

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 772 826**

51 Int. Cl.:

G21C 9/02 (2006.01)

G21C 17/10 (2006.01)

G21D 3/06 (2006.01)

G05B 9/00 (2006.01)

F16K 37/00 (2006.01)

G21H 1/00 (2006.01)

G21C 7/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2016** **E 16201071 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020** **EP 3179479**

54 Título: **Sistema de control de parada rápida de reactor nuclear**

30 Prioridad:

07.12.2015 US 201514960769

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

08.07.2020

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC
(100.0%)**

**3901 Castle Hayne Road
Wilmington, NC 28401, US**

72 Inventor/es:

**BASS, JOHN ROBERT;
BAHENSKY, TED GORDON;
MIERS, SEAN WILSON y
AYER, ROBERT A.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 772 826 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

Sistema de control de parada rápida de reactor nuclear

Antecedentes

Campo

- 5 La presente descripción se refiere en general a sistemas de control de parada rápida de reactor nuclear y en particular a sistemas y métodos para permitir la verificación de un estado de energización de un solenoide incluido en una válvula piloto de solenoide para parada rápida utilizada para iniciar una inserción rápida de una barra de control de reactor nuclear.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Los reactores nucleares incluidos en una o varias instalaciones nucleares pueden incluir uno o varios conjuntos de barras de control configuradas para ser insertadas o retiradas de un núcleo de reactor con el fin de controlar la velocidad de las reacciones nucleares que se producen en el núcleo de reactor. Una instalación nuclear puede estar configurada para insertar rápidamente algunas barras de control, o la totalidad de las mismas, en un núcleo de reactor. La inserción de una barra de control en un núcleo de reactor puede originar un apagado rápido del núcleo de reactor. A dicha operación de apagado se la puede denominar parada rápida, "disparo", parada de emergencia, etc. (en inglés, "scram") de reactor nuclear. A una inserción rápida de una barra de control en un núcleo de reactor nuclear como parte de una parada rápida de reactor nuclear se la puede denominar en la presente memoria inserción rápida de la barra de control, "disparo" de la barra de control, inserción de emergencia de la barra de control, etc.

- 20 Un reactor nuclear puede incluir equipo configurado para insertar rápidamente una o varias barras de control en un reactor nuclear como parte de una parada rápida de reactor nuclear. En algunos casos, un reactor nuclear incluye una o varias unidades de control hidráulico (UCH) configuradas para hacer que se inserten rápidamente una o varias barras de control dentro de un reactor nuclear como parte de una parada rápida de reactor nuclear.

- 25 En algunos casos, un aparato particular de válvula de solenoide controla la inserción rápida de al menos una barra de control. El aparato de válvula de solenoide actúa para hacer que la UCH inserte rápidamente una o varias barras de control. El aparato puede incluir una válvula piloto de solenoide para parada rápida ("VPSPR"). Una VPSPR puede estar configurada para hacer que una o varias UCH correspondientes inserten rápidamente al menos una barra de control en función de la actuación de la VPSPR. La VPSPR puede actuar provocando la introducción de un fluido de trabajo en la UCH. El fluido de trabajo puede hacer que la UCH inserte rápidamente al menos una barra de control por medio de fuerza hidráulica.

- 30 En algunos casos, una VPSPR actúa en función de un estado de energización de al menos una bobina de solenoide ("solenoide de VPSPR") incluida en la VPSPR. Una VPSPR puede estar configurada para actuar en respuesta a que al menos un solenoide de VPSPR incluido en la misma esté desenergizado. En consecuencia, se puede efectuar una inserción rápida de al menos una barra de control en función de una caída de alimentación eléctrica al solenoide de VPSPR, proporcionando así funcionalidad de parada rápida a prueba de fallos.

El documento JP H08 20544 B2 describe un dispositivo para comprobar la consistencia del funcionamiento de una válvula piloto para parada rápida que funciona en el momento de una parada de emergencia de un reactor nuclear.

- 40 El documento JP S57 29870 A describe el aseguramiento del estado de funcionamiento de una válvula operada por solenoide, por detección del flujo de fuga producido en el momento de la energización del solenoide y, con ello, encendiendo una lámpara, etc.

El documento JP H10 110859 A describe un sistema de alimentador para una válvula de solenoide del tipo de solenoide solo en un lado que puede mostrar claramente si una bobina del lado a tiene corriente o si una bobina del lado b tiene corriente y, en caso de que tengan corrientes simultáneamente la bobina del lado a y la bobina del lado b, también puede mostrar esto claramente.

45 Compendio

La invención se refiere a un sistema de control de parada rápida nuclear según se define en la reivindicación 1, un método para proporcionar tal sistema de control de parada rápida nuclear según se define en la reivindicación 7 y a un método para hacer funcionar tal sistema de control de parada rápida nuclear según se define en la reivindicación 13.

- 50 Diversos ejemplos de la presente memoria se refieren a aparatos, sistemas y métodos asociados con una luz indicadora de solenoide acoplada eléctricamente a un solenoide de una válvula piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR). La luz indicadora puede proporcionar una indicación inmediata, activa y visualmente observable de un estado de energización del solenoide de VPSPR, mitigando así el riesgo de apagados al menos parciales de reactor nuclear y mitigando la exposición a dosis de radiación para operadores dedicados a verificar los estados de

energización de uno o varios conjuntos de válvulas VPSPR en una instalación nuclear.

5 En algunos aspectos, un sistema de control de parada rápida de reactor nuclear incluye una válvula piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR) y al menos una luz indicadora de solenoide. La VPSPR puede incluir al menos un solenoide. La VPSPR puede estar configurada para actuar, al menos en parte, en función de un estado de energización del al menos un solenoide de VPSPR. La al menos una luz indicadora de solenoide puede estar acoplada eléctricamente al al menos un solenoide de VPSPR. La luz indicadora puede estar configurada para activarse selectivamente en función, al menos en parte, del estado de energización del al menos un solenoide de VPSPR.

10 En algunos aspectos, la luz indicadora puede estar separada y situada remotamente con relación a la VPSPR. La luz indicadora puede estar acoplada eléctricamente al al menos un solenoide de VPSPR a través de al menos una conducción de transmisión de energía.

En algunos aspectos, el sistema de control de parada rápida de reactor nuclear incluye un rectificador de corriente continua. El rectificador de corriente continua puede estar configurado para suministrar alimentación eléctrica de corriente continua (CC) al al menos un solenoide de VPSPR.

15 En algunos aspectos, la VPSPR puede incluir un ejemplo de circuitería acoplado eléctricamente al al menos un solenoide de VPSPR. El sistema de control de parada rápida de reactor nuclear puede incluir además al menos una luz indicadora de circuito acoplada eléctricamente al ejemplo de circuitería. La al menos una luz indicadora de circuito puede estar configurada para activarse selectivamente en función, al menos en parte, de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería.

20 En algunos aspectos, el ejemplo de circuitería puede incluir un ejemplo de circuitería para reducción de tensión. El ejemplo de circuitería para reducción de tensión puede estar configurado para reducir una tensión de alimentación eléctrica de CC suministrada al al menos un solenoide de VPSPR.

25 En algunos aspectos, la VPSPR puede incluir una pluralidad de solenoides de VPSPR. La VPSPR puede estar configurada para actuar en función, al menos en parte, de un estado común de energización de todos los solenoides de VPSPR de la pluralidad de solenoides de VPSPR. El sistema de control de parada rápida de reactor nuclear puede incluir una pluralidad de luces indicadoras acopladas eléctricamente a solenoides individuales de la pluralidad de solenoides de VPSPR. Cada luz indicadora individual de la pluralidad de luces indicadoras puede estar configurada para activarse selectivamente en función, al menos en parte, del estado de energización del respectivo solenoide de VPSPR al cual está acoplada eléctricamente la luz indicadora individual.

30 En algunos aspectos, la al menos una luz indicadora de solenoide incluye una luz indicadora de diodo fotoemisor (led).

35 En algunos aspectos, un método incluye configurar una válvula piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR) para que proporcione una indicación visible de un estado de energización de al menos un solenoide de VPSPR incluido en la misma. El hecho de configurar puede incluir acoplar eléctricamente al menos una luz indicadora de solenoide al al menos un solenoide de VPSPR, de modo que la al menos una luz indicadora de solenoide esté configurada para activarse selectivamente en función, al menos en parte, del estado de energización del al menos un solenoide de VPSPR.

40 En algunos aspectos, la luz indicadora puede estar separada y situada remotamente con relación a la VPSPR. El hecho de configurar puede incluir acoplar eléctricamente la al menos una luz indicadora de solenoide al al menos un solenoide de VPSPR a través de al menos una conducción de transmisión de energía.

En algunos aspectos, el método puede incluir acoplar eléctricamente un rectificador de corriente continua (CC) al solenoide de VPSPR, a fin de configurar el solenoide de VPSPR para ser energizado mediante alimentación eléctrica de CC.

45 En algunos aspectos, la VPSPR puede incluir un ejemplo de circuitería acoplado eléctricamente al menos un solenoide de VPSPR. El método puede incluir configurar la VPSPR para proporcionar una indicación visible de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería. El hecho de configurar puede incluir acoplar eléctricamente al menos una luz indicadora de circuito al ejemplo de circuitería, a fin de configurar la al menos una luz indicadora de circuito para que se active selectivamente en función, al menos en parte, de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería.

50 En algunos aspectos, el ejemplo de circuitería puede incluir un ejemplo de circuitería para reducción de tensión. El ejemplo de circuitería para reducción de tensión puede estar configurado para reducir una tensión de alimentación eléctrica de CC suministrada al menos un solenoide de VPSPR.

55 En algunos aspectos, la VPSPR puede incluir una pluralidad de solenoides de VPSPR. La VPSPR puede estar configurada para actuar en función, al menos en parte, de un estado común de energización de todos los solenoides de la pluralidad de solenoides de VPSPR. El hecho de configurar puede incluir además acoplar eléctricamente una pluralidad de luces indicadoras a solenoides individuales de VPSPR de la pluralidad de solenoides de VPSPR, a fin

de configurar cada luz indicadora individual de la pluralidad de luces indicadoras para que se active selectivamente en función, al menos en parte, del estado de energización del respectivo solenoide de VPSPR al cual está acoplada eléctricamente la luz indicadora individual.

5 En algunos aspectos, la al menos una luz indicadora de solenoide incluye una luz indicadora de diodo fotoemisor (led).

10 En algunos aspectos, un método para hacer funcionar una válvula piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR) puede incluir acoplar eléctricamente a una fuente de alimentación un solenoide de VPSPR incluido en la VPSPR, y activar selectivamente una luz indicadora de solenoide acoplada eléctricamente al solenoide de VPSPR. Un estado de energización del solenoide de VPSPR puede estar basado, al menos en parte, en la alimentación eléctrica recibida desde la fuente de alimentación. La VPSPR puede estar configurada para actuar en función de un estado de energización del solenoide de VPSPR. La activación selectiva del indicador de solenoide puede estar basada en el estado de energización del solenoide de VPSPR.

15 En algunos aspectos, la luz indicadora puede estar acoplada eléctricamente, en paralelo con el solenoide de VPSPR, a una fuente de alimentación. El hecho de activar selectivamente la luz indicadora en función de un estado de energización del solenoide de VPSPR puede incluir desactivar la luz indicadora como respuesta a que el solenoide de VPSPR quede desenergizado.

En algunos aspectos, la VPSPR puede incluir un ejemplo de circuitería acoplado eléctricamente al solenoide de VPSPR. El método puede incluir activar selectivamente una luz indicadora de circuito acoplada eléctricamente al ejemplo de circuitería en función de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería.

20 En algunos aspectos, el ejemplo de circuitería puede incluir un ejemplo de circuitería para reducción de tensión, estando el ejemplo de circuitería para reducción de tensión configurado para reducir una tensión de alimentación eléctrica de CC suministrada al menos un solenoide de VPSPR.

25 En algunos aspectos, la VPSPR puede incluir una pluralidad de solenoides de VPSPR. La VPSPR puede configurarse para actuar en función, al menos en parte, de un estado común de energización de todos los solenoides de la pluralidad de solenoides de VPSPR. El método puede incluir activar selectivamente luces indicadoras individuales de la pluralidad de luces indicadoras en función, al menos en parte, de los respectivos estados de energización del solenoide de VPSPR respectivo al cual están acopladas eléctricamente las luces indicadoras individuales.

30 En algunos aspectos, la al menos una luz indicadora de solenoide puede incluir una luz indicadora de diodo fotoemisor (led).

A partir de la descripción ofrecida en la presente memoria resultarán evidentes otras áreas de aplicabilidad. La descripción y los ejemplos específicos de este compendio tienen únicamente fines ilustrativos, y no se pretende que limiten el alcance de la presente descripción.

Breve descripción de los dibujos

35 Tras revisar la descripción detallada junto con los dibujos adjuntos pueden resultar más evidentes las diversas características y ventajas de las realizaciones no limitantes de la presente memoria. Los dibujos adjuntos tienen meramente finalidad ilustrativa y no se deben interpretar como limitantes del alcance de las reivindicaciones. No se deben considerar dibujados a escala los dibujos adjuntos, salvo que se indique explícitamente. Algunas dimensiones de los dibujos pueden haber sido exageradas por razones de claridad.

40 La Figura 1 es una vista esquemática de una estructura de reactor nuclear, según algunas realizaciones.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una válvula piloto de solenoide para parada rápida, según algunas realizaciones.

La Figura 3 es una vista en corte esquemática de una válvula piloto de solenoide para parada rápida, según algunas realizaciones.

45 La Figura 4 es un diagrama esquemático de un sistema de control de parada rápida de reactor nuclear, según algunas realizaciones.

La Figura 5 ilustra la configuración de una válvula piloto de solenoide para parada rápida a fin de proporcionar control de inserción rápida de barra de control e indicación visible de estado de energización de solenoide, según algunas realizaciones.

50 La Figura 6 ilustra el funcionamiento de una válvula piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR), según algunas realizaciones.

Descripción detallada

Se describirán detalladamente una o varias realizaciones ilustrativas haciendo referencia a los dibujos adjuntos. No obstante, las realizaciones ilustrativas pueden ponerse en práctica de diversas formas distintas, y no se las debe considerar limitadas exclusivamente a las realizaciones ilustradas. Antes bien, las realizaciones ilustradas son ofrecidas como ejemplos para que la presente descripción sea exhaustiva y completa, y transmita por completo a los expertos en la materia los conceptos de la presente descripción. En consecuencia, puede que, en relación con algunas realizaciones ilustrativas, no se describan procesos, elementos y técnicas conocidos. Salvo que se indique otra cosa, en los dibujos adjuntos y en la descripción escrita los caracteres de referencia similares denotan elementos similares, y por ello no se repetirán descripciones.

Aunque en la presente memoria se pueden emplear los términos "primero", "segundo", "tercero", etc., para describir diversos elementos, componentes, zonas, capas y/o secciones, estos elementos, componentes, zonas, capas y/o secciones no deben verse limitados por estos términos. Estos términos se utilizan exclusivamente para distinguir un elemento, componente, zona, capa o sección de otra zona, capa o sección. Por lo tanto, a un primer elemento, componente, zona, capa o sección que se comente en lo que sigue se le puede denominar, sin apartarse del alcance de la presente descripción, segundo elemento, componente, zona, capa o sección.

Para facilitar la descripción, en la presente memoria se pueden emplear términos y expresiones de relación espacial, tales como "debajo", "bajo", "inferior", "por debajo", "por encima", "superior" y similares, a la hora de describir la relación de un elemento o característica con otro u otros elementos o características, como se ilustra en las figuras. Se entenderá que los términos espacialmente relativos pretenden abarcar distintas orientaciones del dispositivo durante el uso o el funcionamiento, además de la orientación representada en las figuras. Por ejemplo, si se voltea el dispositivo de las figuras, los elementos descritos como "bajo", "debajo", o "por debajo" de otros elementos o características estarían orientados entonces "por encima" de los otros elementos o características. Así pues, el término y la expresión ilustrativos "bajo" y "por debajo" pueden abarcar tanto una orientación hacia arriba como una orientación hacia abajo. El dispositivo puede estar orientado de otra manera (girado 90 grados o con otras orientaciones) y los descriptores de relación espacial utilizados en la presente memoria se pueden interpretar en consecuencia. Además, cuando se hace referencia a que un elemento está "entre" dos elementos, el elemento puede ser el único elemento situado entre los dos elementos, o bien pueden estar presentes entremedias uno o varios elementos.

En la presente memoria se pretende que las formas singulares "un", "uno", "una", y "el", "la", incluyan también las formas plurales, salvo que el contexto indique claramente otra cosa. Se entenderá además que el término "comprende" y/o la expresión "que comprende", cuando se utilizan en la presente memoria descriptiva, indican la presencia de características, números enteros, pasos, operaciones, elementos y/o componentes nombrados, pero no excluyen la presencia o la adición de una u otras varias características, números enteros, pasos, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de ello. En la presente memoria, la expresión "y/o" incluye todas y cada una de las combinaciones de uno o varios de los elementos enumerados asociados. Cuando preceden a una lista de elementos, expresiones tales como "al menos uno de" modifican la lista completa de elementos y no modifican los elementos individuales de la lista. Además, se pretende que el término "ilustrativo" se refiera a un ejemplo o ilustración.

Cuando se hace referencia a un elemento como "en", "conectado a", "acoplado a" o "adyacente a" otro elemento, el elemento puede estar directamente en el otro elemento o conectado, acoplado o adyacente al mismo, o bien pueden estar presentes entremedias uno o varios elementos. Por el contrario, cuando se hace referencia a un elemento como "directamente en", "directamente conectado a", "directamente acoplado a" o "inmediatamente adyacente a" otro elemento, no hay elementos presentes entremedias.

Salvo que se definan de otra manera, todos los términos y expresiones (incluidos los términos y expresiones técnicos y científicos) utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que el que entiende habitualmente un experto ordinario en la materia a la que pertenecen las realizaciones ilustrativas. Los términos y expresiones, tales como los definidos en los diccionarios de uso común, deben interpretarse como poseedores de un significado que es coherente con su significado en el contexto de la técnica relevante y/o de la presente descripción, y no se deben interpretar en un sentido idealizado o excesivamente formal, salvo que expresamente se defina así en la presente memoria.

Las realizaciones ilustrativas pueden describirse haciendo referencia a actos y representaciones simbólicas de operaciones (p. ej., en forma de gráficos de flujo, diagramas de flujo, diagramas de flujo de datos, diagramas de estructura, diagramas de bloques, etc.) que pueden implementarse conjuntamente con unidades y/o dispositivos que se discuten con mayor detalle más adelante. Aunque se comente de manera particular, una función u operación especificada en un bloque concreto puede llevarse a cabo de manera distinta al flujo especificado en un gráfico de flujo, diagrama de flujo, etc. Por ejemplo, funciones u operaciones que se ilustran como realizadas en serie en dos bloques consecutivos pueden realizarse en la realidad de manera simultánea o, en algunos casos, realizarse en orden inverso.

Las unidades y/o dispositivos según una o varias realizaciones ilustrativas pueden ser implementadas mediante *hardware*, *software* y/o una combinación de ello. Por ejemplo, los dispositivos de *hardware* se pueden implementar utilizando circuitería de procesamiento tal como, pero sin limitación, un procesador, una unidad central de procesamiento (CPU, por sus siglas en inglés), un controlador, una unidad lógica-aritmética (ALU), un procesador de señal digital, un microordenador, una matriz de puertas programable en campo (FPGA), un sistema en un chip (SoC), una unidad lógica programable, un microprocesador o cualquier otro dispositivo capaz de responder a instrucciones, y ejecutarlas, de una manera definida.

El *software* puede incluir un programa de ordenador, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, para dar instrucciones a un dispositivo de *hardware*, o configurarlo, de manera independiente o colectiva, a fin de que funcione como se desea. El programa de ordenador y/o el código de programa pueden incluir instrucciones legibles por ordenador o por programa, componentes de *software*, módulos de *software*, archivos de datos, estructuras de datos y/o similares, aptos para ser implementados por uno o varios dispositivos de *hardware*, tales como uno o varios de los dispositivos de *hardware* mencionados más arriba. Los ejemplos de código de programa incluyen tanto código de máquina producido por un compilador como código de programa de nivel superior que se ejecuta utilizando un intérprete.

Por ejemplo, cuando un dispositivo de *hardware* es un dispositivo de procesamiento informático (p. ej., un procesador, unidad central de procesamiento (CPU), un controlador, una unidad lógica-aritmética (ALU), un procesador de señal digital, un microordenador, un microprocesador, etc.) el dispositivo de procesamiento informático puede estar configurado para ejecutar el código de programa realizando operaciones aritméticas, lógicas y de entrada/salida, conforme al código de programa. Una vez cargado el código de programa en un dispositivo de procesamiento informático, el dispositivo de procesamiento informático puede estar programado para ejecutar el código de programa, transformando así el dispositivo de procesamiento informático en un dispositivo de procesamiento informático de finalidad específica. En un ejemplo más concreto, cuando se carga el código de programa en un procesador, el procesador queda programado para ejecutar el código de programa y las operaciones correspondientes al mismo, transformando así el procesador en un procesador de finalidad específica.

El *software* y/o los datos pueden estar contenidos de manera permanente o temporal en cualquier tipo de máquina, componente, equipo físico o virtual, o medio o dispositivo de almacenamiento informático, capaz de proporcionar instrucciones o datos a un dispositivo de *hardware* o ser interpretado por este. El *software* también puede distribuirse a través de sistemas informáticos conectados en red, de forma que el *software* se almacena y se ejecuta de manera distribuida. En particular, el *software* y los datos, por ejemplo, pueden ser almacenados mediante uno o varios medios de grabación legibles por ordenador, entre ellos los medios de almacenamiento tangibles o no transitorios, legibles por ordenador, comentados en la presente memoria.

Según una o varias realizaciones ilustrativas, para aumentar la claridad de la descripción se pueden describir los dispositivos de procesamiento informático como incluyentes de diversas unidades funcionales que realizan diversas operaciones y/o funciones. No obstante, no se pretende que los dispositivos de procesamiento informático estén limitados a estas unidades funcionales. Por ejemplo, en una o varias realizaciones ilustrativas las diversas operaciones y/o funciones de las unidades funcionales pueden ser realizadas por otras unidades funcionales. Además, los dispositivos de procesamiento informático pueden realizar las operaciones y/o funciones de las diversas unidades funcionales sin subdividir las operaciones y/o funciones de las unidades de procesamiento informático entre estas diversas unidades funcionales.

Las unidades y/o dispositivos según una o varias realizaciones ilustrativas también pueden incluir uno o varios dispositivos de almacenamiento. Los uno o varios dispositivos de almacenamiento pueden ser medios de almacenamiento tangibles o no transitorios, legibles por ordenador, tales como memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés), memoria de solo lectura (ROM), un dispositivo de almacenamiento masivo permanente (como una unidad de disco), un dispositivo en estado sólido (por ejemplo, *flash* NAND) y/o cualquier otro mecanismo de almacenamiento de datos similar, capaz de almacenar y registrar datos. Los uno o varios dispositivos de almacenamiento pueden estar configurados para almacenar programas de ordenador, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, para uno o varios sistemas operativos y/o para implementar las realizaciones ilustrativas descritas en la presente memoria. Los programas de ordenador, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, también se pueden cargar desde un medio de almacenamiento separado, legible por ordenador, a uno o varios dispositivos de almacenamiento y/o a uno o varios dispositivos de procesamiento informático utilizando un mecanismo de unidad informática. Dicho medio de almacenamiento separado, legible por ordenador, puede incluir una unidad *flash* con bus en serie universal (en inglés, "Universal Serial Bus", o USB), una memoria extraíble, una unidad Bluray/DVD/CD-ROM, una tarjeta de memoria y/u otro medio de almacenamiento legible por ordenador. Se pueden cargar los programas de ordenador, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, en los uno o varios dispositivos de almacenamiento y/o en los uno o varios dispositivos de procesamiento informático desde un dispositivo remoto de almacenamiento de datos a través de una interfaz de red, en lugar de a través de un medio de almacenamiento legible por ordenador. Además, los programas de ordenador, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, se pueden cargar en los uno o varios dispositivos de almacenamiento y/o los uno o varios procesadores desde un sistema informático remoto que esté configurado para transferir y/o distribuir los programas informáticos, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, a través de una red. El sistema informático remoto puede transferir y/o distribuir los

programas informáticos, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, a través de una interfaz cableada, una interfaz aérea y/o cualquier otro medio similar.

5 Los uno o varios dispositivos de *hardware*, los uno o varios dispositivos de almacenamiento y/o los programas informáticos, código de programa, instrucciones o una combinación de ello, pueden estar diseñados y contruidos especialmente para los fines de las realizaciones ilustrativas, o bien pueden ser dispositivos conocidos que se alteran y/o se modifican para los fines de las realizaciones ilustrativas.

10 Un dispositivo de *hardware*, tal como un dispositivo de procesamiento de ordenador, puede ejecutar un sistema operativo (OS, por sus siglas en inglés) y una o varias aplicaciones de *software* que se ejecutan en el OS. El dispositivo de procesamiento informático también puede acceder, almacenar, manipular, procesar y crear datos en respuesta a la ejecución del *software*. Por simplicidad, una o varias realizaciones ilustrativas se pueden ejemplificar en forma de un dispositivo de procesamiento informático; sin embargo, un experto en la materia apreciará que un dispositivo de *hardware* puede incluir múltiples elementos de procesamiento y múltiples tipos de elementos de procesamiento. Por ejemplo, un dispositivo de *hardware* puede incluir múltiples procesadores o un procesador y un controlador. Además, son posibles otras configuraciones de procesamiento, tales como procesadores en paralelo.

15 Expertos ordinarios en la materia pueden realizar de diversas maneras modificaciones, adiciones y sustituciones de realizaciones ilustrativas de acuerdo con la descripción, aunque estén descritas con referencia a ejemplos y dibujos específicos. Por ejemplo, las técnicas descritas se pueden llevar a cabo en un orden distinto al de los métodos descritos, y/o se pueden conectar o combinar componentes tales como el sistema, arquitectura, dispositivos, circuito y similares descritos, para que sean diferentes de los métodos antes descritos, o bien se pueden lograr resultados de manera apropiada mediante otros componentes o equivalentes.

20 La presente descripción se refiere a válvulas piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR) únicas, que controlan operaciones de parada rápida asociadas con un reactor nuclear, y métodos asociados con las mismas, aunque las realizaciones ilustrativas no están limitadas a ello.

25 Las VPSPR descritas en la presente memoria son únicas por que incluyen al menos una luz indicadora de solenoide que está acoplada eléctricamente a un solenoide de la VPSPR. La al menos una luz indicadora de solenoide proporciona una indicación inmediata, observable y fiable de un estado presente de energización del solenoide de la VPSPR. En consecuencia, las operaciones de verificación de solenoides de VPSPR destinadas a verificar los estados de energización de solenoides de VPSPR pueden ver mejorada su fiabilidad y reducida su duración. La fiabilidad mejorada de la verificación de solenoides de VPSPR puede mitigar el riesgo de paradas rápidas involuntarias de un reactor nuclear, mitigando así el riesgo de interrupciones indeseables del reactor nuclear y racionalizando así el funcionamiento de la instalación nuclear. Además, una duración reducida de la verificación de solenoides de VPSPR puede originar una mejora inmediata de los resultados de verificación en lo que se refiere a las operaciones de prueba asociadas con las VPSPR, lo que mitiga aún más el riesgo de interrupciones indeseables del reactor nuclear. Por otra parte, la duración reducida de la verificación de solenoides de VPSPR puede dar como resultado una reducida exposición a la radiación para los operadores que llevan a cabo la verificación, reduciendo así los riesgos de seguridad asociados con el funcionamiento del reactor nuclear.

La Figura 1 es una vista esquemática de una estructura 100 de reactor nuclear, según algunas realizaciones.

40 La estructura 100 de reactor nuclear incluye un núcleo 101 de reactor nuclear y un sistema 105 de control de parada rápida de reactor nuclear. En algunas realizaciones, la estructura 100 de reactor nuclear incluye una estructura de contención, una parte de una instalación nuclear que corresponde a una zona de la misma con radiación elevada, una combinación de ello, etc.

45 El sistema 105 de control de parada rápida incluye un conjunto de barras 102 de control configuradas para ser insertadas en el núcleo 101 a fin de controlar, al menos parcialmente, reacciones nucleares que se producen en el núcleo 101 de reactor, incluido el control de la velocidad de las reacciones. En algunas realizaciones, una o varias barras 102 de control están configuradas para ser insertadas de manera reversible en el núcleo 101 de reactor. Una barra 102 de control puede estar constituida por uno u otros varios materiales diferentes, configurados para absorber neutrones sin que los uno u otros varios materiales diferentes se fisionen.

50 El sistema 105 de control de parada rápida de reactor nuclear incluye una bancada 110 de unidades, de 112-1 a 112-n, de control hidráulico (UCH). Las UCH de 112-1 a 112-n están todas ellas comunicativamente acopladas 114 a una o varias de las barras 102 de control de la instalación 102. Una UCH 112 puede estar configurada para controlar al menos una barra 102 de control comunicativamente acoplada, de modo que la UCH 112 esté configurada para al menos insertar en el reactor 101 la barra 102 de control comunicativamente acoplada. Por ejemplo, una UCH 112 puede estar acoplada a una barra 102 de control a través de una conducción hidráulica 114, de modo que la UCH 112 esté configurada para controlar una posición de la barra 102 de control haciendo que se ejerza fuerza hidráulica sobre al menos una parte de la barra 102 a través de la conducción 114.

55 La bancada 110 de unidades UCH incluye un conjunto de válvulas piloto, de 120-1 a 120-n, de solenoide para parada rápida (VPSPR). Las VPSPR de 120-1 a 120-n-1 y a 120-n están acopladas a unidades UCH individuales, de 112-1 a 112-n, en la bancada 110 de unidades UCH. Cada VPSPR 120 puede estar configurada para hacer que la

UCH 112 acoplada inserte rápidamente, al menos de manera parcial, la al menos una barra 102 de control a la cual está acoplada comunicativamente la UCH 112 acoplada, en función de la actuación de la VPSPR 120. Por ejemplo, una VPSPR 120 puede, como resultado de su actuación, hacer que se introduzcan uno o varios fluidos de trabajo en la UCH 112 acoplada. La introducción de los uno o varios fluidos de trabajo puede originar que la UCH 112 ejerza una fuerza hidráulica sobre al menos una barra 102 de control. En consecuencia, una VPSPR 120 puede estar configurada para hacer que, en función de la actuación de la VPSPR 120, se inserte rápidamente al menos una barra 102 de control, al menos de manera parcial, en el núcleo 101 de reactor. En algunas realizaciones una VPSPR puede hacer, como resultado de su actuación, que uno o varios fluidos de trabajo sean evacuados de una parte de la UCH 112 acoplada. La introducción de los uno o varios fluidos de trabajo puede hacer que la UCH 112 ejerza una fuerza hidráulica sobre al menos una barra 102 de control.

En algunas realizaciones, una VPSPR incluye al menos un solenoide. El solenoide recibe energía eléctrica (es decir, es energizado) desde una fuente de alimentación. Al al menos un solenoide se le puede denominar en la presente memoria "un solenoide de VPSPR". En algunas realizaciones, la VPSPR actúa selectivamente en función de un estado de energización de al menos un solenoide de VPSPR incluido en la VPSPR. La VPSPR puede estar configurada para actuar en respuesta a la desenergización de al menos un solenoide de VPSPR incluido en la VPSPR. En consecuencia, la VPSPR 120 puede estar configurada para hacer que, en función de un estado de energización de al menos un solenoide de VPSPR de la VPSPR 120, se inserte rápidamente al menos una barra 102 de control de la instalación 100, al menos de manera parcial, en el núcleo 101 de reactor.

En algunas realizaciones, una VPSPR incluye múltiples solenoides de VPSPR. Al menos dos de los solenoides de VPSPR de una VPSPR pueden recibir energía desde fuentes de alimentación individuales. Por ejemplo, tal como se ilustra en la Figura 1, cada VPSPR 120 incluida en la bancada 110 de unidades UCH incluye un conjunto de múltiples solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR. Cada solenoide individual, de 122-1 a 122-n, de VPSPR incluido en una VPSPR 120 dada, está acoplado eléctricamente a una conducción individual, de 150-1 a 150-n, de energía. En la presente memoria, una conducción de energía puede incluir un conjunto de uno o varios de cualesquiera ejemplos conocidos de conducción para transmisión de energía, entre ellos uno o varios ejemplos de cableado de alimentación, uno o varios ejemplos de buses de alimentación, una combinación de ello, etc. Las conducciones, de 150-1 a 150-n, de energía que se ilustran están acopladas eléctricamente a fuentes, de 140-1 a 140-n, de alimentación. Las fuentes, de 140-1 a 140-n, de alimentación pueden incluir fuentes de alimentación individuales o una fuente de alimentación común.

En algunas realizaciones, una VPSPR 120 dada está configurada para actuar. La actuación de la VPSPR puede hacer que, en función de los estados de energización de cada uno de los solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR incluidos en la VPSPR 120, se inserte rápidamente al menos una barra 102 de control, al menos de manera parcial, en el núcleo 101 de reactor. Por ejemplo, una VPSPR 120 puede estar configurada para actuar en respuesta a que todos los solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR estén desenergizados a consecuencia de haberse cortado la alimentación eléctrica desde las conducciones, de 150-1 a 150-n, de energía a cada uno de los solenoides, de 122-1 a 122-n, de la VPSPR 120 dada. En consecuencia, puede reducirse la probabilidad de desencadenar involuntariamente una inserción rápida de barra de control, ya que la desenergización de solamente un solenoide 122 de VPSPR de una VPSPR puede hacer que la VPSPR 120 no actúe.

En algunos casos, se puede desactivar intencionadamente una selección limitada de los solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR incluidos en una VPSPR, como parte de una operación ("de vigilancia") de prueba de parada rápida, con el fin de verificar que la selección limitada de solenoides de VPSPR están funcionando correctamente y van a funcionar correctamente para insertar rápidamente al menos una barra de control cuando se desee. La desenergización de una selección limitada de solenoides de VPSPR de una VPSPR como parte de una "prueba parcial de vigilancia de parada rápida" de la VPSPR, puede hacer que la VPSPR no actúe, ya que la VPSPR está configurada para actuar como resultado de que todos los solenoides de VPSPR incluidos en la VPSPR estén desenergizados. En algunas realizaciones, si uno de los solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR incluidos en una VPSPR 120 está desenergizado inadvertidamente, una prueba parcial de vigilancia de la VPSPR 120 puede provocar que la VPSPR 120 actúe. La prueba parcial de vigilancia de parada rápida puede incluir la desenergización intencionada del resto de los solenoides 122 de VPSPR de la VPSPR 120, provocando una inserción rápida involuntaria ("no intencionada", "indeseada", etc.) de al menos una barra 102 de control. Esta inserción rápida involuntaria puede originar una interrupción del funcionamiento del reactor nuclear.

En algunas realizaciones, el riesgo de actuación involuntaria de la VPSPR puede mitigarse al menos parcialmente mediante la implementación de una operación de verificación. La operación de verificación puede incluir verificar el estado de energización de solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR en las VPSPR de 120-1 a 120-n, antes de efectuar diversas operaciones de prueba asociadas con las VPSPR de 120-1 a 120-n, entre ellas una prueba parcial de vigilancia de parada rápida de una o varias de las VPSPR de 120-1 a 120-n. Las operaciones de prueba asociadas con las VPSPR de 120-1 a 120-n pueden incluir probar algunas o la totalidad de las VPSPR, de 120-1 a 120-n, de la estructura 100 de reactor. Por lo tanto, las operaciones de verificación pueden incluir verificar si está energizado cada uno de los solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR de cada una de las VPSPR, de 120-1 a 120-n, de la estructura 100.

Dicha operación de verificación puede incluir inspeccionar un conjunto de fusibles asociados con el conjunto de

válvulas VPSPR de 120-1 a 120-n, para determinar si se ha fundido algún fusible, ya que un fusible fundido asociado con un solenoide de VPSPR puede indicar que el solenoide de VPSPR correspondiente está desenergizado. La inspección de fusibles puede incluir que un operador 170 entre a una zona de la estructura 100 de reactor nuclear en la que está situado un conjunto de fusibles asociado con las VPSPR de 120-1 a 120-n, e inspeccione manualmente los fusibles en busca de indicaciones visuales de que se ha fundido alguno de los fusibles.

Sin embargo, una operación de verificación de este tipo puede requerir la presencia prolongada de un operador en la estructura 100 de reactor nuclear. La operación de verificación puede incluir, por ejemplo, que el operador 170 inspeccione visualmente 172, de manera manual, una gran cantidad de fusibles asociados con las VPSPR de 120-1 a 120-n. En consecuencia, puede ocurrir que el operador reciba una dosis elevada de exposición a la radiación como resultado de la presencia prolongada del operador dentro de la estructura 100.

Además, puede ser difícil distinguir manualmente un fusible fundido de un fusible no fundido, ya que un fusible fundido puede proporcionar una indicación visual limitada de haberse fundido. Además, una duración temporal prolongada de una operación de verificación que incluya la inspección de fusibles puede dar lugar a que se efectúe la operación con una antelación sustancial con respecto a la operación de prueba. En consecuencia, una fusión de fusible que se produzca después de la operación de verificación y antes de la operación de prueba puede pasar desapercibida, lo que aumenta el riesgo de interrupción involuntaria del reactor nuclear.

En algunas realizaciones, las operaciones de verificación de solenoides de VPSPR pueden incluir supervisar un conjunto de válvulas VPSPR de 120-1 a 120-n mediante exploraciones termográficas de las VPSPR de 120-1 a 120-n, a fin de determinar estados de energización de solenoides de VPSPR incluidos en las VPSPR, basándose en la observación de imágenes termográficas de los solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR. Un solenoide, de 122-1 a 122-n, de VPSPR energizado puede generar más calor que un solenoide, de 122-1 a 122-n, de VPSPR desenergizado, de modo que en una imagen termográfica un solenoide de VPSPR desenergizado puede ser distinguible de un solenoide de VPSPR energizado.

Sin embargo, dicha verificación puede requerir la presencia prolongada de un operador 170 en la estructura 100 de reactor nuclear. Por ejemplo, la verificación puede incluir el uso manual de un dispositivo sensor termográfico por un operador 170 en una parte 130 de la estructura 100 de reactor en proximidad física al conjunto de válvulas VPSPR de 120-1 a 120-n. En consecuencia, puede ocurrir que el operador 170 reciba una dosis elevada de exposición a la radiación como resultado de la presencia prolongada del operador dentro de la estructura 100.

Además, una duración temporal prolongada de una operación de verificación que incluya exploración termográfica puede dar lugar a que se efectúe la operación con una antelación sustancial con respecto a la operación de prueba. Una desenergización de solenoide de VPSPR que se produzca después del escaneo termográfico y antes de la prueba puede pasar desapercibida, lo que aumenta el riesgo de interrupción involuntaria del reactor nuclear.

En algunas realizaciones, una VPSPR incluye una o varias luces indicadoras acopladas eléctricamente a solenoides individuales de VPSPR de los uno o varios solenoides de VPSPR incluidos en la VPSPR. Tales luces indicadoras pueden ser denominadas en la presente memoria luces indicadoras de solenoide.

Una luz indicadora de solenoide puede estar configurada para activarse selectivamente en función de un estado de energización del solenoide de VPSPR al cual está acoplada eléctricamente. Por ejemplo, cuando un solenoide de VPSPR está recibiendo energía eléctrica desde una fuente de alimentación y está energizado, puede activarse, como respuesta, una luz indicadora de solenoide acoplada eléctricamente. En otro ejemplo, cuando se deja de suministrar energía eléctrica al solenoide de VPSPR, de modo que el solenoide de VPSPR queda desenergizado, la luz indicadora del solenoide acoplado eléctricamente puede, como respuesta, desactivarse. En consecuencia, la luz indicadora de solenoide puede estar configurada para proporcionar una indicación de un estado de energización del solenoide de VPSPR acoplado eléctricamente, siendo la indicación al menos una de una indicación inmediata, una indicación activa y una indicación visualmente observable.

En algunas realizaciones, una VPSPR que incluye múltiples solenoides de VPSPR puede incluir múltiples luces indicadoras de solenoide, estando las luces indicadoras de solenoide individuales acopladas eléctricamente a correspondientes solenoides individuales de VPSPR incluidos en la VPSPR. Tal como se muestra en la Figura 1, cada VPSPR 120 incluye un conjunto de luces indicadoras, de 124-1 a 124-n, de solenoide, donde cada luz indicadora individual, de 124-1 a 124-n, de solenoide incluida en una VPSPR 120 dada está acoplada eléctricamente a un respectivo solenoide individual, de 122-1 a 122-n, de VPSPR de la VPSPR 120 dada.

En algunas realizaciones, las luces indicadoras 124 de solenoide proporcionan al menos una de una indicación inmediata, una indicación activa y una indicación visualmente observable, de los estados de energización de los solenoides, de 122-1 a 122-n, de VPSPR incluidos en las VPSPR, de 120-1 a 120-n, de la bancada 110 de unidades UCH. Por ejemplo, tal como se muestra en la Figura 1, las luces 124 pueden ser visualmente observables por un operador 170 que atraviesa una parte 130 de la estructura 100 de reactor nuclear en donde están situadas las VPSPR de 120-1 a 120-n. Según se muestra, las luces indicadoras 124 pueden estar situadas dentro del campo 172 de visión de un operador 170 que atraviesa la parte 130. La parte 130 puede incluir un espacio, pasillo, etc. que se extiende a lo largo de al menos un lado de al menos una parte de la bancada 110 de unidades UCH.

El operador 170, como resultado de ver una o varias de las luces indicadoras 124 dentro del campo 172 de visión del operador 170, puede observar si una o varias de las luces 124 están activadas o desactivadas. El operador 170 puede determinar, basándose en observar si una luz 124 dada está activada o desactivada, si un correspondiente solenoide 122 de VPSPR al cual está acoplada la luz 124 está energizado o está desenergizado. En consecuencia, una operación de verificación destinada a verificar los estados de energización del solenoide 122 de VPSPR puede resultar simplificada y mejorada en cuanto a fiabilidad y duración de la operación de verificación.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una válvula piloto de solenoide para parada rápida, según algunas realizaciones. La VPSPR que se muestra en la Figura 2 puede estar incluida en cualquiera de las realizaciones de la presente memoria, incluidas una o varias de las VPSPR de 120-1 a 120-n ilustradas en la Figura 1.

La VPSPR 220 que se muestra en la Figura 2 incluye un conjunto de dos carcassas 222A-B de solenoide de VPSPR. Cada carcasa individual 222 incluye al menos un solenoide individual de VPSPR. La VPSPR 220 incluye además un orificio 210 para fluido, configurado para estar acoplado con un conducto para fluido. Entre la VPSPR 220 y un conducto externo para fluido acoplado al orificio 210 pueden circular uno o varios fluidos de trabajo. Los uno o varios fluidos de trabajo pueden incluir uno o varios de un fluido hidráulico, gas, líquido, etc. Se entenderá que en otra ubicación de la VPSPR 220 puede estar situado un orificio adicional 210 para fluido. En algunas realizaciones, la VPSPR 220 está configurada para actuar selectivamente, haciendo circular así selectivamente uno o varios fluidos entre al menos dos orificios 210 de la VPSPR 220 a través de un conducto interno para fluido (no mostrado en la Figura 2), en función de si todos los solenoides de VPSPR incluidos en las carcassas 222A-B se encuentran en un estado común de energización. El estado común de energización puede incluir que todos los solenoides de VPSPR incluidos en las carcassas 222A-B se desenergizan.

La VPSPR 220 incluye un conjunto de luces indicadoras 224A-B de solenoide acopladas a interfaces eléctricas de carcassas 222A-B de solenoide individuales. Cada luz indicadora 224A-B puede estar acoplada eléctricamente a un conjunto separado de uno o varios solenoides de VPSPR incluidos en la carcasa 222A-B respectiva a la cual está acoplada la luz indicadora 224. Cada luz indicadora 224 puede estar configurada para activarse selectivamente en función de un estado de energización de uno o varios solenoides de VPSPR incluidos en la carcasa respectiva 222 a la cual está acoplada la luz indicadora 224. En algunas realizaciones, una o varias de las luces indicadoras 224 incluyen uno o varios diodos fotoemisores (ledes).

La Figura 3 es una vista esquemática de una válvula piloto de solenoide para parada rápida, según algunas realizaciones. La VPSPR que se muestra en la Figura 3 puede estar incluida en cualquiera de las realizaciones de la presente memoria, incluidas una o varias de las VPSPR de 120-1 a 120-n ilustradas en la Figura 1.

En algunas realizaciones, la VPSPR 300 incluye un conducto 390 para fluido limitado por orificios individuales 392A-B para fluido. La VPSPR 300 está configurada para actuar selectivamente a fin de permitir que uno o varios fluidos de trabajo fluyan a través del conducto 390 entre los orificios individuales 392A-B.

En algunas realizaciones, la VPSPR 300 incluye uno o varios solenoides 310A-B de VPSPR. Los uno o varios solenoides 310A-B de VPSPR pueden estar configurados colectivamente para hacer que la VPSPR 300 actúe en función de un estado de energización de los uno o varios solenoides 310A-B de VPSPR. En algunas realizaciones, un solenoide de VPSPR hace que la VPSPR actúe en función, al menos en parte, de que la VPSPR esté energizada. En algunas realizaciones, un solenoide de VPSPR hace que la VPSPR actúe en función, al menos en parte, de que la VPSPR esté desenergizada.

La VPSPR 300 ilustrada que se incluye en la Figura 3 incluye dos solenoides individuales 310 de VPSPR en carcassas 322 de solenoide individuales. Cada uno de los solenoides individuales 310A-B está configurado para abrir o cerrar selectivamente al menos una parte de un camino de flujo a través del conducto 390 en función de un estado de energización de los respectivos solenoides 310A-B. En algunas realizaciones, cada uno de los solenoides 310A-B de VPSPR está configurado para abrir un camino de flujo a través de al menos una parte del conducto 390 en función de si los respectivos solenoides 310A-B de VPSPR tienen un estado común de energización. Un estado común de energización puede incluir que los solenoides 310A-B de VPSPR estén, o bien todos energizados o bien todos desenergizados. En consecuencia, la VPSPR 300 puede estar configurada para actuar en función de si los respectivos solenoides 310A-B de VPSPR tienen un estado común de energización. Por ejemplo, en la presente memoria una VPSPR puede estar configurada para actuar en función de si todos los solenoides de VPSPR incluidos en la misma están desenergizados.

La VPSPR 300 incluye un conjunto de terminales 330A-B de alimentación, y los solenoides individuales 310A-B están cada uno acoplados eléctricamente a un terminal individual 330A-B de alimentación. En algunas realizaciones, los terminales 330A-B de alimentación individuales están configurados para estar acoplados a conducciones de energía individuales. En consecuencia, los solenoides individuales 310A-B de VPSPR pueden estar acoplados eléctricamente a fuentes de alimentación individuales que suministran energía a las conducciones de energía individuales. Por ejemplo, en la realización ilustrada cada terminal 330A-B está acoplado a una conducción individual 320A-B de energía, y cada conducción individual 320A-B de energía puede recibir energía desde una fuente individual de alimentación. En consecuencia, una caída de alimentación eléctrica en una de las conducciones 320A-B de energía puede provocar la desenergización de un solenoide 310 de VPSPR, pero no del otro solenoide

acoplado a la otra conducción 320 de energía. En algunas realizaciones, cuando uno de los solenoides 310 está desenergizado involuntariamente, una interrupción intencionada de la alimentación eléctrica al otro solenoide 310 de VPSPR puede dar lugar a que se haga actuar involuntariamente la VPSPR 300.

5 En algunas realizaciones, uno o varios solenoides de VPSPR incluidos en una VPSPR están configurados para recibir alimentación eléctrica de corriente alterna (CA) y, por lo tanto, están configurados para estar energizados o desenergizados en función de un suministro de alimentación de CA. En algunas realizaciones, uno o varios solenoides de VPSPR incluidos en una VPSPR están configurados para recibir alimentación eléctrica de corriente continua (CC) y, por lo tanto, están configurados para estar energizados o desenergizados en función de un suministro de alimentación de CC.

10 En algunas realizaciones, una VPSPR está configurada para convertir alimentación eléctrica recibida entre alimentación eléctrica de CC y de CA. Por ejemplo, en la realización ilustrada la VPSPR 300 incluye dispositivos rectificadores 370A-B. Cada uno de los dispositivos rectificadores puede estar acoplado, en serie con un solenoide individual 310A-B de VPSPR, a un terminal individual 330A-B de alimentación. Cada terminal 330A-B de alimentación puede estar configurado para acoplarse eléctricamente a una fuente de alimentación de CA, y recibir energía eléctrica de la misma, a través de una o varias conducciones 320 de energía. Cada rectificador 370 puede estar configurado para convertir en alimentación de CC alimentación eléctrica de CA recibida en un terminal acoplado 330, y para además suministrar al solenoide 310 de VPSPR al cual está acoplado en serie el rectificador 370, al menos una parte de la alimentación de CC convertida.

20 La VPSPR 300 incluye un conjunto de luces indicadoras 324A-B de solenoide. Cada una de las luces indicadoras 324A-B de solenoide está físicamente acoplada a una interfaz eléctrica individual. Las interfaces eléctricas individuales están acopladas eléctricamente a solenoides individuales 310A-B de VPSPR y esto, por lo tanto, da lugar a que cada luz indicadora individual 324A-B de solenoide esté acoplada eléctricamente a un solenoide individual 310A-B de VPSPR.

25 En la realización ilustrada, cada luz 324A-B está acoplada eléctricamente, en paralelo con un solenoide individual 310A-B de VPSPR, a un terminal individual 330A-B de alimentación. En algunas realizaciones, una luz indicadora de solenoide 324 puede estar acoplada, en serie con un solenoide 310 de VPSPR, a un terminal individual 330A-B de alimentación.

30 En la realización ilustrada, la VPSPR 300 puede estar configurada para activar selectivamente al menos una luz indicadora 324A-B de solenoide en función de un estado de energización del respectivo solenoide 310A-B de VPSPR acoplado eléctricamente, activándose la luz 324 como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté energizado y pudiéndose desactivar como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté desenergizado. En algunas realizaciones, la VPSPR 300 está configurada para activar una luz indicadora 324 de solenoide dada como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté desenergizado y desactivar la luz indicadora 324 de solenoide como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté energizado. En algunas realizaciones, una luz indicadora de solenoide emite luz de un cierto color como respuesta a que a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté energizado y emite luz con una temperatura de color distinta como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté desenergizado.

40 En la realización ilustrada, una luz indicadora 324A-B de solenoide dada puede estar configurada para activarse selectivamente en función de un estado de energización del respectivo solenoide 310A-B de VPSPR acoplado eléctricamente, activándose la luz 324 como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté energizado y desactivándose como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté desenergizado. En algunas realizaciones, una luz indicadora 324A-B de solenoide dada puede estar configurada para activarse como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté energizado y desactivarse como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté energizado. En algunas realizaciones, una luz indicadora de solenoide emite luz de un cierto color como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté energizado y emite luz con una temperatura de color distinta como respuesta a que el solenoide 310 de VPSPR acoplado eléctricamente esté desenergizado.

50 En algunas realizaciones, una VPSPR incluye uno o varios ejemplos de circuitería que están asociados con una o varias operaciones de la VPSPR. En algunas realizaciones, un ejemplo de circuitería incluye un circuito de supervisión configurado para generar información asociada con una o varias partes de la VPSPR y hace que se transmita la información a un receptor. En algunas realizaciones, un ejemplo de circuitería incluye un circuito de control configurado para controlar selectivamente un suministro de alimentación eléctrica a un solenoide de VPSPR en función de señales de control recibidas desde un origen remoto. En algunas realizaciones, un ejemplo de circuitería incluye un circuito de reducción de tensión configurado para reducir una tensión de alimentación eléctrica suministrada a un solenoide de VPSPR.

En la realización ilustrada, la VPSPR 300 incluye un conjunto de circuitos 340A-B de reducción de tensión que están acoplados, en serie con solenoides individuales 310A-B de VPSPR, a terminales 330A-B de alimentación individuales. Cada circuito 340 de reducción de tensión comprende un ejemplo de circuitería configurado para recibir

energía eléctrica suministrada desde un terminal individual 330 de alimentación. El ejemplo de circuitería puede suministrar la energía, con una tensión reducida en relación con la tensión a la cual se recibe la energía eléctrica en el respectivo circuito 340, a un solenoide individual 310 de VPSPR. Un circuito de reducción de tensión puede proporcionar la ventaja de mitigar el riesgo de dañar un solenoide de VPSPR a consecuencia de una tensión excesiva de la alimentación eléctrica recibida.

En algunas realizaciones, una VPSPR incluye una luz indicadora de circuito acoplada eléctricamente a al menos un ejemplo de circuitería incluido en la VPSPR, a través de una interfaz eléctrica. Por ejemplo, la VPSPR 300 ilustrada incluye un conjunto de luces indicadoras 350A-B de circuito acopladas eléctricamente, a través de interfaces eléctricas individuales, a ejemplos 340A-B de circuitería individuales acoplados a solenoides individuales 310A-B de VPSPR. Un ejemplo 340 de circuitería puede estar configurado para activar selectivamente la luz indicadora 350 de circuito acoplada eléctricamente, en función de un estado defectuoso ("estado de fallo") del ejemplo 340 de circuitería.

Por ejemplo, cuando un ejemplo 340 de circuitería incluye un circuito de reducción de tensión, la VPSPR 300 puede estar configurada para activar la luz indicadora 350 acoplada, como respuesta a un defecto en el ejemplo 340 de circuitería. El defecto puede ocasionar un aumento en la tensión de la alimentación eléctrica suministrada desde el ejemplo 340 de circuitería a la VPSPR 310 acoplada.

En la realización ilustrada, cada ejemplo 340 de circuitería está configurado para activar selectivamente la respectiva luz indicadora 350A-B de circuito acoplada eléctricamente en función de un estado defectuoso del respectivo ejemplo 340A-B de circuitería, estando cada ejemplo 340 de circuitería configurado para activar selectivamente una luz 350 acoplada eléctricamente como respuesta a un fallo al menos parcial del respectivo ejemplo 340A-B de circuitería, y configurado además para desactivar la luz 350 acoplada eléctricamente como respuesta a la ausencia de un fallo al menos parcial del respectivo ejemplo 340A-B de circuitería acoplado eléctricamente.

En algunas realizaciones, una luz indicadora 350 de circuito está configurada para desactivarse como respuesta a un fallo al menos parcial de un ejemplo 340 de circuitería acoplado eléctricamente, y además está configurada para activarse como respuesta a la ausencia de un fallo al menos parcial del ejemplo 340A-B de circuitería acoplado eléctricamente. En algunas realizaciones, una luz indicadora de circuito está configurada para emitir luz de un cierto color como respuesta a un fallo al menos parcial del ejemplo de circuitería 340 acoplado eléctricamente, y configurada además para emitir luz de un color distinto como respuesta a la ausencia de un fallo al menos parcial del ejemplo 340 de circuitería acoplado eléctricamente. En la presente memoria, un fallo al menos parcial de un ejemplo de circuitería puede incluir la presencia de uno o varios defectos en el ejemplo de circuitería.

La Figura 4 es un diagrama esquemático de un sistema 400 de control de parada rápida de reactor nuclear, según algunas realizaciones. El sistema 400 incluye una o varias válvulas VPSPR, de 416-1 a 416-n. Las una o varias VPSPR de 416-1 a 416-n pueden incluir cualquier realización de válvula VPSPR incluida en la presente memoria.

En algunas realizaciones, una luz indicadora de solenoide acoplada eléctricamente a un solenoide de VPSPR incluido en una VPSPR está situada de manera externa a la VPSPR. La luz indicadora de solenoide puede estar situada de manera remota con relación a la VPSPR y puede estar acoplada eléctricamente a la VPSPR a través de una o varias conducciones de transmisión de energía, interfaces eléctricas, enchufes, etc., entre la luz indicadora de solenoide y el solenoide de VPSPR. En consecuencia, la luz indicadora de solenoide puede proporcionar a un operador que está situado remotamente con relación a la VPSPR al menos una de una indicación inmediata, una indicación activa y una indicación visualmente observable, de un estado de energización de un solenoide de VPSPR. El hecho de proporcionar tal indicación puede permitir supervisar el estado de energización del solenoide de VPSPR de una manera asociada a una exposición reducida a la radiación para el operador, ya que la luz indicadora de solenoide situada remotamente puede encontrarse a mayor distancia de un núcleo de reactor nuclear, que la VPSPR a la cual está acoplada eléctricamente la luz indicadora de solenoide.

El sistema 400 ilustrado en la Figura 4 incluye una estructura 410 de reactor nuclear. La estructura 410 de reactor nuclear incluye un núcleo 401 de reactor nuclear, un conjunto de barras, de 402-1 a 402-n, de control y una bancada 412 de unidades UCH, de 414-1 a 414-n, configuradas para controlar la inserción rápida de una o varias de las barras 402-1 a 402-n de control. La bancada 412 de unidades UCH puede incluir un conjunto de unidades UCH 414-1 a 414-n, y un respectivo conjunto correspondiente de válvulas VPSPR, de 416-1 a 416-n, donde cada válvula VPSPR 416 está acoplada a una unidad UCH individual 414 correspondiente y cada válvula VPSPR 416 puede estar configurada para controlar al menos parcialmente la unidad UCH 414 acoplada, de modo que cada válvula VPSPR 416 puede estar configurada para hacer que la unidad UCH 414 acoplada provoque la inserción rápida de una barra 402-1 a 402-n de control correspondiente, al menos de manera parcial, en el reactor nuclear 401.

Tal como se muestra en la Figura 4, cada VPSPR 416 incluye una interfaz eléctrica 417 acoplada a un conjunto separado de una o varias conducciones 418-1 a 418-n de energía. Los múltiples conjuntos de una o varias conducciones 418-1 a 418-n de energía pueden extenderse desde las VPSPR 416-1 a 416-n hasta un aparato supervisor remoto 422 de VPSPR situado en una ubicación remota, con relación a la bancada 410 de unidades UCH. En algunas realizaciones, el aparato 422 está situado en una zona 420 de una instalación nuclear, donde la zona 420 está ubicada remotamente con relación a la estructura 410 de reactor nuclear en la que se encuentran al

menos el núcleo 401 y la bancada 410 de unidades UCH. La zona 420 puede estar situada a una distancia mayor del reactor 401 que la bancada 410 de unidades UCH, incluida una parte de la instalación más allá de una zona de contención en la que están situadas la bancada 410, el reactor 401 y las barras 402-1 a 402-n de control.

5 El aparato 422 puede incluir una placa indicadora a la cual están acopladas luces indicadoras, de 426-1 a 426-n, de solenoide, donde la placa 422 acopla las luces indicadoras 426-1 a 426-n a correspondientes interfaces eléctricas individuales 427 a las que están acoplados conjuntos individuales de una o más conducciones 418-1 a 418-n de energía. En consecuencia, cada luz indicadora 426-1 a 426-n de solenoide acoplada al aparato 422 puede estar acoplada eléctricamente a un solenoide individual de VPSPR incluido en una VPSPR 416 individual, con relación a la cual la luz indicadora 426 está ubicada remotamente. Así, cada luz indicadora 426 de solenoide puede
10 proporcionar una indicación remota de un estado de energización de un solenoide individual de VPSPR incluido en los solenoides 416-1 a 416-n de la bancada 410 de unidades UCH, en función de si las luces indicadoras 426-1 a 426-n de solenoide están acopladas eléctricamente a los solenoides de VPSPR a través de conjuntos individuales de conducciones 418 de energía e interfaces 417, 427.

15 La Figura 5 ilustra la configuración 500 de una válvula piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR) con el fin de proporcionar control de inserción rápida de barra de control e indicación visible de estado de energización de solenoide de VPSPR, según algunas realizaciones. La configuración 500 puede implementarse en relación con cualquier realización de la VPSPR incluida en la presente memoria. En algunas realizaciones, la configuración 500 es implementada por un operador humano.

20 En 502 se acopla eléctricamente un solenoide de VPSPR incluido en la VPSPR a un terminal de alimentación de la VPSPR. La VPSPR puede incluir múltiples solenoides de VPSPR, y se puede acoplar eléctricamente cada solenoide de VPSPR a un terminal individual de alimentación, de modo que solenoides individuales de VPSPR reciban energía eléctrica de conducciones de energía individuales. El solenoide de VPSPR puede estar configurado para recibir alimentación de CC o alimentación de CA. En 504 se acopla eléctricamente un ejemplo de circuitería a la VPSPR. El ejemplo de circuitería puede comprender un ejemplo de circuitería para reducción de tensión, y se puede acoplar
25 eléctricamente el ejemplo de circuitería para reducción de tensión al terminal de alimentación en serie con un solenoide de VPSPR, de modo que la energía eléctrica recibida en el terminal de alimentación es suministrada al solenoide de VPSPR a través del ejemplo de circuitería para reducción de tensión. En 506 se acopla eléctricamente un rectificador al terminal de potencia, en serie con el solenoide de VPSPR, de modo que el rectificador está configurado para convertir la alimentación de CA, recibida en el terminal de potencia, en alimentación de CC, y
30 además suministrar la alimentación de CC al solenoide de VPSPR.

En 508 se acopla eléctricamente al solenoide de VPSPR una luz indicadora de solenoide. Se puede acoplar eléctricamente a la VPSPR la luz indicadora de solenoide a través de acoplamiento con una interfaz eléctrica, incluido un enchufe eléctrico, que está incluida en la VPSPR. El enchufe puede estar acoplado eléctricamente al solenoide de VPSPR a través de uno o varios circuitos eléctricos internos de la VPSPR. El enchufe eléctrico puede
35 estar acoplado eléctricamente al terminal de alimentación en paralelo con el solenoide de VPSPR, de modo que acoplar la luz indicadora de solenoide al enchufe eléctrico incluye acoplar eléctricamente la luz indicadora de solenoide, en paralelo con el solenoide de VPSPR, al terminal de alimentación. Se puede acoplar la luz indicadora de solenoide en serie con el solenoide de VPSPR. La luz indicadora de solenoide puede estar configurada para recibir alimentación de CA o alimentación de CC. La luz indicadora de solenoide puede estar configurada, a
40 consecuencia de estar eléctricamente acoplada al solenoide de VPSPR, para activarse selectivamente en función de si el solenoide de VPSPR está recibiendo alimentación eléctrica (es decir, un estado de energización del solenoide de VPSPR).

45 En algunas realizaciones, la luz indicadora de solenoide está instalada en un dispositivo que es externo a la VPSPR y está ubicada remotamente con relación a la misma. Por ejemplo, la luz indicadora de solenoide puede estar instalada en una placa indicadora. Acoplar eléctricamente la luz indicadora de solenoide puede incluir acoplar eléctricamente la luz indicadora de solenoide a al menos una conducción de energía acoplada eléctricamente al solenoide de VPSPR a través de al menos una interfaz eléctrica, de modo que la luz indicadora de solenoide esté acoplada eléctricamente al solenoide de VPSPR a través de la al menos una conducción de energía.

50 En algunas realizaciones, cuando en la VPSPR está incluido un ejemplo de circuitería, en 510 se puede acoplar eléctricamente al ejemplo de circuitería una luz indicadora de circuitería. Se puede acoplar eléctricamente la luz indicadora de circuitería al ejemplo de circuitería en paralelo o en serie. La luz indicadora de circuitería puede estar configurada, a consecuencia de estar acoplada eléctricamente al ejemplo de circuitería, para activarse selectivamente en función de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería.

55 En 512 se acopla eléctricamente el terminal de alimentación de VPSPR a una conducción de energía. Acoplar eléctricamente el terminal de alimentación de VPSPR a la conducción de energía puede configurar el terminal de alimentación de VPSPR para suministrar energía, recibida desde la conducción de energía, a al menos el solenoide de VPSPR acoplado eléctricamente al terminal de alimentación de VPSPR. Acoplar eléctricamente el terminal de alimentación a la conducción de energía puede configurar además el terminal de alimentación de VPSPR para suministrar energía, recibida desde la conducción de energía, a uno o varios de una luz indicadora de solenoide
60 acoplada eléctricamente al solenoide de VPSPR, un ejemplo de circuitería instalado en la VPSPR o una luz

indicadora de circuito de circuitería.

La Figura 6 ilustra el funcionamiento de una válvula piloto de solenoide para parada rápida (VPSPR) según algunas realizaciones. El funcionamiento 600 puede implementarse con respecto a cualquier realización de la VPSPR incluida en la presente memoria.

5 En 602 y 604, como respuesta a que un solenoide de VPSPR recibe alimentación eléctrica (es decir, el solenoide esté energizado), la VPSPR activa una luz indicadora de solenoide. En 602 y 606, como respuesta a que el solenoide de VPSPR no recibe alimentación eléctrica (es decir, el solenoide esté desenergizado), la VPSPR desactiva una luz indicadora de solenoide. En algunas realizaciones, la luz indicadora de solenoide está configurada para activarse como respuesta a que el solenoide de VPSPR esté desenergizado, y está configurada además para desactivarse como respuesta a que el solenoide de VPSPR esté energizado. En algunas realizaciones, la luz indicadora de solenoide está configurada para cambiar entre distintos modos de iluminación, incluido el cambiar entre distintos colores mostrados de luz, en función de si el solenoide de VPSPR está energizado o desenergizado.

10 En 608 y 610, como respuesta a que un ejemplo de circuitería instalado en el solenoide de VPSPR está funcionando en un estado no defectuoso (es decir, el ejemplo de circuitería funciona normalmente), la VPSPR activa la luz indicadora de circuitería. En 608 y 612, como respuesta a que se produce un defecto en el ejemplo de circuitería instalado en la VPSPR (es decir, el ejemplo de circuitería no funciona normalmente, ha fallado al menos parcialmente, etc.) la VPSPR desactiva la luz indicadora de circuitería. En algunas realizaciones, el defecto puede incluir una caída al menos parcial de la alimentación suministrada al ejemplo de circuitería, un defecto lógico en el ejemplo de circuitería, un fallo al menos parcial del ejemplo de circuitería en la realización de al menos una operación, una combinación de ello, etc. En algunas realizaciones, el ejemplo de circuitería está configurado para activar o desactivar la luz indicadora de circuitería. El ejemplo de circuitería puede estar configurado para activar la luz indicadora de circuito de circuitería como respuesta a un fallo al menos parcial del ejemplo de circuitería, y está configurado además para desactivarla como respuesta a que el ejemplo de circuitería funcione normalmente. En algunas realizaciones, la luz indicadora de circuito del circuito está configurada para cambiar entre diferentes modos de iluminación, incluido el cambiar entre distintos colores mostrados de luz, en función de si se ha producido o no un fallo al menos parcial del ejemplo de circuitería.

15 Lo que sigue es un resumen de las diversas características y ventajas de la luz indicadora solenoide de VPSPR descrita, aunque debe entenderse que lo que sigue no es una lista exhaustiva. La luz indicadora de solenoide está configurada para proporcionar una indicación inmediata, activa y visualmente observable de un estado de energización de un solenoide de VPSPR. La indicación puede ser inmediata por cuanto la luz indicadora de solenoide recibe energía a través de una fuente de alimentación común con el solenoide de VPSPR. Una caída de alimentación al solenoide de VPSPR puede provocar una caída de alimentación a la luz indicadora de solenoide, causando con ello que la luz indicadora del solenoide se desactive para proporcionar una indicación de que el solenoide de VPSPR está desenergizado. La indicación puede ser activa por cuanto la luz indicadora de solenoide, a través de la generación de luz, proporciona una indicación luminosa como respuesta a que la luz indicadora reciba energía en paralelo al solenoide de VPSPR. La indicación puede ser visualmente observable debido a la luz generada por la luz indicadora. Un operador que observe una luz indicadora de solenoide acoplada eléctricamente a un solenoide de VPSPR puede estar capacitado para determinar rápidamente un estado de energización del solenoide de VPSPR en función de que el operador observe si la luz indicadora de solenoide está activada (es decir, produciendo luz) o desactivada (es decir, apagada). En consecuencia, un operador está capacitado para verificar rápidamente si los solenoides de VPSPR incluidos en un conjunto de VPSPR están desenergizados al observar visualmente las luces indicadoras de solenoide acopladas eléctricamente a los solenoides de VPSPR.

20 El permitir una rápida verificación de los estados de energización de solenoides de VPSPR a través de la supervisión visual de las indicaciones inmediatas y activas proporcionadas por las luces indicadoras de solenoide puede facilitar que un operador verifique si los solenoides de VPSPR están energizados, de un modo más rápido que a través de otros procedimientos, reduciendo así la cantidad de tiempo empleado por el operador cerca de las VPSPR situadas en las proximidades de un reactor nuclear, originando con ello una disminución de la dosis de exposición a la radiación recibida por un operador en relación con un proceso de verificación de estados de energización de solenoides de VPSPR.

25 Además, el hecho de permitir la verificación rápida de los estados de energización de solenoides de VPSPR a través de la supervisión visual de las indicaciones inmediatas y activas proporcionadas por las luces indicadoras de solenoide puede permitir efectuar la verificación justo antes de realizar las pruebas, donde dichas pruebas pueden incluir la desenergización parcial de solenoides de VPSPR. En consecuencia, como resultado de permitir una verificación rápida del estado de energización de solenoides de VPSPR se puede reducir el período de tiempo entre la realización de la verificación y la ejecución de las pruebas, reduciendo así la probabilidad de desenergización de solenoides de VPSPR entre el término de la verificación y el inicio de las pruebas y, por lo tanto, mitigando al menos parcialmente el riesgo de que se produzcan inserciones rápidas involuntarias, al menos parciales, de barra de control causadas por la actuación involuntaria de una VPSPR.

30 La descripción precedente ha sido ofrecida con fines ilustrativos y descriptivos. No pretende ser exhaustiva ni limitar la descripción. En general, los elementos o características individuales de una realización ilustrativa particular no

están limitados a esa realización particular, sino que, en lo que corresponda, son intercambiables y pueden utilizarse en una realización seleccionada, incluso aunque no se hayan mostrado o descrito específicamente. También pueden ser modificados de muchas maneras. Tales variaciones no deben considerarse como una desviación con respecto a la descripción, y se pretende que todas esas modificaciones estén incluidas dentro del alcance de la descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear, que comprende:

una válvula piloto (120) de solenoide para parada rápida (VPSPR) que incluye una pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR y una pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, estando la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación configurados para estar acoplados a fuentes (320A, 320B) de alimentación individuales, estando la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR acoplados eléctricamente a respectivos terminales individuales (330A, 330B) de alimentación, de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, estando cada solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR configurado para estar energizado o desenergizado en función de si se suministra energía eléctrica al solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR desde un terminal (330A, 330B) de alimentación acoplado eléctricamente de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, estando la VPSPR (120) configurada para actuar permitiendo que un fluido de trabajo pase a través de la VPSPR (120) para provocar la inserción rápida de una barra de control en un núcleo de reactor nuclear en función, al menos en parte, de si la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR están comúnmente energizados o desenergizados; y

una pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide acopladas a una carcasa de la VPSPR (120), estando la pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide acopladas eléctricamente a respectivos solenoides individuales (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, y los respectivos terminales (330A, 330B) de alimentación individuales acoplados eléctricamente a los respectivos solenoides individuales (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, de modo que cada luz indicadora individual (de 124-1 a 124-n) de solenoide está configurada para activarse selectivamente en función de si se suministra energía eléctrica desde un terminal individual (330A, 330B) de alimentación, acoplado, de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación a un solenoide individual (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, acoplado, de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR.

2. El sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear según la reivindicación 1, en donde la pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide están separadas y situadas remotamente con relación a la VPSPR (120) y la pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide están acopladas eléctricamente a respectivos solenoides individuales (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de una pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR a través de una pluralidad de conducciones de transmisión de energía.

3. El sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear según la reivindicación 1 o bien la reivindicación 2, comprendiendo además la VPSPR:

un rectificador (370A, 370B) de corriente continua acoplado, en serie con un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, a un terminal (330A, 330B) de alimentación de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación que está acoplado eléctricamente al solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, estando el rectificador (370A, 370B) de corriente continua configurado para convertir la alimentación eléctrica de CA recibida de la una fuente (320A, 320B) de alimentación a alimentación eléctrica de corriente continua (CC) y suministrar la alimentación eléctrica de CC al al menos un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR.

4. El sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear según la reivindicación 3, en donde la VPSPR (120) incluye un ejemplo de circuitería acoplado eléctricamente al un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, y

el sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear comprende además al menos una luz indicadora de circuito montada en la carcasa de la VPSPR y acoplada eléctricamente al ejemplo de circuitería, estando la al menos una luz indicadora de circuito configurada para activarse selectivamente en función, al menos en parte, de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería.

5. El sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear según la reivindicación 4, en donde el ejemplo de circuitería incluye un ejemplo de circuitería para reducción de tensión, estando el ejemplo de circuitería para reducción de tensión configurado para reducir una tensión de alimentación eléctrica de CC suministrada al un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR.

6. El sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear según cualquier reivindicación precedente, en donde cada luz indicadora (de 124-1 a 124-n) de solenoide de la pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide incluye al menos un diodo fotoemisor (LED).

7. Un método para proporcionar el sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear según la reivindicación 1, comprendiendo el método:

configurar (500) una válvula piloto (120) de solenoide para parada rápida (VPSPR) que incluye una pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR para que proporcione una indicación visible de un estado de

energización del al menos un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la VPSPR (120), incluyendo la VPSPR (120) una pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, estando la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación acoplados eléctricamente a fuentes (320A, 320B) de alimentación individuales, estando la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR acoplados eléctricamente a respectivos terminales (330A, 330B) de alimentación individuales de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, estando cada solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR configurado para estar energizado o desenergizado en función de si se suministra energía eléctrica a ese solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR desde un terminal (330A, 330B) de alimentación acoplado eléctricamente de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, estando la VPSPR (120) configurada para actuar permitiendo que un fluido de trabajo pase a través de la VPSPR (120) para provocar la inserción rápida de una barra de control en un núcleo de reactor nuclear en función, al menos en parte, de si la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR están comúnmente energizados o desenergizados;

incluyendo la configuración el montar una pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide en una carcasa de la VPSPR (120) y acoplar eléctricamente (508) la pluralidad luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide a respectivos solenoides individuales (de 122-1 a 122-n) de VPSPR y los respectivos terminales (330A, 330B) de alimentación individuales acoplados eléctricamente a los respectivos solenoides individuales (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, de modo que cada luz indicadora individual (de 124-1 a 124-n) de solenoide, de la pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide, está configurada para activarse selectivamente en función de si se suministra la energía eléctrica desde los terminales (330A, 330B) de alimentación individuales, acoplados, de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, a un solenoide individual (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, acoplado, de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR.

8. El método según la reivindicación 7, en donde la pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide están separadas y situadas remotamente con relación a la VPSPR (120), y el acoplar eléctricamente incluye acoplar la pluralidad de luces indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide a respectivos solenoides individuales (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, a través de una pluralidad de conducciones de transmisión de energía.

9. El método según la reivindicación 7 o bien la reivindicación 8, que comprende además:

acoplar eléctricamente un rectificador de corriente continua (CC), en serie con un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, a un terminal (330A, 330B) de alimentación de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación que está acoplado eléctricamente al un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR, a fin de configurar el un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR para ser energizado mediante alimentación eléctrica de CC.

10. El método según la reivindicación 9, en donde la VPSPR (120) incluye un ejemplo de circuitería acoplado eléctricamente al al menos un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR; y

el método comprende configurar la VPSPR (120) para que proporcione una indicación visible de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería, incluyendo la configuración montar al menos una luz indicadora de circuito en la carcasa de la VPSPR y acoplar eléctricamente la al menos una luz indicadora de circuito al ejemplo de circuitería, de modo que la al menos una luz indicadora de circuito está configurada para activarse selectivamente en función, al menos en parte, de un estado defectuoso del ejemplo de circuitería.

11. El método según la reivindicación 10, en donde el ejemplo de circuitería incluye un ejemplo de circuitería para reducción de tensión, estando el ejemplo de circuitería para reducción de tensión configurado para reducir una tensión de alimentación eléctrica de CC suministrada al menos un solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR.

12. El método según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en donde la al menos una luz indicadora de solenoide incluye un diodo fotoemisor (LED).

13. Un método para hacer funcionar una válvula piloto (120) de solenoide para parada rápida (VPSPR) dentro de un sistema (105) de control de parada rápida de reactor nuclear según la reivindicación 1, comprendiendo el método:

acoplar eléctricamente una pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR incluidos en la VPSPR a respectivas fuentes (320A, 320B) de alimentación individuales de una pluralidad de fuentes (320A, 320B) de alimentación a través de respectivos terminales (330A, 330B) de alimentación individuales de una pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, de modo que cada solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR está energizado o desenergizado en función de si se suministra energía eléctrica al solenoide (de 122-1 a 122-n) de VPSPR desde una fuente (320A, 320B) de alimentación acoplada eléctricamente de la pluralidad de fuentes (320A, 320B) de alimentación, a través de un terminal (330A, 330B) de alimentación acoplado eléctricamente de la pluralidad de terminales (330A, 330B) de alimentación, estando la VPSPR (120) configurada para actuar permitiendo que un fluido de trabajo pase a través de la VPSPR (120) para provocar la inserción rápida de una barra de control en el un núcleo de reactor nuclear en función, al menos en parte, de si la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR están

comúnmente energizados o desenergizados; y

5 activar selectivamente una luz indicadora (de 124-1 a 124-n) de solenoide de una pluralidad de luces
indicadoras (de 124-1 a 124-n) de solenoide acopladas a una carcasa de la VPSPR (120) y acopladas
eléctricamente a respectivos solenoides individuales (de 122-1 a 122-n) de VPSPR de la pluralidad de
10 solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR y los respectivos terminales (330A, 330B) de alimentación
individuales que están acoplados eléctricamente a los respectivos solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR,
estando basada la activación selectiva en si se suministra energía eléctrica desde una fuente (320A, 320B) de
alimentación de un pluralidad de fuentes (320A, 320B) de alimentación a un solenoide (de 122-1 a 122-n) de
VPSPR de la pluralidad de solenoides (de 122-1 a 122-n) de VPSPR que está acoplado eléctricamente a la luz
10 indicadora (de 124-1 a 124-n) de solenoide a través del terminal (330A, 330B) de alimentación.

FIG. 1

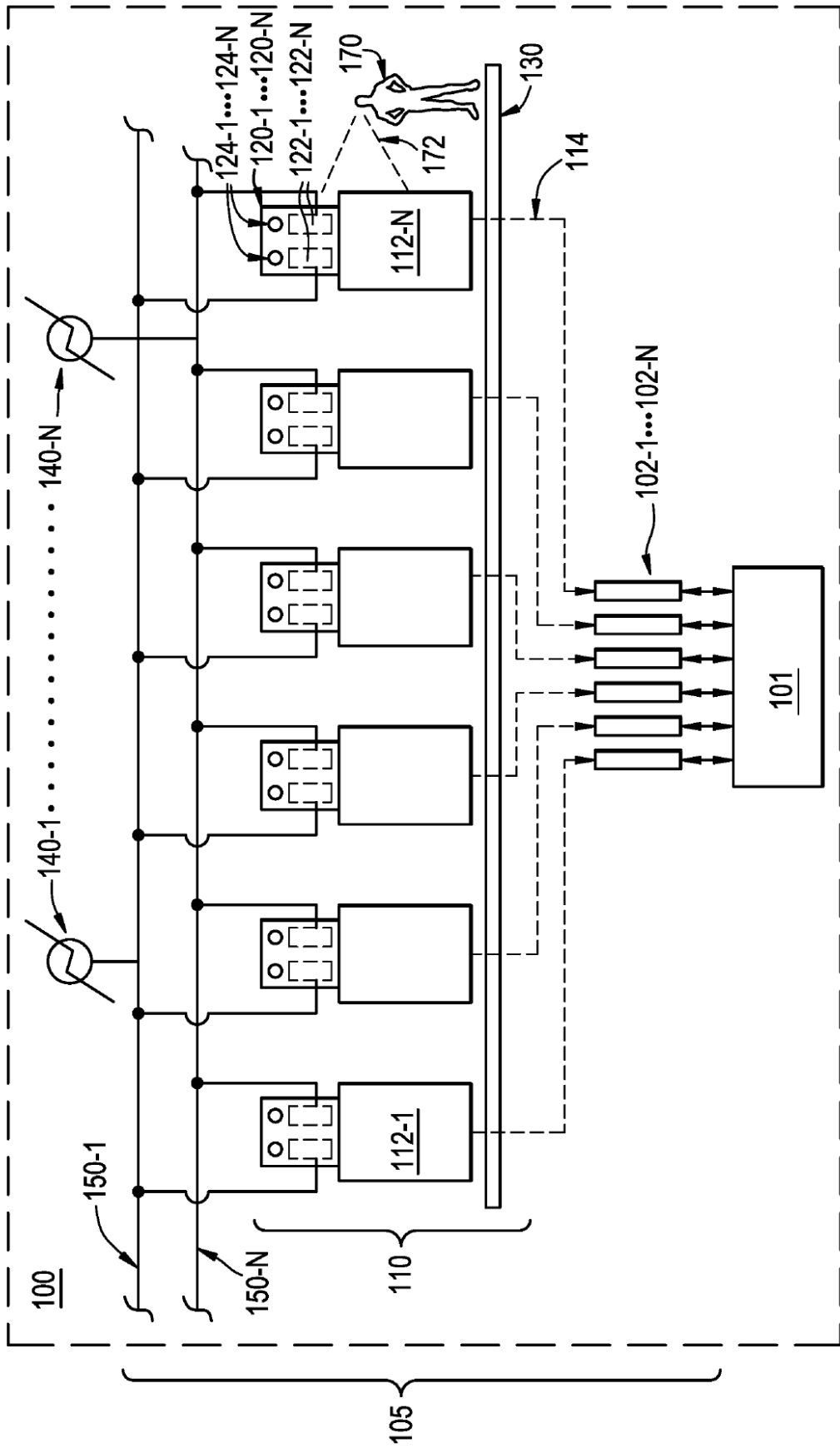


FIG. 2

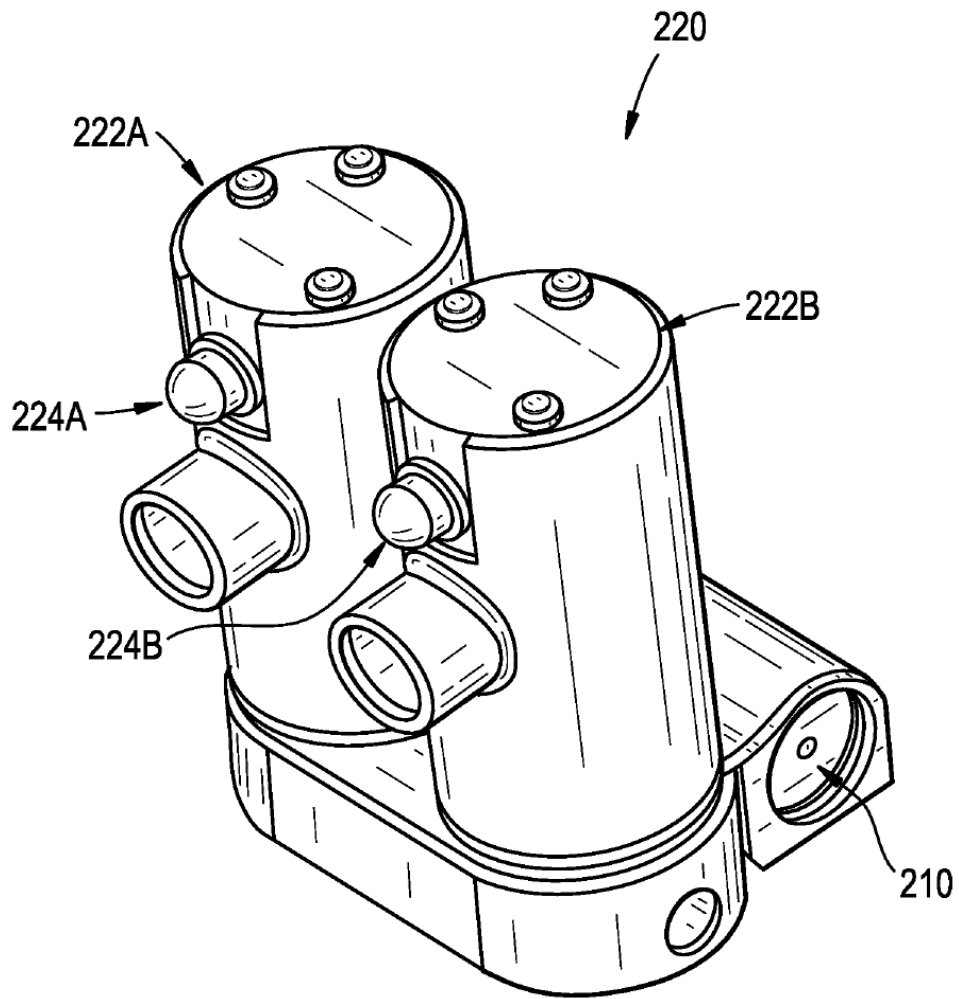


FIG. 3

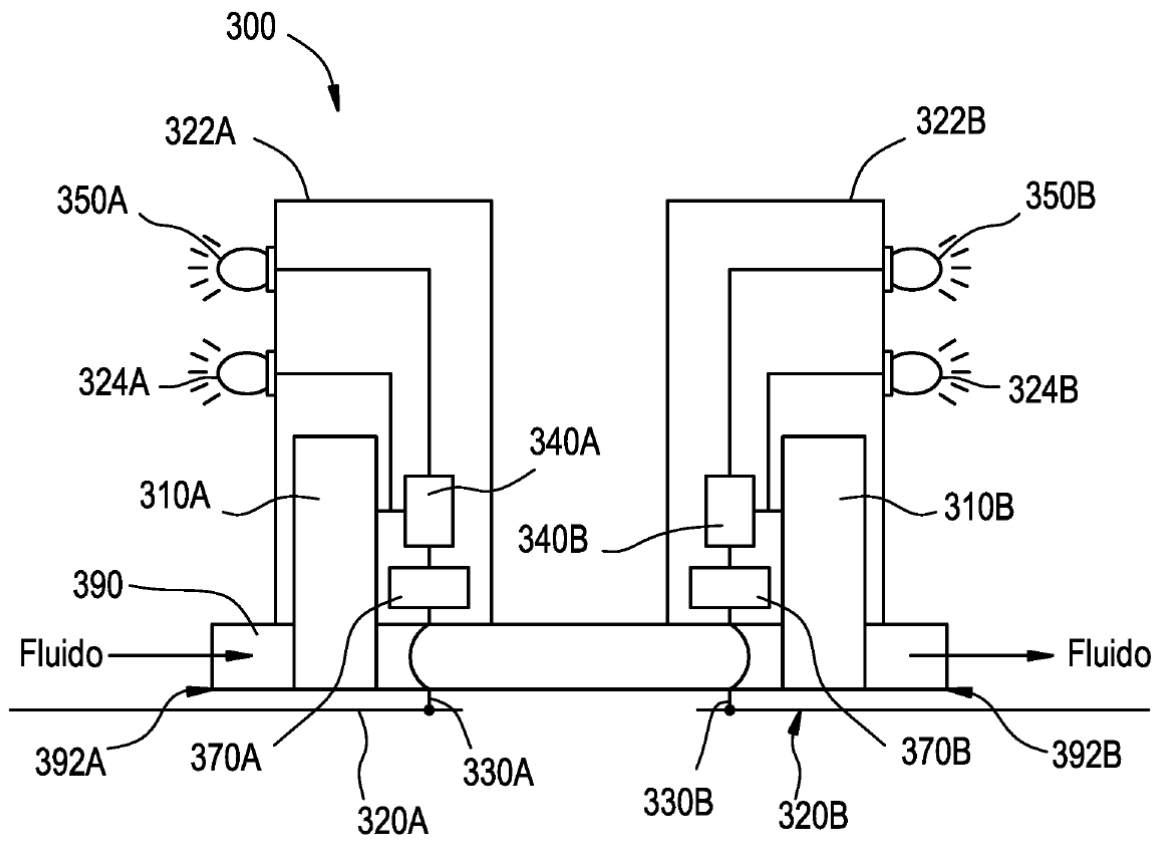


FIG. 4

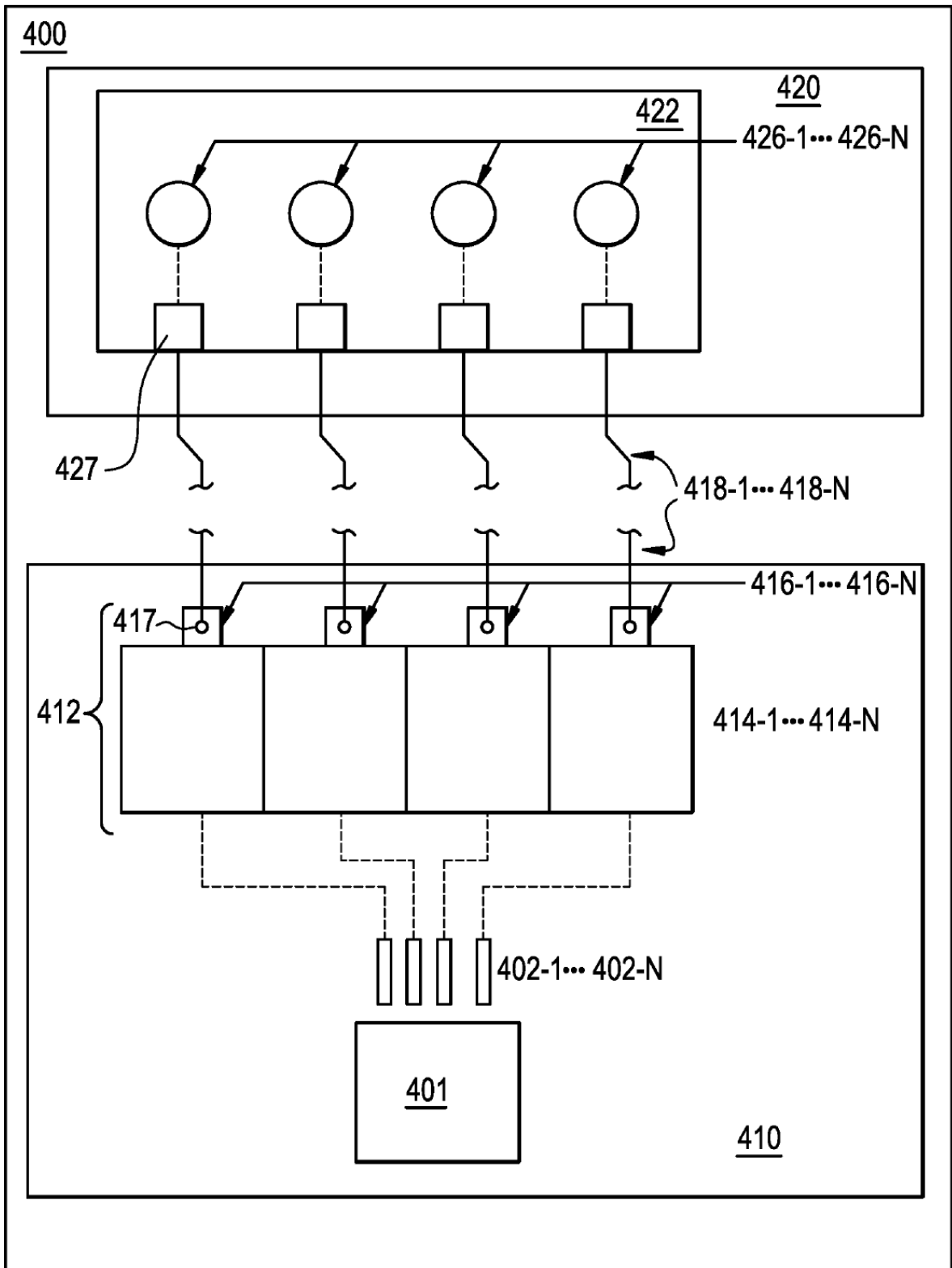


FIG. 5

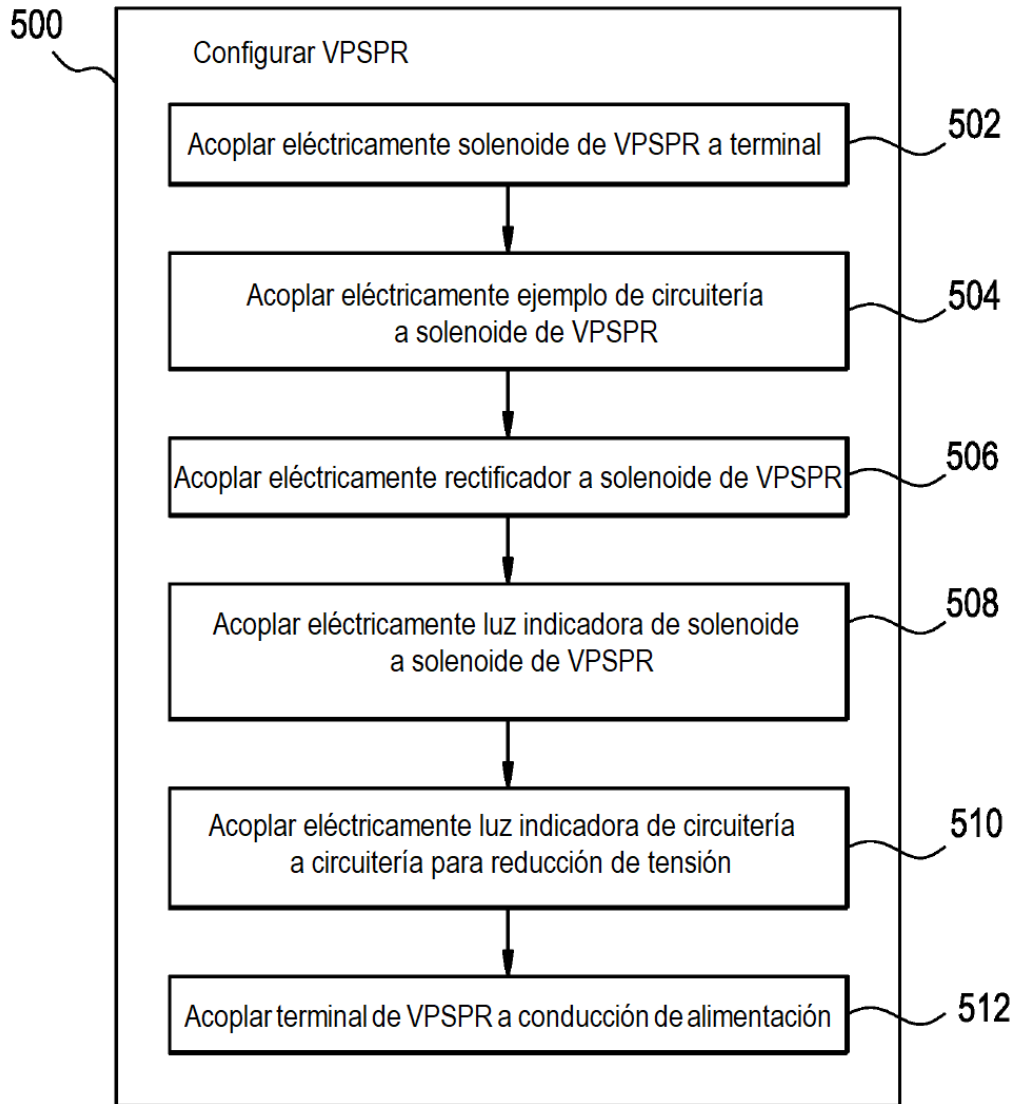


FIG. 6

600

