

Reactor Nuclear RA-0

MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL REACTOR NUCLEAR RA-0 PARA CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO

KEIL Walter, ODETTO Jorge

(FCEFYN:walterkeil@gmail.com/ FCEFYN:jorgeodetto@gmail.com)

Resumen

Se presenta la investigación referente a los parámetros físicos necesarios para elaboración de guías de experiencias que se realizan en el Reactor Nuclear RA-0, ubicado en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, las que permiten tanto la capacitación en cursos de grado y/o posgrado como el entrenamiento constante del personal encargado de su operación y mantenimiento.

La investigación de los parámetros cinéticos neutrónicos permitirá modelar el sistema como también establecer las respectivas vinculaciones entre las variables de entrada y salida del mismo, datos que serán volcados a las guías de experiencias.

Objetivos específicos de la primera etapa

- Identificar los parámetros cinéticos necesarios para el desarrollo del modelo.
- Establecer las variables de entrada y salida del sistema.
- Determinar la correlación entre los pares de variables de entrada y salida.

Materiales y métodos

Como herramienta principal ha utilizar en las experiencias, podemos mencionar al Reactor Nuclear RA-0 que se encuentra instalado en nuestra facultad desde el año 1972. El mismo es una Facilidad Crítica utilizada en su comienzo para realizar todos los estudios sobre Física de Reactores correspondientes al núcleo del Reactor Nuclear RA-1, reactor de investigación que funciona desde 1961 en el Centro Atómico Constituyente ubicado en la Capital Federal.

Los métodos y técnicas a utilizar en esta primera etapa son los de "operación, medición, registro y evaluación" de parámetros del Reactor Nuclear RA-0. En cuanto a la medición y registro, disponemos de un Sistema Electrónico de Adquisición de Datos (SEAD).

El diseño de las experiencias se efectuó en base a los antecedentes nacionales e internacionales en la materia, los cuales fueron adaptados a nuestra instalación y traducidos en procedimientos específicos que constan de un desarrollo conceptual y otro procedimental, siendo los mismos anualmente analizados. El listado de experiencias posibles y necesarias para nuestro proyecto, es:

- 1.- Determinación de la masa crítica de Uranio.
- 2.- Calibración de barras de control por el método de período.
- 3.- Calibración de barras de control por el método de "Rod Trop". Caída de barra.
- 4.- Determinación de la influencia del vacío en el moderador.
- 5.- Determinación de la influencia de la temperatura del sistema.
- 6.- Determinación de los efectos producidos por Venenos neutrónicos.
- 7.- Determinación de los parámetros del Reactor por Técnica de Ruido.
- 8.- Medición de la función de transferencia del reactor por diversos métodos
- 9.- Determinación de la respuesta en frecuencia del reactor.
- 10.- Medición de flujo absoluto, en todos los puntos del reactor.
- 11.- Determinación del flujo relativo.

Reactor Nuclear RA-0

12.- Determinación de la distribución de flujo térmico y epitérmico.

13.- Determinación del tiempo de generación de los neutrones en el sistema.

El análisis estadístico se realizará conforme al método que resulte más apropiado en función del número de datos y/o registros que puedan obtenerse de cada operación y/o experiencia.

Resultados

Como punto de partida de la investigación se realizaron mediciones sobre variables de entrada y salida del Reactor, a fin de contar con los datos necesarios que permitan modelar el funcionamiento del mismo.

Se partió de un listado de experiencias disponibles en la instalación, algunas de las cuales no contaban con la guía de trabajo práctico ni el fundamento teórico, por lo que fue necesario confeccionarlo y probarlo.

Seguidamente se procedió a efectuar las mediciones correspondientes y el procesamiento de los datos correlacionando las variables de entrada y salida.

Con toda esa información se infiere un modelo matemático que relacione la reactividad del reactor con cada uno de los parámetros obtenidos, teniendo en cuenta que el componente prioritario es el comportamiento neutrónico del núcleo del Reactor Nuclear.

Desarrollo de un modelo físico del Reactor Nuclear RA-0

Los reactores nucleares constituyen herramientas poderosas para la investigación tanto en ciencias básicas como aplicadas y para el desarrollo de tecnología. Un reactor de potencia cero como es el caso del Reactor Nuclear RA-0 es, además, una instalación diseñada específicamente para la investigación y la docencia. En el caso del R.N. RA-0 se viene utilizando también para el testeado de instrumentación desarrollada para otras instalaciones nucleares.

Esta investigación puede dividirse en dos etapas fundamentales:

- La investigación de los parámetros cinéticos principales del reactor, la definición de las variables de entrada y de salida, y la modelización de la interacción entre estas variables y por ende del funcionamiento del reactor.
- El desarrollo de un sistema automático de control de alguna/s variable/s del Reactor (fundamentalmente la potencia).

El modelado del Reactor

Como fase indispensable previa tanto al desarrollo de guías de experiencias del Reactor como de un Sistema de Control Automático del mismo, debe realizarse un modelo físico detallado de la instalación. Este modelo físico es importante que sea realizado en una instalación con las características del Reactor Nuclear RA-0, ya que en el mismo (por carecer de sistemas termohidráulicos fundamentalmente) el componente prioritario es el comportamiento neutrónico del núcleo.

Análisis de los parámetros cinéticos utilizados

Para que un reactor funcione durante un período de tiempo tiene que tener un exceso de reactividad sobre el valor crítico, para compensar las pérdidas de neutrones que, por diversos fenómenos, tiende a reducirlos, tales como: los que se producen por efectos de variación de la temperatura, por el quemado del combustible (U235) y también por otros efectos como la producción de venenos. El

reactor tiene que funcionar en condiciones de criticidad, lo que significa que el exceso de reactividad debe ser mayor a cero.

Para controlar la reactividad se puede actuar de varias formas, en los reactores de agua natural.

Una de las maneras y que es la utilizada en el RA-0, es por barras de control, que compensan la reactividad del mismo.

La otra forma es por variación del nivel del moderador

Métodos de medición

Primer Método:

Variando la posición de las Barras de Control:

Todo reactor posee un sistema que permite iniciar o detener las fisiones nucleares en cadena. Este sistema lo constituyen las Barras de Control, capaces de capturar los neutrones que se encuentran en el medio circundante. La captura neutrónica evita que se produzcan nuevas fisiones de núcleos atómicos del Uranio. Generalmente, las Barras de Control se fabrican de Cadmio o Boro.

Barras de control de Cadmio

En este trabajo uno de los puntos fue medir la reactividad en función del porcentaje de extracción de barra a fin de calibrar la posición de barra en función del porcentaje de extracción, y dicha información de utilizará como parámetro de entrada para el modelado del simulador.

Segundo Método:

Variando el nivel del Moderador:

Los neutrones obtenidos de la fisión nuclear emergen con velocidades muy altas (neutrones rápidos).

Para asegurar continuidad de la reacción en cadena, es decir, procurar que los "nuevos neutrones"

sigan colisionando con los núcleos atómicos del combustible, es necesario disminuir la velocidad de

estas partículas (neutrones lentos). Se disminuye la energía cinética de los neutrones rápidos mediante

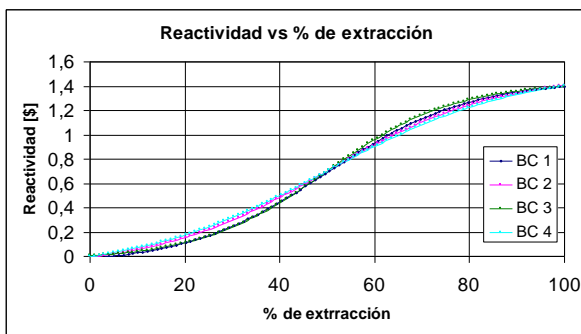
choques con átomos de otro material adecuado, llamado Moderador.

En el RA-0 se utiliza como Moderador el agua natural (agua ligera)

2.4. Variables a medir

Reactividad (ρ) en función de las siguientes variables: Nivel de Moderador (NM.), Porcentaje de Extracción BC1, BC2, BC3, BC4, Temperatura Moderador(Temp.)

Gráfica 1 y 2 Resultado de las variables medidas



Gráfica 1

	BC1	BC2	BC3	BC4
A1	-0,06	-0,11	-0,028	-0,130
A2	1,46	1,49	1,428	1,530
x0	50,00	50,00	50,000	50,000
dx	15,00	18,00	13,326	20,100

Tabla 1: Valores a ser utilizados en la expresión matemática para cada barra.

Expresión matemática correspondiente al Gráfico 1.

$$y = A2 + (A1-A2)/(1 + \exp((x-x0)/dx))$$

Reactor Nuclear RA-0

A continuación se presentan las mediciones de reactividad en función del nivel de moderador, para lo cual se siguió la instrucción de tarea correspondiente al sector operación: OP.IDT.13.

Reactividad en función del nivel de moderador

Con las 4 barras al 100% se midió:

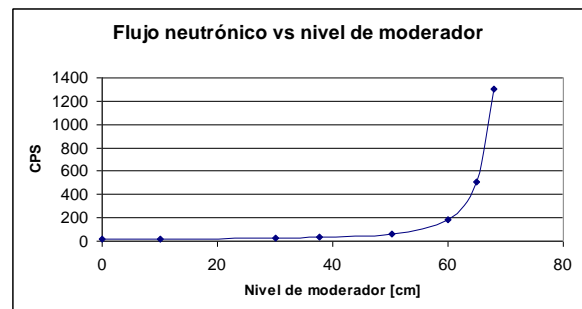
H moderador: 73.2 cm $t^* = 180$ seg $\Delta\rho=0.0378$ SEAD = 0.03

H moderador: 76.1 cm $t^* = 89$ seg $\Delta\rho=0.0764$ SEAD = 0.07

La siguiente tabla presenta datos correspondientes al flujo de neutrones del canal de arranque N2 en función del nivel de moderador

cm de H2O	CPS
0	18
10	20
30	30
37,7	35
50,3	65
60	180
65	508
68	1300

Tabla 2



Gráfica 2

Conclusiones

El estudio de los parámetros cinéticos principales de funcionamiento del Reactor Nuclear RA-0, permite caracterizar el modelo a utilizar en la primera etapa del proceso investigativo para su aplicación en el desarrollo de las experiencias a utilizar en los procesos de capacitación y entrenamiento. Se cumplen en el trabajo las actividades de operación, medición, registro y evaluación de los parámetros.

El análisis estadístico que se utiliza es conforme al método que mejor resulta en el número de datos y/o registros que pueden obtenerse de cada operación y/o experiencia.

La investigación de los parámetros cinéticos neutrónicos permite modelar el sistema como también establecer las respectivas vinculaciones entre las variables de entrada y salida del mismo.

- Resta desarrollar, en base a los datos investigados un sistema automático de control de alguna variable de salida del Reactor (fundamentalmente la potencia).

BIBLIOGRAFÍA

1. LAMARSH, J. R. "Introduction to Nuclear Reactor Theory". Addison Wesley Co. 1975.
2. MARTINEZ-VAL, J.M. "Reactores Nucleares". Ediciones ETS Ingenieros Industriales de Madrid. 1997.
3. OTT, K.O., BEZELLA, W.A., "Introductory Nuclear Reactor Statics", ANS 1989
4. DUDERSTADT, J. ; HAMILTON, L. " Nuclear Reactor Analysis ". Jhon Wiley & Sons,1976.
5. KARL O. OTT. " Introduction Nuclear Reactor Statics ". Library of Congress, ed. 1989.
6. GLASSTONE, S.; SESONSKE, A. " Nuclear Reactor Engineering ". Chapman and Hall 4th. ed. 1994.
7. HENRY, A.F.; "Nuclear Reactor Analysis", MIT, Press, 1982.
8. BELL, G.I., GLADSTONE, S.; "Nuclear Reactor Theory", Van Nostrand-Reinhold, 1971.
9. LEWINS, J.; "Nuclear Reactor Kinetics and Control", Pergamon, Oxford 1978.
10. REUSS, P.; "Exercices de neutronique", Gene Atomique, INSTN, EDP Sciencies, Francia, 2004.
11. BARJON, R. "Physique des Reactors Nucleaires". Institut des Sciences Nucleaires, 1993.