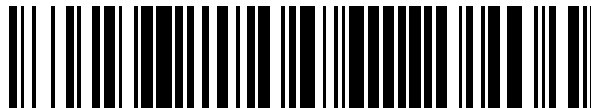


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 887**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/18**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2013** **E 13187299 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2017** **EP 2717408**

54 Título: **Compensador de energía reactiva**

30 Prioridad:

**05.10.2012 FR 1259477**

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

**28.02.2018**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)**

**35 rue Joseph Monier  
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**FOLLIC, STÉPHANE;  
ORBAN, RÉMY y  
URANKAR, LIONEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 656 887 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**

Compensador de energía reactiva

5 La presente invención se refiere a un compensador de energía reactiva para una red trifásica que presenta una primera fase, una segunda fase y una tercera fase. El compensador según la invención comprende un conjunto de condensador(es), al menos dos contactores electromecánicos conectados eléctricamente al conjunto de condensador(es), constando cada contactor al menos de un terminal de potencia aguas arriba y al menos un terminal de potencia aguas abajo, siendo propios una corriente eléctrica para circular entre los terminales de potencia aguas arriba y aguas abajo en posición cerrada del contactor, siendo propios un primer contactor para conectarse a la primera fase y siendo propios un segundo contactor para conectarse a la tercera fase, medios de medición de la tensión entre los terminales de potencia aguas arriba y aguas abajo de al menos un contactor electromecánico, y medio de control de los contactores electromecánicos de acuerdo con una ley de control predeterminada.

15 Se conocen compensadores de energía reactiva que comprenden contactores electromecánicos con un auxiliar de inserción previa de resistencia para limitar la corriente de pico para el enclavamiento de los contactores, es decir, en el momento en el que el contactor autoriza el paso de la corriente.

El documento GB 2.304.240 A describe, de este modo, un compensador que comprende un inductor de limitación de corriente, un condensador y medios de control configurados para ejecutar una secuencia de operaciones de conmutación para que un estado al menos parcialmente descargado del condensador coincida con un estado de corriente cero del circuito eléctrico.

20 También se conoce a partir del documento US 5.963.021 A un dispositivo de conmutación de condensadores que comprende conmutadores asociados a cada uno de los condensadores y, un controlador configurado para conmutar sucesivamente los condensadores según una ley de control predeterminada.

25 No obstante, la ley de control de los contactores electromecánicos es asincrónica y el enclavamiento de los contactores es susceptible de producirse cuando la tensión en los terminales de un contactor es máxima. En ese caso, el compensador debe soportar corrientes de pico muy elevadas que generan fuertes restricciones y, esta solución, aunque es relativamente barata, puede, en el tiempo, presentar debilidades que socaban su fiabilidad. Además, el tiempo de descarga de los condensadores a través de las resistencias de descarga es importante, a la vez que es normativamente inferior a un minuto, y esta solución no permite realizar una compensación activa de la energía reactiva, tal como una compensación con una descarga del conjunto de condensadores en algunas decenas de ms.

El objetivo de la invención es, por lo tanto, proponer un compensador de energía reactiva que permite reducir los riesgos de daño de los contactores electromecánicos, a la vez que realiza una compensación mucho más rápida de la energía reactiva, es decir, una compensación con una descarga del conjunto de condensadores en algunas decenas de ms.

35 A tal efecto, la invención tiene por objeto un compensador de energía reactiva según la reivindicación 1.

Junto a otros aspectos ventajosos de la invención, el compensador de energía reactiva comprende una o varias de las características de las reivindicaciones 2 a 7.

Estas características y ventajas de la invención aparecerán en la lectura de la descripción que seguirá, dada únicamente a título de ejemplo no limitante, y hecha en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 40 - la figura 1 es un esquema eléctrico de un compensador de energía reactiva de acuerdo con la invención, comprendiendo el compensador de energía un conjunto de condensadores y dos contactores electromecánicos conectados eléctricamente al conjunto de condensadores,
- la figura 2 es un conjunto de curvas que representan la evolución temporal de las tensiones en los terminales de los condensadores del compensador de la figura 1, en el momento de la apertura sucesiva de los dos contactores,
- 45 - la figura 3 es un conjunto de curvas que representan la evolución temporal de una tensión y de una corriente en los terminales de un condensador y de las tensiones entre los terminales de potencia aguas arriba y aguas abajo de dos contactores, en el momento de la apertura sucesiva de los dos contactores, y
- la figura 4 es un conjunto de curvas que representan la evolución temporal de una tensión y de una corriente en los terminales de un condensador y tensiones entre los terminales de potencia aguas arriba y aguas abajo de los dos contactores, en el momento del cierre sucesivo de los dos contactores.

55 En la figura 1, un compensador 1 de energía reactiva y una carga 2 eléctrica se conectan eléctricamente a una red 4 alternativa, alimentándose la red 4 alternativa por un generador 5 de tensión alternativa y constando de varios conductores 6, 7, 8 de fase. En el ejemplo de realización de la figura 1, la red 4 alternativa es una red trifásica y consta de un primer conductor 6 de fase, un segundo conductor 7 de fase, y un tercer conductor 8 de fase. La tensión trifásica de la red 4 alterna es periódica. La frecuencia de la red es, por ejemplo, igual a 50 Hz o 60 Hz, y el

periodo de la tensión trifásica es, por lo tanto, igual a 20 ms o 16,67 ms.

5 El compensador 1 de energía reactiva se conecta al primer 6, último 7 y respectivamente tercer 8 conductor de fase por una primera conexión 9 eléctrica, una segunda conexión 10 eléctrica, y respectivamente una tercera conexión 11 eléctrica. En la siguiente descripción, la primera conexión 9 eléctrica conectada al primer conductor 6 de fase corresponde a la primera fase, señalada como Ph1, la segunda conexión 10 eléctrica conectada al segundo conductor 7 de fase corresponde a la segunda fase, señalada como Ph2, y la tercera conexión 11 eléctrica conectada al tercer conductor 8 de fase corresponde a la tercera fase, señalada como Ph3.

10 El compensador 1 de energía reactiva comprende un disyuntor 12 trifásico que consta de un primer 14, un segundo 15 y un tercer 16 módulo de disyunción conectados respectivamente a la primera, segunda y tercera fase. Como variante, el compensador de energía reactiva comprende tres disyuntores distintos, conectándose cada uno a una fase respectiva entre la primera, la segunda y la tercera fase.

Además, y, opcionalmente, el compensador 1 de energía reactiva comprende igualmente un primer inductor, un segundo inductor, y un tercer inductor, no representados, asociados respectivamente con la primera, la segunda y la tercera fase y conectados en serie con respectivamente el primer 14, segundo 15 y tercer 16 módulo de disyunción.

15 El compensador 1 de energía reactiva comprende un primer contactor CT1 electromecánico conectado en serie con el primer módulo 14 de disyunción. Se señala A y C los extremos del primer contactor CT1 electromecánico, conectándose el extremo A al primer módulo 14 de disyunción.

20 El compensador 1 de energía reactiva comprende un segundo contactor CT2 electromecánico conectado en serie con el tercer módulo 16 de disyunción. Se señala B y D los extremos del segundo contactor CT2 electromecánico, conectándose el extremo B al tercer módulo 16 de disyunción.

25 El primer y segundo contactor CT1, CT2 electromecánico consta cada uno al menos al menos de un terminal 18 de potencia aguas arriba, al menos un terminal 20 de potencia aguas abajo y, al menos, un contacto móvil, no representado. Como se sabe, el contacto móvil se mueve entre una posición cerrada del contactor CT1, CT2 en la que el contacto móvil está en contacto con los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo respectivos y, permite la circulación de una corriente entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo de manera bidireccional, y una posición de abertura del contactor CT1, CT2 en la que el contacto móvil está lejos de los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo respectivos, no pudiendo la corriente circular entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo.

30 El primer y el segundo contactor CT1, CT2 electromecánico consta cada uno de un terminal 22 de control para el control del o de los contactos móviles correspondientes entre la posición cerrada y abierta.

35 En el ejemplo de realización de la figura 1, el primer y el segundo contactor CT1, CT2 electromecánico consta cada uno de tres terminales 18 de potencia aguas abajo, tres terminales 20 de potencia aguas abajo y tres contactos móviles no representados. Los contactos móviles de los contactores CT1, CT2 se utilizan en paralelo para minimizar el sobrecalentamiento y reducir las dimensiones del compensador. Dicho de otro modo, por una parte, los tres terminales 18 de potencia aguas arriba se conectan entre ellos, en el extremo A, respectivamente B, y se conectan al módulo 14, 16 de disyunción correspondiente, y, por otra parte, los tres terminales 20 de potencia aguas abajo se conectan entre ellos, en el extremo C, respectivamente D, siendo propios los tres contactos móviles para controlarse de manera simultánea.

40 El compensador 1 de energía reactiva comprende igualmente un conjunto 24 de condensadores. En el ejemplo de realización de la figura 1, el conjunto 24 de condensadores se dispone según una configuración en triángulo, cada uno de los vértices E, F, G del triángulo correspondiendo a una fase respectiva Ph1, Ph2, Ph3.

Además, y, opcionalmente, el compensador 1 de energía reactiva comprende igualmente un conjunto de resistencias de descarga, no representados, conectándose cada resistencia de descarga en paralelo con un condensador respectivo del conjunto 24 de condensadores.

45 El condensador 1 de energía reactiva comprende igualmente un órgano 28 de supervisión, constando el órgano 28 de supervisión de una memoria 30 y de un procesador 32 asociado a la memoria 30, y medios 33 para medir la tensión entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo de al menos un contactor CT1, CT2 electromecánico.

50 El conjunto 24 comprende un primer condensador C1 conectado entre la primera fase Ph1 y la segunda fase Ph2, un segundo condensador C2 conectado entre la segunda fase Ph2 y la tercera fase Ph3, y un tercer condensador C3 conectado entre la tercera fase Ph3 y la primera fase Ph1. Dicho de otro modo, un extremo del primer condensador C1 se conecta al vértice E, conectándose él mismo al extremo C del primer contactor CT1 asociado a la primera fase Ph1, y el otro extremo del primer condensador C1 se conecta al vértice F, conectándose él mismo al segundo inductor 20 asociado a la segunda fase Ph2. Un extremo del segundo condensador C2 se conecta al vértice F y al otro extremo del segundo condensador C2 se conecta al vértice G, conectándose él mismo al extremo D del segundo contactor CT2 asociado a la tercera fase Ph3. Para terminar, un extremo del segundo condensador C3 se

conecta al vértice G y, el otro extremo del tercer condensador C3 se conecta al vértice E.

La tensión a través de los terminales del primer condensador C1 se señala como U<sub>12</sub>, la tensión a través de los terminales del segundo condensador C2 se señala como U<sub>23</sub>, y la tensión en los terminales del tercer condensador C3 se señala como U<sub>31</sub>, como se representa en la figura 1.

- 5 La memoria 30 es apta para almacenar un software 34 de medición de una primera tensión U<sub>AC</sub> entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo del primer contactor CT1, y de una segunda tensión U<sub>BD</sub> entre los terminales 18, 20 aguas arriba y aguas abajo del segundo contactor CT2.

10 La memoria 30 es igualmente apta para almacenar un primer software 36 de control del primer contactor CT1 de acuerdo con una ley de control predeterminada, así como un segundo software 38 de control del segundo contactor CT2 según una ley de control predeterminada. El primer y el segundo software 36, 38 de control forman medios de control de los contactores CT1, CT2 electromecánicos de acuerdo con la ley de control predeterminada y mediante los terminales 22 de control. Como variante, los medios 36, 38 de control se realizan en forma de un circuito integrado dedicado o, incluso, en forma de un circuito lógico programable. Los medios de control permiten obtener tiempos de cierre y de apertura relativamente estables y muy poco sensibles a las variaciones de tensión y de temperatura. Los medios de control realizan igualmente el cálculo de los tiempos de cierre y de apertura.

15 Los medios 33 de medición constan del software 34 de medición y, por ejemplo, de puentes 40, 42 resistivos, siendo propios un primer puente 40 resistivo para transmitir una primera señal representativa de la tensión entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo del primer contactor CT1 al software de medición 36 y siendo propios un segundo puente 42 resistivo para transmitir una segunda señal representativa de la tensión entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo del segundo contactor CT2 al software 36 de medición.

20 Como variante, los medios 33 de medición son apropiados para medir únicamente la tensión U<sub>AC</sub> entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo del primer contactor CT1, y el cierre del primer contactor CT1 se determina a partir de la tensión U<sub>AC</sub> medida por los medios 33 de medición, el cierre del segundo contactor CT2 determinándose en función del primer contactor CT1 con un retraso temporal predeterminado entre el cierre del primer contactor CT1 y el cierre del segundo contactor CT2.

25 El desfase temporal predeterminado, por ejemplo, es sustancialmente igual al cuarto del periodo de la tensión trifásica.

Los medios 36, 38 de control son apropiados para enviar señales de control de apertura o de cierre al terminal 22 de control, respectivamente del primer CT1 y del segundo CT2 contactor de acuerdo con la ley de control predeterminada.

30 La ley de control predeterminada consta del cierre de un contactor CT1, CT2 electromecánico respectivo para una tensión sustancialmente nula entre sus terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo, y la apertura de un contactor CT1, CT2 electromecánico respectivo para un valor sustancialmente mínimo de la energía de los condensadores C1, C2, C3 a los que dicho contactor CT1, CT2 se conecta, obteniéndose el valor mínimo de la energía almacenada en los condensadores C1, C2, C3 al final de la secuencia de apertura.

35 Los medios 36, 38 de control constan, además, de medios de recalibrado temporal del envío de las señales de control en función de una medición del tiempo de conmutación de cada uno de los contactores CT1, CT2. El recalibrado temporal de envío de las señales, por ejemplo, se efectúa con ayuda de una medida deslizante. La medida deslizante permite tener en cuenta las evoluciones lentas de los tiempos de cierre y de apertura.

40 El funcionamiento de la apertura del primer y del segundo contactor CT1, CT2 electromecánico del compensador 1 de energía reactiva se aplicará ahora con ayuda de las figuras 2 y 3 realizadas respectivamente con ayuda de simulación y de medidas reales.

45 La figura 2 representa la evolución respectiva temporal de las tensiones U<sub>12</sub>, U<sub>23</sub>, U<sub>31</sub> a través de los terminales del primer C1, segundo C2 y tercer C3 condensador del conjunto 24 en el momento de la apertura del primer y del segundo contactor CT1, CT2 electromecánico.

50 En la figura 2, las tensiones U<sub>12</sub>, U<sub>23</sub>, U<sub>31</sub> a través de los terminales de los condensadores C1, C2, C3 son sinusoidales, de igual amplitud y de fase de un ángulo  $2\pi/3$ , como se conoce per se. En un tiempo t<sub>0</sub>, visible en la figura 2, la tensión U<sub>31</sub> medida por los medios 33 de medición es sustancialmente nula. El primer software 36 de control realiza, entonces, la apertura del primer contactor CT1 en un instante t<sub>1</sub>, después, el segundo software 38 de control realiza la apertura del segundo contactor CT2 en un instante t<sub>2</sub>. Las señales de control de apertura del primer contactor CT1 y respectivamente del segundo contactor CT2 se envían antes de los instantes t<sub>1</sub> y respectivamente t<sub>2</sub> por el primer y el segundo software 36, 38 de control, con el fin de tener en cuenta la duración de conmutación de los contactores CT1, CT2. Dicho de otro modo, los instantes t<sub>1</sub> y respectivamente t<sub>2</sub> corresponden a los instantes a los que el primer contactor CT1 y respectivamente el segundo contactor CT2 se abren en realidad. La apertura de los contactores CT1, CT2 se controla con el fin de descargar los condensadores C1, C2, C3. Después de la apertura de los dos contactores CT1 y CT2, cada una de las tensiones U<sub>12</sub>, U<sub>23</sub>, U<sub>31</sub> a través de los terminales de los

condensadores C1, C2, C3 es nula.

5 En la figura 2, los condensadores C1, C2, C3 se descargan en un plazo de aproximadamente 6,67 ms a partir de la detección del paso por cero de una de las tensiones U12, U23, U31 a través de los terminales de los condensadores C1, C2, C3, cuando la frecuencia de la red es igual a 50 Hz. Este plazo de descarga de los condensadores es de aproximadamente 5,5 ms cuando la frecuencia de la red es igual a 60 Hz.

Las condiciones para la apertura del primer contactor CT1 con el fin de tener el valor mínimo de la energía almacenada en los condensadores a los que el primer contactor CT1 se conecta satisfacen, por ejemplo, la ecuación [1] siguiente:

10 las condiciones para la apertura del primer contactor para tener el valor mínimo de energía almacenada en los condensadores satisfacen la siguiente ecuación

$$U_{31} - U_{12} = 0 \quad [1],$$

es decir, cuando  $U_{31} = U_{12}$ , que se comprueba en el instante  $t_1$ , en el ejemplo de realización de la figura 2.

15 Asimismo, las condiciones para la apertura del segundo contactor CT2 con el fin de tener el valor mínimo de la energía almacenada en los condensadores a los que el segundo contactor CT2 se conecta satisfacen, por ejemplo, la ecuación [2] siguiente:

$$U_{31} - U_{23} = 0 \quad [2],$$

es decir, cuando  $U_{31} = U_{23}$ , que se comprueba en el instante  $t_2$ , en el ejemplo de realización de la figura 2.

20 La figura 3 muestra otro ejemplo, para valores medidos, de la apertura de los contactores CT1, CT2 cuando una tensión pedida por los medios 33 de medición a través de los terminales de una capacidad es sustancialmente nula. En un instante  $t'_0$ , una tensión  $U_{capa}$  que corresponde a una tensión U12, U23, U31 a través de los terminales de un condensador C1, C2, C3 respectivo es sustancialmente nula. En un instante  $t'_1$ , el segundo contactor CT2 está abierto. Después, tras un desfase de  $\pi/2$ , es decir, un desfase temporal sustancialmente igual al cuarto del periodo de la tensión trifásica de la red 4, el primer contactor CT1 se abre en el instante  $t'_2$ . Cuando la frecuencia de la tensión de la red 4 es de 50 Hz, el desfase de  $\pi/2$  corresponde a un plazo de 5 ms entre la apertura del segundo contactor CT2 y del primer contactor CT1. Tras el instante  $t'_2$ , las curvas en tensión, señaladas respectivamente como UCT1 y UCT2, entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo del primer y del segundo contactor CT1 y CT2 tienen sustancialmente la misma amplitud, lo que indica que la conmutación de los contactores CT1, CT2 se ha realizado bien para los condensadores C1, C2, C3 descargados.

30 La apertura de cada contactor CT1, CT2 respectivo corresponde, a una tolerancia preferentemente igual a más o menos 500  $\mu$ s cerca de, en el instante  $t_1$ ,  $t_2$  donde el valor de la energía de los condensadores C1, C2, C3, a los que los contactores CT1, CT2 se conectan, es mínima, al final de la secuencia de apertura.

En la figura 3, los condensadores C1, C2, C3 se descargan en un plazo de aproximadamente 6,67 ms a partir de la detección de un paso por cero de la tensión  $U_{capa}$ , cuando la frecuencia de la red es igual a 50 Hz. Este plazo de descarga de los condensadores es de aproximadamente 5,5 ms cuando la frecuencia de la red es igual a 60 Hz.

35 El funcionamiento del cierre de los contactores CT1, CT2 del compensador 1 de energía reactiva se explicará ahora con ayuda de la figura 4.

De manera similar a la figura 3, la figura 4 muestra la evolución de las tensiones UCT1, UCT2 entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo de los contactores CT1, CT2, así como de la tensión  $U_{capa}$  y una intensidad  $I_{capa}$  a través de los terminales de un condensador C1, C2, C3.

40 Antes de un instante  $t_3$  visible en la figura 4, las tensiones UCT1, UCT2 son sinusoidales, de igual amplitud, y desfasadas en un ángulo de  $2x\pi/3$ , como se conoce por se.

En el instante  $t_3$ , la tensión UCT2 es sustancialmente nula y el software 36 de control ha controlado previamente el cierre del segundo contactor CT2 con el fin de que éste sea efectivo en este instante  $t_3$ . La corriente  $I_{capa}$  aparece entonces a partir de este instante  $t_3$ .

45 Asimismo, en el instante  $t_4$ , la tensión UCT1 es sustancialmente nula y el software 36 de control ha controlado previamente el cierre del primer contactor CT1 con el fin de que éste sea efectivo en este instante  $t_4$ . El cierre del primer contactor CT1 corresponde, de este modo, al paso del régimen monofásico al régimen trifásico.

Antes del cierre del primer y del segundo contactor CT1, CT2, la tensión  $U_{capa}$  y la intensidad  $I_{capa}$  son nulas. Después de la apertura, la tensión  $U_{capa}$  y la intensidad  $I_{capa}$  son nulas.

50 El cierre de cada contactor CT1, CT2 respectivo corresponde, a una tolerancia preferentemente igual a más o menos 800  $\mu$ s cerca de, en el instante  $t_3$ ,  $t_4$  donde el valor de la tensión UCT1, UCT2 entre los terminales 18, 20 de

potencia aguas arriba y aguas abajo del contactor CT1, CT2 correspondiente es nula.

El primer y el segundo software 36, 38 de control envía señales de control de apertura y de cierre de los contactores CT1, CT2 respectivos y tienen en cuenta, en el curso del tiempo, el tiempo de conmutación de cada uno de los contactores CT1, CT2 en el momento de sus diferentes fases de apertura y de cierre.

- 5 Como variante, solo la tensión  $U_{AC}$  entre los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo del primer contactor CT1 se mide, determinándose el cierre del primer contactor CT1 a partir de la tensión  $U_{AC}$  medida por los medios 33 de medición, tal como al paso por cero de esta tensión  $U_{AC}$ , y el cierre del segundo contactor CT2 se determina en función de la del primer contactor CT1 con un desfase temporal predeterminado entre el cierre del primer contactor CT1 y el cierre del segundo contactor CT2. El desfase temporal predeterminado, por ejemplo, es sustancialmente igual al cuarto del periodo de la tensión trifásica.

10 Según otro modo de realización, no representado, el compensador 1 de energía reactiva comprende tres contactores, conectándose cada contactor eléctricamente a una de las fases respectivas Ph1, Ph2, Ph3.

15 Una fase entre la primera, la segunda y la tercera fase Ph1, Ph2, Ph3 se conecta en primer lugar al conjunto 24 de condensador a través del cierre de un contactor correspondiente entre los tres contactores, realizándose esta conexión independientemente del momento dado que la conexión se realiza mientras que ninguna corriente está presente al nivel de los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo del contactor correspondiente (conexión al vacío).

20 Las dos otras fases entre la primera, la segunda y la tercera fase Ph1, Ph2, Ph3 se conectan en seguida al conjunto 24 de contactores a través del cierre de los dos otros contactores correspondientes, siendo la ley de control de estos dos otros contactores análoga a la que se ha descrito para el modo de realización anterior en el que el compensador de energía reactiva comprende solamente dos contactores.

25 La apertura de los dos otros contactores correspondientes se efectúa seguidamente según una ley de control análoga a la que se ha descrito para el modo de realización anterior en el que el compensador de energía reactiva comprende solamente dos contactores con el fin de tener el valor mínimo de la energía almacenada en los condensadores a los que los dos otros contactores están ligados.

Para terminar, el contactor que se ha cerrado en primer lugar entre los tres contactores se abre, efectuándose esta apertura independientemente del momento tras la apertura de los dos otros contactores, dado que la apertura se realiza, mientras que ninguna corriente está presente al nivel de los terminales 18, 20 de potencia aguas arriba y aguas abajo de este contactor (desconexión al vacío).

30 En este modo de realización, teniendo el fallo de uno de los tres contactores como resultado el bloqueo del contactor que falla en una posición de cierre, es decir, la soldadura de o de los contactos móviles en posición cerrada del contactor, no implica un fallo del compensador 1 de energía reactiva en la medida donde el funcionamiento degradado de este modo se refiere al caso descrito anteriormente, quedando dos contactores operativos.

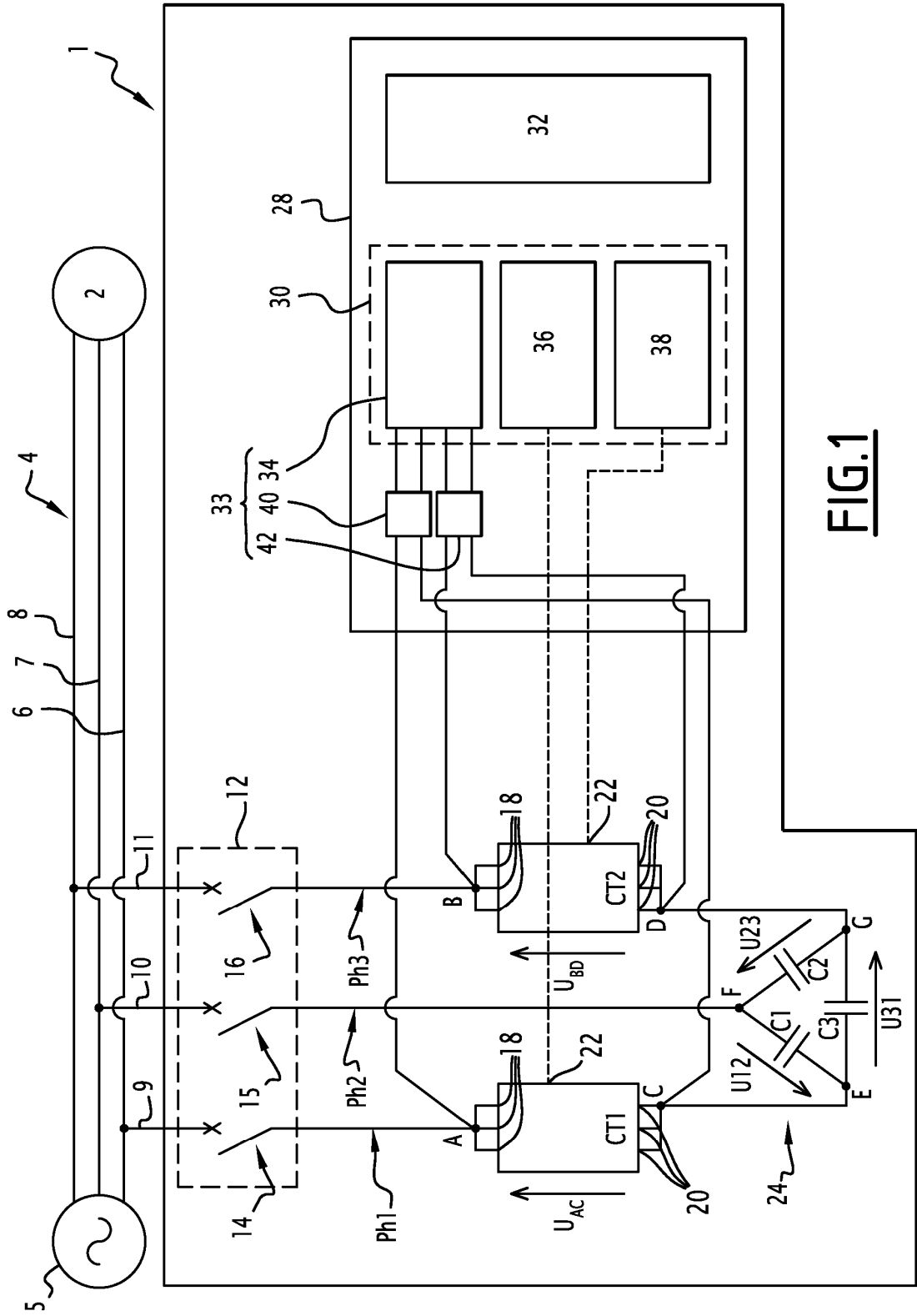
35 El compensador 1 según la invención permite, de este modo, reducir los riesgos de daño del primer y del segundo contactor CT1, CT2 electromecánico, a la vez que realiza una compensación rápida de la energía reactiva, es decir, una compensación con una descarga del conjunto 24 de condensadores C1, C2, C3 en algunas decenas de ms.

El compensador 1 según la invención permite igualmente salir de la presencia de inductancias, es decir, de bobinas electromagnéticas, asociados respectivamente con la primera, la segunda y la tercera fase y conectados en serie con respectivamente el primer 14, segundo 15 y tercer 16 módulo de disyunción.

40

## REIVINDICACIONES

1. Compensador (1) de energía reactiva para una red (4) trifásica que presenta una primera fase (6), una segunda fase (7) y una tercera fase (8), comprendiendo el compensador (1) un conjunto (24) de condensador(es) (C1, C2, C3), al menos dos contactores (CT1, CT2) electromecánicos conectados eléctricamente al conjunto (24) de condensadores (C1, C2, C3), cada contactor (CT1, CT2) constando al menos de un terminal (18) de potencia aguas arriba y al menos un terminal (20) de potencia aguas abajo, siendo apropiada una corriente eléctrica para circular entre los terminales (18, 20) de potencia aguas arriba y aguas abajo en posición cerrada del contactor (CT1, CT2), siendo apropiado un primer contactor (CT1) para conectarse a la primera fase (Ph1) y siendo apropiado un segundo contactor (CT2) para conectarse a la tercera fase (Ph3), de medios (33) de medición de la tensión entre los terminales (18, 20) de potencia aguas arriba y aguas abajo de al menos un contactor (CT1, CT2) electromecánico, y de medios (36, 38) de control de los contactores (CT1, CT2) electromecánicos de acuerdo con una ley de control predeterminada, **caracterizado porque** la ley de control consta al menos de un contactor (CT1, CT2) electromecánico respectivo para una tensión ( $U_{AC}$ ,  $U_{BD}$ ) sustancialmente nula entre sus terminales (18, 20) de potencia aguas arriba y aguas abajo, y la apertura de un contactor (CT1, CT2) electromecánico respectivamente para un valor sustancialmente mínimo de la energía del o de los condensadores (C1, C2, C3) a los que dicho contactor (CT1, CT2) se conecta, **porque** el conjunto (24) de condensadores (C1, C2, C3) constan de tres condensadores (C1, C2, C3) dispuestos según una configuración triangular, conectándose un primer condensador (C1) entre la primera (Ph1) y la segunda (Ph2) fase, un segundo condensador (C2) conectándose entre la segunda (Ph2) y la tercera (Ph3) fase, y un tercer condensador (C3) conectándose entre la primera (Ph1) y la tercera (Ph3) fase, **porque** las condiciones para la apertura del primer contactor (CT1) para tener el valor mínimo de energía almacenada en los condensadores (C1, C2, C3) satisfagan la siguiente ecuación:  $U_{31} - U_{12} = 0$  donde  $U_{31}$  representa la tensión a través de los terminales del tercer condensador (C3) y  $U_{12}$  representa la tensión a través de los terminales del primer condensador (C1), y **porque** las condiciones para la apertura del segundo contactor (CT2) para tener el valor mínimo de energía almacenada en los condensadores (C1, C2, C3) satisfagan la siguiente ecuación:  $U_{31} - U_{23} = 0$  donde  $U_{31}$  representa la tensión a través de los terminales del tercer condensador (C3) y  $U_{23}$  representa la tensión a través de los terminales del segundo condensador (C2).
2. Compensador (1) de energía reactiva según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (33) de medición son apropiados para medir la tensión ( $U_{AC}$ ) entre los terminales (18, 20) de potencia aguas arriba y aguas abajo del primer contactor (CT1), por una parte, y, ( $U_{BD}$ ) del segundo contactor (CT2) por otra parte, y **porque** el cierre de un contactor (CT1, CT2) respectivo se determina a partir de la tensión ( $U_{AC}$ ,  $U_{BD}$ ) medida entre los terminales (18, 20) de potencia aguas arriba y aguas abajo de este contactor (CT1, CT2).
3. Compensador (1) de energía reactiva según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (33) de medición son apropiados para medir únicamente la tensión ( $U_{AC}$ ) entre los terminales (18, 20) de potencia aguas arriba y aguas abajo del primer contactor (CT1), y **porque** el cierre del primer contactor (CT1) se determina a partir de la tensión ( $U_{AC}$ ) medida por estos medios (33) de medición, determinándose el cierre del segundo contactor (CT2) en función del primer contactor (CT1) con un desfase temporal predeterminado entre el cierre del primer contactor (CT1) y el cierre del segundo contactor (CT2).
4. Compensador (1) de energía reactiva según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la tensión trifásica de la red es periódica, y el desfase temporal predeterminado es sustancialmente igual al cuarto del periodo de la tensión trifásica.
5. Compensador (1) de energía reactiva según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende exactamente dos contactores (CT1, CT2) electromecánicos.
6. Compensador (1) de energía reactiva según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** comprende tres contactores (CT1, CT2), siendo apropiado cada uno para conectarse eléctricamente a una fase (Ph1, Ph2, Ph3) respectiva de la red (4).
7. Compensador (1) de energía reactiva según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios (36, 38) de control de los contactores (CT1, CT2) son apropiados para enviar señales de control a los contactores (CT1, CT2), y los medios (36, 38) de control constan, además, de medios de recalibrado temporal del envío de las señales de control en función de una medición del tiempo de conmutación de cada uno de los contactores (CT1, CT2).



**FIG.1**



