

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 366**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/18** (2006.01)

**H02J 3/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2010** E 10196399 (9)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** EP 2348595

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el funcionamiento de una estación de convertidores de una red ferroviaria eléctrica**

30 Prioridad:

**19.01.2010 DE 102010005656**

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

**28.11.2019**

73 Titular/es:

**GE ENERGY POWER CONVERSION GMBH  
(100.0%)  
Culemeyerstrasse 1  
12277 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**JANNING, JÖRG**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 733 366 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 y dispositivo para el funcionamiento de una estación de convertidores de una red ferroviaria eléctrica

La presente invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un dispositivo según la reivindicación 10.

5 Un procedimiento de este tipo y un dispositivo de este tipo se conocen a modo de ejemplo por el documento DE 10 2006 023 252 A1, por el documento DE 100 06 844 B3, y por el documento DE 32 36 071 A1.

10 En tales documentos, una estación de convertidores está dispuesta a modo de ejemplo entre dos subestaciones de una red ferroviaria eléctrica. Para evitar que se produzcan transmisiones de energía con pérdidas y no deseadas entre la estación de convertidores y las subestaciones a través de las catenarias de la red ferroviaria, se debe efectuar una sincronización de la tensión suministrada por la estación de convertidores. Para ello, se miden y se transmiten a la estación de convertidores las tensiones de salida de las dos subestaciones. A partir de éstas, en la estación de convertidores se determina una tensión optimizada en la que se ajusta entonces la tensión de salida de la estación de convertidores mediante un convertidor. A este respecto, es necesario que la transmisión de las tensiones de salida medidas se efectúe con una velocidad de temporización elevada y además ha de tenerse en cuenta el tiempo de transmisión necesario. En el caso de producirse una suspensión de la transmisión expuesta de las tensiones de salida medidas de las dos subestaciones a la estación de convertidores, ya no es posible el ajuste explicado anteriormente de la tensión de salida de la estación de convertidores. Con ello, tampoco es ya posible la minimización de las pérdidas por transmisión a través de las catenarias.

20 El objetivo de la presente invención consiste en crear un procedimiento que también pueda seguir ocasionando la minimización de las pérdidas por transmisión a través de las catenarias en el caso de suspensión de la transmisión expuesta de las tensiones de salida medidas de las dos subestaciones a la estación de convertidores.

Este objetivo de la invención se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1 y mediante un dispositivo según la reivindicación 10.

25 De acuerdo con la invención, a partir de una tensión medida se mide su amplitud de la oscilación básica, además se predetermina una amplitud de la oscilación básica teórica y un factor de potencia teórico para determinar entonces un valor teórico de la potencia activa y un valor teórico de la potencia reactiva a partir de la amplitud de la oscilación básica, la amplitud de la oscilación básica teórica y el factor de potencia teórico.

30 Mediante el valor teórico de la potencia activa y el valor teórico de la potencia reactiva, se puede determinar una tensión teórica para la estación de convertidores. Con esta tensión teórica, la tensión de salida de la estación de convertidores puede ser ajustada también el caso de que se produzca una suspensión de la transmisión de las tensiones de salida medidas de las dos subestaciones a la estación de convertidores. De esta forma, se consigue una minimización de las pérdidas por transmisión a través de las catenarias también en el caso de la suspensión mencionada.

35 El procedimiento según la invención puede utilizarse en cualquier topología de la red ferroviaria. En este sentido, no tienen que haber dos subestaciones adyacentes, sino que el procedimiento ya puede utilizarse con una subestación particular. Aquí no es necesario que la subestación esté acoplada directamente con la estación de convertidores, sino que basta con su proximidad indirecta.

40 De manera preferida, en la amplitud de la oscilación básica teórica se trata esencialmente de aquella amplitud de la tensión que haya en las dos subestaciones, y en el factor de potencia teórico se trata de un factor de potencia medio que represente a las cargas que se generen por el funcionamiento ferroviario. A este respecto, el factor de potencia se determina por la impedancia de las catenarias y/o por los factores de potencia de los trenes en funcionamiento.

45 En un perfeccionamiento ventajoso de la invención, se determinan una amplitud de la oscilación básica teórica sustitutiva y un factor de potencia teórico sustitutivo que se utilizan en lugar de la amplitud de la oscilación básica teórica y del factor de potencia teórico. A este respecto, preferentemente se determina a partir de la tensión medida su amplitud de la oscilación básica, y se determinan un valor real de la potencia activa y un valor real de la potencia reactiva para determinar entonces a partir de estas variables la amplitud de la oscilación básica teórica sustitutiva y el factor de potencia teórico sustitutivo.

50 Otras características, posibilidades de aplicación y ventajas de la invención se extraen de la siguiente descripción de ejemplos de realización de la invención, que se representan en las figuras del dibujo. Aquí, todas las características descritas o representadas por separado o en cualquier combinación forman el objeto de la invención, con independencia de que se reúnan en las reivindicaciones o de que se les haga referencia y con independencia de su formulación o representación en la descripción y en el dibujo, respectivamente.

55 La figura 1 muestra un esquema de conexiones de un ejemplo de realización de una red ferroviaria eléctrica con una estación de convertidores, la figura 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un ejemplo de realización de un procedimiento según la invención para poner en funcionamiento la estación de convertidores de la figura 1 con un

regulador de red, y las figuras 3a, 3b muestran diagramas de bloques esquemáticos de dos ejemplos de realización del regulador de red de la figura 2.

5 En la figura 1, aparece representada una red ferroviaria 10 con dos subestaciones 11, 12 y una estación de convertidores 13 dispuesta en medio. La distancia local de la estación de convertidores 13 con respecto a cada una de las dos subestaciones 11, 12 asciende aproximadamente a entre 50 km y aproximadamente 60 km.

Las dos subestaciones 11, 12 son alimentadas desde una red eléctrica bifásica común 15 con una tensión nominal de 110 kV y una frecuencia nominal de 16,7 Hz, en la que puede tratarse de la red interconectada del ferrocarril.

La estación de convertidores 13 es alimentada desde una red eléctrica trifásica 16 con una tensión nominal de 110 kV y una frecuencia nominal de 50 Hz, en la que puede tratarse de la red nacional o de suministro general.

10 Cada una de las dos subestaciones 11, 12 presenta dos transformadores 181, 182, los cuales están conectados por un lado con la red 15 a través de los interruptores 191, 192 y, por otro lado, alimentan en cada caso una barra ómnibus 211, 212 común a través de los interruptores 201, 202, la cual presenta una tensión  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  de aproximadamente 15 kV y una frecuencia de 16,7 Hz. Las tensiones  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  se miden en cada caso mediante un sensor 221, 222. Gracias a la alimentación desde la red común 15, las dos tensiones  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  son sincronizadas entre sí, donde las tensiones  
15  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  también pueden diferir entre sí ligeramente en lo referente a su posición de fase en dependencia del estado de carga de la red 15.

La estación de convertidores 13 presenta dos transformadores 24, los cuales están conectados por un lado con la red 16 a través de los interruptores 25 y, por otro lado, están conectados en cada caso con un convertidor 26. Cada uno de los convertidores 26 alimenta una barra ómnibus 28 común a través de otro transformador 23 y un interruptor 27.  
20 En lugar del transformador 23, se puede utilizar también una bobina alargada, siempre y cuando los convertidores 26 dispongan de una tensión de salida correspondiente.

Las tensiones  $u_{w1}$ ,  $u_{w2}$  del lado de la salida de cada uno de los dos convertidores 26 entre el otro transformador 23 y el interruptor 27 se miden mediante los sensores 29 y se transmiten al convertidor 26 correspondiente. Tal y como se explicará más adelante, puede haber otros sensores para la medición de, por ejemplo, la corriente del lado de la salida  
25 de los dos convertidores 26.

Las tensiones  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  son transmitidas por cada una de las dos subestaciones 11, 12 mediante un emisor 31 a un equipo receptor y de evaluación 32 asociado a la estación de convertidores 13. A este respecto, puede tratarse de una transmisión por cable o inalámbrica, en particular, de una transmisión por teléfono o módem. El equipo receptor y de evaluación 32 genera un valor teórico de la tensión  $u^*$  para la estación de convertidores 13 a partir de las dos tensiones  
30  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  recibidas y, dado el caso, teniéndose en cuenta adicionalmente las impedancias de las catenarias 34. Este valor teórico de la tensión  $u^*$  se transmite a cada uno de los dos convertidores 26.

Dependiendo del valor teórico de la tensión  $u^*$ , los dos convertidores 26 ajustan la tensión en la barra ómnibus 28 de tal modo que, en lo relativo a su amplitud, frecuencia y posición de fase, haya una tensión similar a la de las dos barras ómnibus 211, 212. Por consiguiente, la estación de convertidores 13 tiene la propiedad consistente en que la tensión  
35 de la barra ómnibus 28 pueda ser ajustada en cuanto a su amplitud, frecuencia y posición de fase.

Las dos barras ómnibus 211, 212 de las subestaciones 11, 12 y la barra ómnibus 28 de la estación de convertidores 13 pueden ser conmutadas a las catenarias 34 para el funcionamiento ferroviario eléctrico a través de múltiples interruptores no indicados más detalladamente. A este respecto, las catenarias 34 pueden estar separadas entre sí galvánicamente entre los interruptores mencionados anteriormente, lo cual aparece señalado en la figura 1 mediante el símbolo de referencia 35. Entonces, los trenes pueden ser impulsados y, con ello, desplazados, a través de las catenarias 34.

En la figura 2, aparece representado un procedimiento 40 que puede aplicarse en cada uno de los dos convertidores 26 de la estación de convertidores 13 de la figura 1. Por lo tanto, el procedimiento 40 se refiere a un convertidor 26 particular o a los dos convertidores 26 de la estación de convertidores 13.

45 Al inicio del procedimiento 40 se aplica un valor teórico de la tensión  $u_{1B}^*$ , que es el valor teórico de la tensión  $u^*$  mencionado en relación con la figura 1 y generado por el equipo receptor y de evaluación 32.

Asimismo, al procedimiento 40 se le suministra por el lado de la entrada una tensión  $u_{1B}$  y una corriente  $i_{1B}$ , que son medidas por la estación de convertidores 13 respectiva mediante los sensores 29 mencionados en relación con la figura 1. En este sentido, la tensión  $u_{1B}$  es una de las dos tensiones  $u_{w1}$ ,  $u_{w2}$  mencionadas en relación con la figura 1,  
50 presentes en la salida de los transformadores 23, y la corriente  $i_{1B}$  es la corriente emitida correspondiente.

El procedimiento 40 presenta dos conmutadores 42, que se encuentran en la posición representada en la figura 2 siempre y cuando la transmisión de las tensiones  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  expuesta en relación con la figura 1 al equipo receptor y de evaluación 32 mostrado en la figura 1 se realice correctamente. A continuación, se explica este caso funcional.

El procedimiento 40 presenta un regulador de tensión 44 al que está suministrado el valor teórico de la tensión  $u_{1B}^*$ . Además, el procedimiento 40 presenta una conversión 46, que analiza la tensión  $u_{1B}$  medida en el lado primario del

transformador 23 correspondiente y la fracción en su frecuencia  $f_B$ , su fase  $\phi_{u1B}$  y su amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$ . La frecuencia  $f_B$ , la fase  $\phi_{u1B}$  y la amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$  están suministradas al regulador de tensión 44.

5 En función del valor teórico de la tensión  $u_{1B}^*$  y de al menos uno de los valores  $f_B$ ,  $\phi_{u1B}$ ,  $u_{1B(a)}$  determinados a partir de la tensión  $u_{1B}$  medida, el regulador de tensión 44 genera un valor teórico de la potencia activa  $P_B^*$  y un valor teórico de la potencia reactiva  $Q_B^*$ , que a través de los conmutadores 42 son transmitidos a un regulador de potencia activa 48 y a un regulador de potencia reactiva 49.

10 El procedimiento 40 presenta un cálculo de potencia 51, que genera un valor real de la potencia activa  $P_B$  y un valor real de la potencia reactiva  $Q_B$  en función de la fase  $\phi_{u1B}$  y de la amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$  y en función de la corriente  $i_{1B}$  medida. El valor real de la potencia activa  $P_B$  está suministrado al regulador de potencia activa 48 y el valor real de la potencia reactiva  $Q_B$  está suministrado al regulador de potencia reactiva 49.

15 Por el lado de su salida, el regulador de potencia activa 48 genera una diferencia de fase  $\Delta\phi^*$  y el regulador de potencia reactiva 49 genera una diferencia de tensión  $\Delta u_{1B}^*$ . La diferencia de fase  $\Delta\phi^*$  se vincula por adición con la fase  $\phi_{u1B}$  y la diferencia de tensión  $\Delta u_{1B}^*$  se vincula por adición con la amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$ . Las adiciones dan como resultado una fase  $\phi_{u2B}$  y una amplitud de la oscilación básica  $u_{2B(a)}$ , que se refieren al lado secundario del transformador 23 correspondiente. La fase  $\phi_{u2B}$  es sometida a una conversión  $\cos 53$  y el valor resultante se vincula por multiplicación con la amplitud de la oscilación básica  $u_{2B(a)}$ . La multiplicación da como resultado una tensión teórica  $u_{2B}^*$ , que constituye la señal de salida del procedimiento 40 y que está presente en la salida del convertidor 26 correspondiente.

20 El *modus operandi* explicado anteriormente requiere la presencia del valor teórico de la tensión  $u_{1B}^*$  (figura 2) o, en su caso,  $u^*$  (figura 1). Si no se da este valor teórico de la tensión  $u_{1B}^*$ , o bien,  $u^*$ , por ejemplo como consecuencia de una transmisión perturbada de las tensiones  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$ , entonces los conmutadores 42 son conectados en la posición no representada en la figura 2. Con ello, ya no se lleva a cabo el *modus operandi* explicado anteriormente. En su lugar, en este caso funcional se procede como sigue a continuación.

25 El procedimiento 40 presenta un regulador de red 55, al que están suministradas una o varias de la frecuencia  $f_B$ , fase  $\phi_{u1B}$  y/o amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$  proporcionadas por la conversión 46. Asimismo, al regulador de red 55 pueden estar suministrados, dado el caso, el valor real de la potencia activa  $P_B$  y/o el valor real de la potencia reactiva  $Q_B$  proporcionados por el cálculo de potencia 51.

30 En función de una o varias de estas variables de entrada, el regulador de red 55 determina un valor de la potencia activa y un valor de la potencia reactiva, que están suministrados a un limitador de la potencia 57. El valor de la potencia activa y el valor de la potencia reactiva son limitados por este limitador de la potencia 57 en dependencia de valores mínimos y máximos predeterminados. En concreto, el valor de la potencia activa se limita a un valor máximo de la potencia activa  $P_{max}$  predeterminado y/o a un valor mínimo de la potencia activa  $P_{min}$  predeterminado y/o el valor de la potencia activa se limita a un trabajo máximo  $W_{max}$  predeterminado en un intervalo de tiempo determinado.

35 También el valor de la potencia reactiva se limita de manera correspondiente o similar. Los valores limitados resultantes constituyen el valor teórico de la potencia activa  $P_B^*$  y el valor teórico de la potencia reactiva  $Q_B^*$  transmitidos a través de los conmutadores 42.

40 Ha de señalarse que, dado el caso, también puede prescindirse del limitador de la potencia 57. En este caso, el valor de la potencia activa y el valor de la potencia reactiva generados por el regulador de red 55 constituyen directamente el valor teórico de la potencia activa  $P_B^*$  y el valor teórico de la potencia reactiva  $Q_B^*$  transmitidos a través de los conmutadores 42.

45 Asimismo, ha de señalarse que, dado el caso, también puede prescindirse del regulador de tensión 44. En este caso, tampoco son ya necesarios los conmutadores 42. En su lugar, el procedimiento 40 entero está entonces estructurado sobre el regulador de red 55 que, dado el caso con la ayuda del limitador de la potencia 57, genera el valor teórico de la potencia activa  $P_B^*$  y el valor teórico de la potencia reactiva  $Q_B^*$ .

Una primera forma de realización del regulador de red 55 se muestra en la figura 3a.

50 En ella, el regulador de red 55 presenta un regulador  $U(a)$  61 y un regulador  $\cos(\phi)$  62. Al regulador  $U(a)$  61 están suministradas la amplitud de la oscilación básica teórica  $u_{1B(a)}^*$  y la amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$ . La amplitud de la oscilación básica teórica  $u_{1B(a)}^*$  es estimada y predeterminada al regulador de red 55. La amplitud de la oscilación básica teórica  $u_{1B(a)}^*$  es aquella amplitud de la tensión que se da en las barras ómnibus 211, 212 de las dos subestaciones 11, 12. Esta amplitud de la tensión se puede calcular en particular mediante un procedimiento de cálculo del promedio y, dado el caso, de ponderación. La amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$  es generada por la conversión 46 a partir de la tensión  $u_{1B}$  medida.

55 A partir de estos valores de entrada, el regulador  $U(a)$  61 genera un valor teórico de la potencia aparente  $S_B^*$ , que está suministrado al regulador  $\cos(\phi)$  62. Asimismo, al regulador  $\cos(\phi)$  62 está suministrado el factor de potencia teórico  $\cos\phi^*$ . El factor de potencia teórico  $\cos\phi^*$  es el factor de potencia medio estimado, que representa las cargas que se producen por el funcionamiento ferroviario.

A partir de estos valores de entrada, el regulador  $\cos(\phi)$  62 genera el valor teórico de la potencia activa  $P^*_B$  y el valor teórico de la potencia reactiva  $Q^*_B$  transmitidos a través de los conmutadores 62.

Tal y como se ha explicado, se pueden estimar la amplitud de la oscilación básica teórica  $u^*_{1B(a)}$  y el factor de potencia teórico  $\cos\phi^*$ . Esto puede realizarse, por ejemplo, antes de la puesta en funcionamiento del regulador de red 55.

5 De manera alternativa o adicional, es posible que la amplitud de la oscilación básica teórica  $u^*_{1B(a)}$  y el factor de potencia teórico  $\cos\phi^*$  se determinen y almacenen en espacios temporales predeterminados durante el funcionamiento no perturbado, por lo tanto, funcional, de la transmisión de las tensiones  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  de la figura 1. Estos valores almacenados de la amplitud de la oscilación básica teórica  $u^*_{1B(a)}$  y del factor de potencia teórico  $\cos\phi^*$  pueden utilizarse entonces durante la transmisión perturbada de las tensiones  $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$  de la figura 1.

10 En la figura 3b, se muestra una segunda forma de realización del regulador de red 55. A este respecto, la figura 3b se basa en la figura 3a y constituye una ampliación del regulador 55 de la figura 3a. En este sentido, se hace referencia a la descripción de la figura 3a.

El regulador de red 55 de la figura 3b presenta una determinación de la carga 64, a la que están suministrados la amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$  y el valor real de la potencia activa  $P_B$  y el valor real de la potencia reactiva  $Q_B$ .

15 La amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$  es generada aquí por la conversión 46 y el valor real de la potencia activa  $P_B$  y el valor real de la potencia reactiva  $Q_B$  son generados por el cálculo de potencia 51.

Además, a la determinación de la carga 64 están suministradas a través de una entrada 65 una o varias variables que representan la potencia activa y reactiva de las subestaciones 11, 12 adyacentes. De manera opcional, también se pueden suministrar la potencia aparente y el factor de potencia. Estas variables de la potencia pueden transmitirse al regulador de red 55 en espacios temporales predeterminados a través de tecnologías de control existentes. Por lo tanto, las variables de la potencia no se transmiten a través del emisor 31 y el equipo receptor y de evaluación 32 de la figura 1, sino con independencia de ellos. En este sentido, la transmisión de las variables de la potencia puede realizarse en espacios temporales más amplios, por ejemplo, espaciados entre aproximadamente 5 minutos y aproximadamente 15 minutos.

25 A partir de estas variables de la potencia, la determinación de la carga 64 puede determinar, por ejemplo, la amplitud media de la tensión de las subestaciones 11, 12 adyacentes y/o el factor de potencia medio de éstas. Al efectuarse este cálculo, se pueden tener en cuenta el valor real de la potencia activa  $P_B$  y/o el valor real de la potencia reactiva  $Q_B$  y/o la amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$ .

30 En función de estas variables de entrada, la determinación de la carga 64 genera una amplitud de la oscilación básica teórica sustitutiva  $Eu^*_{1B(a)}$  y un factor de potencia teórico sustitutivo  $E\cos\phi^*$ , que se transmiten al regulador  $U(a)$  61 y al regulador  $\cos(\phi)$  62 en lugar de la amplitud de la oscilación básica teórica  $u^*_{1B(a)}$  y del factor de potencia teórico  $\cos\phi^*$ .

35 De manera correspondiente a lo explicado en relación con la figura 3a, el regulador  $U(a)$  61 y el regulador  $\cos(\phi)$  62 de la figura 3b generan el valor teórico de la potencia activa  $P^*_B$  y el valor teórico de la potencia reactiva  $Q^*_B$  transmitidos a través de los conmutadores 42 a partir de la amplitud de la oscilación básica teórica sustitutiva  $Eu^*_{1B(a)}$  y del factor de potencia teórico sustitutivo  $E\cos\phi^*$ , así como a partir de la amplitud de la oscilación básica  $u_{1B(a)}$  suministrada por la conversión 46.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (40) para poner en funcionamiento una estación de convertidores (13) de una red ferroviaria eléctrica (10) mediante un regulador de red (55), en donde la red ferroviaria eléctrica (10) presenta catenarias (34) y subestaciones (11, 12) con barras ómnibus (211, 212) comunes, en donde la estación de convertidores (13) está dispuesta de manera adyacente a las subestaciones (11, 12) y presenta un convertidor (26) y otra barra ómnibus (28) común, en donde el convertidor (26) es apropiado para ajustar la tensión en la barra ómnibus (28) de la estación de convertidores (13) de tal modo que aquélla tiene esencialmente las mismas amplitud, frecuencia y posición de fase que en las barras ómnibus (211, 212) comunes de las subestaciones (11, 12), **caracterizado porque**, debido a una transmisión perturbada de las tensiones ( $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$ ) de las subestaciones (11, 12):
- 5 a partir de una tensión ( $u_{1B}$ ) que se mide en una salida de un transformador (23) acoplado al convertidor (26), se determina su amplitud de la oscilación básica ( $u_{1B(a)}$ ), porque una amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y un factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) se predeterminan, estimándose la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y el factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ), por ejemplo, antes de la puesta en funcionamiento del regulador de red (55), y/o la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y el factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) se determinan y almacenan, durante el funcionamiento funcional de la transmisión de las tensiones ( $u_{v1}$ ,  $u_{v2}$ ) de las subestaciones (11, 12), en espacios temporales predeterminados, porque se determina un valor teórico de la potencia aparente ( $S^*_B$ ) a partir de la amplitud de la oscilación básica ( $u_{1B(a)}$ ) y de la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ), porque a partir del valor teórico de la potencia aparente ( $S^*_B$ ) y del factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) se determinan un valor teórico de la potencia activa ( $P^*_B$ ) y un valor teórico de la potencia reactiva ( $Q^*_B$ ), y porque a partir del valor teórico de la potencia activa ( $P^*_B$ ) y del valor teórico de la potencia reactiva ( $Q^*_B$ ) se determina una tensión teórica para ajustar la tensión de salida del convertidor (13) con el fin de minimizar las pérdidas por transmisión a través de las catenarias.
- 10 2. Procedimiento (40) según la reivindicación 1, donde en la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) se trata esencialmente de aquella amplitud de la tensión que está presente en las dos subestaciones (11, 12) y que, dado el caso, es promediada y/o ponderada adicionalmente.
- 15 3. Procedimiento (40) según una de las reivindicaciones 1 o 2, donde en el factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) se trata de un factor de potencia medio que representa las cargas que se generan durante el funcionamiento ferroviario.
- 20 4. Procedimiento (40) según una de las reivindicaciones 1 a 3, donde la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y el factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) se predeterminan, en particular, se estiman, antes de la puesta en funcionamiento del procedimiento (40).
- 25 5. Procedimiento (40) según una de las reivindicaciones 1 a 4, donde la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y el factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) se corrigen o, en su caso, se adaptan, en el transcurso del procedimiento (40).
- 30 6. Procedimiento (40) según la reivindicación 5, donde, con un funcionamiento no perturbado, la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y el factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) se determinan y almacenan en espacios temporales predeterminados, y donde se recurre a estos valores almacenados en un funcionamiento perturbado para la predeterminación de la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y del factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ).
- 35 7. Procedimiento (40) según una de las reivindicaciones 1 a 6, donde se determinan una amplitud de la oscilación básica teórica sustitutiva ( $Eu^*_{1B(a)}$ ) y un factor de potencia teórico sustitutivo ( $E\cos\phi^*$ ) que se usan en lugar de la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y del factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ).
- 40 8. Procedimiento (40) según la reivindicación 7, donde, a partir de la tensión ( $u_{1B}$ ) medida, se determina su fase ( $\phi_{u1B}$ ), en donde se determinan un valor real de la potencia activa ( $P_B$ ) y un valor real de la potencia reactiva ( $Q_B$ ), y en donde la amplitud de la oscilación básica teórica sustitutiva ( $Eu^*_{1B(a)}$ ) y el factor de potencia teórico sustitutivo ( $E\cos\phi^*$ ) se determinan a partir de estas magnitudes.
- 45 9. Procedimiento (40) según la reivindicación 8, donde el valor real de la potencia activa ( $P_B$ ) y el valor real de la potencia reactiva ( $Q_B$ ) se determinan a partir de la amplitud de la oscilación básica ( $u_{1B(a)}$ ), de la fase ( $\phi_{u1B}$ ) y de una corriente ( $i_{1B}$ ) medida, medidas en la salida del transformador (23).
- 50 10. Dispositivo para ejecutar el procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, donde hay un regulador de red (55) al que están suministrados la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ), el factor de potencia teórico ( $\cos\phi^*$ ) y la amplitud de la oscilación básica ( $u_{1B(a)}$ ), y el cual genera el valor teórico de la potencia activa ( $P^*_B$ ) y el valor teórico de la potencia reactiva ( $Q^*_B$ ).
- 55 11. Dispositivo según la reivindicación 10, donde hay una determinación de la carga (64) a la que están suministrados una amplitud de la oscilación básica ( $u_{1B(a)}$ ), un valor real de la potencia activa ( $P_B$ ) y un valor real de la potencia reactiva ( $Q_B$ ), y la cual genera una amplitud de la oscilación básica teórica sustitutiva ( $Eu^*_{1B(a)}$ ) y un factor de potencia teórico sustitutivo ( $E\cos\phi^*$ ) en lugar de la amplitud de la oscilación básica teórica ( $u^*_{1B(a)}$ ) y del factor de potencia

teórico ( $\cos\phi^*$ ).

- 5 12. Dispositivo según la reivindicación 11, donde a la determinación de la carga (64) están suministrados datos relativos al rendimiento de las subestaciones (11, 12) adyacentes, en particular, una o varias magnitudes que representan la potencia activa y/o reactiva y/o la potencia aparente y/o el factor de potencia de las subestaciones (11, 12) adyacentes.

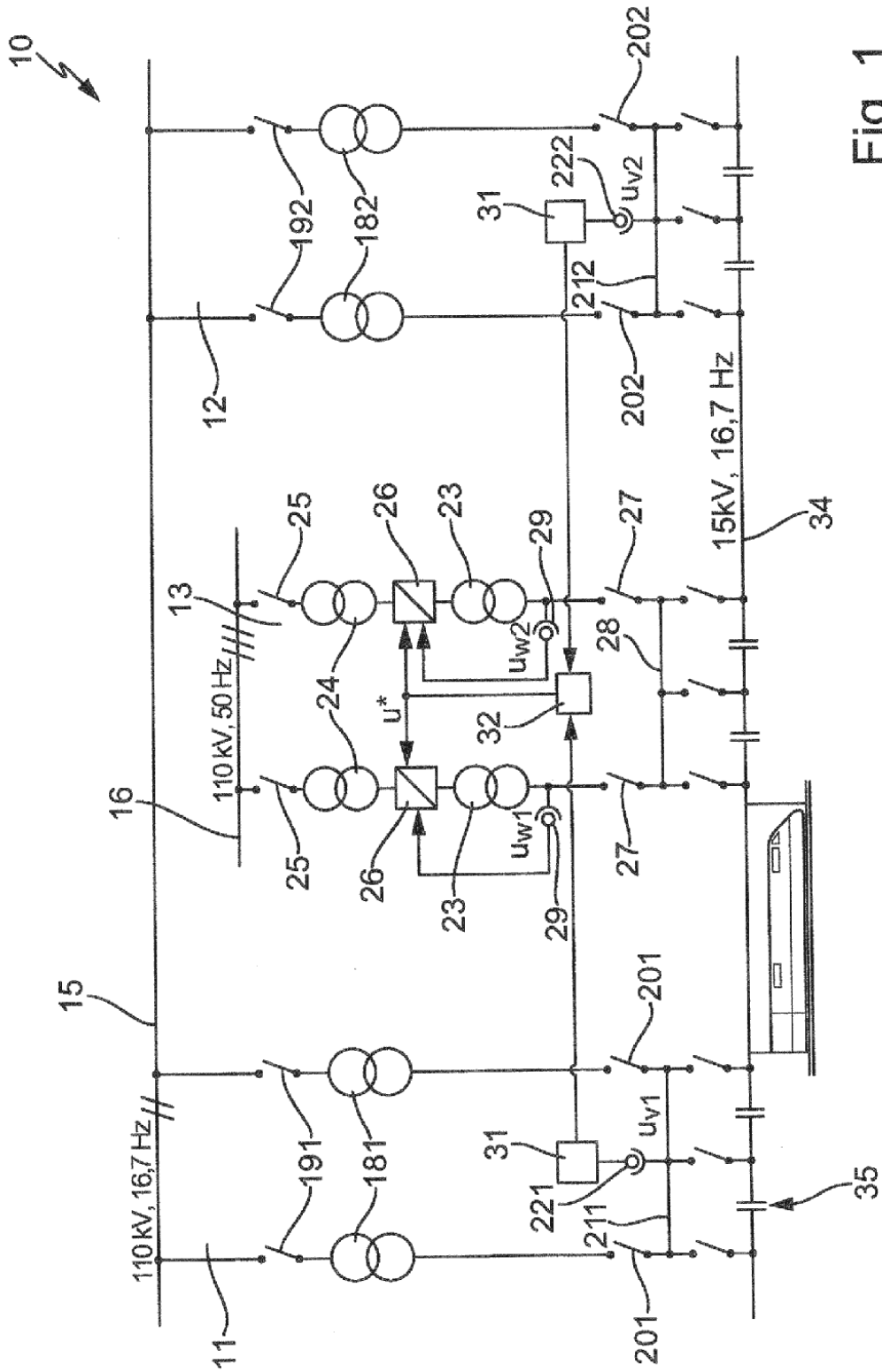


Fig. 1



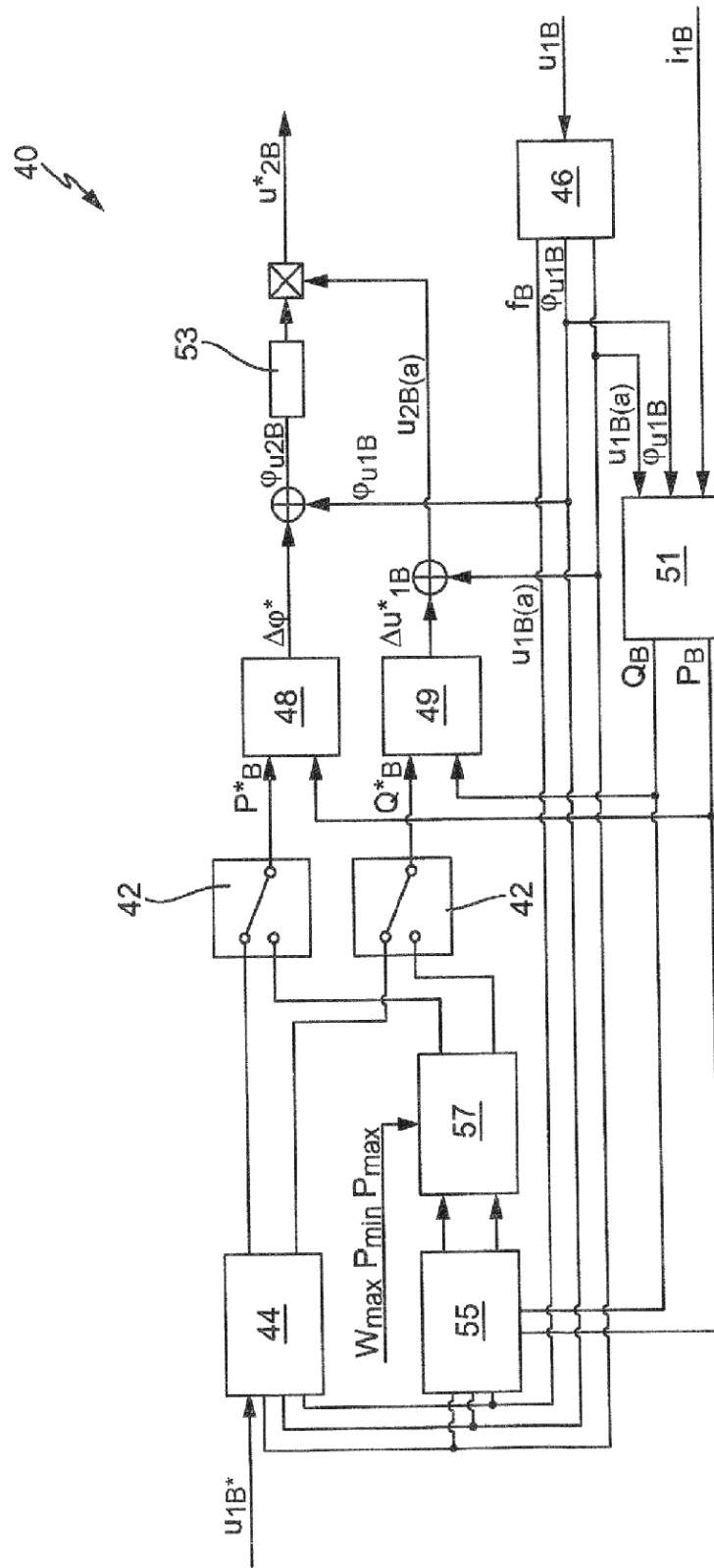


Fig. 2

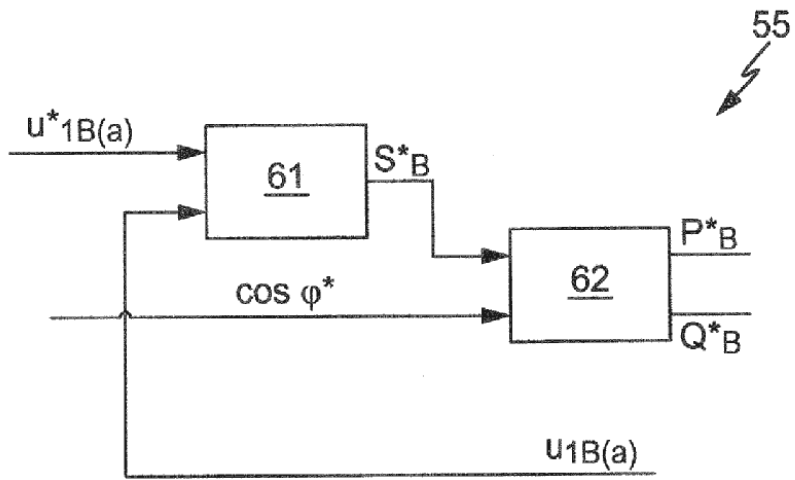


Fig. 3a

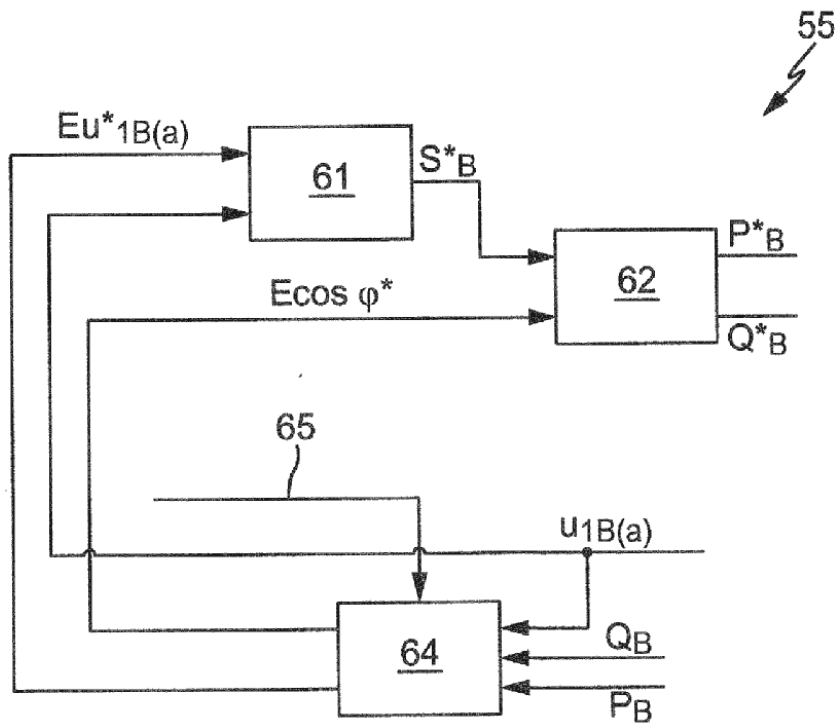


Fig. 3b