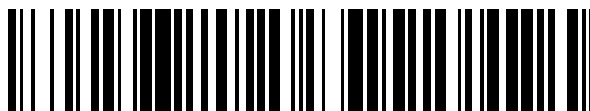


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 690**

51 Int. Cl.:

**G21C 19/20** (2006.01)

**G21C 19/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.03.2014 PCT/US2014/021603**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.11.2014 WO14189596**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2014 E 14800351 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 2984654**

54 Título: **Un sistema de manipulación de instrumentos en el núcleo de un reactor**

30 Prioridad:

**11.04.2013 US 201313860728**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**05.02.2018**

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC  
(100.0%)**

**1000 Westinghouse Drive Suite 141  
Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:

**MARGOTTA, KENNETH V.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 652 690 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Un sistema de manipulación de instrumentos en el núcleo de un reactor

### Referencia cruzada a aplicaciones relacionadas

La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente de EEUU número de serie 13/860.728, presentada el 11 de abril de 2013.

### Antecedentes

#### 1. Campo

La presente invención se refiere en general a sistemas de reactores nucleares, y, en particular, se refiere a instrumentación en el núcleo de tales sistemas, que pasa a través de los elementos interiores superiores del recipiente de presión del reactor.

#### 2. Técnica relacionada

En un reactor nuclear para la generación de energía, tal como un reactor de agua presurizada, el calor es generado por la fisión de un combustible nuclear, tal como el uranio enriquecido, y es transferido a un refrigerante que circula a través de un núcleo del reactor. El núcleo contiene barras de combustible nuclear alargadas montadas en proximidad unas de las otras en una estructura de conjunto de combustible, a través y por encima de las cuales circula el refrigerante. Las barras de combustible están espaciadas unas de las otras en agrupaciones paralelas coextensivas. Algunos de los neutrones y otras partículas atómicas liberados durante la desintegración nuclear de los átomos de combustible en una barra de combustible dada pasan a través de los espacios existentes entre las barras de combustible y chocan contra el material fisiónable en las barras de combustible adyacentes, contribuyendo a la reacción nuclear y al calor generado por el núcleo.

Las barras de control amovibles están dispersadas a través del núcleo para permitir el control de la velocidad global de la reacción de fisión, al absorber una porción de los neutrones que pasan entre las barras de combustible, lo que de otro modo contribuiría a la reacción de fisión. Las barras de control generalmente comprenden barras alargadas de material absorbente de neutrones y se ajustan en aberturas longitudinales o manguitos de guía en los conjuntos de combustible que se desplazan en paralelo y entre las barras de combustible. La inserción adicional de una barra de control dentro del núcleo hace que se absorban más neutrones sin contribuir al proceso de fisión en una barra de combustible adyacente; y la retracción de las barras de control reduce la extensión de la absorción de neutrones y aumenta la velocidad de la reacción nuclear y la producción de energía del núcleo.

Para monitorizar las actividades de los neutrones y la temperatura del líquido refrigerante dentro de los conjuntos de combustible del núcleo, en el pasado se han empleado instrumentos amovibles dentro del núcleo, tales como detectores de neutrones amovibles, que se introducen convencionalmente en el núcleo desde penetraciones en el fondo del recipiente. En algunos casos en el pasado, se produjeron fugas en las penetraciones en el fondo del recipiente que produjeron problemas de reparación significativos. Pronto se hizo evidente que sería deseable que toda la instrumentación dentro del núcleo accediese al núcleo desde arriba. Además, se han empleado detectores de neutrones fijados dentro del núcleo que se introducen dentro del núcleo a través del fondo del recipiente del reactor y residen en los conjuntos de combustible durante el funcionamiento normal. Además de la instrumentación fija en el interior que entra a través de las penetraciones en el fondo del recipiente, hay instrumentación fija en el interior que entra a través de las penetraciones en la parte superior del recipiente. En esta última configuración, cada conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo está totalmente encerrado en un trayecto de guía compuesto por tubería. La porción inferior de este trayecto de guía se extiende hacia abajo al interior del conjunto de combustible. Sin embargo, incluso los detectores de neutrones fijados dentro del núcleo y los conjuntos de termopar que se utilizan para controlar la temperatura dentro del núcleo deben retirarse de los conjuntos de combustible antes de que se pueda acceder al núcleo del reactor para realizar las operaciones de recarga de combustible. Por lo tanto, es necesario proporcionar una estructura que pueda guiar y proteger satisfactoriamente la instrumentación dentro del núcleo que entre desde la parte superior del recipiente y mitigar el potencial de fugas mientras se habilita el acceso para realizar la recarga de combustible.

Estos objetivos se han convertido aún más en un reto para algunos diseños de reactores modulares pequeños, tales como el propuesto por Westinghouse Electric Company LLC, Cranberry Township, Pennsylvania, en la clase de 200 megavatios. El reactor modular pequeño es un reactor integral de agua presurizada con todos los componentes del bucle primario ubicados dentro del recipiente del reactor. El recipiente del reactor está rodeado por una contención compacta de alta presión. Debido al espacio limitado dentro de la contención y al bajo costo requerido para los reactores de agua ligera presurizada integrales, el número total de sistemas auxiliares se debe minimizar sin comprometer la seguridad ni la funcionalidad. Por ejemplo, la contención compacta y de alta presión asociada con el diseño de reactores modulares pequeños no permite la incorporación de una gran cavidad inundable por encima del recipiente del reactor en la que se pueden proteger los componentes transferidos. Además, en la mayoría de los reactores de

agua presurizados tradicionales, la instrumentación dentro del núcleo es retraída del núcleo antes de la recarga de combustible. Esto se hace rompiendo los sellos de límite primario de presión y tirando de la instrumentación a través de un tubo de conducto. Este procedimiento es directo y simple en plantas con la instrumentación montada en el fondo puesto que el conducto se extiende desde el fondo del recipiente del reactor hasta una mesa de sellado ubicada en una sala separada del reactor. En plantas con instrumentación montada en la parte superior, este procedimiento es mucho más complicado debido a la estructura interior superior. Esto se complica aún más cuando se considera que la instrumentación montada en la parte superior se utiliza en un reactor de agua presurizada integral de un sistema de reactor modular pequeño que tiene un intercambiador de calor y un presurizador incorporados integralmente en el cierre del cabezal del reactor. Se prefiere la instrumentación montada en la parte superior en plantas que utilizan una estrategia de mitigación de accidentes severa comúnmente conocida como retención en el recipiente. Esta estrategia requiere que no haya penetraciones en la porción inferior del recipiente del reactor.

La Solicitud de Patente norteamericana número de serie 13/457.683, presentada el 27 de abril de 2012, titulada "Brida de penetración de instrumentación y control para un reactor de agua presurizada", asignada al cesionario de esta Solicitud, introdujo un anillo de sello anular retirable entre el cierre del cabezal del reactor y la brida del recipiente de presión para enrutar el cableado desde los accionamientos de las barras de control y la instrumentación de monitorización del núcleo a través de la barrera de presión del recipiente del reactor. La Solicitud de Patente norteamericana número de serie 13/742,392, presentada el 16 de enero de 2013, titulada "Procedimiento y aparato para la recarga de combustible de un reactor nuclear que tiene una brida de penetración de instrumentación", asignada al cesionario de esta Solicitud, enseña un procedimiento de recarga de combustible de un reactor de este tipo. La recarga de combustible se encuentra en el trayecto crítico de la mayoría de las paradas de las que forma parte, y cualquier medio para hacer que el procedimiento de recarga de combustible sea más eficiente puede reducir sustancialmente el costo de una operación de este tipo para los operadores de servicios públicos. Por consiguiente, es deseable realizar mejoras adicionales en la reducción de las etapas que se deben tomar para retirar la instrumentación del núcleo de manera que puedan retirarse con los elementos internos superiores y exponer los conjuntos de combustible tanto para los reactores convencionales como para los reactores modulares integrales.

En los reactores convencionales, los instrumentos dentro del núcleo están encajados en un tubo de acero inoxidable largo, denominado vaina exterior, típicamente de 9,1 a 12,2 metros de largo y aproximadamente de 3,5 milímetros de diámetro. La vaina exterior contiene los instrumentos y los hilos conductores de los instrumentos. Estos hilos conductores se extienden a lo largo de los instrumentos y terminan en un extremo en un conector eléctrico. El conjunto de los instrumentos, los hilos conductores de los instrumentos, la vaina exterior y el conector eléctrico se denominan conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo. En el reactor, el extremo del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo que tiene detectores en el mismo, se extiende desde la parte superior del conjunto de combustible, hasta casi el fondo, una distancia en un conjunto convencional de típicamente entre 3,05 y 3,66 metros. El extremo inactivo del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo contiene hilos conductores que transmiten la señal de los detectores a un conector eléctrico. En las aplicaciones existentes, la vaina exterior del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo pasa a través de la penetración del recipiente. En diseños más recientes, la penetración se encuentra usualmente en el cabezal de cierre del recipiente del reactor, y el conector eléctrico se encuentra situado fuera del reactor.

Durante una recarga de combustible del reactor, los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se deben retirar del núcleo para permitir el reposicionamiento del combustible. Algunos diseños de plantas tienen una placa del conjunto de rejillas de instrumentación dentro del reactor en una porción superior de los elementos internos superiores a la que están unidos todos los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo. Durante la recarga de combustible, la placa del conjunto de rejillas de instrumentación se levanta y todos los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se extraen simultáneamente del núcleo del reactor. Otras plantas, que no tienen una placa del conjunto de rejillas de instrumentación, extraen cada conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo una distancia suficiente para permitir el movimiento del combustible. La porción retirada del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo debe estar soportada por un medio externo. Cualquier cambio en la estructura de los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo o de los elementos internos superiores que reduzca el número de etapas requeridas para retirar los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo reducirá el tiempo de recarga de combustible del trayecto crítico y minimizará la posibilidad de dañar los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo debido a un error por manipulación incorrecta. Esto es especialmente cierto en el entorno atestado de un reactor modular integral pequeño.

De acuerdo con esto, un objeto de esta invención es modificar los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo de una manera que minimice el número de etapas requeridas para retirar los conjuntos de manguitos de instrumentos en el interior en los elementos internos superiores y retirar los elementos internos superiores desde encima del núcleo del reactor

Otro objeto de esta invención es proporcionar una modificación tal que minimice el número de veces que se necesita desmontar los conectores eléctricos sumergidos.

## Sumario

Estos y otros objetos se consiguen por medio de un reactor nuclear de agua presurizada que tiene un recipiente de presión con un cabezal superior extraíble para acoplar de manera estanca una abertura superior en el recipiente de presión. Un núcleo, que tiene una dimensión axial, está soportado dentro del recipiente de presión. Una pluralidad de conjuntos de combustible nuclear está soportada dentro del núcleo teniendo al menos algunos de los conjuntos de combustible al menos un manguito de instrumentación que se extiende axialmente a su través. Un conjunto de elementos internos superiores está soportado por encima del núcleo y tiene trayectos de guía de instrumentación que se extienden axialmente soportados a través de cada uno de los manguitos de instrumentos que están configurados para recibir instrumentación a través del conjunto de elementos internos superiores que está alineado con uno de los trayectos de guía de instrumentación. Los elementos internos superiores incluyen además una placa del conjunto de rejillas de instrumentación soportada por encima de los trayectos de guía de instrumentación y son amovibles axialmente con respecto a una porción inferior de los elementos internos superiores. Se proporciona una pluralidad de conjuntos de manguitos de instrumentación dentro del núcleo que se extienden a través de uno de los trayectos de guía de instrumentación correspondientes al interior de un manguito de instrumentación y es retráctil en el conjunto de elementos internos superiores. El conjunto de manguitos de instrumentación dentro del núcleo incluye una sección inferior que comprende una región de sensor y una sección superior a través de la cual se enruta el cableado de señales, estando encerradas ambas sección inferior y sección superior dentro de una vaina exterior. La vaina exterior tiene una porción superior conectada a la placa del conjunto de rejillas de instrumentación extendiéndose el hilo de señales a través y alrededor de una parte externa de la vaina exterior, al menos parcialmente a través del trayecto de guía de instrumentación y a través de un paso desde el interior del recipiente del reactor a un exterior del mismo. Preferiblemente, el cableado de señal se enrolla alrededor del exterior de una porción superior de la vaina exterior y, deseablemente, la bobina tiene la forma de un resorte en espiral.

En una realización, el paso del interior al exterior del recipiente de presión es a través de una brida que se extiende hacia fuera en el conjunto de elementos interiores superiores. Preferiblemente, la placa del conjunto de rejillas de instrumentación está configurada para moverse axialmente desde una posición inferior a una posición superior y los trayectos de guía de instrumentación están formados desde una carcasa tubular que se extiende sustancialmente hasta la posición inferior. Preferiblemente, en la última disposición, la placa del conjunto de rejillas de instrumentación en la posición superior está separada por encima de la carcasa tubular. Alternativamente, una porción superior de la carcasa tubular está configurada como el tubo telescópico con una porción superior del tubo telescópico conectado a la placa del conjunto de rejillas de instrumentación.

## Breve descripción de los dibujos

Se puede obtener una comprensión adicional de la invención por la descripción que sigue de las realizaciones preferidas cuando se leen junto con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- la figura 1 es un esquema simplificado de un reactor nuclear al cual se puede aplicar esta invención;
- la figura 2 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un recipiente del reactor de agua presurizada convencional y componentes internos a los cuales se puede aplicar esta invención;
- la figura 3 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un paquete de elementos internos superiores de una realización de un reactor de agua presurizada convencional que muestra los tubos telescópicos de guía de instrumentación dentro del núcleo, que pueden emplearse con esta invención, en una posición inferior;
- la figura 4 es una vista en alzado, parcialmente en sección, del paquete de elementos internos superiores que se muestra en la figura 3 con los tubos telescópicos de guía de instrumentación dentro del núcleo en una posición elevada;
- la figura 5 es una vista en perspectiva parcialmente recortada, que muestra un sistema de reactor modular pequeño que se puede beneficiar de esta invención;
- la figura 6 es una vista ampliada del reactor que se muestra en la figura 5;
- la figura 7 es una vista en perspectiva del recipiente del reactor y sus componentes internos que se muestran en las figuras 5 y 6, con una porción recortada para mostrar las elementos internos;
- la figura 8 es una vista esquemática de una estructura interior superior que incorpora una realización de esta invención que se muestra con la placa del conjunto de rejillas de instrumentación en una posición bajada;
- la figura 9 es la vista esquemática que se muestra en la figura 8 con la placa del conjunto de rejillas de instrumentación en una posición elevada;

la figura 10 es una vista esquemática de una porción del interior de un recipiente del reactor que muestra otra realización del conjunto de manguitos de instrumentos de esta invención con la porción inferior del conjunto de manguitos de instrumentos insertada dentro del núcleo; y

5 la figura 11 es una vista esquemática de la porción del recipiente del reactor que se muestra en la figura 10 con la porción inferior del conjunto de manguitos de instrumentos parcialmente retirada del núcleo.

### Descripción de la realización preferida

Haciendo referencia a continuación a los dibujos, la figura 1 muestra un sistema primario de reactor nuclear simplificado, que incluye un recipiente de presión generalmente cilíndrico 10 que tiene un cabezal de cierre 12 que encierra un núcleo nuclear 14. Se bombea un líquido refrigerante del reactor, tal como agua, al interior del recipiente 10 por medio de la bomba 16 a través del núcleo 14, con lo que la energía térmica es absorbida y es descargada a través de un intercambiador de calor 18, típicamente denominado generador de vapor, en el que se transfiere calor a un circuito de utilización (que no se muestra) tal como un generador de turbina accionado por vapor. El refrigerante del reactor se devuelve a continuación por medio de la bomba 16, completando el ciclo primario. Típicamente, una pluralidad de los bucles que se han descrito más arriba se conecta a un recipiente del reactor sellado 10 por una tubería de refrigerante 20 del reactor.

Un diseño de reactor convencional se muestra con más detalle en la figura 2. Como se ha mencionado más arriba, aunque no se muestra en la figura 2, en diseños de reactor de agua presurizada convencionales más antiguos, los detectores de neutrones dentro del núcleo amovibles o estacionarios entran en el núcleo desde el fondo del reactor a través de tubos que se extienden desde penetraciones en el fondo del recipiente hasta la placa de núcleo inferior 36 en la que se acoplan a los tubos de instrumentación dentro de los conjuntos de combustible. Además, en un diseño de reactor tradicional de este tipo, los termopares que miden la temperatura del núcleo entran en el cabezal superior 12 a través de una única penetración y se distribuyen por un conducto de horquilla o de cable, tal como se muestra en la Patente norteamericana número 3.827.935, a columnas de soporte individuales 48 y por lo tanto a varios conjuntos de combustible.

Además del núcleo 14, que comprende una pluralidad de conjuntos de combustible 22 paralelos, verticales, que se extienden, que se extienden conjuntamente, a los fines de esta descripción, las otras estructuras internas del recipiente se pueden dividir en los elementos internos inferiores 24 y los elementos internos superiores 26. En los diseños convencionales, los elementos internos inferiores funcionan para soportar, alinear y guiar los componentes del núcleo y la instrumentación, así como para el flujo directo de refrigerante dentro del recipiente. Los elementos internos superiores restringen o proporcionan una restricción secundaria a los conjuntos de combustible 22 (de los cuales solo se muestran dos por simplicidad), y soportan y guían la instrumentación y los componentes, tales como las barras de control 28.

En el reactor ejemplar que se muestra en la figura 2, el refrigerante entra en el recipiente del reactor 10 a través de una o más toberas de entrada 30, circula hacia abajo alrededor de un cilindro central 32, es girado 180° en una cámara de sobrepresión inferior 34, pasa hacia arriba a través de una placa de soporte inferior 36 del núcleo sobre la cual se asientan los conjuntos de combustible 22, y a través y alrededor de los conjuntos. El caudal de refrigerante a través del núcleo y el área circundante 38 es típicamente grande, del orden de 1.514.165 litros por minuto a una velocidad de aproximadamente 6,1 metros por segundo. La caída de presión resultante y las fuerzas de fricción tienden a hacer que los conjuntos de combustible se eleven, movimiento que está restringido por los elementos internos superiores, que incluyen una placa superior circular 40 del núcleo. El refrigerante que sale del núcleo 14 circula a lo largo de la porción inferior de la placa superior 40 del núcleo y hacia arriba a través de una pluralidad de perforaciones 42. El refrigerante a continuación circula hacia arriba y radialmente a través de una o más toberas de salida 44.

Los elementos internos superiores 26 pueden ser soportados desde el recipiente del reactor 10 o el cabezal de cierre 12 del recipiente e incluyen un conjunto de soporte superior 46 que también se denomina placa de soporte superior. Las cargas se transmiten entre la placa de soporte superior 46 y la placa superior 40 del núcleo principalmente por una pluralidad de columnas de soporte 48. Una columna de soporte está alineada por encima de un conjunto de combustible 22 seleccionado y de las perforaciones 42 en la placa superior 40 del núcleo para proporcionar acceso a los tubos de instrumentación axiales alargados ubicados centralmente dentro de cada conjunto de combustible, siendo los tubos de instrumentación coextensibles con los manguitos de guía de barra de control de los conjuntos de combustible

Las barras de control rectilíneas amovibles 28, que incluyen típicamente un árbol de accionamiento 50 y un conjunto en cruceta de barras de absorción de neutrones, son guiadas a través de los elementos internos superiores 26 y al interior de los conjuntos de combustible alineados 22 por medio de tubos de guía 54 de barras de control. Los tubos de guía se unen de manera fija al conjunto de soporte superior 46 y se conectan por medio de una fuerza de punta dividida introducida en la parte superior de la placa superior 40 del núcleo.

La figura 3 proporciona una vista ampliada del paquete de elementos internos superiores con el cual se puede ver claramente que las barras de control, que se extienden desde el cabezal 12 a través del paquete de elementos internos superiores y hacia el núcleo por debajo de la placa central superior 40, son guiadas sustancialmente la distancia completa por los tubos de guía 54 de las barras de control y las extensiones de guía 88 de las barras de control. Sin embargo, la instrumentación dentro del núcleo que es guiada a través de las columnas de soporte 48 solo recibe soporte por encima de la elevación del núcleo del reactor entre la placa superior 40 del núcleo y el conjunto de soporte superior 46. Una distancia sustancial se mantiene entre el conjunto de soporte superior 46 y el cabezal 12 sobre el cual la instrumentación dentro del núcleo está expuesta una vez que se retira del núcleo.

En la realización convencional que se muestra en la figura 3, parte o la totalidad de la instrumentación es enrutada a través de una o más penetraciones en el cabezal 12 del reactor. Esta realización de la técnica anterior proporciona una modificación estructural a modelos de reactor anteriores para proporcionar soporte para los conjuntos de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo en su posición retirada en la que se extienden por encima de la placa de soporte superior 46. En esta realización de la técnica anterior, las columnas de soporte 48 están provistas de un manguito deslizante 60 que se puede extender desde la porción superior 62 de las columnas de soporte 48 dentro del área por encima de la placa de soporte superior 46 para soportar los conjuntos de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo cuando se extraen de los conjuntos combustibles 22 para obtener acceso al núcleo. En reactores tales como el AP1000<sup>®</sup> suministrado por Westinghouse Electric Company LLC, Cranberry Township, Pennsylvania, la longitud de extracción requerida para elevar los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo 52 al plano medio de la placa superior 40 del núcleo es típicamente mayor que la altura de las columnas de soporte 48 que sale de la porción superior altamente irradiada de los conjuntos de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo expuestos por encima de la placa de soporte superior 46, sin guía y potencialmente sujetos a daño. Típicamente, en el diseño AP1000<sup>®</sup> los conjuntos de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo deben elevarse aproximadamente 470 cm. Los manguitos deslizantes 60 están diseñados para que se extiendan y soporten el área expuesta de los conjuntos de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo por encima de la placa de soporte superior 46. Una placa 53 del conjunto de rejilla de instrumentación está unida a los extremos superiores del manguito deslizante 60 y es guiada por los pasadores 58 y fijada en una posición superior por la abrazadera oscilante 90. La figura 3 muestra el conjunto de rejilla de instrumentos 53 en su posición inferior y la figura 4 muestra el conjunto de rejilla de instrumentos 53 en su posición superior para elevar los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo por fuera del núcleo. Esta realización de la técnica anterior se describe más completamente en la Publicación de Patente norteamericana número 2010/0150294, publicada el 17 de junio de 2010.

Las figuras 5 y 6 ilustran un esquema de un reactor modular pequeño que se describe más completamente en la Solicitud de Patente norteamericana número de serie.13/457.683, presentada el 27 de abril de 2012, titulada "Brida de penetración de instrumentación y control para un reactor de agua presurizada". La figura 5 muestra una vista en perspectiva, parcialmente recortada, para mostrar el recipiente de presión y sus componentes internos. La figura 6 es una vista ampliada del recipiente de presión que se muestra en la figura 5. Un presurizador 56 del que habitualmente se incluye uno en cada sistema de reactor nuclear de agua presurizada para mantener la presión, independientemente del número de bucles, aunque no se muestra en la figura 1, en el sistema, está integrado en la porción superior del cabezal del recipiente del reactor en el reactor modular integral que se muestra en las figuras 5 y 6 y elimina la necesidad de un componente separado. Se debe apreciar que se emplean los mismos caracteres de referencia para los componentes correspondientes entre las diversas figuras. Un tubo ascendente de ramal caliente 64 dirige el refrigerante primario desde el núcleo 14 a un generador de vapor 18 que rodea el tubo ascendente de ramal caliente 64. Una serie de bombas de refrigerante 16 están separadas circunferencialmente alrededor del recipiente del reactor 10 en una altura cerca del extremo superior de los elementos internos superiores 26. Las bombas de refrigerante del reactor 16 son bombas de motor de flujo axial montadas horizontalmente. El núcleo del reactor 14 y los elementos internos superiores 26, excepto por su tamaño, son sustancialmente los mismos que los componentes correspondientes que se han descrito previamente con respecto a las figuras 1 y 2. De lo anterior, debe ser evidente que los medios tradicionales para enrutar el cableado desde los componentes internos superiores al exterior del reactor no se pueden emplear fácilmente. Algunos diseños de reactores modulares pequeños también requieren alimentación eléctrica para a los componentes internos, tales como los mecanismos de accionamiento de las barras de control, bombas de refrigerante de reactor y calentadores de presurización. La Solicitud de Patente norteamericana número de serie 13/457.683, presentada el 27 de abril de 2012, titulada "Brida de penetración de instrumentación y control para un reactor de agua presurizada" describe una ubicación alternativa para todas las penetraciones del reactor, incluida la energía eléctrica, a través de un anillo 66 que se sujeta entre las bridas superior y inferior 68 y 70 de cierre del recipiente del reactor respectivamente (figuras 5 y 6). La brida de penetración 66 proporciona un medio conveniente de desmontaje y montaje de los recipientes del reactor durante las operaciones de recarga de combustible de la planta y permite la inspección y el mantenimiento de los componentes dentro del recipiente. En la descripción que sigue, la realización preferida de la invención reivindicada en la presente memoria descriptiva y en lo que sigue se describirá en el contexto de un diseño de reactor integral pequeño específico, sin embargo, se debe reconocer que los nuevos elementos de esta invención se pueden aplicar a otros reactores, incluyendo los reactores de agua presurizada convencionales ya tengan, o no, restricciones de diseño similares.

La figura 7 muestra un recipiente del reactor 10 y sus componentes internos, que incluyen los elementos internos inferiores 24, que incluyen el núcleo 14 y los elementos internos superiores 26, que incluyen los tubos de guía de las barras de control, las carcasas 54 de las barras de accionamiento y los mecanismos de accionamiento de las barras de control (CRDM ) El sello de la brida de penetración anular 66 tiene orificios 72 que se extienden radialmente a través de los cuales los conductos de servicio 74 transportan energía eléctrica, señales de instrumentación, señales de control o fluidos hidráulicos hacia o desde el interior del recipiente de presión hacia el exterior del mismo. El cableado de señales de la instrumentación dentro del núcleo en las realizaciones preferidas de esta invención se transportaría a través de estos conductos de utilidad. Aunque la disposición de las penetraciones a través de la brida 66 será función de los requisitos de un diseño de reactor particular, en el diseño de los elementos internos de los reactores modulares pequeños que se han descrito en la solicitud de patente más arriba mencionada Solicitud de Patente número de serie 13/457.683, los pasos axiales están posicionados hacia el diámetro interior del anillo de sello de penetración 66 para permitir que el flujo de refrigerante de retorno del generador de vapor 18 pase a través de la penetración 66. La operación del reactor integral modular pequeño que se ha descrito en la presente memoria descriptiva se puede entender mejor por referencia a la Solicitud de Patente norteamericana número de serie. 13/495.050, presentada el 13 de junio de 2012 en tramitación junto con la presente, titulada "Generador de vapor compacto de reactor de agua presurizada".

Esta invención proporciona una modificación a los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo que típicamente monitorizan la potencia del núcleo y la temperatura de salida de refrigerante del núcleo. Esta modificación reduce la cantidad de desconexiones y reconexiones de cableado eléctrico bajo el agua que se deben realizar durante una operación de recarga de combustible; un procedimiento que es difícil y lleva mucho tiempo. Las figuras 8 y 9 muestran una vista esquemática de los elementos internos superiores que incorporan una realización de esta invención. El conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo de acuerdo con esta invención está construido en dos secciones separadas, una sección inferior 100 y una sección superior 76. La sección inferior tiene todos los sensores activos formados en una disposición tradicional y se ajusta dentro del manguito de instrumentos en un conjunto de combustible dentro del núcleo. La parte superior de la sección inferior termina en un conector eléctrico 102. Las secciones superiores 76 todavía tienen una vaina exterior 78, pero los conductores de señales 80 se extienden a través de la vaina exterior 78 y se conforman en un resorte enrollado relativamente grande 82 alrededor de la vaina exterior 78, de aproximadamente 20,32 cm de diámetro y aproximadamente 127 cm de largo. La parte restante de la sección superior aloja un hilo de señales relativamente recto (no enrollado) que se extiende sustancialmente completamente hasta la sección inferior 100 del conjunto de manguitos de dispositivos 52, encaminado de una manera tradicional. La porción enrollada del cable de señales eléctricas 82 está enrollada alrededor de la vaina exterior 78 y se extiende hacia abajo y a través de los puertos de utilidad 72 dentro de la brida de penetración 66. Ambos extremos de la sección superior 76 de los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo 52 tienen conectores eléctricos. La sección superior 76 solo contiene hilos conductores de instrumentos y es esencialmente un cable de extensión para el conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo. La porción inferior de la sección superior 76 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo 52 está conectada a una porción complementaria del conector eléctrico 102, que se acopla a una porción de acoplamiento del conector eléctrico 102 en la sección inferior 100 del conjunto de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo que tiene los detectores y los hilos de señal de los instrumentos alojados dentro de una vaina exterior de acero inoxidable en una disposición convencional.

La figura 8 muestra la sección superior 76 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo alojado en el interior de un tubo protector 84 que se extiende hasta justo debajo de la placa 86 del conjunto de rejillas de instrumentos. La placa 86 del conjunto de rejillas de instrumentos es amovible axialmente y se desplaza sobre las guías elevadora de la placa 92 entre una posición inferior que se muestra en la figura 8 y una posición superior que se muestra en la figura 9. Una plataforma elevadora 94 de conjunto de rejillas de instrumentos tiene patas 96 que se extienden axialmente que descansan sobre la brida de penetración 66 y se emplea para elevar y bajar la placa del conjunto 86 de rejillas de instrumentos que está unida a cada una de las porciones superiores de las secciones superiores 76 de los conjuntos de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo, elevando y bajando cada uno de los conjuntos de manguitos de instrumentos 52 dentro del núcleo simultáneamente fuera o dentro del núcleo.

La figura 9 muestra una representación esquemática de los elementos internos superiores 26 con la placa 86 del conjunto de rejillas de instrumentos elevada en una posición superior con los hilos de señales 80 saliendo de la porción superior de la vaina exterior enrollados alrededor de la vaina exterior en una espiral cerrada que se extiende sustancialmente desde la porción superior de la vaina exterior 78 al interior del tubo protector 84, en el que el cable de señales sale del recipiente del reactor a través de la brida de penetración 66. También se puede proporcionar un conector eléctrico 98 fuera de la brida de penetración para conectar el cableado que transmitirá la señal a la sala de control. Sin embargo, se debe apreciar que de acuerdo con esta invención, los cables de señales y el conector externo en el lado de presión de la brida de penetración 66 se desplazarán con la brida de penetración cuando se mueva a su lugar de almacenamiento durante una interrupción de recarga de combustible, por lo que no hay motivo para hacer una desconexión para facilitar el proceso de recarga de combustible. Existen otras desconexiones eléctricas en el sistema que están más lejos del reactor que permiten desconectar la brida de penetración del cableado de la planta con el fin de mover la brida de penetración. En las plantas existentes hay dos desconexiones requeridas

para acceder a los elementos internos inferiores en este concepto, solo hay una que es necesaria para ese propósito. La línea de puntos que se extiende axialmente 100, que se muestra en el tubo protector izquierdo 84, representa la sección inferior 100 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo que se elevó del núcleo, que está conectado a la porción superior 76 por un conector eléctrico 102. Una vez que los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se han elevado a la posición superior, los elementos internos superiores 26 pueden extraerse del núcleo para exponer los conjuntos de combustible para la recarga de combustible.

Por lo tanto, de acuerdo con esta invención, el conector eléctrico 102 entre la sección superior 76 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo y la sección de detector activa 100, no necesita desconectarse como parte del proceso de recarga de combustible, excepto cuando la sustitución de la sección inferior sea necesaria, lo cual es infrecuente. Esto le da al sistema las siguientes ventajas. El conector eléctrico 102 entre las dos secciones 76 y 100 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo permanece unido durante la recarga de combustible de una planta y no es necesario realizar desconexiones bajo el agua. La sección enrollada del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo permite que la placa 86 del conjunto de rejillas de instrumentos se eleve lo suficiente (aproximadamente 3,05 metros) para retirar todos los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo del combustible sin desconectar el conector; la bobina del conjunto de manguitos de instrumentación dentro del núcleo se alarga a medida que se eleva la placa de instrumentos 86. En contraste, en las plantas existentes, el conector eléctrico está fuera del recipiente del reactor y se debe desconectar para permitir el desmontaje de los componentes del reactor para la recarga de combustible de la planta. Esta disposición mejorada elimina tanto el tiempo crítico del trayecto como el trabajo requerido para realizar esta operación y la exposición a la radiación de los trabajadores de la planta que se incurre para lograr el montaje y desmontaje del conector eléctrico. En los diseños de reactores existentes, los dispositivos de protección (conos de entrada) se deben instalar sobre los conectores eléctricos desmontados, ya que generalmente se almacenan bajo el agua durante las actividades de recarga de combustible. Los conos de entrada se utilizan para proteger los conectores eléctricos del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo y para guiar los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo a través del cabezal de cierre del reactor cuando se retira o se instala el cabezal. La invención reivindicada en la presente memoria descriptiva y en lo que sigue elimina la necesidad de la protección de los conectores eléctricos y el tiempo y la mano de obra críticos requeridos para realizar esta operación y la exposición a la radiación de los trabajadores de la planta que se incurre para lograr el montaje y desmontaje del conector eléctrico. Un conector eléctrico de la sección superior del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo está fuera del reactor. Una ventaja de esta invención es que este conector eléctrico también puede permanecer unido al cableado de instrumentos que es externo al recipiente. Este cableado externo se monta típicamente en la estructura de la plataforma elevadora del cabezal de cierre y normalmente se debe desconectar de los instrumentos del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo en el recipiente. Esta invención elimina tanto el tiempo de recorrido crítico como el trabajo requerido para realizar esta operación y la exposición a la radiación que incurren los trabajadores de la planta para lograr el montaje y desmontaje del conector eléctrico. Además, en plantas existentes, los tubos de guía de los instrumentos se montan en alguna estructura interior del reactor. Algunas plantas tienen una placa del conjunto de rejillas de instrumentos compleja (normalmente de 3,05 a 3,67 metros de diámetro) en la que se montan todos los tubos de guía de instrumentos. Algunas plantas enrutan los tubos individuales de guía de instrumentos a través de los elementos internos superiores y los conectan a otras estructuras. Los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se insertan en estos tubos de guía y dirigen cada conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo desde la penetración del cabezal hasta el conjunto de combustible específico que se va a controlar. Dependiendo del tamaño y el diseño de la planta, típicamente hay de 30 a 60 manguitos de conjuntos de instrumentos dentro del núcleo en un sistema. Esta invención elimina los tubos de guía de instrumentos. El cable de los instrumentos está cableado en los elementos internos superiores de la planta, por lo que no tiene que ser retirado de los elementos internos superiores durante la recarga de combustible y se puede quitar con los elementos internos superiores.

Durante el montaje inicial de la planta, la sección superior 76 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se instalará de forma semipermanente en los elementos internos del reactor. En circunstancias normales, la sección superior no debería tener que reemplazarse durante la vida útil de la planta, pero debe hacerse una provisión para permitir el reemplazo si fuese necesario. Cada vaina exterior 78 del conjunto de manguitos de instrumentos se sujetará a soportes tales como los tubos de protección 84 para protegerlas del flujo de refrigerante del reactor de alta velocidad a través de la planta. La sección inferior 100 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se instala en los elementos internos del reactor y a continuación se acoplarán los conectores eléctricos 102 de la sección superior y de la sección inferior. Los detectores dentro de la sección inferior 100 del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se agotarán a lo largo del tiempo debido a las interacciones neutrónicas durante el funcionamiento de la planta y, por lo tanto, la sección inferior debe reemplazarse después de aproximadamente diez ciclos de combustible. Como la sección superior contiene solo hilos conductores, no tiene que ser reemplazada en condiciones normales de operación de la planta.

Como se ha mencionado más arriba, durante la recarga de combustible de una planta, los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se deben retirar de los conjuntos de combustible para permitir el reemplazo o la recolocación del combustible dentro del recipiente del reactor. De acuerdo con esta invención, todos los conjuntos



de manguitos de instrumentos dentro del núcleo están conectados a la placa 86 del conjunto de rejillas de instrumentos. La plataforma elevadora exterior, representada esquemáticamente por el carácter de referencia 94 en las figuras 8 y 9, que se utiliza para retirar los elementos internos superiores del recipiente del reactor, también está unida a la placa 86 del conjunto de rejillas de instrumentos y la eleva a una altura suficiente para extraer los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo fuera del combustible (figura 9). La placa de instrumentos 86 es bloqueada en la posición elevada. A continuación, la plataforma elevadora 94 mueve los elementos internos superiores y la placa del conjunto de rejillas de instrumentos elevada a un lugar de almacenamiento para permitir las actividades de movimiento del combustible. Un ejemplo de una plataforma elevadora de este tipo se describe en la Solicitud de Patente norteamericana número de serie 13/741.737, presentada el 15 de enero de 2013, titulada "Aparato y procedimiento para retirar los elementos internos superiores de un recipiente de presión de un reactor nuclear".

El pandeo de los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo se evita mediante el uso de un tubo de guía telescópico que conduce los conjuntos de manguitos de instrumentos dentro del núcleo hacia fuera y hacia atrás dentro del combustible. Los soportes de los tubos telescópicos están sujetos a la placa 86 del conjunto de rejillas de instrumentos de la manera que se describe en la Publicación de Patente norteamericana número 2010/0150294, que se ha referenciado más arriba.

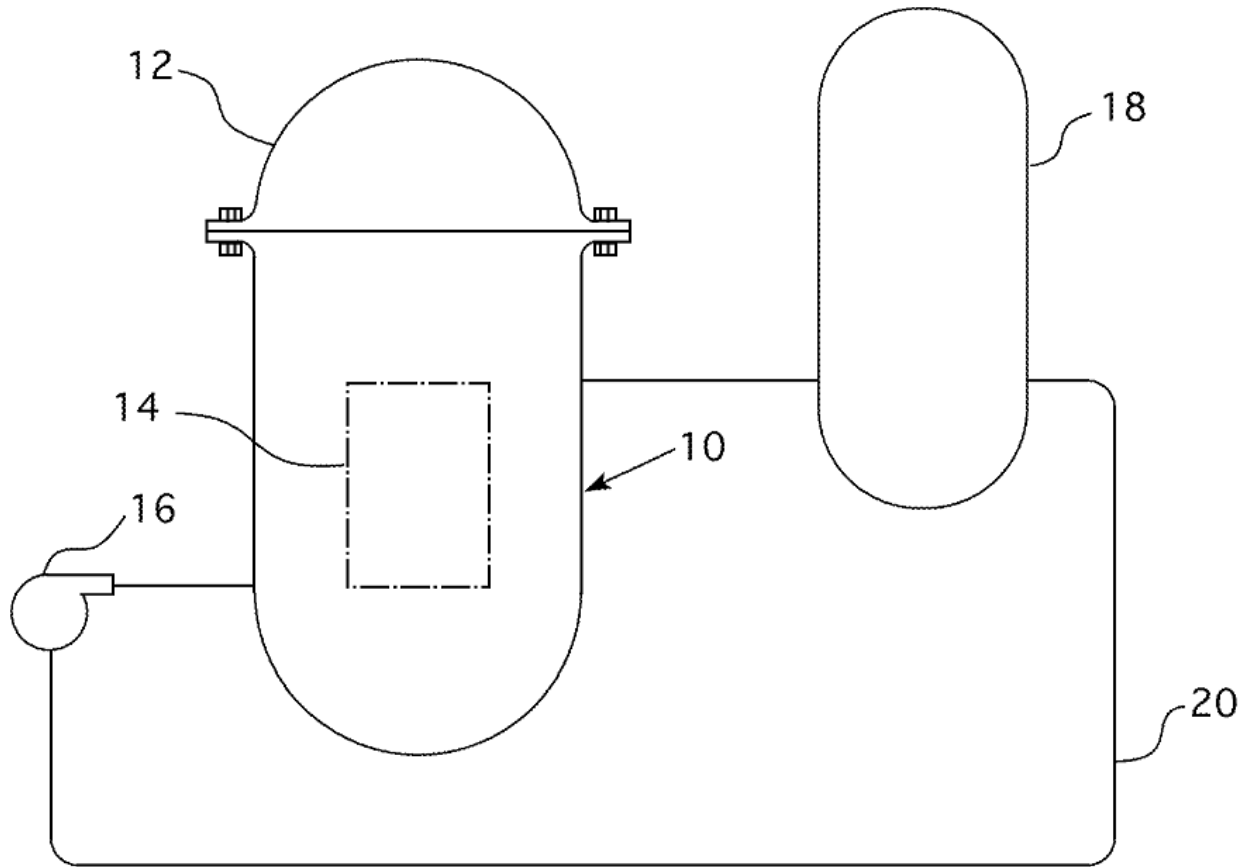
Debería ser evidente que se pueden implementar otras variaciones del diseño del conjunto de manguitos de instrumentos y los elementos internos superiores sin apartarse de la invención. Las figuras 10 y 11 ilustran una de tales variaciones, mostrando la figura 10 la porción inferior del conjunto de manguitos de instrumentos 100 insertada dentro del núcleo y mostrando la figura 11 la misma disposición estando el conjunto de manguitos de instrumentos sustancialmente retirado del núcleo. En esta realización, el diámetro de la vaina exterior 78 alrededor de la sección superior del conjunto de manguitos de instrumentos dentro del núcleo 52 es mayor que la vaina exterior alrededor de la sección inferior 100. La vaina de mayor diámetro forma un mandril más conveniente para envolver el hilo de señales y puede acomodar tramos más largos de un hilo de señales. En la realización que se muestra en las figuras 10 y 11, la vaina exterior de la sección superior 76 tiene un reborde 104 que se extiende radialmente en la porción inferior, que guía y centra el conjunto de instrumentos dentro del núcleo en el interior del tubo protector 84. El hilo de señales sale de la vaina justo por encima del reborde 104 y gira en espiral alrededor de la vaina exterior hasta la altura de la penetración del recipiente 10 a través de la cual sale del recipiente.

Por lo tanto, aunque las realizaciones específicas de la invención se han descrito en detalle, los expertos en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar varias modificaciones y alternativas a esos detalles a la luz de las enseñanzas generales de la descripción. Por consiguiente, las realizaciones particulares divulgadas pretenden ser solo ilustrativas y no limitativas en cuanto al alcance de la invención que se debe dar a la totalidad de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un reactor nuclear de agua presurizada que comprende:
  - un recipiente de presión (10);
  - un cabezal superior desmontable (12) para acoplar de forma estanca una abertura superior en el recipiente de presión (10);
  - un núcleo (14) que tiene una dimensión axial soportada dentro del recipiente de presión (10);
  - una pluralidad de conjuntos de combustible nuclear (22) soportados dentro del núcleo (14), teniendo al menos algunos de los conjuntos de combustible (22) al menos un manguito de instrumentación que se extiende axialmente a su través;
  - un conjunto de elementos internos superiores (26) soportado por encima del núcleo (14) y que tiene trayectos de guía de instrumentación (48) que se extienden axialmente soportados a través del mismo con cada uno de los manguitos de instrumentación que están configurados para recibir la instrumentación a través del conjunto de elementos interiores superiores que está alineado con uno de los trayectos de guía de instrumentación, incluyendo el conjunto de elementos internos superiores una placa (53) del conjunto de rejillas de instrumentación soportada por encima de los trayectos de guía de instrumentación (48) y siendo amovible axialmente con respecto a una porción inferior de los elementos internos superiores; y
  - una pluralidad de conjuntos de manguitos de instrumentación dentro del núcleo (52) que se extienden a través de uno de los trayectos de guía de instrumentación (48) correspondientes dentro de un manguito de instrumentación, teniendo los conjuntos de manguitos de instrumentación (52) dentro del núcleo una porción superior conectada a la placa (53) del conjunto de rejillas de instrumentación y retráctil con la elevación de la placa de conjunto de rejillas de instrumentación para mover una porción de los conjuntos de manguitos de instrumentación (52) en el núcleo en el interior de los manguitos de instrumentación, dentro del conjunto de elementos superiores (26), incluyendo el conjunto de manguitos de instrumentación en el núcleo una sección inferior (100) que comprende una región de sensor y una sección superior (76) a través de la cual se enruta el cableado de señales (80), estando encerradas tanto la sección inferior (100) como la sección superior (76) dentro de una vaina exterior (78), teniendo la vaina exterior (78) una porción superior conectada a la placa del conjunto de rejillas de instrumentación, extendiéndose el cableado de señales (80) al menos parcialmente a través del trayecto de guía de instrumentación (78), **caracterizado por** el cableado de señales (80) que pasa a través y alrededor de un parte exterior de la vaina exterior (78) en una espiral ajustada que se extiende sustancialmente desde la porción superior de la vaina exterior (78) al interior de un tubo de protección (84), en el que el hilo de señales sale a través de un paso desde el interior del recipiente del reactor (10) hasta un exterior del mismo, con el número de vueltas suficiente para estirarse a lo largo de una longitud extendida de la vaina exterior (78) a medida que la vaina exterior (78) se extiende con la elevación de la placa del conjunto de rejillas de instrumentación para retirar el conjunto de manguitos de instrumentación (52) en el núcleo desde el manguito de instrumentación correspondiente, sin desconectar el cableado de señales (80) que estaba alojado dentro del recipiente de presión (10) y del cabezal extraíble superior (12).
2. El reactor nuclear de agua presurizada de la reivindicación 1, en el que el cableado de señales (80) se enrolla alrededor del exterior de una porción superior de la vaina exterior (78).
3. El reactor nuclear de agua presurizada de la reivindicación 2, en el que la bobina (82) tiene la forma de un resorte en espiral.
4. El reactor nuclear de agua presurizada de la reivindicación 1, en el que el paso desde el interior al exterior del recipiente de presión es una brida (66) que se extiende hacia fuera en el conjunto de elementos internos superiores (26).
5. El reactor nuclear de agua presurizada de la reivindicación 1, en el que la placa (53) del conjunto de rejillas de instrumentación está configurada para moverse axialmente desde una posición inferior a una posición superior y los trayectos de guía de instrumentación (48) están formados a partir de una carcasa tubular que se extiende sustancialmente hasta la posición más baja
6. El reactor nuclear de agua presurizada de la reivindicación 5, en el que la placa (53) del conjunto de rejillas de instrumentación en la posición superior está separada por encima de la carcasa tubular.
7. El reactor nuclear de agua presurizada de la reivindicación 6, en el que una porción superior de la carcasa tubular está configurada como un tubo telescópico (60) con una porción superior del tubo telescópico conectada a la placa (53) del conjunto de rejillas de instrumentación.

8. El reactor nuclear de agua presurizada de la reivindicación 1, en el que el cableado de señales (80) sale de la vaina exterior (78) debajo de un extremo superior de la vaina exterior (78).



**FIG. 1** Técnica anterior

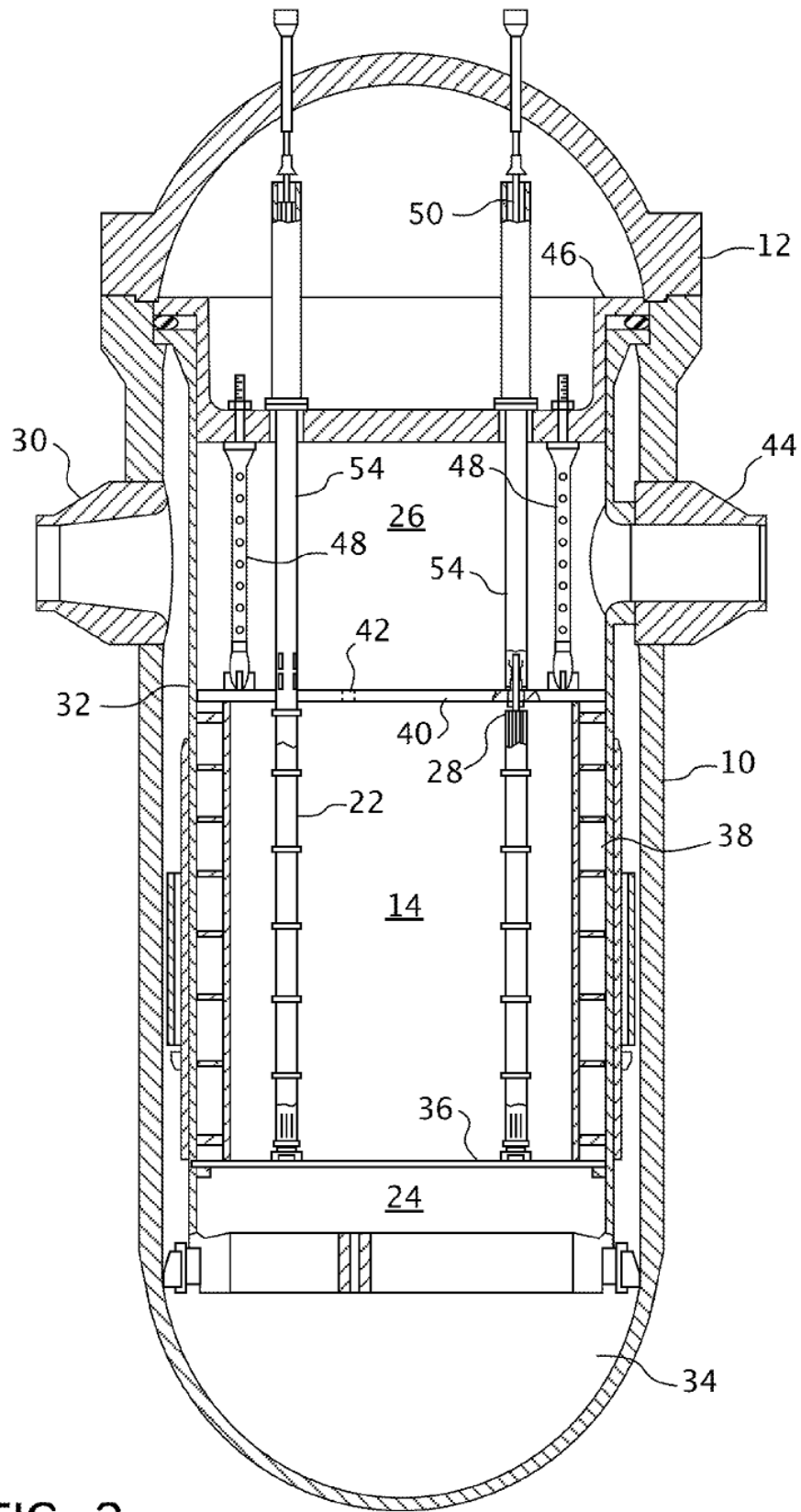


FIG. 2 Técnica anterior

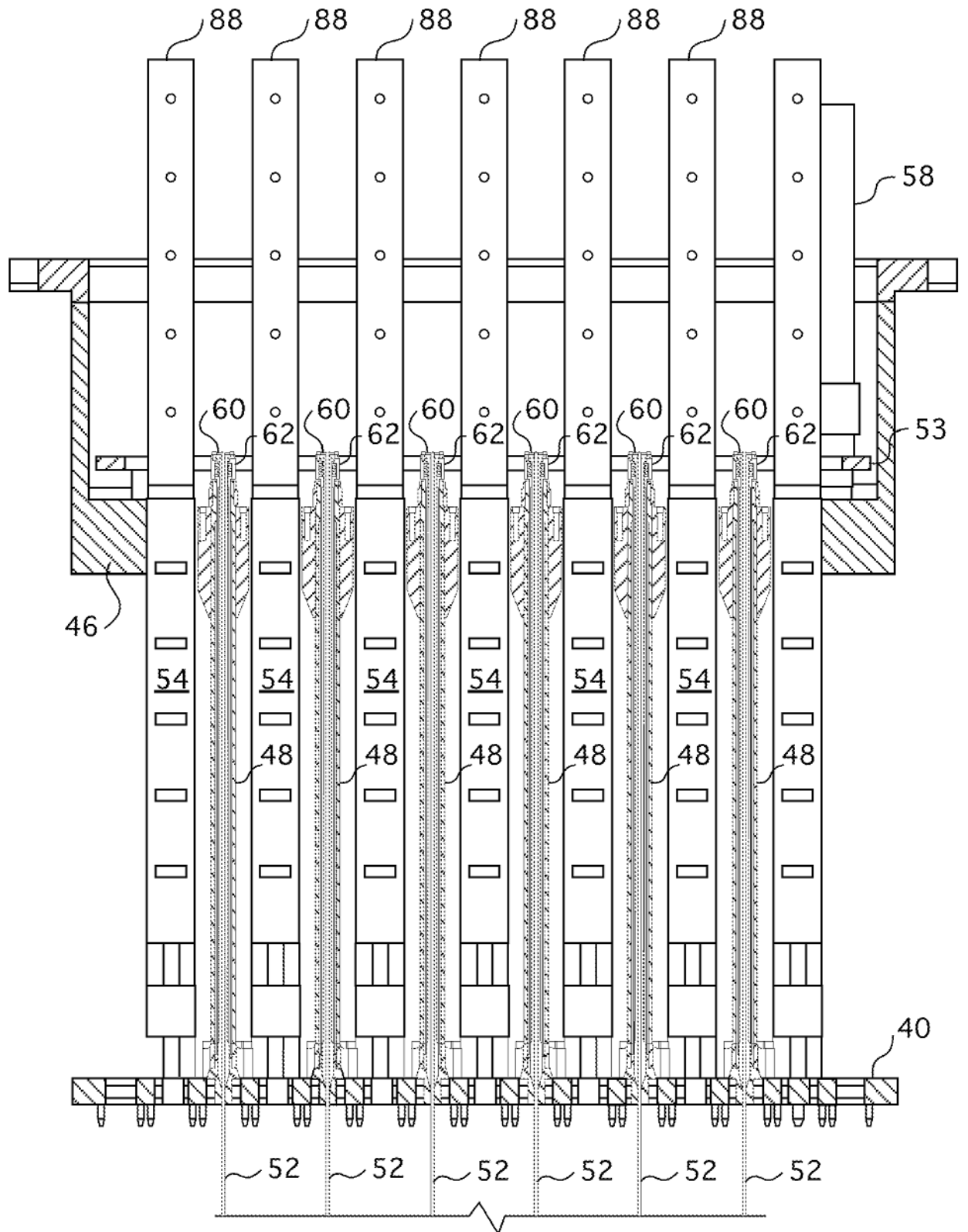


FIG. 3 Técnica anterior

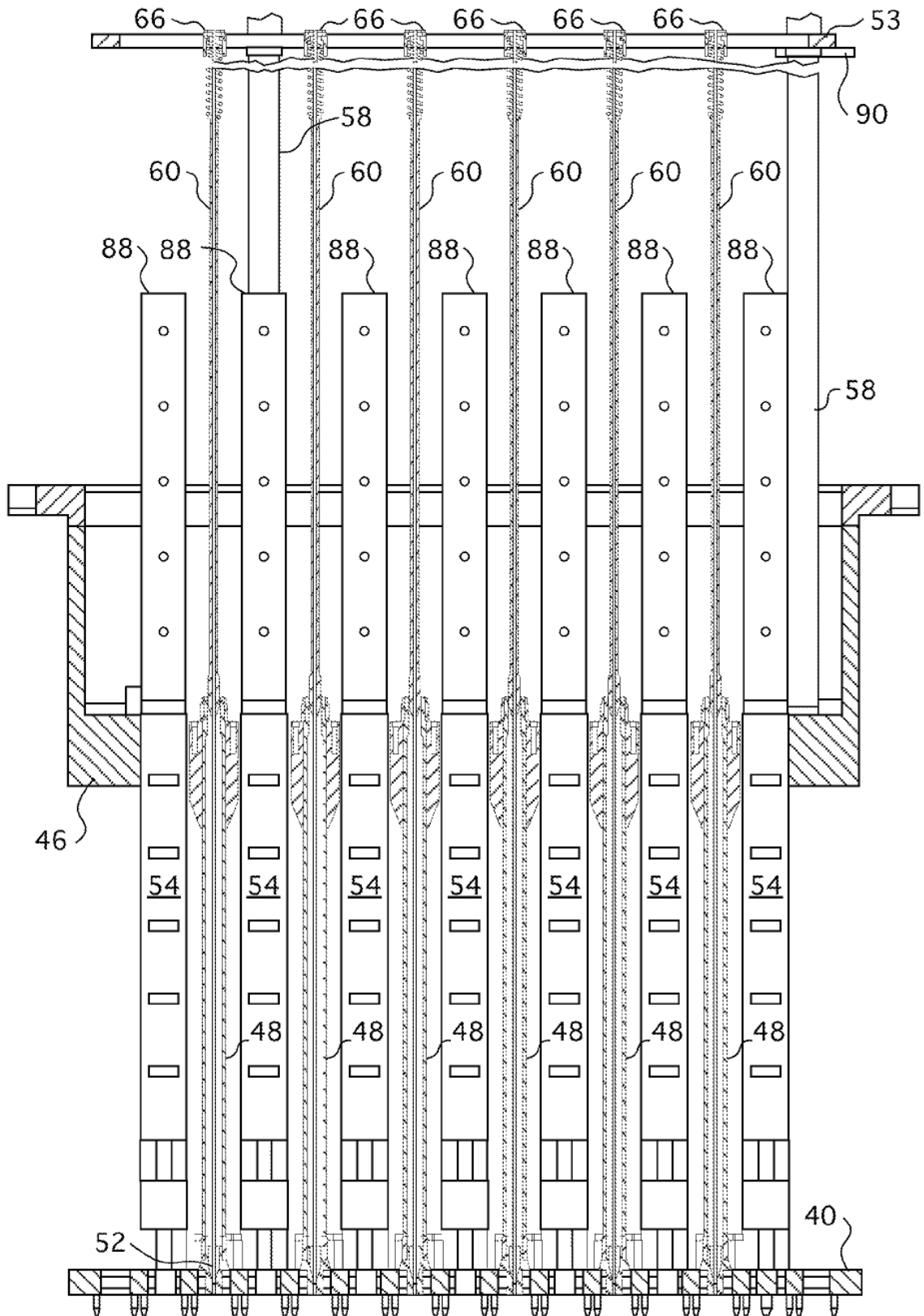


FIG. 4 Técnica anterior

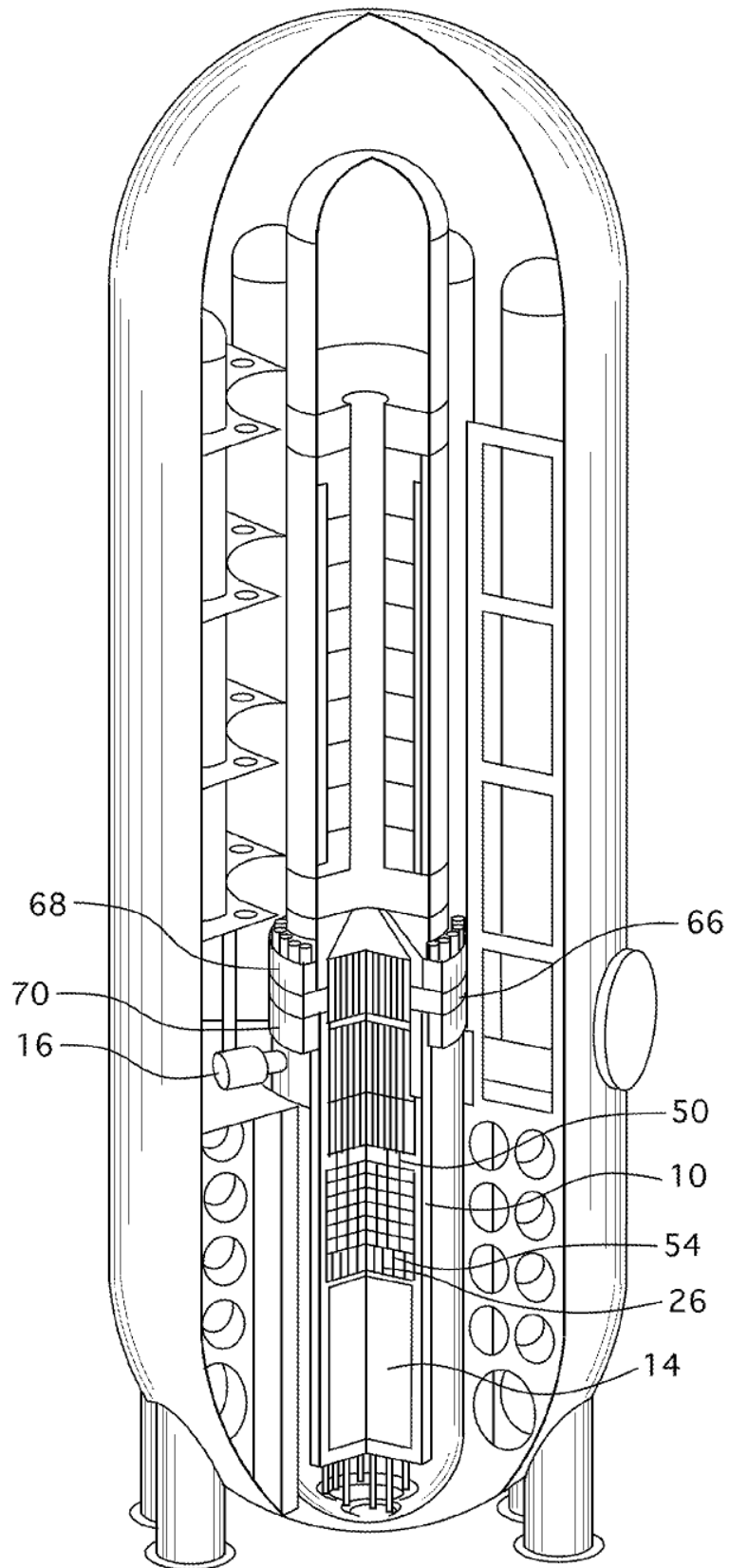
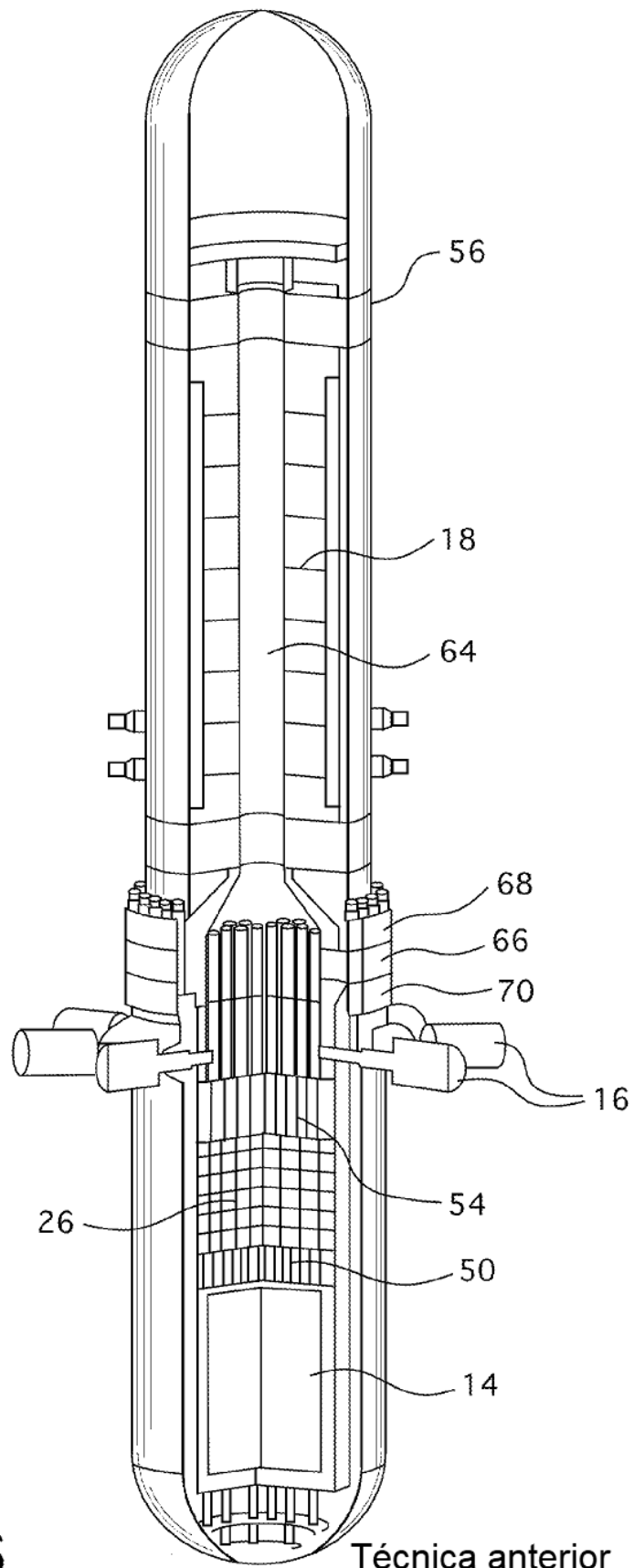
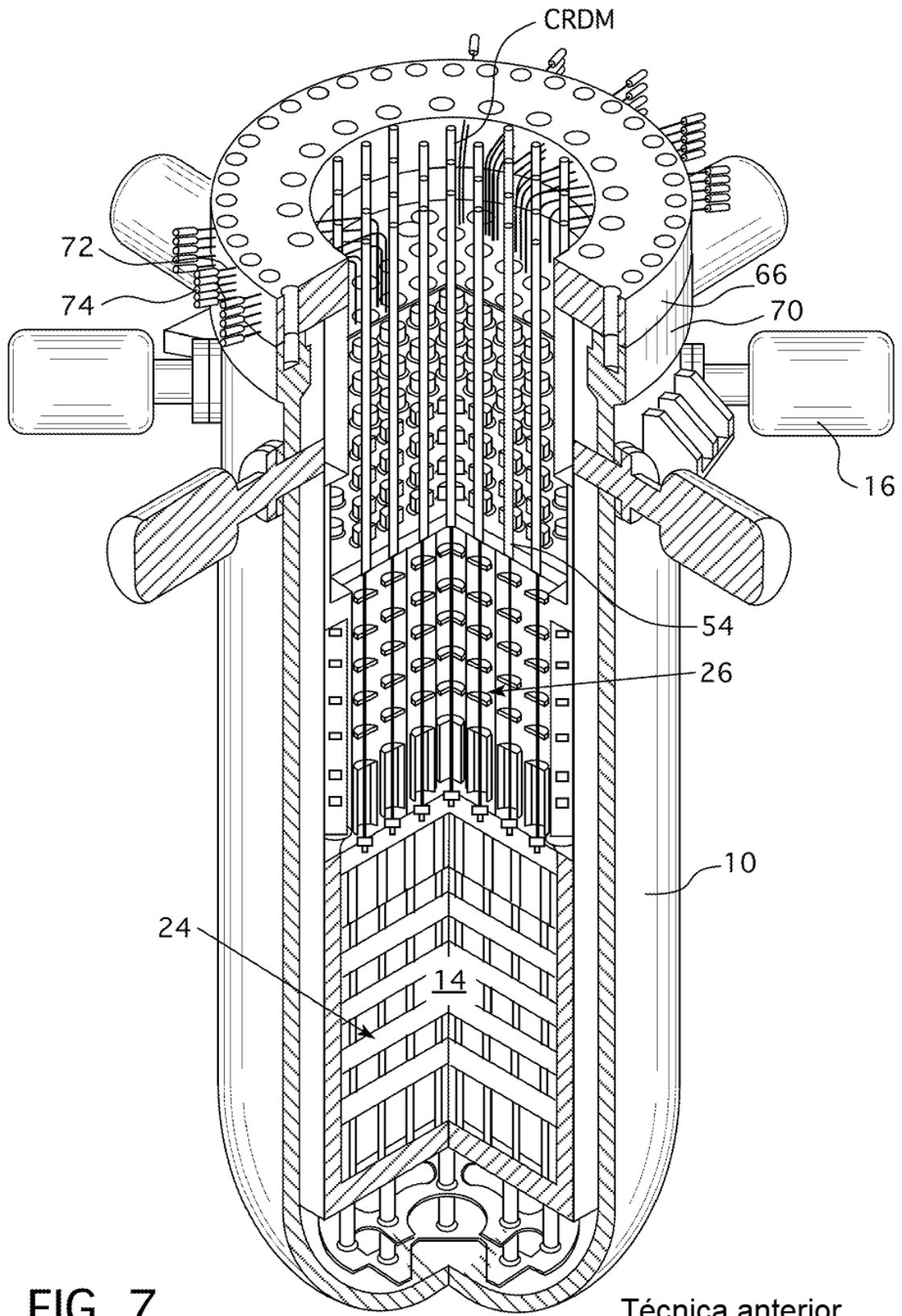


FIG. 5 Técnica anterior







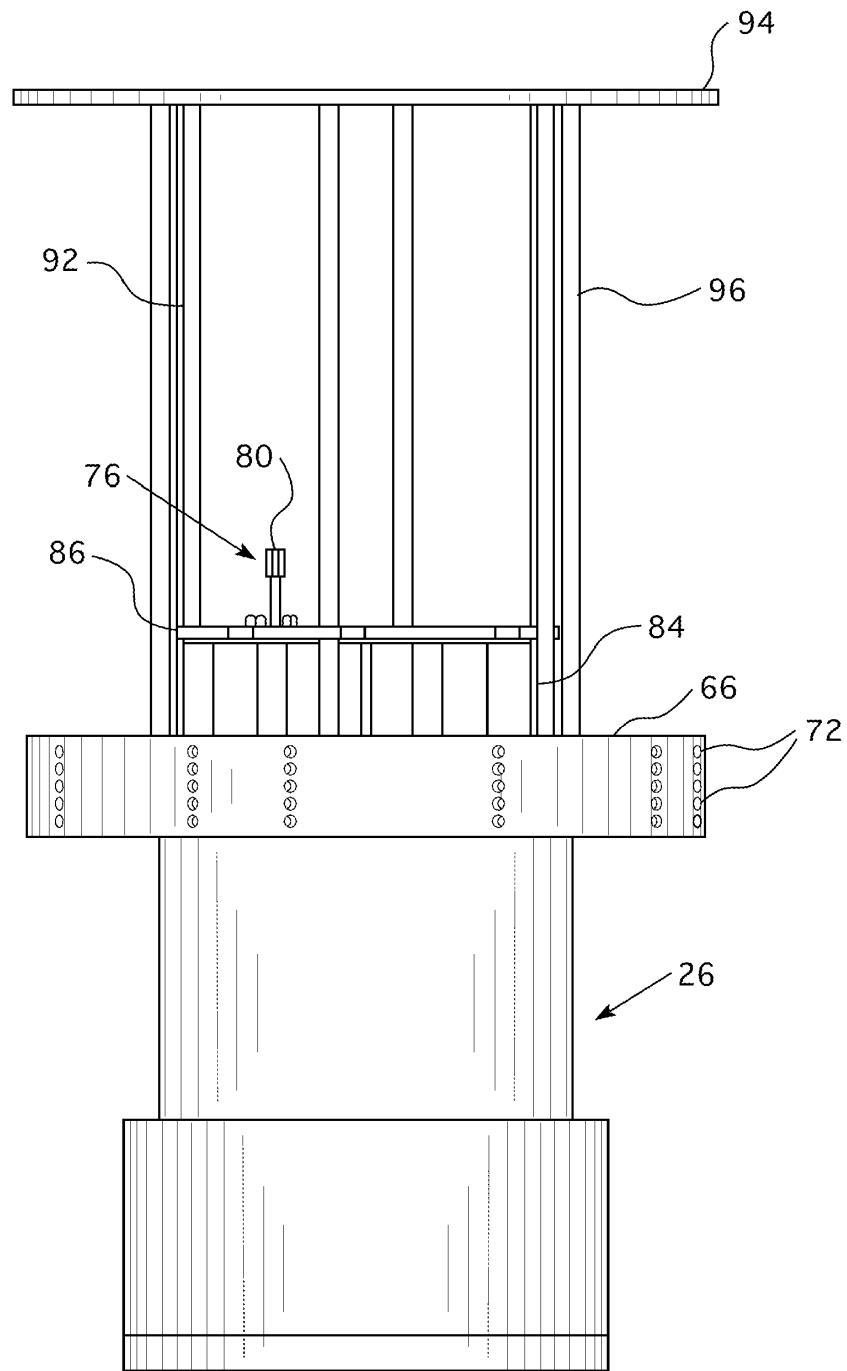


FIG. 8

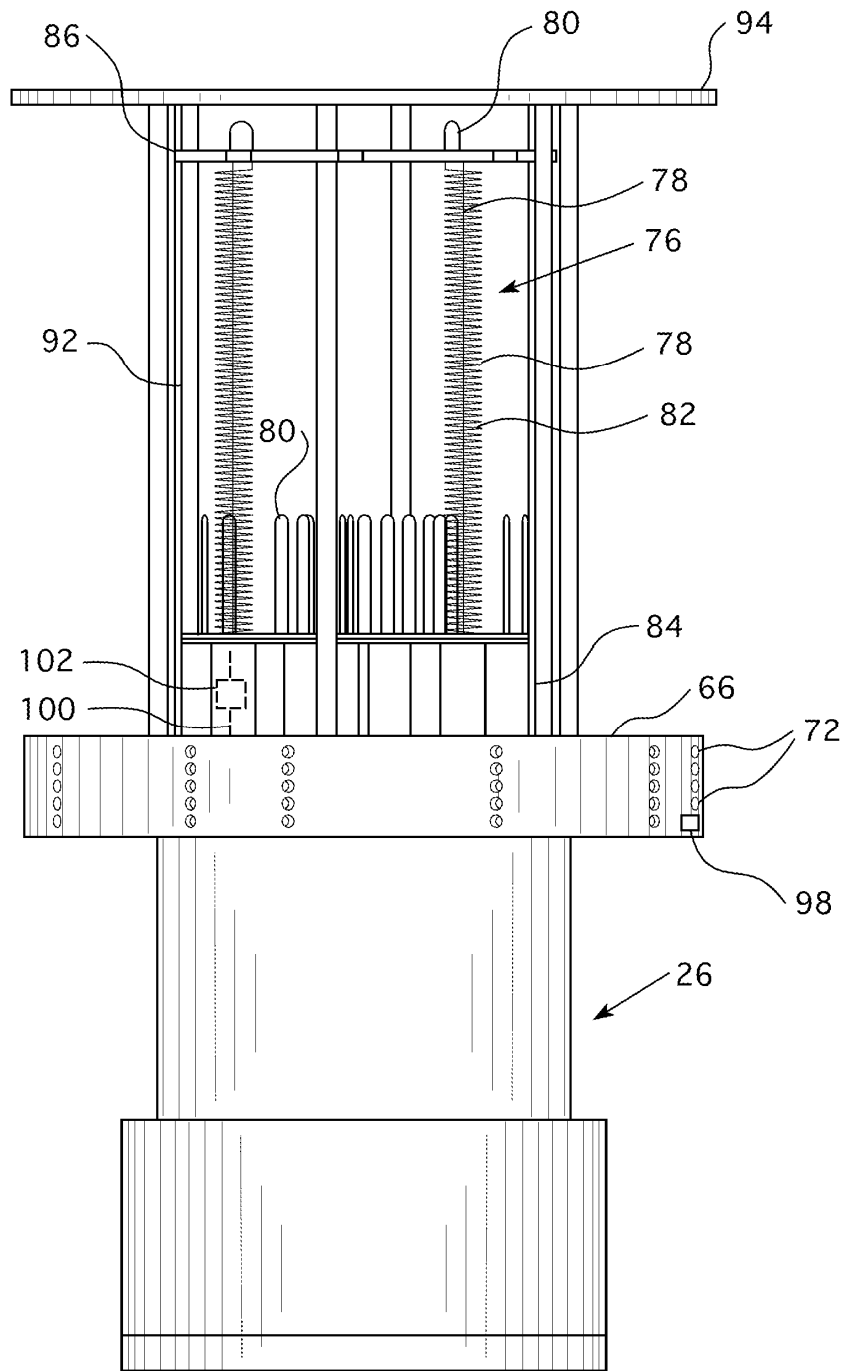


FIG. 9

