



Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

ES	11	NUMERO	A 1
	21	481.818	
	22	FECHA DE PRESENTACION	
		22-6-79	

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
	31	NUMERO			
		EN 78 18822	23 de Junio 1.979		Francia

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA DIVISIONARIA
			G 21 C 15/24, G 21 C 13/02		

64 TITULO DE LA INVENCION

PERFECCIONAMIENTOS EN CALDERAS NUCLEARES DE METAL LIQUIDO CALO PORTADOR.

71 SOLICITANTE (S)

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

31/33, rue de la Fédération, 75015 PARIS (Francia).

72 INVENTOR (ES)

Marcel ROBIN, Ing.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO

La presente invención se refiere a unos perfeccionamientos en calderas nucleares de metal líquido caloportador.

De un modo más preciso, la presente invención se refiere a una caldera nuclear de un tipo intermedio entre el sistema clásico de bucles de enfriamiento y el sistema denominado integrado.

Se sabe que los reactores nucleares refrigerados por un metal líquido, en particular por sodio líquido, ó por una mezcla de sodio y de potasio, pertenecen a dos grandes tipos de reactores. De una parte, se encuentran los reactores de bucles tales como Enrico Fermi en los Estados Unidos y BN 350 en la U.R.S.S., y, por otra se encuentran los reactores denominados integrados, tales como EBR2 en los Estados Unidos, PFR en Gran Bretaña y Phénix en Francia. El segundo tipo de reactores se refiere a los reactores en los que el circuito primario de enfriamiento del metal líquido está totalmente comprendido en la cuba de la caldera nuclear. Más precisamente, esto significa que la protección neutrónica del núcleo, las bombas primarias y los intercambiadores primarios están implantados en la propia cuba. En el estado actual de la técnica, dicha solución implica un doble circuito de enfriamiento para cada bucle de intercambio, asociándose el intercambiador primario denominado intermediario a un intercambiador secundario ó generador de vapor que realiza el intercambio térmico entre el sodio secundario y el agua ó el vapor que sirve para accionar las turbinas. Además, el reactor comprende una cuba externa denominada "principal" y una cuba interna denominada "primaria". Esta cuba interna que contiene efectivamente el núcleo del reactor sirve esencialmente para separar el metal líquido "caliente" que sale del núcleo del reactor del metal líquido "frío" que sale de los intercambiadores y reintro

ducido a la entrada del núcleo por las bombas primarias. A título de ejemplo, se puede citar el reactor francés Phénix.

5 En el primer tipo de reactores de metal líquido caloportador, es decir los reactores de bucles, las protecciones neutrónicas del núcleo, los intercambiadores intermediarios y las bombas primarias están al exterior de la cuba interna del reactor que contiene por su parte el núcleo del reactor.

10 Una variante del reactor de bucles ha sido objeto de las patentes británicas números 985.463 y 985.464. En este caso la cuba principal solo contiene el núcleo del reactor; las protecciones neutrónicas (bloques de grafito) son exteriores a esta cuba y los intercambiadores intermediarios y la bomba primaria (y no el bloque intercambiador-bomba generadora de vapor), se alojan en una cuba auxiliar acoplada a la cuba principal por
15 un conducto con tubo coaxial. Tuberías de poco diámetro unen el orificio de impulsión de la bomba al sistema de placas ó de rejillas de soporte pasando por el espacio anular de los tubos coaxiales. Ningún depósito de almacenamiento de sodio y de argón - está previsto y es evidente que salvo que se aumente considerablemente las dimensiones de los depósitos auxiliares, la reserva de caloportador frío es netamente menor que para un reactor semi-integrado cuya inercia térmica es muy superior. La forma de soportado de la cuba principal y de las cubas auxiliares es igualmente diferente y más tradicional, puesto que estas capacidades se suspende a la loseta general de protección biológica.
20

25 La invención se refiere más en particular a este primer tipo de reactor de metal líquido caloportador, pero en el que el circuito secundario de metal líquido es suprimido, es decir reactores en los que el intercambio térmico es efectuado directamente entre el metal líquido que ha atravesado el núcleo y
30

el agua en forma líquida y después vapor.

La organización general de dicho circuito de enfriamiento ya se ha descrito en la solicitud de patente francesa - nº 77 03192 depositada el 4 de Febrero de 1.977 a nombre de la entidad solicitante por "Bloque bomba-intercambiador". Esta solici-
5 citud describe en particular un bloque intercambiador-bomba que permite el intercambio térmico directo entre el metal líquido - primario y el agua.

Preferentemente, aún, la invención se refiere a reacto-
10 res denominados semi-integrados en los que se encuentra, en el interior de la cuba principal, una cuba primaria que sirve por una parte para soportar el núcleo del reactor y los materiales absorbedores neutrónicos necesarios para asegurar la protección del metal líquido en la cuba principal del bloque intercambia-
15 dor-bomba y de los conductos de unión frente a la radiación neutrónica del núcleo, y, por otra, para aislar el metal líquido caliente que sale del núcleo del reactor con respecto al metal líquido frío que entra en la cuba principal.

De un modo general, la presente invención se refiere a
20 un reactor del tipo de bucles ó preferentemente del tipo semi-integrado que permite realizar una gran compacidad de la caldera nuclear, es decir del conjunto de la instalación hasta la salida del vapor.

Un objeto principal de la invención que se refiere a
25 este tipo de reactores que no comprenden circuito secundario de metal líquido, es asegurar la seguridad del reactor frente a incidentes que puedan producirse, y en particular frente a problemas eventuales de reacción entre el metal líquido, (sodio por ejemplo) y el agua en el intercambiador de calor entre estos dos
30 líquidos.

Más precisamente, la invención tiene por objeto una caldera nuclear que comprende:

5 - una cuba que contiene el núcleo del reactor, las protecciones neutrónicas y sus dispositivos asociados y el metal líquido de enfriamiento, y una cobertura de gas inerte, colocándose la cuba en una envolvente de seguridad;

- al menos un intercambiador de calor exterior a la cuba para realizar un intercambio térmico entre el metal líquido y el agua en fase líquida y después vapor;

10 - medios de unión para poner en comunicación en un sentido y en el otro la cuba y él ó los intercambiadores de calor;

- un depósito de almacenamiento principal, unido a la cuba apto para recibir el metal líquido y el gas inerte;

15 - el depósito de almacenamiento principal que está provisto de un conjunto de conductos que consisten al menos en:

- un primer conducto de rebosadero que pone en comunicación la parte superior de la cuba con el fondo del depósito, al menos un segundo conducto de equilibrado de presión que pone en comunicación la parte superior de la cuba con la parte superior del depósito principal de almacenamiento, estando provistos los conductos de válvulas de tal modo que en funcionamiento normal, el depósito principal esté en unión con la cuba por los primero y segundos conductos;

20 - un recinto constituido de celdas de atmósfera controlada que contienen los elementos de la caldera y que aseguran por una parte la protección biológica del personal de explotación y por otra la protección contra los ataques eventuales procedentes del exterior.

30 Durante el funcionamiento, en virtud de que el depósito de almacenamiento está en comunicación permanente con la cuba

tanto en lo que concierne al metal líquido como al gas inerte, se consigue así el equivalente de un depósito de expansión que permite mantener una presión sensiblemente constante de la cobertura gaseosa para los diferentes regímenes de funcionamiento del reactor.

Según una forma preferida de realización, el conjunto de conductos comprende además un tercer conducto para el llenado de metal líquido del depósito principal, desembocando este conducto por una parte al exterior del recinto y por otra en el depósito principal, poniendo en comunicación un cuarto conducto de llenado de gas inerte a un depósito anexo de almacenamiento de gas inerte con el depósito principal, y poniendo en comunicación un quinto conducto el interior del depósito con la cuba, estando provisto este conducto de medios de puesta en circulación del metal líquido.

Es fácil de comprender que el depósito de almacenamiento permita el llenado inicial de la cuba del reactor de metal líquido y la realización de la cobertura gaseosa en la cuba del reactor.

Según otra característica importante de la caldera nuclear, objeto de la invención, el intercambiador de calor ó cada intercambiador de calor comprende una envolvente externa por la que circula el metal líquido, estando provista la envolvente de una envoltura de seguridad y, un conducto de descarga apto para comunicar con el interior de la envolvente principal por un órgano de obturación apto para abrirse bruscamente en el caso de que surja una sobrepresión anormal en la envolvente, desembocando el conducto de descarga en la parte superior del depósito de almacenamiento principal, y los medios de puesta en comunicación en el sentido intercambiador-cuba están provistos de un órgano

de cierre apto para cerrarse en el caso de un descenso nominal del nivel de metal líquido en la envolvente consecutivo a la -
apertura brusca de los órganos de obturación que controlan igual-
mente la caída de las barras de seguridad y la parada de la bom-
5 ba asociada al intercambiador defectuoso. Una sobrepresión en la
envolvente externa del intercambiador se produciría en particu-
lar en el caso de una reacción sodio-agua violenta en el inter-
cambiador de calor. Además, según la invención, la ruptura del -
órgano de obturación gobierna la interrupción de la unión entre
10 el intercambiador de calor y la cuba del reactor en el sentido
correspondiente a la entrada del metal líquido en la cuba. Así
pués, el hidrógeno producido por la reacción sodio-agua es direc-
tamente arrastrado en el depósito de almacenamiento y, más preci-
samente, en su parte contentiva del argón. Se comprende así que
15 no exista riesgo alguno de que el hidrógeno sea arrastrado en el
metal líquido (sodio) y atravesase el núcleo del reactor.

Según otra característica de la caldera nuclear objeto
de la invención, se encuentra al menos un intercambiador de ca-
lor denominado residual en el interior de la cuba del reactor.
20 Este intercambiador tiene como finalidad mantener un enfriamiento
del sodio incluso en caso de parada de la totalidad de las bombas
que sirven para la puesta en circulación del metal líquido de -
enfriamiento.

Se comprende de inmediato el interés de dicha caldera
25 nuclear de neutrones rápidos refrigerados por metal líquido en -
cuanto a las ventajas que presenta y que están ligadas a un aumen-
to muy sensible de la capacidad de las instalaciones igualmente
con respecto a un reactor integrado en el que la cuba presenta -
un volumen muy importante y necesita por tanto en particular can-
30 tidades de metal líquido (por ejemplo sodio líquido) sustanciales

con respecto a reactores nucleares de neutrones rápidos del tipo de bucles. En este segundo tipo de reactores, la extensibilidad de las instalaciones impone tener un recinto hormigonado de gran volúmen.

5 Es preciso igualmente señalar que una parte de la compacidad obtenida merced a la caldera nuclear de la invención está ligada al hecho de que se utilice un intercambiador de calor directo entre el sodio metal líquido primario, es decir susceptible de activarse, y el agua ó el vapor utilizado en las turbinas.

10 En la solicitud de patente ya mencionada, que se refiere a los bloques bomba-intercambiadores de calor de doble pared, se ha mostrado que la probabilidad de penetración del agua en el sodio primario activo en estos intercambiadores es casi despreciable, habida cuenta de la existencia de tubos de doble pared. Se 15 recuerda que esta probabilidad es del orden de 10^{-7} ó 10^{-5} según las hipótesis sostenidas. Se comprende incluso que si no se desea despreciar esta probabilidad aunque pequeña y si, además, - se desea tener en cuenta los accidentes, tales como seismos, susceptibles de ocasionar una reacción violenta entre el agua y el 20 sodio con producción de hidrógeno, las disposiciones particulares que son tomadas permiten liberarse de estas dificultades en virtud de que desde el momento mismo de la aparición de una sobrepresión en el intercambiador de calor, el hidrógeno producido es 25 evacuado en el depósito de almacenamiento principal impidiendo prácticamente la introducción de este hidrógeno en el circuito primario, y en particular impidiendo atravesar a este hidrógeno el núcleo, lo que sin embargo no tendría efectos inaceptables - como lo ha demostrado un cálculo neutrónico. En otras palabras, 30 permitiendo a la vez el aumento de la compacidad de la caldera -

nuclear de neutrones rápidos con respecto a los reactores de bucles ó integrados, se mantiene el mismo nivel de seguridad - merced a las disposiciones particulares de la invención.

5 De cualquier modo, la invención será mejor comprendida con el transcurso de la descripción que sigue de una forma de realización de la caldera nuclear objeto de la invención, dada a título de ejemplo no limitativo. La descripción se refiere a las figuras anexas en las que:

10 La figura 1 es una vista general esquemática del conjunto de la caldera nuclear mostrando las diferentes partes y - las diferentes conexiones relativas a la circulación del metal líquido y a la circulación del gas inerte.

15 Las figuras 2 y 3 son secciones vertical y horizontal de un ejemplo concreto de realización de la caldera nuclear que ilustra en particular la compacidad notable de esta instalación.

La figura 4 es una vista más detallada de la cuba de la caldera nuclear que muestra en particular la implantación de un intercambiador de calor residual.

20 En la descripción que sigue, se hará referencia a un reactor nuclear de neutrones rápidos refrigerado por un metal líquido del tipo semi-integrado. Sin embargo, es preciso entender que el conjunto de las características que se describirán podría aplicarse igualmente a un reactor nuclear de tipo de bucles.

25 Con referencia a la figura 1, se vé que la caldera nuclear comprende en esencia una cuba que lleva la referencia general 2, un bloque bomba-intercambiador de calor 4 entre el metal líquido que circula en la cuba y el circuito de agua-vapor y un depósito de almacenamiento principal 5. Igualmente se encuentra un conjunto de conductos para el metal líquido y para el

30

gas inerte que lleva la referencia general 8.

Además se vé que el conjunto de estos elementos de la caldera nuclear está implantado en un recinto hormigonado que lleva la referencia general 10 y que está constituido de hecho por un cierto número de celdas aisladas entre sí. Este recinto asegura por una parte la protección biológica del personal de explotación y por otra la protección contra los ataques eventuales procedentes del exterior. Por ejemplo, se encuentra la celda 12 en la que se aloja la cuba 2 de la caldera nuclear y que está cerrada en su parte superior por una loseta 12a, una celda 14 en la que se aloja el bloque bomba-intercambiador de calor 4 (bien entendido, existe en el conjunto de la caldera tantas celdas 14 como intercambiadores 4); una celda 16 inferior en la que se aloja el depósito de almacenamiento principal 6, una celda 18 en la que se encuentra alojado en conjunto de los conductos 8 y por ejemplo una celda 19 en la que se aloja una cuba 21 para el almacenamiento de los montajes combustibles bajo metal líquido durante la descarga y la recarga del núcleo del reactor nuclear. Esta cuba de almacenamiento 21 al ser de tipo clásico no se describirá más en detalle ulteriormente.

En lo que sigue de la descripción, el metal líquido que sirve para el enfriamiento del núcleo y para la transmisión de la energía colorífica producida por las reacciones de fisión será considerado como que es sodio líquido. Vá sin decir que no se saldría del marco de la invención si el metal líquido utilizado estuviese constituido por otro cuerpo tal como por ejemplo una mezcla de sodio ó de potasio y una mezcla de sales metálicas fundidas.

En el ejemplo particular descrito, la cuba 2 está de hecho constituida por una cuba principal externa 20 que está so-

portada por elementos de soportado externos 22 que cooperan por su parte con macizos de soportado 24 solidarios de las paredes hormigonadas de la celda 12. Esta cuba principal 20 está obturada en su parte superior por una loseta de hormigón 26 que descansa de forma estanca sobre el reborde superior de la cuba principal 20. Además, la loseta superior 26 está provista de un sistema de estanquidad con la pared de hormigón 12a. En el interior de la cuba principal 20, se encuentra una cuba primaria 28 que está soportada por la cuba principal 20 por mediación de dispositivos periféricos de soportado 30 que cooperan con los elementos de soportado 32 fijados sobre la pared interna de la cuba principal 20. Es importante señalar que los elementos de soportado 22 y 30, 32 están dispuestos en un mismo plano de soportado XX'. La cuba primaria 28 está provista de un fondo 34 denominado en general sistema de rejillas ó de placas de soporte que soporta el núcleo 36 y las protecciones neutrónicas laterales 37 permitiendo a la vez la circulación del metal líquido a través del núcleo 36, cuyos ensamblajes fisiles están provistos de protecciones neutrónicas axiales. Las protecciones neutrónicas laterales están constituidas de ensamblajes amovibles de forma similar a la de los ensamblajes combustibles del núcleo, pero que contienen un material absorbedor de los neutrones (boro ó compuestos de boro) en lugar de la materia fisiles. Estos ensamblajes están colocados alrededor del núcleo y están posicionados en el sistema de soportado como ensamblajes fisiles. Los dispositivos de manipulación del combustible y del control mando del reactor que son de un tipo perfectamente conocido no han sido representados para simplificar la figura. Además, las paredes laterales de la cuba principal 20 y de la cuba primaria 32 definen entre sí un espacio anular 38 y los fondos un espacio

inferior 40. La circulación del sodio líquido entre la cuba 2 y cada uno de los intercambiadores de calor 4 es asegurada por mediación de un conducto de salida 42 que pone en comunicación la parte superior de la cuba primaria con la entrada del intercambiador de calor y por un conducto 44 que pone en comunicación la salida de la bomba integrada a este mismo intercambiador de calor con el espacio anular 38 previsto entre las dos cubas. - Se comprende de este modo que la circulación del sodio líquido se efectúe de la siguiente forma: atraviese el núcleo 36 calentándose y penetre así en la parte superior de la cuba interna. Este sodio caliente es tomado por el conducto 42 e introducido así en el intercambiador de calor 4. Sale refrigerado por el conducto 44 que reintroduce el sodio frío en el espacio anular 38, merced a la presencia de la bomba de circulación 46 que está asociada al intercambiador de calor 4. Los conductos 42 y 44 están provistos de válvulas de aislamiento 42a y 44a con dobles opérculos que permiten separar completamente un intercambiador 4 de la cuba 2 en caso de incidente en el intercambiador. Preferentemente, la bomba 46 está integrada en el intercambiador de calor. Es importante hacer notar que, con respecto a una caldera nuclear del tipo de bucles, el sodio frío es introducido en la cuba 2 en un espacio de gran volumen puesto que se trata del espacio constituido por el espacio anular 38 y el espacio entre los fondos 40. Se sabe por el contrario que en el caso de los reactores nucleares de bucles, este espacio está muy limitado puesto que el sodio frío debe inyectarse directamente en la base del núcleo por mediación de canalizaciones. Es fácil comprender que para la seguridad se disponga de un gran volumen de sodio frío que asegure una inercia térmica conveniente. Es preciso hacer notar además que, por razones de se-

guridad, la loseta superior 12a puede estar coronada de una cúpula 50 que constituye un segundo recinto de seguridad.

El depósito principal de almacenamiento 6 tiene la misma estructura que la cuba principal 20. El depósito 6 tiene una capacidad suficiente para poder contener la totalidad del sodio de las cubas principal y primaria por encima del nivel del núcleo 36, más el que normalmente está contenido en los bucles de extracción de calor, ó incluso una fracción suficiente del volumen de la cuba principal y de los circuitos de enfriamiento para permitir una inspección mediante cámara de la parte superior del núcleo del reactor. Es preciso hacer notar que este depósito puede estar efectivamente previsto puesto que, como consecuencia de las dimensiones menores de la cuba principal, el volumen necesario de sodio es reducido con respecto al volumen que se encuentra en un reactor integrado de potencia similar.

El depósito principal 6 de almacenamiento puede servir en primer lugar para el llenado inicial de la cuba del reactor de sodio. El depósito 6 se acopla a la canalización 50 que atraviesa la loseta superior 12a y sale por tanto al exterior del recinto hormigonado. Comprende las válvulas V_8 , V_{21} y V_{20} , teniendo la válvula V_{21} como finalidad evitar todo ascenso de sodio caliente por encima de la loseta 12a durante el funcionamiento. Igualmente se encuentra una canalización 62 que forma parte del circuito de purificación del sodio. Este conducto 62 comprende una válvula de parada V_{16} , un depósito de cebado de bomba 64, una bomba 66 y una trampa fría de tipo clásico 68. e Igualmente se encuentra un economizador 70 montado sobre las canalizaciones 72 y 74 que desembocan en la parte superior de la cuba primaria y que están provistas de las válvulas V_7 y V_6 .

Esta disposición elimina el riesgo de vaciado accidental del metal líquido de la cuba principal.

5 El llenado inicial de la cuba del reactor se realiza en cuatro etapas principales: llenado del depósito principal 6; purificación del sodio; llenado de la cuba; y complementación del llenado de sodio del depósito 6.

10 Durante la primera etapa, las válvulas V_{20} , V_{21} , V_8 , están abiertas y las válvulas V_4 , V_5 , V_6 y V_{12} están cerradas. El sodio a una temperatura del orden de 150°C se introduce en el depósito 6 por el conducto 60 hasta que alcanza un nivel máximo en este depósito. Para la segunda etapa (depuración del sodio), las válvulas V_1 , V_2 , V_4 , V_8 y V_{16} están abiertas mientras que las válvulas V_{21} , V_6 y V_7 están cerradas. El sodio es extraído por el conducto 76 bajo el efecto de la bomba electromagnética 66 que impulsa el sodio hacia la trampa fría 68. El sodio vuelve hacia el depósito 6 por el conducto 60. Un indicador 80 asociado a la válvula V_3 permite controlar la purificación del sodio. Cuando la pureza del sodio líquido es suficiente, se pasa al llenado de la cuba 2. Para ello, se cierra la válvula V_8 , lo que impide el retorno de sodio hacia el depósito 6. Se abren las válvulas V_5 y V_{22} , lo que pone en servicio el conducto 82 de llenado de la cuba. Cuando el nivel máximo es alcanzado, se abren igualmente las válvulas V_{10} y V_{15} para llenar los circuitos anexos de la instalación. En una cuarta etapa se completa el llenado del depósito 6 de sodio tras haber depurado éste.

25 Cuando la carga de sodio ha terminado, se abren las válvulas V_7 y V_6 del economizador 70 así como la válvula V_8 y se cierran las válvulas V_4 , V_{10} , V_{15} y después V_5 y V_{22} . Esta situación corresponde al funcionamiento normal del reactor. El

30

sistema de purificación funciona según su régimen usual. El sodio de la cuba 2 se vierte a modo de rebosadero por los conductos 74 y 60 en el depósito 6 atravesando el economizador 70. Después, la bomba dirige el sodio hacia la trampa fría 68 y después hacia el economizador y retorna a la cuba por el conducto 72. Es preciso hacer notar que los conductos 72 y 74 desembocan en la extremidad superior de la cuba primaria 28 a fin de evitar un fenómeno de sifonado del sodio en caso de ruptura de este circuito. Con el mismo fin, el conducto 82 comprende, entre las válvulas V_5 y V_{22} , una parte que se retira después del primer llenado de la cuba. Pueden colocarse tapones para evitar todo fallo eventual de estanquidad de las válvulas V_5 y V_{22} .

Como ya se ha indicado, en la cuba se encuentran por encima del nivel libre de sodio una cobertura de gas inerte realizada por ejemplo en argón. Este circuito de argón comprende en esencia el depósito secundario de almacenamiento de argón 86 que se acopla por el conducto 87 a la parte superior del depósito principal 6 y a la cuba 2 por el conducto 88.

El conducto 88 es de gran diámetro (por ejemplo 600 mm) y cuadruplicado de modo a asegurar, incluso dinámicamente un casi equilibrado de las presiones de argón entre la cuba 2 y el depósito 6. Esta disposición trata de limitar la sobrepresión en la cuba principal 2 en caso de fuga accidental de potencia en el núcleo. Igualmente permite limitar la presión de argón en la cuba principal durante el ascenso del reactor a su potencia nominal. El circuito de argón puede igualmente comprender un sistema de depuración. Fácilmente se comprende que el depósito 6 cumpla para el argón la misión de un depósito limitador de presión y para el sodio la misión de rebosadero.

Además, es preciso indicar que todas las celdas del re-

cinto hormigonado que amparan los diferentes órganos de la instalación son puestas bajo atmósfera de nitrógeno. Unas válvulas permiten interrumpir esta alimentación de nitrógeno y sustituir este nitrógeno por aire para permitir intervenciones sobre estos diferentes órganos, tras el vaciado del sodio.

Como ya se ha indicado, la caldera nuclear comprende igualmente circuitos que permiten asegurar la seguridad de la instalación misma en caso de reacción sodio-agua en los intercambiadores de calor, aunque dicha reacción tenga solo una probabilidad extremadamente pequeña.

Dicha reacción accidental trae consigo una sobrepresión en la envolvente externa 4a del intercambiador de calor - donde circula el sodio líquido. Preferentemente, la envolvente 4a está forrada mediante una envolvente de seguridad. Esta envolvente 4a comprende varias membranas de seguridad tales como 90 que se rompen al cabo de algunas decenas de milisegundos - tras el techo de presión resultante de la formación de hidrógeno. Esta ruptura ocasiona, por mediación del corte de un circuito eléctrico, la caída de las barras de seguridad del reactor (no representadas) y la parada de la bomba 46 asociada al intercambiador de calor defectuosos. La ruptura de la membrana de seguridad 90 pone en comunicación el interior de la envolvente 4a con el conducto de descarga 92 que desemboca en el depósito de almacenamiento principal 6, permitiendo una válvula no representada limitar la presión en el depósito 6 en caso de sobrepresión debida por ejemplo al funcionamiento del conducto de descarga 92. Los gases al escaparse del depósito 6 son recuperados en la celda 16 que está bajo gas inerte. Fácilmente se comprende - que el hidrógeno sea arrastrado directamente al depósito de almacenamiento 6. Además, el conducto de salida principal del sodio

frío 44 está provisto de una válvula anti-retorno 94. En caso de ruptura de las membranas de seguridad, la válvula anti-retorno 94 se cierra bajo el efecto de la presión de sodio en el colector 38 y detiene la circulación de sodio impidiendo al mismo tiempo la introducción de hidrógeno en el núcleo del reactor.

Además, para asegurar la seguridad en caso de pequeñas fugas de hidrógeno, se puede prever sobre el conducto 42 un detector de hidrógeno 96. Dicha detección de hidrógeno trae consigo la caída de las barras de seguridad, el vaciado del agua del intercambiador de calor y la parada de la bomba asociada.

Como ya se ha indicado, la cuba de la caldera nuclear comprende al menos un intercambiador de calor residual 100 que está representado más en detalle en la figura 4. Este intercambiador tiene como finalidad evacuar la potencia residual cuando los circuitos normales de extracción de calor no están disponibles.

Preferentemente, la instalación completa comprende cuatro intercambiadores 100 de potencia residual que están suspendidos a pequeños obturadores tales como 102 que atraviesan de forma estanca la loseta 26.

El intercambiador 100 comprende una envolvente externa 104 que se suspende directamente al obturador 102. Esta envolvente tiene una resistencia mecánica importante para proteger los órganos internos del intercambiador 100 en caso de fuga de potencia en la cuba. Este intercambiador es a buen seguro un intercambiador sodio-sodio. El sodio secundario entra por el conducto 106 y después en el espacio inferior 108 limitado por la placa de tubo 110 y atraviesa los tubos de intercambio 112

para salir por el conducto 114. El calor es extraído del sodio secundario por un intercambiador sodio-aire de tipo clásico, - simbolizado por la chimenea 116, la soplante 118 y los serpentines 120 que forman parte del circuito de sodio secundario. -
5 La envolvente 104 se prolonga en su parte inferior por un conducto constituido por una primera porción 122a solidaria de envolvente 104 y por una segunda porción 122b solidaria de la cuba primaria 28 y que desemboca cerca del sistema de soportado 34. La unión entre las dos porciones de conducto es asegurada
10 por una junta tórica 124 semi-estanca que constituye un elemento rotulante y que permite así compensar una cierta inclinación del conjunto del intercambiador 100, y desmontar éste haciéndole salir del orificio que lleva el obturador 102.

La envolvente externa 104 comprende tres series de orificios. Orificios de salida 130 dispuestos inmediatamente por encima del núcleo 36, primeros orificios de entrada 132 dispuestos a una altura que corresponde al nivel residual N_1 del sodio en la cuba primaria y segundos orificios de entrada 134 dispuestos a una altura que corresponde al nivel nominal N_2 del sodio en la cuba primaria. El conducto 122a, 122b está provisto de una
15 válvula anti-retorno 136 que está cerrada durante el funcionamiento de al menos un circuito de sodio principal.
20

Habida cuenta de esta disposición de los orificios - y del hecho de que la válvula 136 está normalmente cerrada, en
25 funcionamiento normal del reactor, un ligero caudal de sodio - primario circula permanentemente por la envolvente 104 en virtud de la diferencia de altura de los orificios de entrada y de salida.

Cuando los circuitos normales de enfriamiento no funcionan, ya no se encuentra a la entrada (inferior del núcleo la
30

presión de impulsión de las bombas. Esta disminución de presión asegura la apertura de la válvula 136. En este caso, el sodio primario después de haber atravesado el intercambiador 100 es reinyectado en la parte inferior del núcleo por el conducto -
5 122a, 122b. La doble serie de orificios de entrada permite asegurar esta circulación incluso en caso de disminución del nivel de sodio. Es preciso añadir que en lugar de tener una válvula 136 que se abra automáticamente en caso de descenso de presión, se podría utilizar un obturador accionado por un motor a su vez
10 gobernado por un captador de presión sensible a la presión reinante en 38.

En el caso en que el reactor no sea del tipo semi-integrado, sinó del tipo de bucles, es decir en el caso en que no haya cuba primaria 28, el conducto 122a, 122b se acopla directamente al sistema de soportado del núcleo.
15

Además, sobre esta figura, se ha representado la envolvente de seguridad 23 que forra la cuba principal 20. Esta envolvente sirve para recoger el sodio en caso de fugas en la cuba principal. El nivel inferior N_1 corresponde al caso de una fuga a través de la pared 20, llenando el sodio la cuba 23.
20

La figura 1 solo representaba esquemáticamente el conjunto de la caldera para comprender mejor la organización y el funcionamiento. En las figuras 2 y 3, se ha representado una forma concreta de realización que hace surgir mejor la compacidad de la caldera nuclear, obteniéndose esta compacidad merced a las
25 características del reactor objeto de la invención. Se encuentra el recinto hormigonado que contiene el conjunto de la caldera hasta los conductos 140 y 142 de entrada y de salida del agua-vapor de los intercambiadores 4. Además se ven mejor las diferentes celdas 12, 14, 16, 18 previstas para recibir los diferen-
30

tes componentes de la caldera y para aislarlos entre sí. Igualmente se ha hecho aparecer en estas figuras el obturador giretorio 144 montado en la loseta 26 y que permite las operaciones de manipulación de los ensamblajes combustibles.

5

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

10

REIVINDICACIONES

1.- Perfeccionamientos en calderas nucleares de metal líquido caloportador, caracterizados porque comprenden una cuba que contiene el núcleo del reactor, las protecciones neutrónicas y sus dispositivos asociados y el metal líquido de enfriamiento, y una cobertura de gas inerte, colocándose la cuba en una envolvente de seguridad; al menos un intercambiador de calor exterior a la cuba para realizar un intercambio térmico entre el metal líquido y el agua en fase líquida y después vapor; medios de unión para poner en comunicación en un sentido y en el otro la cuba y él ó los intercambiadores de calor; un depósito de almacenamiento principal unido a la cuba apto para recibir el metal líquido y el gas inerte; estando provisto el depósito de almacenamiento principal de un conjunto de conductos que consisten en al menos un primer conducto de rebosadero que pone en comunicación la parte superior de la cuba con el fondo del depósito, poniendo en comunicación al menos un segundo conducto de equilibrado de presión, la parte superior de la cuba con la parte superior del depósito principal de almacenamiento, estando provistos los conductos de válvulas de tal modo que en funcionamiento normal, el depósito principal esté en unión con la cuba por los primero y segundo conductos; un recinto constituido de celdas de atmósfera controlada que contienen los elementos de la caldera, y que asegura por una parte la protección biológica del personal de explotación y por otra la protección contra los daños eventuales procedentes del exterior.

2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el conjunto de conductos comprende además un tercer conducto para el llenado de metal líquido del depósito principal, desembocando este conducto por una parte al exte-

rior del recinto y por otra, en el depósito principal, un cuarto conducto de llenado de gas inerte que pone en comunicación un depósito anexo de almacenamiento de gas inerte con el depósito principal, y un quinto conducto que pone en comunicación el interior del depósito con la cuba, estando provisto este conducto de medios de puesta en circulación del metal líquido.

3.- Perfeccionamientos según una de las reivindicaciones 1 y 2, caracterizados porque él ó cada intercambiador de calor comprende una envolvente externa por la que circula el metal líquido, estando provista la envolvente de otra de seguridad y un conducto de descarga apto para comunicar con el interior de la envolvente por un órgano de obturación apto para abrirse bruscamente en caso de sobrepresión anormal en la envolvente, desembocando el conducto de descarga en la parte superior del depósito de almacenamiento principal, y porque los medios de puesta en comunicación en el sentido intercambiador-cuba están provistos de un órgano de cierre apto para cerrarse en caso de una caída de presión anormal en la envolvente consecutiva a la apertura brusca de los órganos de obturación.

4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3, caracterizados porque el depósito principal de almacenamiento comprende en su parte superior una válvula de escape apta para abrirse en caso de sobrepresión en el depósito principal de almacenamiento.

5.- Perfeccionamientos según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizados porque comprenden al menos un intercambiador auxiliar dispuesto en el interior de la cuba, en el metal líquido teniendo el intercambiador auxiliar una envolvente externa por la que puede circular el metal líquido, comprendiendo la envolvente al menos un primer orificio de entrada dis-

puesto en un primer nivel, ligeramente por debajo del nivel normal del metal líquido en la cuba, al menos un segundo orificio de entrada dispuesto en un segundo nivel, ligeramente por debajo del nivel menor ocupado por el metal líquido en la cuba correspondiente al llenado de la envolvente de seguridad por el metal líquido en virtud de fugas en la cuba, al menos un tercer orificio de salida dispuesto inmediatamente por encima del núcleo del reactor, y un conducto de puesta en comunicación de la parte inferior de la envolvente con la parte inferior del núcleo estando provisto el conducto de medios de obturación aptos para abrirse solo en caso de caída de presión en la cuba principal.

6.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 1 a 5, caracterizados porque la cuba comprende una cuba externa denominada principal, y otra interna coaxial de la primera, comprendiendo la cuba principal un fondo, un reborde superior, primeros medios de soportado solidarios de la periferia de la cuba y del recinto de hormigón, y una loseta superior que obtura la cuba y que descansa sobre el reborde periférico, comprendiendo la cuba primaria un sistema de placas ó rejillas de soporte apto para soportar el núcleo de la caldera nuclear y la protección neutrónica lateral del núcleo y para alimentar de metal líquido el núcleo, y segundos medios de soportado que consisten en piezas solidarias de la periferia de la cuba principal y en piezas solidarias de la cuba primaria y que descansan sobre las primeras piezas, delimitando las cubas entre sí un espacio anular que comunica con un espacio situado entre los fondos de las cubas, consistiendo los medios de unión en una primera canalización para unir la entrada de un intercambiador con el interior de la cuba primaria en una región dispuesta por encima del núcleo y una segunda canalización que pone en comunicación la salida del inter-

cambiador con el espacio anular entre las cubas, comprendiendo el intercambiador ó cada intercambiador medios integrados de - puesta en circulación del metal líquido en el intercambiador en la cuba y en los conductos.

5 7.- Perfeccionamientos según las reivindicaciones 5 y 6, caracterizados porque el intercambiador se suspende a la loseta superior, y porque el conducto de puesta en comunicación de la envolvente externa del intercambiador auxiliar consiste en una primera porción de conducto solidaria de la envolvente
10 y en una segunda porción de conducto solidaria de la cuba primaria, acoplándose las dos porciones de conducto por una junta rotulante.

8.- Perfeccionamientos según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizados porque el quinto conducto está -
15 provisto de medios de purificación del metal líquido.

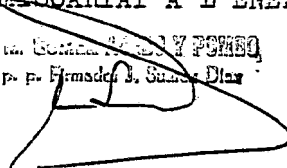
9.- Perfeccionamientos en calderas nucleares de metal líquido caloportador; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 23 hojas escritas a máquina -
20 por una sola cara.

Madrid, 28 JUN. 1979

COMMISSARIAT A L'ENERGIE A.

S. M. SOMER FERRER Y PONS
p. p. Ferrnscn J. S. S. D. S.



5

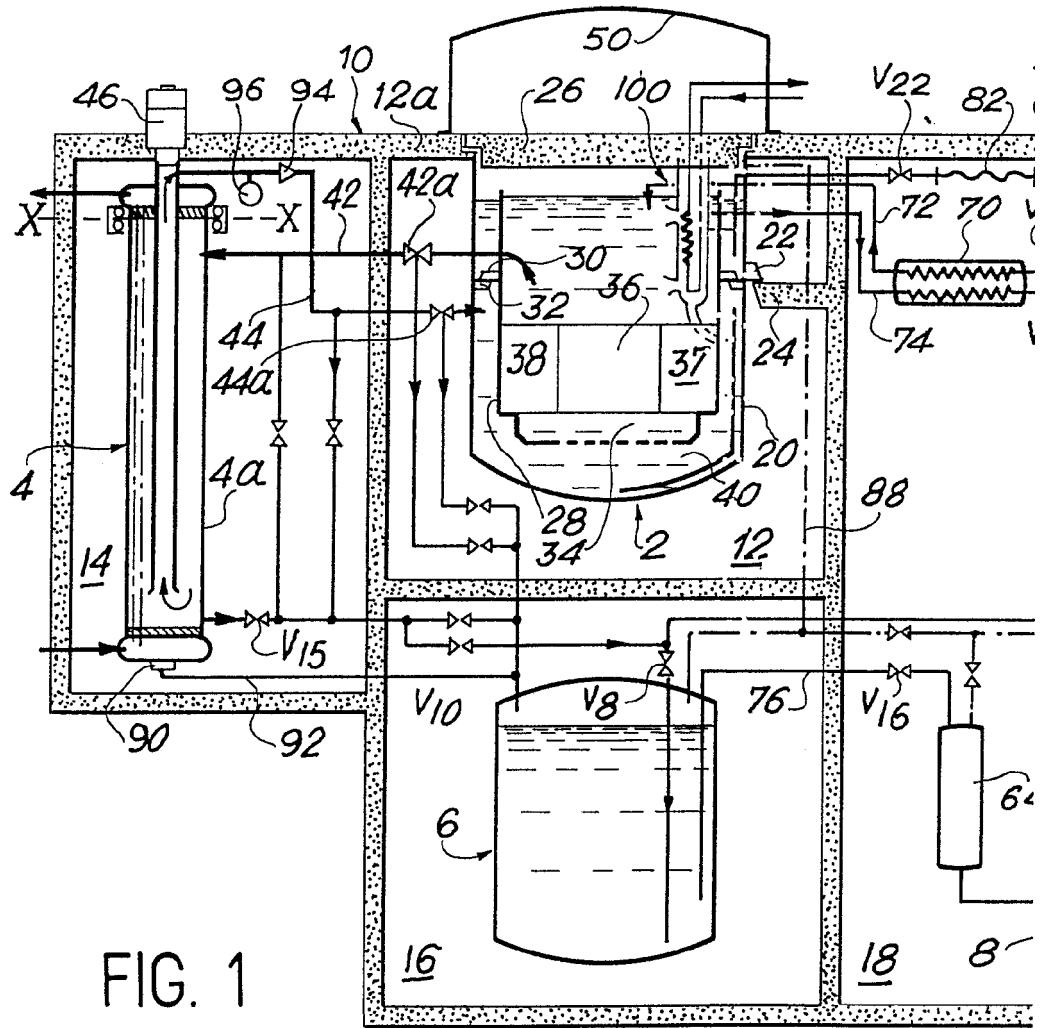
10

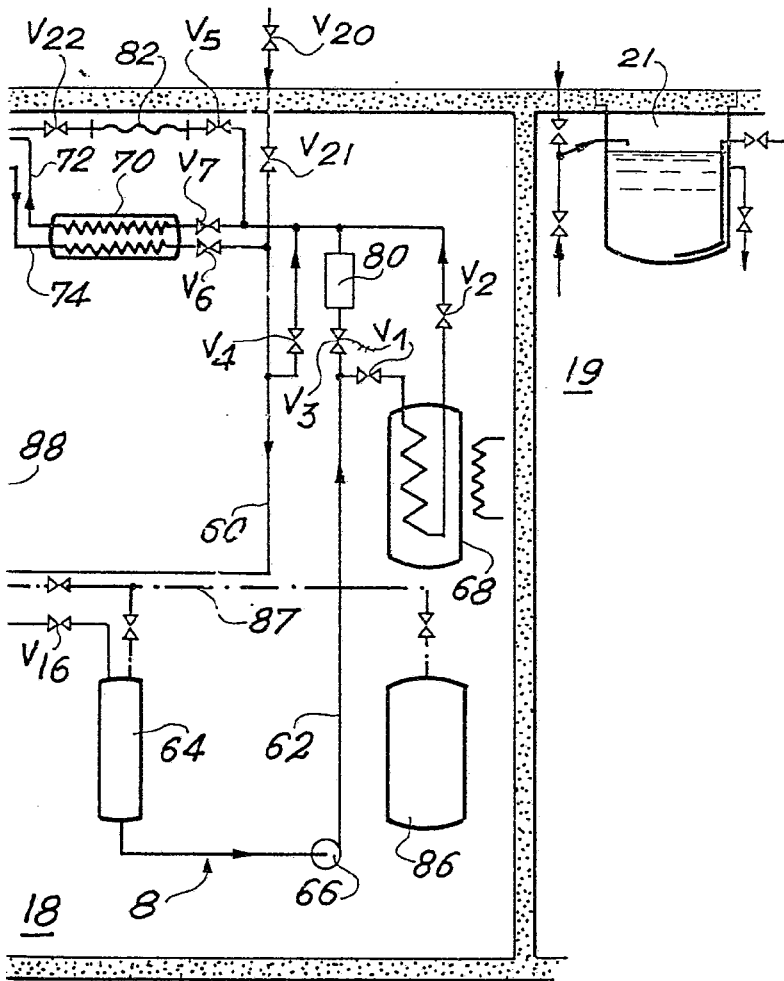
15

20

25

30





APR 1972

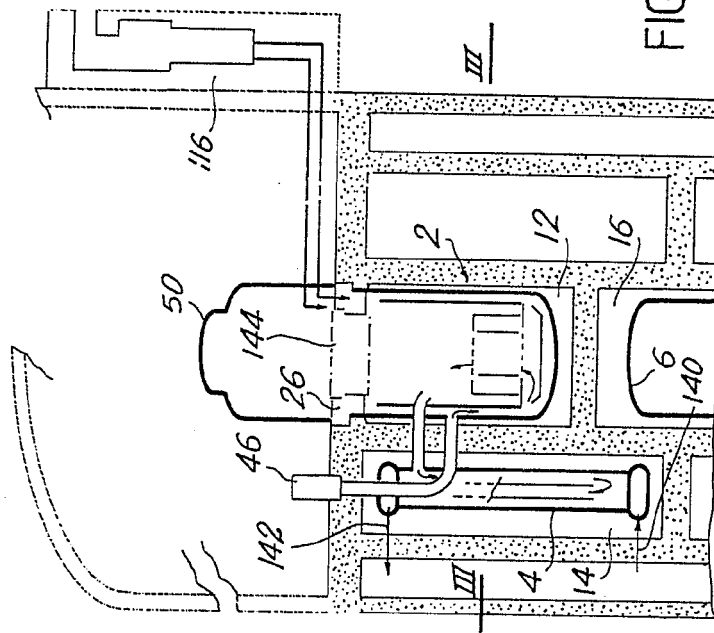


FIG. 2

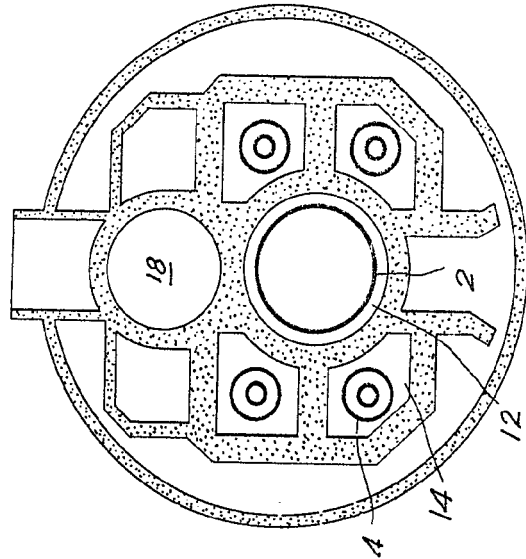
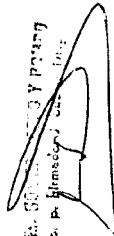


FIG. 3

ES
V

Madrid

J. B. SERRA
P. P. BARRERO



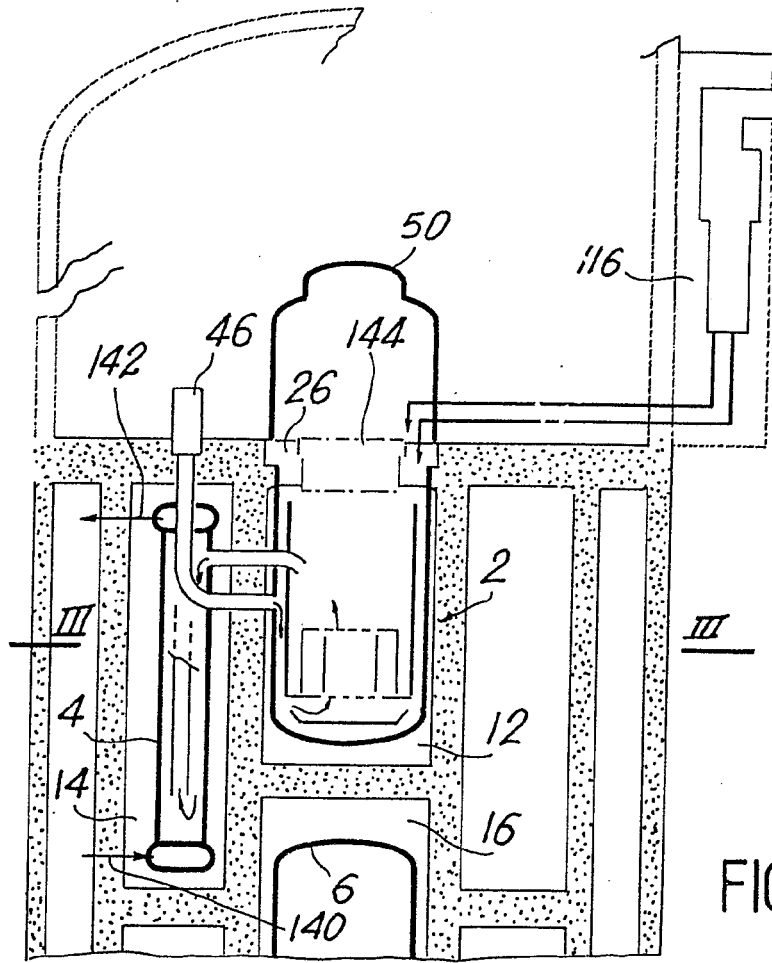


FIG. 2

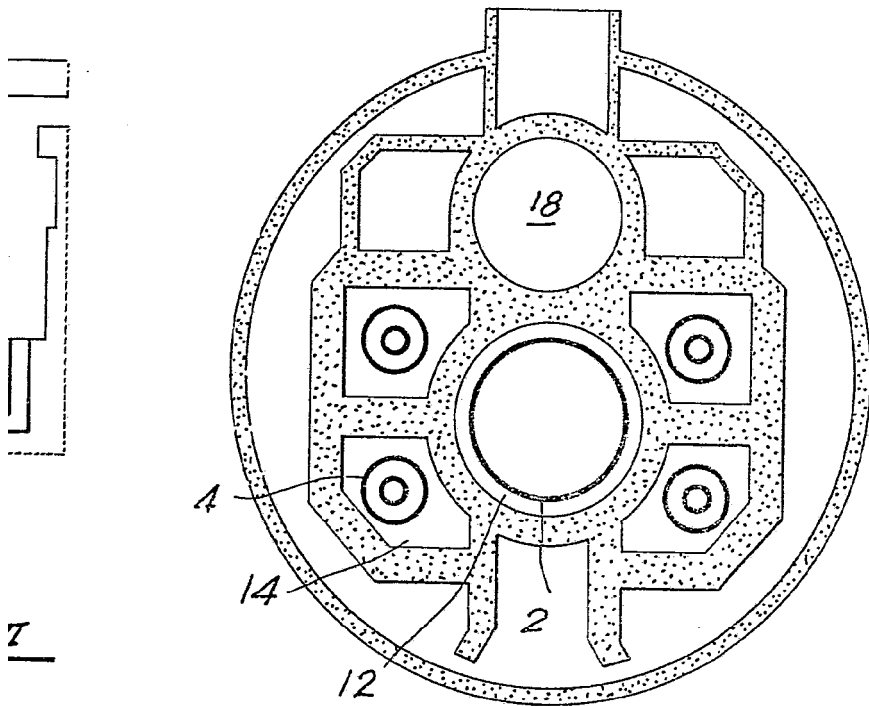


FIG. 3

FIG. 2

ESCALA
VARIANTE
19 JUN 1978
Madrid

L. M. GONZÁLEZ Y PONS
P. P. Almedoz, S. L.

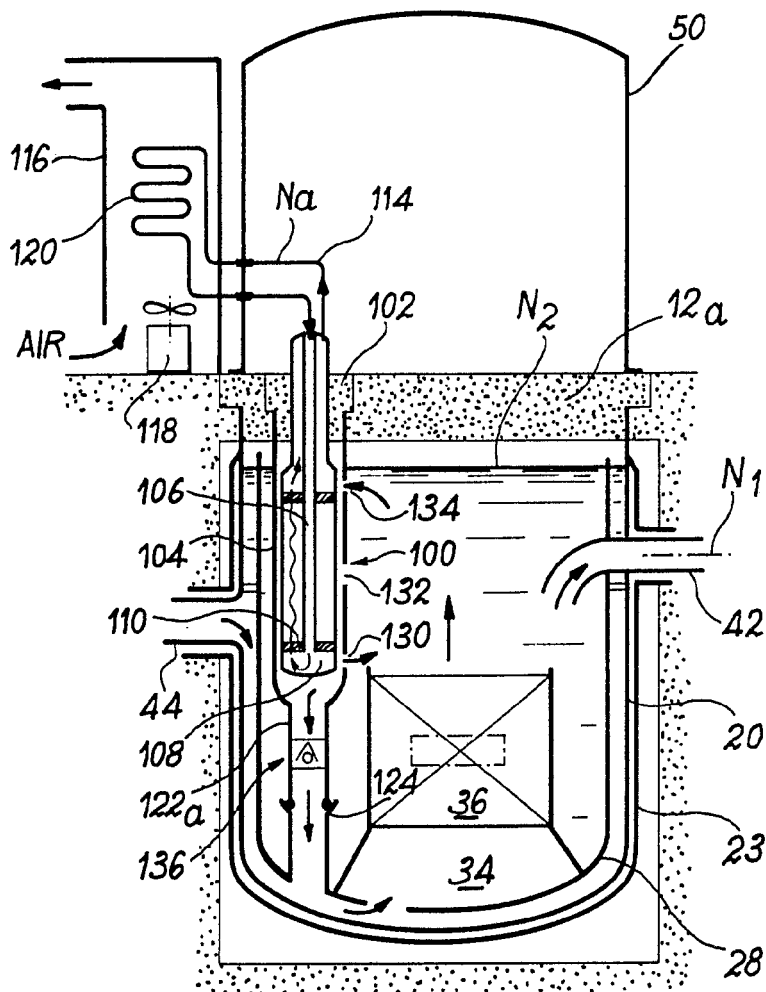


FIG. 4

ESCALA
VARIABLE

Madrid 8 JUN 1971

J. M. GOMEZ ACEBO Y POMBU
p. p. Firmado: J. Suarez Diaz