

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 448**

51 Int. Cl.:
G21C 9/033 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06818664 .2**
96 Fecha de presentación: **20.11.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1958209**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.08.2008**

54 Título: **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y PROCEDIMIENTO OPERATIVO CORRESPONDIENTE.**

30 Prioridad:
29.11.2005 DE 102005057249

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.11.2011

73 Titular/es:
**AREVA NP GMBH
PAUL-GOSSEN-STRASSE 100
91052 ERLANGEN, DE**

72 Inventor/es:
MESETH, Johann

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 368 448 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).

DESCRIPCION

Sistema de alimentación y procedimiento operativo correspondiente.

La invención se refiere a un sistema de alimentación de un líquido absorbedor que contiene un veneno de neutrones, para la parada de urgencia de un reactor nuclear, con un depósito de reserva para el líquido absorbedor. La invención se refiere además a un procedimiento para la provisión de un líquido absorbedor dispuesto en un sistema de alimentación de esta clase, bajo una presión de trabajo. La invención se refiere además a un procedimiento para la alimentación del líquido absorbedor en un componente de una instalación dispuesta a continuación del depósito de reserva, por ejemplo en un reactor nuclear. La invención se refiere por último a una planta nuclear, en particular una planta nuclear de agua en ebullición, dotada de un sistema de alimentación de esta clase.

En las plantas técnicas nucleares está previsto por lo general, como instalación técnica de seguridad un sistema de alimentación de lo que se llama un líquido absorbedor. Especialmente en una planta nuclear de agua en ebullición es necesario facilitar medios de efecto rápido para la parada de emergencia del núcleo del reactor, en el caso de que falle por ejemplo el accionamiento de las barras de control mediante las cuales se controla la reacción nuclear durante el funcionamiento normal. Para este fin puede estar prevista en un caso de avería la introducción de un líquido absorbedor con elevada sección de absorción para neutrones. Generalmente se utiliza para ello una solución de boro, donde el boro designado en este contexto también como veneno de neutrones, provoca la absorción de neutrones libres. De este modo en un caso de avería, el núcleo del reactor pasa con seguridad a un estado subcrítico.

Al estar dispuesto el líquido absorbedor en un depósito de reserva del sistema de alimentación sometido a una presión muy elevada, resulta posible en todo momento efectuar una iniciación rápida del proceso de alimentación en el núcleo del reactor sin que previamente sea necesario activar componentes de sistema activos propensos a las averías tales como por ejemplo bombas de impulsión. Para realizar este sistema de seguridad pasivo es por lo tanto necesario tener dispuesto el líquido absorbedor, eventualmente a lo largo de años, sometido a una presión de trabajo relativamente elevada.

De acuerdo con un concepto conocido, la presión en un depósito de reserva realizado como acumulador de presión para el líquido absorbedor podría establecerse por medio de un cojín de nitrógeno situado encima del líquido. Pero para ello se requiere un complejo sistema de alimentación de nitrógeno. Además, dado la elevada presión de trabajo prevista de acuerdo con el diseño, son un inconveniente las necesidades de espacio relativamente elevadas para el cojín de nitrógeno en relación con el volumen de líquido absorbedor. Además, a lo largo del tiempo el nitrógeno se disuelve al menos en parte dentro del líquido absorbedor (generalmente ácido bórico) de modo que al efectuar la alimentación de líquido se introduce en el reactor al mismo tiempo un gas que no se puede condensar, lo cual entre otras cosas va en detrimento del efecto de refrigeración de los condensadores o condensadores de emergencia.

Por el documento DE 198 46 459 A1 se conoce un sistema de alimentación de líquido refrigerante para la refrigeración de emergencia de un reactor nuclear, en el que mediante un dispositivo calentador situado en el depósito acumulador a presión se alcanza la presión de trabajo necesaria calentando para ello el líquido refrigerante preparado en un depósito acumulador de presión. Dependiendo del nivel de llenado original se forma encima del nivel del líquido un cojín de vapor debido a la evaporación del líquido. En caso de necesidad, es decir en el caso de la avería del reactor, al distenderse este cojín de vapor impulsa el líquido refrigerante a través de una conducción de alimentación conectada en la zona del fondo del depósito a presión, al núcleo del reactor. Debido a la disposición del sistema de calefacción en un tramo superior del depósito acumulador se provoca una estratificación de las temperaturas del líquido refrigerante, de modo que en el caso de necesidad sale del depósito acumulador primeramente un líquido refrigerante relativamente frío, pero después cada vez más calentado. Igualmente se conoce una aplicación de este concepto dentro del marco de un sistema de alimentación de boro en el que un líquido que contiene boro no solamente sirve para la refrigeración sino también ante todo para la parada rápida de un reactor nuclear.

Ahora bien, las investigaciones químicas realizadas han dado como resultado que en el caso de un almacenamiento de muchos años del líquido absorbedor, que preferentemente puede estar presente como solución de boro, a las temperaturas previstas de acuerdo con el diseño dentro del marco del concepto descrito y necesarias para la generación de la presión, hay que contar con una disociación química progresiva del líquido absorbedor. Además podría llegar a producirse una mayor interacción entre el líquido absorbedor y el material de las paredes del depósito, que según las circunstancias podría repercutir negativamente en la estabilidad de la presión o la estanqueidad del depósito de reserva.

Por los documentos WO 92/01296, FR -A-2 295 535 y DE 12 04 346 B se conocen sistemas de alimentación con depósito a presión y depósito de reserva del absorbedor de neutrones, separados.

La invención tiene por lo tanto como objetivo describir un sistema de alimentación de la clase citada inicialmente, que manteniendo una forma de construcción sencilla asegure de modo permanente un alto grado de seguridad de funcionamiento y en el que se eviten los inconvenientes citados de los sistemas conocidos. Además se trata de

describir un procedimiento adecuado para el funcionamiento del sistema de alimentación, y esto respectivamente durante el período de tiempo de disposición, así como para el proceso de alimentación propiamente dicha.

De acuerdo con la invención se resuelve el objetivo planteado por medio de un sistema de alimentación según la reivindicación 1.

5 Para ello la invención parte de la consideración de que en interés de alcanzar un alto grado de seguridad de funcionamiento se debería evitar en gran medida la descomposición química del líquido absorbedor u otras reacciones químicas dentro del líquido absorbedor o con las paredes del depósito de reserva que lo rodea, y por lo tanto la posible corrosión de los materiales de las paredes, incluso en el caso de mantener el líquido absorbedor dispuesto durante un período de tiempo relativamente largo de varios años o incluso decenios. Pero dado que la reactividad química por lo general aumenta también al aumentar la temperatura, se debería almacenar el líquido absorbedor relativamente fresco, o sea por ejemplo a temperatura ambiente. Por otra parte se debería mantener el líquido absorbedor dentro del depósito de reserva durante todo el periodo de tiempo de disposición bajo una presión de trabajo predeterminada, de modo que en un caso de necesidad se pueda realizar una alimentación lo más rápida y completa posible en un sistema de refrigeración de reactor o en un núcleo del reactor. Las medidas necesarias para generar la presión deberían dar lugar a una influencia lo más reducida posible sobre el líquido absorbedor en cuanto a sus restantes propiedades físicas o químicas. Esto se consigue en el caso presente mediante un depósito a presión físicamente separado del depósito de reserva, con un fluido propulsor sometido a una presión de trabajo, que esté en comunicación con el depósito de reserva por medio de una conducción de rebose que provoca un equilibrado de presiones.

20 Por una parte y debido a la conducción de rebose, la presión es siempre la misma en los dos depósitos, y por otra parte la separación física de las dos funciones “acumulación del líquido absorbedor” y “mantenimiento de un cojín de presión” mediante un fluido propulsor tiene como consecuencia que cada uno de los dos depósitos puede estar diseñado y adaptado en cuanto a su compatibilidad química u otras propiedades, específicamente según el fluido respectivo contenido en él (líquido absorbedor o fluido propulsor). La influencia recíproca entre el líquido absorbedor y el fluido propulsor es sumamente reducida debido a la separación física.

El depósito a presión del sistema de alimentación comprende una instalación de calefacción regulable. En una realización preferente, la instalación de calefacción está diseñada en cuanto a su potencia calorífica para generar y mantener una presión ajustable, en cuyo caso la presión representa preferentemente la magnitud conductora de la regulación. La generación de presión propiamente dicha puede tener lugar por lo tanto de modo análogo a los sistemas conocidos, en cuanto a que el depósito a presión se llena con un líquido propulsor hasta un nivel de llenado predeterminado (es decir, no en su totalidad). Una parte del fluido propulsor se evapora debido a la instalación de calefacción, de modo que en la zona superior del depósito a presión se forma un cojín de vapor, y se mantiene la presión gracias al cojín de vapor. La ventaja del cojín de vapor consiste en que la presión de trabajo se puede ajustar y también mantener de forma muy sencilla a un valor deseado, por ejemplo a la presión de vapor saturado del fluido propulsor. Dado que el vapor es comprimible, un ligero aumento de temperatura no da lugar a un aumento de presión hiperproporcional, tal como sucede forzosamente en un depósito acumulador de presión que esté lleno en su totalidad de un líquido no comprimible. En conjunto se puede acceder por lo tanto a una tecnología conocida y acreditada con el correspondiente Know-how para la generación de la presión, con lo cual se puede realizar el sistema de alimentación para casos de emergencia de modo especialmente sencillo y económico conforme al nuevo concepto. Especialmente en el caso de un diseño y dimensionamiento adecuado de la conducción de rebose, que más adelante se describirá con mayor detalle, se asegura un desacoplamiento térmico en alto grado entre el depósito de reserva y el acumulador de presión, de modo que el fluido propulsor se puede mantener dispuesto incluso a una temperatura de trabajo relativamente alta en comparación con el líquido absorbedor, si esto es conveniente o deseable por otras consideraciones para generar y mantener de modo sencillo o para regular la presión de trabajo.

La conducción de rebose prevista para efectuar el equilibrado de presiones y para el paso del fluido propulsor comunica la zona del fondo del depósito a presión con la zona del techo del depósito de reserva. Dicho con otras palabras: la conexión de la conducción de rebose prevista en el depósito a presión está situada en un tramo de pared inferior, cerca del fondo del depósito. El otro extremo de la conducción de rebose desemboca por el lado del depósito de reserva en un tramo superior de la pared del depósito. Esta conexión también puede estar realizada como cubierta del depósito de reserva realizada como cúpula. La conducción de rebose presenta preferentemente en la zona de su extremo orientado hacia el depósito a presión un tramo parcial inferior trazado a modo de un sifón, con un punto bajo situado por debajo del fondo del depósito a presión. El extremo conectado al depósito a presión, es decir el extremo de la conducción de rebose del lado de entrada con relación al sentido del flujo durante el proceso de alimentación está realizado en las proximidades de la conexión como trozo de tubo descendente. Por el lado orientado hacia el depósito de reserva (lado de salida) la conducción de rebose presenta preferentemente un tramo parcial superior con un punto alto situado por encima de la cubierta del depósito de reserva, de modo que en este caso por el lado de conexión también está previsto un trozo de tubo descendente. El tramo parcial más bajo y el tramo superior del tubo de rebose están unidos entre sí preferentemente por un trozo de tubo ascendente de trazado aproximadamente vertical.

Esta forma de trazado de la conducción es sumamente ventajosa para el desacoplamiento térmico ya citado entre los fluidos presentes respectivamente en el depósito a presión y en el depósito de reserva, ya que especialmente gracias al tramo parcial inferior a modo de sifón se impide que exista un flujo térmico por convección o una transmisión de calor al depósito de reserva (especialmente debido a los tramos de tubo descendentes). La disposición de la conducción presenta además la ventaja de que al activar el sistema de alimentación, al depósito de reserva del líquido absorbedor fluye primeramente fluido propulsor líquido, primero más frío procedente de la zona del fondo del depósito a presión y después fluido propulsor líquido más caliente y solo después un fluido impulsor en forma de vapor, que originalmente forma el cojín de vapor en la zona del techo del depósito a presión. De este modo al producirse la entrada del fluido propulsor las paredes del depósito de reserva sufren en cierto modo un precalentamiento protector. De este modo se reduce la condensación del vapor de fluido propulsor, que en caso contrario rápidamente calentaría las paredes previamente frías del depósito de reserva. De este modo se evita que se produzca un choque térmico. Además, la presión de vapor disminuye de forma relativamente lenta durante el proceso de alimentación, debido al efecto de precalentamiento provocado por el fluido propulsor líquido. Incluso después de que se haya introducido ya en el reactor una gran parte del líquido absorbedor, queda todavía disponible una presión residual suficiente para desplazar totalmente el líquido absorbedor del depósito de reserva.

En la zona del fondo del depósito de reserva está situado un orificio de salida previsto para una retirada de líquido absorbedor en caso de necesidad, aproximadamente con forma de una tubuladura de salida dotada de una válvula de aislamiento. La salida de líquido absorbedor se ve asistida por la presión hidrostática de la columna de líquido existente en el depósito de reserva.

En una forma de realización preferente, los componentes sometidos a presión del sistema de alimentación, es decir en particular el depósito a presión, el depósito de reserva y el conducto de rebose, están diseñados para una presión de trabajo superior a 100 bar, en particular para una presión de trabajo de uno 150 bar. Esto corresponde a un valor de presión especialmente conveniente para un empleo como sistema de alimentación en casos de emergencia, que contiene suficientes reservas de seguridad.

Para generar y mantener la presión de trabajo deseada, que se corresponde preferentemente con la presión de saturación de vapor del fluido propulsor, se calienta el fluido propulsor a una temperatura de trabajo superior a 300° C, en particular a unos 340°C, de acuerdo con la geometría prevista del depósito a presión. En otra realización ventajosa el depósito a presión está diseñado por lo tanto también en cuanto a su elección de material para poder tener disponible de modo permanente fluido propulsor sometido a presión, a una temperatura tan elevada.

El depósito de reserva para el líquido absorbedor no ha de cumplir normalmente, es decir durante el periodo de tiempo de provisión o tiempo de "Standby" hasta que se produzca un caso de avería del reactor, requisitos especiales en cuanto a la resistencia a las temperaturas, ya que el líquido absorbedor presenta únicamente aproximadamente temperatura ambiente. Solamente durante el proceso de alimentación propiamente dicho se produce una carga térmica de duración relativamente corta debido al fluido propulsor caliente que pasa de un depósito al otro. El depósito de reserva puede estar fabricado por lo tanto de un material de menor calidad y por lo tanto más económico que en comparación con el depósito a presión, en lo referente a su resistencia a las temperaturas.

Debido a sus principios de diseño (especialmente pasibilidad y larga vida útil) el sistema de alimentación es especialmente adecuado para proporcionar en caso de necesidad un líquido absorbedor para la parada de emergencia de una planta nuclear. Para ello el depósito de reserva del sistema de alimentación está dimensionado preferentemente de tal modo que pueda alojar una cantidad de líquido absorbedor suficiente para provocar la parada de un reactor nuclear. Por este motivo el depósito a presión está dimensionado preferentemente de tal modo que pueda alojar suficiente fluido propulsor para efectuar el desplazamiento total del líquido absorbedor del depósito de reserva, pudiendo depender esta cantidad entre otras cosas de la presión de trabajo deseada y de la temperatura de trabajo deseada así como de la clase de fluidos.

Como líquido absorbedor especialmente adecuado para la parada rápida y/o para la refrigeración de emergencia de un reactor nuclear, se ha acreditado una solución acuosa de boro. En particular puede estar prevista como líquido absorbedor una solución de boro al 13%, por ejemplo una solución de pentaborato sódico. En comparación con otros líquidos absorbedores imaginables con una alta sección de absorción para neutrones, una solución de boro se caracteriza, por lo menos a temperaturas no demasiado elevadas, por su mayor durabilidad y compatibilidad química relativamente buena frente a las paredes del depósito de reserva, fabricadas por lo general de acero.

Como fluido propulsor fácil de disponer y especialmente bien compatible con la solución de boro, está prevista el agua. En su forma evaporada, es decir en el cojín de vapor del depósito a presión, el agua está presente en forma de vapor de agua.

El problema relativo al procedimiento para la preparación de un líquido absorbedor sometido a una presión de trabajo se resuelve por el hecho de que la presión de trabajo se genera calentando el fluido propulsor en el depósito a presión del sistema de alimentación. Para ello se mantiene el fluido propulsor en forma líquida en reserva en una zona inferior del depósito a presión. Debido a la acción de la instalación de calefacción que puede estar realizada preferentemente como instalación de calefacción eléctrica o como sistema intercambiador de calor, se evapora una

parte de la cantidad de líquido, de modo que en la zona superior del depósito a presión se forma un cojín de vapor. La instalación de calefacción forma parte del sistema de regulación y está además dimensionada suficientemente grande en cuanto a la potencia de calefacción que puede alcanzar, de modo que el cojín de vapor se puede mantener de modo permanente con una presión ajustable, constante en el tiempo. Debido a la presencia a la presión de vapor puede realizarse de modo considerablemente más sencillo el ajuste y mantenimiento del valor de presión deseado, en comparación con un acumulador de presión totalmente lleno de líquido.

En caso de necesidad, el líquido absorbedor disponible a una presión de trabajo se alimenta en un componente de un reactor nuclear dispuesto a continuación del depósito de reserva. Un caso de necesidad de esta clase se produce por ejemplo cuando los elementos de control o barras de control normalmente previstos para controlar el flujo de neutrones, no se pueden introducir en el núcleo debido a un fallo en el accionamiento o en el control. En este caso se abre una válvula o un dispositivo de aislamiento del depósito de reserva de modo que el líquido absorbedor disponible bajo presión se puede introducir en la vasija de presión del reactor a través de un conducto de comunicación. Debido a la distensión del cojín de vapor formado en el depósito a presión a base de fluido propulsor evaporado fluye preferentemente en primer lugar fluido propulsor líquido y a continuación en forma de vapor al depósito de reserva, siendo desplazado sucesivamente el líquido absorbedor originalmente presente allí. Dado que se emplea como fluido propulsor agua o vapor de agua, fluye por lo tanto preferentemente agua caliente, a continuación agua saturada y por último vapor saturado desde el depósito a presión al depósito de reserva, mientras que al mismo tiempo va disminuyendo la presión en el depósito. Gracias a esta secuencia ventajosa se evita que se produzca un choque térmico en las paredes del depósito de reserva.

En otro perfeccionamiento ventajoso se ajusta la velocidad de rebose del fluido propulsor durante un proceso de alimentación de esta clase, de tal modo que si bien se consigue por una parte un caudal lo mayor posible por unidad de tiempo y por lo tanto puede tener lugar una parada rápida del reactor, pero que por otra parte se impida que el fluido propulsor se mezcle apenas con el fluido absorbedor. Un valor tal de la velocidad de rebose se puede ajustar por ejemplo mediante un dispositivo estrangulador adecuado o incluso mediante el dimensionamiento del conducto de rebose propiamente dicho. La ventaja del procedimiento de alimentación realizado de este modo consiste en que debido a las diferencias de densidad en el depósito de reserva se mantiene la estratificación de temperaturas desde el líquido absorbedor frío y el fluido propulsor caliente situado encima. Por lo tanto se introduce en el núcleo del reactor únicamente líquido absorbedor frío. Después de haber desplazado totalmente el líquido absorbedor del depósito de reserva, la presión existente en el sistema de alimentación ha disminuido entonces de modo ventajoso tanto que los procesos de flujo llegan a morir por sí solos. De este modo se mantiene alejado del núcleo del reactor el fluido propulsor caliente.

El sistema de alimentación forma parte de una planta nuclear. Preferentemente está realizado como lo que se denomina un sistema de envenenamiento mediante el cual se puede desconectar la reacción térmica en un reactor de agua en ebullición, en el caso de que en un caso grave de avería ya no se puedan introducir las barras de control en el núcleo del reactor. De forma alternativa o adicional podría estar previsto utilizar el fluido facilitado a alta presión por el sistema de alimentación, para el accionamiento de emergencia de las barras de control, con lo cual se haría realidad un sistema de accionamiento hidráulico redundante con relación al accionamiento generalmente eléctrico de las barras de control. En este caso, el fluido disponible en el depósito de reserva del sistema de alimentación puede considerarse también como fluido de accionamiento para las barras de control.

En otra alternativa se conduce el fluido de alimentación de modo conveniente a un sistema de refrigeración de emergencia de una planta nuclear de agua a presión como fluido de refrigeración de emergencia (por lo general agua de refrigeración de emergencia). El sistema de alimentación se emplea por lo tanto preferentemente como lo que se denomina un acumulador para el agua de refrigeración para casos de emergencia en una planta nuclear de agua a presión.

Las ventajas logradas con la invención consisten especialmente en que debido a la separación física de las funciones de "acumulación de líquido" y "generación de presión", en forma de un depósito de reserva previsto para el alojamiento y un depósito a presión se consigue un desacoplamiento químico y térmico eficaz entre el líquido absorbedor y el fluido propulsor, con lo cual mediante el conducto de rebose que comunica los dos componentes del sistema de alimentación queda asegurado que el líquido absorbedor se mantiene en todo momento disponible para ser extraído a una presión de trabajo. Un diseño de esta clase de un sistema de alimentación en el que se omite especialmente el calentamiento del depósito de reserva para el líquido absorbedor ofrece también una seguridad de trabajo especialmente alta incluso para un régimen permanente de muchos años o modo "Standby", ya que se mantiene notablemente reducida una reacción química entre el líquido absorbedor y el depósito de reserva, y por lo tanto con ello también una disociación química del líquido absorbedor.

Un ejemplo de realización de la invención se describe con mayor detalle sirviéndose del dibujo. En este muestran respectivamente en representación esquemática:

la fig. 1 un sistema de alimentación para un líquido absorbedor, y

la fig. 2 un detalle de una planta nuclear de agua en ebullición con un sistema de alimentación conforme a la fig. 1 para la parada rápida del núcleo del reactor.

En ambas figuras, las piezas que son iguales están dotadas de los mismos signos de referencia.

El sistema de alimentación 2 representado en sección de forma esquemática en la fig. 1 sirve para la provisión y alimentación según necesidad de líquido absorbedor 4 sometido a presión en un componente de una planta dispuesta a continuación del sistema de alimentación 2, en particular en un reactor nuclear. En el ejemplo de realización, el líquido absorbedor 4 es una solución de pentaborato sódico al 13%, que en un caso de avería de un reactor de agua en ebullición que aquí no está representado con mayor detalle se debe introducir en el núcleo del reactor, en cuyo caso los átomos de boro de la solución de boro dan lugar a la captación de neutrones libres debido a su sección de absorción relativamente alta para neutrones. De este modo se puede parar el reactor con seguridad en un tiempo relativamente corto (unos 20 segundos después de efectuada la alimentación del líquido absorbedor 4).

Para la provisión del líquido absorbedor 4 está previsto un depósito de reserva 6 resistente a la presión, que durante el periodo de tiempo de provisión está totalmente lleno de líquido absorbedor 4. Para ello el depósito de reserva 6 está realizado como tanque cilíndrico dispuesto de pie con una zona del fondo 8 y una zona de cubierta 10, ambas de forma semiesférica. La altura de construcción H y el diámetro D, y por lo tanto también el volumen del depósito de reserva 6 están adaptados a la aplicación en una central nuclear y presentan por ejemplo unos valores de $H = 7,0\text{m}$ y $D = 0,8\text{m}$. La capacidad del depósito de reserva 6 se corresponde de este modo con la cantidad de líquido absorbedor 4 prevista para la parada de emergencia del núcleo del reactor. La pared del depósito 12 está fabricada como pared de acero especialmente resistente a la presión y a la corrosión, de un acero de alta calidad, por ejemplo de un acero austenítico.

De acuerdo con el diseño del sistema de alimentación 2 como sistema de seguridad pasivo es preciso que el líquido absorbedor 4 se mantenga durante el periodo de tiempo de provisión que posiblemente puede durar varios años, por lo tanto en cierto modo en régimen "Standby", permanentemente a una presión de trabajo de preferentemente unos 150 bar. La temperatura del líquido absorbedor 4 no debería rebasar esencialmente la temperatura ambiente con el fin de evitar una mayor reactividad que pudiera dar lugar a la corrosión de la pared del depósito circundante 12 y a una descomposición de la solución de boro. En el ejemplo de realización está previsto por lo tanto un almacenamiento del líquido absorbedor 4 a una temperatura de unos 30°C.

Debido a la temperatura relativamente baja del líquido absorbedor 4, el sistema de alimentación 2 está diseñado para ofrecer una seguridad de funcionamiento especialmente alta durante el modo "Standby" debiendo evitarse en lo posible además que el líquido absorbedor 4 se vea influenciado por las medidas necesarias para generar la presión. Para hacer realidad las citadas condiciones de temperatura y presión en el depósito de reserva se ha desacoplado por lo tanto del depósito de reserva 6 la generación y mantenimiento de un cojín de presión unido a la evaporación de un fluido propulsor 14 y unido a un intenso desarrollo de calor. Para ello se ha previsto un depósito a presión independiente 16 que en el ejemplo de realización tiene una estructura semejante a la del depósito de reserva 6, y que presenta también aproximadamente las mismas dimensiones. El depósito a presión 16 presenta por lo tanto la misma altura de construcción H y el mismo diámetro $D' = D$ que el depósito de reserva 6. Ambos depósitos están además situados al mismo nivel. Mientras que el volumen del depósito a presión 16 está sujeto a condiciones marginales, que vienen dadas principalmente por la aplicación (en particular por la presión de trabajo que se ha de realizar, o la cantidad del líquido absorbedor 2 que se ha de desplazar y eventualmente por otros criterios de diseño), existe sin embargo en cuanto a la forma y disposición concreta del depósito a presión 16 una libertad de diseño amplia, similar a lo que sucede con el depósito de reserva 6.

Para el funcionamiento, el depósito a presión 16 está lleno hasta un nivel de llenado h de un fluido propulsor líquido 14. El líquido propulsor 14, que en este caso es agua, es calentado por una instalación de calefacción regulable 18 con lo cual se evapora en parte, de modo que por encima del nivel de líquido se forma un cojín de vapor 20, en este caso un cojín de vapor de agua, que debido a su compresibilidad es el que provoca la acumulación de presión propiamente dicha. La regulación del sistema de calefacción 18 formado por ejemplo por elementos calentadores eléctricos o por un sistema intercambiador de calor, está situado preferentemente en una parte inferior del depósito a presión 16, y tiene lugar de tal modo que a lo largo de todo el periodo de tiempo de Stand-by se mantiene aproximadamente una presión de trabajo constante de unos 150 bar. Para ello está previsto que el agua que se encuentra en el depósito a presión 16 sea calentada a una temperatura media de unos 340°C. Estos valores corresponden a la presión de saturación de vapor o temperatura de saturación. La pared del depósito 12' del depósito a presión 16 por lo tanto no solamente ha de ser especialmente resistente a la presión sino también comparativamente resistente al calor. Con el fin de reducir las pérdidas de calor (principalmente causadas por radiación térmica) el depósito a presión 16 está dotado por su cara exterior de un aislamiento térmico que no está representado con mayor detalle.

El depósito a presión 16 está comunicado por el lado de los medios con el depósito de reserva 6 por medio de una conducción de rebose 22, con lo cual reinan las mismas condiciones de presión en el interior de todo el sistema de alimentación 2. Para ello la conducción de rebose 22 sale a modo de un sifón de la zona del fondo 8' del depósito a presión 16. La conducción de rebose 22 presenta por lo tanto un tramo parcial inferior 23 que tiene su punto bajo situado por debajo del fondo del depósito a presión 16. A continuación del tramo parcial inferior 23, visto en el sentido del flujo del fluido propulsor 14 (referido al proceso de alimentación), sigue un tubo ascendente vertical 24 que finalmente pasa a un tramo parcial superior 25 que tiene esencialmente forma de arco. El punto alto del tramo

parcial superior 25 está situado por encima de la cubierta del depósito de reserva 6. Hacia el depósito de reserva 6, la conducción de rebose 22 penetra en una brida de conexión 26 que sobresale de la zona de cubierta 10 en forma de cúpula del depósito de reserva 6. Debido a la presión ejercida por el cojín de vapor 26, el fluido propulsor líquido 14 llena totalmente la conducción de rebose 22. Un cojín de aire que eventualmente hubiera estado presente originalmente en la conducción de rebose ya ha sido expulsado durante el proceso anterior de calentamiento a unos 100°C. En la superficie límite 27 entre el líquido absorbedor 6 (solución de boro de densidad relativamente alta) y el fluido propulsor 14 (agua con una densidad más baja) no se llega a producir ninguna mezcla de los dos líquidos a causa de la diferencia de densidades. Más bien se forma allí una columna de líquido estratificada.

Debido a la forma de trazado de la conducción y con unas dimensiones adecuadas del diámetro de la conducción se puede despreciar la posibilidad de que se produzca el transporte de calor por convección por el interior de la conducción de rebose 22, igualmente que tampoco una transmisión de calor. Dicho con otras palabras: el fluido propulsor líquido 14 que se encuentra en la zona de la desembocadura 28 hacia el depósito de reserva 6 o ligeramente por encima en la conducción de rebose 22 se encuentra aproximadamente a la misma temperatura que el fluido absorbedor 4 en el interior del depósito de reservas 6, es decir aproximadamente a 30°C. En sentido hacia el depósito a presión 16, la temperatura del fluido en la conducción de rebose 22 aumenta de modo continuo. Por lo tanto no tiene lugar un calentamiento del líquido absorbedor 4 debido a la distribución de temperatura esencialmente estacionaria en el interior de la conducción de rebose 22.

Al activar el sistema de alimentación 2, se abre una válvula de aislamiento u otro dispositivo de aislamiento 30 que hasta entonces se había mantenido cerrado, de modo que el fluido absorbedor 4 que se encuentra bajo presión pueda salir del orificio de salida 32 dispuesto en la zona del fondo 8 del depósito de reserva 6. A continuación del orificio de salida 32 sigue una conducción de comunicación 32 hacia el componente que se trata de alimentar con el fluido absorbedor 4, por ejemplo a un bypass de un núcleo de un reactor. Tal como está aquí representado, el dispositivo de aislamiento 30 puede estar integrado en la conducción de comunicación 34 o también directamente en el orificio de salida 32.

Durante el proceso de alimentación se distiende el cojín de vapor 20 formado previamente en la zona de la cubierta 10' del depósito a presión 16, y empuja de este modo el agua caliente situada debajo, que actúa como fluido impulsor 14, a la conducción de rebose 22 y a continuación al depósito de reserva 6. Durante este proceso fluye primero el agua caliente que se encontraba originalmente en la zona del fondo 8' del depósito a presión 16, a continuación el agua saturada presente directamente debajo del cojín de vapor 20, y por último el vapor aturdido propiamente dicho que forma el cojín de vapor 20, desde el depósito a presión 16 al depósito de reserva 6, mientras que al mismo tiempo va disminuyendo la presión en el depósito. Al penetrar el agua caliente en el depósito de reserva 6 se calienta su pared de depósito 12 de modo relativamente cuidadoso, y en cualquier caso de forma más cuidadosa que en el caso de que hubiese una entrada directa de vapor recalentado. De este modo se evita un choque térmico y los esfuerzos del material relacionados con ello. Al mismo tiempo, la presión del vapor no disminuye tan rápidamente como sucedería en el caso de que se produzca una condensación directa del vapor en la pared fría del depósito de reserva 6.

La entrada del fluido propulsor caliente 14 en el depósito de reserva 6 tiene lugar preferentemente de tal modo que se evita la formación de un torbellino o mezcla con el fluido absorbedor frío 4, y por lo tanto se mantiene la estratificación de temperatura original que se forma debido a la diferencia de densidades. Esto quiere decir que entre el líquido absorbedor frío 4 y el fluido propulsor caliente 14 existe una superficie límite 27 definida de modo relativamente nítido, que se mantiene también durante el transcurso del proceso de alimentación, y que al hacerlo se va desplazando de modo continuo hacia abajo. Para este fin la zona 28 del conducto de rebose 22 que desemboca en el depósito de reserva 6, presenta un elemento estrangulador 36 dotado de una pluralidad de toberas de salida 35 (dispuestas por ejemplo sobre una superficie envolvente cilíndrica) para influir adecuadamente en el flujo. En el elemento estrangulador 36 está dispuesta además una chapa de criba 38.

El sistema de alimentación 2 con las dimensiones indicadas es especialmente adecuado como sistema de alimentación de boro de activación rápida en una planta nuclear, en particular en una planta nuclear de agua en ebullición. Los dos depósitos de presión (depósito de reserva 6 y depósito a presión 16) unidos por medio de la conducción de rebose 22, son de una realización relativamente esbelta y alta, con el fin de poder mantener delgadas las paredes de los depósitos 12, 12'. En este caso, las cargas térmicas debidas al rápido calentamiento del depósito de reserva 6 durante el proceso de alimentación son menores que en el caso de un depósito de menor altura y correspondiente mayor espesor de pared. Para otras aplicaciones puede ser más convenientes unas condiciones de volumen distintas que difieran de las arriba citadas.

La fig. 2 muestra un detalle esquemático de una planta nuclear de agua en ebullición 39 con un sistema de alimentación 2 según la fig. 1. En una contención de seguridad 40 está situada una vasija de presión del reactor 42 con una zona de núcleo 44. La vasija de presión del reactor 42 está parcialmente llena de un líquido refrigerante 46. Por encima del líquido refrigerante 46 hay vapor 48, que por medio de una conducción de vapor 50 se saca fuera de la contención de seguridad 40 y se conduce hacia una turbina no representada con mayor detalle. El líquido refrigerante 46, una vez enfriado, se vuelve a conducir a la vasija de presión del reactor 42 a través de una conducción 52. La potencia del reactor nuclear se puede regular mediante la inserción o retirada de las barras de

control 54 en la zona del núcleo 44. Las barras de control 54 son movidas por un sistema de accionamiento 56 realizado de forma redundante.

Si a pesar de ello dejase de quedar asegurada en un caso de avería grave la posibilidad de manipulación sin problemas de las barras de control 54, se puede interrumpir la reacción nuclear mediante la alimentación de ácido bórico 58 en la zona del núcleo 44 del reactor de agua en ebullición (el llamado sistema de envenenamiento). El ácido bórico 58 se encuentra disponible a alta presión en un depósito de reserva 6 de un sistema de alimentación de emergencia 2 según la fig.1. Para ello el sistema de alimentación 2 presenta un depósito a presión 16 unido al depósito de reserva 6 de ácido bórico 8 por medio de una conducción de rebose 22, donde mediante el calentamiento de agua 60 se genera un cojín de vapor saturado 62.

10 El sistema de alimentación 2 y el correspondiente procedimiento operativo permiten preferentemente en las plantas nucleares de agua en ebullición y especialmente en casos de avería, efectuar una alimentación segura del núcleo del reactor con un líquido absorbedor 4 previsto para una parada rápida, en particular ácido bórico, evitándose durante el periodo de tiempo de disposición previo la corrosión del depósito de reserva 6 y/o una disociación del líquido absorbedor 4.

15 **Lista de referencias**

	2	Sistema de alimentación
	4	Líquido absorbedor
	6	Depósito de reserva
	8, 8'	Zona del fondo
20	10, 10'	Zona de la cubierta
	12, 12'	Pared del depósito
	14	Fluido propulsor
	16	Depósito a presión
	18	Instalación de calefacción
25	20	Cojín de vapor
	22	Conducto de rebose
	23	Tramo parcial inferior
	24	Tubo ascendente
	25	Tramo parcial superior
30	26	Brida de conexión
	27	Superficie límite
	28	Zona de la boca
	30	Dispositivo de aislamiento
	32	Orificio de salida
35	34	Conducto de conexión
	35	Tobera de salida
	36	Elemento estrangulador
	38	Chapa de criba
	38	Planta nuclear de agua en ebullición
40	40	Contención de seguridad
	42	Depósito a presión del reactor

	44	Zona del núcleo
	46	Líquido refrigerante
	48	Vapor
	50	Conducción de vapor
5	52	Conducción
	54	Barras de control
	56	Sistema de accionamiento
	58	Ácido bórico
	60	Agua
10	62	Cojín de vapor saturado
	D, D'	Diámetro
	H	Altura de llenado
	H	Altura de construcción

REIVINDICACIONES

1. Sistema de alimentación (2) para un líquido absorbedor (4) que contiene un veneno de neutrones, para la parada rápida de un núcleo de un reactor,
- 5 con un depósito de reserva (6) lleno de un líquido absorbedor (4) que se encuentra esencialmente a temperatura ambiente,
- con un depósito a presión (16) que contiene un fluido propulsor (4) calentado y sometido a presión, concretamente agua y vapor de agua,
- 10 presentando el depósito a presión (16) una instalación de calefacción regulable (18) que mantiene el fluido propulsor (4) en estado caliente y parcialmente evaporado, de modo que en una zona superior del depósito a presión (16) se encuentra un cojín de vapor (20) a base de fluido propulsor (4) evaporado y debajo hay fluido propulsor líquido (4), estando realizados el depósito de reserva (6) y el depósito a presión (16) como depósitos independientes, comunicados entre sí por medio de una conducción de rebose (22),
- 15 comunicando la conducción de rebose (22) la zona del fondo (8') del depósito a presión (16) con la zona de cubierta (10) del depósito de reserva (6), y que visto en el sentido del flujo de rebose presenta un tubo ascendente (24), efectuándose por medio de la conducción de rebose (22) un equilibrado de presiones entre el depósito a presión (16) y el depósito de reserva (6), de modo que en el depósito a presión (16) y en el depósito de reserva (6) reina siempre una misma presión,
- estando previsto en la zona del fondo (8) del depósito de reserva (6) un orificio de salida (32) que se mantiene cerrado mediante un dispositivo de aislamiento (30) que se puede abrir para activar el proceso de alimentación.
- 20 2. Sistema de alimentación (2) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los componentes sometidos a presión, en particular el depósito a presión (16), el depósito de reserva (6) y el conducto de rebose (22) están realizados para una presión de trabajo superior a 100 bar, en particular de unos 150 bar.
3. Sistema de alimentación (2) según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el depósito a presión (16) está diseñado para proporcionar de modo permanente fluido propulsor (14) a una temperatura superior a unos 300°C, en particular unos 340°C.
- 25 4. Sistema de alimentación (2) según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el depósito a presión (16) está dimensionado de tal modo que puede recibir una cantidad de fluido propulsor (14) suficiente para realizar el desplazamiento completo del líquido absorbedor (4) del depósito de reserva (6).
5. Sistema de alimentación (2) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** en el depósito de reserva (6) se tiene dispuesta como líquido absorbedor (4) una solución acuosa de boro.
- 30 6. Procedimiento para proporcionar un líquido absorbedor (4) en un depósito de reserva (6) del sistema de alimentación (2) según una de las reivindicaciones 1 a 5, sometido a una presión de trabajo, **caracterizado porque** la presión de trabajo se genera calentando el fluido propulsor (14) en el depósito a presión (16).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** el depósito a presión (16) se calienta de tal modo que el fluido propulsor (14) está presente durante el periodo de tiempo de disposición en una zona inferior del depósito a presión (16) en forma líquida y porque por encima se mantiene un cojín de vapor (20) que se forma por evaporación del fluido propulsor (14).
- 35 8. Procedimiento para la alimentación del líquido absorbedor (4) proporcionado mediante un sistema de alimentación (2) según una de las reivindicaciones 1 a 5 a una presión de trabajo, en un componente dispuesto a continuación del depósito de reserva (6), en particular en un reactor nuclear, **caracterizado porque** primeramente se introduce en el depósito de reserva (6) fluido propulsor (14) líquido, y a continuación en forma de vapor, con lo cual se desplaza el líquido absorbedor (4).
- 40 9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la velocidad de rebose del fluido propulsor (14) durante el proceso de alimentación se ajusta tan baja que no se produzca esencialmente una mezcla con el líquido absorbedor (4).
- 45 10. Planta nuclear, en particular planta nuclear de agua en ebullición con un sistema de alimentación (2) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en particular para la parada rápida del reactor nuclear.

FIG. 1

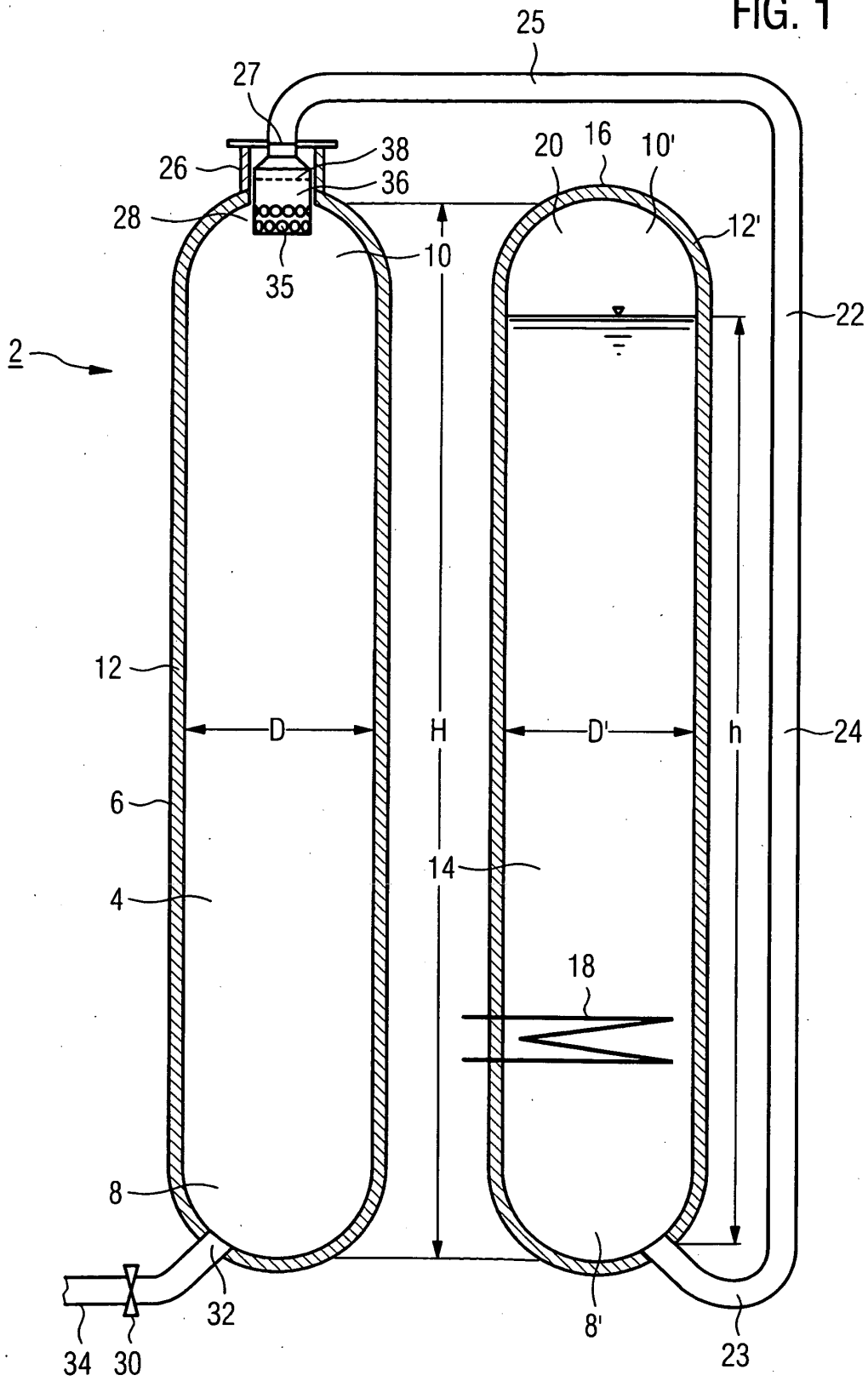


FIG. 2

