

443483

Int. Cl.: G21C

PATENTE DE INVENCION

por 20 años

A favor de THE BABCOCK & WILCOX COMPANY, razón social  
estadounidense, domiciliada en 161 East 42nd Street,  
NEW YORK, N.Y. 10017 (U.S.A.). - - - - -  
Por: "SISTEMA DE REACTOR NUCLEAR". - - - - -

MEMORIA DESCRIPTIVA

5 Esta invención se refiere a los sistemas de  
reactor nuclear y más especialmente a los sistemas en  
los cuales el núcleo del reactor nuclear y los generadores  
de vapor correspondientes están alojados dentro del mismo  
recipiente de presión, y a los similares.

Los reactores nucleares producen energía por  
medio del proceso de fisión, en el cual los materiales  
fisionables no sólo absorben a los neutrones y se dividen

en núcleos de otros elementos, sino que producen también otros neutrones y generan energía en forma de calor. Generalmente, los materiales fisionables, de los cuales es típico el isótopo  $U^{235}$  del uranio, están concentrados en un "núcleo" de reactor dentro de un recipiente de presión resistente. Se impulsa agua a presión por el núcleo al objeto de eliminar el calor producido como resultado del proceso de fisión. Esta agua a presión - o refrigerante primario - sale entonces del recipiente de presión y entra en uno o más intercambiadores de calor. Dentro de estos intercambiadores de calor, el refrigerante primario presurizado generalmente pasa desde una cámara de entrada o "colector" por un haz de tubos a un colector de salida antes de que regrese la circulación al recipiente de presión y núcleo del reactor.

El calor se transfiere desde el refrigerante primario presurizado que sale de los tubos, por medio de las paredes del tubo a un refrigerante secundario que se introduce en el lado del "cuerpo" del intercambiador de calor. En la instalación o central de energía nuclear convencional, se emplea el agua para este refrigerante secundario y se deja que pase a vapor supercalentado en el intercambiador de calor. Entonces el vapor supercalentado pasa desde el intercambiador de calor a las turbinas en las cuales se genera la corriente eléctrica. Esta utilización de un refrigerante secundario tiene toda una serie de importantes ventajas, de las cuales quizás la más significativa sea la barrera que proporciona contra los contaminantes radioactivos que pasan al refrigerante primario.

Sin embargo, en otras muchas aplicaciones,

no resulta conveniente la separación física entre el intercambiador de calor y el recipiente de presión del reactor. Típicamente, el empleo de recipientes separados para el núcleo del reactor y el intercambiador de calor produce ocasionalmente dificultades de transporte de los elementos al punto de montaje y a complicaciones en el montaje en la misma obra. Además, si el sistema del reactor se ha concebido para un determinado propósito en el cual las limitaciones de volumen y masa son inflexibles y críticas - por ejemplo, en una instalación de propulsión naval de un buque - la utilización relativamente profusa de espacio que estos recipientes separados imponen es enteramente inaceptable y poco eficiente.

Para tener un sistema de vapor nuclear más compacto, se han hecho intentos para fabricar un recipiente de presión algo más grande que alojara y sostuviera no sólo el núcleo del reactor sino también el intercambiador de calor. Estos proyectos recomiendan generalmente la colocación del núcleo del reactor en un punto central dentro del recipiente de presión al objeto de formar un anillo o corona cilíndrica hueca entre la pared interior del recipiente de presión y la superficie exterior del núcleo. El intercambiador de calor se introduce en este anillo o corona, bien como una estructura cilíndrica hueca de colectores y tubos de conexión o como una agrupación cilíndrica hueca de colectores y tubos de conexión o como una agrupación cilíndrica hueca de módulos, teniendo cada módulo los tubos y colectores respectivos. Los intercambiadores

de calor propuestos, sean grupos anulares y modulares, están concebidos para contener el refrigerante secundario en el lado del tubo y para generar vapor dentro de los tubos, mientras que el agua a presión se confina al lado  
5 del cuerpo del intercambiador de calor.

Aun cuando la economía prevista de volumen ocupado por estos sistemas de reactor compactos sería importante, los proyectos presentan no obstante toda una serie de dificultades prácticas. Concretamente, los  
10 tubos o inyectores dentro del recipiente de presión del reactor que se necesitan para llevar el refrigerante secundario dentro y fuera de los módulos del intercambiador de calor son complicados y ocupan un gran volumen dentro del recipiente de presión. El haz de tubos dentro  
15 de los módulos puede estar también sujeto a vibraciones inducidas por la circulación dado que el vapor se genera dentro de los tubos. Por añadidura además existen otros efectos que pudieran tener posiblemente una naturaleza perturbadora. En este aspecto, el mantenimiento de los  
20 inyectores del agua de alimentación, la obstrucción de tubos, la estructura de sostén del generador de vapor, los instrumentos, la vigilancia y la inspección durante su servicio son puntos todos donde las dificultades son previsibles.

25 En consecuencia, existe la necesidad de un sistema de reactor nuclear que resuelva o como mínimo atenue estos problemas.

Estas y otras dificultades que han caracterizado la práctica anterior se han resuelto, en gran medida,  
30 por medio de la realización de esta invención. Más especialmente, una realización de la invención comprende

un núcleo del reactor dispuesto dentro de un recipiente de presión para establecer un espacio cilíndrico generalmente hueco entre la superficie exterior del núcleo y la pared interior del recipiente de presión. Dentro de este espacio se colocan uno o más intercambiadores de calor. Sin embargo, de acuerdo con la invención, el refrigerante primario que se impulsa desde el núcleo del reactor pasa directamente al lado del tubo del intercambiador de calor. Se produce vapor desde el refrigerante secundario en el lado del cuerpo del intercambiador de calor y sale del mismo y del recipiente de presión hacia las turbinas y similares.

Esta configuración específica, en la que la ebullición acontece en el lado del cuerpo de un generador de vapor montado dentro de un recipiente de presión, obliga al empleo de un cuerpo a prueba de presiones dentro del recipiente de presión al objeto de resistir la presión del vapor que se produce en el refrigerante secundario.

Esta configuración poco corriente de un recipiente de presión dentro de un recipiente de presión que ilustra una de las características sobresalientes de la invención proporciona toda una serie de importantes ventajas. Por ejemplo, el refrigerante primario, sale directamente desde la bomba de circulación hacia los tubos del intercambiador de calor y desde estos últimos pasa al núcleo del reactor. No hay necesidad alguna de los colectores de entrada y salida convencionales generalmente asociados a los intercambiadores de calor del reactor. La invención, además,

resuelve la necesidad de inyectores de entrada y salida  
de refrigerante secundario complicados y voluminosos  
dentro del recipiente de presión. También sucede que  
las pérdidas de presión del refrigerante primario se  
5 reducen y se simplifican el montaje y los soportes para  
el generador de vapor modular dentro del recipiente  
de presión. También se consigue una economía importante  
en la altura del recipiente de presión gracias a la  
eliminación de estos tubos del refrigerante secundario.  
10 Como la ebullición secundaria acontece en el lado del  
cuerpo del intercambiador de calor, se elimina un origen  
importante de vibraciones del tubo.

Las diversas características de novedad que  
caracterizan a la invención se señalan con detalle en  
15 las reivindicaciones anexas y que forman parte de esta  
memoria. Para comprender mejor la invención, sus  
ventajas de funcionamiento y los objetos concretos que  
se persiguen con su empleo, debe acudirse al dibujo y  
descripción que se acompañan en los cuales se ilustra  
20 y describe una realización preferente de la invención.

La única figura del dibujo es un alzado frontal  
de toda la sección de un sistema eléctrico de reactor  
nuclear que cubre los principios de la invención.

Como puede verse en el dibujo, se dispone  
25 centralmente un núcleo de reactor nuclear -10- dentro  
de la mitad inferior de un recipiente de presión  
generalmente cilíndrico -11-. El núcleo -10- está  
sostenido dentro del recipiente de presión -11- por  
medio de un armazón -12- que tiene una placa de distri-  
30 bución de flujo -13- dispuesta transversalmente. Aun

cuando no se halla ilustrada en el dibujo, la placa  
-13- ha sido perforada para asegurar que el agua a  
presión u otro refrigerante primario en circulación  
hacia el núcleo del reactor en el sentido de la flecha

5 -14- se distribuya uniformemente por todo el núcleo  
del reactor -10-, y con ello se eviten "los puntos  
calientes" o el desarrollo de otras anomalías térmicas  
en el núcleo del reactor como consecuencia de la escasez  
de refrigerante primario.

10 El núcleo del reactor -10- está alojado dentro  
de un cuerpo de núcleo -15- generalmente cilíndrico, el  
cual en colaboración con la cara interior -16- del  
recipiente de presión -11- forma un paso cilíndrico hueco  
-17- para servir de conducto al flujo de refrigerante  
15 primario en el sentido indicado por medio de la flecha  
-14-. Se coloca una funda cilíndrica -20- dispuesta  
verticalmente encima y generalmente centrada vertical-  
mente con el cuerpo -15- del núcleo para formar un  
recinto impelente superior que canaliza el agua a presión  
20 caliente que sale del núcleo del reactor en el sentido  
de la flecha -21-, para tener un conducto en las varillas  
de control que regulan el funcionamiento del reactor  
y para facilitar la retirada y la sustitución de los  
elementos de combustible que se comprenden en el núcleo  
25 -10- del reactor. En el dibujo se representa así pues,  
una estructura de tubo -22- de accionamiento de la varilla  
de control ilustrativa.

Se hace pasar agua a presión caliente desde  
el núcleo -10- del reactor por el recinto impelente  
30 superior y hacia la cavidad hemisférica -23- que se

forma por la tapa -24- del recipiente de presión. La  
tapa -24- se une a la parte superior abierta del  
recipiente de presión -11- por medio de una platina  
-25- con pernos. También se han provisto los pasos  
5 -26- formados en la tapa -24- para recibir la estructura  
de la varilla de control y una o más bombas de circula-  
ción -27- del refrigerante primario.

Como puede verse en el dibujo, la bomba -27-  
tiene un motor -30- que se acopla por medio de un eje  
10 dentro de un alojamiento de eje -31- a un rodete -32-.  
El alojamiento -31- del eje de la bomba se aloja en  
el paso -26- de la tapa y está centrado generalmente con  
un alojamiento cilíndrico vertical -33- del rodete. Como  
mínimo se forma una abertura de entrada -34- en la  
15 superficie cilíndrica del alojamiento del rodete para  
permitir al agua a presión del recipiente -11- que  
circula en el sentido de la flecha -21- que pase al  
lado de entrada del rodete -32-. La superficie cilíndrica  
interior del alojamiento -33- del rodete generalmente  
20 es coincidente con los bordes extremos del rodete.

El rodete -32- impulsa el agua a presión en  
sentido vertical descentente por un dispositivo vertical  
de aletas de circulación -35- hacia un tubo de  
impulsión -36-. La parte más baja del conducto de  
25 impulsión -36- termina en la superficie horizontal  
superior de una platina anular -37-. Dentro de la  
platina -37-, se forma una abertura vertical -40-  
que generalmente está centrada con el tubo de impulsión  
-36- de la bomba. En este aspecto además conviene observar  
30 que la platina anular -37- generalmente es coincidente

con las dimensiones horizontales o transversales del conducto -17- que se forma entre el cuerpo -15- del núcleo y la cara interior -16- del recipiente de presión -11-.

5 El agua a presión que circula desde la bomba de circulación pasa en sentido verticalmente descendente a una cámara -41- que se forma entre la platina anular -37- y una plancha anular -42- para tubos dispuesta transversalmente que se coloca debajo de la platina  
10 -37-. Como puede verse en el dibujo, la plancha -42- está construida de acero grueso al objeto de alojar los extremos superiores de un dispositivo de tubos -43- de intercambiador de calor dispuestos verticalmente así como la presión del vapor que debe generarse dentro del intercam-  
15 biador de calor -44- del cual la plancha para tubos es una parte. Esencialmente, la estructura del intercambiador de calor -44- forma un recipiente de presión dentro de un recipiente de presión -11-. El resto del intercambiador de calor está compuesto de un cuerpo cilíndrico -45-  
20 de acero grueso, vertical y hueco que está separado radialmente hacia fuera de la funda -20- que canaliza el refrigerante primario hacia la bomba -27-. El cuerpo está provisto de una tapa vertical a prueba de presión para el intercambiador de calor -44-, y que forma un  
25 cierre hermético entre la periferia circular interior de la plancha -42- y una periferia circular interior -46- de una plancha inferior anular -47-. Esencialmente la plancha para tubos -47- es idéntica en forma y grueso a la plancha para tubos -42-.

Las periferias circulares dispuestas radialmente hacia fuera de las planchas -42-, -47- están soldadas o de alguna otra forma adecuadamente sujetas a la cara interior -16- del recipiente de presión -11- al objeto de formar un cierre a prueba de presión y hermético para el refrigerante secundario dentro del intercambiador de calor -44-. Una placa de distribución de circulación o deflector -50- dispuesta verticalmente se sujeta dentro del intercambiador de calor -44-. El deflector -50- está unido a la superficie interior y superior de la plancha para tubos inferior -47-, un poco separada interiormente de la cara interna -16- del recipiente de presión -11-. El deflector no es extensivo con la dimensión vertical del intercambiador de calor -44-, pero termina a poca distancia debajo de la superficie transversal inferior de la plancha para tubos -42- al objeto de establecer el hueco -51- entre el canto superior del deflector -50- y la superficie inferior de la plancha tubular -42-. La separación entre el deflector -50- y la cara interna -16- del recipiente de presión -11- se distribuye por medio de un cordón de soldadura o tira -52- en una sección de impulsión de vapor superior -53- y una sección de entrada de agua de alimentación inferior -54-. La parte baja del deflector -50- está provista de perforaciones adecuadas o de otros conductos (no ilustrados en el dibujo) para permitir al agua de alimentación entrante del refrigerante secundario entrar en contacto con la batería de tubos del intercambiador de calor -44- y por tanto absorber el calor del agua a presión que circula dentro de los tubos -43-. Este refrigerante secundario

calentado en el intercambiador de calor -44- se convierte en vapor a presión y pasa por el hueco -51- a la sección de impulsión de vapor -53-.

A través de la pared del recipiente de presión -11- sobresale un inyector de impulsión de vapor al objeto de establecer una comunicación líquida entre el vapor que se acumula en la sección de impulsión -53- y el equipo de generación eléctrica que se halla al exterior del recipiente de presión -11-. Típicamente, el inyector de impulsión -55- tiene un tubo -56- dispuesto centralmente que se aloja en un accesorio -57- generalmente truncado cónicamente que facilita la transición entre el tubo de impulsión de vapor -56- y la pared del recipiente de presión -11-. En el accesorio -57- se forma un anillo o corona entrante -60- entre la parte terminal del tubo de vapor -56- y la base del accesorio -57- generalmente cónico que forma una parte de la pared del recipiente de presión en la proximidad del tubo de vapor -57-.

Un inyector -61- de entrada del agua de alimentación del refrigerante secundario penetra en la pared del recipiente de presión -11- casi debajo, aunque no necesariamente centrado verticalmente con el inyector de impulsión de vapor -55-. Esencialmente el inyector del agua de alimentación -61- tiene la misma estructura física que el inyector de impulsión de vapor, aun cuando sea de un tamaño algo menor porque el volumen del agua de alimentación entrante es sustancialmente menor que el volumen correspondiente del vapor saliente.

Al trabajar, el rodete -32- de la bomba de circulación -27- del refrigerante primario aspira agua

del refrigerante primario caliente por la abertura de  
entrada -34- de la bomba y empuja a esta agua por la  
abertura vertical -40- de la platina anular -37- hacia  
la cámara -41-. Luego, el refrigerante primario caliente en  
5 la cámara -41- pasa por los tubos -43- del intercambiador  
de calor -44-. El refrigerante primario calentado  
transfiere parte de su calor a un refrigerante secundario  
que se halla en el lado del "cuerpo" del intercambiador  
de calor -44-. El refrigerante secundario es admitido  
10 al intercambiador de calor -44- por medio del inyector  
de entrada -61- del agua de alimentación que permite que  
el refrigerante secundario líquido entrante sea impulsado  
contra la parte baja del deflector -50- antes de circular  
alrededor de la parte inferior de los tubos -43-.

15 El calor absorbido por el refrigerante secundario  
en el intercambiador de calor desde el refrigerante  
primario dentro de los tubos -43- permite al refrigerante  
secundario convertirse en vapor supercalentado que pasa  
desde el lado del "cuerpo" de la batería de tubos, por el  
20 hueco -51- entre el canto superior del deflector -50- y  
la superficie inferior de la plancha superior -42- hacia  
la sección de impulsión de vapor -53- y luego sale del  
intercambiador de calor -44- por medio del inyector de  
impulsión de vapor -55- a las turbinas u otra maquinaria  
25 generadora eléctrica (no ilustrada) dentro de la insta-  
lación.

El refrigerante primario, después de haber  
transferido la mayor parte de su calor al refrigerante  
secundario dentro del intercambiador -44-, sale de los  
30 tubos -43- que están sujetos a la plancha inferior -47-

y hacia el conducto -17-. El refrigerante primario enfriado invierte su sentido de circulación en un ángulo de unos  $180^{\circ}$ , como se indica por medio de la flecha -14-, para discurrir en sentido ascendente por la placa de distribución de circulación -13- y hacia el núcleo del reactor nuclear -10-.

Dentro del núcleo -10-, el refrigerante primario se calienta una vez más y sale ascendentemente del núcleo -10- en el sentido indicado por la flecha -21- al objeto de llegar a la cavidad hemisférica -23-. El refrigerante primario caliente en la cavidad -23- es admitido a la bomba -27- para ser nuevamente recirculado a través del sistema del reactor en la forma descrita anteriormente.

Naturalmente, existen otras provisiones para admitir más refrigerante primario en este circuito para compensar las pérdidas así como los medios para mantener este refrigerante primario bajo presión en estado líquido y para verificar la concentración de los contaminantes químico y de radiación dentro del agua del refrigerante primario. Aun cuando se haya descrito al intercambiador de calor -44- como un solo grupo cilíndrico hueco, el intercambiador de calor podría estar dispuesto por ejemplo en forma de un dispositivo de módulos individuales, teniendo cada uno un inyector de entrada de agua de alimentación y un inyector de impulsión de vapor respectivos dentro del ámbito de la invención. Por añadidura a este respecto además puede utilizarse una serie de bombas para hacer circular el refrigerante primario por el sistema, en contraposición a la bomba -27-

que se describe en relación con la realización específica de la invención que se ha descrito en esta memoria.

La invención, dentro de su esencialidad, puede ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difieran sólo en detalle de la indicada únicamente a título de ejemplo, a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba. Podrá, pues, realizarse este sistema con los medios componentes y accesorios más adecuados, por quedar todo ello comprendido en el espíritu de las siguientes reivindicaciones.

A todos los efectos pertinentes se hace constar con la presente solicitud de patente de invención que se invoca la prioridad del 31 de Marzo 1.975 correspondiente a la patente U.S.A. 563.556.

N O T A

Se reivindica como objeto de la presente patente de invención:

1.- Sistema de reactor nuclear que comprende, un recipiente de presión generalmente cilíndrico, un núcleo de reactor nuclear dispuesto centralmente dentro de dicho recipiente de presión para establecer un espacio anular entre dicho recipiente de presión y dicho núcleo de reactor, un recipiente de presión intercambiador de calor montado en dicho espacio anular para generar vapor dentro del mismo, una serie de tubos dentro de dicho recipiente de presión intercambiador de calor, teniendo cada uno de dichos tubos un conducto interior que se halla en comunicación líquida con dicho espacio

anular, un inyector de entrada del agua de alimentación que penetra dicho recipiente de presión generalmente cilíndrico para establecer comunicación líquida con el volumen establecido entre dicho recipiente de presión intercambiador de calor y las superficies exteriores de dichos tubos, y un inyector de impulsión de vapor en comunicación líquida con dicho volumen establecido para permitir al vapor que salga de dicho recipiente de presión intercambiador de calor.

2.- Sistema de reactor nuclear según la reivindicación 1 que comprende además medios de bomba en comunicación con dicho espacio anular y dichos pasos de tubo interior para la circulación del líquido a través de los mismos.

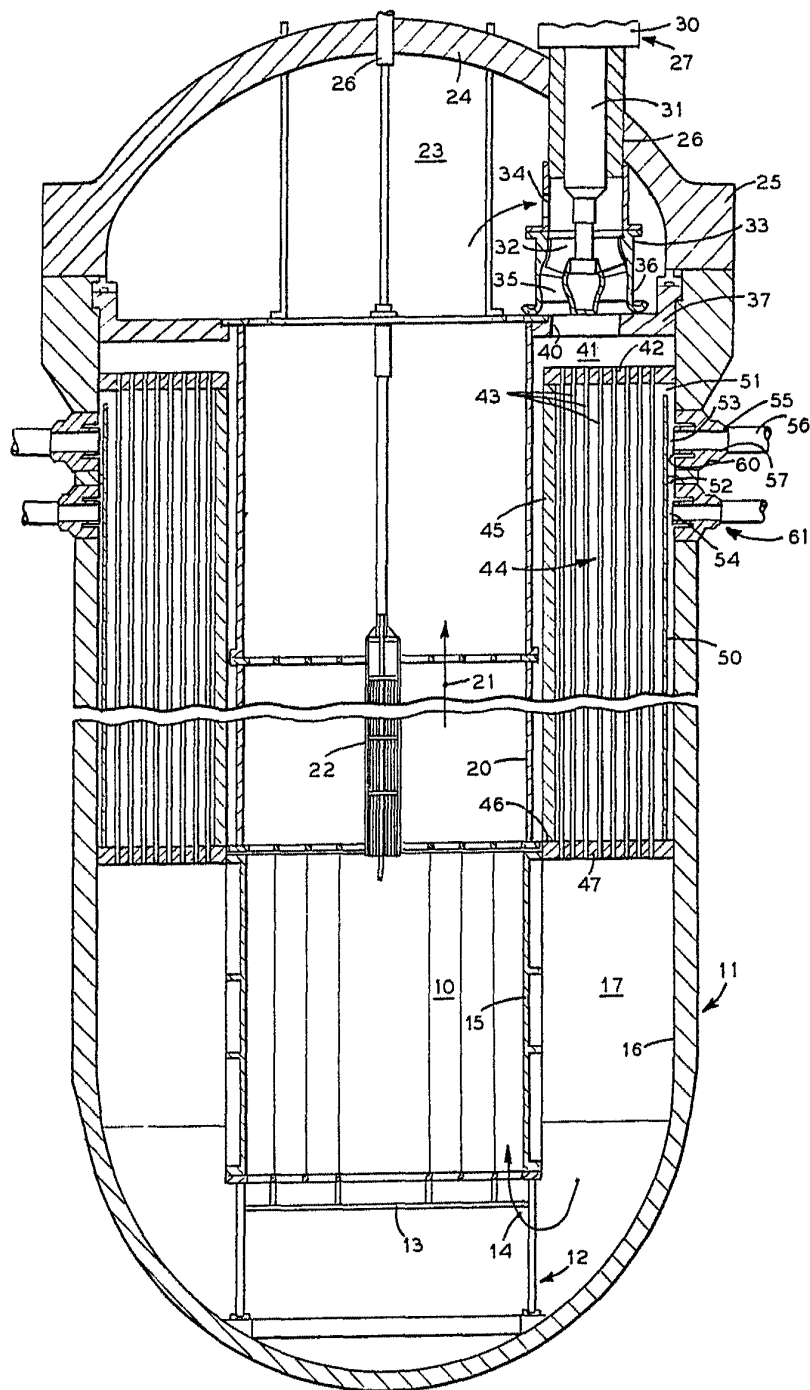
3.- "SISTEMA DE REACTOR NUCLEAR".  
Consta la presente memoria descriptiva de quince hojas mecanografiadas, y de una lámina de dibujos.

Madrid, a 13 DIC 1975

THE BABCOCK & WILCOX COMPANY  
p.a.

MANUEL DE RAFAEL

*[Handwritten signature]*



Madrid, 13 Dicbre. 1975

*W. Wilcox*