

331160_{N3}



PATENTE DE INVENCION

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I.P.C.
CLASE <u>G-21-</u>
SUBCLASE <u>0</u>

M E M O R I A D E S C R I P T I V A

S o b r e :

" UN GRAN REACTOR NUCLEAR RAPIDO "

Solicitante: UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION, entidad
estadounidense, domiciliada en GERMANTOWN, MARY-
LAND (.U.S.A.).

Inventor: D. Walter B. Loewenstein.



Este invento se refiere a un reactor nuclear. Más detalladamente este invento se refiere a un gran reactor rápido que tiene un coeficiente nulo de agente enfriador negativo o positivo relativamente bajo.

- 5.- Los reactores rápidos relativamente pequeños inherentemente tienen un coeficiente nulo de agente refrigerador negativo; es decir, la reactividad disminuye con la pérdida de agente enfriador. Como describe la Patente U.S.A. No. 3.140.234, el riesgo en potencia que puede tener la proyección de grandes reactores rápidos es la posibilidad de que dichos reactores puedan tener un coeficiente nulo de agente enfriador positivo; o sea, la reactividad se incrementaría con la pérdida de agente enfriador; y la patente también indica el hecho de que un coeficiente nulo de agente enfriador positivo, tiene lugar en los núcleos de menor tamaño de los reactores que incorporan plutonio como combustible y metales ligeros como agente enfriador, que en otros proyectos de reactor.
- 10.-
- 15.-
- 20.- Se apreciará que este riesgo en potencia está solamente presente en los reactores muy grandes. El reactor más pequeño, que tendrá un notable coeficiente nulo de agente enfriador positivo, tiene un tamaño de núcleo de cerca de 800 litros. En contraste con esta cifra, puede observarse que el EBR-II tiene un tamaño de núcleo de 65 litros. Sin embargo, el futuro de la energía atómica parece residir en dichos reactores mayores de generación rápida, pues es solamente en dichos reactores donde las reservas de uranio pueden ser totalmente utilizadas de un modo económico.
- 25.-
- 30.- En consecuencia, el objeto de la presente invención es el desarrollo de un reactor rápido muy grande, que



tenga un coeficiente nulo de agente enfriador negativo o positivo relativamente bajo.

Otro objeto de la presente invención es desarrollar un reactor de regeneración rápida de enfriamiento por sodio, que funcione predominantemente en el ciclo de uranio-238 - plutonio que tenga un coeficiente nulo de sodio bajo.

Estos y otros objetos de la presente invención se consiguen en un reactor rápido de regeneración enfriado por sodio que funciona predominantemente en el ciclo del uranio-238 - plutonio, que contiene una zona central de uranio-233 dispersado en torio-232 y una zona exterior de plutonio dispersado en uranio-238. Por ejemplo el reactor puede tener un volumen total de 3000 litros, que incluye una zona central de 800 litros y que preferiblemente comprende una pluralidad de elementos combustibles que contienen una sección central de uranio-233 - torio-232 y unas secciones superior e inferior de plutonio - uranio-238 dispuestas en el centro del reactor, que están rodeadas por elementos combustibles que contienen plutonio y uranio-238. Los elementos de bloqueo que contienen uranio disipado rodearán a estos elementos del modo que es convencional en estos casos.

La invención se describe después en relación con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una vista esquemática, parcialmente en sección, de un reactor nuclear según la presente invención;

La Figura 2 es un gráfico en el que se compara la distribución espacial del valor de la reactividad del sodio en el núcleo de una invención anterior de núcleo de carburo de 3.000 litros, con un núcleo del mismo tamaño, construido de acuerdo con la presente invención.



La Figura 3 es una comparación similar para los reactores típicos de generación rápida de óxido como combustible.

- Según la forma preferida de la presente invención,
- 5.- el reactor nuclear incluye una zona central de uranio-233 - torio-232,10, rodeada totalmente de una zona 11 de uranio-238 - plutonio (exterior) que a su vez está rodeada por un bloque superior 12, un bloqueo inferior 13 y un bloqueo radial 14.
- 10.- El reactor puede estar compuesto de una disposición aproximadamente cilíndrica de conjuntos de combustible, en donde los conjuntos centrales 15 comprenden una sección central de combustible 16 de uranio-233 - torio-232, secciones superior e inferior 17 y 18 de combustible de uranio-238 -
- 15.- plutonio y secciones superior e inferior de bloqueo 19 de uranio disipado. Rodeando inmediatamente a las secciones centrales de combustible 15 existen secciones periféricas de combustible 20 que son convencionales, conteniendo uranio-238 -
- 20.- plutonio en el centro 21 y uranio disipado en el fondo y parte superior 22. Rodeando a éstos se encuentran los elementos de bloqueo 23 que contienen uranio disipado.
- Como combustible puede usarse cualquier material normal de núcleo; por ejemplo, metales, óxidos y carburos, así como materiales menos conocidos tales como nitruros, sulfuros y mezclas de cerámica y metal.
- 25.-
- Las ventajas del presente invento pueden describirse mejor con referencia a las Figuras 2 y 3 de los dibujos. La Figura 2 muestra el modo en que el valor de la reactividad del sodio varía en función de la posición en un núcleo de 3000
- 30.- litros (88 centímetros de radio por 123 centímetros de altura)



que contiene plutonio y uranio-238 carburos. La línea curva
continua se refiere al reactor de invención anterior y mues-
tra que el valor de la reactividad del sodio es elevado cerca
del centro del reactor pero desciende rápidamente a medida
5.- que se aproxima a la periferia del reactor. Es evidente que
el funcionamiento de dicho reactor presentaría riesgos de-
bido al coeficiente nulo de sodio positivo del reactor.

La línea discontinua de la Figura 2 muestra como
el valor de reactividad del sodio varia en función de la po-
10.- sición en un reactor de 3.000 litros de plutonio carburo -
uranio-238 carburo, que incorpora una zona central de 800 li-
tros (56 centímetros de radio por 81 centímetros de altura)
que contiene uranio-233 y torio-232. Dicho reactor es relati-
vamente seguro en su funcionamiento porque el valor de reac-
15.- tividad del sodio es totalmente negativo en la mayor parte
del reactor y nunca es más que ligeramente positivo. Dicho
reactor es más seguro que el que consta solamente de uranio-
238 y plutonio y, como funciona predominantemente en el ci-
clo de plutonio - uranio-238, tiene una proporción de genera-
20.- ción comparativamente elevada.

De modo similar, la Figura 3 muestra la mejora en
la seguridad que se obtiene mediante el empleo de la presente
invención en un reactor de combustible de óxido. La línea cur-
va de trazado continuo muestra cómo el valor de reactividad
25.- del sodio es elevado cerca del centro de un reactor de óxido
de 3.000 litros de plutonio - uranio-238, pero que se convier-
te en negativo en la periferia. Dicho reactor no podría fun-
cionar con seguridad. Cualquiera de los reactores cuyo valor
de reactividad del sodio se muestra en las otras curvas po-
30.- dría funcionar con seguridad, incorporando el reactor de



línea discontinua una zona central de 800 litros de óxidos de uranio-233 y torio-232 y el reactor de la línea de puntos incorporando arbitrariamente un 20% de uranio-234. Incluso suponiendo la presencia del 20% de uranio-234, el valor de reactividad del sodio es negativo o solamente levemente positivo, en cualquier posición en el reactor.

Las tablas siguientes indican los resultados de los cálculos que demuestran la eficacia de la presente invención.

TABLA I
REACTORES ABASTECIDOS CON COMBUSTIBLE METALICO
 (Núcleos de 3.000 litros)

Caso	Volumen del núcleo interno (litros)	Proporción de versión del núcleo Exterior	Proporción de versión del núcleo Total	Proporción de Generación	Núcleo nulo de sodio ($\% \Delta k/k$) (.)	Núcleo nulo de sodio Interior Exterior F/A†
1	0	--	1,02	1,67	--	+0,79 2,03
2	600	0,82	0,89	1,50	+0,14	+0,11 1,62
3	800	0,80	0,86	1,47	+0,11	-0,01 1,64
4	800	0,84	0,86	1,48	+0,16	+0,021 1,50
5	800 (..)	0,95	0,87	1,51	+0,27	+0,08 1,31
6	1200	0,77	0,81	1,39	+0,001	-0,15 1,71
7	800 (...)	0,58	0,81	1,38	-0,15	-0,10 1,98

(.) 40% de retirada de sodio del núcleo

(..) Con uranio-234

(...) Uranio-233 - Oxido de torio

+ Máximo de la media de densidad de energía en el núcleo

+ + - Interior ~ Uranio (233 ó 233 + 234)

Exterior ~ Plutonio



TABLA I (Continuacion)

Caso	Porcentajes de masa del Nucleo		Combustible material del núcleo ††		
	Interior M/M th	Exterior Mpu/M ^u	Interior	Exterior	Total
1	--	0,14	--	1410	1410
2	0,110	0,157	220	1225	1445
3	0,113	0,161	299	1146	1445
4	0,108	0,167	287	1182	1469
5	0,125	0,176	328	1235	1563
6	0,117	0,167	464	970	1434
7	0,157	0,147	247	1061	1308



13

TABLA II

Reactores con carburo como combustible (Núcleos de 3.000 litros; núcleos centrales de 800 litros)

Caso	Tipo del Núcleo interno(.)	Proporción de conversión del núcleo		Porcentaje de generación	Núcleo nulo de sodio ($\% \Delta k/k$) (..)	
		Interno	Total		Externo	F/A(...)
1	Referencia Pu-U	--	0,97	1,49	--	+0,92 2,05
2	U233-Torio	0,70	0,94	1,33	+0,002	+0,013 1,79
3	U233-U234-Torio	0,84	0,84	1,38	+0,21	+0,12 1,40
4	U233-Torio metal	0,76	0,95	1,32	+0,014	+0,015 2,08

(.) Carburo a menos que se indique de otro modo

(..) 40% de retirada del núcleo de sodio

(...) Máximo de media de densidad de energía en el núcleo

+ Interno~Uranio (233 ó 233 + 234)

Externo~ Plutonio



TABLA II (Continuación)

caso	Proporciones de masa del núcleo		Material de combustible del núcleo (kg)	
	Interno M^{235}/M^{238}	Externo M^{235}/M^{238}	Interno	Externo Total
1	--	0,151	--	1375
2	0,131	0,156	275	1037 1312
3	0,145	0,172	302	1134 1436
4	0,120	0,154	314	1027 1341

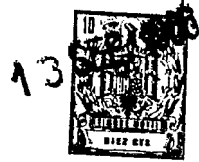


TABLA III

Reactores alimentados con óxido como combustible
(Núcleos de 3.000 litros; núcleos centrales de 800 litros)

Caso	Tipo del núcleo interno (.)	Proporción de conversión del núcleo		Total	Porcentaje de generación	Núcleo nulo de sodio (% Δ k/k) (..)		
		Interno	Externo			Interno	Externo	
1	Referencia Pu-U	--	--	0,80	1,29	--	+0,55	2,02
2	U233-th	0,56	0,85	0,70	1,14	-0,27	-0,26	2,14
3	U-233-U234-th	0,65	0,73	0,69	1,13	-0,03	-0,13	1,88
4	U-233-U234-th	0,61	0,78	0,70	1,12	-0,12	-0,17	2,18
5	U-233-th metal	0,76	0,77	0,76	1,17	-0,28	-0,13	2,19

(.) Oxido a menos que se indique de otro modo

(..) 40% de retirada de sodio del núcleo

(...) Máximo de media de densidad de la energía en el núcleo

+ Interno~Uranio (233 ó 233 + 234)

Externo~Plutonio



TABLA III (Continuación)

Caso	Proporciones de masa del núcleo		Material de combustible del núcleo (kg) +	
	Interno M^u/M^{th}	Externo M^{pu}/M^u	Interno	externo Total
1	--	0,261	--	1555
2	0,163	0,246	256	1087
3	0,189	0,291	294	1244
4	0,203	0,271	313	1176
5	0,119	0,273	312	1182

135





En todos estos cálculos fué empleada una característica de composición de plutonio isotópico del obtenido por larga irradiación. Así el contenido de plutonio-240 excedía del 20%. Esta composición isotópica fué usada en

- 5.- los cálculos ya que los problemas asociados con el plutonio que tiene un contenido más bajo de 240 no son tan graves como los asociados con un contenido más elevado. De este modo se requerirían secciones centrales más pequeñas para lograr el mismo efecto de radioactividad del sodio en un
- 10.- reactor que funcione sobre plutonio que tenga un contenido más bajo de 240.

- Las comparaciones detalladas de los datos de las tablas son difíciles, puesto que las distribuciones de la fisión no son siempre continuas a través del entorno interno-externo del núcleo. No obstante, el máximo de la media de densidades de energía del núcleo dan alguna indicación del grado de eficacia del "poder de distribución" que ha sido descompuesto en factores en los análisis. Además, los sistemas cerámicos y metálicos se supone que contienen productos de fisión en una media del 5% y 2,75% quemado, respectivamente, según cierto número de estudios recientes.
- 15.-
- 20.-

- En general, puede verse de estos resultados preliminares de las Tablas I, II y III que la actividad perjudicial en potencia de la reactividad del núcleo de sodio, puede ser notablemente modificada en una dirección favorable mediante la utilización del ciclo de uranio-233 - torio en una región relativamente pequeña cerca del centro del núcleo. El tamaño de la región dependerá del volumen del núcleo básico, de la geometría, composición y elevado contenido isotopo tanto en plutonio como en uranio fisible,
- 25.-
- 30.-



pero para un núcleo de 3.000 litros que tenga las características supuestas en el análisis mencionado, una zona central de 800 litros será suficiente para disponer de una reactividad del agente enfriador insignificante y de este modo asegurar el funcionamiento seguro del reactor.

5.-

Observese también de estas tablas que, aunque la disposición de una zona central de uranio-233 - torio-232 de acuerdo con el presente invento ocasiona un porcentaje más bajo de generación, la disminución es relativamente leve, por lo que con este proyecto se conservan las ventajas, casi en su totalidad, de un reactor de uranio-238 - plutonio.

10.-

Debe entenderse que la invención no se limita a los detalles que se dan en la presente descripción, sino que puede ser modificado dentro de su campo de aplicación y de las reivindicaciones que se acompañan.

15.-

N O T A

La Patente de Invención que se solicita para España, por veinte años, de acuerdo con la vigente legislación, deberá recaer sobre: "UN GRAN REACTOR NUCLEAR RAPIDO", con prioridad de la demanda de patente en U.S.A., Serial No. 519.163 de fecha 6 Enero 1.966, según las características esenciales de las siguientes:

20.-

R E I V I N D I C A C I O N E S

25.-

1ª.- Un gran reactor nuclear rápido, del tipo de refrigeración por sodio, caracterizado porque comprende un núcleo central de uranio-233 dispersado en torio-232, un núcleo externo de plutonio dispersado en uranio-238 rodeando a dicho núcleo interno y un bloqueo de uranio disipado que rodea a dicho núcleo exterior, funcionando el

30.-



reactor predominantemente en el ciclo de plutonio - uranio-238.

5.- 2ª.- Un gran reactor nuclear rápido, según la reivindicación 1, y caracterizado porque tiene un tamaño de núcleo de 3.000 litros, en el cual el núcleo interno es de un tamaño de 800 litros.

10.- 3ª.- Un gran reactor nuclear rápido, según anteriores reivindicaciones, y caracterizado porque comprende un núcleo que funciona primariamente en el ciclo de uranio-238 - plutonio, y comprendiendo también una disposición de elementos combustibles que contienen una sección central de uranio-233-torio-232 y unas secciones superior e inferior de plutonio - uranio-238 dispuestas en el centro del reactor por las cuales se obtiene un coeficiente nulo de sodio reducido.

15.-

4ª.- "UN GRAN REACTOR NUCLEAR RAPIDO".

Según queda substancialmente descrito en la presente memoria que consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara y dibujos.

Madrid, 13 de Septiembre de 1966

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION
P. P. FRANCISCO GARCIA CABREIRO
P. P.

Firmado: M.ª Dolores Jorquera



Fig - 1

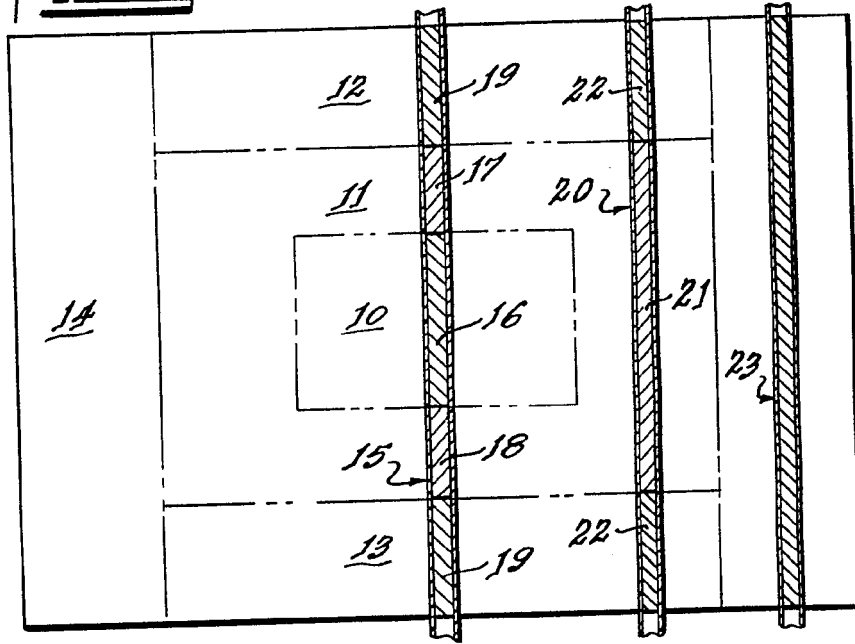
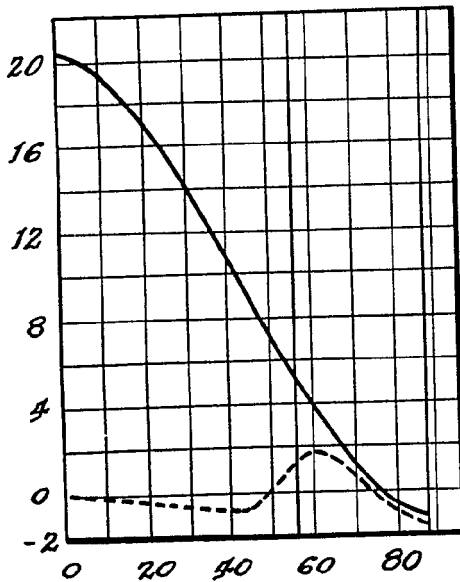
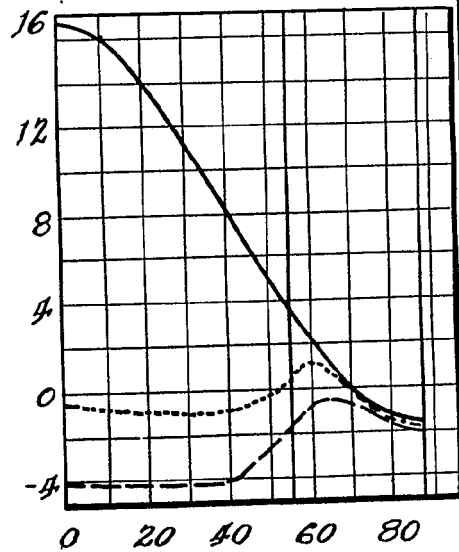


Fig - 2



Escala variable

Fig - 3



Madrid, 13 SEP. 1966

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION
P. P. FRANCISCO GARCIA CABRIZO