo y gas natural, la electricidad de origen nuclear ha demostrado sus ventajas en cuanto a rendimiento, economía y seguridad, para ser utilizada en la red eléctrica nacional. La seguridad quedó probada desde los primeros días y más adelante, varios tipos de reactores han evidenciado la rentabilidad de esta forma de energía. El reactor de neutrones rápidos es objeto de atentos estudios con miras a la producción de electricidad en el futuro.

El Dr. I.D. Morojov, Primer Vicepresidente del Comité Nacional para la Utilización de la Energía Atómica, del Consejo de Ministros de la Unión Soviética, y Representante de este país en la Junta de Gobernadores del Organismo, pronunció el 27 de febrero, ante el personal del Organismo, una disertación sobre el desarrollo de la energía nucleoelectrica en la Unión Soviética.

El Dr. Morojov dijo que, en lugar de ocuparse brevemente de cada uno de los múltiples trabajos referentes a las aplicaciones pacíficas de la energía atómica que se realizan en su país, había decidido centrar su charla en uno de los aspectos más importantes, a saber, la energía de origen nuclear, pues todo el mundo es testigo de su espectacular desarrollo.

La posibilidad de generar electricidad a partir del átomo atrajo gran atención desde el principio; entre 1948 y 1950 se construyeron dos centrales nucleares, ambas de baja potencia. La idea de utilizar grafito como moderador y helio como refrigerante había quedado descartada, dándose la preferencia al sistema grafito-agua. El reactor basado en este sistema constituyó la fuente de calor de la primera central nuclear, que comenzó a funcionar en Obninsk en 1954, con una potencia eléctrica de 5 000 kW. Hoy día continúa aún en servicio y ha tenido, no sólo en la Unión Soviética, enorme importancia conceptual para los estudios sobre el desarrollo de la energía nucleoelectrica.

El funcionamiento de la central de Obninsk permitió llegar a las siguientes conclusiones:

1. La transformación de la energía nuclear en electricidad revestía interés práctico.



2. Desde el punto de vista de la explotación, las centrales de esa índole eran suficientemente seguras y flexibles y cumplían las condiciones de utilización en una red eléctrica.

3. No presentaba riesgo alguno para el personal de la central y la población de los alrededores.

De este modo se consiguió dar respuesta a las cuestiones de concepción técnica y de principio. Pero subsistía otra incógnita: ¿Llegarían las centrales nucleares a ser rentables? Evidentemente la solución no podía hallarse comparando la experiencia adquirida mediante la pequeña central prototipo con la facilitada por las grandes centrales industriales. La incógnita podía únicamente despejarse construyendo centrales nucleares de gran potencia, con lo que se pasaba a la segunda etapa.

Por entonces se habían propuesto varios tipos de reactor, cada uno con características diferentes de seguridad y economía. Se pensó utilizar sodio en calidad de refrigerante, introduciendo un nuevo circuito para evitar el contacto con las sustancias radiactivas, pero esto hubiese encarecido la construcción. El recurrir a un solo circuito habría reducido los gastos, pero, desde el punto de vista de la explotación, habría creado complicaciones debidas a la ligera radiactividad del vapor. El anhídrido carbónico ofrecía algunas ventajas como refrigerante, pero habría exigido un núcleo de mayores dimensiones con el consiguiente aumento de los trabajos de construcción y de los gastos de inversión. Existía la posibilidad técnica de elevar la temperatura y obtener vapor sobrecalentado para acrecentar el rendimiento, pero esto habría obligado a utilizar acero inoxidable, material que absorbe los neutrones. Con aleaciones de aluminio poco absorbentes, se consiguió una solución más satisfactoria, pero que también tenía sus inconvenientes. El circonio permitía alcanzar temperaturas elevadas pero era bastante costoso. Los parámetros mejoraban empleando agua pesada, pero era preciso adoptar medidas con objeto de reducir al mínimo las pérdidas de este costoso producto.

## PREPARANDO LA PRODUCCION EN SERIE

¿Cuál sería la solución definitiva? Evidentemente, la decisión se basaría en los resultados de los intensos estudios e investigaciones en curso. Se efectuaron experimentos con reactores a base de sodio y grafito, pero hubo que suspenderlos porque las perspectivas no eran muy brillantes; la oportunidad de esta decisión quedó confirmada al adoptar los Estados Unidos idéntica medida. Se comprobó que la solución consistente en el empleo de un reactor de agua pesada refrigerado por gas implicaba también ciertas limitaciones. En ninguno de los dos casos había ventajas decisivas, en comparación con otros tipos de reactor. Había que preparar la producción en serie de las centrales nucleoelectricas teniendo en cuenta las posibilidades del reactor rápido, cuya realización quitaría interés a la construcción de otros tipos.

Entretanto, en la Unión Soviética, se habían proyectado y construido grandes centrales nucleares. Entre ellas figuraba la del tipo llamado siberiano,

instalada en Troitsk, alimentada con uranio, refrigerada por agua ligera y moderada por grafito. Su potencia era superior a los 600 000 kW y había entrado en servicio en 1958. En Beloyarsk, un reactor de agua hirviendo producía unos 100 000 kW con una particularidad: el sobrecalentamiento nuclear directo del vapor, que se aplicaba aquí por primera vez. Esto permitía suministrar directamente del reactor a las turbinas vapor a la temperatura de 500°C y a la presión de 90 atm. Tales resultados significaban que se podía utilizar el equipo generador producido en serie para las centrales clásicas. También fue muy interesante comprobar que este sistema era muy seguro desde el punto de vista de las radiaciones, de forma que sería posible emplazar la central en grandes ciudades con zonas densamente pobladas. A fines del año pasado entró en servicio una segunda unidad prevista de sobrecalentamiento nuclear. De esta manera se alcanzó una potencia de 200 000 kW, esto es, el doble que la de la primera unidad, que lleva funcionando desde 1963. La concepción técnica de la nueva central se ha simplificado, pasándose del sistema de envoltura doble al de envoltura sencilla, lo que reduce los costos.

En cuanto a los reactores de uranio-grafito, han proseguido las investigaciones con dos nuevos tipos, uno de ellos destinado a producir un millón de kilovatios. Este trabajará con vapor saturado a la presión de 70 atm. Se prescindirá del sobrecalentamiento, pero ello será compensado por un aprovechamiento más eficaz del combustible gracias al empleo de vainas de una aleación de circonio, material poco absorbente. La electricidad por él generada resultará más barata que la de las actuales centrales térmicas alimentadas con carbón.

Prosiguen los trabajos con el mismo reactor para conseguir vapor de parámetros supercríticos. El vapor de esta clase posee mejores propiedades termofísicas gracias a las cuales aumenta la densidad energética del combustible y mejora considerablemente el rendimiento de la central.

Se han elaborado proyectos de centrales nucleares de dos a cuatro millones de kilovatios (2 000 a 4 000 MW), con el propósito de demostrar que podrán competir con las centrales térmicas clásicas, incluso las situadas cerca de las fuentes de combustible. El estudio de estos proyectos exige considerables trabajos de experimentación e investigación. Los reactores de este tipo, así como los del tipo agua-agua, se enfocan exclusivamente desde el punto de vista de la potencia y se subordinan a un fin: conseguir el máximo grado de combustión del uranio y del plutonio formado durante el funcionamiento.

Otro reactor que se estudia es el de agua-agua, con recipiente calculado para una presión de 100 atm. A fines de 1963 entró en servicio a orillas del Don una central nucleoelectrónica alimentada por un reactor de agua a presión, con una potencia de 210 MW. Este prototipo de alta potencia está situado en Novo Voronezh y se tiene el propósito de construir más adelante otras unidades. Ha demostrado una gran seguridad de funcionamiento. La cantidad de electricidad generada acusa gran regularidad: 1 018 000 000 kWh, en 1965, 1 250 000 000 kWh, en 1966, 619 000 000 kWh, en el primer semestre de 1967. Entretanto se advirtió que la capacidad de la central podía elevarse, sin

modificaciones estructurales, a 240 MW. Muy poco después comenzó la construcción de un segundo reactor destinado a la misma central, con una potencia de 365 MW(e).

"Este tipo de reactor" dijo el orador "ha sido plenamente aceptado como el generador básico de calor para las centrales nucleares durante el período 1975-1977".

Han comenzado a construirse la tercera y cuarta unidades del tipo de Novo Voronezh, que también se exporta a otros países.

A propósito de los reactores de agua, el Dr. Morojov dijo por último, que en 1965 había entrado en servicio un reactor de agua hirviente, con una potencia de 50 MW(e). Su importancia radica en su carácter experimental, pues se utilizará para estudiar la ebullición en un amplio intervalo de presiones. En él se ha previsto la alimentación directa de las turbinas con vapor, lo que constituye un paso decisivo hacia la simplificación y la producción de electricidad más económica.

## IMPORTANCIA DE LOS REACTORES RAPIDOS

De todas formas, el orador estimó que el estudio de los reactores rápidos marcará la principal dirección de desarrollo de la energía nucleoelectrica, en razón de sus ventajas considerables y decisivas. En el proceso de fisión del uranio-238 con neutrones rápidos, se obtienen del 15 al 20% más neutrones que en los reactores de neutrones térmicos alimentados con uranio. El coeficiente de reproducción suele estar comprendido entre 1,4 y 1,7, es decir, por cada kilogramo consumido puede obtenerse un excedente de 0,4 a 0,7 kg de plutonio. Esta es la característica principal y enorme ventaja de tales reactores, que permiten producir combustible nuclear en cantidades superiores a las que consumen.

Debido a la complejidad del problema, fue preciso construir toda una serie de reactores experimentales. En 1955 el reactor BR-1 comenzó a funcionar con una potencia de algunas decenas de vatios. En 1956 entró en servicio el reactor BR-2, cuya potencia era del orden de los 100 kW. A éste siguió el reactor BR-5, de 5 000 kW, alimentado con óxido de plutonio y refrigerado por sodio. Esta serie de reactores experimentales permitió llevar a cabo amplias investigaciones. En BR-5 ha proporcionado valiosos conocimientos. Fue el primero que permitió adquirir experiencia en el trabajo con plutonio, dio a conocer la tecnología del empleo del sodio y consiguió un grado de combustión de 60 000 MWd/t de uranio. Seguidamente, comenzó la construcción de grandes centrales equipadas con estos reactores.

"La resolución de los problemas tecnológicos gracias al estudio de grandes centrales equipadas con reactores de neutrones rápidos, y la experiencia adquirida en el tratamiento radioquímico de los elementos combustibles hacen pensar que la construcción de centrales nucleoelectricas de este tipo será una realidad a principios de los años setenta" vaticinó el Dr. Morojov.

Facilitó algunos detalles acerca de la central equipada con un reactor rápido que se está construyendo en Shevchenko; producirá 150 MW de electricidad, además de generar vapor para una planta de desalinización de agua del mar Caspio, a razón de 150 000 t en 24 h. De este modo, brindará la oportunidad de estudiar al mismo tiempo las propiedades de un reactor de este tipo y la tecnología de la desalinización del agua en gran escala.

Si pudieran conseguirse características tales como mayor densidad de potencia, una temperatura de 600°C para el sodio y un grado de combustión de 100 000 MWd/t, los aspectos económicos de los reactores rápidos podrían muy bien compararse con los de las centrales térmicas clásicas. Los reactores rápidos se convertirían entonces en el prototipo de una nueva serie de centrales. Para realizar estudios con tal fin, se está construyendo un reactor experimental, el BOR-60. Será una unidad dotada de numerosos dispositivos experimentales para ensayar varios tipos de combustibles. Se están realizando otros muchos estudios y el orador mencionó los proyectos de construir centrales con capacidad de un millón de kilovatios eléctricos. Con un combustible mixto de plutonio y uranio podría lograrse un coeficiente de reproducción de 1,75, así como temperaturas de unos 580°C, presiones de 240 atm y un grado de combustión del orden de 100 000 a 150 000 MWd/t.

La Unión Soviética se encuentra en una situación muy particular. Posee inmensas reservas de combustibles naturales, pero la distribución geográfica de esos combustibles es desigual, lo que encarece la producción de electricidad en determinadas regiones. La rentabilidad de las centrales nucleares será el factor que principalmente se tendrá en cuenta al decidir su construcción, es decir, el precio de la electricidad y el costo unitario de construcción en rublos por kilovatio de capacidad instalada. Uno de los factores más importantes para la reducción del costo por kilovatio es la construcción de grandes unidades, que reviste una importancia mucho mayor en el caso de las centrales nucleares que en el de las clásicas.

Después de examinar la influencia de diversos factores en los costos, tanto para los reactores de neutrones térmicos como para los rápidos, el Dr. Morojov dijo que se piensa alcanzar un grado de combustión de 30 000 MWd/t en los primeros, y de 100 000 MWd/t en los segundos. Los medios más apropiados para lograr ese fin consisten en emplear combustibles cerámicos y materiales de construcción más resistentes. Es, además, obvio que cuanto mayor sea el rendimiento mayor será la cantidad de energía producida y, por consiguiente, menos repercutirá el precio del combustible en los gastos globales. Según cálculos realizados, el costo de la electricidad producida podría ser de 40 copecks/kWh, esto es, un precio capaz de competir con la electricidad de origen clásico y que permitirá utilizar en gran escala la electricidad de origen nuclear en la economía nacional de la Unión Soviética.