



PATENTE DE INVENCION

Your ref: 420-27

3 00821

Memoria Descriptiva

sobre:

"Perfeccionamientos en núcleos para reactores nucleares".

Solicitante: UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, entidad norteamericana, residente en Germantown, Maryland, EE.UU. de A.

Esta invención se relaciona con un núcleo para reactor nuclear. Mas detalladamente, se relaciona la invención con un núcleo para reactor rápido y muy grande que tiene un coeficiente de vacío de refrigerante negativo.

5.



- Los reactores rápidos relativamente pequeños tienen inherentemente un coeficiente de vacío de refrigerante negativo; es decir, la reactividad disminuye con la pérdida de refrigerante. Un azar que
5. dificulta el diseño de reactores rápidos grandes es la posibilidad de que tales reactores puedan tener un coeficiente de vacío de refrigerante positivo; es decir que la reactividad incrementa con la pérdida de refrigerante.
10. La razón de que los reactores grandes puedan tener un coeficiente de vacío de refrigerante positivo en tanto que los reactores pequeños tienen un coeficiente de vacío de refrigerante negativo, es que el efecto observado es la resultante de dos efectos
15. contradictorios. Cuando un reactor rápido pierde refrigerante, disminuye la incrementada fuga de neutrones en la reactividad del reactor. Sin embargo, el endurecimiento del espectro energético de los neutrones (incremento en la energía media de los neutrones
20. presentes en el núcleo) incrementa la reactividad. En un núcleo para reactor pequeño existe una neta disminución de reactividad porque predomina la pérdida de reactividad debida a la incrementada fuga de neutrones. Tal reactor tiene un coeficiente de vacío de
25. refrigerante negativo y puede utilizarse sin temor a que la pérdida de refrigerante conduzca a la fusión del combustible o a una excursión nuclear.

- Al aumentar el tamaño del núcleo, la fuga de neutrones resulta relativamente de menor importancia hasta determinado punto, que depende de la compo-
- 30.

300821



sición material del núcleo del reactor, predomina el incremento de reactividad debido al endurecimiento del espectro de neutrones y el núcleo del reactor tiene un coeficiente de vacío de refrigerante positivo.

5.

Tal situación ha de evitarse evidentemente y se han efectuado varias sugerencias a este respecto. Una de tales sugerencias es la de incrementar la fracción volumétrica de refrigerante dentro del núcleo del reactor, acentuando así el efecto de fuga. Sin embargo, tal recurso ofrece una limitada compensación y tiene por resultado una disminuida densidad de energía.

10.

Todo reactor rápido que tenga un coeficiente positivo de vacío de refrigerante puede construirse como aquí se enseña para obtener un coeficiente negativo de vacío de refrigerante. Con algunas composiciones de núcleo, la invención no tiene ninguna utilidad práctica porque un reactor de cualquier tamaño práctico tendrá una composición negativa de vacío de refrigerante. Con otras composiciones de núcleo, la invención tiene una utilidad limitada debido al gran tamaño del núcleo, con el cual el coeficiente de vacío de refrigerante se torna positivo.

15.

20.

25.

30.

Por ejemplo, la invención no tendrá probablemente que aplicarse nunca a un reactor que emplee metales pesados como refrigerante, pues tal reactor tiene un coeficiente negativo de vacío de refrigerante de hasta varios miles de litros de tamaño del núcleo. Análogamente, la invención es de importancia comparati-



300821

- vamente reducida actualmente en los reactores que incorporan U-235 como combustible, porque tales reactores tienen un coeficiente negativo de vacío de refrigerante de hasta 1.500 a 2.000 litros. Por
5. otra parte, la invención tiene utilidad aplicada a reactores de combustible de plutonio-239 refrigerados con metales ligeros, que tienen un tamaño de núcleo superior a unos 800 litros. En los reactores que incorporan el plutonio-239 como combustible,
10. existe el peligro derivado de la pérdida de refrigerante, en inferiores tamaños de núcleo respecto a los reactores que incorporan uranio-235 como combustible, debido a la fuerte dependencia de la relación entre captura y fisión en la energía neutrónica por el isótopo Pu-239. En un reactor que incorpore Pu-239 como combustible, un ligero incremento en la energía neutrónica, causado por una pérdida de refrigerante, disminuye la relación entre las capturas neutrónicas y las fisiones neutrónicas, aumentando así la reactividad. Así, el endurecimiento del espectro neutrónico tiene por resultado un marcado incremento de reactividad en un reactor de Pu-239, pero un incremento muy inferior de reactividad en un reactor de U-235 porque la disminución en la relación entre captura y fisión, con un incremento en la energía neutrónica, es mucho mas pronunciado en el Pu-239 que en el U-235; así, un reactor de U-235 tendrá un coeficiente negativo de volumen de refrigerante hasta un tamaño grande.
- 15.
- 20.
- 25.
30. Se comprenderá que esta invención es solo

300821

- 5 -



- aplicable a reactores muy grandes. El mas pequeño reactor que tendrá un coeficiente positivo de vacío de refrigerante tiene un tamaño de núcleo de 800 litros aproximadamente. En contraste con esta cifra,
5. puede señalarse que el EBR-II tiene un tamaño de núcleo de 65 litros. Sin embargo, el futuro de la energía atómica parece residir en tales reactores generadores rápidos y grandes, pues es sólomente en tales reactores que pueden utilizarse económicamente
10. y de manera completa las reservas de uranio.

Es por consiguiente un objeto de la presente invención crear un reactor rápido y muy grande dotado de un coeficiente negativo de vacío de refrigerante.

15. Un objeto mas específico de la presente invención es crear un reactor rápido alimentado con plutonio, refrigerado con sodio y de gran tamaño, dotado de un coeficiente negativo de vacío de sodio.

20. Se describirá la invención específicamente con relación a un reactor rápido alimentado con plutonio-239 y refrigerado con sodio, que incluye un 50% de sodio en el núcleo y tiene un tamaño de núcleo de 1.500 litros. En un reactor de este tipo
25. y tamaño, el peligro derivado de un accidente de pérdida de refrigerante es muy grave, puesto que el coeficiente de vacío de sodio es sustancialmente positivo.

30. Un reactor de este tipo y tamaño construido de acuerdo con la presente invención tendrá un

300821

- 6 -



coeficiente negativo de vacío de refrigerante sin ninguna pérdida en la ganancia de generación y con un razonable consumo de material combustible.

- Para conseguir este resultado, el núcleo
5. del reactor incorpora una serie de núcleos subcríticos nuclearmente acoplados por capas de material fértil dispuestas entre aquellos. Preferiblemente, el núcleo del reactor comprende una serie de planchas que contienen material combustible separadas
10. por planchas que contienen material de recubrimiento. Aunque la invención puede aplicarse también a núcleos de reactor de geometría cilíndrica o esférica, puede experimentarse en tales núcleos una pérdida de material combustible mucho mayor que en un
15. reactor que tenga una geometría de planchas.

Se describirá seguidamente la invención en relación con el adjunto dibujo, cuya única figura es un diagrama de un núcleo de reactor que incorpore la presente invención.

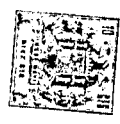
20. De acuerdo con una forma preferida de la presente invención, tres regiones 10 de núcleo en forma de plancha están separadas por regiones de cobertura 12 para formar la porción activa 14 de un reactor nuclear. La porción activa 14 está rodeada
25. por todos lados por un reflector 16. Cada región 10 del núcleo tiene 48 centímetros de espesor y 100 cm^2 y contiene un 25% en volumen de plutonio, un 25% en volumen de acero y un 50% en volumen de sodio. El volumen total de todas las regiones 10 del núcleo
30. es de 1.500 litros. Cada región de cobertura 12 tie-

- 7 - 300821



- ne 20 cm de espesor y 100 cm² y contiene un 60% en volumen de uranio agotado, un 20% en volumen de acero y un 20% en volumen de sodio, mientras que el reflector 16 tiene 45 cm de espesor y contiene también
5. un 60% en volumen de uranio agotado, un 20% en volumen de acero y un 20% en volumen de sodio.

La siguiente tabla indica el resultado de computaciones que prueban la eficacia de la presente invención.



300821

TABLA I

300821



Cambio de reactividad para 30% separación Na del núcleo

Enriquecimiento crítico de combustible

$$\frac{N_{Pu}}{(N_{Pu} + N_{U238})}$$

Espejor axial de la región (cm)

Núcleo ^a	Reflector ^b	Núcleo	Cobertura ^c	Referencia	30% Na separado ^d	Signo	Magnitud (% $\Delta k/k$)
1	2	142	-0	0.08776	0.08763	positivo	0.033
2	3	71	10 ^e	0.10376	0.10405	negativo	0.143
3	3	71	10 ^e	0.10323	0.10350	negativo	0.130
3	3	71	5	0.09846	0.09842	positivo	0.0188
3	3	71	15	0.10595	0.10645	negativo	0.264
3	3	71	20	0.10681	0.10742	negativo	---
3	3	48	10	0.10717	0.10708	positivo	0.074
3	3	48	15	0.11441	0.11445	negativo	0.024
3	3	48	20	0.11972	0.12013	negativo	0.187
3	3	48	25	0.12340	0.12408	negativo	---
3	3	28	10	0.12422	0.12397	positivo	0.16
3	3	28	20	0.15245	0.15269	negativo	---



- a El núcleo contiene un 25% en volumen de metal Pu-U, un 25% en volumen de acero y un 50% en volumen de Na.
- b La cobertura contiene un 60% en volumen de U agotado, un 20% en volumen de acero y un 20% en volumen de Na.
- c Solo regiones de cobertura diseminadas. El reflector exterior es siempre 45 cm de espesor.
- d De las regiones del núcleo sólomente.
- 10. e La región de cobertura contiene uranio natural.

La tabla indica el cambio de reactividad que acompaña a una pérdida del 30% de refrigerante. Como la finalidad de la invención es evitar un positivo cambio de reactividad y promover la seguridad del reactor, en general, los núcleos de reactor que muestran el mas elevado cambio negativo de reactividad son los más satisfactorios. En ciertos casos, la magnitud del cambio de reactividad no se da porque el método de computación no ofrecería garantías de ofrecer unos resultados reales.

15.

20.

Puede verse por la tabla que el carácter del cambio de reactividad puede alterarse notablemente proporcionando diversas planchas suéltamente acopladas de menor grosor, en lugar de un núcleo de una plancha grande. Además, puede verse que disponiendo simplemente dos o mas planchas separadas por una cobertura de uranio agotado, no se produce siempre los resultados deseados. Sin embargo, es evidente que el cambio de reactividad para un núcleo de reactor que comprenda dos planchas de 71 cm de grosor separadas

25.

30.

300821

- 10 -



- por una cobertura de 10 ó 15 cm de espesor, es negativo, como lo es el cambio de reactividad para tres planchas de 48 cm de grosor separadas por coberturas de 15 ó 20 cm de grosor. Como el cambio de reactividad para una sola plancha de 142 cm de grosor es positivo, queda demostrada la utilidad de la invención.
- 5.

- Es difícil establecer un criterio preciso y uniformemente aplicable para establecer la geometría de un núcleo de reactor que muestre unos beneficios óptimos de la presente invención. El número óptimo de regiones del núcleo y la anchura de las regiones de cobertura que las separan dependen de los parámetros del particular reactor objeto de investigación e incluso para un determinado reactor pueden depender de consideraciones técnicas o nucleares, que no resultan evidentes tras un análisis inicial del reactor.
- 10.
- 15.

- Evidentemente, las regiones de cobertura han de ser suficientemente gruesas para obtener el efecto deseado, suficiente fuga de neutrones para obtener un cambio negativo de reactividad. De acuerdo con la tabla I, una cobertura de 5 cm es insuficiente para un reactor de 1.500 litros de la descrita composición del núcleo. Además, ha de recordarse que un incremento en el espesor de la cobertura necesita un incrementado combustible y que con algunos espesores, la cobertura desacopla las separadas regiones del núcleo, perdiéndose así todo beneficio de la presente invención. Como cada región del núcleo es sustancialmente no crítica de acuerdo con la presente
- 20.
- 25.
- 30.



invención, un completo desacoplamiento tendría por resultado la pérdida de carácter crítico. Se supone que el desacoplamiento empieza a producirse cuando se incrementa la cobertura a 25 cm aproximadamente.

5. Como se muestra en la tabla I, el número de regiones del núcleo no es crítico, pudiendo ser de 2,3 ó posiblemente mas para el reactor descrito. No puede encontrarse ninguna indicación definida de un número óptimo; sin embargo, el incremento del número al tiempo que se mantiene constante el volumen del núcleo, aumenta el material combustible necesario para el funcionamiento del reactor.

10. Para la obtención de los mejores resultados, es necesario equilibrar el deseo de una incrementada fuga de neutrones para proporcionar un cambio negativo de reactividad en la pérdida de refrigerante, contra el incrementado material de combustible necesario por tal pérdida de neutrones. La preferida versión de la invención fué seleccionada porque proporciona un adecuado equilibrio de estos requisitos y también porque puede adaptarse a los mayores reactores sin dificultad.

15. Se observará que el cambio de material de cobertura de uranio agotado a uranio natural reduce el cambio negativo de reactividad, lo cual indica la conveniencia de emplear uranio agotado en las coberturas.

20. En todos los casos, la provisión de un cambio negativo es a expensas de unas mayores necesidades de combustible. Sin embargo, el sacrificio

30.



300821

económico no es tan grande como el realizado para construir varios reactores diferentes, cada uno de ellos suficientemente pequeño individualmente para tener un coeficiente negativo de vacío de refrigerante, produciendo la misma energía.

5.

El nivel de generación de un reactor construido de acuerdo con la presente invención es por lo menos tan bueno y quizás mejor que el de un reactor del mismo tamaño construido como una plancha simple. Esto deriva del hecho de que el espectro neutrónico dentro del reactor se endurece añadiendo regiones de cobertura, porque la cobertura filtra los neutrones de inferior energía presentes en el reactor.

10.

15.

Además, la concentración de plutonio formada en las regiones de cobertura intercaladas es mayor que en una cobertura exterior convencional, porque los neutrones se aproximan a las regiones de cobertura intercaladas desde dos direcciones. Por ello, la concentración de plutonio obtenida será casi el doble de la obtenida en una cobertura exterior.

20.

25.

Se comprenderá que la invención no deberá limitarse a los detalles aquí indicados, sino que puede modificarse dentro del ámbito de las adjuntas reivindicaciones.

N O T A

30.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones an-



300821

- teriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a una solicitud de Patente presentada en
5. EE.UU. de A., con fecha 16 de octubre de 1963, número Ser. No. 316.784, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente
10. de Invención por 20 años en España, sobre: "PERFECCIONAMIENTOS EN NUCLEOS PARA REACTORES NUCLEARES"; caracterizándose por lo siguiente:
- 1ª.- Perfeccionamientos en núcleos para reactores nucleares, mas especialmente reactores rápidos refrigerados con metal ligero, caracterizados por comprender una serie de regiones de combustible subcríticas en forma de planchas que contienen plutonio-239 suéltamente acoplado por zonas de coher-
15. tura en forma de planchas que contiene uranio agotado dispuesto entre ellas, siendo el volumen total de las
20. regiones de combustible superior a 800 litros aproximadamente.
- 2ª.- Perfeccionamientos en núcleos para reactores nucleares, caracterizados por comprender
25. dos regiones de combustible en forma de planchas que tienen 71 cm de espesor y 100 cm² y contienen un 25% en volumen de plutonio, un 25 en volumen de acero y un 50% en volumen de sodio, una zona de cobertura que tiene de 10 a 15 cm de espesor y 100 cm² y con-
30. tiene 60% en volumen de uranio agotado, un 20% en



volumen de acero y un 20% en volumen de sodio, dispuesta entre dichas zonas de combustible, y un reflector de 45 cm de espesor que contiene uranio agotado rodeando a las citadas regiones de combustible y de cobertura.

- 5.
- 3^a.- Perfeccionamientos en núcleos para reactores nucleares, caracterizados por comprender tres zonas de combustible en forma de plancha que tienen 48 cm de espesor y 100 cm². y contienen un
10. 25% en volumen de plutonio-239, un 25% en volumen de acero y un 50% en volumen de sodio, una zona de cobertura que tiene de 15 a 20 cm de espesor y 100 cm² y contiene un 60% en volumen de uranio agotado, un 20% en volumen de acero y un 20% en volumen de
15. sodio, dispuesta entre cada par de dichas zonas de combustible, y un reflector de 45 cm de espesor que contiene uranio agotado rodeando a dichas zonas de combustible y de cobertura.

- 4^a.- Perfeccionamientos en núcleos para
20. reactores nucleares; tal y como substancialmente se describe en la presente memoria.

Esta Memoria consta de catorce hojas escritas a máquina por una sola cara.

10 JUN 1964

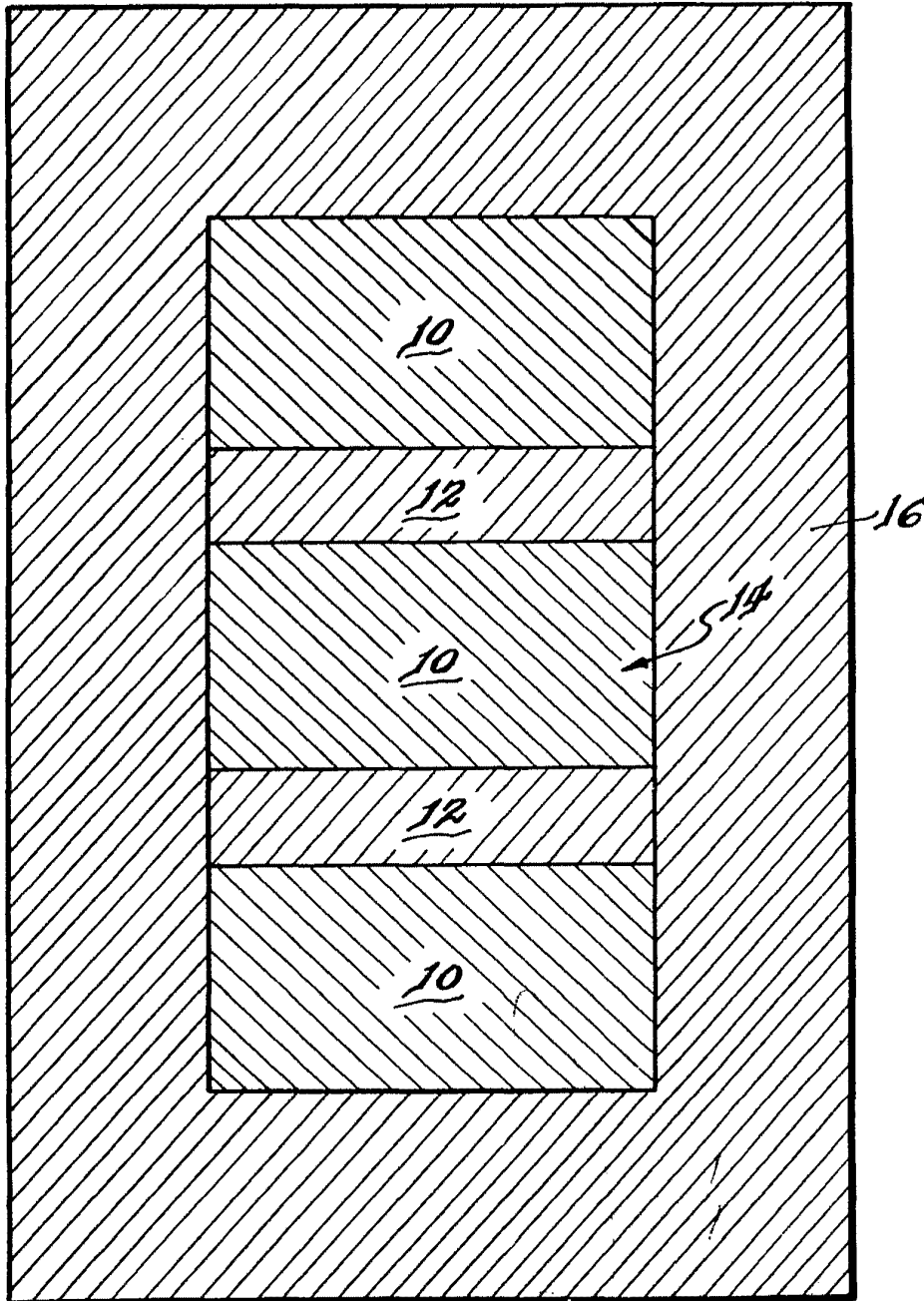
UNITED STATES ATOMIC
ENERGY COMMISSION.

J. GOMEZ ACEBO Y MODEX
P. P.



300821

ESCALA VARIABLE



Madrid, 10 JUN 1950

J. GONZALEZ