

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 229**

51 Int. Cl.:

B60M 3/00 (2006.01)

H02G 7/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2011** **E 11305440 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019** **EP 2377716**

54 Título: **Procedimiento para descongelar una línea de suministro de energía de un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

19.04.2010 FR 1052960

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

24.02.2020

73 Titular/es:

ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR

72 Inventor/es:

BELLEGARDE, NICOLAS

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 744 229 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

Procedimiento para descongelar una línea de suministro de energía de un vehículo ferroviario

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para descongelar una línea de suministro de energía de vehículos ferroviarios, dicha línea se extiende entre al menos una primera y una segunda subestaciones reversibles capaces de suministrar una corriente eléctrica que fluye en la línea de fuente de alimentación eléctrica, la primera subestación se controla en un modo de suministro de corriente, para suministrar una corriente eléctrica a la línea de suministro de energía y la segunda subestación se controla en un modo de recuperación de corriente, para recuperar la corriente eléctrica desde la línea de alimentación y devolverla a una fuente de alimentación.

15 **[0002]** En invierno o en áreas de baja temperatura, es común que se forme hielo en las líneas eléctricas de los ferrocarriles. Sin embargo, el contacto entre un pantógrafo de vehículo ferroviario y una capa de hielo de este tipo provoca la formación de arcos eléctricos o la imposibilidad de que el vehículo capture la corriente. Además, es probable que las líneas de suministro colapsen bajo el peso de esta capa de hielo o nieve, paralizando el tráfico ferroviario. Por lo tanto, es importante poder descongelar las líneas de suministro de energía o evitar la formación de tales capas de hielo para evitar perturbaciones del tráfico ferroviario.

20 **[0003]** Para evitar la formación de capas de hielo en la línea de alimentación, es posible hacer pasar, por ejemplo a intervalos regulares, por ejemplo, cada hora, los trenes en la línea en cuestión, y el contacto entre el pantógrafo y la línea de alimentación evitará la formación de hielo en la línea de alimentación.

25 **[0004]** Tal procedimiento no es del todo satisfactorio. De hecho, requiere en particular hacer circular trenes vacíos toda la noche con el único propósito de prevenir la formación de hielo, lo que genera costos significativos.

30 **[0005]** Para descongelar la línea de suministro de energía, también es posible hacer pasar por la línea relacionada un tren rascador provisto de arcos especiales que realizan la descongelación o cortocircuitar la línea conectándola al raíl utilizando un sistema electrónico adicional, por ejemplo, tener interruptores y resistencias para crear una corriente eléctrica y mantenerla a cierto nivel.

35 **[0006]** Dichos procedimientos no son del todo satisfactorios. De hecho, requieren la implementación de equipos específicos, que generalmente no están presentes en la línea. Además, el cortocircuito de la línea de suministro de energía representa un peligro para los operadores y la población.

40 **[0007]** El documento DE 103 37 937 A1 describe un procedimiento para descongelar una sección de línea de alimentación dispuesta entre dos subestaciones de alimentación haciendo circular una corriente de descongelación entre estas subestaciones.

45 **[0008]** Por lo tanto, un objeto de la invención es obtener un procedimiento de descongelación que sea simple de usar y económico de implementar.

50 **[0009]** Para este propósito, el objeto de la invención es un procedimiento de descongelación del tipo mencionado anteriormente, caracterizado porque comprende una etapa de establecimiento de una diferencia de tensión entre los terminales de salida de la primera y segunda subestaciones para que una corriente fluya en la línea de suministro de energía entre la primera subestación y la segunda subestación y que el calor producido por el circulación de corriente provoque la descongelación de la línea de suministro de energía entre la primera y la segunda subestaciones.

55 **[0010]** Este procedimiento puede implementarse sin equipos específicos y controlarse de forma remota, lo que limita los costos y facilita el mantenimiento de la línea.

60 **[0011]** El procedimiento según la invención puede comprender una o más de las características de las reivindicaciones 2 a 8, tomadas por separado o en combinación con cualquier combinación o combinaciones técnicamente posibles.

65 **[0012]** La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que aparece a continuación, dada únicamente a título de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos anexos en los cuales:

- la figura 1 es una ilustración esquemática de una red ferroviaria equipada con subestaciones capaces de implementar el procedimiento de descongelación según la invención; y

- la figura 2 es una ilustración esquemática de la implementación del procedimiento según la invención por la red ferroviaria de la figura 1.

[0013] La invención se aplica a una línea de suministro de energía para vehículos ferroviarios con corriente continua.

- [0014]** La red ferroviaria de CC 5 mostrada en la figura 1 comprende una línea de suministro de energía 10 conectada a una red de suministro de energía 15 a través de subestaciones reversibles 20.
- 5 **[0015]** Por subestación reversible se entiende una subestación capaz, en un modo de suministro de corriente, de suministrar corriente a la línea de suministro de energía 10 y también capaz, en un modo de recuperación de corriente, de recuperar corriente de esta línea de suministro de energía 10, la corriente recuperada se deriva, por ejemplo, del frenado de un vehículo ferroviario conectado a la línea de suministro de energía 10, y la vuelve a enviar a la red de suministro de energía 15.
- 10 **[0016]** La red ferroviaria 5 comprende un número n de subestaciones reversibles 20, distribuidas a intervalos regulares a lo largo de la línea de suministro de energía 10. Para simplificar las figuras 1 y 2, solo se han mostrado dos subestaciones reversibles 20.
- 15 **[0017]** La red ferroviaria 5 también comprende un raíl 22, en el que puede circular un vehículo ferroviario. El raíl 22 tiene una impedancia lineal nominal Z_R , por ejemplo igual a $18 \text{ m}\Omega/\text{km}$ para una pista estándar con dos raíles en paralelo. Este raíl 22 está conectado eléctricamente a las subestaciones reversibles 20.
- [0018]** La línea de suministro de energía 10 tiene una impedancia lineal nominal Z_L . Esta impedancia lineal nominal Z_L es, por ejemplo $0,05 \text{ Q}/\text{km}$ para líneas aéreas de contacto y $0,02 \text{ Q}/\text{km}$ para líneas de contacto al suelo tipo tercer raíl en corriente continua. El valor de la impedancia lineal nominal Z_L de la línea de suministro de energía 10 viene dado por las especificaciones de la línea de suministro de energía 10.
- 20 **[0019]** La red de suministro de energía 15 es una red de distribución de electricidad a larga distancia. Se trata, por ejemplo, de una red de corriente alterna trifásica de alta tensión.
- 25 **[0020]** Las subestaciones reversibles 20 son idénticas entre sí y solo una de estas subestaciones reversibles 20 se describirá en detalle.
- 30 **[0021]** La subestación reversible 20 comprende un convertidor de potencia reversible 25 de cuatro cuadrantes conectado en un lado a la red de suministro de energía 15 y en el otro lado a la línea de suministro de energía 10.
- [0022]** Un transformador de tracción 30 está dispuesto entre el convertidor 25 y la red de suministro 15, para reducir la corriente alterna de la red de suministro 15 a una corriente alterna aceptada en la entrada del convertidor 25.
- 35 **[0023]** El convertidor 25 es un convertidor reversible que puede estar compuesto, por ejemplo, de un rectificador 35 conectado en antiparalelo a un inversor 40. El convertidor reversible 25 puede funcionar en modo rectificador o en modo inversor.
- 40 **[0024]** En el modo rectificador, el convertidor 25 está adaptado para rectificar la corriente alterna trifásica del transformador de tracción 30 para entregar a su salida una tensión continua rectificada. El convertidor 25 está por lo tanto en modo de suministro de corriente.
- 45 **[0025]** En el modo inversor, el convertidor 25 puede ondular la tensión continua que proviene de la línea de suministro de energía 10 para entregar en su salida una tensión trifásica alterna. El convertidor 25 está así en modo de recuperación actual.
- [0026]** El convertidor 25 es un convertidor controlable. Para este fin, la subestación 20 comprende un módulo de control 45 capaz de controlar la conmutación del convertidor 25 del modo de recuperación actual al modo de suministro de corriente, es decir, del modo inversor al modo rectificador y viceversa.
- 50 **[0027]** El rectificador 35 está formado, por ejemplo, por un puente rectificador controlado hecho de tiristores o transistores de potencia como los transistores IGBT (Transistor bipolar de puerta aislada).
- 55 **[0028]** En una variante no mostrada, el rectificador 35 y el inversor 40 pueden integrarse en el mismo equipo para formar el convertidor reversible 25.
- [0029]** El convertidor reversible 25 es capaz de generar en su salida, es decir, en el punto de conexión eléctrica de la subestación 20 a la línea de suministro de energía 10, una tensión U_c deseada.
- 60 **[0030]** Tal subestación 20 se describe, por ejemplo, en el documento EP-1 985 490.
- [0031]** Cada subestación 20 comprende además un dispositivo para medir la tensión U_c en la salida de la subestación 20, pudiendo este dispositivo verificar que la tensión de salida corresponde a la tensión controlada U_c .

[0032] Además, la red ferroviaria 5 comprende, en cada subestación 20, un dispositivo para medir la intensidad I de la corriente que fluye en la línea de suministro de energía 10.

5 **[0033]** Según una variante, la red ferroviaria 5 comprende además uno o más sensores de temperatura (no mostrados), adaptados para medir la temperatura de la línea de suministro de energía 10 o sensores de temperatura adaptados para medir la temperatura ambiente en las proximidades del línea de suministro de energía 10.

10 **[0034]** El procedimiento de descongelación según la invención se va a describir a continuación, en referencia a la figura 2.

[0035] En una primera etapa, el operador elige una sección T de la línea de suministro de energía 10 que desea descongelar.

15 **[0036]** Luego determina, en una segunda etapa, la primera subestación 20A y la segunda subestación 20B entre las cuales se extiende la sección T de la línea de alimentación 10 seleccionada en la primera etapa. La primera subestación 20A y la segunda subestación 20B están distantes por una distancia d_{AB} . La primera subestación 20A y la segunda subestación 20B son, por ejemplo, subestaciones adyacentes a lo largo de la línea de suministro de energía 10. Sin embargo, también pueden ser subestaciones que no son adyacentes y están separadas entre sí por una serie
20 de subestaciones menores o iguales a $n-2$. Así, la primera subestación 20A y la segunda subestación 20B pueden ser, por ejemplo, las subestaciones finales de la línea de suministro de energía 10.

[0037] El operador se asegura entonces de que ningún vehículo ferroviario viaje en la sección T entre la primera subestación 20A y la segunda subestación 20B o que esté a punto de llegar a la primera o segunda subestación 20A,
25 20B.

[0038] En una tercera etapa, el operador elige una corriente de descongelación I , que desea circular en la línea de suministro de energía 10, y un tiempo de funcionamiento de esta corriente I en la línea de suministro de energía
30 10.

[0039] Luego deduce las tensiones de salida correspondientes U_{CA} y U_{CB} de la corriente de descongelación I que se aplicará respectivamente a la salida de un primer convertidor 25A de la primera subestación 20A y un segundo convertidor 25B de la segunda subestación 20B. Las tensiones de salida U_{CA} y U_{CB} son diferentes entre sí. La tensión
35 U_{CA} es más alta que la tensión U_{CB} .

[0040] En una cuarta etapa, el operador controla, por medio de un módulo de control 45A de la primera subestación 20A, el funcionamiento del convertidor 25A en modo de suministro de corriente, es decir en modo
40 rectificador. Simultáneamente, controla, a través de un módulo de control 45B de la segunda subestación 20B, el funcionamiento del convertidor 25B en modo de recuperación de corriente, es decir, en modo inversor.

[0041] Se establece así una diferencia de tensión D entre las salidas de la primera subestación 20A y la segunda subestación 20B. Esta diferencia de tensión D es igual a $U_{CA}-U_{CB}$. Esta diferencia de tensión D es positiva. Genera el flujo de una corriente de descongelación I en la línea de suministro de energía 10 en la sección T entre la
45 primera subestación 20A y la segunda subestación 20B.

[0042] Esta diferencia de tensión D debe permanecer por debajo de un valor máximo definido por las normas vigentes. Por ejemplo, para una línea de alimentación de CC, el estándar europeo impone una diferencia de tensión
50 D al máximo igual a 400 V para vehículos ferroviarios que operan a 600 V, a 500 V para vehículos ferroviarios que operan a 750 V, a 1000 V para vehículos ferroviarios de 1500 V y 2000 V para vehículos ferroviarios que operan a 3000 V.

[0043] Según una realización, en una quinta etapa, el sensor de tensión mide la tensión en la salida de la primera subestación 20A y la segunda subestación 20B, para verificar que esta tensión sea, respectivamente, igual a
55 la tensión U_{CA} y U_{CB} de comando.

[0044] Debido a la conexión eléctrica entre la primera y segunda subestaciones 20A, 20B y el raíl 22, la corriente de descongelación I describe un circuito que pasa a través de la línea de suministro de energía 10 de la primera subestación 20A a la segunda subestación 20B, es decir en la sección T de la línea de suministro de energía
60 10, luego por el raíl 22, desde la segunda subestación 20B hasta la primera subestación 20A, como se muestra en la figura 2.

[0045] La intensidad I de la corriente de descongelación que fluye en la línea de suministro de energía 10 en la sección T es igual a:

$$I = \frac{[U_{CA} - U_{CB}]}{[Z_L + Z_R] \times d_{AB}} = \frac{D}{[Z_L + Z_R] \times d_{AB}}$$

donde Z_L es la impedancia lineal nominal de la línea de alimentación 10,
 Z_R es la impedancia lineal nominal del raíl 22, D es la diferencia de tensión las salidas de la primera subestación 20A
 5 y la segunda subestación 20B, y
 d_{AB} es la distancia entre la primera subestación 20A y la segunda subestación 20B.

[0046] El valor de la corriente de descongelación I se elige para optimizar el efecto de descongelación y, en particular, para hacer la descongelación lo más rápido posible, evitando un calentamiento demasiado grande de la
 10 línea de suministro de energía 10, que puede causar daños.

[0047] El valor de la corriente de descongelación I depende en particular de las condiciones climáticas, la naturaleza de la red ferroviaria 5, en particular si se trata de una red de metro, tranvía o red ferroviaria principal (red interregional o internacional), así como la naturaleza de la línea de suministro de energía 10 y, en particular, las
 15 dimensiones del cable que constituye esta línea de suministro de energía 10, por lo tanto, de la impedancia lineal Z_L de la línea de suministro de energía 10.

[0048] La corriente de descongelación I no puede ser superior a un valor I_{max} por encima del cual la línea de suministro de energía 10 y/o el equipo asociado podrían dañarse. En el caso de que una descongelación requiera una
 20 corriente superior a I_{max} , durante un tiempo de circulación de corriente que proporcioné, el operador elige una duración de circulación de corriente I más alta, para obtener un efecto de descongelación equivalente sin exceder el valor corriente máxima I_{max} admisible. En un ejemplo, el tiempo de ejecución puede ser de unos pocos minutos a varias horas.

[0049] La circulación de corriente de descongelación I genera un calentamiento por el efecto Joule de la línea de suministro de energía 10 en la sección T por donde pasa la corriente I y, por lo tanto, una fusión del hielo y/o nieve
 25 presente en esta sección T y, por lo tanto, su descongelación.

[0050] Según una realización, el procedimiento de descongelación según la invención comprende además una
 30 etapa de medición de la temperatura T_L en la línea de suministro de energía o la temperatura ambiente T_a en las proximidades de la línea 10 con la ayuda del sensor de temperatura adaptado, y la diferencia de tensión D se establece si la temperatura T_L o T_a medida es menor que un umbral dado preestablecido.

[0051] El procedimiento según la invención es implementado de forma remota por un operador, que controla
 35 cada una de las etapas del procedimiento, después de haber decidido, dependiendo de las condiciones climáticas, si una descongelación fue útil y seleccionó la intensidad de la corriente de descongelación y la duración de la circulación de esta corriente.

[0052] Según una realización, este procedimiento también se puede implementar de manera automatizada. En
 40 este caso, la red ferroviaria comprende alternativamente un módulo de control capaz de concluir la necesidad de una descongelación y elegir el valor de la corriente de descongelación I y el tiempo de circulación de corriente I , en particular a partir de las mediciones de temperatura realizadas por el sensor de temperatura, para luego controlar cada una de las etapas del procedimiento enumerados anteriormente, para descongelar la línea de alimentación.

[0053] El procedimiento de descongelación según la invención tiene la ventaja de no requerir el suministro de
 45 equipo adicional específico para descongelar la línea de alimentación. De hecho, el procedimiento según la invención usa solo subestaciones reversibles, que están presentes permanentemente a lo largo de la línea de alimentación, ya que sirven para suministrar la línea de alimentación.

[0054] El procedimiento según la invención también es particularmente sencillo de implementar, ya que es
 50 suficiente seleccionar, dependiendo de una corriente de descongelación deseada, las tensiones de salida adaptadas de los convertidores de ciertas subestaciones para obtener una descongelación de la línea de suministro de energía entre estas subestaciones.

[0055] El procedimiento según la invención también es menos costoso de implementar que los procedimientos
 55 de descongelación conocidos, ya que no requiere hacer pasar trenes toda la noche ni implementar equipos adicionales.

[0056] Además, este procedimiento tiene una seguridad de uso significativa, ya que se puede implementar de
 forma remota sin requerir personal de mantenimiento en la sección misma.

[0057] Según una variante del convertidor 25, este convertidor es un convertidor de dos cuadrantes.
 60

[0058] En lo anterior, la operación en el modo de suministro de corriente corresponde a la operación en el modo rectificador de la subestación reversible 20A, 20B. La operación en modo de recuperación de corriente corresponde a la operación en modo inversor de la subestación reversible 20A, 20B.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para descongelar una línea de suministro de energía (10) de vehículos ferroviarios, dicha línea (10) se extiende entre al menos una primera y una segunda subestaciones (20A, 20B) capaces de suministrar una corriente eléctrica (I) que fluye en la línea de suministro de energía (10), la primera subestación (20A) se controla en un modo de suministro de corriente, para suministrar una corriente eléctrica (I) a la línea de suministro de energía (10) y la segunda subestación (20B) se controla en un modo de recuperación de corriente, para recuperar la corriente eléctrica (I) desde la línea de suministro de energía (10) y devolverla a una fuente de suministro de energía (15), el procedimiento comprende una etapa de establecimiento de una diferencia de tensión (D) entre los terminales de salida de la primera y segunda subestaciones (20A, 20B) para que una corriente (I) fluya en la línea de suministro de energía (10) entre la primera subestación (20A) y la segunda subestación (20B) y que el calor producido por el circulación de corriente (I) provoque la descongelación de la línea de alimentación (10) entre la primera y la segunda subestaciones (20A, 20B), dicho procedimiento se caracteriza porque la línea de suministro de energía es corriente continua y porque la primera y la segunda subestaciones (20A, 20B) son reversibles.
2. Procedimiento de descongelación según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende una etapa de seleccionar y controlar la diferencia de tensión (D) entre los terminales de salida de la primera y la segunda subestaciones (20A, 20B).
3. Procedimiento de descongelación según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la primera subestación (20A) y la segunda subestación (20B) comprenden cada una un convertidor de potencia reversible (25), de modo que la primera subestación (20A) y la segunda subestación (20B) son operables en modo de suministro de corriente o en modo de recuperación de corriente y **porque** el procedimiento comprende una etapa de controlar el modo operativo de la primera y la segunda subestaciones (20A, 20B), respectivamente en modo de suministro de corriente y en modo de recuperación de corriente.
4. Procedimiento de descongelación según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el convertidor de potencia reversible (25) comprende un rectificador (35) y un inversor (40), conectado al rectificador (35) en antiparalelo, y **porque** la primera o la segunda subestación (20A, 20B) opera en modo inversor cuando se controlan en modo de recuperación de corriente y en modo rectificador cuando se controla en modo de fuente de alimentación.
5. Procedimiento de descongelación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** cada subestación (20A, 20B) está conectada a la línea de suministro de energía (10) y a un raíl (22) para que la corriente (I) circula en un circuito que pasa sucesivamente por la subestación (20A) controlada en modo de suministro de energía, luego por la línea de suministro de energía (10), luego por la subestación (20B) controlada en modo de recuperación corriente, luego por el raíl (22) para regresar a la subestación (20A) controlada en modo de suministro de corriente.
6. Procedimiento de descongelación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende una etapa de medición de la temperatura en o cerca de la línea de suministro (10), estableciéndose la diferencia de tensión (D) si la temperatura medida es inferior a en un umbral preestablecido.
7. Procedimiento de descongelación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende una etapa de verificación de la circulación de un vehículo ferroviario entre las subestaciones (20A, 20B), estableciéndose la diferencia de tensión (D) si no hay ningún vehículo ferroviario que circule entre la primera y la segunda subestaciones (20A, 20B).
8. Procedimiento de descongelación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, la línea de suministro (10) se extiende entre más de dos subestaciones (20), el procedimiento comprende una etapa de selección de dos subestaciones (20A, 20B) que se deben controlar respectivamente en modo de suministro de corriente y en modo de recuperación de corriente y una etapa para establecer una diferencia de tensión (D) entre los terminales de salida de dichas subestaciones (20A, 20B) según la sección (T) de la línea (10) que se debe descongelar.

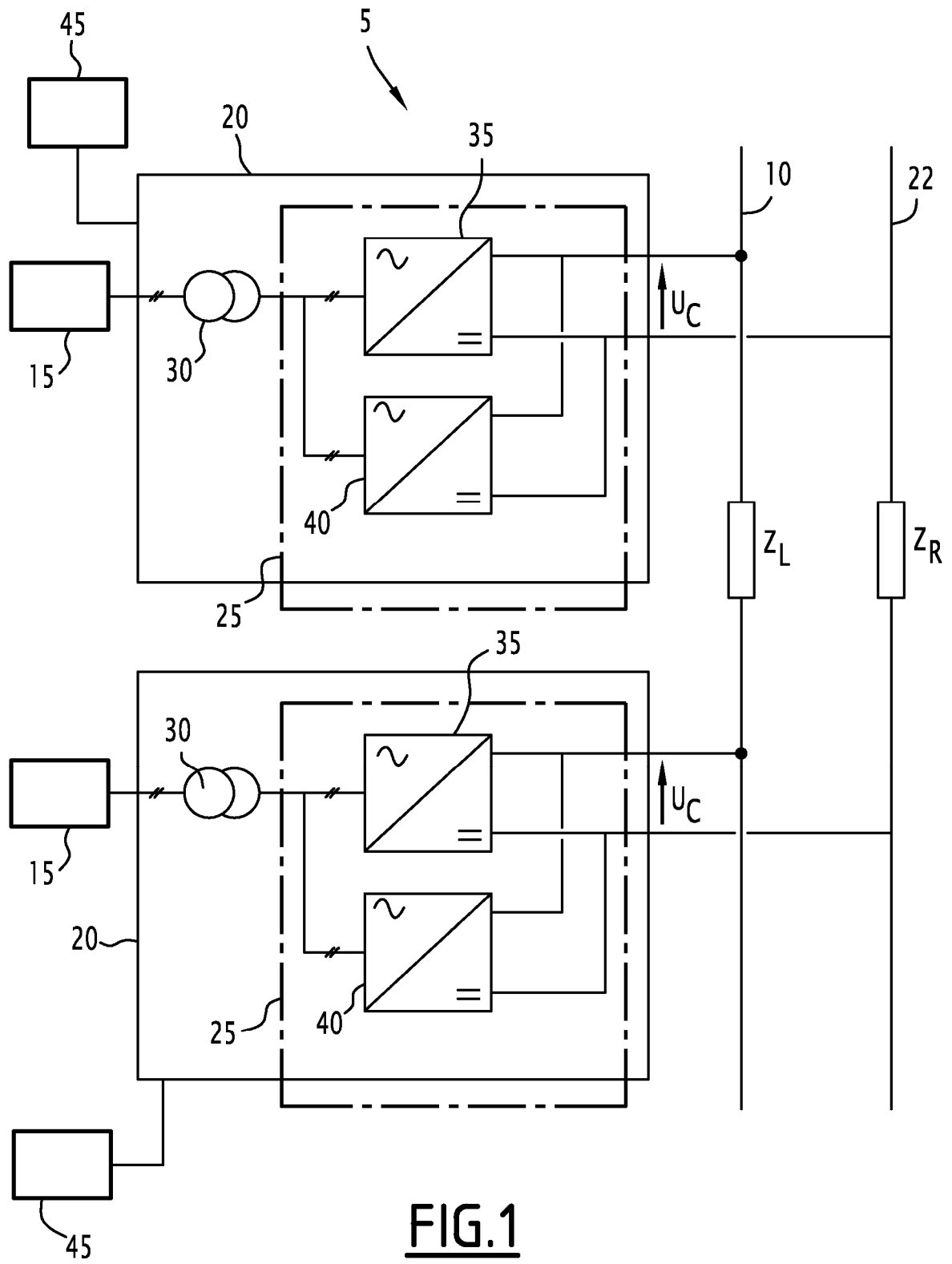


FIG. 1

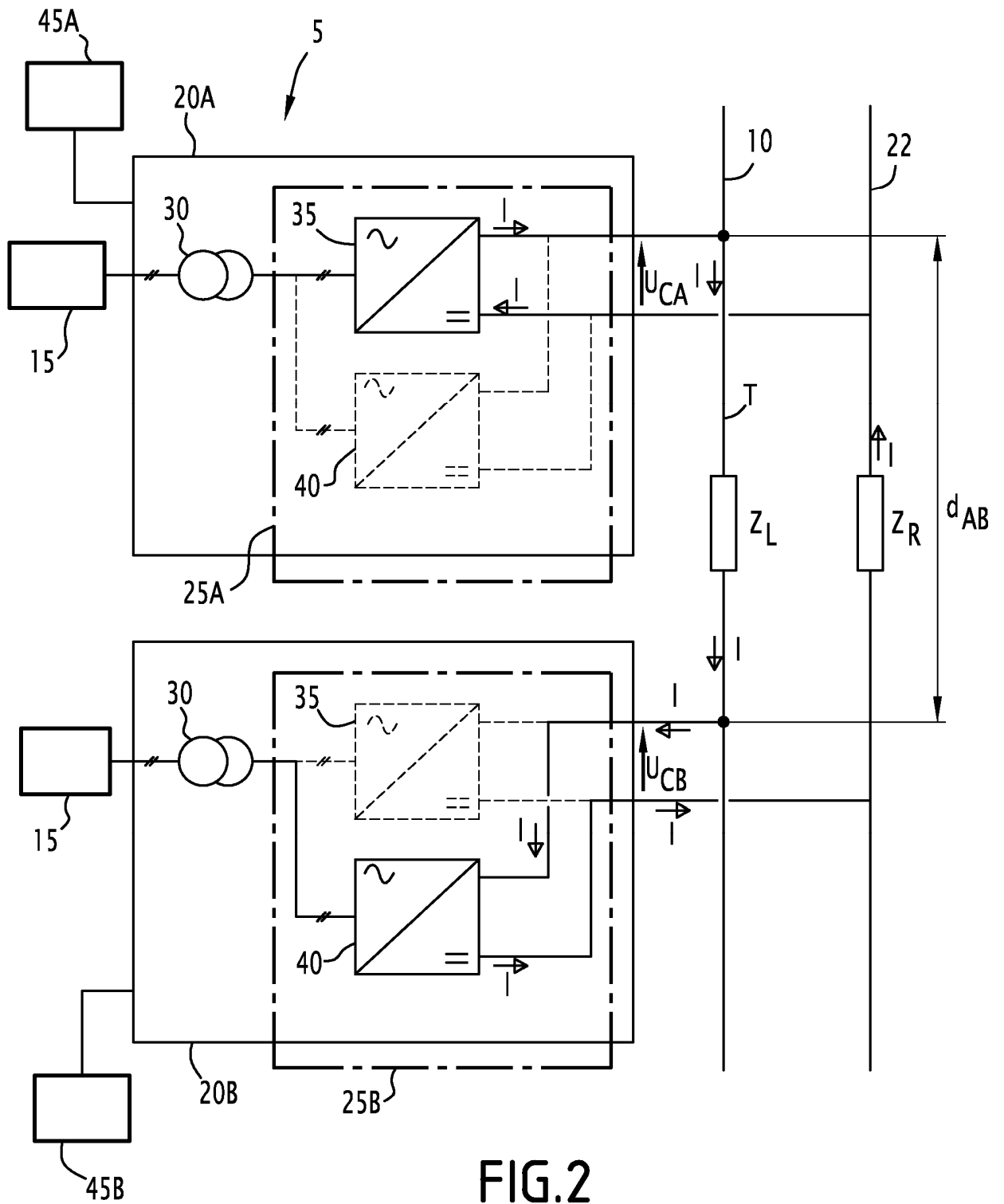


FIG. 2