

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 294**

51 Int. Cl.:

G21C 17/108 (2006.01)

G08C 19/28 (2006.01)

H02K 24/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2007 E 07730961 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2005441**

54 Título: **Sistema de instrumentación interna de un reactor nuclear con tarjeta electrónica evolucionada y procedimiento correspondiente de modificación de un sistema de instrumentación interna de un reactor nuclear**

30 Prioridad:

13.04.2006 FR 0603305

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

30.06.2014

73 Titular/es:

**AREVA NP (100.0%)
TOUR AREVA 1 PLACE DE LA COUPOLE
92400 COURBEVOIE, FR**

72 Inventor/es:

LECLERC, MICHEL

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 472 294 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 instrumentación interna de un reactor nuclear con tarjeta electrónica evolucionada y procedimiento correspondiente de modificación de un sistema de instrumentación interna de un reactor nuclear.

5 La presente invención se refiere a un sistema de instrumentación interna de un reactor nuclear, del tipo que comprende por lo menos:

- 10 - una sonda de medición del flujo de neutrones en el núcleo del reactor nuclear,
- un cable de desplazamiento de la sonda en el interior del núcleo,
- un dispositivo giratorio de accionamiento del cable de desplazamiento, y
- 15 - un dispositivo de determinación de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento, dispositivo de determinación que comprende un emisor sincronizado que comprende a su vez un rotor solidario en rotación al dispositivo de accionamiento y un estator que comprende tres bobinados.

20 La invención se aplica, por ejemplo, a los reactores nucleares refrigerados mediante agua a presión y destinados a alimentar con electricidad las redes eléctricas domésticas.

Los reactores nucleares tales como los reactores nucleares refrigerados mediante agua a presión comprenden un núcleo constituido por unos ensamblajes de combustible generalmente de forma prismática recta que se disponen de manera yuxtapuesta con sus ejes longitudinales en la dirección vertical, es decir siguiendo la altura del núcleo.

25 Durante el funcionamiento del reactor nuclear, es necesario garantizar permanentemente que el reactor funciona en perfectas condiciones y de acuerdo con las condiciones generales de seguridad establecidas por los reglamentos y las normas.

30 En particular, es necesario determinar si la producción y la distribución volumétrica del flujo de neutrones así como la distribución volumétrica de la potencia emitida en el núcleo son conformes a las condiciones correspondientes a un funcionamiento normal y satisfactorio del núcleo.

35 Para ello, se deben determinar y calcular unos parámetros de funcionamiento del núcleo del reactor nuclear, tales como la distribución volumétrica de la potencia en el núcleo, los factores de forma del flujo de neutrones o incluso la razón de crisis de ebullición. Estos parámetros se determinan en particular a partir de mediciones de flujos de neutrones en el núcleo que permiten conocer la distribución del flujo de neutrones en el conjunto del núcleo en tres dimensiones.

40 Las mediciones de flujo de neutrones en el núcleo necesarias para la monitorización continua del reactor nuclear en funcionamiento se realizan generalmente en cámaras dispuestas en el exterior de la vasija del reactor y se denominan generalmente "cámaras *excore*".

45 Estas cámaras que comprenden varios escalones de mediciones (por ejemplo seis) siguiendo la altura del núcleo se disponen generalmente para efectuar las mediciones en cuatro zonas en la periferia del núcleo del reactor nuclear y están situadas simétricamente con respecto a dos planos de simetría axial del núcleo que forman entre sí un ángulo de 90°.

50 Las cámaras escalonadas de los detectores *excore* permiten obtener unas mediciones de flujo a diferentes niveles siguiendo la altura del núcleo y en las cuatro zonas distribuidas alrededor del núcleo, en la dirección circunferencial. No obstante, estos dispositivos externos sólo proporcionan unos valores aproximados del flujo de neutrones en el interior del núcleo y una representación aproximativa de la distribución del flujo de neutrones. Debido a ello, los parámetros de monitorización se obtienen de manera poco precisa y, por seguridad, se deben prever unos márgenes más grandes con respecto a los valores críticos de estos parámetros que no deben ser alcanzados o superados.

55 Para obtener una representación más exacta de la distribución de flujo de neutrones en el núcleo, se efectúan, de manera complementaria, a intervalos de tiempo regulares aunque relativamente largos, por ejemplo del orden de un mes, unas mediciones de flujo de neutrones en el interior del núcleo, utilizando unas sondas de medición móviles de muy pequeñas dimensiones, denominadas "sondas *incore*", que están constituidas generalmente por unas cámaras de fisión. Estas sondas móviles pertenecen al sistema de instrumentación interna del reactor nuclear, también denominado RIC, Reactor In Core.

60 Cada una de las sondas *incore* se fija al extremo de un cable flexible, como por ejemplo un cable de la empresa Téléflex, que garantiza su desplazamiento en el interior de una vía de medición del sistema de instrumentación interna del reactor nuclear. Cada una de las vías de medición desemboca, por uno de sus extremos, en una sala de

instrumentación situada en la parte inferior del edificio del reactor. El desplazamiento de las sondas de fisión en las vías de medición se garantiza desde la sala de instrumentación gracias a unas unidades de mando que comprenden unos dispositivos giratorios de accionamiento de los cables, por ejemplo en forma de ruedas dentadas.

5 Cada una de las vías de medición comprende, en el interior del núcleo del reactor nuclear, un tubo de instrumentación de un ensamblaje de combustible y un dedo frío situado en el interior del tubo de instrumentación en el que circula la sonda de fisión. Las mediciones de flujo de neutrones se realizan en unos canales de medición constituidos por los tubos de instrumentación de dirección vertical de un conjunto de ensamblajes de combustibles distribuidos por toda la sección del núcleo.

10 Por ejemplo, en el caso de un núcleo que comprende ciento setenta y siete ensamblajes de combustible, se utilizan generalmente cincuenta y seis vías de medición. Se utilizan cincuenta y seis vías de medición para un núcleo de ciento noventa y tres ensamblajes de combustible, cuarenta y ocho y cincuenta vías de medición para un núcleo de ciento cincuenta y siete ensamblajes de combustible y sesenta vías de medición para un núcleo de doscientos cinco ensamblajes de combustible.

15 Las mediciones de flujo de neutrones se realizan durante el desplazamiento a poca velocidad de las sondas *incore* móviles siguiendo toda la altura del núcleo. De este modo se pueden realizar numerosos puntos de medición del flujo de neutrones siguiendo la altura del núcleo, con un espaciado reducido. Se pueden realizar, por ejemplo, unas mediciones en seiscientos puntos distribuidos siguiendo la altura de cada uno de los canales de medición. Por otro lado, teniendo en cuenta la distribución de los ensamblajes de combustible instrumentados en el núcleo y las simetrías del núcleo, se obtiene una imagen suficientemente representativa del flujo de neutrones, en forma de un mapa de flujo. La determinación precisa del mapa del flujo sólo se realiza periódicamente utilizando las sondas móviles, en el caso de los procedimientos de explotación conocidos.

20 Con el fin de obtener un mapa de flujo correcto, es necesario conocer las posiciones exactas de las sondas en el núcleo del reactor nuclear durante la adquisición de las mediciones de flujo.

30 Para ello, en los sistemas de instrumentación interna del tipo mencionado anteriormente, se utiliza un dispositivo de determinación de la posición angular de la rueda de accionamiento del cable de desplazamiento de la sonda cuya posición se pretende conocer. El dispositivo de determinación de la posición angular comprende un emisor sincronizado que se dispone en la sala de instrumentación, dispuesto a su vez en el edificio del reactor nuclear, y un receptor sincronizado alejado del edificio del reactor y generalmente dispuesto en o cerca de la sala de mando del reactor nuclear.

35 El emisor sincronizado comprende un rotor provisto de un bobinado puesto a una tensión alternativa de modulación, por ejemplo de 220 V y a una frecuencia de 50 Hz. Este rotor es solidario en rotación a la rueda de accionamiento. El emisor sincronizado también comprende un estator provisto de tres bobinados colocados a 120° uno de otro. El campo magnético resultante de la rotación del rotor genera unas tensiones en los terminales de los bobinados del estator cuyas amplitudes dependen de la posición angular del rotor y, por lo tanto, de la rueda de accionamiento.

40 El receptor sincronizado presenta una estructura análoga y funciona según un principio inverso. Los tres bobinados de su estator son alimentados por las tensiones procedentes de los terminales de los bobinados del estator del emisor sincronizado y crean un campo magnético cuya orientación reproduce la posición angular del rotor del emisor sincronizado. El rotor del receptor sincronizado se alinea entonces sobre este campo magnético y presenta una posición angular que depende por lo tanto de la posición de la rueda de accionamiento y, por lo tanto, de la correspondiente sonda de medición de flujo de neutrones.

45 El dispositivo de determinación de la posición angular de la rueda también comprende un codificador o dos codificadores absolutos acoplados al rotor del receptor sincronizado y que proporciona señales a un autómata correspondiente del armario de control y de mando del sistema de instrumentación interna. Este autómata emplea estas señales para determinar las posiciones exactas de las sondas. Las posiciones así determinadas así como las mediciones efectuadas por las sondas son transmitidas por el autómata a un calculador de bloque que establece el mapa de flujo.

50 Los receptores sincronizados y los codificadores absolutos que corresponden a cada una de las sondas móviles de detección del flujo de neutrones se disponen en cajones previstos en la parte superior del armario de control y de mando del sistema de instrumentación interna del reactor.

55 Los dispositivos de determinación de la posición angular de las ruedas de accionamiento, que utilizan cada uno dos máquinas sincronizadas acopladas entre sí, permiten alejar los codificadores absolutos de las unidades de mando de la sala de instrumentación situada cerca de la vasija del reactor, unidades que están sujetas a unas radiaciones ionizantes nefastas para los codificadores absolutos que son unos dispositivos optoelectrónicos.

60 Por lo tanto, dichos dispositivos de determinación de la posición angular de las ruedas de accionamiento han resultado ser satisfactorios pero su mantenimiento es complejo.

El documento FR 2 438 825 describe un sistema de medición de parámetros impuestos a través de una pluralidad de detectores situados de manera móvil en el interior de un entorno monitorizado.

- 5 El documento DE 196 28 286 describe un detector de posición angular que comprende un estator de cuatro bobinas. Se procesan y se digitalizan las corrientes inducidas en las bobinas de estación para determinar la posición angular del rotor.

10 Por lo tanto, un objetivo de la invención es resolver este problema proporcionando un sistema de instrumentación interna del tipo citado anteriormente cuyo mantenimiento sea más fácil.

15 Con este fin, la invención tiene como objeto un sistema de instrumentación interna del tipo citado anteriormente, caracterizado porque el dispositivo de determinación de la posición angular comprende un conjunto electrónico de digitalización de por lo menos dos de las tensiones en los terminales de los bobinados del estator del emisor sincronizado y de procesamiento digital de estas tensiones digitalizadas para producir por lo menos una señal de salida representativa de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento.

20 Según unos modos particulares de realización, el sistema puede comprender una o varias de las características siguientes, considerada(s) de manera aislada o según cualquier combinación técnicamente posible:

- el sistema comprende un armario de control y de mando, armario que está destinado a estar dispuesto fuera del edificio del reactor nuclear y que contiene el conjunto electrónico;
- el conjunto electrónico comprende:
 - un módulo de determinación de las tensiones en los terminales de los bobinados del estator del emisor sincronizado,
 - eventualmente un módulo de adaptación de las tensiones determinadas,
 - un módulo de digitalización de por lo menos dos tensiones de las tensiones determinadas y eventualmente adaptadas, y
 - un módulo de procesamiento digital de las tensiones digitalizadas;
- el conjunto electrónico comprende un módulo de producción de señales de salida de tipo codificador incremental;
- el dispositivo de determinación de la posición angular está adaptado para determinar la posición de la sonda mediante procesamiento digital de las tensiones digitalizadas, y el conjunto electrónico comprende un módulo de producción de señales de salida de tipo codificador absoluto;
- el conjunto electrónico es un conjunto de digitalización de solamente dos tensiones de las tensiones determinadas y eventualmente adaptadas;
- el conjunto electrónico comprende un módulo de detección de una bajada de tensión adaptada para activar la copia de seguridad de la posición determinada;
- el conjunto electrónico comprende un módulo de ajuste de la posición determinada, módulo que está destinado a ser conectado a un microinterruptor cuyo estado se modifica por el paso de la sonda a una posición determinada; y
- el conjunto electrónico comprende un generador de alimentación de un bobinado del rotor del emisor sincronizado en tensión de modulación.

55 La invención tiene asimismo como objeto un procedimiento de modificación de un sistema de instrumentación interna de un reactor nuclear, comprendiendo el sistema de instrumentación interna por lo menos:

- una sonda de medición del flujo de neutrones en el núcleo del reactor nuclear,
- un cable de desplazamiento de la sonda en el interior del núcleo,
- un dispositivo giratorio de accionamiento del cable de desplazamiento, y
- un dispositivo de determinación de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento, dispositivo que comprende un emisor sincronizado, un receptor sincronizado y por lo menos un codificador de posición,

comprendiendo el emisor sincronizado a su vez un rotor solidario en rotación al dispositivo giratorio de accionamiento y un estator que comprende tres bobinados, comprendiendo a su vez el receptor sincronizado un rotor solidario en rotación al codificador de posición y un estator que comprende tres bobinados conectados a los bobinados del estator del emisor sincronizado,

5 caracterizado porque el procedimiento comprende una etapa de sustitución del receptor sincronizado y del codificador de posición por un conjunto electrónico de digitalización de por lo menos dos de las tensiones en los terminales de los bobinados del estator del emisor sincronizado y de procesamiento digital de estas tensiones digitalizadas para producir por lo menos una señal de salida representativa de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento.

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la siguiente descripción, facilitada únicamente a modo de ejemplo, y realizada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 15 - la figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de un sistema de instrumentación interna de un reactor nuclear de agua a presión según la invención;
- la figura 2 es un esquema que ilustra una tarjeta electrónica del sistema de la figura 1; y
- 20 - las figuras 3 y 4 son unas vistas análogas a la figura 2, que ilustra otros modos de realización de la invención.

En la figura 1 se ha representado la vasija 1 de un reactor nuclear de agua a presión y una parte del sistema de instrumentación interna 3 del reactor nuclear. En el interior de la vasija 1 se dispone el núcleo 5 del reactor constituido por ensamblajes de combustible de forma prismática yuxtapuestos y colocados verticalmente. Cada uno de los ensamblajes de combustible del núcleo 5 del reactor comprende un tubo-guía de instrumentación, en una disposición vertical en el interior del núcleo 5. Se realizan mediciones de flujo de neutrones mediante desplazamiento, en la dirección vertical, en el interior de los tubos-guía de instrumentación de algunos de los ensamblajes del núcleo, de sondas 7 de medición de flujo fijadas en el extremo de cables 9 por medio de los cuales se realiza el desplazamiento de las sondas 7, por empuje o tracción sobre los cables 9 y la recogida de señales de las sondas 7. En la figura 1, se ha señalado una sonda 7 en posición intermedia en el núcleo 5.

En la figura 1, se ha representado, a modo de ejemplo, un tubo de guiado de instrumentación 11 de una vía de medición del sistema de instrumentación interna 3. El sistema de instrumentación interna 3 puede comprender, por ejemplo, de treinta y ocho a sesenta vías de medición. La parte terminal en el interior del núcleo 5 de cada una de las vías está constituida por un tubo de guiado de un ensamblaje de combustible análogo al tubo 11.

Los tubos de guiado 11 de las vías de medición de flujo de neutrones están distribuidos por toda la sección del núcleo 5 y las mediciones de flujo se realizan por toda la altura del núcleo mediante desplazamiento de la sonda 7 de medición.

40 Cada una de las vías de medición comprende un dedo frío 12, es decir un tubo cerrado por uno de sus extremos, en el que se puede desplazar una sonda 7 de medición de flujo por medio de su cable de enlace y de desplazamiento 9. El dedo frío 12 se introduce en el interior del núcleo 5 del reactor en un tubo de guiado 11 de un ensamblaje de combustible.

45 Se lleva el dedo frío 12 hacia este tubo de guiado 11 en el interior de un conducto de guiado de instrumentación 13 uniéndose a un manguito 15 que atraviesa el fondo de la vasija 1 del reactor en una sala de instrumentación 17. Esta sala 17 está dispuesta de manera adyacente con respecto a la parte 19 del edificio del reactor o pozo de la vasija en el que está dispuesta la vasija 1 del reactor. La sala de instrumentación 17 y el pozo de la vasija 19 pertenecen al edificio del reactor.

50 El conducto de guiado de instrumentación 13 atraviesa la pared 21 de hormigón que separa la sala de instrumentación 17 del pozo de la vasija 19, en el interior de un dispositivo de penetración estanco 23. El extremo del conducto de guiado de instrumentación 13 que penetra en la sala de instrumentación 17 está unido a un casquillo de estanqueidad 25 por medio del cual se realiza la introducción estanca, en el interior del conducto de guiado de instrumentación 13, del dedo frío 12 cuyo extremo es accesible en el interior de la sala de instrumentación 17.

60 El dedo frío 12 se puede desplazar por el interior del conducto de guiado de instrumentación 13 y en el interior de la vasija 1 del reactor nuclear, siguiendo toda la altura del núcleo 5, en el interior de un tubo de guiado de instrumentación 11 de un ensamblaje de combustible entre una posición de inserción y una posición extraída del núcleo 5 del reactor nuclear.

65 Los dedos fríos 12 de todas las vías de medición del sistema de instrumentación interna del reactor nuclear se sitúan en su posición extraída del núcleo, antes de una operación de recarga del núcleo.

En cambio, durante el funcionamiento del reactor nuclear, los dedos fríos 12 de las diferentes vías de medición del sistema de instrumentación interna 3, por cada una de las cuales se desplaza una sonda 7 de medición de flujo, están en su posición de inserción máxima en el interior del núcleo 5 del reactor.

5 Las diferentes vías de medición del sistema de instrumentación interna constituyen varios, y generalmente de cuatro a seis, grupos de vías que comprenden cada uno una decena de vías de medición.

10 Se realizan unas mediciones de flujo, en cada una de las vías de un grupo de vías de medición, utilizando una sonda 7 de flujo de neutrones fijada en el extremo de un cable de enlace y de desplazamiento 9 que va a atravesar sucesivamente un selector de grupos 29 y un selector de vías 31 para introducirse en el dedo frío 12 de una vía de medición definida mediante una orden de los selectores 29 y 31.

15 Cada uno de los cables de enlace y de accionamiento 9 de una sonda 7 de medición es accionado por una unidad de mando 33 que comprende un motorreductor (no representado) que acciona una rueda 35 dentada con la que engrana el cable de accionamiento 9 de la sonda 7. Como variante, la rueda 35 no es necesariamente dentada y puede ser sustituida asimismo por otros dispositivos giratorios de accionamiento. La sonda 7, el cable de enlace y de accionamiento 9 de la sonda 7 y la unidad de mando 33 constituyen una cadena de medición 37. Normalmente, el sistema de instrumentación interna 3 comprende de cuatro a seis cadenas de medición.

20 Cada unidad de mando 33 comprende también un enrollador (no representado) que garantiza el almacenamiento del cable de accionamiento 9 de la sonda y que ejerce una fuerza de recuperación constante sobre el cable 9, tanto cuando el cable 9 se desplaza en el sentido de inserción como cuando se desplaza en el sentido de extracción de una vía de medición.

25 El mando del sistema de instrumentación interna 3 está garantizado por un armario de distribución (no representado) dispuesto en la sala de instrumentación 17, unida a su vez a un armario de control y de mando 39 dispuesto en la sala de mando 41 del reactor o cerca de esta última. El armario de distribución comprende de cuatro a seis subconjuntos idénticos destinados a garantizar el control de las de cuatro a seis sondas 7 de medición unidas cada una a un cable de enlace y de desplazamiento 9, estando cada uno de los subconjuntos del armario de distribución unido a un autómatas respectivo de una cadena del armario de control y de mando 39.

30 De este modo se realiza el mando de los desplazamientos de las sondas 7 y el mando de los selectores 29 y 31 para realizar sucesivamente unas mediciones de flujo en cada una de las vías de medición del sistema de instrumentación interna 3.

35 El autómatas asociado a cada cadena de medición 37 garantiza principalmente las funciones siguientes:

- 40 - pilotaje de los mecanismos electrónicos de la sala de instrumentación 17, y en particular de los selectores de grupos 29, de los selectores de vías 31 y de las unidades de mando 33 con el fin de garantizar, de manera automática y/o manual, el desplazamiento de las sondas 7 y las mediciones necesarias,
- 45 - transmisión al calculador de bloque, dispuesto en la sala de mando 41 del reactor nuclear o cerca, de las mediciones efectuadas por las sondas 7 para que este calculador garantice la cartografía de los flujos de neutrones.

Para garantizar esta última función, los autómatas asociados a las cadenas 37 de medición reciben las mediciones adquiridas por las sondas 7 a través de cajones dispuestos en los huecos superiores 43 del armario de control y de mando 39.

50 Cada uno de los cajones asociados a una cadena 37 transmite también información proporcionada por un dispositivo de determinación de la posición angular 44 de la rueda de accionamiento 35 correspondiente.

55 Este dispositivo de determinación 44 comprende un emisor sincronizado 45 clásico cuyo rotor es solidario en rotación a la rueda 35. Este emisor sincronizado 45 se dispone por lo tanto en la sala de instrumentación 17 y está conectado al cajón eléctrico correspondiente del armario de control y de mando 39 mediante una línea 47.

Según la invención, el dispositivo de determinación de la posición angular 44 también comprende, en el cajón asociado del armario de control y de mando 39, un conjunto electrónico 49 de digitalización de las tensiones procedentes del emisor sincronizado 45.

60 Este conjunto electrónico 49, que está realizado por ejemplo en forma de una tarjeta, se ilustra en la figura 2. Se observará que en la parte izquierda de esta figura 2 se ha representado esquemáticamente el bobinado 51 del rotor del emisor sincronizado 45 y los tres bobinados 53, 55 y 57 del estator del emisor sincronizado 45. En el ejemplo representado, los bobinados 53, 55 y 57 están dispuestos en triángulo, aunque, como variante, pueden estar dispuestos en estrella.

El conjunto electrónico 49 comprende una unidad de procesamiento previo 59 de las señales procedentes del emisor sincronizado 45, una unidad de procesamiento digital 61 y una unidad de producción de señales 63 representativas de la posición de la rueda 35, comunicándose estas unidades por medio de un bus 65.

5 La unidad de procesamiento previo 59 comprende:

- un módulo de determinación 67 de las tensiones en los terminales de los bobinados 53, 55 y 57, es decir entre sus terminales S1, S2 y S3, indicándose estas tensiones respectivamente S1S2, S2S3 y S3S1;

10 - un módulo de adaptación 69 de estas tensiones S1S2, S2S3 y S3S1;

- un módulo de conversión digital 71 de las tensiones S1S2 y S2S3 adaptadas;

15 - un módulo de activación 73 de la conversión digital; y

- un módulo de detección 75 del final de las conversiones digitales.

20 En el ejemplo descrito, el bobinado 51 del rotor del emisor sincronizado 45 se puede alimentar con una tensión de modulación de 220 V a una frecuencia de 50 Hz. Las tensiones entre los terminales S1, S2 y S3 de los bobinados 53, 55 y 57 están por lo tanto moduladas a 50 Hz y sus amplitudes dependen de la posición angular del rotor del emisor sincronizado 45 y por lo tanto de la rueda 35. El módulo 67 está conectado en los terminales S1, S2 y S3 y determina las tensiones S1S2, S2S3 y S3S1 restando las señales proporcionadas por los terminales S1, S2 y S3 para paliar la ausencia de tensión neutra. No obstante, se reconstituye una tensión intermedia y, por motivos de seguridad, se conecta a tierra en 77.

25 Las tensiones S1S2, S2S3 y S3S1 a la salida del módulo 67 pueden presentar unas amplitudes de cresta de 80 V. El módulo de adaptación 69 comprende unos amplificadores que permiten disminuir sus amplitudes, por ejemplo para alcanzar unas amplitudes de cresta máximas de aproximadamente 10 V.

30 El módulo de digitalización 71 comprende por ejemplo dos convertidores 79, que son, todavía a modo de ejemplo, convertidores de once bits más un bit de signo. Estos dos convertidores 79 se activan en sincronía con la modulación de las señales procedentes de los terminales S1, S2 y S3 del estator del emisor sincronizado 45 y por lo tanto con la tensión que alimenta el bobinado 51 del rotor del emisor sincronizado 45.

35 Esta sincronización se realiza gracias a una serie de comparadores 81 de ventanas que activan las conversiones de las tensiones S1S2 y S2S3 por los convertidores 79 cuando por lo menos una de las señales S1S2, S2S3 o S3S1 alcanza una amplitud predeterminada. El final de las conversiones digitales está indicado por el módulo 75 a la unidad de procesamiento digital 61 por medio del bus 65 que también se comunica con las salidas de los convertidores 79.

40 La unidad de procesamiento digital 61 comprende un microcontrolador 83, unas memorias, incluyendo por ejemplo una memoria viva 85 y una memoria muerta 87 y unos medios 89 de encaminamiento de los datos entre el microcontrolador 83, las memorias 85 y 87 y el bus 65.

45 La unidad de procesamiento digital 61, y en particular el microcontrolador 83, garantiza el procesamiento digital de las tensiones S1S2 y S2S3 previamente adaptadas y digitalizadas por la unidad 59 para determinar la posición angular del rotor del emisor sincronizado 45.

Los parámetros tenidos en cuenta para el procesamiento digital son los siguientes:

50 - la unidad de codificación, o paso codificador, es de tal manera que una vuelta del rotor del emisor sincronizado 45 corresponde a 1024 pasos,

55 - la posición angular P del rotor del emisor sincronizado 45 se expresa en pasos, en forma de un número entero con signo, y

- un paso corresponde aproximadamente a un desplazamiento de la sonda 7 correspondiente de 1 mm, pudiendo alcanzar la velocidad de desplazamiento 300 mm por segundo.

60 Las ecuaciones matemáticas son las siguientes:

- para una posición angular P expresada en pasos, las tensiones recibidas valen, en cada instante t expresadas en segundos:

- $S1S2(P,t) = 84 \cdot \text{sen}(P \cdot \pi / 512) \cdot \text{sen}(100 \cdot \pi \cdot t)$
- $S2S3(P,t) = 84 \cdot \text{sen}(P \cdot \pi / 512 + (2 \cdot \pi / 3)) \cdot \text{sen}(100 \cdot \pi \cdot t)$

- $S3S1(P,t) = 84 \cdot \sin(P \cdot \pi / 512 - (2 \cdot \pi / 3)) \cdot \sin(100 \cdot \pi \cdot t);$

- en cualquier instante, $S1S2(P,t) + S2S3(P,t) + S3S1(P,t) = 0$, lo cual explica por qué sólo se han efectuado las digitalizaciones de dos tensiones, en este caso $S1S2$ y $S2S3$.

5 La unidad 61 determina, sobre esta base, la posición angular P y después la posición angular P se procesa a continuación para que esté comprendida en un intervalo comprendido entre - 512 y + 511 pasos.

10 La posición angular P determinada y procesada por la unidad de procesamiento digital 61 es convertida a continuación en señales de salida de tipo codificador incremental A, B y Z por la unidad 63. Estas señales A, B y Z serán procesadas por el autómatas del armario 39 asociado a la cadena de medición 37 en cuestión con el fin de determinar la posición absoluta de la sonda 7. Este procesamiento también tendrá en cuenta el estado de los mecanismos electrónicos del sistema 3 de instrumentación y, en particular, de los miniinterruptores.

15 Se observará que la inicialización de la posición angular se realiza mediante una secuencia previa de toma de origen. Así, el primer movimiento tras la puesta en tensión de una sonda 7 debe ser su regreso a una posición de origen. La unidad 61 determina a continuación la posición angular P con respecto a la posición de origen.

20 El sistema de instrumentación interna 3 descrito anteriormente comprende por lo tanto unas tarjetas electrónicas 49 en lugar de los receptores sincronizados y de los codificadores absolutos previstos generalmente en los huecos superiores 43 del armario de control y de mando 39.

25 El mantenimiento del sistema 3 de instrumentación se ha simplificado por lo tanto porque basta con retirar los cajones correspondientes y sustituir las tarjetas electrónicas 49 en caso de necesidad en lugar de reparar o cambiar componentes de los receptores sincronizados o de los codificadores absolutos.

Además, el armario 39 presenta una masa reducida en los huecos 43, lo cual resulta ventajoso para satisfacer las limitaciones que se derivan del hecho de tener en cuenta los riesgos de sismo.

30 Además, se observará que los sistemas 3 de instrumentación interna clásicos se pueden adaptar fácilmente para que comprendan un dispositivo 44 evolucionado tal como el descrito anteriormente. Para ello, bastará con sustituir los receptores sincronizados y los codificadores absolutos utilizados hasta ahora por tarjetas electrónicas 49 tales como la descrita anteriormente.

35 La figura 3 ilustra un segundo modo de realización de la tarjeta electrónica 49 que comprende un generador 91 de alimentación del bobinado 51 del rotor del emisor sincronizado 45.

40 En este modo de realización, la tensión de alimentación producida puede ser una tensión de 26 V a 400 Hz. Una frecuencia de este tipo, más elevada que la de 50 Hz, permite obtener una mejor precisión dado que las interpolaciones resultan inútiles. Se observará asimismo que la estructura del módulo de activación de la conversión digital 73 se ha podido simplificar porque la tensión de modulación está directamente disponible a través del generador 91 en la tarjeta 49.

45 Además, la tarjeta 49 comprende un módulo de ajuste 93 de la posición angular determinada que está conectado a un miniinterruptor dispuesto en un lado predefinido en el trayecto de la sonda 7. Así, cuando la sonda 7 pasa a este lado predefinido, el miniinterruptor cambia de estado y una señal es transmitida por el módulo 93 a la unidad de procesamiento digital 61 que compara la posición angular P determinada y la posición angular Pe efectiva que corresponde a la posición del miniinterruptor y corrige eventualmente el valor P para que valga Pe.

50 La figura 4 ilustra un tercer modo de realización que se distingue del primero por el hecho de que la unidad 61 determina directamente la posición absoluta de la sonda 7, por el hecho de que la tarjeta 49 también comprende un módulo de ajuste 93 de la posición absoluta determinada y por el hecho de que la unidad de producción 63 de las señales representativas de la posición es una unidad de producción de señales de la posición absoluta, codificada en el ejemplo a 16 bits. Las señales producidas, representativas de la posición angular de la rueda 35, son por lo tanto señales que traducen la posición absoluta de la sonda 7.

55 La tarjeta 49 comprende además un módulo de detección 95 de una bajada de tensión que activará la copia de seguridad de la posición absoluta determinada por la unidad de procesamiento digital 61. También en este caso, igual que en el segundo modo de realización, se garantiza automáticamente un reajuste eventual de la posición absoluta determinada modificando el estado de un microinterruptor conectado al módulo 93.

60 Los principios descritos anteriormente se pueden aplicar a reactores nucleares de tamaños diversos.

65 Además, el número de cadenas de medición puede ser diverso y por ejemplo se puede utilizar una misma tarjeta electrónica para varias cadenas de medición.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (3) de instrumentación interna de un reactor nuclear, del tipo que comprende por lo menos:

- 5 - una sonda (7) de medición del flujo de neutrones en el núcleo (5) del reactor nuclear, y
- un cable (9) de desplazamiento de la sonda en el interior del núcleo (5), y
- 10 - un dispositivo giratorio (35) de accionamiento del cable de desplazamiento (9),

caracterizado porque el sistema (3) comprende además:

- 15 - un dispositivo (44) de determinación de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento (35), que comprende un emisor sincronizado (45) que comprende a su vez un rotor solidario en rotación al dispositivo de accionamiento (35) y un estator que comprende tres bobinados (53, 55, 57),

y porque el dispositivo de determinación de la posición angular (44) comprende un conjunto electrónico (49) de digitalización de por lo menos dos de las tensiones (S1S2, S2S3, S3S1) en los terminales de los bobinados del estator del emisor sincronizado y de procesamiento digital de estas tensiones digitalizadas para producir por lo menos una señal de salida (A, B, Z; P0 - P15) representativa de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento (35).

2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende un armario de control y de mando (39), que está destinado a estar dispuesto fuera del edificio del reactor nuclear y que contiene el conjunto electrónico (49).

3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el conjunto electrónico (49) comprende:

- 30 - un módulo (67) de determinación de las tensiones (S1S2, S2S3, S3S1) en los terminales de los bobinados (53, 55, 57) del estator del emisor sincronizado,
- eventualmente un módulo (69) de adaptación de las tensiones determinadas,
- un módulo (71) de digitalización de por lo menos dos tensiones (S1S2, S2S3) de las tensiones determinadas y eventualmente adaptadas, y
- 35 - un módulo (61) de procesamiento digital de las tensiones digitalizadas.

4. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el conjunto electrónico (49) comprende un módulo (63) de producción de señales de salida de tipo codificador incremental (A, B, Z).

5. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el dispositivo de determinación de la posición angular (44) es apto para determinar la posición de la sonda (7) por procesamiento digital de las tensiones digitalizadas, y porque el conjunto electrónico (49) comprende un módulo (63) de producción de señales de salida de tipo codificador absoluto (P0 - P15).

6. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el conjunto electrónico (49) es un conjunto de digitalización de solamente dos tensiones (S1S2, S2S3) de las tensiones determinadas y eventualmente adaptadas.

7. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el conjunto electrónico (49) comprende un módulo (95) de detección de una bajada de tensión adaptado para activar la copia de seguridad de la posición determinada.

8. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el conjunto electrónico (49) comprende un módulo (93) de ajuste de la posición determinada, que está destinado a ser conectado a un microinterruptor cuyo estado es modificado por el paso de la sonda (7) a una posición determinada.

9. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el conjunto electrónico (49) comprende un generador (91) de alimentación de un bobinado (51) del rotor del emisor sincronizado (45) en tensión de modulación.

10. Procedimiento de modificación de un sistema de instrumentación interna (3) de un reactor nuclear, comprendiendo el sistema de instrumentación interna (3) por lo menos:

- 65 - una sonda (7) de medición del flujo de neutrones en el núcleo (5) del reactor nuclear,

ES 2 472 294 T3

- un cable de desplazamiento (9) de la sonda en el interior del núcleo (5),
- un dispositivo giratorio (35) de accionamiento del cable de desplazamiento (9), y
- 5 - un dispositivo (44) de determinación de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento (35), que comprende un emisor sincronizado (45), un receptor sincronizado y por lo menos un codificador de posición, comprendiendo el emisor sincronizado a su vez un rotor solidario en rotación al dispositivo giratorio de accionamiento (35) y un estator que comprende tres bobinados (53, 55, 57), comprendiendo el receptor sincronizado a su vez un rotor solidario en rotación al codificador de posición y un estator que comprende tres
10 bobinados conectados a los bobinados del estator del emisor sincronizado,

caracterizado porque el procedimiento comprende una etapa de sustitución del receptor sincronizado y del codificador de posición por un conjunto electrónico (49) de digitalización de por lo menos dos de las tensiones (S1S2, S2S3, S3S1) en los terminales de los bobinados del estator del emisor sincronizado y de procesamiento
15 digital de estas tensiones digitalizadas para producir por lo menos una señal de salida (A, B, Z; P0 - P15) representativa de la posición angular del dispositivo giratorio de accionamiento.

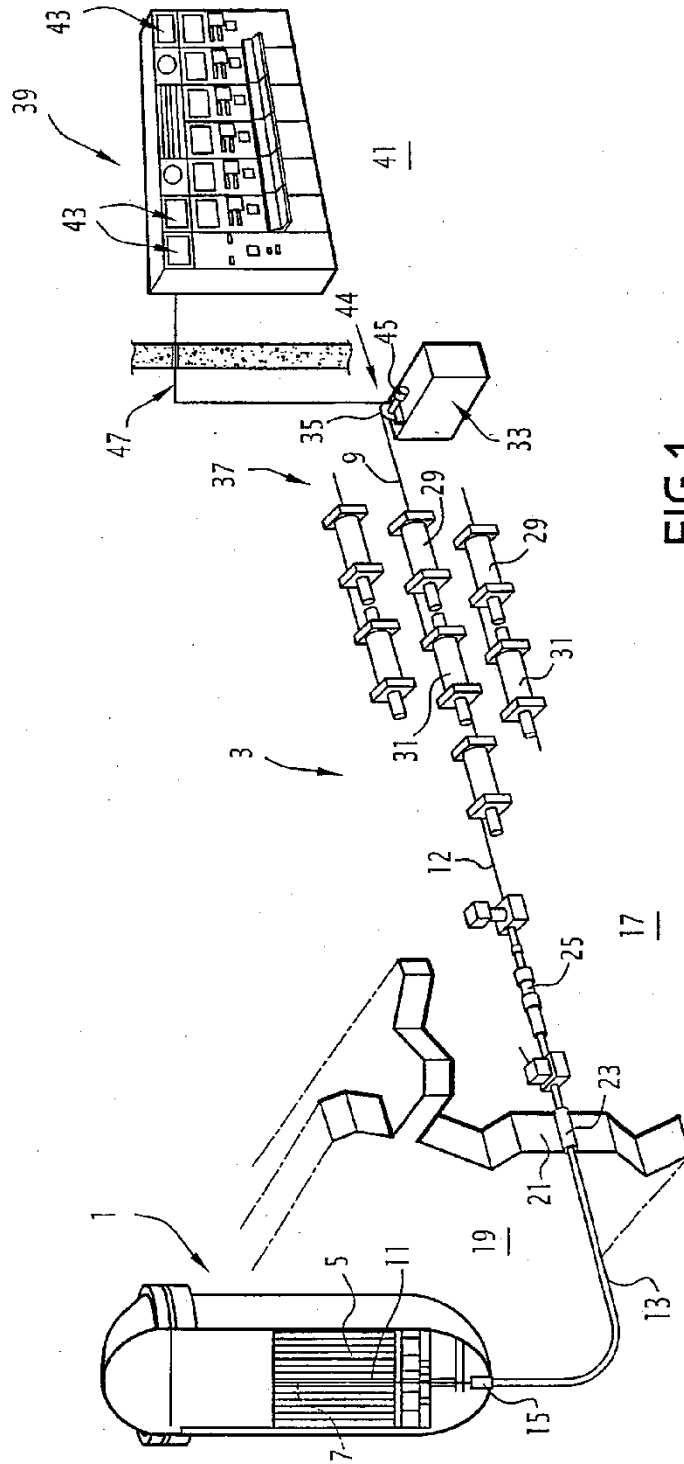


FIG.1

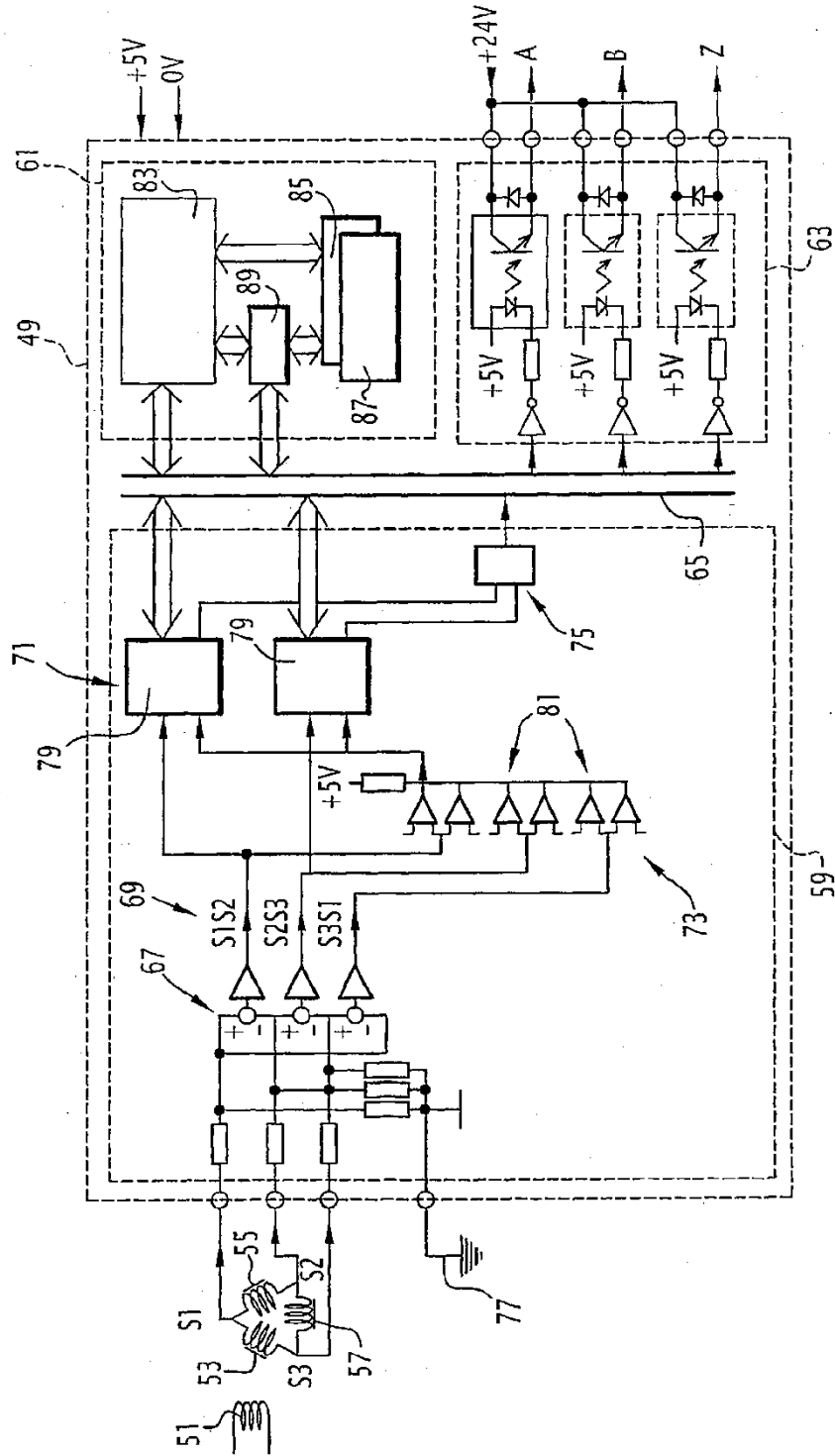


FIG.2

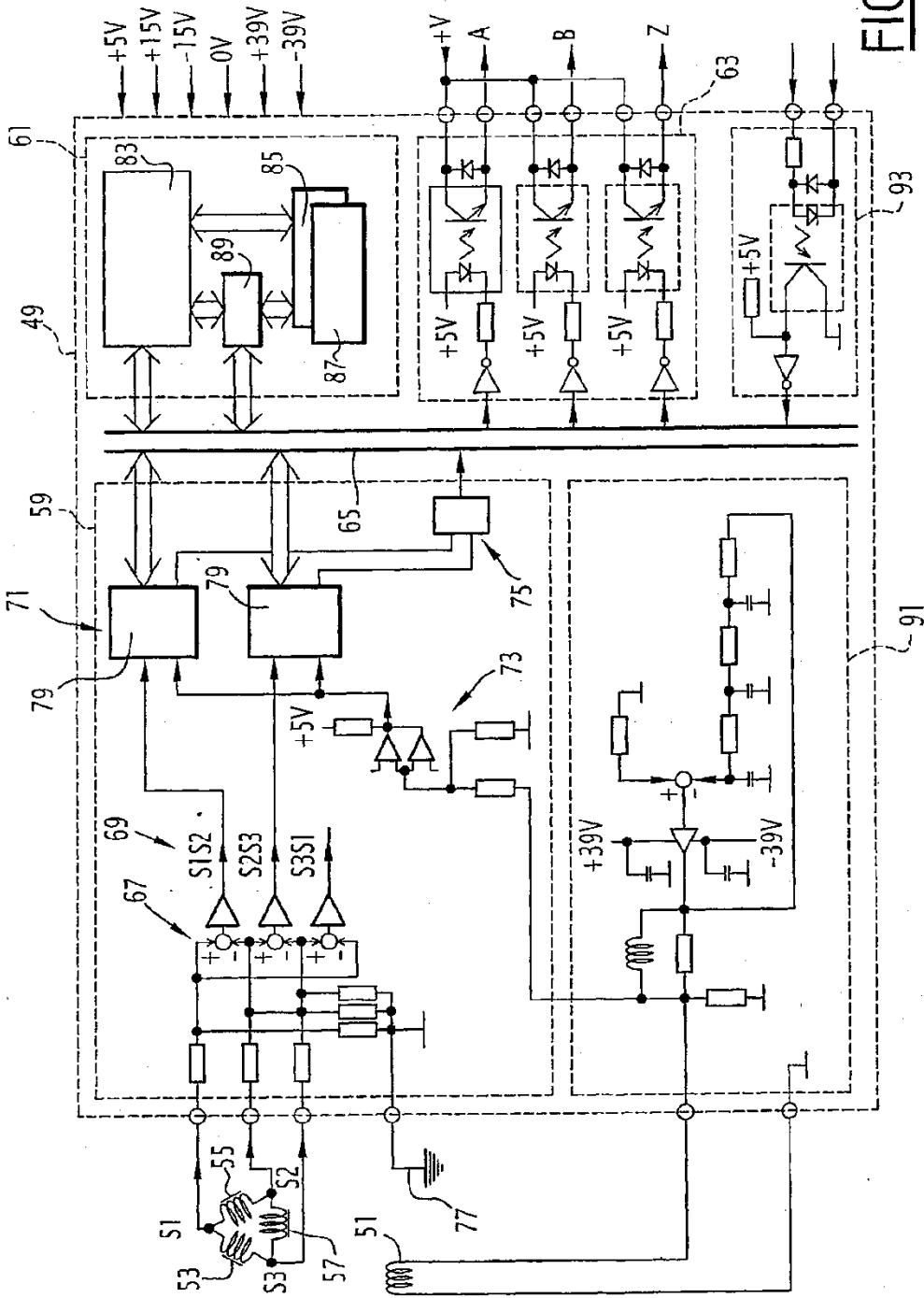


FIG. 3

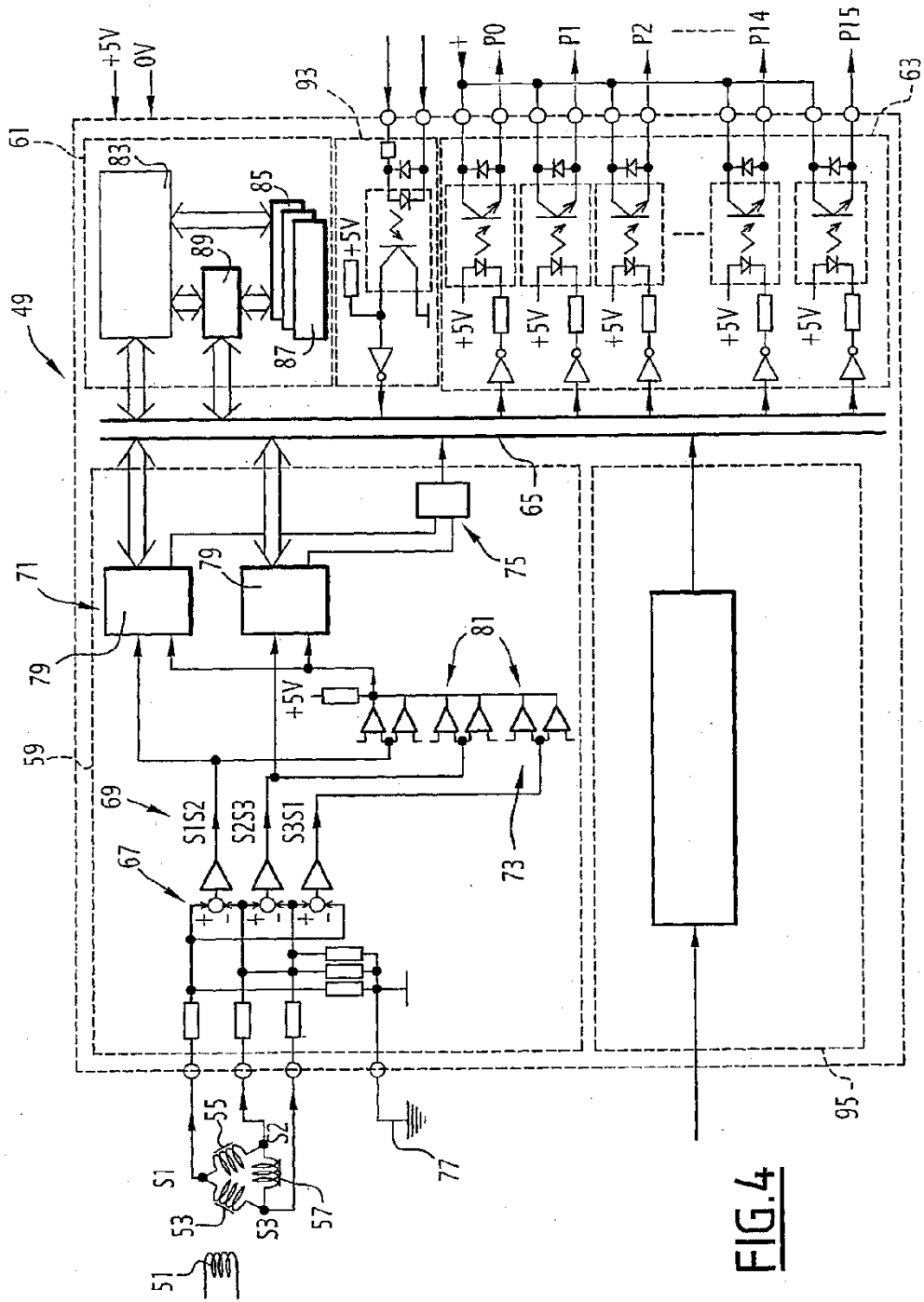


FIG. 4