



TIPOS DE REACTORES NUCLEARES

Ing. Carlos David Calderón Reyes

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, Col. Coyoacan, México D. F., MÉXICO
eledifi@yahoo.com.mx

Reactores Nucleares

La energía nuclear es una de las formas de obtener electricidad en gran escala, una de las fuentes de energía más modernas y que sin lugar a dudas ha levantado mucha polémica. Ella compite con el carbón, el óleo combustible y el gas natural. Sin embargo, en las próximas décadas estos combustibles serán extintos o quedarán extremadamente nocivos para el medio ambiente. El principio elemental de funcionamiento de un reactor nuclear es la rotura (fisión) de los núcleos de los átomos de la masa del material fisionable (denominado combustible nuclear), por medio de los neutrones capturados por ellos, con liberación de energía térmica y emisión de algunos neutrones (entre dos y cuatro, estadísticamente 2,56 por cada fisión), además de la formación de dos núcleos de masas inferiores. Los neutrones emitidos en cada fisión, una vez reducida su velocidad por medio de una sustancia situada entre los elementos del combustible y denominada moderador o diluyente, según los tipos, producen el bombardeo de otros núcleos provocando así su fisión y dando lugar a una reacción en cadena.

El fenómeno se halla ligado esencialmente a las leyes de la probabilidad, de las que depende la posibilidad de que un neutrón libre sea capturado por un núcleo fisionable, antes de salir de la masa activa de combustible, garantizando así la continuidad de la reacción. Dicha probabilidad es tanto mayor cuanto más eficaz es la reducción de la velocidad de los neutrones y cuanto mayor es la masa de material fisionable. En todo reactor, esta masa no puede ser inferior a cierto valor, denominado masa crítica, por debajo del cual la reacción en cadena no tiene lugar.

En las centrales nucleares, el proceso de reacciones nucleares se controla con el objetivo de bajar la energía cinética de los neutrones desprendidos por los átomos divididos para que puedan fisionar otros átomos, ya que en ellas, se genera energía de forma lenta.

El uranio se introduce en el reactor en forma de barras, dentro de las cuales van enfiladas con una profundidad que puede regularse a conveniencia otras barras de control, generalmente de cadmio. Este, al absorber parte de los neutrones, da a la reacción el desarrollo deseado (Fig. 1).

La energía térmica que se libera en la fisión nuclear es extraída por un fluido refrigerante que circula por un circuito cerrado, que la cede a su vez, en un intercambiador de calor, al fluido destinado eventualmente a trabajar en el ciclo termodinámico de utilización, si se trata de un reactor de potencia.

Desde el punto de vista de su empleo práctico, los reactores se clasifican en reactores de potencia y reactores experimentales. Los primeros se usan con fines industriales (producción de energía termoeléctrica, propulsión naval, etc.), mientras que los segundos sirven para efectuar estudios, investigaciones y experimentos sobre los materiales sometidos a las radiaciones, así como sobre el comportamiento en condiciones especiales de funcionamiento de los reactores, y sobre los problemas inherentes a su proyección y construcción, o bien para la producción de isótopos radiactivos.

Clasificándolos por las características del tipo de reacciones que se dan lugar dentro de la vasija del reactor, podemos denominar los siguientes tipos de reactores:

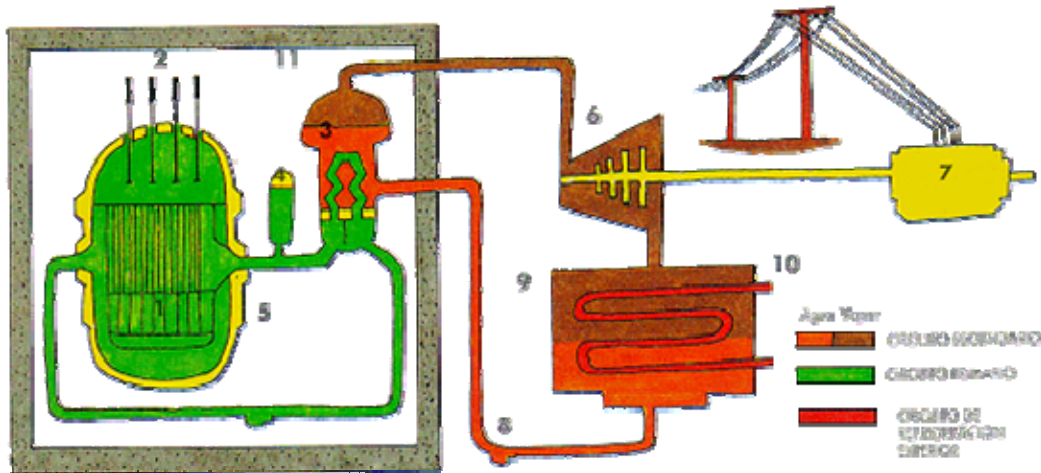


Figura 1. Elementos de un reactor nuclear

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1. Núcleo | 2. Barras de control | 3. Generador de vapor |
| 4. Presurizador | 5. Vasija | 6. Turbina |
| 7. Alternador | 8. Circuito exterior | 9. Intercambiador de calor |
| 10. Agua de refrigeración | 11. Contención de hormigón | |

1. REACTORES VELOCES

Este tipo de reactores se denominan veloces a causa de la presencia de un diluyente de elevado peso atómico, los neutrones liberados en cada fisión a pesar de los choques con los núcleos de la masa diluyente, conservan una energía cinética muy elevada, hasta el momento de la captura por parte de un nuevo núcleo fisionable para el desarrollo sucesivo de la reacción en cadena.

2. REACTORES INTERMEDIOS

También son conocidos como reactores de neutrones epitérmicos o de resonancia, ya que en éste tipo de reactores poseen un moderador de peso atómico medio y los neutrones liberados por una fisión pierden gran parte de su energía antes de dar lugar a la fisión siguiente.

3. REACTORES LENTOS

En los que el moderador es un elemento ligero (es decir, con peso atómico muy bajo, del orden en magnitud de la masa del neutrón) que absorbe en la disminución de velocidad de los neutrones gran parte de la energía de estos, reduciendo su nivel energético hasta el correspondiente a la temperatura de la masa activa del combustible. Este último tipo de reactor ha sido, hasta ahora, el más difundido, pero en la actualidad, gracias al desarrollo de las investigaciones científicas y a las mejoras tecnológicas, existe una tendencia decidida, incluso para la utilización a escala industrial, a emplear reactores veloces, sobre todo por el hecho (muy importante desde el punto de vista del costo del combustible y, por tanto, de la energía nuclear), de que estos presentan grandes posibilidades de autofertilización, es decir, de conversión por medio de neutrones procedentes en exceso de las fisiones en cadena de núcleos no fisionables en isótopos fisionables del mismo o de



distinto material. Los reactores en los que se realiza la producción de combustibles, además de la reacción de fisión controlada, se denominan autofertilizantes (breeders).

Reactores de potencia

En las instalaciones industriales en que se utilizan los reactores de potencia, éstos desempeñan el mismo papel que las calderas en las instalaciones de tipo tradicional. La diferencia más importante consiste en el hecho de que mientras para una caldera de combustión tradicional (con aceites pesados o carbón) el combustible posee un contenido energético específico relativamente bajo y, por tanto, debe ser aprovisionado con continuidad en el curso de la vida de la instalación, en el caso de la caldera nuclear el combustible posee un contenido energético específico tan elevado que una carga completa del mismo garantiza su funcionamiento durante varios años. Por esta razón, el reactor puede considerarse como un gran depósito de combustible. En los restantes aspectos, las instalaciones en las que se emplean los reactores nucleares son idénticas a las de tipo tradicional. En general, el fluido que trabaja en el ciclo industrial se obtiene indirectamente a través de intercambiadores de calor, a partir del fluido de refrigeración del reactor. Pero no faltan los casos de utilización directa o mixta del propio fluido de refrigeración.

Los reactores industriales pueden dividirse en los siguientes tipos principalmente: de agua pesada (CANDU), de agua presurizada (PWR), de agua hirviente (BWR), de sodio grafito, de gas (HGTR) y de cría (LMFBR).

El Reactor Refrigerado por Gas (HGTR), se caracteriza por que el moderador es grafito y el refrigerante bióxido de carbono gaseoso contenido en un recipiente a presión de hormigón, que también actúa como escudo. La turbina generadora es impulsada por vapor producido en una caldera. Durante el proceso no se deben acumular grandes cantidades de calor.

El Reactor de Agua en Ebullición (BWR), utiliza agua natural purificada como moderador y refrigerante. Como combustible dispone de Uranio-238 enriquecido con Uranio-235, el cual como se sabe, facilita la generación de fisiones nucleares. El calor generado por las reacciones en cadena se utiliza para hacer hervir el agua. El vapor producido se introduce en una turbina que acciona un generador eléctrico. El vapor que sale de la turbina pasa por un condensador, donde es transformado nuevamente en agua líquida. Posteriormente vuelve al reactor al ser impulsada por una bomba adecuada.

El Reactor de Agua a Presión (PWR), el refrigerante es agua a gran presión. El moderador puede ser agua o bien grafito. Su combustible también es Uranio-238 enriquecido con Uranio-235. El reactor se basa en el principio de que el agua sometida a grandes presiones puede evaporarse sin llegar al punto de ebullición, es decir a temperaturas mayores de 100 °C. El vapor se produce a unos 600 °C, el cual pasa a un intercambiador de calor donde es enfriado y condensado para volver en forma líquida al reactor. En el intercambio hay traspaso de calor a un circuito secundario de agua. El agua del circuito secundario, producto del calor, produce vapor, que se introduce en una turbina que acciona un generador eléctrico.

El Reactor de cría (LMFBR), se denomina de esta manera por que produce por medio de neutrones procedentes en exceso de las fisiones en cadena, de núcleos no fisionables, en isótopos fisionables del mismo o de distinto material. Produce combustible al mismo tiempo que lo quema, el cual es reutilizado en futuras recargas.

El Reactor tipo CANDU, fué diseñado en Canadá, y opera con los principios fundamentales de los reactores convencionales más utilizados en el mundo, con la diferencia de utilizar uranio natural como combustible y agua a presión dentro del reactor.

4. Seguridad en Las Centrales Nucleares

Sistemas de control

Básicamente está constituido por las barras de control y por diversa instrumentación de monitoreo. Las barras de control son accionadas por una serie de sistemas mecánicos, eléctricos u electrónicos, de tal manera de asegurar con rapidez la extinción de las reacciones nucleares.

La instrumentación de monitoreo se ubica en el interior o en el exterior del núcleo del reactor y su finalidad es mantener constante vigilancia de aquellos parámetros necesarios para la seguridad: presión, temperatura, nivel de radiación, etc.

El sistema de contención de un reactor esta constituido por una serie de barreras múltiples que impiden el escape de la radiación y de los productos radiactivos. La primera barrera, en cierto tipo de reactores, es un material cerámico que recubre el Uranio utilizado como elemento combustible. La segunda barrera es la estructura que contiene al Uranio, es decir, se trata de las barras de combustible.

La tercera barrera es la vasija que contiene el núcleo del reactor. En los reactores de potencia se denomina vasija de presión y se construye de un acero especial con un revestimiento interior de acero inoxidable.

La cuarta barrera la constituye el edificio que alberga al reactor en su conjunto. Se conoce con el nombre de "Edificio de Contención" y se construye de hormigón armado de, a lo menos, 90 cm de espesor. Se utiliza para prevenir posibles escapes de productos radiactivos al exterior, resistir fuertes impactos internos o externos, soportar grandes variaciones de presión y mantener una ligera depresión en su interior que asegure una entrada constante de aire desde el exterior, de tal forma de evitar cualquier escape de material activado.

Fuentes consultadas

- [1] "Apuntes de Elementos de Física Nuclear", Ing. Manuel Echeverría, CCHEN, 1995.
- [2] "Energía Nuclear", Erik Herrera, Juan Galvez, Lila Trujillo, CCHEN, 1984.
- [3] "El Cuaderno de La Energía", García Alonso, Forum Atómico Español, 1989.
- [4] "Utilización de la Energía Nuclear Para la Producción de Energía Eléctrica", Consejo de Seguridad Nuclear de España, 1992.
- [5] <http://www.axp16.iae.org.mx/nuclear/organiza.htm>
- [6] <http://www.monografias.com/trabajos/enuclear/enuclear.shtml>

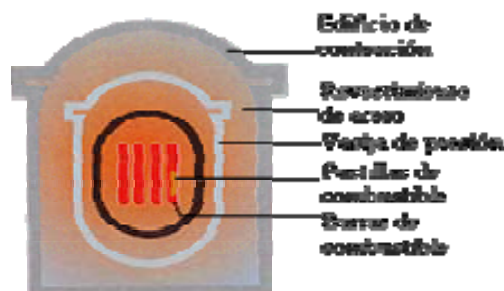


Figura 2. Sistemas de contención



MEMORIAS

CONGRESO NACIONAL DE EDUCACION QUIMICA

Ixtapa, Guerrero del 21 al 25 de septiembre de 2003

