

ADELANTOS EN LOS SISTEMAS DE REACTORES DE POTENCIA

El desarrollo de la energía nucleoelectrónica en los próximos años (algunos de cuyos aspectos se discuten en otro artículo de este mismo número del Boletín) se basará principalmente en el empleo de reactores de diseño comprobado, pero es posible que más adelante se base también en progresos más fundamentales de la tecnología de los reactores. En varios países se realizan estudios y experimentos con sistemas de reactores más avanzados. Estos sistemas se encuentran todavía en su fase inicial de desarrollo, pero ya es evidente que en lo futuro serán de gran utilidad para la producción de energía eléctrica más económica.

Estos sistemas avanzados de reactores fueron el tema del Simposio sobre Reactores de Potencia Experimentales que el OIEA organizó en Viena, del 23 al 27 de octubre de 1961. En él participaron casi 200 especialistas en reactores, procedentes de 25 países, y se presentaron 31 memorias.

Entre otros, se discutieron los reactores de elevada temperatura refrigerados con gas, los reactores reproductores de neutrones rápidos, los de suspensión homogénea y de sal fundida, y los reactores con sobrecalentamiento nuclear.

Reactores de temperatura elevada refrigerados con gas y reactores homogéneos

Durante la discusión sobre los reactores de temperatura elevada refrigerados con gas se presentaron dos memorias sobre el reactor experimental DRAGON, que están construyendo en Winfrith (Inglaterra) los Estados Miembros de la Agencia Europea para la Energía Nuclear. P. Marien y G. E. Lockett, de la AEEN, hicieron notar que este tipo de reactor de temperatura elevada refrigerado con gas ofrece muchas y muy buenas posibilidades, pues permite lograr con un solo reactor: una elevada producción de energía por unidad de volumen del cuerpo (lo que permite construir centrales de dimensiones menores), una temperatura del gas de salida muy elevada (que posibilita el empleo de turbinas modernas y eficaces), y una elevada producción de calor por unidad de combustible (lo que reduce los gastos del ciclo de combustible).

Entre los sistemas de reactores de temperatura elevada refrigerados con gas se discutió también el tipo de "lecho de bolas", que se denomina así porque el combustible tiene forma de pequeñas bolas entre las que circula el gas refrigerante. Preparando el combustible de esta manera se eliminarían algunos de los elevados gastos que generalmente implica la fabricación de elementos combustibles para los reactores. A. P. Fraas (Estados Unidos) describió los

problemas que han revelado una serie de estudios de diseños de reactores de lecho de bolas. Z. J. Zaric (Yugoeslavia) sugirió un sistema en el que las bolas combustibles estarían dispuestas de forma regular en vez de aleatoria. C. B. von der Decken, de la República Federal de Alemania, describió experimentos prácticos para determinar la cantidad y la naturaleza de los productos de fisión liberados al irradiar las bolas combustibles; en su país se está construyendo un reactor de este tipo de 15 MW.

Hombres de ciencia de Checoslovaquia y de los Países Bajos presentaron memorias sobre reactores homogéneos (reactores en los que el combustible y el moderador forman una mezcla). La memoria checoslovaca fue presentada por P. Novotny y trataba de trabajos experimentales y de diseño de un reactor cuyo combustible es una suspensión acuosa de dióxido de uranio. J. J. Went dijo que, a pesar de los malos resultados que han dado en otros países tipos similares, los Países Bajos siguen trabajando con reactores de suspensión acuosa homogénea porque al parecer permiten obtener un índice elevado de conversión de material fértil en material fisionable, y muy probablemente reducirán o eliminarán los gastos de elaboración de los elementos y de regeneración del combustible.

A. L. Boch (Estados Unidos) describió un reactor experimental de sal fundida, actualmente en construcción, cuyo combustible consiste en fluoruros de uranio y de torio disueltos en una mezcla de fluoruros de litio, berilio y circonio. El Sr. Boch citó en favor de este tipo de reactor la elevada temperatura que se alcanza a baja presión, la estabilidad de la solución de combustible sometida a la irradiación, el método relativamente sencillo de regeneración del combustible, y la facilidad con que se controla el sistema. Las desventajas que mencionó fueron la necesidad de mantener en todo momento las sales a una temperatura superior a su punto de congelación (450°C) y los problemas de mantenimiento que plantea la extremada radiactividad del sistema.

Reactores reproductores de neutrones rápidos

G. Drevon (Francia), presidente de una sesión dedicada a los reactores reproductores de neutrones rápidos, observó que este tipo de reactores es indispensable para el desarrollo de la energía nucleoelectrónica a largo plazo, pues al producir más combustible del que consumen y al poder utilizar el plutonio producido en los reactores que funcionan con neutrones térmicos (lentos), aumentarían mucho la duración de las reservas de combustible nuclear. J. L. Phillips (Reino Unido) observó, además, que es muy posible que los reactores rápidos puedan

competir económicamente con los reactores térmicos debido a su pequeño tamaño (que reduce el costo de capital) y a que el costo de su combustible será posiblemente más bajo. El Sr. Phillips leyó una memoria sobre el reactor reproductor de neutrones rápidos de Dounreay (Escocia), cuya finalidad principal es familiarizarse con el empleo de circuitos de sódalo activo y efectuar irradiaciones de ensayo con combustibles para reactores rápidos experimentales.

S. A. Hasnain (Pakistán) discutió los ciclos de combustible de reactores rápidos. Hizo notar que una de las dificultades principales estriba en alcanzar un grado alto de combustión del combustible, factor del que dependen en grado sumo los costos del combustible. Como ejemplo citó los costos del ciclo de combustible calculados para el reactor reproductor de neutrones rápidos Enrico Fermi, que se está acabando de construir en los Estados Unidos. Para un grado de combustión del 1 por ciento, el costo es de 7,2 mills por kWh, de 3,5 mills para un grado de combustión del 2 por ciento, y de 1,0 mills para un grado de combustión del 5 por ciento.

C. P. Zaleski y L. Vautrey presentaron memorias sobre el reactor reproductor de neutrones rápidos "Rapsodie", que se va a construir en el sur de Francia. El reactor tendrá una potencia nominal de por lo menos 10 MW(t), empleará como combustible plutonio y uranio-235, y servirá como instrumento de ensayo para el perfeccionamiento de este tipo de reactores. Está previsto que alcanzará la criticidad en 1964.

I. Bondarenko describió la experiencia adquirida hasta la fecha con el reactor rápido de la Unión Soviética BR-5. Dijo que aunque el diseño original preveía que el combustible a base de óxido de plutonio alcanzaría un grado de combustión del 2 por ciento, en realidad se ha alcanzado el 5 por ciento. El Sr. Bondarenko terminó diciendo que los tres años de experiencia con este reactor de ensayo de 5 MW(t) parecen confirmar la posibilidad de construir en escala industrial reactores de potencia reproductores de neutrones rápidos.

Sistemas de sobrecalentamiento nuclear

El sobrecalentamiento nuclear consiste en obtener vapor de temperatura elevada sobrecalentando en el propio reactor el vapor de temperatura baja. De este tema trataron memorias presentadas por los Estados Unidos, Suecia y la Unión Soviética. Las ventajas posibles que ofrece esta característica, como hizo observar P. H. Margen (Suecia), son, entre otras, el aumento de la eficacia térmica, el poder emplear turbinas más pequeñas de tipo corriente, el producir más cantidad de energía por unidad de volumen del cuerpo, y el reducir los costos del combustible. No obstante, estas ventajas no se alcanzan sin un aumento inicial de los gastos, pues la construcción de este tipo de reactores es más compleja; queda por ver hasta que punto el beneficio económico alcanzado en la práctica compensará los costos adicionales. A este respecto D. H. Imhoff (Estados Unidos) dijo que los detallados estudios económicos que

se han hecho en los últimos tres años "indican que, en comparación con la mejor central nucleoelectrónica de agua hirviente que se puede prever para el período 1968-1970, el sobrecalentamiento nuclear presenta económicamente una ventaja del orden de 0,4 a 0,5 mills por kWh, lo que constituye un poderoso aliado para su desarrollo".

Se describieron cuatro sistemas distintos de sobrecalentamiento nuclear. W. R. Wallin describió el reactor de agua hirviente BORAX V de los Estados Unidos, que produce vapor a temperatura baja y lo sobrecalienta dentro del propio recipiente de presión del reactor. El Sr. Bondarenko explicó un concepto que se está desarrollando en la Unión Soviética, consistente en un reactor de agua hirviente, de tubos de presión y moderado con grafito, que transmite directamente vapor sobrecalentado desde el cuerpo del reactor a la turbina. La memoria presentada por el Sr. Imhoff describe una central que se está construyendo en California en la que el vapor producido, en un reactor corriente o en una caldera de aceite pesado, se sobrecalentará en un segundo reactor acoplable al circuito. El Sr. Margen describió el diseño de un reactor de 400 MW(e), de agua pesada, que actualmente se estudia en Suecia, y que actuaría como generador de vapor y como sobrecalentador. Dijo que, al parecer, si se compara con el correspondiente al agua ordinaria, el empleo de agua pesada reduce aproximadamente en 1 mill por kWh el costo del ciclo del combustible. Esta cifra parece ser superior al aumento originado por los costos más elevados de capital.

Otras posibilidades

P. E. Maldague (Bélgica) discutió el diseño de un reactor para la propulsión de buques mercantes que produciría 20 000 caballos de fuerza al freno. El control de este reactor se efectuará mediante variaciones de la temperatura y de la composición del moderador, que es una mezcla de agua ordinaria y agua pesada, en vez de utilizar barras de control que absorban neutrones (no obstante, se emplearían barras para la interrupción del reactor en casos de urgencia). El Sr. Maldague dijo que según los estudios, los costos de capital y de combustible de este reactor serían inferiores a los de un reactor de agua a presión de tipo corriente y de la misma potencia. No habría que cambiar el combustible más que una vez cada tres años.

Más arriba se ha mencionado la alentadora experiencia adquirida con combustibles de plutonio en el reactor rápido BR-5 de la Unión Soviética, así como la intención de utilizar plutonio en la central francesa "Rapsodie". Otras memorias dan indicaciones optimistas de que el plutonio que aparece como subproducto del proceso de fisión en los reactores de potencia alimentados con uranio servirá a su vez como combustible para otros reactores, incrementando así las favorables perspectivas económicas de la industria de la energía nucleoelectrónica en general. M. McNelly (Estados Unidos) describió los planos de un reactor rápido experimental de 10 MW(t), cuyo

(Continúa en la página 33)

Cooperación internacional

Gracias a su actuación como centro de intercambio de información técnica y económica sobre todo lo referente a las fuentes de energía, a la forma en que pueden aprovecharse y a los métodos más eficaces para utilizarlas, la Conferencia Mundial de la Energía se encuentra en una situación casi única que le permite reunir a personas que normalmente no se reunirían nunca. Esta posición le permite asesorar sobre las cuestiones de su competencia a diversos organismos internacionales especializados. Teniendo en cuenta la experiencia adquirida desde su creación en 1924, la CME ha sido reconocida como entidad consultiva por los siguientes organismos:

Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, 1952

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 1952

Organización Meteorológica Mundial (OMM), 1955

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), 1959

Además, la Conferencia colabora con muchas otras organizaciones de carácter tan diverso como el Consejo Permanente del Congreso Mundial del Petróleo, el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento y la OECE (ahora OCDE), y está representada por observadores en las reuniones de los comités de energía eléctrica de la Comisión Económica para Europa (CEE) y de la Comisión Económica para Asia y el Lejano Oriente (CEALO).

Ejemplo de cooperación internacional

Lo que sigue servirá de ejemplo del modo en que la CME ha demostrado el valor de sus actividades en

el plano internacional. Desde su creación en 1924, la Conferencia Mundial de la Energía ha tratado de evaluar las reservas energéticas del mundo utilizando procedimientos que permitan la comparación de los datos. En 1936, después de diez años de labor preliminar se publicó el primer número del *Statistical Year Book* de la Conferencia Mundial de la Energía. Su publicación se interrumpió durante la guerra, pero se reanudó en 1948. El valor internacional de las informaciones reunidas en este anuario ha sido reconocido por todo el mundo y se ha llegado a un acuerdo con las Naciones Unidas en virtud del cual éstas reunirán las estadísticas anuales sobre combustibles y energía eléctrica, mientras que la CME seguirá reuniendo y publicando datos fundamentales sobre las reservas de energía.

Perspectivas futuras

En muchos países industrializados la demanda de energía se duplica cada diez o quince años. Los países menos desarrollados, que siguen caminos ya trazados por otros, ven aumentar sus necesidades todavía más rápidamente. Además, a medida que la población mundial aumenta resulta más urgente aprovechar las zonas desérticas para la producción de alimentos y conseguir las reservas de agua indispensables. Para la realización de estos proyectos es necesario disponer de energía; la Conferencia Mundial de la Energía seguirá persiguiendo activamente su objetivo primordial que consiste en asegurar a la humanidad, en cantidad suficiente y en condiciones económicas satisfactorias, la energía necesaria para fomentar los ideales de paz y de abundancia para todos los hombres.

(Continuación de la página 29)

combustible será una mezcla de óxidos de plutonio y de uranio. J. K. Dawson (Reino Unido) describió experimentos que demostraron que al someterlo a la irradiación, el óxido de uranio enriquecido ligeramente con óxido de plutonio se comporta de forma muy parecida al óxido de uranio solo. Finalmente, J. R. Triplett (Estados Unidos) describió algunas experiencias iniciales realizadas con el reactor de ensayo de recirculación de plutonio, cuyo resultado fue favorable; se trata de un reactor moderado y refrigerado con agua pesada, que emplea uranio y plutonio como combustible.

En sus observaciones finales, Pierre Balligand, Director General Adjunto de Actividades Técnicas del Organismo, hizo observar que el Simposio no había tratado de comparar los méritos de los diferentes tipos de reactores, pues casi todos ellos tienen todavía que ser objeto de investigaciones más profundas antes de poder llegar a conclusiones definitivas respecto a los problemas técnicos y económicos. No obstante, dijo el Sr. Balligand, es alentador observar hasta qué punto se ha desarrollado la tecnología de los reactores nucleares, y cuántos nuevos caminos se han abierto para resolver los problemas más importantes.