

ocupan posiciones clave en el Gobierno o en alta dirección de la EDF, el CEA, y algunas firmas industriales interesadas directamente en el programa. El carácter invariable de este método, inclusive a pesar de los cambios de ministros, se debe a la prolongada permanencia en el cargo de estos funcionarios, que suele ser del orden de los 10 años. La proximidad de sus oficinas en el centro de París ha facilitado los contactos y las reuniones constantes entre ellos.

Por último, la formación similar de estas personas ha contribuido indiscutiblemente a desarrollar una buena comprensión mutua y a lograr la avenencia entre los diferentes puntos de vista o los intereses divergentes. La mayoría de estos funcionarios son graduados de la Ecole Polytechnique de Francia, una institución que proporciona instrucción científica y técnica avanzada y prepara a sus alumnos para desempeñar cargos importantes en el gobierno o la industria.

La opinión pública y su apoyo

Cuando se realizaron por primera vez en Francia campañas antinucleares basadas en las de los Estados Unidos, los medios de difusión franceses mostraron una tendencia evidente a seguir el ejemplo. Debe señalarse, empero, que las organizaciones de prensa, radio y televisión más profesionales e influyentes nunca sucumbieron a la tentación del escándalo y el sensacionalismo hasta el punto de propagar informaciones inexactas o de echar leña al fuego deliberadamente. La crítica principal que se dirigió a los órganos del Gobierno fue que actuaban en secreto o que sólo brindaban información seleccionada y parcializada, especialmente en lo que se refería a la seguridad de las instalaciones y la protección del público.

Se idearon métodos muy eficaces para informar o, más precisamente, para eliminar la crítica de la falta de información, porque es evidente que una gran mayoría de las personas no utilizan la información que se les proporciona. Por ejemplo, se decidió oficialmente que, a solicitud del público, para cada instalación nuclear se crearía una comisión de información integrada por funcionarios electos y representantes de los sindicatos y las asociaciones locales. La experiencia ha demostrado que estas comisiones han desempeñado un papel muy positivo. Su mera existencia contribuye a tranquilizar al público, al demostrarle que existe un medio disponible para suministrar información regular sobre el funcionamiento de la instalación, incluso a las organizaciones abiertamente hostiles a la energía nuclear, y que se dará la alarma en caso de que surjan problemas graves. Al mismo tiempo, al suministrar información abiertamente se evita que los grupos antinucleares la distorsionen para sus propios intereses ante el temor de quedar en evidencia. La EDF realiza esfuerzos notables por suministrar información. La compañía envía regularmente boletines sobre cada instalación nuclear a miles de destinatarios locales; por ejemplo, ya ha emitido más de 20 boletines sobre el Creys-Malville (reactor reproductor rápido). Además, organiza excursiones en gran escala a las centrales nucleoelectricas, con una afluencia anual de decenas de miles de visitantes a cada emplazamiento.

En el presente, en muchas comunidades los funcionarios locales electos acogen con agrado las instalaciones nucleares, e incluso las procuran. Reconocen los beneficios sustanciales que de ellas se derivan para el público, y que las centrales son vecinas atractivas desde el punto de vista ambiental. Las instalaciones nucleares incrementan el empleo, las oportunidades comerciales y las recaudaciones de impuestos. Esto se traduce en más y mejores escuelas, hospitales, parques, estadios y carreteras.

BULGARIA

Experiencias y perspectivas

Se pronostica un aumento de la energía nucleoelectrica

por B. Dobrev y L. Spasov

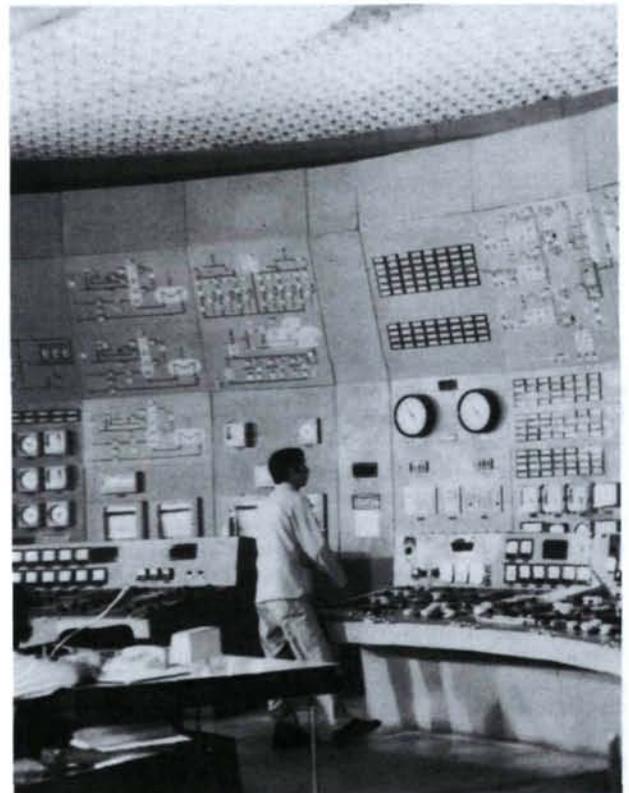
El rápido desarrollo económico y social de la República Popular de Bulgaria en los años que siguieron a la segunda guerra mundial exigió el desarrollo acelerado de la producción energética, especialmente de energía eléctrica. El consumo de ese tipo de energía aumentó de 311 millones de kilovatios-hora en 1944 a 45 925 millones de kilovatios-hora en 1985.

Bulgaria tiene escasas fuentes de energía primaria. El país no tuvo otra opción que decidirse a acelerar el desarrollo de la energía nucleoelectrica, que conduce a una mayor concentración de la capacidad y al perfeccionamiento de la economía y la tecnología del sistema energético.

Con la puesta en servicio en 1974 del primer reactor en la central nuclear de Kozloduy, Bulgaria se convirtió en uno de los veinte países del mundo que poseían energía nucleoelectrica. En 1985, la central de Kozloduy generó más de 13 000 millones de kilovatios-hora de electricidad, lo que representó más de la tercera parte de la energía eléctrica

El Sr. Dobrev trabaja en el Comité para el uso de la energía nuclear con fines pacíficos, y el Sr. Spasov trabaja en el Ministerio de la Energía de la República Popular de Bulgaria.

Sala de control de la central nuclear de Kozloduy.



producida. Atendiendo al aporte de la energía nucleoelectrónica a la producción total de electricidad, Bulgaria ocupa uno de los primeros lugares, no sólo en Europa sino también a nivel mundial.

Puesta en servicio

La central nuclear de Kozloduy es uno de los elementos más fiables y estables del sistema energético búlgaro. La explotación de su capacidad instalada excede el promedio de las 7000 horas anuales. En su construcción se contó con la asistencia técnica de la Unión Soviética y es la pionera de la energía nucleoelectrónica en los Balcanes.

La central consta de cuatro unidades dotadas de reactores WWER-440. Los trabajos de construcción correspondientes a la primera fase comenzaron en abril de 1970. La primera unidad entró en explotación industrial en septiembre de 1974 y la segunda en noviembre de 1975. Las unidades tercera y cuarta, correspondientes a la segunda fase, cuentan con diseños sismorresistentes y entraron en servicio en enero de 1981 y mayo de 1982.

La duración total de las operaciones de puesta en servicio de las Unidades 3 y 4 fue de 210 a 240 días, pese a que el tiempo programado fue de 360 días. Esa notable reducción del tiempo fue posible gracias al personal de las unidades que ya estaban en explotación, quienes cooperaron en las operaciones de puesta en servicio de las nuevas unidades, y gracias también a la ayuda técnica y de organización brindada por el equipo soviético que trabajaba en la central.

Además de las reducciones de tiempo que se lograron en las distintas fases de la puesta en servicio, se obtuvieron reducciones considerables en los tiempos asignados al arranque físico y energético y en el logro de la potencia de régimen de una de las unidades. Así, por ejemplo, si para lograr la potencia de régimen de la Unidad 1 se necesitaron 90 días, para la Unidad 2 se necesitaron 39 y para la Unidad 3, 27 días.

Los resultados obtenidos en las operaciones de puesta en servicio de las cuatro unidades con la asistencia directa, tanto técnica como de organización, brindada por los especialistas soviéticos confirmaron que eran acertadas las opciones generales de diseño y demostraron la elevada calidad de fabricación y explotación de los equipos nucleares soviéticos para las unidades dotadas de reactores WWER-440.

Experiencia de explotación

La capacidad total de la central es de 1760 megavatios eléctricos (MW(e)) que se suministran al sistema energético a través de líneas de transmisión de 220 y 400 kilovoltios (kV). La línea de transmisión de 220 kV de Kozloduy a Craiova (Rumania) se utiliza para el funcionamiento paralelo del sistema energético búlgaro con el sistema unificado "Druzhiba" de los países miembros del Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME).

La explotación fiable y en condiciones de seguridad de la central de Kozloduy durante 10 años da pruebas de la elevada calidad de fabricación y la viabilidad técnica de los equipos nucleares soviéticos. Los resultados técnicos y económicos alcanzados en la central permiten afirmar con toda certeza que la central se encuentra funcionando de manera fiable, económica y en condiciones de seguridad. El intercambio general de experiencia entre los ingenieros nucleares soviéticos y búlgaros en cuestiones científicas, tecnológicas y administrativas ha contribuido en gran medida a la explotación segura de estas unidades dotadas de reactores WWER-440.

Los datos nos permiten llegar a la conclusión de que el personal de la central de Kozloduy conoce a fondo y de manera total el modo de explotación de las instalaciones nucleares de los reactores WWER-440 producidos en serie, en las distintas condiciones de explotación a que se someten las unidades en

Consumo de electricidad en Bulgaria

| Año | Consumo bruto de energía eléctrica | | |
|------|------------------------------------|---|--------------------------|
| | Millones de kilovatios-hora | Crecimiento anual promedio (porcentaje) | Kilovatios por habitante |
| 1945 | 401 | | 58 |
| 1950 | 819 | 15,4 | 113 |
| 1955 | 2106 | 20,8 | 281 |
| 1960 | 4685 | 17,3 | 596 |
| 1965 | 10 232 | 16,9 | 1246 |
| 1970 | 19 407 | 13,7 | 2286 |
| 1975 | 28 860 | 8,3 | 3320 |
| 1980 | 38 667 | 6,0 | 4360 |
| 1985 | 45 925 | 3,5 | 5135 |

el sistema energético búlgaro. (Para la experiencia de explotación, véase el cuadro adjunto.) Ello ha sido posible mediante la colaboración ofrecida por los especialistas soviéticos en el mejoramiento de la gestión y el mantenimiento de las centrales nucleares, la capacitación constante del personal, la reducción de los tiempos de carga y descarga, el perfeccionamiento de los diagramas de procesos, la disminución del costo de producción y el aumento de la seguridad de la central.

Aumento de la eficacia y la seguridad

Con miras a aumentar la eficacia de las unidades, se ha implantado un grupo de medidas técnicas y de organización.*

Se considera que tiene grandes perspectivas el procedimiento para mejorar la seguridad y la economía de las instalaciones de Kozloduy, que se basa en la posibilidad de realizar un análisis más exhaustivo de todas las características de la seguridad nuclear y radiológica empleando un sistema de microcomputadoras para supervisar la explotación como parte del sistema normal de supervisión y control de la central energética. En 1981 y 1982 se terminaron con éxito los experimentos relacionados con un sistema búlgaro de microcomputadoras para el procesamiento de los resultados de las operaciones de puesta en marcha de las unidades del reactor WWER-440, en los tableros de control de las Unidades 3 y 4 (la segunda fase de la central de Kozloduy).

Aún se van a introducir nuevas mejoras en la seguridad, entre ellas el perfeccionamiento y la ampliación del sistema automatizado de medición intranuclear, el diseño de un sistema automatizado para la supervisión dosimétrica y radioquímica, y la capacitación del personal en simuladores del funcionamiento de los reactores WWER-440 y WWER-1000.

Emisión de radiaciones

La intensidad de las radiaciones, tanto en los edificios de la central energética como en el medio ambiente, durante todo el período de explotación, ha estado muy por debajo de los

* Por ejemplo, tras los experimentos realizados en 1981 para determinar la eficacia del sistema autolimpiador de bola en los condensadores de la turbina K-220-44 de la Unidad 3, se decidió instalar ese sistema en las tuberías de todos los condensadores de las turbinas de las cuatro unidades a finales de 1985. Con miras a mejorar la fiabilidad y las propiedades del fallo sin riesgo del equipo del circuito secundario, se analizaron los resultados experimentales del proceso químico de corrección del agua introducido en 1981 (dosificando la solución de hidrazina en el canal del condensado de la turbina K-220-40 de la Unidad 1), y se decidió emplear este sistema en las ocho turbinas de las cuatro unidades (concentración de hidrazina de 150-200 µg/kg). Esto disminuirá sustancialmente las concentraciones de productos y depósitos corrosivos en las superficies de los intercambiadores de calor del equipo de los circuitos secundarios. Además, en 1981 se inició la instalación de filtros para lograr el 100% de la purificación del condensado de la turbina, lo que mejorará también la fiabilidad y la economía de las unidades durante toda su vida útil.

Principales características técnicas y económicas de la central nucleoelectrica de Kozloduy, Unidades 1 a 4

| | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
|--|-------|-------|---------------|--------|--------|
| Capacidad instalada* | 880 | 1320 | 1760/ 1540 | 1760 | 1760 |
| Producción de energía eléctrica | | | | | |
| Unidad 1 | 3080 | 3066 | 2902 | 3069 | 2979 |
| Unidad 2 | 3072 | 2912 | 3018 | 3177 | 2868 |
| Unidad 3 | 13 | 3141 | 2875 | 2969 | 3383 |
| Unidad 4 | — | — | 1951 | 3102 | 3505 |
| Total | 6165 | 9119 | 10 746 | 12 317 | 12 735 |
| Factor de carga** | | | | | |
| Unidad 1 | 83,80 | 83,42 | 79,17 | 83,50 | 80,74 |
| Unidad 2 | 83,58 | 79,25 | 82,36 | 86,52 | 76,87 |
| Unidad 3 | — | 85,46 | 78,44 | 80,63 | 90,16 |
| Unidad 4 | — | — | 79,11 | 84,39 | 94,03 |
| Total general | 82,13 | 82,71 | 79,83 | 83,76 | 85,47 |
| Tiempo de funcionamiento (porcentaje) | | | | | |
| Unidad 1 | 85,94 | 85,71 | 89,72 | 90,73 | 91,47 |
| Unidad 2 | 82,71 | 81,68 | 88,40 | 91,62 | 84,98 |
| Unidad 3 | — | 89,58 | 92,12 | 83,60 | 93,42 |
| Unidad 4 | — | — | — | 92,64 | 93,79 |
| Factor de carga interno de la central energética (porcentaje)*** | | | | | |
| Unidad 1 | 7,37 | 7,47 | 7,45 | — | 7,61 |
| Unidad 2 | 7,13 | 7,31 | 7,60 | — | 7,50 |
| Unidad 3 | — | 7,76 | 7,74 | — | 7,33 |
| Unidad 4 | — | — | 7,58 | — | 7,21 |
| Total general | 7,28 | 7,52 | 7,59 | 7,44 | 7,40 |

* Capacidad promedio durante el año, en megavatios eléctricos.
 ** Porcentaje de la capacidad instalada promedio durante un año para la unidad de 420 MW(e).
 *** Incluidos los períodos de arranque y el tiempo fuera de servicio de las operaciones de potencia.

valores máximos permisibles estipulados en las normas sanitarias y de seguridad. Las liberaciones anuales de gas y de aerosoles por la chimenea no exceden de los valores previstos para 7 a 10 días. Es interesante señalar que durante el período posterior al terremoto de Rumania en marzo de 1977, la intensidad de las radiaciones en los edificios de la central energética y en el medio ambiente se mantuvo inalterable, en tanto que las unidades de la primera fase continuaron funcionando con una potencia del 100%.

Se ha diseñado y puesto en práctica un sistema automático especial de protección contra los terremotos basado en la parada de emergencia del reactor a un nivel específico de actividad sísmica.

Se prevé una mayor producción de energía nuclear

El desarrollo de la energía nucleoelectrica en Bulgaria está estrechamente asociado a un cambio hacia la concentración de las capacidades, lo que es un indicador característico del progreso técnico en la ingeniería energética. En 1987, la capacidad instalada de la central de Kozloduy alcanzará los 3760 MW(e). La quinta unidad, que cuenta con un reactor WWER-1000, está casi lista para la arrancada física y hay una sexta unidad en construcción.

Por decisión del Gobierno de Bulgaria quedó confirmado el establecimiento del complejo nucleoelectrico de Kozloduy.

Además de la central nucleoelectrica, este complejo incluye, entre otras cosas, un taller para la reparación de equipo de centrales energéticas y la producción de repuestos y accesorios, un taller para la reparación centralizada de equipo del circuito primario, un almacén de combustible irradiado, un taller para la reparación y producción de instrumental y aparatos especializados de medición y control, y un centro de capacitación para el personal de operación.

La política de concentración se mantendrá; ha comenzado la construcción de la segunda central nucleoelectrica de Bulgaria, Belene, con una capacidad instalada de 4000 MW(e). Ya se ha firmado el Acuerdo Intergubernamental URSS-Bulgaria para su construcción. Para el año 2000, Bulgaria se propone generar más del 40% de su electricidad en centrales nucleoelectricas.

A medida que se desarrolle y asimile la tecnología de la energía nucleoelectrica, surgirán nuevas posibilidades para su explotación polivalente y combinada en diversos sectores de la economía nacional. Reviste un interés temático particular para Bulgaria la introducción acelerada de centrales nucleares de calefacción urbana, que son sumamente importantes para mejorar el balance de materiales básicos y combustibles.

Varios especialistas de Bulgaria han perfeccionado sus conocimientos técnicos gracias a las oportunidades que ha brindado el OIEA de participar en eventos organizados por ese Organismo y de recibir capacitación especializada.



FINLANDIA

Experiencia de explotación

Elevados factores de rendimiento y pocos intervalos de paradas forzosas

por Klaus Sjöblom y Ahti Toivola

Dada la falta de recursos nacionales de combustibles fósiles, la energía nuclear es un importante medio de producción de electricidad para Finlandia. En 1985, el consumo de electricidad generada mediante la energía nuclear ascendió a aproximadamente el 38% del consumo total de electricidad, que fue de 51 800 millones de kilovatios-hora. El consumo per capita de electricidad relativamente elevado (10 800 kilovatios-hora por año) se debe fundamentalmente a la importancia de la industria maderera y a la necesidad de energía para la calefacción de viviendas.

El Centro de Seguridad Radiológica y Nuclear de Finlandia analiza y evalúa las centrales nucleares, con fines de reglamentación. El Ministerio de Comercio e Industria es el encargado de conceder las autorizaciones que los reglamentos exigen, como el permiso de construcción, la licencia previa para importar al país combustible nuclear, y el permiso de explota-

Los Sres. Sjöblom y Toivola trabajan en las centrales nucleares de Loviisa y Olkiluoto, respectivamente.