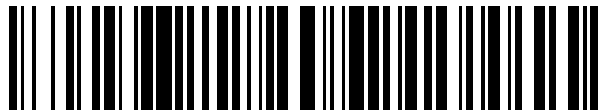


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 873**

51 Int. Cl.:

G21C 7/12 (2006.01)

G21C 7/14 (2006.01)

G21C 1/32 (2006.01)

G21C 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2016 PCT/EP2016/068114**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.02.2017 WO17017242**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2016 E 16745707 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 3329493**

54 Título: **Reactor nuclear con arrastre de los órganos de control de la reactividad del núcleo de tipo tornillo-tuerca**

30 Prioridad:

29.07.2015 FR 1557278

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

17.02.2020

73 Titular/es:

**SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR L'ENERGIE
ATOMIQUE (100.0%)**

**Route de Saint-Aubin, Lieudit Les Hautes Rives
91190 Villiers Le Bacle , FR**

72 Inventor/es:

**RANC, LIONEL;
DUMANOIS, CHARLES y
ROUILLER, JEAN-LUC**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 742 873 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

Reactor nuclear con arrastre de los órganos de control de la reactividad del núcleo de tipo tornillo-tuerca

5 **[0001]** La invención se refiere en general a los reactores nucleares, en concreto a los mecanismos de arrastre de los órganos que controlan la reactividad del núcleo.

[0002] Más precisamente, la invención se refiere a un reactor nuclear del tipo que comprende:

10 - un depósito con un eje central, que contiene un líquido primario;
 - una pluralidad de conjuntos de combustibles nucleares, que forma un núcleo colocado en el depósito;
 - una pluralidad de órganos de control de la reactividad del núcleo;
 - una pluralidad de mecanismos de arrastre de los órganos de control paralelamente al eje central; cada mecanismo de arrastre comprende:

15 - un motor que comporta un estátor y un rotor susceptible de ser arrastrado en rotación mediante el estátor;
 - un órgano conductor que comprende una parte de arrastre que forma el tornillo o la tuerca;
 - un dispositivo de unión en rotación del órgano conductor al rotor, con un órgano de aplicación de un par rotativo del rotor al órgano conductor;
 20 - un órgano conducido unido en traslación a uno de los órganos de control y que comprende el otro tornillo o tuerca, el tornillo y la tuerca cooperan de manera que una rotación del órgano conductor respecto del estátor se traduce en una traslación del órgano conducido paralelamente al eje central respecto del estátor;
 - un dispositivo de bloqueo que comprende al menos un órgano de bloqueo selectivamente móvil entre una posición de bloqueo en la que el órgano conductor está bloqueado en traslación paralelamente al eje central respecto del
 25 rotor, y una posición de liberación en la que el órgano conductor y el órgano conducido son libres en traslación paralelamente al eje central respecto del rotor entre una posición extrema alta y una posición extrema baja.

[0003] Un tal reactor nuclear se conoce por el documento EP0034517. Los mecanismos de arrastre de este reactor se sitúan fuera del depósito, de manera que el reactor nuclear presenta una altura importante. Además, estos
 30 mecanismos presentan diámetros elevados, de manera que el número de órganos de control que se pueden implantar en el reactor nuclear está muy limitado. Esto es particularmente problemático cuando el reactor nuclear funciona con un líquido primario desprovisto de boro.

[0004] El documento US2015/0139380 describe un reactor nuclear con mecanismos de arrastre de los órganos
 35 de control de tipo trinquete, sumergidos en el interior del depósito.

[0005] El documento US2010/0316177 describe un reactor nuclear con mecanismos de arrastre de tipo tornillo-tuerca, sumergidos en el interior del depósito. El dispositivo de bloqueo comporta múltiples bobinas, dispuestas a gran
 40 altura. Esto es una fuente de fallos.

[0006] En este contexto, la invención tiene por objeto proponer un reactor nuclear que resuelva el problema
 mencionado.

[0007] Con este fin, la invención se refiere a un reactor nuclear del tipo mencionado, caracterizado porque en
 45 cada mecanismo de arrastre:

- el motor está totalmente sumergido en el líquido primario en el interior del depósito;
 - el rotor presenta un paso central, el órgano de aplicación del par rotativo está situado en o cerca del paso central;
 - el órgano conductor comprende una parte de unión insertada en el paso central y coopera con el órgano de aplicación
 50 del par rotativo, la parte de unión es libre en traslación en el paso central respecto del rotor cuando el o cada órgano de bloqueo está en posición de liberación.

[0008] Como los mecanismos de arrastre están completamente sumergidos en el líquido primario en el interior
 del depósito, la altura total del reactor nuclear se reduce, porque ya no presenta estructuras sobresalientes por encima
 55 del depósito.

[0009] Además, el órgano de aplicación del par del rotor al órgano conductor está situado inmediatamente en
 las cercanías del rotor, incluso en el paso interno del rotor. En el documento EP0034517, el órgano de aplicación del
 par del rotor al órgano conductor está desviado a una distancia importante del rotor. El mecanismo de arrastre de
 60 EP0034517 debe comportar un árbol hueco que transmita el par del rotor hasta el órgano de aplicación del par rotativo.
 El mecanismo debe asimismo prever una guía en rotación del árbol hueco, dado el importante voladizo que separa el
 rotor del órgano de aplicación del par rotativo. Una tal disposición aumenta de manera significativa las dimensiones
 radiales del mecanismo de arrastre. Estas limitaciones se eliminan en la invención gracias a la posición del órgano de
 aplicación del par rotativo.

65

- [0010]** Además, el hecho de que el órgano conductor comporte una parte de unión libre en traslación en el paso central en caso de liberación, hace que el motor no contribuya a la altura total del mecanismo de arrastre. Esta está controlada por longitudes respectivas del órgano conductor y del órgano conducido y por la posición alta extrema. Así, es posible disponer las bobinas del rotor y del estátor de manera que se minimice el diámetro externo del motor, repartiendo los conductores a mayor altura.
- [0011]** El diámetro del mecanismo de arrastre puede así ser inferior al paso de los conjuntos de combustible, de manera que sea posible prever hasta un mecanismo de arrastre para cada conjunto de combustible.
- 10 **[0012]** El reactor nuclear además puede presentar una o más de las siguientes características, considerada(s) individualmente o según cualquiera de las combinaciones técnicamente posibles:
- la parte de unión del órgano conductor comprende un primer tramo que coopera con el órgano de aplicación del par rotativo en la posición extrema alta, y un segundo tramo que coopera con el órgano de aplicación del par rotativo en la posición extrema baja;
 - 15 - un reactor tal como el descrito más arriba, el órgano de aplicación del par rotativo comprende una pluralidad de elementos rotativos susceptibles de rodar a lo largo de la parte de unión cuando dicha parte de unión se desplaza paralelamente al eje central;
 - la parte de unión considerada en sección perpendicularmente al eje central, presenta al menos un lado plano;
 - 20 - el paso está delimitado por una pared periférica separada de la parte de unión mediante un intersticio de espesor superior a 10 mm;
 - el o cada órgano de bloqueo está montada sobre un soporte solidario del rotor;
 - el dispositivo de bloqueo comprende al menos una masa polar unida al o a uno de los órganos de bloqueo y al menos una bobina electromagnética que coopera con la o con cada masa polar, la o cada bobina electromagnética está fija
 - 25 en traslación y en rotación respecto del estátor;
 - el dispositivo de bloqueo comprende al menos un órgano elástico interpuesto entre el órgano conductor y el soporte, solicitando el órgano conductor hacia la posición extrema baja;
 - cada mecanismo de arrastre comprende un dispositivo de guía en traslación y de bloqueo en rotación del órgano conducido respecto del estátor;
 - 30 - cada mecanismo de arrastre comprende un chasis superior sobre el cual están montados el motor y el dispositivo de bloqueo, y un chasis inferior sobre el cual está montado el dispositivo de guía en traslación y de bloqueo en rotación, los chasis superior e inferior están fijados de manera desmontable el uno del otro de manera que el chasis inferior está más cerca del núcleo que el chasis superior;
 - el tornillo y la tuerca constituyen una unión irreversible, prevista para que una sollicitación vertical aplicada al órgano conductor no se convierta en un movimiento de rotación del órgano conductor.
 - 35
- [0013]** Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción detallada que aparece a continuación, a título indicativo y en absoluto limitativo, en referencia a las figuras anexas, entre las que:
- 40 - la figura 1 es una representación esquemática simplificada de un reactor nuclear conforme a la invención;
 - la figura 2 es una representación detallada, en sección, del mecanismo de arrastre de un órgano de control de la reactividad del núcleo del reactor nuclear de la figura 1; y
 - la figura 3 es una vista en sección, considerada según la incidencia de las flechas III de la figura 2.
- 45 **[0014]** El reactor nuclear 1 representado en la figura 1 es un reactor conocido con la sigla SMR (Small and Modular Reactor, o reactor pequeño y modular). Este tipo de reactor equipa por ejemplo instalaciones nucleares pequeñas con una potencia de unos cientos de MWe. Este reactor es típicamente del tipo de agua a presión (PWR). En una variante, el reactor es de tipo de agua en ebullición (BWR).
- 50 **[0015]** El reactor 1 comprende un depósito 3 que tiene un eje central C, una pluralidad de conjuntos de combustible nuclear 5 que forman un núcleo 7 colocado en el depósito 3, una pluralidad de órganos 9 de control de la reactividad del núcleo 7 y una pluralidad de mecanismos 11 de arrastre de los órganos de control 9 paralelamente al eje central C.
- 55 **[0016]** En la figura 1 solo se ha representado un pequeño número de conjuntos de combustible nuclear, de órganos de control y de mecanismos de arrastre. En realidad, cada reactor nuclear comporta un gran número de conjuntos de combustible nuclear e incluso un gran número de órganos de control y de mecanismos de arrastre.
- [0017]** El eje central C es típicamente vertical o sensiblemente vertical. El depósito 3 es sustancialmente de revolución alrededor del eje central C.
- 60 **[0018]** El depósito 3 contiene el líquido primario del reactor nuclear. Típicamente, en un reactor de tipo SMR, el presurizador y el o los generadores de vapor están alojados en el interior del depósito 3. Estos elementos no están representados en la figura 1.
- 65

[0019] Los conjuntos de combustible nuclear 5 son elementos alargados paralelamente al eje central, de forma prismática, colocados los unos contra los otros.

[0020] Los órganos 9 de control de la reactividad del núcleo se conocen con el nombre de barra de control o haz de control. Cada uno comporta una parte constituida por un material neutrófago. Cada órgano de control tiene una forma alargada paralelamente al eje central C, y de sección adaptada para permitir la inserción del órgano de control en un canal no representado acondicionado en el centro de un conjunto de combustible nuclear 5.

[0021] Cada mecanismo de arrastre 11 está previsto para desplazar uno de los órganos de control 10 paralelamente al eje central C, de manera que se extraiga completamente fuera del conjunto de combustible nuclear 5 correspondiente, o que se inserte en una longitud determinada en el interior del conjunto de combustible nuclear.

[0022] Como se ve en la figura 2, cada mecanismo de arrastre 11 comprende:

- 15 - un motor 15 que comporta un estátor 17 y un rotor 19 susceptible de ser arrastrado en rotación mediante el estátor 17;
- un órgano conductor 21 que comprende una parte de arrastre 23 que forma el tornillo o la tuerca;
- un dispositivo 25 de unión en rotación del órgano conductor 21 al rotor 19, con un órgano 27 de aplicación de un par rotativo del rotor al órgano conductor;
- 20 - un órgano conducido 29 unido en traslación a uno de los órganos de control 9 y que comprende el otro tornillo o tuerca;
- un dispositivo 31 de bloqueo, que comprende al menos un órgano de bloqueo 33 selectivamente móvil entre una posición de bloqueo en la que el órgano conductor 21 está bloqueado en traslación paralelamente al eje central C respecto del rotor 19, y una posición de liberación en la que el órgano conductor 21 y el órgano conducido 29 son 25 libres en traslación paralelamente al eje central C respecto del rotor 19.

[0023] Los motores 15 están totalmente sumergidos en el líquido primario en el interior del depósito. Más generalmente, los mecanismos de arrastre 11 están totalmente sumergidos en el líquido primario en el interior del depósito 3. Esto quiere decir que, a diferencia de EP0034517, ninguno de los elementos del mecanismo de arrastre 30 está en saliente fuera del depósito 3. Más particularmente, el motor 15, los órganos conductor y conducido 21 y 29, el dispositivo de bloqueo 31 están sumergidos en el líquido primario en el interior del depósito 3. Típicamente, todos estos elementos están sumergidos permanentemente en el líquido primario.

[0024] Solo los conductores eléctricos que unen el mecanismo de arrastre a una fuente de corriente eléctrica 35 o a órganos electrónicos de detección salen del depósito.

[0025] El estátor 17 presenta una forma cilíndrica, y presenta un eje A paralelo al eje central C.

[0026] El rotor 19 está dispuesto en el interior del estátor 17, y presenta una forma cilíndrica coaxial al eje A. 40 Presenta un paso central 35 que se extiende según el eje A.

[0027] El órgano conductor 21, además de la parte de arrastre 23 que comporta una parte de unión 37 insertada en el paso central 35. El órgano conductor 21 es una varilla de gran longitud paralelamente al eje central C, la parte de arrastre 23 constituye el tramo inferior de dicha varilla y la parte de unión 37 el tramo superior de dicha varilla. La 45 parte de arrastre 23 es solidaria de la parte de unión 37.

[0028] En la presente descripción, los términos inferior y superior, arriba y abajo, encima y debajo, se entienden en relación con una dirección vertical, que corresponde sensiblemente al eje central C.

50 **[0029]** En el ejemplo representado, la parte de arrastre 23 forma un tornillo con un fileteado externo 39. Este fileteado se extiende sensiblemente por toda la longitud de la parte de arrastre 23.

[0030] En ese caso, el órgano conducido 29 comporta una parte tubular 41, un extremo superior 43 de dicha parte tubular lleva una tuerca 45. La tuerca 45 presenta un roscado interno que coopera con el fileteado externo 39 55 del tornillo.

[0031] En una variante, la parte de arrastre 23 lleva un tornillo y el órgano conducido 29 comporta una parte que forma un tornillo y que coopera con la tuerca.

60 **[0032]** El tornillo 23 y la tuerca 45 cooperan así de manera que una rotación del órgano conductor 21, respecto al estátor 17 se traduce por una traslación del órgano conducido 29, paralelamente al eje central C respecto del estátor 17. La cooperación del tornillo y de la tuerca permite, en funcionamiento normal, controlar la posición de inserción del órgano de control 9 en el conjunto de combustible 5 correspondiente. El funcionamiento normal corresponde a la situación en la que el o los órganos de bloqueo están en posición de bloqueo.

65

- 5 **[0033]** La parte tubular 41 presenta una longitud, paralelamente al eje central, sensiblemente igual a la del tornillo 23. Así, el tornillo 23 es susceptible de ser recibido en el interior de la parte tubular 41, en toda o parte de su longitud, en función de la posición de la tuerca 45 a lo largo del tornillo 23. La longitud del tornillo corresponde a la carrera máxima del órgano de control 9 en funcionamiento normal.
- [0034]** Además, el órgano conducido 29 comporta una fijación 47 que solidariza el órgano conducido con el órgano de control 9. La fijación 47 está soportada por un extremo inferior 49 de la parte tubular 41.
- 10 **[0035]** El órgano de aplicación del par rotativo 27 está previsto para transmitir un par rotativo desde el rotor 19 al órgano conductor 21. Aquí se entiende por órgano de aplicación la parte del dispositivo de unión 25 que coopera directamente con el órgano conductor 21 y más precisamente, con la parte de unión 37 de este.
- [0036]** Ventajosamente, el órgano de aplicación 27 comprende una pluralidad de elementos rotativos 51 susceptibles de rodar a lo largo de la parte de unión 37 cuando esta se desplaza paralelamente al eje central.
- 15 **[0037]** Por ejemplo, los elementos rotativos 51 son rodillos. En una variante, son bolas o cualquier otro tipo de elemento rotativo. En otra variante, la unión entre el rotor 19 y el órgano conductor 21 está realizada sin elemento rotativo con ayuda de una unión de tipo cuadrado macho (en el lado del rotor 19)/cuadrado hembra (en el lado del órgano conductor 21).
- 20 **[0038]** Los elementos rotativos están unidos al rotor 19. Son móviles en rotación alrededor de los ejes respectivos que se extienden cada uno en un plano perpendicular al eje central C. Están repartidos circunferencialmente alrededor de la parte de unión 37 del órgano conductor 21.
- 25 **[0039]** La parte de unión 37, de forma que permite la transmisión del par rotativo, considerada en sección perpendicularmente al eje central C, presenta al menos un lado plano 53 (figura 3). Típicamente, la parte de unión 37, considerada en sección, presenta tantos lados planos 53 como elementos rotativos 51, cada elemento rotativo rueda a lo largo de un lado plano 53.
- 30 **[0040]** En el ejemplo representado, el órgano de aplicación 27 comporta cuatro rodillos 51, dispuestos a 90° los unos de los otros alrededor del eje central C. Además, la parte de unión 37 del órgano conductor 21 presenta una sección cuadrada perpendicularmente al eje central C. Comporta por tanto cuatro lados planos 53 perpendiculares los unos de los otros.
- 35 **[0041]** En una variante, el órgano de aplicación 27 comporta tres elementos rotativos 51 o cinco elementos rotativos 51, o más de cinco elementos rotativos 51.
- [0042]** El órgano 27 de aplicación del par rotativo está situado en o en las cercanías del paso central 35. Se entiende por «en las cercanías de» el hecho de que el órgano de aplicación 27 está situado, según el eje central, a una distancia inferior a 50 cm del rotor 19.
- 40 **[0043]** Cuando el órgano de aplicación no está alojado en el paso central, se encuentra situado preferentemente debajo del rotor 19. En una variante no preferida, está situado encima del rotor 19.
- 45 **[0044]** Típicamente, los elementos rotativos 51 están dispuestos en los alojamiento acondicionados en el rotor 19 y están en saliente en el interior del paso 35. Esta situación se ilustra en las figuras 2 y 3.
- [0045]** Por consiguiente, la pared periférica 57 que delimita el paso 35 está separada de la parte de unión 37 por un intersticio con un espesor superior a 10 mm.
- 50 **[0046]** En primer lugar, esto tiene como efecto permitir la circulación del fluido primario entre el órgano conductor 21 y el rotor 19 a través del paso 35. Se reduce así la pérdida de carga del fluido primario que pasa a través del mecanismo de arrastre.
- 55 **[0047]** Esto también es favorable para la refrigeración del motor.
- [0048]** Por último, esto permite reducir la resistencia hidromecánica cuando el órgano conductor 21 y el órgano conducido 29 se liberan por una emergencia.
- 60 **[0049]** En una variante, el órgano de aplicación del par rotativo 27 no comporta elementos rotativos. Comporta por ejemplo una o varias zapatas en apoyo deslizante contra la parte de unión 37 del órgano conductor.
- [0050]** El o los órganos de bloqueo 33 están montados sobre un soporte 59 solidario del rotor 19. El soporte 59 presenta una forma cilíndrica, y delimita interiormente un conducto 60 colocado en la prolongación del paso 35.
- 65

[0051] El dispositivo de bloqueo 31 comporta típicamente varios órganos de bloqueo 33, repartidos circunferencialmente alrededor del órgano conductor 21.

[0052] El dispositivo de bloqueo 31 comporta al menos una masa polar 61 unida al o a los órganos de bloqueo 33, y al menos una bobina electromagnética 63 que coopera con la o las masas polares 61.

[0053] Por ejemplo, cada órgano de bloqueo 33 es un gancho montado pivotante sobre el soporte 59. El dispositivo de bloqueo 31 comporta además para cada órgano de bloqueo 33, una bieleta 64, articulada por un extremo a una de las masas polares 61 y en su extremo opuesto al gancho 33.

[0054] Cuando la bobina electromagnética 63 se activa, solicita magnéticamente la o las masas polares 61 paralelamente al eje central, en apoyo contra un tope (no representado) acondicionado sobre el soporte 59. En esta posición, el o los órganos de bloqueo 33 están en saliente en el interior del conducto 60 y están colocados en una ranura 65 acondicionada en el órgano conductor 21. La ranura 65 está situada en un tramo intermedio del órgano conductor 21 entre la parte de arrastre y la parte de unión.

[0055] La ranura 65 está delimitada hacia arriba por un reborde 67, en saliente contra el o los órganos de bloqueo 33. El o los órganos de bloqueo 33 cooperan con el reborde 67 para bloquear el desplazamiento del órgano conductor 21, paralelamente al eje central C, hacia el núcleo 7.

[0056] Además, el dispositivo de bloqueo 31 comporta también un órgano elástico 69, interpuesto entre el órgano conductor 21 y el soporte 59, y que solicita al órgano conductor 21 hacia el núcleo 7. En el ejemplo representado, este órgano elástico es un muelle helicoidal de compresión.

[0057] Cuando se corta la alimentación eléctrica de la bobina 63, la o las masas polares 61 ya no están pegadas contra el tope acondicionado en el soporte 59. Unos órganos elásticos no representados hacen pivotar el o los órganos de bloqueo 33 de manera que los retrae fuera del conducto 60. Este movimiento ya no está impedido por la o las masas polares 61, mantenidas electromagnéticamente contra los topes. El órgano conductor 21 es libre entonces de desplazarse hacia el núcleo 7, bajo el efecto de su peso y del esfuerzo de propulsión aplicado por el órgano elástico 69.

[0058] Hay que señalar que el tornillo 45 y la tuerca 23 constituyen una conexión irreversible, en el sentido en que está prevista para que una sollicitación vertical aplicada al órgano conducido 29 no sea convertida por el tornillo y la tuerca en un movimiento de rotación del órgano conductor 21.

[0059] Por consiguiente, no es necesario mantener una alimentación eléctrica del estátor y del rotor permanentemente, para bloquear el órgano de control 9 en su posición corriente.

[0060] Cada mecanismo de arrastre 11 comporta además un dispositivo 71 de guía en traslación y de bloqueo en rotación del órgano conducido 29 respecto del estátor 17. Típicamente, este dispositivo 71 comporta una o varias correderas 73 de orientación paralelas al eje central C, cada corredera 73 coopera con una chaveta 74 solidaria del órgano conducido 23. Este dispositivo permite así evitar la rotación del órgano conducido 29 cuando el órgano conductor 21 es arrastrado en rotación por el rotor 19.

[0061] Cada mecanismo de arrastre 11 comprende además un chasis superior 75 sobre el cual están montados el motor 15 y el dispositivo de bloqueo 31, y un chasis inferior 77, sobre el cual está montado sobre el dispositivo 71 de guía en traslación y de bloqueo en rotación.

[0062] El chasis inferior 77 solo soporta el dispositivo de guía en traslación y de bloqueo en rotación 75. Por tanto puede abrirse ampliamente para facilitar la circulación del líquido primario. Esto contribuye a reducir las pérdidas de carga y a facilitar la refrigeración del motor 15 y de las bobinas electromagnéticas 63.

[0063] El chasis superior 75 y el chasis inferior 77 están fijados el uno al otro de manera que el chasis inferior 77 está más cerca del núcleo 7 que el chasis superior 75. De hecho, las partes eléctricas, por ejemplo el motor, las bobinas electromagnéticas, las conexiones eléctricas y la instrumentación, son sensibles a la radiación nuclear. Por tanto es ventajoso desviarlas lejos del núcleo 7. El chasis inferior solo soporta órganos mecánicos robustos, y por tanto puede disponerse ventajosamente más cerca del núcleo 7.

[0064] Además, el chasis superior 75 y el chasis inferior 77 están rígidamente fijados el uno al otro mediante órganos de fijación desmontables no representados. Esto tiene por efecto facilitar el mantenimiento del mecanismo de arrastre 11. El chasis superior, que soporta los elementos más compactos y los más frágiles, puede separarse del depósito independientemente del chasis inferior, y en un bloque.

[0065] Hay que señalar que el órgano conductor 21 se desmonta por separado del chasis superior y del chasis inferior. El órgano conducido 29 se desmonta con el chasis inferior.

[0066] El funcionamiento del reactor nuclear se va a describir a continuación.

[0067] Aquí se contempla una configuración de salida en la que el órgano conductor 21 está bloqueado en 5 traslación paralelamente al eje central C respecto del rotor 19, mediante el dispositivo de bloqueo 31. Esta posición se denomina la posición extrema alta.

[0068] En esta situación, la bobina electromagnética 63 se activa, de manera que la o las masas polares 11 10 están pegadas electromagnéticamente contra los topes previstos a este efecto. En la representación de la figura 2, están así solicitadas hacia arriba.

[0069] Para desplazar un órgano de control de la reactividad del núcleo 9 hacia abajo o hacia arriba, el estátor 17 se activa y arrastra en rotación el rotor 19. El movimiento de rotación del rotor 19 se transmite al órgano conductor 21 mediante el dispositivo de unión 25 y más precisamente mediante el órgano de aplicación del par rotativo 27. Los 15 elementos rotativos 51 están apoyados contra los laterales 53 de la parte de unión 37, y transmiten el par rotativo del rotor al órgano conductor 21.

[0070] Siguiendo el sentido de rotación del rotor 19, esta rotación se va a convertir en un movimiento de 20 traslación de la parte conducida bien hacia arriba, bien hacia abajo, paralelamente al eje central C.

[0071] De hecho, el tornillo 23 se arrastra en rotación, de manera que la tuerca 45 se desplaza en traslación a lo largo del tornillo. Esto produce un desplazamiento de todo el órgano conducido 29 que arrastra a su vez al órgano de control 9 en traslación paralelamente al eje central C. Este movimiento está guiado por el dispositivo de guía 71, 25 las chavetas 74 que se deslizan en las correderas 73 previstas a este efecto.

[0072] Si es necesario descender rápidamente los órganos de control 9 de la reactividad del núcleo en el interior de los conjuntos de combustible nuclear, por ejemplo en caso de emergencia, se corta la alimentación eléctrica de la bobina electromagnética 63.

[0073] La o las masas polares 61 ya no están pegadas electromagnéticamente contra su tope, sino que están 30 solicitadas en un sentido que conduce a la retirada de los órganos de bloqueo 33, mediante órganos elásticos previstos a este efecto. El órgano conductor 21 en esta situación ya no está bloqueado en traslación respecto del rotor 19. El órgano elástico 69 solicita al órgano conductor 21 hacia el núcleo 7, y arrastra a su vez al órgano conducido 29 mediante el par tornillo-tuerca.

[0074] El órgano conductor 21 y el órgano conducido 29 se desplazan así conjuntamente, en traslación 35 respecto del rotor 19. La parte de unión 37 del órgano conductor 21 se desplaza en el interior del paso 35.

[0075] La carrera en traslación del órgano conductor 21 y del órgano 29 depende de la posición de la tuerca 40 45 a lo largo del tornillo 23 en el momento en que la alimentación eléctrica de la bobina 63 se corta. Esta carrera es máxima cuando la tuerca 45 vuelve a subir al máximo a lo largo del tornillo 23, como se ilustra en la figura 2. El órgano conductor 21 y el órgano conducido 29 se desplazan entonces hasta una posición extrema baja.

[0076] Hay que señalar que tanto en la posición extrema alta como en la posición extrema baja, la parte de 45 unión 37 del órgano conductor 21 se mantiene en contacto con el órgano de aplicación del par rotativo 27.

[0077] Más precisamente, en la posición extrema alta, un primer tramo 79 de la parte de unión 37 coopera con el órgano de aplicación del par rotativo 27, y en la posición extrema baja un segundo tramo 81 de la parte de unión coopera con el órgano de aplicación del par rotativo 27. El primer tramo 79 está situado en un extremo inferior de la 50 parte de unión 37 y linda por tanto con el reborde 67. El segundo tramo 81 está situado en un extremo superior de la parte de unión 37.

[0078] El tiempo de caída del conjunto órgano conductor-órgano conducido es particularmente corto. Efectivamente, como la unión tornillo-tuerca se libera con el órgano conductor y el órgano conducido, la caída 55 corresponde a un simple movimiento de traslación y no al movimiento helicoidal de un tornillo o de una tuerca. Las fricciones mecánicas se reducen al mínimo, en concreto en el caso en que el órgano de aplicación del par comprende uno o varios elementos rotativos que ruedan a lo largo de la parte de unión. La resistencia hidrodinámica al movimiento de caída se reduce por el hecho de que se acondiciona un intersticio de gran espesor entre el rotor y la parte de unión del órgano conductor. Además, esta resistencia hidrodinámica solo se produce a la altura del rotor, que es poca 60 respecto de la altura del órgano conductor o del órgano conducido. Por último, la masa del órgano conductor y del órgano conducido contribuye a acelerar la caída.

[0079] Después de la liberación del órgano conductor y del órgano conducido 29, para volver a llevarlos a la 65 posición extrema alta, se activa el estátor 17 de manera que se hace girar el rotor 19 en el sentido que arrastraría normalmente el órgano conducido 29 hacia el núcleo, es decir, hacia abajo. Dado que el órgano conducido 29 se

encuentra en final de carrera hacia abajo, esto se traduce por una subida del órgano conductor 21. Cuando se detecta que el reborde 67 ha alcanzado su posición inicial, la bobina electromagnética 63 se realimenta de manera que los órganos de bloqueo 33 pivotan y vienen a bloquear el órgano conductor 21 en su posición extrema alta.

5 **[0080]** La llegada del reborde 67 a su posición inicial se detecta mediante cualquier medio, por ejemplo por un sensor de fin de carrera.

10 **[0081]** El control del dispositivo de bloqueo es independiente del accionamiento del motor 15 que permite garantizar la subida o la bajada del órgano de control. Esto es particularmente ventajoso porque el accionamiento de la bobina electromagnética 63 del dispositivo de bloqueo está clasificado en el más alto nivel de seguridad, cosa que no es así en el caso del accionamiento del motor 15.

15 **[0082]** El mecanismo de arrastre tiene un bajo consumo eléctrico, por tanto una baja disipación térmica, en concreto porque la maniobra de los órganos de control requiere muy poca energía, a causa de la desmultiplicación por el sistema tornillo-tuerca. Además, el reensamblaje de los órganos de bloqueo se hace en vacío, lo que solo necesita una bobina electromagnética de poca potencia.

20 **[0083]** Se encontrará además que el entrehierro entre el rotor y el estátor o entre la o las masas polares y la bobina electromagnética que los desplaza no entra en juego en la liberación de la parte conductora y de la parte conducida, ni para mantener la estanqueidad en el dispositivo, ni para la refrigeración del sistema. Por consiguiente, este entrehierro puede reducirse al máximo, de manera que el acoplamiento electromagnético mejora y el tamaño y la potencia de los bobinados se limita.

25 **[0084]** Además, el número y el volumen de los órganos revestidos se reduce particularmente. Los órganos revestidos son los que deben estar aislados físicamente del líquido primario: el rotor, el estátor, la bobina electromagnética.

REIVINDICACIONES

1. Reactor nuclear que comprende:

- 5 - un depósito (3) con un eje central (C), que contiene un líquido primario;
 - una pluralidad de conjuntos de combustible nuclear (5), que forma un núcleo (7) dispuesto en el depósito (3);
 - una pluralidad de órganos (9) de control de la reactividad del núcleo (7);
 - una pluralidad de mecanismos (11) de arrastre de los órganos de control (9) paralelamente al eje central (C);
- cada mecanismo de arrastre (11) comprende:

10

- un motor (15) que comporta un estátor (17) y un rotor (19) susceptible de ser arrastrado en rotación mediante el estátor (17);

- un órgano conductor (21) que comprende una parte de arrastre (23) que forma el tornillo o la tuerca;

15

- un dispositivo (25) de unión en rotación del órgano conductor (21) al rotor (19), con un órgano (27) de aplicación de un par rotativo del rotor (19) al órgano conductor (21);

- un órgano conducido (29) unido en traslación a uno de los órganos de control (9) y que comprende el otro tornillo o tuerca, el tornillo y la tuerca cooperan de manera que una rotación del órgano conductor (21) respecto del estátor (17) se traduce en una traslación del órgano conducido (29) paralelamente al eje central (C) respecto del estátor (17);

20

- un dispositivo de bloqueo (31) que comprende al menos un órgano de bloqueo (33) selectivamente móvil entre una posición de bloqueo en la que el órgano conductor (21) está bloqueado en traslación paralelamente al eje central (C) respecto del rotor (19), y una posición de liberación en la que el órgano conductor (21) y el órgano conducido (29) son libres en traslación paralelamente al eje central (C) respecto del rotor (19) entre una posición extrema alta y una posición extrema baja;

25

caracterizado porque cada mecanismo de arrastre (11);

- el motor (15) está totalmente sumergido en el líquido primario en el interior del depósito (3);

30

- el rotor (19) presenta un paso central (35), el órgano de aplicación del par rotativo (27) está situado en o cerca del paso central (35);

- el órgano conductor (21) comprende una parte de unión (37) insertada en el paso central (35) y coopera con el órgano de aplicación del par rotativo (27), la parte de unión (37) es libre en traslación en el paso central (35) respecto del rotor (19) cuando el o cada órgano (37) de bloqueo (33) está en posición de liberación.

35

2. Reactor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la parte de unión (37) del órgano conductor (21) comprende un primer tramo (79) que coopera con el órgano de aplicación del par rotativo (27) en la posición extrema alta, y un segundo tramo (81) que coopera con el órgano de aplicación del par rotativo (27) en la posición extrema baja.

40

3. Reactor según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el órgano de aplicación del par rotativo (27) comprende una pluralidad de elementos rotativos (51) susceptibles de rodar a lo largo de la parte de unión (37) cuando dicha parte de unión (37) se desplaza paralelamente al eje central (C).

45

4. Reactor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la parte de unión (37) considerada en sección perpendicularmente al eje central (C), presenta al menos un lado plano (53).

50

5. Reactor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el paso (35) está delimitado por una pared periférica (57) separada de la parte de unión (37) mediante un intersticio de espesor superior a 10 mm.

60

6. Reactor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el o cada órgano de bloqueo (33) está montado sobre un soporte (59) solidario del rotor (19).

75

7. Reactor según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el dispositivo de bloqueo (31) comprende al menos una masa polar (61) unida al o a uno de los órganos de bloqueo y al menos una bobina electromagnética (63) que coopera con la o con cada masa polar (61), la o cada bobina electromagnética (63) está fija en traslación y en rotación respecto del estátor (17).

80

8. Reactor según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado porque** el dispositivo de bloqueo (31) comprende al menos un órgano elástico (69) interpuesto entre el órgano conductor (21) y el soporte (59), solicitando el órgano conductor (21) hacia la posición extrema baja.

85

9. Reactor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada mecanismo de arrastre (11) comprende un dispositivo (71) de guía en traslación y de bloqueo en rotación del órgano conducido (29) respecto del estátor (17).

90

10. Reactor según la reivindicación 9, **caracterizado porque** cada mecanismo de arrastre (11) comprende un chasis superior (75) sobre el cual están montados el motor (15) y el dispositivo de bloqueo (31), y un chasis inferior (77) sobre el cual está montado el dispositivo (71) de guía en traslación y de bloqueo en rotación, los chasis superior e inferior (75, 77) están fijados de manera desmontable el uno del otro de manera que el chasis inferior (77) está más
5 cerca del núcleo que el chasis superior (75).

11. Reactor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el tornillo y la tuerca constituyen una unión irreversible, prevista para que una sollicitación vertical aplicada al órgano conductor (29) no se
10 convierta en un movimiento de rotación del órgano conductor (21).

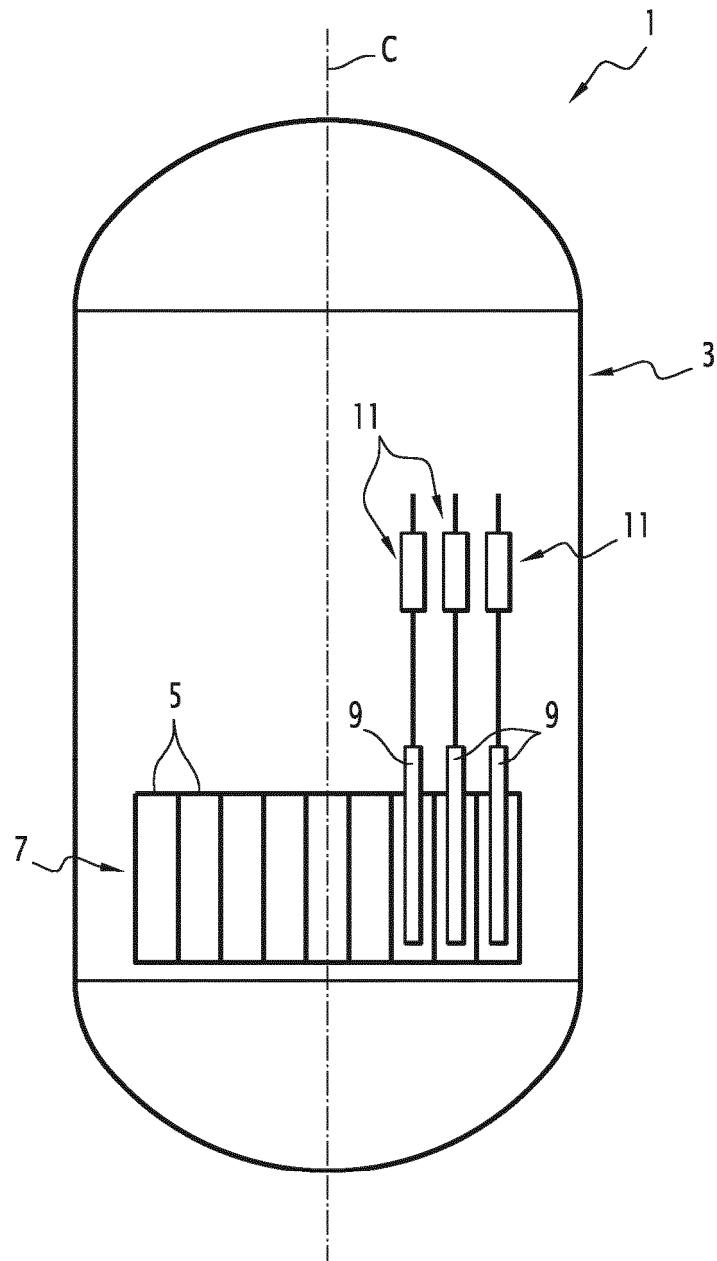


FIG.1

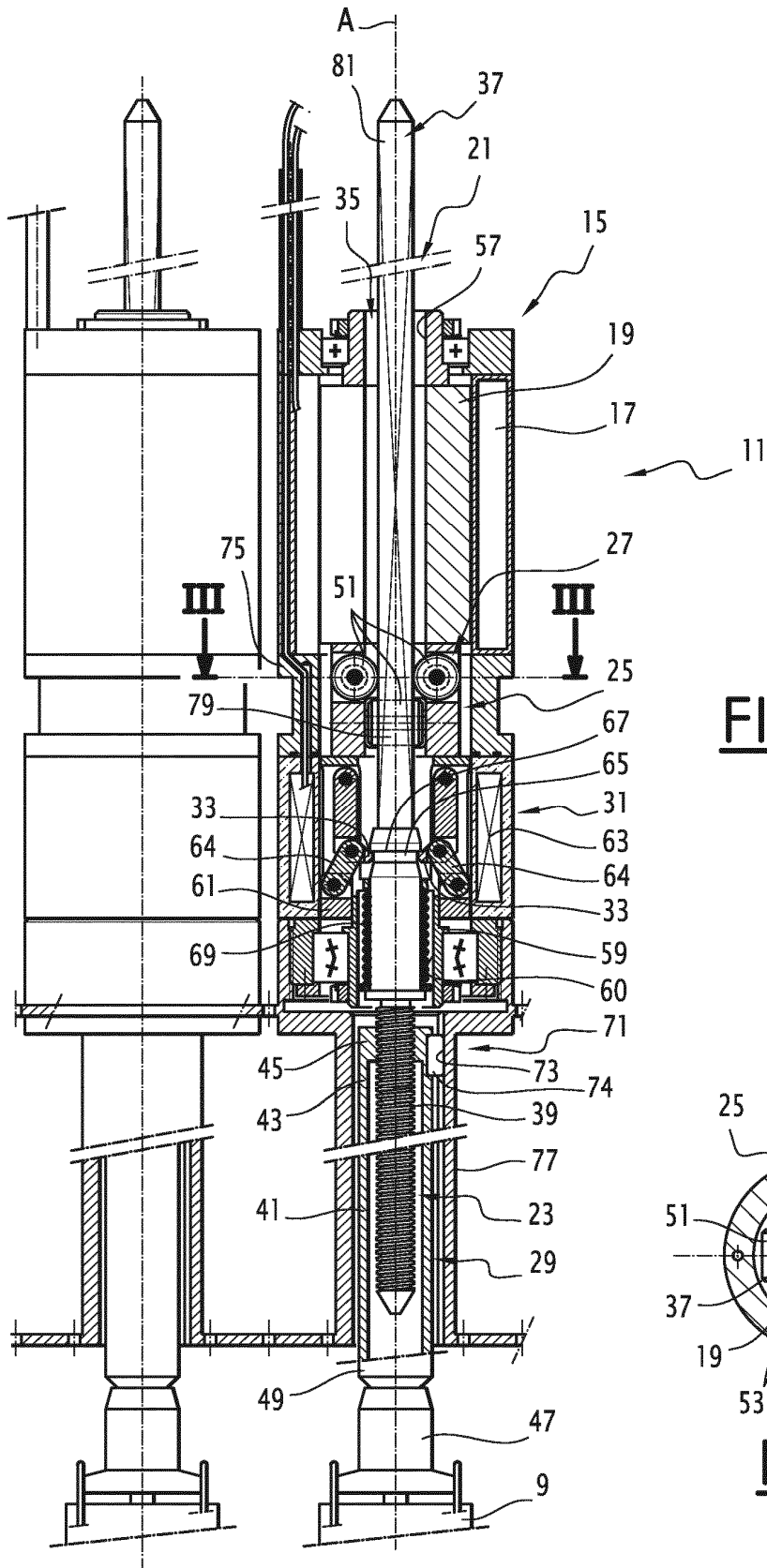


FIG. 2

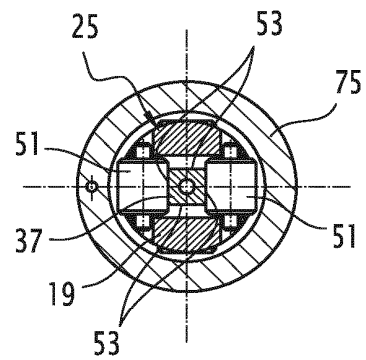


FIG. 3