

Seguimiento de la potencia del reactor RP-10 por activación del agua refrigerante

Mariano Vela*, José Castro, Rolando Arrieta, Alberto Salazar, Agustín Urcia

Dirección de Instalaciones, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

Se presentan los resultados preliminares del monitoreo de la potencia del reactor nuclear RP-10 mediante la medición de la actividad radiactiva gamma del ^{16}N contenido en el refrigerante. Se utilizó un detector de NaI(Tl) dispuesto en una de las ventanas que comunica el tanque de decaimiento y la sala de bombas del circuito primario de refrigeración. Las mediciones se realizaron para diferentes niveles de potencias, de 0,5 a 10 MW. Los resultados muestran un comportamiento lineal entre la potencia de operación y la actividad del ^{16}N .

Abstract

The preliminary results of monitoring of power of the RP-10 nuclear reactor by measuring the activity of gamma radiation ^{16}N content in the coolant are presented. A detector NaI(Tl) placed in a window that communicates the decay tank and the pump room of the primary cooling circuit was used. Measurements were performed for different levels of power, from 0,5 to 10 MW. Results show a linear behavior between the power of operation and the activity of ^{16}N .

1. Introducción

La potencia del reactor RP-10 es monitoreada a través de cámaras de ionización compensadas, colocado cerca del núcleo del reactor. La información que nos proporcionan estos dispositivos presenta ligeras variaciones debido a fluctuaciones locales del flujo de neutrones térmicos, que ocurre debido al desplazamiento de las barras de seguridad y de control, siendo necesario dichos desplazamientos para compensar los efectos de pérdidas de reactividad por envenenamiento y por consumo de combustible.

Para obtener información con menor variación de la potencia del reactor es necesario disponer de un sistema alternativo basado en un principio diferente de medición; por lo que se está realizando experiencias mediante la medición de la actividad del refrigerante que fluye directamente por el núcleo del reactor.

Existe un avance sobre el tema, en el cual se colocó el detector en la parte inferior del tanque de decaimiento y cuyos resultados cualitativos nos muestra una dependencia lineal entre la actividad del refrigerante y la potencia de operación del reactor, pero que

no se podrían utilizar para cuantificar la potencia debido a que el detector se satura para potencias superior a los 6 MW.

2. Fundamento teórico

El monitoreo de la potencia del reactor está basado en la medición de la actividad radiactiva del refrigerante del núcleo del reactor. Cuando el agua pasa por el núcleo se produce la reacción (n,p) sobre el ^{16}O dando lugar a la formación de ^{16}N , el cual es un emisor gamma con período de decaimiento 7.14 segundos; lo cual permite ser usado como monitor de potencia ya que su actividad es casi nula cuando el agua retorna al núcleo luego de pasar por: tanques de decaimiento, bombas de impulsión e intercambiadores de calor.

La actividad gamma del ^{16}N representa 99% de la actividad total del refrigerante, correspondiendo el resto a la activación de otros elementos como son: impurezas presentes en refrigerante, productos de corrosión de los elementos estructurales.

3. Parte Experimental

El método experimental consiste en instalar un detector de radiación gamma en un lugar

* Correspondencia autor: mvela@ipen.gob.pe

adecuado del circuito primario de refrigeración para medir la actividad del ^{16}N en función de la potencia de reactor.

3.1 Equipamiento

- Un detector de NaI(Tl) de 2 x 2" y pre-amplificador.
- Una tarjeta de adquisición de datos ACUSPEC, ADC y fuente de alto voltaje.
- Una computadora personal con software de procesamiento de datos, GENIE 2000.
- Fuentes de calibración de ^{152}Eu y ^{137}Cs de 360,3 y 350 kBq, respectivamente.
- Un blindaje colimador de plomo.
- 20 ladrillos de plomo.

3.2 Procedimiento

La primera etapa de este sistema de monitoreo consistió en la evaluación del blindaje del detector.

3.1. Se diseñó y construyó un blindaje cilíndrico de plomo. Uno de los extremos lleva un tubo colimador de cobre de diámetro 0.4 cm y el otro extremo, una tapa con entrada para el cableado del detector. En el interior del blindaje se ha dispuesto una funda de cobre de 0,2 cm de espesor para disminuir la radiación secundaria. En la Figura N° 1 se detalla las dimensiones del dicho blindaje.

3.2. En uno de los vanos de salida del conducto de refrigeración (nivel -1.5 m del recinto del reactor) se colocó el detector de NaI(Tl) con el tubo colimador diseccionado hacia el interior del tanque de decaimiento. En la figura N° 2 se indica la ubicación del detector.

3.3. La computadora y cadena de espectrometría gamma se instaló en el Nivel -5,5 m (costado del recinto que aloja los tanques de decaimiento), manteniendo de este modo la protección radiológica del personal experimentador.

3.4. Se fijó el voltaje de trabajo del detector en 750 voltios y se calibró la cadena de espectrometría gamma en un rango de energía máxima de 8 MeV.

3.3 Mediciones Realizadas

Se fijó el reactor en estado crítico para potencias escalonadas de 0,5 a 10 MW y se obtuvo los respectivos espectros de emisión del refrigerante utilizando un tiempo vivo de registro de 300 segundos para cada potencia.

S registró las cuentas netas correspondientes al fotopico de emisión gamma del ^{16}N ($E = 6,129 \text{ MeV}$) y se construyó la gráfica Cuentas netas Vs. Potencia de operación.

Nota: Para potencias de operación 1 a 7 MW, la refrigeración se hizo utilizando una bomba del circuito primario (caudal $980 \text{ m}^3/\text{h}$); mientras que para potencias mayores a 7 MW se utilizó dos bombas del circuito primario (caudal $1430 \text{ m}^3/\text{h}$).

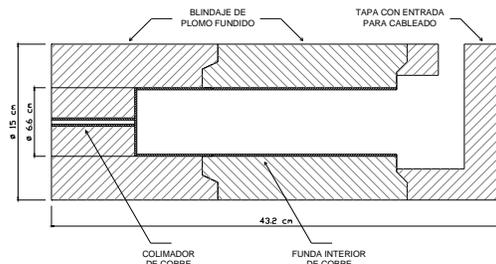


Figura 1. Vista de la sección longitudinal del nuevo blindaje colimador.

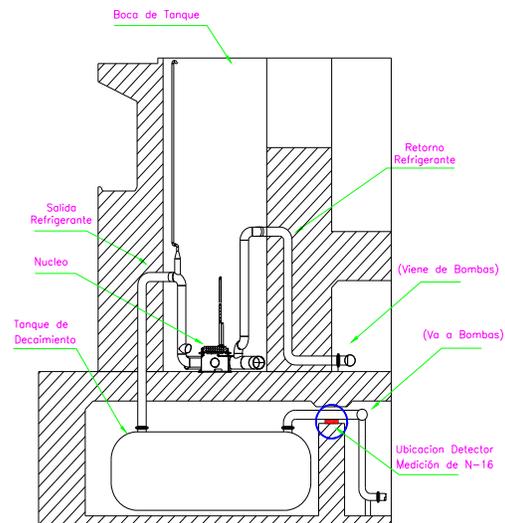


Figura 2. Plano de ubicación del detector de NaI(Tl) para monitoreo de la potencia del RP-10.



Figura 3a. Ubicación del detector de NaI (TI) y el colimador de prueba (espesor de pared 2 cm).



Figura 3b. Disposición del detector de INa(Tl) y el nuevo colimador (espesor de pared 4 cm).

4. Resultados y Discusión

En la Figura 4a se muestra el perfil de actividad de actividad del ^{16}N respecto de la potencia del reactor. Aquí se observa que para potencias superiores a 4 MW, la actividad ya no tiene un comportamiento lineal y es debido a la saturación del detector por el pequeño blindaje utilizado.

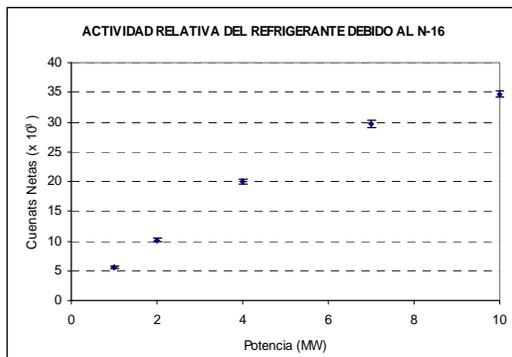


Figura 4a. Primeros resultados de monitoreo de la potencia del reactor RP-10.

La utilización del nuevo blindaje mejoró los espectros de emisión del refrigerante al reducir el tiempo muerto del detector; lográndose observar un comportamiento lineal entre la potencia del reactor y la actividad del ^{16}N .

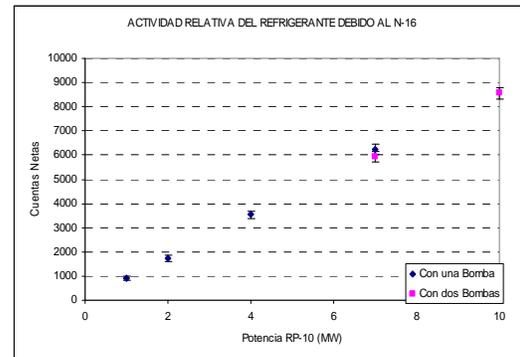


Figura 4b. Comportamiento lineal de la actividad gamma del ^{16}N en función de la potencia de operación del RP-10.

5. Conclusiones

- La actividad del ^{16}N respecto de la potencia de operación del reactor tiene un comportamiento lineal.
- El diseño y dimensiones aplicadas al nuevo blindaje y la ubicación del detector permitieron obtener espectros en todo el rango de potencias de operación del reactor para la ubicación.

6. Agradecimiento

Al Grupo de Operación del reactor RP-10 por su apoyo en todas operaciones del reactor.

7. Bibliografía

[1] Spracklen Howard P. N-16 Power Control System of the Livermore Pool-Type Reactor, University of California, Lawrence Radiation Laboratory Livermore, California; IEEE Transactions on Nuclear Science. 1967.

[2] Lázaro G, Bruna R, Vela M, Parreño F. Implementación de monitorización de la potencia del RP-10 por ^{16}N utilizando un detector de NaI(Tl). En: Instituto Peruano de Energía Nuclear. Informe Científico Tecnológico 1998 -2001. Lima: Perú; 2002. p. 112-113.