

ESTUDIO DE TRANSITORIOS INDUCIDOS POR CAMBIOS DE POTENCIA EN LA
CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

C.M.ARIZMENDI y J.M.FINK
CNEA.DIRECCION DE CENTRALES NUCLEARES

INTRODUCCION

Este trabajo se puede dividir en dos partes. La primera consistió en la puesta en funcionamiento del programa XEMAX , transferido por AECL y la segunda fue la utilización del mismo para la simulación con un modelo de malla gruesa de algunos transitorios de potencia en la Central Nuclear Embalse.

PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE XEMAX

XEMAX es un código de difusión tridimensional en geometría cartesiana , a dos grupos de energía con agregados que permiten calcular transitorios de xenón con dependencia espacial. Permite utilizar modelos de representación muy detallados en los cuales los mecanismos de reactividad se representan por incrementos de secciones eficaces obtenidos en cálculos de multicelda.

Está orientado a reactores tipo CANDU y una característica muy interesante es que puede simular en forma automática las acciones de control de las zonas líquidas de agua liviana que realizan el control fino de reactividad y el control espacial de la distribución de flujo. una consecuencia del control espacial realizado por las zonas líquidas es que no permite oscilaciones de xenón. En XEMAX el control global se representa agregando o quitando fracciones iguales de agua a todas las zonas líquidas de manera de acercar el k efectivo a 1. En el control espacial se varía el nivel de cada zona líquida por separado de forma que el flujo medio asociado a la zona se acerque a valores de referencia prefijados. Simular estos controles entre las iteraciones de flujo si bien retrasa un poco la convergencia , permite llegar a la distribución de flujo y niveles de zonas líquidas en un solo cálculo.

La versión del código obtenida de AECL estaba programada en Fortran Extended CDC y fue necesaria una tarea apreciable de reprogramación para adaptarlo al Fortran IBM que se usa en el Centro de Computos de la CNEA.

Durante la etapa de adaptación y puesta en funcionamiento se realizaron ajustes a algunos algoritmos de control para disminuir el tiempo de procesamiento. También se estudió el efecto de usar simple o doble precisión en el cálculo del flujo , encontrándose que para modelos muy detallados (con intervalos del orden de $1/2$ a 1 vez la distancia entre canales , o sea 28.575 cm) no se puede obtener convergencia en simple precisión . En consecuencia se implementó una versión en doble precisión que fue verificada con un caso de prueba con un modelo muy detallado , obteniéndose un acuerdo de 0.02 mk en k efectivo y una discrepancia cuadrática media de 0.3% en la distribución de flujo con valores obtenidos en Canadá.

Posteriormente se observó que con modelos de detalle intermedio era factible usar simple precisión ya que se obtenía buena con

vergencia y la diferencia en el k efectivo con la versión en doble precisión era de 0.1 mk. Por ese motivo se implementó también una versión en simple precisión para usar con modelos de detalle intermedio ya que se obtenía una reducción significativa del costo.

ESTUDIO DE TRANSITORIOS DE POTENCIA

Una vez implementado el código se simularon algunos transitorios de potencia para el reactor de Embalse utilizando un modelo de detalle intermedio por razones de costo.

Los intervalos de reticulado del modelo son del orden de dos veces la distancia entre canales. La discrepancia con un modelo de red fina en el que los intervalos de reticulado son del orden de la distancia entre canales se estima que es de 0.3 mk en k efectivo y de 5% en las potencias máximas de canal y de manojo.

El núcleo se supuso en la condición de equilibrio de quemado, representándose dividido en dos zonas homogéneas: La zona interna contiene 52 canales con un quemado correspondiente a una irradiación de salida de 1.815 n/kb (7466.5 MWd/TU), la externa de 328 canales y una irradiación de salida de 1.587 n/kb (6552.35 MWd/TU).

Para no complicar el modelo fue necesario definir algunos materiales ficticios en algunos elementos de reticulado que tenían contribución de ambas zonas.

Las secciones eficaces del núcleo fueron halladas con el programa Powderpuffs-V.

No se tomaron en cuenta efectos de realimentación por temperatura, por lo tanto los valores de reactividad obtenidos son conservativos ya que el coeficiente de reactividad por temperatura es negativo en este caso.

Las acciones de las zonas líquidas y de las barras ajustadoras se simulan en forma bastante parecida a la realidad. En momentos en que la reactividad del xenón está creciendo como en caso de una reducción de potencia, se observa inicialmente una disminución del nivel de las zonas líquidas. Cuando el nivel medio de las mismas llega al 20% se extrae el primer banco de barras ajustadoras, lo que hace que las zonas líquidas suban momentáneamente y vuelvan posteriormente a bajar si el xenón continúa creciendo. Se extrae un banco de barras cada vez que el nivel medio de zonas líquidas tiende a bajar del 20%. Cuando la concentración de xenón disminuye el proceso se invierte, insertándose el último banco de barras ajustadoras extraído cada vez que las zonas líquidas tienden a subir más allá del 70%.

Los movimientos de bancos de barras ajustadoras y los cambios de potencia se suponen instantáneos. Esta aproximación se hizo teniendo en cuenta que en el reactor de Embalse los bancos pueden ser extraídos o insertados en un minuto, que la potencia puede ser incrementada en 1% de plena potencia por segundo cuando se está por encima de 25% de plena potencia y en 4% de la potencia instantánea por segundo

cuando se está por debajo de ese valor de potencia y además que los tiempos analizados en los transitorios simulados son de varias horas.

Durante la recuperación de potencia luego del período de potencia reducida la distribución de potencia está desaplanada debido a la extracción de bancos de barras ajustadoras. En ese período la potencia total se determina de manera de no sobrepasar la máxima potencia de manejo de la situación nominal. Esta es una hipótesis conservativa pero es la que se asumía en AECL para simular este tipo de transitorios.

En todos los transitorios analizados se supuso que en el momento que se produce el cambio de potencia inicial el reactor está operando al 100% de potencia con yodo y xenón en equilibrio.

Los transitorios analizados fueron los siguientes:

a) En $t=0$ se reduce la potencia al 60 % de plena potencia durante 3 horas que es aproximadamente el tiempo en que la reactividad del xenón alcanza su valor máximo. Para compensar la reactividad del xenón es necesario extraer 5 de los 7 bancos de barras ajustadoras, lo que produce un marcado desaplanamiento de la distribución de flujo.

Luego se inicia la recuperación de plena potencia llevando la potencia al 74,4% de plena potencia y se continúa gradualmente a medida que el xenón se quema y se pueden introducir los bancos extraídos. Este transitorio de recuperación lleva 4 horas 13 minutos. La sobrepotencia máxima de manejo que es el exceso relativo de potencia con respecto a la potencia nominal para cada manejo no superó el 22%. Este parámetro es de interés para la predicción de defectos en el combustible.

b) En $t=0$ se reduce la potencia al 80% durante 2 horas 18 minutos que, como en el caso anterior, es el tiempo en que la reactividad del xenón alcanza su valor máximo.

Dado que el crecimiento de la concentración de xenón es menor sólo hace falta extraer 2 bancos de barras ajustadoras.

El transitorio de recuperación, que se inicia con una subida de potencia a 91.3% de plena potencia, lleva 5 horas 30 minutos. La sobrepotencia máxima de manejo no superó el 19.2%.

c) En $t=0$ se reduce la potencia al 0.5 % de plena potencia. Este caso se simuló para estimar el tiempo muerto del reactor correspondiente a una parada larga. Se encontró que el reactor se podía volver a poner crítico a las 37.5 horas, con todas las barras ajustadoras extraídas y las zonas líquidas con un nivel promedio de 19.2%, pudiéndose levantar potencia hasta el 81% de plena potencia.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron los tiempos característicos de los transitorios estudiados, o sea, tiempos de recuperación de plena potencia, tiempos en que se extraen o insertan los distintos bancos de barras ajustadoras; además las distribuciones de flujo, potencia y concentraciones de xenón resultantes de la acción de los mecanismos de control

y de los aumentos de potencia.

Todos estos son datos de interés en la operación del reactor.