

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 001 018**

51 Int. Cl.:

G05B 9/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2020** **E 20204561 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024** **EP 3845978**

54 Título: **Dispositivo de control seguro, contactor que comprende dicho dispositivo y procedimiento de procesamiento seguro de una señal de control**

30 Prioridad:

28.11.2019 FR 1913362

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.03.2025

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
(100.00%)
35, rue Joseph Monier
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

LANES, DAVID

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 001 018 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

Dispositivo de control seguro, contactor que comprende dicho dispositivo y procedimiento de procesamiento seguro de una señal de control

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un dispositivo de control seguro destinado, en particular, a controlar un contactor. La invención también se refiere a un procedimiento de procesamiento seguro de una señal de control para cerrar o abrir un contactor y a un contactor que comprende un dispositivo de control seguro.

Estado de la técnica

- 10 Numerosos equipos incluyen uno o varios contactores para controlar la conexión o desconexión de dispositivos eléctricos tales como máquinas de producción, motores, equipos de soldadura, etc. Ciertos equipos cuyo funcionamiento es de naturaleza peligrosa requieren una mayor seguridad para su control y, en particular, deben disponer de un medio de parada de emergencia para interrumpir el funcionamiento en caso de peligro. Algunos equipos cuyo funcionamiento es peligroso requieren una mayor seguridad de control y, en particular, deben disponer de un medio de parada de emergencia para interrumpir el funcionamiento en caso de peligro. Para aumentar la seguridad
- 15 de bienes y personas, se puede validar la orden de arranque de un motor eléctrico para evitar cualquier orden intempestiva inducida, por ejemplo, por perturbaciones electromagnéticas. En este caso, cuando una orden no es válida, el equipo debe ponerse en un estado de seguridad, que generalmente corresponde a la parada del equipo.

- 20 Se conoce el documento EP 1 538 651 A2 relativo a un circuito de parada de emergencia que comprende dos líneas que funcionan en paralelo, cada una de las cuales comprende contactos cuyo accionamiento está controlado por unidades centrales. La alimentación de los mandos de contacto se interrumpe cuando se solicita una parada de emergencia.

La solicitud de patente US 2004/0199 837 A1 describe un procedimiento y un dispositivo para la transmisión segura de información entre unidades de entrada y salida de un sistema de seguridad.

- 25 La solicitud de patente estadounidense 2011/0169345 A1 describe un sistema de control que impide que una carga se encienda cuando hay una anomalía en el control o en el suministro de energía a la carga.

La solicitud de patente US2019/068088 A1 describe un circuito de control basado en optoacoplador y un procedimiento para controlar el circuito para alimentar una carga.

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo de control seguro según la reivindicación 1.

- 30 Ventajosamente, el dispositivo de control seguro también tiene una o más de las características de las reivindicaciones 2 a 8.

La presente invención también se refiere a un contactor según la reivindicación 9. Ventajosamente, el contactor también tiene una o más de las características de la reivindicación 10.

- 35 La presente invención también se refiere a un procedimiento de procesamiento seguro de una tercera señal según la reivindicación 11.

Ventajosamente, el procedimiento también tiene una o más de las características de las reivindicaciones 12 a 15.

Preferiblemente, se genera una primera orden de control de parada segura cuando el segundo contador es igual o mayor que un umbral de invalidación predefinido.

Breve descripción de los dibujos

- 40 Otras ventajas y características quedarán más claras a partir de la siguiente descripción de realizaciones particulares de la invención, dadas a modo de ejemplos no limitativos, y mostradas en los dibujos adjuntos en los que:

- 45 [Fig. 1] La figura 1 muestra, en forma de diagrama de bloques, un dispositivo de control seguro según la invención, [Fig. 2ac] Las figuras 2a y 2b representan versiones alternativas de realización de un circuito de protección que forma parte del dispositivo de control seguro, la figura 2c representa una combinación de un circuito de detección de umbral de tensión y un primer circuito acoplador, [Fig. 2de] La figura 2d muestra una curva de variación de una corriente que circula por el circuito de protección, la figura 2e muestra una curva de variación de una corriente que circula por un primer circuito emisor, [Figura 3] La figura 3 muestra, en forma de diagrama de bloques, una variante para conectar un primer interruptor en un dispositivo de control seguro,

[Figura 4] La figura 4 muestra, en forma de diagrama de bloques, un dispositivo de control seguro con una entrada de validación,

[Fig. 5] La figura 5a muestra, en forma de diagrama de bloques, un contactor que comprende un dispositivo de control seguro, y la figura 5b muestra un contactor que comprende un dispositivo de control seguro que comprende una entrada de validación,

[Fig. 6ab]

[Fig. 6cd] Las figuras 6a a 6d son representaciones temporales de una señal recibida por un circuito de procesamiento que forma parte de un dispositivo de control seguro,

[Fig. 7a] La figura 7a representa un diagrama de flujo de un procedimiento de procesamiento seguro de una señal llevado a cabo por el circuito de procesamiento, y

[Fig. 7b] La figura 7b muestra un diagrama de flujo de una variante preferente del procedimiento de procesamiento seguro llevado a cabo por el circuito de procesamiento.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

La figura 1 muestra, en forma de diagrama de bloques, un dispositivo de control seguro 1 diseñado para procesar una señal de control Sig1 y generar una primera orden de control seguro. Dicho dispositivo de control seguro 1 comprende al menos:

- una entrada de control E,
- un primer circuito de protección 10,
- un primer acoplador 20,
- un primer interruptor 30,
- un generador de impulsos 40,
- un primer circuito de procesamiento 50, y
- una primera salida binaria S1.

La entrada de control E comprende al menos un primer punto de conexión E1 y un segundo punto de conexión E2. La señal de control Sig1 se aplica entre el primer punto E1 y el segundo punto E2. La señal de control Sig1 es preferiblemente un escalón o nivel de tensión continua con una amplitud Vsig1 de entre 1 voltio y 30 voltios, preferiblemente con una duración de entre 5 ms y 100 ms.

El primer circuito de protección 10 está dispuesto para recortar la señal de control Sig1 si tiene una amplitud Vsig1 anormalmente alta y/o para limitar una corriente i que fluye en el dispositivo de control seguro 1, cuando se aplica una señal de control Sig1. Una primera realización del primer circuito de protección 10 se muestra en la figura 2a y comprende un limitador de corriente 11 consistente, por ejemplo, en al menos una resistencia R. Preferiblemente, la resistencia R está dimensionada para limitar la corriente i a una intensidad máxima I_{Max} predefinida comprendida entre 1 mA y 100 mA.

Según la invención, el primer circuito de protección 10 comprende un limitador de corriente 11 conectado a un circuito de detección de umbral de corriente 12 como se muestra en la figura 2b. La figura 2d muestra una curva de variación de la corriente i que circula por el primer circuito de protección 10 en función de la amplitud Vsig1 de la señal de control Sig1. Cuando la intensidad de corriente i es inferior a la intensidad máxima I_{Max} , el circuito de detección del umbral de corriente 12 no actúa; la corriente i se fija por la relación entre la amplitud Vsig1 de la señal de control Sig1 y el valor de la resistencia R según la ley de Ohm. Por ejemplo, para una amplitud Vsig1 de la señal de mando Sig1 igual a 24 Volt y para una resistencia R igual a 2000 Ohm, la amplitud de la corriente i será igual a 12 mA. Cuando la amplitud Vsig1 de la señal de control Sig1 supera un umbral de tensión máxima U_{max} predefinido, el circuito de detección del umbral de corriente 12 actúa sobre el limitador de corriente 11 para aumentar el valor de la resistencia R con el fin de mantener la intensidad de corriente i en la intensidad máxima I_{Max} predefinida. Como la corriente i es constante, la potencia disipada y, por tanto, el aumento de temperatura en el limitador de corriente 11 varía sólo linealmente en función de la amplitud Vsig1 de la señal de control Sig1.

Un circuito de detección de umbral de tensión 13 está conectado en serie con el primer circuito de protección 10 y con el primer acoplador 20, como se muestra en la figura 2c. En esta configuración, el circuito de detección del umbral de tensión 13 detecta un umbral de tensión mínimo Umin predefinido. Mientras la amplitud Vsig1 de la señal de control Sig1 sea inferior a dicho umbral mínimo de tensión Umin, el circuito de detección del umbral de tensión 13 limita la corriente i que fluye en un primer circuito emisor 21 del primer acoplador 20 a una corriente mínima predefinida I_{min} . Cuando la amplitud Vsig1 de la señal de control Sig1 es superior al umbral mínimo de tensión Umin, el circuito de detección del umbral de tensión 13 está inactivo y la corriente i sólo está limitada por el limitador de corriente 11. En la figura 2e se muestra una curva que representa la variación de la corriente i que circula por el primer circuito de protección 10 en función de la amplitud Vsig1 de la señal de control Sig1 en este modo de funcionamiento. Dicho circuito de detección del umbral de tensión 13 se utiliza para que el primer acoplador 20 sólo reciba la señal de control Sig1 si dicha señal de control Sig1 tiene una amplitud superior a la tensión mínima Umin con el fin, por ejemplo, de eliminar las señales espurias. El circuito de detección de umbral 13 puede consistir en al menos un diodo zener.

Opcionalmente, por ejemplo para cumplir con las recomendaciones de la norma IEC60947-1 Anexo S que trata de las entradas digitales para equipos de baja tensión, se conecta una resistencia de derivación R_d en paralelo entre el circuito de detección de umbral 13 y el primer acoplador 20 como se muestra en la Figura 2c para que siempre esté presente una corriente i incluso cuando el primer interruptor 30 esté abierto y la amplitud V_{sig1} de la señal de control Sig1 sea inferior a la tensión mínima U_{min} . La resistencia de derivación R_d también puede conectarse en paralelo con el primer interruptor 30.

En una realización preferente, el limitador de corriente 11 limita la amplitud de la corriente i a una intensidad de corriente máxima predefinida I_{Max} comprendida entre 8 mA y 20 mA, la intensidad de corriente mínima predefinida I_{min} está comprendida entre 0 y 8 mA, el umbral de tensión máxima predefinida U_{Max} está comprendido entre 12 voltios y 30 voltios, el umbral de tensión mínima predefinida U_{min} está comprendido entre 0 y 12 voltios.

El primer acoplador 20 comprende el primer circuito emisor 21 conectado en serie con el primer circuito de protección 10, estando el conjunto formado por el primer circuito emisor 21 y el primer circuito de protección 10 conectado entre el primer punto de conexión E1 y el segundo punto de conexión E2, como se muestra en la figura 1. El primer circuito emisor 21 está dispuesto para emitir una segunda señal Sig2 cuando la señal de control Sig1 está presente en la entrada de control E y la corriente i fluye en dicho primer circuito emisor 21. El primer acoplador 20 también comprende un primer circuito receptor 22 dispuesto para recibir la segunda señal Sig2 y suministrar una tercera señal Sig3. Dicha tercera señal Sig3 consiste en al menos un impulso, como se explicará más adelante. El primer circuito emisor 21 y el primer circuito receptor 22 de dicho primer acoplador 20 están aislados galvánicamente entre sí.

Preferentemente, el primer acoplador 20 comprende al menos un optoacoplador: el primer circuito emisor 21 comprende un diodo emisor D, el primer circuito receptor 22 comprende un fototransistor Tr , emitiendo el diodo emisor D radiación hacia el fototransistor Tr a través de una pared Sc transparente a la radiación, estando dicha pared dispuesta entre el diodo emisor D y el fototransistor Tr , formando dicha radiación un medio de transmisión para la segunda señal Sig2. El fototransistor Tr suministra la tercera señal Sig3 a la imagen de la segunda señal Sig2. La pared Sc también tiene la propiedad de ser eléctricamente aislante, es decir, no conduce la corriente eléctrica con el fin de proporcionar un aislamiento galvánico entre el primer circuito emisor 21 y el primer circuito receptor 22.

El primer interruptor 30 está conectado en paralelo con el primer circuito emisor 21 para cortocircuitar el primer circuito emisor 21 cuando dicho primer interruptor 30 está cerrado. El primer circuito emisor 21 sólo puede transmitir cuando el primer interruptor 30 está en estado abierto. El primer interruptor 30 es preferiblemente un transistor bipolar o de efecto de campo. Esta configuración tiene la ventaja de garantizar un flujo constante de una corriente i desde el momento en que una señal de mando Sig1 está presente en la entrada de mando E, cualquiera que sea el estado de apertura o cierre del primer interruptor 30. El primer interruptor 30 está controlado por el generador de impulsos 40.

El generador de impulsos 40 está conectado al primer interruptor 30 y genera impulsos para controlar cíclicamente la apertura y el cierre del primer interruptor 30. Preferentemente, un impulso ordena un cierre del primer interruptor 30, estando el primer interruptor 30 abierto durante el intervalo de tiempo entre dos impulsos consecutivos. Por lo tanto, la señal de control Sig1 está modulada por los impulsos suministrados por el generador de impulsos 40.

El generador de impulsos 40 genera impulsos, preferentemente de forma rectangular, con un ciclo de trabajo predefinido, inferior o igual al 50%, con una frecuencia preferentemente comprendida entre 100 Hz y 10 kHz. Preferiblemente, el generador de impulsos 40 es un oscilador libre, no sincronizado con ninguna otra señal presente en el dispositivo de control seguro 1.

En presencia de una señal de control Sig1, el diodo emisor D del primer circuito emisor 21 emite radiación hacia el fototransistor Tr del primer circuito receptor 22 cuando el primer interruptor 30 está abierto. Dicho fototransistor Tr suministra entonces un impulso que forma la tercera señal Sig3, como se muestra en la figura 6a. Cuando se cierra el primer interruptor 30, el primer circuito emisor 21 deja de emitir radiación hacia el fototransistor Tr , y la tercera señal Sig3 pasa a ser cero. Por lo tanto, la tercera señal Sig3 incluye al menos un impulso P cuando la señal de control Sig1 está presente y el generador de impulsos 40 está generando impulsos.

El primer circuito de procesamiento 50 está conectado al primer circuito receptor 22 para recibir la tercera señal Sig3. Dicho primer circuito de procesamiento 50 está dispuesto para ejecutar un procedimiento de procesamiento seguro 500 descrito más adelante con el fin de procesar la tercera señal Sig3 y proporcionar una primera orden de control seguro Sig4. Dicha primera orden de control seguro Sig4 puede adoptar al menos dos estados:

- una primera orden de control de ejecución segura Sig4_ON, o bien
- una primera orden de control de parada segura Sig4_OFF.

La primera orden de control de ejecución segura Sig4_ON corresponde a un control de puesta en marcha segura, la primera orden de control de parada segura Sig4_OFF corresponde a un control de parada segura, particularmente adecuada para una orden de parada de emergencia segura.

Según una variante de conexión del primer circuito de conmutación 30, dicho primer conmutador 30 está conectado en serie con el primer circuito de protección 10 y el primer circuito emisor 21, tal como se muestra en la figura 3. En este caso, la tercera señal Sig3 está formada por impulsos P cuando la señal de control Sig1 está presente en la

entrada E y el primer interruptor 30 está cerrado. El procesamiento realizado por el primer circuito de procesamiento 50 sobre la tercera señal Sig3 no se modifica.

A menudo es necesario instalar un sistema de control dual seguro en una instalación de seguridad. Este doble control comprende un primer control de seguridad que actúa como control de ejecución y un segundo control de seguridad que actúa como control de validación o autorización, cuya ausencia corresponde generalmente a un control de parada de emergencia. Para satisfacer esta necesidad, la invención también se refiere a un dispositivo de control seguro 1, mostrado en la figura 4, que comprende un dispositivo de control seguro 1 como el descrito anteriormente, y que comprende además:

- una entrada de validación V que comprende un tercer punto de conexión E3, estando dicha entrada de validación V dispuesta para recibir una señal de validación Sig 1 0 aplicada entre dicho segundo punto de conexión E2 y dicho tercer punto de conexión E3,
- un segundo circuito de protección 110,
- un segundo acoplador 120 que comprende:
 - un segundo circuito emisor 121 conectado en serie con el segundo circuito de protección 110, estando el conjunto formado por el segundo circuito emisor 121 y el segundo circuito de protección 110 conectado entre el tercer punto de conexión E3 y el segundo punto de conexión E2, estando dicho segundo circuito emisor 121 dispuesto para transmitir una cuarta señal Sig20 cuando la señal de validación Sig10 está presente en la entrada de validación V, y
 - un segundo circuito receptor 122 dispuesto para recibir la cuarta señal Sig20 y suministrar una quinta señal Sig30,
- un segundo interruptor 130 conectado, por una parte, en paralelo al segundo circuito emisor 121 para cortocircuitar dicho segundo emisor 121 cuando está cerrado, y conectado, por otra parte, al generador de impulsos 40 para que dicho generador de impulsos 40 controle cíclicamente la apertura y el cierre de dicho segundo interruptor 130,
- un segundo circuito de procesamiento 150 conectado al segundo circuito receptor 122 para recibir la quinta señal Sig30, estando dicho segundo circuito de procesamiento 150 dispuesto para procesar la quinta señal Sig30 y suministrar una segunda orden de control seguro Sig40 que puede adoptar al menos dos estados:
 - una segunda orden de control de ejecución segura Sig40_ON, y
 - una segunda orden de control de parada segura Sig40_OFF, y
- un circuito lógico 160 que comprende:
 - una primera entrada binaria L1 conectada al primer circuito de procesamiento 50 para recibir la primera orden de control seguro Sig4,
 - una segunda entrada binaria L2 conectada al segundo circuito de procesamiento 150 para recibir la segunda orden de control seguro Sig40, y
 - una segunda salida binaria S2 para suministrar una tercera orden de control seguro Sig50.

La tercera orden de control seguro Sig50 puede adoptar al menos dos estados:

- una tercera orden de ejecución segura Sig50_ON cuando la primera orden de ejecución segura Sig4 suministrada por el dispositivo de mando seguro 1 sea una primera orden de ejecución segura Sig4_ON y cuando la segunda orden de ejecución segura Sig40 sea una segunda orden de ejecución segura Sig40_ON, o bien
- una tercera orden de parada segura Sig50_OFF cuando la primera orden segura Sig4 suministrada por el dispositivo de control seguro 1 es una primera orden de parada segura Sig4_OFF o la segunda orden segura Sig40 es una segunda orden de parada segura Sig40_OFF.

La tercera orden de ejecución segura Sig50_ON se da cuando la primera orden de ejecución segura Sig4_ON y la segunda orden de ejecución segura Sig40 son suministradas respectivamente por los circuitos de procesamiento primero y segundo 50, 150. Se proporciona la tercera orden de parada segura Sig50_OFF:

- cuando la primera orden de parada segura Sig4_OFF es suministrada por el primer circuito de procesamiento 50, o bien
- cuando la segunda orden de parada segura Sig40_OFF es suministrada por el segundo circuito de procesamiento 150.

El segundo circuito de protección 110 es similar al primer circuito de protección 10,

el segundo acoplador 120 es similar al primer acoplador 20,

el segundo interruptor 130 es similar al primer interruptor 30, y

el segundo circuito de procesamiento 150 es similar al primer circuito de procesamiento 50.

La invención también se refiere a un contactor 100 mostrado en forma de diagrama de bloques en la figura 5a. Dicho contactor 100 comprende:

- al menos un contacto eléctrico 310 conectado a al menos una línea de corriente aguas arriba 320 y una línea de corriente aguas abajo 330, estando dicho contacto eléctrico 310 dispuesto para permitir el paso o la detención del flujo de una corriente eléctrica entre la línea de corriente aguas arriba 320 y la línea de corriente aguas abajo 330,
- un accionador 2 diseñado para accionar el al menos un contacto eléctrico 310,
- un dispositivo de control seguro 1 como el descrito anteriormente,
- un primer terminal de conexión C1 conectado al primer punto de conexión E1 de dicho dispositivo de control seguro 1, y
- un segundo terminal de conexión C2 conectado al segundo punto de conexión E2 de dicho dispositivo de control seguro 1, aplicándose la señal de control Sig1 entre el primer terminal de conexión C1 y el segundo terminal de conexión C2. De este modo, el dispositivo de control seguro 1 recibe la señal de control Sig1 en su entrada de control seguro E.

El dispositivo de control seguro está conectado a través de la primera salida binaria S1 al accionador 2 para suministrar una primera orden de control seguro Sig4 a dicho accionador 2 con el fin de controlar un accionamiento del, al menos, un contacto eléctrico 310 cuando se recibe la señal de control Sig1 en su entrada de control seguro E. El dispositivo de control seguro 1 controla el accionador 2 para:

- ejecutar un cierre del, al menos, un contacto eléctrico 310 cuando la primera orden de control seguro Sig4 sea una primera orden de control de ejecución segura Sig4_ON, o bien
- ejecutar una apertura del, al menos, un contacto eléctrico 310 cuando la primera orden de control seguro Sig4 es una primera orden de control de parada segura Sig4_OFF.

Según una realización preferente, el contactor 100, mostrado en forma de diagrama de bloques en la figura 5b, comprende también un tercer terminal de conexión C3 conectado al tercer punto de conexión E3 del dispositivo de control seguro 1. La señal de validación Sig10 se aplica entre el segundo terminal de conexión C2 y dicho tercer terminal de conexión C3.

Dicho contactor 100 comprende dos entradas de mando seguras: una señal de mando Sig1, aplicada entre los terminales de conexión primero y segundo, C1 y C2 respectivamente, recibida en la entrada de mando E del dispositivo de mando seguro 1, corresponde a una orden de ejecución. Una señal de validación Sig10, aplicada entre el segundo terminal de conexión C2 y el tercer terminal de conexión C3, recibida en la entrada de validación V del dispositivo de mando seguro 1, corresponde a una validación o autorización de una orden transportada por la señal de mando Sig1. La ausencia de esta señal de validación Sig10 corresponde a una solicitud de parada de emergencia. La señal de validación Sig10 es preferentemente un escalón de tensión continua o una onda cuadrada con una amplitud comprendida entre 1 voltio y 30 voltios.

El dispositivo de control seguro 1 está conectado al accionador a través de una segunda salida binaria S2 para suministrar al accionador 2 una tercera orden de control seguro Sig50, pudiendo dicha tercera orden de control seguro Sig50 asumir dos estados, tal como se ha descrito anteriormente:

- una tercera orden de control de ejecución segura Sig50_ON, o bien
- una tercera orden de control de parada segura Sig50_OFF.

Dicho contactor 100 está dispuesto de manera que:

- el dispositivo de control seguro 1 suministra una tercera orden de control de ejecución segura Sig50_ON al accionador 2 para ordenar al accionador 2 que ejecute un cierre de al menos un contacto eléctrico 310 cuando la primera orden de control seguro Sig4 es una primera orden de control de ejecución Sig4_ON y la segunda orden de control seguro Sig40 es una segunda orden de control de ejecución segura Sig40_ON, o bien
- el dispositivo de control seguro 1 suministra una tercera orden de control de parada segura Sig50_OFF al accionador 2 para ordenar al accionador 3 que abra al menos un contacto eléctrico 310 cuando la primera orden de control seguro Sig4 es una primera orden de control de parada Sig4_OFF o la segunda orden de control seguro Sig40 es una segunda orden de control de parada Sig40_OFF.

Así, la señal de control Sig1 se habilita cuando el primer circuito de procesamiento 50 ha habilitado el cumplimiento de la señal de control Sig1 y cuando el segundo circuito de procesamiento 150 ha habilitado el cumplimiento de la señal de validación Sig10. Si una de las señales de control Sig1 o de validación Sig10 no se cumple, el contactor 100 se pondrá en un estado de seguridad correspondiente a la apertura de al menos un contacto eléctrico 310 para proteger al personal y evitar o limitar los daños materiales.

Son posibles otros modos de funcionamiento del contactor 100, en particular un modo en el que la señal de mando Sig1 es una señal de impulso de duración limitada y la señal de validación Sig10 tiene la función de autorizar/validar

dicha orden de cierre del accionador 2. La señal de validación Sig10 se aplica primero o simultáneamente con la señal de control Sig1, tras lo cual se acciona el accionador 2 y se cierra al menos un contacto eléctrico 310. Dicho accionador 2 permanece entonces accionado aunque la señal de control Sig1 haya desaparecido. Sin embargo, tan pronto como desaparece la señal de validación Sig10, el accionador 2 se desactiva y al menos un contacto eléctrico 310 se abre. Este tipo de operación puede implementarse fácilmente mediante el circuito lógico 160.

Un contactor 100 puede comprender un único contacto eléctrico 310 conectado entre una línea de corriente aguas arriba 320 y una línea de corriente aguas abajo 330, o dos contactos eléctricos 310 conectados entre dos líneas de corriente aguas arriba 320 y dos líneas de corriente aguas abajo 330, estando los dos contactos eléctricos 310 aislados entre sí, estando las líneas de corriente aguas arriba 320 y las líneas de corriente aguas abajo 330 también aisladas entre sí, como se muestra en las Figuras 5a y 5b. Un contactor 100 también puede estar dispuesto para funcionar en una red trifásica y comprender tres contactos eléctricos 310, tres líneas de corriente aguas arriba 320 y tres líneas de corriente aguas abajo 330.

El primer circuito de procesamiento 50 ejecuta el procedimiento de procesamiento seguro 500 para procesar la tercera señal Sig3 y generar la primera orden de control seguro Sig4. El segundo circuito de procesamiento 150 también ejecuta de forma similar el procedimiento de procesamiento seguro 500 para procesar la quinta señal Sig30 y generar la segunda orden de control seguro Sig40. En consecuencia, a continuación sólo se describe en detalle el procedimiento de procesamiento seguro 500 llevado a cabo por el primer circuito de procesamiento 50.

El procedimiento de procesamiento seguro 500 comprende un recuento iterativo de una cantidad Q de impulsos P que forman la tercera señal Sig3, siendo dichos impulsos P suministrados por el primer circuito receptor 22 durante un intervalo de tiempo de duración predefinida T, tal como se representa en la figura 6a.

Una primera realización del procedimiento de procesamiento seguro 500 se muestra en la Figura 7a. Durante una etapa de inicialización 510, se envía una primera orden de control de parada segura Sig4_OFF para inicializar la primera orden de control seguro Sig4. También se inicializan un primer contador Q1 y un segundo contador Q2. A continuación, durante una etapa de recuento 520, el procedimiento realiza un recuento Q del número de impulsos P recibidos durante un intervalo de tiempo predefinido T. Al final de la etapa de recuento 520 hay una etapa 530 de comparación del número Q de impulsos contados con respecto a un número mínimo predefinido de impulsos Qmin y un número máximo predefinido de impulsos Qmax. Cuando el número Q de impulsos contados está fuera del intervalo entre el número mínimo de impulsos Qmin y el número máximo de impulsos Qmax, el procedimiento continúa con una etapa 540 de incremento del segundo contador Q2. El segundo contador Q2 se compara entonces con un umbral de invalidación predefinido Qinv en una etapa 550. Cuando el segundo contador Q2 es igual o superior al umbral de invalidación Qinv, el procedimiento considera que el número Q de impulsos contados no es conforme y el procedimiento vuelve a la etapa de inicialización 510 correspondiente a un estado seguro y, en particular, se genera la primera orden de control de parada segura Sig4_OFF. Por otro lado, cuando el número Q de impulsos contados está dentro del intervalo entre el número mínimo de impulsos Qmin y el número máximo de impulsos Qmax, el procedimiento continúa con una etapa 560 de incremento del primer contador Q1. A continuación, en una etapa 570, el primer contador Q1 se compara con un umbral de validación predefinido Qval. Cuando el primer contador Q1 es inferior a dicho umbral de validación Qval, el procedimiento vuelve a la etapa de recuento 520 para realizar una iteración adicional. Cuando el primer contador Q1 es mayor o igual que el umbral de validación Qval, el procedimiento continúa con una etapa 580 que comprende la generación de la primera orden de control de ejecución segura Sig4_ON y la puesta a cero de los contadores primero y segundo Q1 y Q2. A continuación, el procedimiento vuelve a la etapa de recuento 520 para realizar una nueva iteración.

Una segunda realización del procedimiento de procesamiento seguro 500 se muestra en la Figura 7b. Las etapas de inicialización 510, recuento 520, comparación 530, incremento del segundo contador Q2 en la etapa 540, comparación con el umbral de invalidación en la etapa 550 e incremento del primer contador Q1 en la etapa 560 son idénticos. Por otra parte, después de dicha etapa 560 de incremento del primer contador Q1, se realiza una segunda etapa 561 de conteo, seguida de una etapa 562 de comparación del número Q de impulsos contados con respecto al número mínimo de impulsos Qmin y al número máximo de impulsos Qmax. Cuando el número Q de impulsos contados es menor que el número mínimo de impulsos Qmin o mayor que el número máximo de impulsos Qmax, el procedimiento continúa con una etapa 563 de incremento del segundo contador Q2, comparándose entonces dicho segundo contador Q2 con el umbral de invalidación Qinv durante una etapa 564. Cuando el segundo contador Q2 es igual o superior al umbral de invalidación Qinv, el procedimiento considera que el número Q de impulsos contados no es conforme y el procedimiento vuelve a la etapa de inicialización 510 correspondiente a un estado seguro. Cuando el segundo contador Q2 es menor que el umbral de invalidación Qinv, el procedimiento vuelve a la segunda etapa de recuento 561. Cuando el número Q de impulsos contados en la etapa 562 está entre el número mínimo de impulsos Qmin y el número máximo de impulsos Qmax, entonces el procedimiento continúa con una etapa 565 de incremento del primer contador Q1 y un nuevo bucle de control del número Q de impulsos P recibidos durante un intervalo de tiempo T durante las etapas de comparación 566, incremento 567 y comparación 568. En particular, en la etapa de comparación 568, cuando el segundo contador Q2 es menor que el umbral de invalidación Qinv, el procedimiento vuelve a la segunda etapa de recuento 561. La segunda realización del procedimiento de procesamiento seguro 500 así descrito requiere que la cantidad Q de impulsos P contados durante dos intervalos de tiempo sucesivos T se encuentre dentro del intervalo comprendido entre el número mínimo de impulsos Qmin y el número máximo de impulsos Qmax. Este segundo procedimiento es, por tanto, más exigente que el primer procedimiento mostrado en la figura 7a, y es más adecuado

para su uso en un entorno industrial sujeto a interferencias electromagnéticas significativas. Se pueden construir otras variantes del procedimiento de recuento del número de impulsos Q y del criterio de decisión para generar la primera orden de control seguro a partir de los procedimientos descritos anteriormente con el fin de adaptar el procedimiento a entornos particulares.

Preferentemente, el número mínimo de impulsos Q_{min} está comprendido entre 2 y 5, el número máximo de impulsos Q_{max} está comprendido entre 3 y 50, el umbral de validación Q_{val} está comprendido entre 2 y 10, el umbral de invalidación Q_{inv} está comprendido entre 2 y 5, la duración del intervalo de tiempo T está comprendida entre 1 ms y 10 ms. La figura 6b ilustra, mediante una representación temporal, un ejemplo de recuento de una cantidad Q de impulsos P que forman la tercera señal Sig3 y la evolución de los contadores primero y segundo Q1 y Q2 en el tiempo. En este ejemplo, $Q_{min} = 2$, $Q_{max} = 3$, $Q_{val} = 3$, $Q_{inv} = 3$. En el momento inicial, los contadores primero y segundo Q1 y Q2 se ponen a cero. Durante un primer intervalo de tiempo T, correspondiente a una primera iteración STEP1, se cuentan dos impulsos P, por lo que $Q = 2$, el primer contador Q1 se incrementa, $Q1 = 1$, ya que Q está entre Q_{min} y Q_{max} . Durante el siguiente periodo T correspondiente a la iteración STEP2, se cuentan tres impulsos P, por lo que el primer contador Q1 se incrementa una vez más, $Q1 = 2$. Durante el siguiente periodo T, correspondiente a la iteración STEP3, sólo se cuenta un impulso P, por lo que $Q=1$. El primer contador Q1 no se incrementa ya que el número Q de impulsos contados está fuera del intervalo entre el número mínimo de impulsos Q_{min} y el número máximo de impulsos Q_{max} , como se verifica en la etapa de comparación 530. Sin embargo, el segundo contador Q2 se incrementa. Durante el siguiente periodo T correspondiente a la iteración STEP4, se cuentan cuatro impulsos P, el primer contador Q1 no se incrementa mientras que el segundo contador Q2 se incrementa ya que el número Q de impulsos contados está fuera del intervalo entre el número mínimo de impulsos Q_{min} y el número máximo de impulsos Q_{max} . Durante el siguiente periodo T correspondiente a la iteración STEP5, se cuentan dos impulsos, el primer contador Q1 se incrementa y toma el valor 2. Durante el siguiente periodo T correspondiente a la iteración STEP6, el primer contador Q1 se incrementa ya que se cuentan dos impulsos P durante el periodo T. El primer contador Q1 alcanza el valor 3 correspondiente al umbral de validación Q_{val} elegido en este ejemplo, por lo que el control está asegurado, se emite una primera orden de control de ejecución asegurada Sig4_ON, los contadores primero y segundo Q1 y Q2 se ponen a cero y el procedimiento vuelve a la etapa de recuento 520 para ejecutar una nueva iteración.

La figura 6c ilustra un segundo ejemplo de recuento de una cantidad Q de impulsos P que forman la tercera señal Sig3 y la evolución de los contadores primero y segundo Q1 y Q2 en el tiempo. En el momento inicial, el primer y segundo contadores Q1 y Q2 están a cero. Durante un primer intervalo de tiempo T, correspondiente a una primera iteración STEP1, se cuentan dos impulsos P, por lo que se incrementa el primer contador Q1. Durante el siguiente periodo T, correspondiente a la iteración STEP2, se cuenta un único impulso P. El primer contador Q1 no se incrementa, pero el segundo contador Q2 se incrementa porque el número Q de impulsos contados está fuera del intervalo entre el número mínimo de impulsos Q_{min} y el número máximo de impulsos Q_{max} . Lo mismo ocurre en el siguiente periodo T correspondiente a la iteración STEP3, ya que sólo se cuenta un impulso P y el segundo contador Q2 es igual a 2. Durante el siguiente periodo T, correspondiente a la iteración STEP4, se cuentan dos impulsos P y se incrementa el primer contador Q1, por lo que $Q1 = 2$. Durante el siguiente periodo T correspondiente a la iteración STEP5, no hay impulso P, el segundo contador Q2 se incrementa y alcanza el valor 3 igual al umbral de invalidación Q_{inv} elegido en este ejemplo. Por lo tanto, la orden segura se invalida y el procedimiento vuelve a la etapa de inicialización 510 correspondiente a un estado seguro. Se genera la primera orden de control de parada segura Sig4_OFF, los contadores primero y segundo Q1 y Q2 se ponen a cero y el procedimiento continúa en la etapa de conteo 520 para realizar una nueva iteración.

La Figura 6d ilustra un tercer ejemplo en el que el número de impulsos Q contados durante 3 iteraciones STEP2, STEP3 y STEP4 es igual a 0. El segundo contador Q2 alcanza entonces el valor 3 al final de la iteración STEP4 y se genera la primera orden de control de parada segura Sig4_OFF. Este ejemplo ilustra el funcionamiento de un mando de parada de emergencia segura.

Así, el primer contador Q1 cuenta el número de iteraciones STEP1, STEP2, STEP3, etc. durante las cuales la cantidad Q de impulsos P está dentro del rango de valores esperados, el segundo contador Q2 cuenta el número de iteraciones STEP1, STEP2, STEP3, etc. durante las cuales la cantidad Q de impulsos P está fuera del rango de valores esperados. El tiempo de respuesta de dicho procedimiento permite validar una orden de control seguro en un tiempo superior o igual a ($Q_{val} \times T$) tras el inicio de la aparición de la tercera señal Sig3. Por ejemplo, cuando $Q_{val} = 3$ y $T = 3$ ms, el tiempo de respuesta es mayor o igual a 9 ms tanto para una primera orden de control de ejecución segura como para una primera orden de control de parada.

El dispositivo de control seguro 1 y el procedimiento de tratamiento seguro que constituyen el objeto de la invención contribuyen al control y a la validación de una orden de arranque o de parada de un contactor con el fin, por una parte, de evitar cualquier orden intempestiva iniciada, por ejemplo, por perturbaciones electromagnéticas y, por otra parte, de ejecutar de manera fiable una solicitud de parada de emergencia. Además, los acopladores primero y segundo proporcionan aislamiento galvánico entre las entradas y las salidas. Por último, la utilización de al menos un primer interruptor 30 asociado a un generador de impulsos 40 permite el autocontrol de los circuitos que componen el dispositivo de mando seguro 1 o el dispositivo de mando seguro 1. Estos circuitos de control seguro y el procedimiento de procesamiento seguro que comprenden también pueden utilizarse para controlar a distancia un disyuntor o cualquier otro dispositivo de seguridad. Están especialmente indicados para instalaciones que requieren cualificación SIL1.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de control seguro (1) para procesar una señal de control (Sig1) y generar una primera orden de control seguro (Sig4), comprendiendo dicho dispositivo de control seguro (1):

- una entrada de control (E) que comprende al menos un primer punto de conexión (E1) y un segundo punto de conexión (E2), estando dicha entrada de control (E) dispuesta para recibir la señal de control (Sig1),
- un primer circuito de protección (10),
- un primer acoplador (20) que comprende:

- un primer circuito emisor (21) conectado en serie con el primer circuito de protección (10), estando el conjunto formado por el primer circuito emisor (21) y el primer circuito de protección (10) conectado entre el primer punto de conexión (E1) y el segundo punto de conexión (E2), estando dicho primer circuito emisor (21) dispuesto para emitir una segunda señal (Sig2) cuando la señal de control (Sig1) está presente en la entrada de control (E), y
- un primer circuito receptor (22) dispuesto para recibir la segunda señal (Sig2) y suministrar una tercera señal (Sig3) formada por al menos un impulso (P),

- un primer interruptor (30) conectado en paralelo con el primer circuito emisor (21),
- un generador de impulsos (40) conectado al primer interruptor (30) y dispuesto para controlar cíclicamente la apertura y el cierre del primer interruptor (30), y
- un primer circuito de procesamiento (50) conectado al primer circuito receptor (22) para recibir la tercera señal (Sig3), estando dicho primer circuito de procesamiento (50) dispuesto para procesar la tercera señal (Sig3) y suministrar la primera orden de control seguro (Sig4), pudiendo dicha primera orden de control seguro (Sig4) adoptar al menos dos estados:

- una primera orden de control de ejecución segura (Sig4_ON), o
- una primera orden de control de parada segura (Sig4_OFF),

comprendiendo el primer circuito de protección (10) un circuito limitador de corriente (11) para limitar la corriente (i) que circula por dicho circuito de protección (10), estando el primer circuito de protección **caracterizado porque** comprende un circuito de detección de umbral de corriente (12) conectado al circuito limitador de corriente (11) para limitar la corriente (i) que circula por dicho circuito de protección (10) a una intensidad máxima predefinida (I_{Max}) cuando la amplitud (V_{sig1}) de la señal de control (Sig1) es superior a un umbral de tensión máxima predefinida (U_{Max}), y **porque** un circuito de detección de umbral de tensión (13) está conectado en serie con el primer circuito de protección (10) y el primer circuito emisor (21) para limitar la corriente (i) que circula por dicho circuito emisor (21) a una intensidad mínima predefinida (I_{min}) cuando la amplitud (V_{sig1}) de la señal de control (Sig1) es inferior a un umbral mínimo de tensión predefinido (U_{min}).

2. Dispositivo de control seguro (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el primer circuito emisor (21) y el primer circuito receptor (22) están aislados galvánicamente entre sí.

3. Dispositivo de control seguro (1) según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** el primer acoplador (20) comprende al menos un optoacoplador, comprendiendo el primer circuito emisor (21) un diodo emisor (D) y comprendiendo el primer circuito receptor (22) un fototransistor (Tr), el diodo emisor (D) emite radiación formando un medio de transmisión de la segunda señal (Sig2) al fototransistor (Tr) a través de una pared (Sc) transparente a la radiación y eléctricamente aislante.

4. Dispositivo de control seguro (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el generador de impulsos (40) genera impulsos que tienen un ciclo de trabajo predefinido inferior o igual al 50%.

5. Dispositivo de control seguro (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el generador de impulsos (40) genera impulsos a una frecuencia comprendida entre 100 Hz y 10 kHz.

6. Dispositivo de control seguro (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el primer interruptor (30) está conectado en serie con el primer circuito de protección (10).

7. Dispositivo de control seguro (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** comprende además:

- una entrada de validación (V) que comprende un tercer punto de conexión (E3), estando dicha entrada de validación (V) dispuesta para recibir una señal de validación (Sig10),
- un segundo circuito de protección (110),
- un segundo acoplador (120) que comprende:

- un segundo circuito emisor (121) conectado en serie con el segundo circuito de protección (110), estando el conjunto formado por el segundo circuito emisor (121) y el segundo circuito de protección (110) conectado

entre el tercer punto de conexión (E3) y el segundo punto de conexión (E2) del dispositivo de control seguro (1), estando dicho segundo circuito emisor (121) dispuesto para transmitir una cuarta señal (Sig20) cuando la señal de validación (Sig10) está presente en la entrada de validación (V), y

- un segundo circuito receptor (122) dispuesto para recibir la cuarta señal (Sig20) y suministrar una quinta señal (Sig30),

- un segundo interruptor (130) conectado, por una parte, en paralelo al segundo circuito emisor (121), y conectado, por otra parte, al generador de impulsos (40), de manera que dicho generador de impulsos (40) controla cíclicamente la apertura y el cierre de dicho segundo interruptor (130),

- un segundo circuito de procesamiento (150) conectado al segundo circuito receptor (122) para recibir la quinta señal (Sig30), estando dicho segundo circuito de procesamiento (150) dispuesto para procesar la quinta señal (Sig30) y suministrar una segunda orden de control seguro (Sig40), pudiendo dicha segunda orden de control seguro (Sig40) adoptar al menos dos estados:

- una segunda orden de control de ejecución segura (Sig40_ON) y
- una segunda orden de control de parada segura (Sig40_OFF),

- un circuito lógico (160) que comprende:

- una primera entrada binaria (L1) conectada al primer circuito de procesamiento (50) para recibir la primera orden de control seguro (Sig4),

- una segunda entrada binaria (L2) conectada al segundo circuito de procesamiento (150) para recibir la segunda orden de control seguro (Sig40), y

- una segunda salida binaria (S2) para suministrar una tercera orden de control seguro (Sig50).

8. Dispositivo de control seguro (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la tercera orden de control seguro (Sig50) asume al menos dos estados:

- una tercera orden de control de ejecución segura (Sig50_ON) cuando una primera orden de control de ejecución segura (Sig4) suministrada por el dispositivo de control seguro (1) es una primera orden de control de ejecución segura (Sig4_ON) y cuando la segunda orden de control de ejecución segura (Sig40) es una segunda orden de control de ejecución segura (Sig40_ON), o bien

- una tercera orden de control de parada segura (Sig50_OFF) cuando una primera orden de control seguro (Sig4) suministrada por el dispositivo de control seguro (1) es una primera orden de control de parada segura (Sig4_OFF) o la segunda orden de control seguro (Sig40) es una segunda orden de control de parada segura (Sig40_OFF).

9. Contactor (100) que comprende:

- al menos un contacto eléctrico (310) conectado a una línea de corriente aguas arriba (320) y a una línea de corriente aguas abajo (330), estando dicho contacto eléctrico (310) dispuesto para permitir el paso o la detención del flujo de una corriente eléctrica entre la línea de corriente aguas arriba (320) y la línea de corriente aguas abajo (330),

- un accionador (2) dispuesto para accionar el al menos un contacto eléctrico (310),

- un dispositivo de control seguro (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, estando dicho dispositivo de control seguro (1) conectado al accionador (2) para suministrar una primera orden de control seguro (Sig4) a dicho accionador (2) con el fin de controlar el accionamiento del al menos un contacto eléctrico (310),

- un primer terminal de conexión (C1) conectado a un primer punto de conexión (E1) de dicho dispositivo de control seguro (1), y

- un segundo terminal de conexión (C2) conectado a un segundo punto de conexión (E2) de dicho dispositivo de control seguro (1),

estando el contactor (100), **caracterizado porque** el dispositivo de control seguro (1) controla el accionador (2):

- para ejecutar un cierre del al menos un contacto eléctrico (310) cuando la primera orden de control seguro (Sig4) es una primera orden de control seguro de ejecución (Sig4_ON), o bien

- para ejecutar una apertura del al menos un contacto eléctrico (310) cuando la primera orden de control seguro (Sig4) es una primera orden de control de parada segura (Sig4_OFF).

10. Contactor (100) según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** comprende además un tercer terminal de conexión (C3) conectado a un tercer punto de conexión (E3) del dispositivo de control seguro (1), estando dicho dispositivo de control seguro (1) conectado al accionador a través de una segunda salida binaria (S2) para suministrar una tercera orden de control seguro (Sig50) al accionador (2) y controlar así dicho accionador (2):

- para ejecutar un cierre del al menos un contacto eléctrico (310) cuando la tercera orden de control seguro (Sig50) sea una tercera orden de control de ejecución segura (Sig50_ON), o bien

- para ejecutar una apertura del al menos un contacto eléctrico (310) cuando la tercera orden de control seguro (Sig50) es una tercera orden de control de parada segura (Sig50_OFF).

- 5 11. Procedimiento para el procesamiento seguro de una tercera señal (Sig3) formada por al menos un impulso (P) suministrado por al menos un primer circuito receptor (22) de un dispositivo de control seguro (1) según una de las reivindicaciones anteriores 1-8, estando dicho procedimiento **caracterizado porque** comprende el recuento iterativo de una cantidad (Q) de impulsos (P) suministrados por el primer circuito receptor (22) durante un intervalo de tiempo (T) de una duración predefinida.
12. Procedimiento para el procesamiento seguro de una tercera señal (Sig3) según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** un primer contador (Q1) se incrementa cuando un número (Q) de impulsos (P) contados durante un intervalo de tiempo (T) se encuentra entre un número mínimo predefinido de impulsos (Qmin) y un número máximo predefinido de impulsos (Qmax).
- 10 13. Procedimiento para el procesamiento seguro de una tercera señal (Sig3) según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** se genera una primera orden de control de ejecución segura (Sig4_ON) cuando el primer contador (Q1) es igual o mayor que un umbral de validación predefinido (Qval).
- 15 14. Procedimiento para el procesamiento seguro de una tercera señal (Sig3) según una de las reivindicaciones 12 ó 13, **caracterizado porque** un segundo contador (Q2) se incrementa cuando el número (Q) de impulsos (P) contados durante el intervalo de tiempo (T) no se encuentra entre el número mínimo de impulsos (Qmin) y el número máximo de impulsos (Qmax).
- 15 15. Procedimiento para el procesamiento seguro de una tercera señal (Sig3) según la reivindicación anterior, **caracterizado porque** se genera una primera orden de control de parada segura (Sig4_OFF) cuando el segundo contador (Q2) es igual o mayor que un umbral de invalidación predefinido (Qinv).

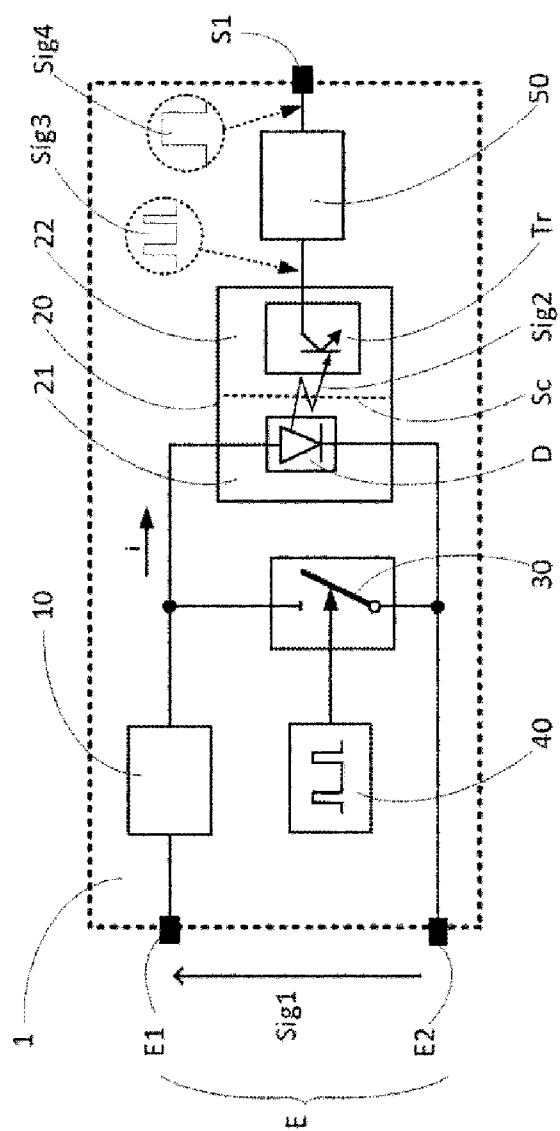


Fig.1

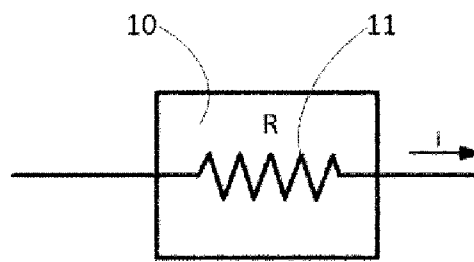


Fig. 2a

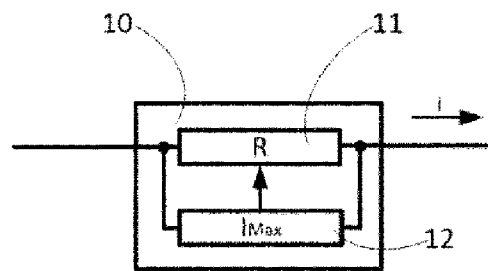


Fig. 2b

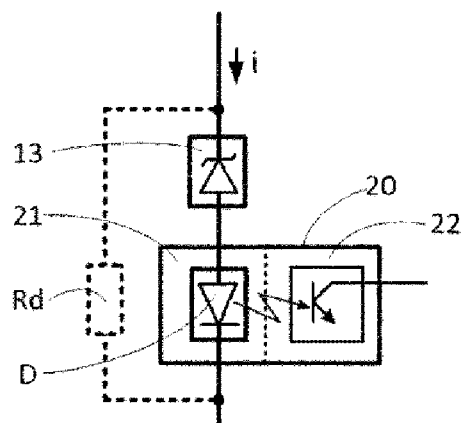


Fig. 2c

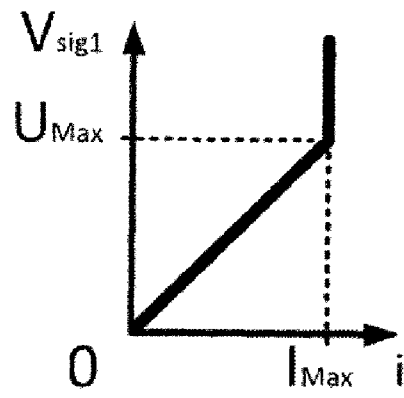


Fig.2d

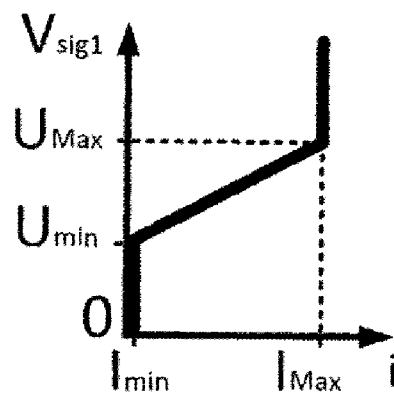


Fig.2e

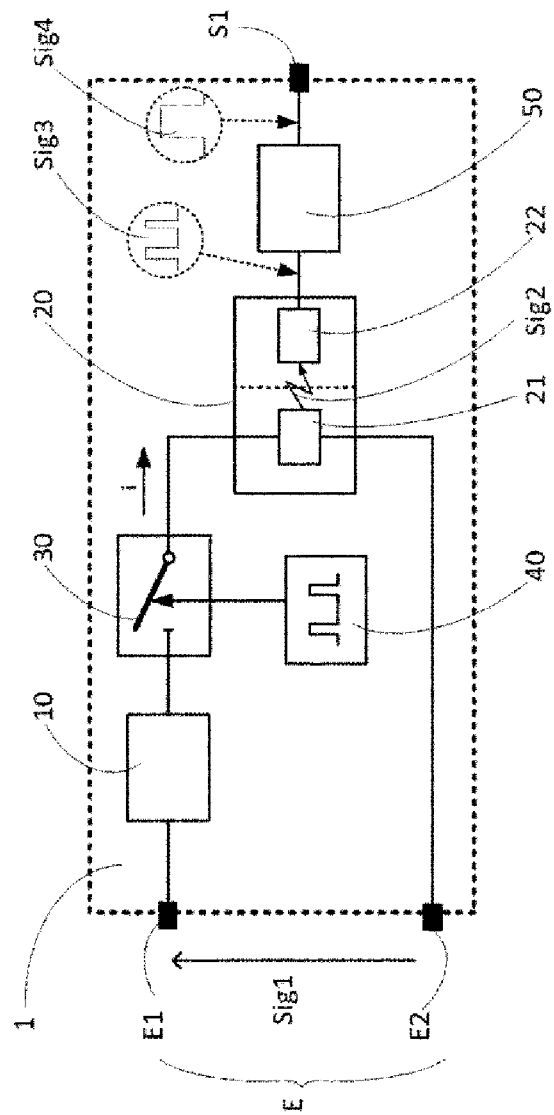


Fig.3

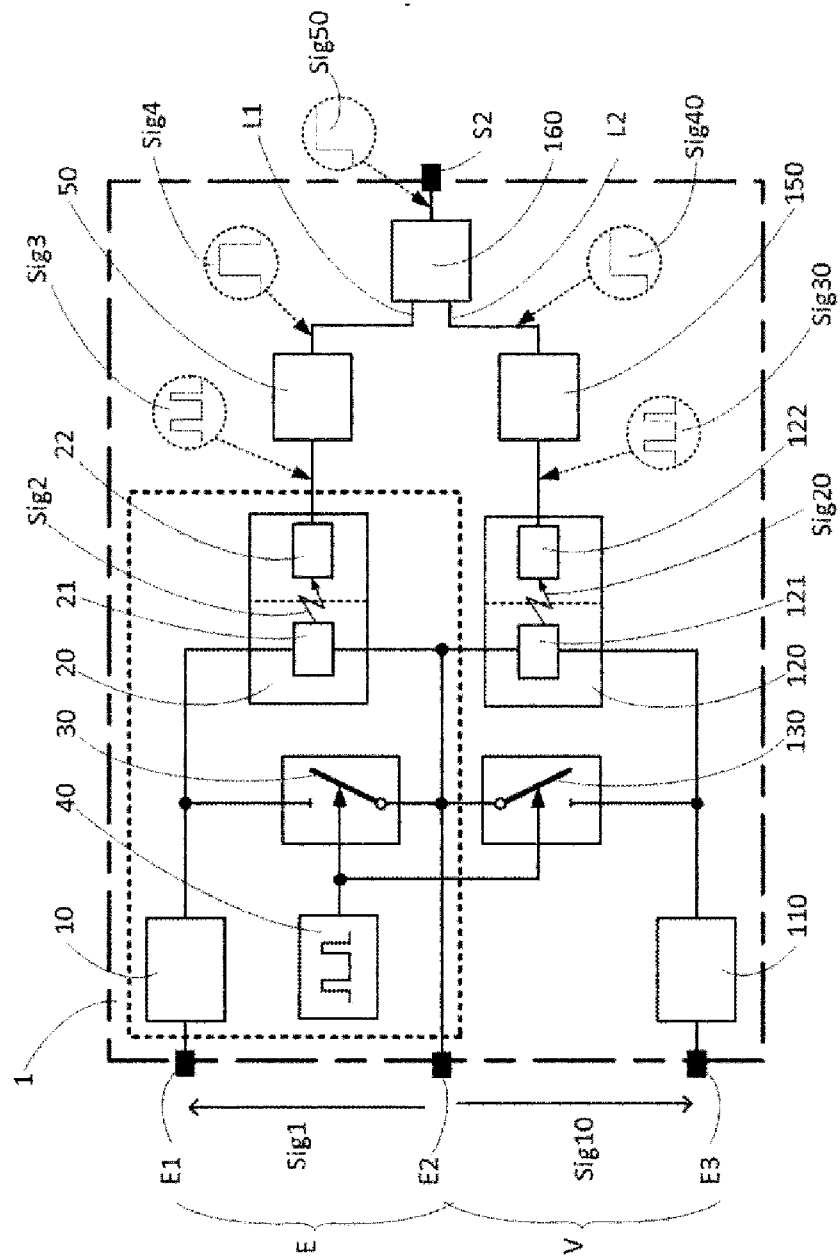


Fig.4

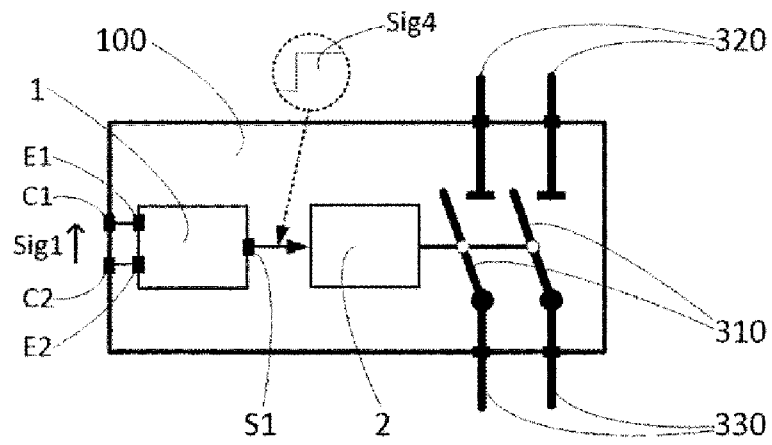


Fig. 5a

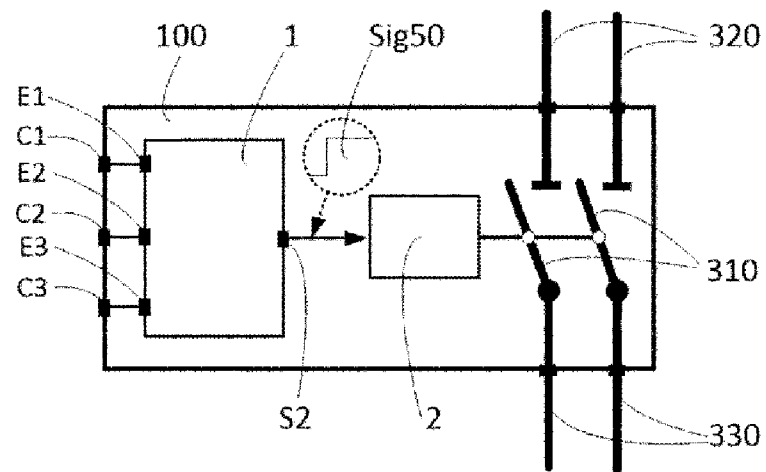


Fig. 5b

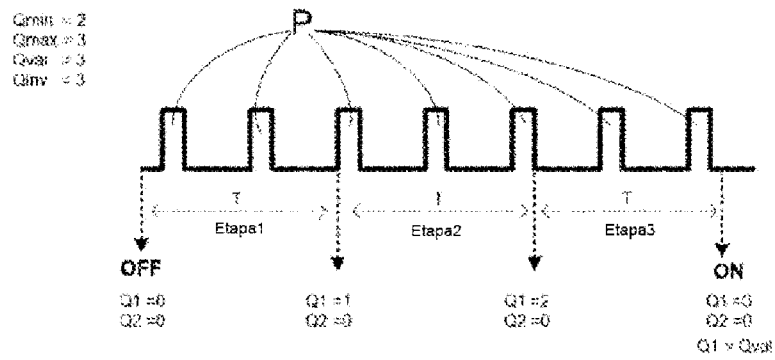


Fig.6a

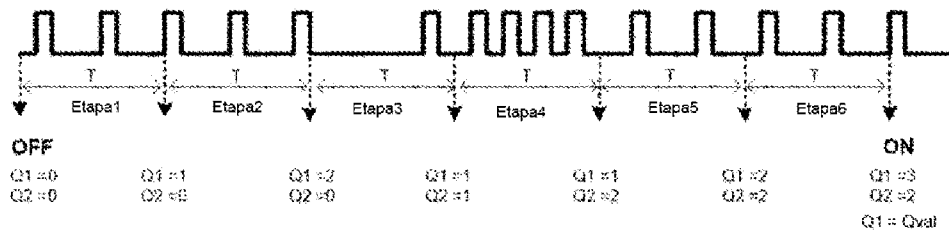


Fig.6b

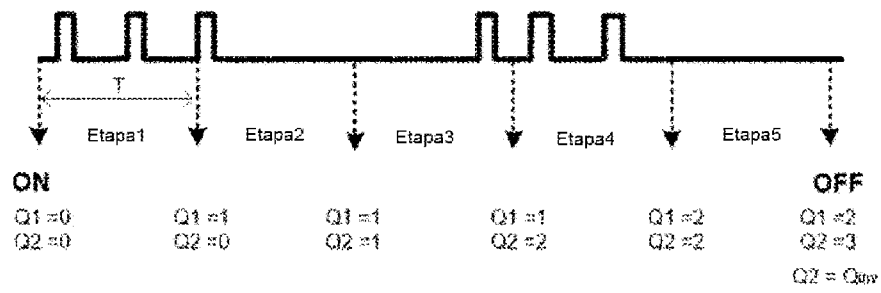


Fig.6c

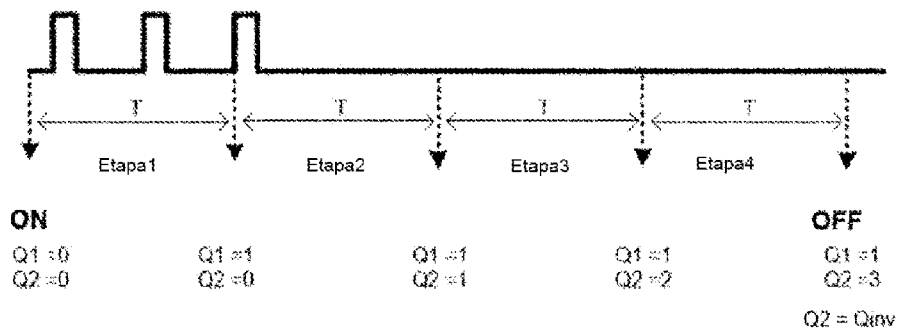


Fig.6d

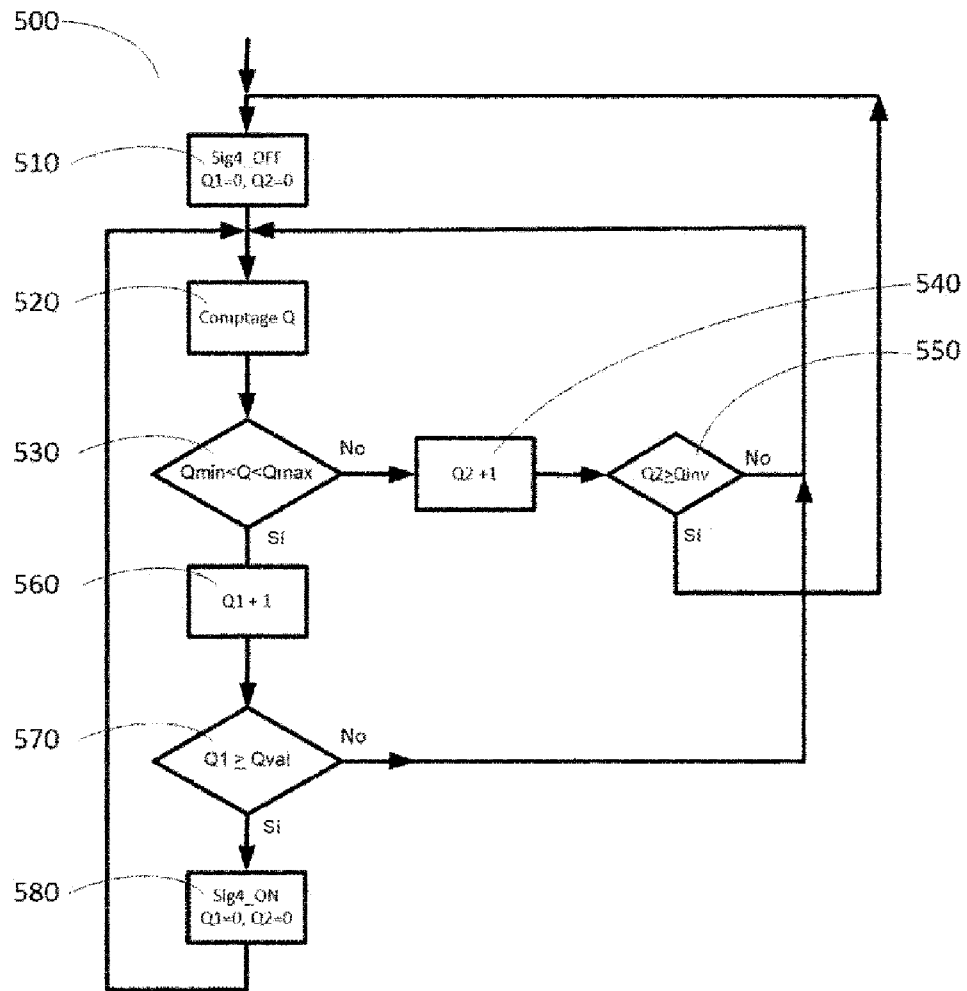


Fig.7a

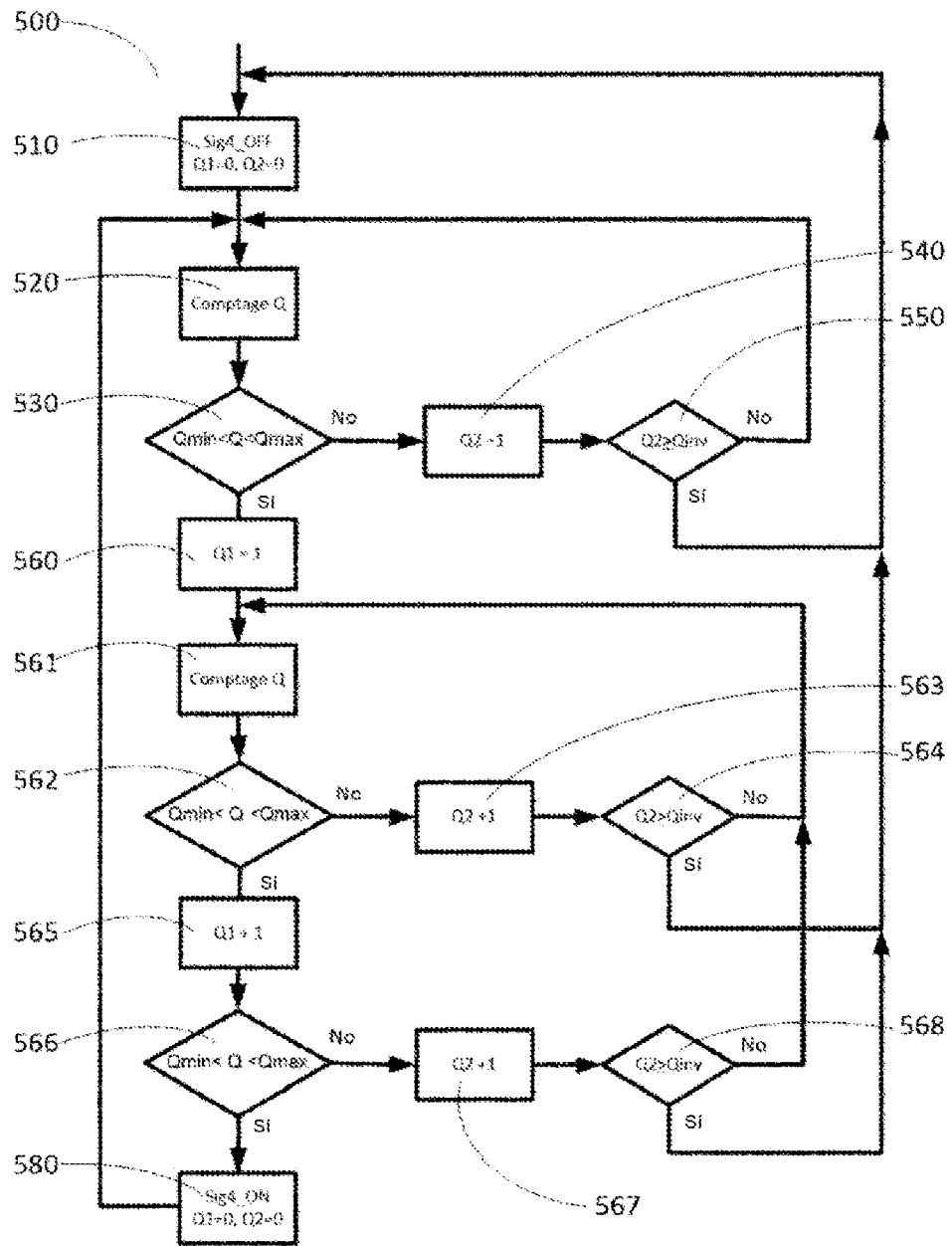


Fig.7b