

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 322**

51 Int. Cl.:

H02M 5/12 (2006.01)

H02M 5/257 (2006.01)

H05B 1/02 (2006.01)

H05B 7/144 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.05.2020 PCT/EP2020/062915**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2020 WO20259907**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2020 E 20723168 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2022 EP 3991287**

54 Título: **Fuente de alimentación para horno de arco con circuito resonante**

30 Prioridad:

27.06.2019 EP 19182898

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

10.04.2023

73 Titular/es:

**ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Bruggerstrasse 66
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

STEIMER, PETER KARL

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 938 322 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

Fuente de alimentación para horno de arco con circuito resonante

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al campo de los hornos de arco. En particular, la invención se refiere a un sistema de fuente de alimentación para un horno de arco eléctrico, a un método y a un controlador para controlar el sistema de fuente de alimentación, así como a un horno de arco con un sistema de fuente de alimentación de este tipo.

10

Antecedentes de la invención

Los hornos de arco eléctricos a menudo se conectan directamente a una red de CA a través de un transformador. A continuación, puede ser difícil limitar la corriente eléctrica durante la operación, lo que puede limitar el uso de electrodos y la productividad. Adicionalmente, el transformador puede necesitar entonces un costoso sistema cambiador de tomas con carga, que se usa a menudo, y el horno de arco puede generar una fluctuación en la red de CA. Por lo tanto, puede ser necesario un compensador estático de VAR adicional para mitigar los problemas de fluctuación.

15

20

En los documentos EP 0 589 544 B1 y US 6 603 795 B2, se muestra una fuente de alimentación de horno de arco, que está adaptada para cortar la corriente eléctrica con tiristores antiparalelos conectados en serie con o sin un inductor paralelo. De esta forma, puede mejorarse la productividad del horno de arco. Sin embargo, al limitar la corriente, puede incrementarse una resistencia interior del horno de arco más de lo necesario, lo que puede reducir la eficiencia del horno de arco.

25

El documento US 6 274 851 B1 muestra una fuente de alimentación para un horno de arco, que comprende un interruptor basado en semiconductores en cada una de las fases. Un circuito amortiguador con un condensador y una inductancia están conectados en paralelo al interruptor.

30

El documento EP 0 429 774 A1 muestra una fuente de alimentación de horno de arco con un interruptor de semiconductor bidireccional conectado en paralelo a un inductor, que está interconectado en una fase de la fuente de alimentación.

35

El documento US 2012/314 728 A1 muestra una fuente de alimentación de horno de arco con interruptores de semiconductor bidireccionales conectados en serie a un inductor, que está interconectado en una fase de la fuente de alimentación.

40

El documento WO 2016/191 861 A1 describe un sistema de control para una fuente de alimentación de horno de arco, que está adaptado para controlar la fluctuación. Se muestra un interruptor de semiconductor bidireccional, que está conectado en serie y en paralelo a inductores interconectados en una fase de la fuente de alimentación.

Descripción de la invención

45

Un objetivo de la invención es proporcionar una fuente de alimentación de horno de arco, con una corriente eléctrica controlable y alta eficiencia.

Este objetivo se logra mediante la materia objeto de las reivindicaciones independientes. Otras realizaciones ilustrativas son evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y la siguiente descripción.

50

Un primer aspecto de la invención se refiere a un sistema de fuente de alimentación para un horno de arco eléctrico. Un horno de arco eléctrico puede ser un dispositivo, que está adaptado para fundir o reducir materiales metálicos con la ayuda de un arco que es producido por una corriente eléctrica. La corriente eléctrica se produce con el sistema de fuente de alimentación, que puede estar conectado entre una red eléctrica de CA media y los electrodos del horno de arco. El sistema de fuente de alimentación también puede comprender un transformador, que transforma una tensión de entrada de CA media en una tensión de salida de CA baja, que se suministra a los electrodos.

55

Una tensión media puede ser una tensión entre 1 kV y 20 kV. Una tensión baja puede ser una tensión por debajo de 1 kV. Debería observarse que la corriente a través de los electrodos puede ser superior a 1000 A.

60

El sistema de fuente de alimentación puede ser un sistema multifásico que tenga varias fases, tal como tres. La tensión de entrada puede ser una tensión trifásica con, por ejemplo, 50 o 60 Hz.

65

De acuerdo con una realización de la invención, el sistema de fuente de alimentación comprende una entrada de CA, que puede comprender una o más fases, conectable a una red eléctrica, y una salida de CA, que puede comprender una o más fases, para alimentar al menos un electrodo de potencia del horno de arco. La entrada de CA puede comprender tres fases. También, la salida de CA puede comprender tres fases.

- De acuerdo con la invención, el sistema de fuente de alimentación comprende un circuito resonante que interconecta la entrada de CA y la salida de CA, en donde el circuito resonante comprende un interruptor de derivación controlable para conectar y desconectar una entrada de circuito y una salida de circuito del circuito resonante. El circuito resonante comprende un condensador y un inductor principal conectados en paralelo con el interruptor de derivación. El condensador y el inductor principal pueden conectarse en serie y/o pueden conectarse entre la entrada de circuito y la salida de circuito. El circuito resonante puede estar interconectado en una fase de la entrada de CA y/o en una fase de la salida de CA.
- De acuerdo con la invención, el sistema de fuente de alimentación comprende un controlador para controlar el interruptor de derivación, de tal manera que se forma una corriente circular en el circuito resonante cuando el interruptor de derivación está cerrado, lo que reduce la corriente a través del sistema de fuente de alimentación.
- Al controlar el interruptor de derivación, puede controlarse una corriente a través del circuito resonante. Cuando el interruptor de derivación está abierto, una corriente a través del circuito resonante únicamente puede fluir desde la entrada de circuito a través del condensador y un inductor principal hasta la salida de circuito y viceversa. En el caso de que el interruptor de derivación esté cerrado, la corriente también puede fluir desde la entrada de circuito a través del interruptor de derivación hasta la salida de circuito y viceversa. Adicionalmente, una corriente circular puede fluir a través del circuito resonante cuando el interruptor de derivación está cerrado. Esta corriente circular puede fluir a través del interruptor de derivación, el condensador y el inductor principal.
- Al controlar de esta manera la corriente a través del circuito resonante, puede controlarse la corriente a través del sistema de fuente de alimentación. En particular, la corriente a través del dispositivo de fuente de alimentación puede controlarse y/o ajustarse a una corriente nominal específica y/o definida, que puede ser menor que la corriente máxima que puede generarse por el sistema de fuente de alimentación.
- Puede elegirse el condensador del condensador y la inductancia del inductor, de tal manera que el circuito resonante tenga una baja impedancia a la frecuencia de tierra de la tensión de CA procesada por el horno de arco, es decir, la tensión de CA procedente de la red eléctrica. La impedancia a esta frecuencia puede ser menor que a otras frecuencias y/o puede tener un mínimo. De esta forma, puede reducirse una resistencia interior del horno de arco.
- De acuerdo con una realización de la invención, un inductor adicional está conectado en serie con el interruptor de derivación entre la entrada y la salida. El inductor adicional puede desacoplarse de la corriente a través del circuito resonante cuando el interruptor de derivación está abierto.
- De acuerdo con una realización de la invención, el inductor adicional está conectado en paralelo con el condensador y el inductor principal. Cuando el interruptor de derivación está cerrado, puede fluir también una corriente a través del interruptor de derivación a través del inductor adicional. Es más, el inductor adicional puede contribuir a la inductancia del circuito resonante en vista de las corrientes circulares.
- De acuerdo con una realización de la invención, el inductor principal tiene una inductancia más alta que el inductor adicional. Por ejemplo, el inductor principal puede tener una inductancia al menos 10 veces mayor que el inductor adicional.
- De acuerdo con una realización de la invención, el interruptor de derivación se compone de interruptores de semiconductor. Por ejemplo, el interruptor de derivación puede comprender uno o más transistores o tiristores, tales como IGBT, IGCT, etc.
- De acuerdo con una realización de la invención, el interruptor de derivación es un interruptor bidireccional. Esto puede lograrse conectando dos interruptores de semiconductor unidireccionales en antiparalelo entre sí.
- De acuerdo con una realización de la invención, el interruptor de derivación comprende dos interruptores de semiconductor antiparalelos, tales como dos tiristores en antiparalelo. Los tiristores están adaptados para conmutar corrientes altas, como normalmente están presentes en la fuente de alimentación de un horno de arco.
- De acuerdo con una realización de la invención, el sistema de fuente de alimentación comprende además un transformador, que está interconectado entre la entrada de CA y la salida de CA del sistema de fuente de alimentación. Como ya se ha descrito, el transformador, que puede ser un transformador multifásico, puede transformar una tensión de entrada de CA más alta en una tensión de salida de CA más baja.
- De acuerdo con una realización de la invención, el transformador puede estar interconectado entre la entrada de CA y el circuito resonante. En otras palabras, el circuito resonante puede proporcionarse en el lado del sistema de fuente de alimentación con la tensión más alta.
- De acuerdo con una realización de la invención, el transformador puede estar interconectado entre el circuito resonante y la salida de CA. En otras palabras, el circuito resonante puede proporcionarse en el lado del sistema de fuente de

alimentación con la tensión más baja.

De acuerdo con una realización de la invención, el sistema de fuente de alimentación comprende además un filtro de armónicos interconectado en la entrada de CA. Con el filtro de armónicos, pueden filtrarse armónicos de orden superior en la tensión de entrada de CA, que pueden generarse por los componentes del horno de arco. El filtro de armónicos puede comprender al menos dos componentes de filtro, cada uno de los cuales comprende un condensador de filtro y un inductor de filtro y cada uno de los cuales está adaptado a otro armónico de orden superior de una tensión de alimentación, es decir, la tensión de entrada de CA.

El filtro de armónicos puede ser un filtro capacitivo y/o inductivo conectado en paralelo con la entrada de CA. En el caso de un sistema multifásico, los componentes de filtro de armónicos pueden conectar en estrella las fases de la entrada de CA. Debe observarse que también puede interconectarse un filtro conectado en serie en la entrada de CA.

De acuerdo con una realización de la invención, el sistema de fuente de alimentación comprende además un reactor inductivo activo interconectado en la entrada de CA, en donde el reactor inductivo activo comprende un interruptor de derivación y un inductor conectado a la entrada de CA. El interruptor de derivación del reactor inductivo activo puede estar diseñado como el interruptor de derivación del circuito resonante, por ejemplo, con dos tiristores en antiparalelo. En el caso de un sistema multifásico, el reactor inductivo activo puede tener ramificaciones de reactor, que conectan en estrella las fases de la entrada de CA.

De acuerdo con una realización de la invención, el sistema de fuente de alimentación comprende además un convertidor de compensación interconectado en la entrada de CA. El convertidor de compensación puede ser un STATCOM basado en una fuente de tensión. En el caso de un sistema multifásico, el convertidor de compensación puede tener ramificaciones de convertidor, que conectan en estrella las fases de la entrada de CA.

El reactor inductivo activo y/o el convertidor de compensación pueden controlarse mediante un controlador del sistema de fuente de alimentación y/o pueden usarse para compensar variaciones del flujo de alimentación a través del sistema de fuente de alimentación y/o para compensar variaciones de tensión en la entrada de CA.

De acuerdo con una realización de la invención, el reactor inductivo activo y/o el convertidor de compensación se controlan para minimizar una fluctuación en la entrada de CA. La fluctuación puede minimizarse en el punto de conexión común del horno de arco a la red eléctrica. La reducción de la fluctuación puede ser un segundo objetivo de control además del control del flujo de alimentación al horno de arco.

La fluctuación en la red eléctrica pueden ser fluctuaciones en la tensión de la red y pueden determinarse basándose en las mediciones de tensión en la entrada de CA. La norma IEC 61000-4-15 proporciona métodos y/o fórmulas para estimar la fluctuación.

De acuerdo con una realización de la invención, la entrada de CA tiene al menos dos fases, tal como tres fases, y/o la salida de CA tiene al menos dos fases, tal como tres fases. Un circuito resonante como se ha descrito anteriormente y a continuación, puede interconectarse en cada fase de la entrada de CA o la salida de CA. En el caso de un sistema multifásico, cada fase del lado de la fuente de alimentación antes o después del transformador puede estar provista de un circuito resonante.

Otros aspectos de la invención se refieren a un método y un controlador para controlar el sistema de fuente de alimentación como se ha descrito anteriormente y a continuación. Debe entenderse que las características del método como se ha descrito en lo anterior y a continuación pueden ser características del controlador y/o del sistema de fuente de alimentación como se ha descrito anteriormente y a continuación. El controlador puede adaptarse para realizar automáticamente el método.

De acuerdo con una realización de la invención, el método comprende: determinar una corriente electródica suministrada al al menos un electrodo; y controlar el interruptor de derivación, de tal manera que la corriente electródica se ajuste a una corriente definida, tal como una corriente nominal. El controlador puede medir una corriente a través del sistema de fuente de alimentación en el lado de entrada y/o en el lado de salida. A partir de eso, puede determinarse la corriente electródica. En función de la potencia necesaria a suministrar a los electrodos que, por ejemplo, puede depender de la fase del proceso de fusión y/o la cantidad de material fundido, puede proporcionarse una corriente definida y el controlador puede ajustar la corriente electródica a esta corriente. La corriente definida puede proporcionarse por el controlador, por ejemplo, basándose en las mediciones en el sistema de fuente de alimentación.

El interruptor de derivación se controla de tal manera que se forma una corriente circular en el circuito resonante, cuando el interruptor de derivación está cerrado, lo que reduce la corriente a través del sistema de fuente de alimentación.

El control puede realizarse abriendo y cerrando el interruptor de derivación en consecuencia. Esto puede hacerse con una frecuencia específica.

De acuerdo con una realización de la invención, se ajusta un ciclo de trabajo del interruptor de derivación para controlar la corriente eléctrica. El ciclo de trabajo del interruptor de derivación puede ser un intervalo de tiempo de un período de la corriente a través del circuito resonante, en el que el interruptor de derivación está abierto, es decir, conduciendo. Cuanto más largo sea el ciclo de trabajo, mayor será la corriente.

De acuerdo con una realización de la invención, el método comprende, además: detectar una sobretensión y/o una sobrecorriente momentánea en el circuito resonante; y proteger el circuito resonante con el interruptor de derivación cuando se detecta una sobretensión y/o una sobrecorriente momentánea, abriendo y/o cerrando el interruptor de derivación. El interruptor de derivación también puede usarse para proteger el circuito resonante contra sobretensiones y/o sobrecorrientes momentáneas, por ejemplo, durante el arranque y/o la operación transitoria. La tensión y/o la corriente en el circuito resonante pueden medirse mediante el controlador, que también puede comparar estos valores con umbrales, que indican una sobretensión y/o una sobrecorriente momentánea. Cuando los valores correspondientes superan el umbral, puede activarse la función de protección. Por ejemplo, el interruptor de derivación puede cerrarse para reducir la tensión a través del condensador y el inductor principal y/o para reducir la corriente a través del condensador y el inductor principal.

Otro aspecto de la invención se refiere a un horno de arco eléctrico, que comprende un sistema de fuente de alimentación como se ha descrito anteriormente y a continuación.

De acuerdo con una realización de la invención, el horno de arco eléctrico comprende además un recipiente para recibir material metálico y/o electrodos de potencia para fundir el material metálico cuando se suministra con la corriente del sistema de fuente de alimentación. Los electrodos de potencia también pueden tener un mecanismo mecánico, que está adaptado para ajustar la distancia de los electrodos al material metálico. El controlador del sistema de fuente de alimentación también puede controlar este mecanismo para ajustar la impedancia del sistema que comprende los electrodos y el material metálico. Se espera menos uso de un cambiador de tomas y/o menos movimientos de electrodo. Los cambiadores de tomas pueden incluso eliminarse.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán haciendo referencia a las realizaciones descritas a continuación.

Breve descripción de los dibujos

La materia objeto de la invención se explicará con más detalle en el siguiente texto haciendo referencia a realizaciones a modo de ejemplo que se ilustran en los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra un diagrama de circuito esquemático de un horno de arco de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 2 muestra un diagrama de circuito esquemático de un horno de arco de acuerdo con otra realización de la invención.

La figura 3 muestra un circuito resonante para el horno de arco de las figuras 1 y 2.

La figura 4 muestra un convertidor de compensación para el horno de arco de las figuras 1 y 2.

La figura 5 muestra un reactor inductivo activo para el horno de arco de las figuras 1 y 2.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método para controlar el horno de arco de las figuras 1 y 2.

Los símbolos de referencia usados en los dibujos, y sus significados, se enumeran de forma resumida en la lista de símbolos de referencia. En principio, las piezas idénticas están provistas de los mismos símbolos de referencia en las figuras.

Descripción detallada de realizaciones a modo de ejemplo

Las figuras 1 y 2 muestran un horno de arco 10 con un sistema de fuente de alimentación 12, que suministra energía eléctrica a los electrodos 14 del horno de arco 10. Los electrodos 14 pueden proporcionarse en un recipiente 16, que está adaptado para alojar material metálico. Cuando los electrodos 14 se alimentan con corriente, se genera un arco eléctrico y se funde el material metálico. Los electrodos pueden moverse en el recipiente con la ayuda de accionadores mecánicos 18. De esta forma, puede controlarse la longitud del arco.

El sistema de fuente de alimentación 12 está conectado con una entrada de CA 20 a una red eléctrica 22 y alimenta con una salida de CA 24 a los electrodos 14. La entrada de CA 20 y la salida de CA 24 están galvánicamente separadas por un transformador 26. El transformador 26 transforma una tensión de CA media de la red eléctrica 22 en una tensión de CA baja en la salida de CA 24. Ambas tensiones pueden tener una frecuencia de 50 Hz o 60 Hz.

Como se muestra en las figuras 1 y 2, el sistema de fuente de alimentación 12 puede ser un sistema trifásico. La tensión de entrada de CA puede tener tres componentes y el sistema de fuente de alimentación 12 puede tener tres fases 28a, 28b, 28c en el lado primario de media tensión del transformador 26. Como se muestra, el sistema de fuente de alimentación 12 también puede tener tres fases 30a, 30b, 30c en el lado secundario de baja tensión del transformador 26. Sin embargo, también es posible que haya un número diferente de fases tanto en el lado primario como en el lado secundario. También es posible que el número de fases sea diferente en ambos lados, por ejemplo, cuando el transformador 26 está diseñado con más de tres devanados en el lado secundario.

Puede ser que un reactor inductivo activo 32 y/o un convertidor de compensación 34 esté interconectado y/o conectado a la entrada de CA 20, que se usa para controlar la fluctuación, que se genera por el horno de arco 10. El reactor inductivo activo 32 y/o un convertidor de compensación 34 pueden conectarse en paralelo a la entrada de CA 20. Los componentes 32, 34 se describirán con más detalle a continuación con respecto a las figuras 4 y 5.

Es más, un filtro de armónicos 36 puede interconectarse y/o conectarse a la entrada de CA 20. El filtro de armónicos 36 puede conectarse en paralelo a la entrada de CA 20. El filtro de armónicos 36 puede comprender diversos componentes de filtro 36a, 36b, 36c, 36d, cada uno de los cuales está adaptado para filtrar un armónico de orden superior específico de la tensión de CA en la entrada de CA 20. Por ejemplo, los componentes de filtro 36a, 36b, 36c, 36d pueden adaptarse para filtrar los armónicos de orden superior 5º, 7º, 11º y 13º. Cada uno de los componentes de filtro 36a, 36b, 36c, 36d puede ser un filtro LC y puede comprender un condensador 38 y un inductor 40, que pueden conectarse en serie. En el presente caso de un sistema con tres fases 28a, 28b, 28c, cada uno de los componentes de filtro 36a, 36b, 36c, 36d puede comprender para cada fase un condensador 38 y un inductor 40, que están conectados en estrella.

También puede ser que haya un filtro de línea 42, que está conectado en serie a la entrada de CA 20, pudiendo el filtro de línea 42 comprender un inductor 44, que está conectado en serie en cada fase 28a, 28b, 28c.

Como se muestra en la figura 1, el sistema de fuente de alimentación 12 puede comprender además un circuito resonante 46a, 46b, 46c, que está conectado en serie en cada fase 28a, 28b, 28c del lado primario. Como se muestra en la figura 2, alternativa o adicionalmente, un circuito resonante 46a, 46b, 46c puede conectarse en serie en cada fase 30a, 30b, 30c del lado secundario. Los circuitos resonantes 46a, 46b, 46c se usan para limitación de corriente y/o control de potencia y se describirán con más detalle con respecto a la figura 3.

Puede ser posible que un filtro/reactor pasivo 48 esté conectado entre los circuitos 46a, 46b, 46c y el transformador 26 y/o que un filtro/reactor pasivo 50 se conecte entre el transformador 26 y la salida de CA 24. Dicho filtro/reactor pasivo 48 (o 50) puede comprender tres inductores conectados en estrella 52, cada uno de los cuales está conectado a una fase 28a, 28b, 28c (o 30a, 30b, 30c) del lado primario (o lado secundario) del sistema de fuente de alimentación 12.

Las figuras 1 y 2 también muestran un controlador 54 para controlar el horno de arco y el sistema de fuente de alimentación 12. El controlador 54 puede recibir valores de medición de tensiones y/o corrientes en el sistema de fuente de alimentación 12, tal como una tensión de entrada de CA, una corriente de entrada de CA, una tensión intermedia y una corriente intermedia entre los circuitos resonantes 46a, 46b, 46c y el transformador, una tensión de salida de CA y una corriente de salida de CA. Todas estas cantidades pueden ser cantidades multifase.

A partir de estas mediciones, valores y en base a cantidades nominales, tales como una corriente eléctrica nominal, una potencia nominal suministrada a los electrodos 14, una fluctuación máxima, etc., el controlador puede controlar el movimiento de los electrodos 14, es decir, los accionadores mecánicos 18, el reactor inductivo activo 32, el convertidor de compensación 34 y los circuitos resonantes 46a, 46b, 46c. Esto también se describirá con más detalle con respecto a la figura 6.

La figura 3 muestra uno de los circuitos resonantes 46a, 46b, 46c, que pueden diseñarse de igual manera. El circuito resonante 46a, 46b, 46c comprende una entrada de circuito 56 y una salida de circuito 58, con la que se interconecta en la respectiva fase 28a, 28b, 28c, 30a, 30b, 30c. Un interruptor de derivación 60 y un inductor 62 están conectados en serie entre la entrada 56 y la salida 58. Es más, un condensador 64 y un inductor principal 66, que pueden estar conectados en serie, están conectados entre la entrada 56 y la salida 58. El condensador de filtro 64 y el inductor principal 66 están conectados en paralelo al interruptor de derivación 60.

El inductor 62 es opcional. Puede tener una inductancia al menos 10 veces más pequeña que el inductor 66. Con el inductor 62, puede establecerse una inductancia total del circuito resonante 46a, 46b, 46c.

El interruptor de derivación 60 es un interruptor bidireccional controlable, que se compone de dos tiristores antiparalelos 68. El controlador 54 puede controlar el interruptor de derivación 60 de tal manera que se abra (conduzca) o se cierre (aísle). Al controlar el ciclo de trabajo del interruptor de derivación 60, el controlador 54 puede controlar la corriente promedio a través del interruptor de derivación 60.

Cuando el interruptor de derivación 60 está cerrado, el condensador de filtro 64, el inductor principal 66 y el inductor

opcional 62 forman un circuito resonante. El circuito resonante 46a, 46b, 46c, por lo tanto, puede verse como un circuito resonante controlable. Puede formarse una corriente circulante en el circuito resonante 46a, 46b, 46c, que se usa, de acuerdo con la invención, para reducir la corriente a través del circuito resonante 46a, 46b, 46c y, por lo tanto, la corriente a través del sistema de fuente de alimentación 12.

La figura 4 muestra el reactor inductivo activo 32 y/o el convertidor de compensación 34 con más detalle. En el caso de un reactor inductivo activo 32, cada ramificación 70 puede ser como se muestra en la figura 5. Las ramificaciones 70 pueden estar conectadas en estrella en un extremo y conectarse a una de las fases 28a, 28b, 28c con el otro extremo.

En el caso de un convertidor de compensación 34, cada ramificación 70 puede ser un convertidor (tal como un convertidor de puente controlable activo) con un almacenamiento de energía interior, por ejemplo, en forma de condensador. Las ramificaciones 70 pueden formar un compensador estático de VAR, que puede controlarse gracias al controlador 54.

La figura 5 muestra una fase de un reactor inductivo activo 32. El reactor inductivo activo 32 comprende una entrada 72 y una salida 74. Un interruptor de derivación 76 y un inductor 78 están conectados en serie entre la entrada 72 y la salida 74. El interruptor de derivación 76 es un interruptor bidireccional controlable, que se compone de dos tiristores antiparalelos 82.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de un método que el controlador 54 puede realizar automáticamente.

En la etapa S10, el controlador 54 mide una o más corrientes y/o una o más tensiones en el sistema de fuente de alimentación 12. Estas tensiones o corrientes pueden ser una tensión de entrada de CA, una corriente de entrada de CA, una tensión intermedia y/o una corriente intermedia entre los circuitos resonantes 46a, 46b, 46c y el transformador 26, una tensión de salida de CA y/o una corriente de salida de CA.

A partir de las cantidades medidas, puede determinarse una corriente eléctrica suministrada a los electrodos 14. Por ejemplo, la corriente eléctrica puede medirse directamente como la corriente de salida de CA o puede estimarse a partir de otras cantidades medidas.

En la etapa S12, el interruptor de derivación 60 se controla de tal manera que la corriente eléctrica se ajusta a una corriente definida. La corriente definida puede proporcionarse por un bucle de control exterior o puede determinarse por el propio controlador 54, por ejemplo, en función de una condición de operación y/o de una potencia que deba suministrarse a los electrodos 14.

El control del interruptor de derivación 60 puede realizarse de tal manera que se ajuste un ciclo de trabajo del interruptor de derivación 60 para controlar la corriente eléctrica. Después de un cruce por cero de la corriente a través del respectivo circuito resonante 46a, 46b, 46c, los tiristores 68 del circuito resonante pueden apagarse automáticamente y el controlador 54 puede esperar durante un tiempo de espera específico antes de disparar los tiristores y encenderlos de nuevo. Cuanto mayor sea el tiempo de espera, menor será el ciclo de trabajo y menor la corriente a través de los circuitos resonantes 46a, 46b, 46c.

En la etapa S14, se detecta una sobretensión y/o una sobrecorriente momentánea en el circuito resonante 46a, 46b, 46c por el controlador basándose en las cantidades medidas. En el caso tal como que se detecte un fallo, el controlador 54 protege el circuito resonante 46a, 46b, 46c con el interruptor de derivación 60 abriendo y/o cerrando el interruptor de derivación 60 durante un tiempo, que puede ser más largo que un período de la corriente de CA, es decir, la conmutación puede ser diferente del ajuste del ciclo de trabajo.

En la etapa S16, el controlador 54 también determina un valor de fluctuación a partir de las cantidades medidas, por ejemplo, a partir de la tensión de entrada de CA. El reactor inductivo activo 32 y/o el convertidor de compensación 34 pueden controlarse a continuación mediante el controlador 54 para minimizar el valor de fluctuación. También puede ser que otro objetivo de control de los circuitos resonantes 46a, 46b, 46c sea minimizar la fluctuación y el circuito resonante 46a, 46b, 46c pueda controlarse en consecuencia.

Si bien la invención se ha ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y la descripción anterior, tal ilustración y descripción han de considerarse ilustrativas o a modo de ejemplo y no restrictivas; la invención no se limita a las realizaciones desveladas. Los expertos en la materia y que practiquen la invención reivindicada pueden comprender y efectuar otras variaciones de las realizaciones desveladas, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un solo procesador o controlador u otra unidad puede cumplir las funciones de varios artículos enumerados en las reivindicaciones. El mero hecho de que determinadas medidas se mencionen en las reivindicaciones dependientes recíprocamente diferentes, no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse con ventaja. Ningún símbolo de referencia en las reivindicaciones debería interpretarse como limitante del alcance.

LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERENCIA

10	horno de arco
12	sistema de fuente de alimentación
14	electrodo
16	recipiente
18	accionador mecánico
20	entrada de CA
22	red eléctrica
24	salida de CA
26	transformador
28a	fase lateral primaria
28b	fase lateral primaria
28c	fase lateral primaria
30a	fase lateral secundaria
30b	fase lateral secundaria
30c	fase lateral secundaria
32	reactor inductivo activo
34	convertidor de compensación
36	filtro de armónicos
36a	componente de filtro
36b	componente de filtro
36c	componente de filtro
36d	componente de filtro
38	condensador de filtro
40	inductor de filtro
42	filtro de línea
44	inductor de filtro
46a	circuito resonante
46b	circuito resonante
46c	circuito resonante
48	filtro y/o reactor pasivo
50	filtro y/o reactor pasivo
52	inductor de filtro
54	controlador
56	entrada de circuito
58	salida de circuito
60	interruptor de derivación
62	inductor
64	condensador
66	inductor principal
68	tiristor
70	ramificación
72	entrada
74	salida
76	interruptor de derivación
78	inductor
82	tiristor

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de fuente de alimentación (12) para un horno de arco eléctrico (10), comprendiendo el sistema de fuente de alimentación (12):

una entrada de CA (20) conectable a una red eléctrica (22) y una salida de CA (24) para alimentar al menos un electrodo de potencia (14) del horno de arco (10);
un circuito resonante (46a, 46b, 46c) interconectado entre la entrada de CA (20) y la salida de CA (24);
en donde el circuito resonante (46a, 46b, 46c) comprende un interruptor de derivación controlable (60) para conectar y desconectar una entrada de circuito (56) y una salida de circuito (58) del circuito resonante (46a, 46b, 46c);
en donde el circuito resonante (46a, 46b, 46c) comprende un condensador (64) y un inductor principal (66) conectados en paralelo con el interruptor de derivación (60);
en donde el sistema de fuente de alimentación (12) comprende un controlador (54) para controlar el interruptor de derivación (60), de tal manera que se forma una corriente circular en el circuito resonante (46a, 46b, 46c), cuando el interruptor de derivación (60) está cerrado, lo que reduce la corriente a través del sistema de fuente de alimentación (12).

2. El sistema de fuente de alimentación (12) de la reivindicación 1,
en donde un inductor adicional (62) está conectado en serie con el interruptor de derivación (60) entre la entrada de circuito (56) y la salida de circuito (58).

3. El sistema de fuente de alimentación (12) de la reivindicación 2,

en donde el inductor adicional (62) está conectado en paralelo con el condensador (64) y el inductor principal (66); y/o
en donde el condensador (64) y el inductor principal (66) están conectados en serie.

4. El sistema de fuente de alimentación (12) de la reivindicación 2 o 3,
en donde el inductor principal (66) tiene una inductancia mayor que el inductor adicional (62).

5. El sistema de fuente de alimentación (12) de una de las reivindicaciones anteriores,
en donde el interruptor de derivación (60) está compuesto por interruptores de semiconductor (68); y/o en donde el interruptor de derivación (60) es un interruptor bidireccional.

6. El sistema de fuente de alimentación (12) de una de las reivindicaciones anteriores,

en donde el interruptor de derivación (60) comprende dos interruptores de semiconductor antiparalelos (68); y/o
en donde el interruptor de derivación (60) comprende dos tiristores antiparalelos (68).

7. El sistema de fuente de alimentación (12) de una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

un transformador (26) interconectado entre la entrada de CA (20) y el circuito resonante (46a, 46b, 46c); o
un transformador interconectado entre el circuito resonante (46a, 46b, 46c) y la salida de CA (24).

8. El sistema de fuente de alimentación (12) de una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

un filtro de armónicos (36) interconectado en la entrada de CA (20);
en donde el filtro de armónicos (36) comprende al menos dos componentes de filtro (36a, 36b, 36c, 36d), cada uno de los cuales comprende un condensador de filtro (38) y un inductor de filtro (40) y cada uno de los cuales está adaptado a otro armónico de orden superior de una tensión de entrada de CA.

9. El sistema de fuente de alimentación (12) de una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además:

un reactor inductivo activo (32) interconectado en la entrada de CA (20), en donde el reactor inductivo activo (32) comprende un interruptor de derivación (76) y un inductor (78) conectado a la entrada de CA (20); y/o
un convertidor de compensación (34) interconectado en la entrada de CA (20);
en donde el reactor inductivo activo (32) y/o el convertidor de compensación (34) se controlan para minimizar una fluctuación en la entrada de CA (20).

10. El sistema de fuente de alimentación (12) de una de las reivindicaciones anteriores,

en donde la entrada de CA (20) tiene al menos dos fases (28a, 28b, 28c) y/o la salida de CA tiene al menos dos fases (30a, 30b, 30c);
en donde un circuito resonante (46a, 46b, 46c) está interconectado en cada fase (28a, 28b, 28c) de la entrada de CA (20) y/o en cada fase (30a, 30b, 30c) de la salida de CA (24).

11. Un método para controlar el sistema de fuente de alimentación (12) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el método:
- 5 determinar una corriente electródica suministrada al al menos un electrodo (14);
 controlar el interruptor de derivación (60), de tal manera que la corriente electródica se ajuste a una corriente definida, en donde se forma una corriente circular en el circuito resonante (46a, 46b, 46c), cuando el interruptor de derivación (60) está cerrado, lo que reduce la corriente a través del sistema de fuente de alimentación (12).
- 10 12. El método de la reivindicación 11,
 en donde se ajusta un ciclo de trabajo del interruptor de derivación (60) para controlar la corriente electródica.
13. El método de la reivindicación 11 o 12, que comprende además:
- 15 detectar una sobretensión y/o una sobrecorriente momentánea en el circuito resonante (46a, 46b, 46c);
 protegiendo el circuito resonante (46a, 46b, 46c) con el interruptor de derivación (60), cuando se detecta una sobretensión y/o una sobrecorriente momentánea, abriendo y/o cerrando el interruptor de derivación (60).
- 20 14. Un controlador (54) como se define en la reivindicación 1 para un horno de arco eléctrico (10) con el sistema de fuente de alimentación (12) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, estando el controlador (54) adaptado para realizar el método de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13
15. Un horno de arco eléctrico (10), que comprende:
- 25 un sistema de fuente de alimentación (12) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10;
 un recipiente (16) para recibir material metálico;
 unos electrodos de potencia (14) para fundir el material metálico cuando se alimentan con la corriente del sistema de fuente de alimentación (12).

Fig. 1

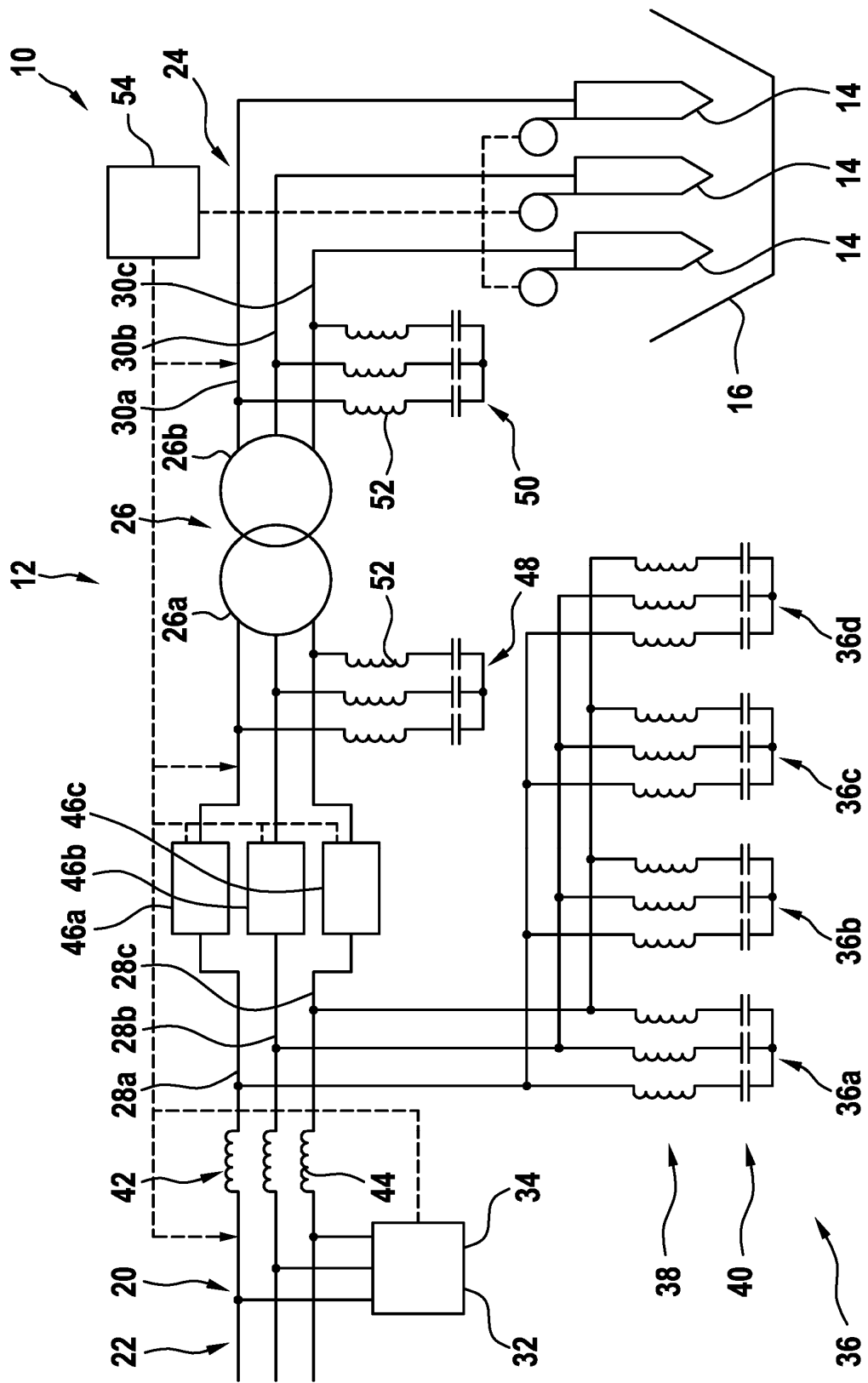


Fig. 2

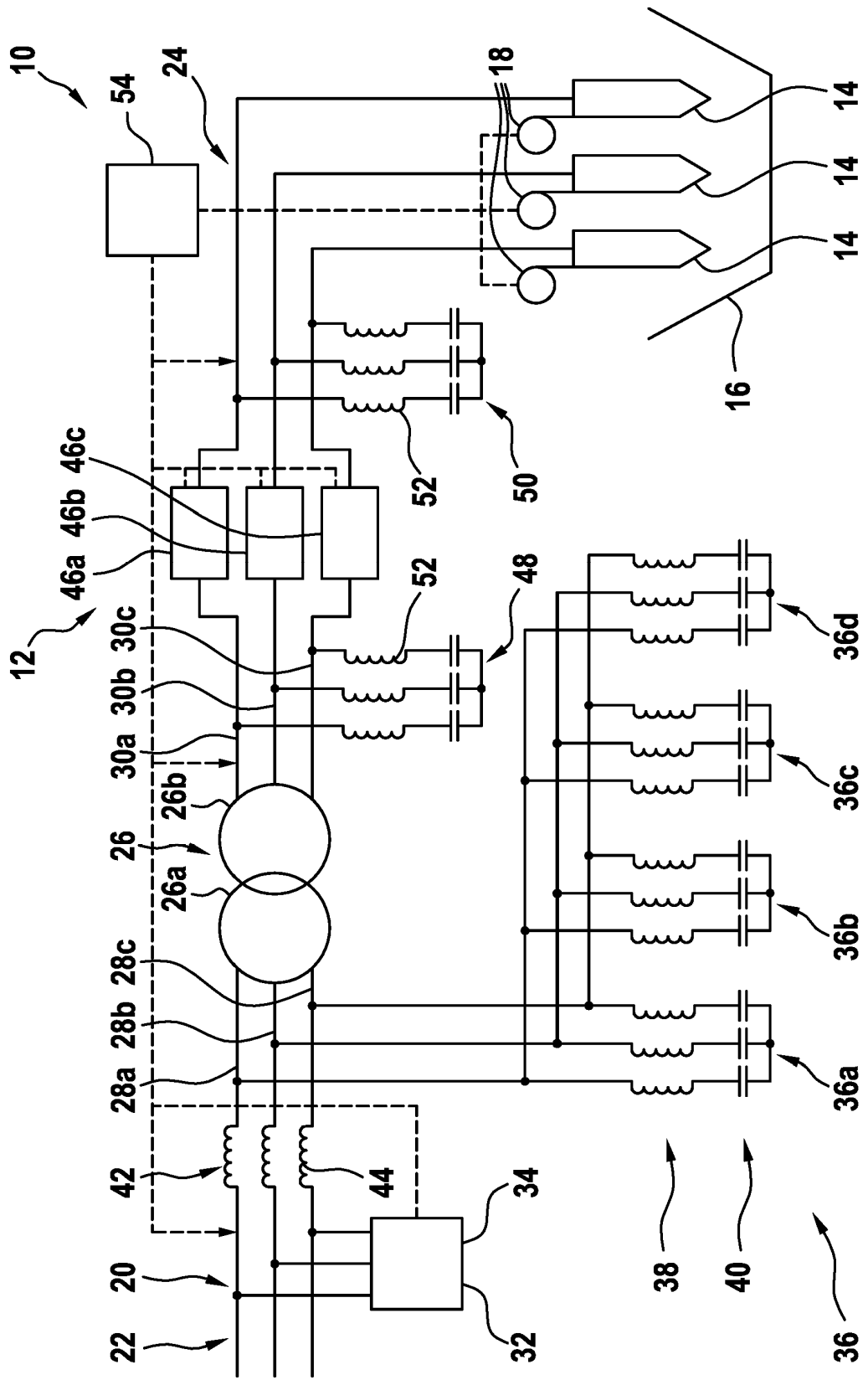


Fig. 3

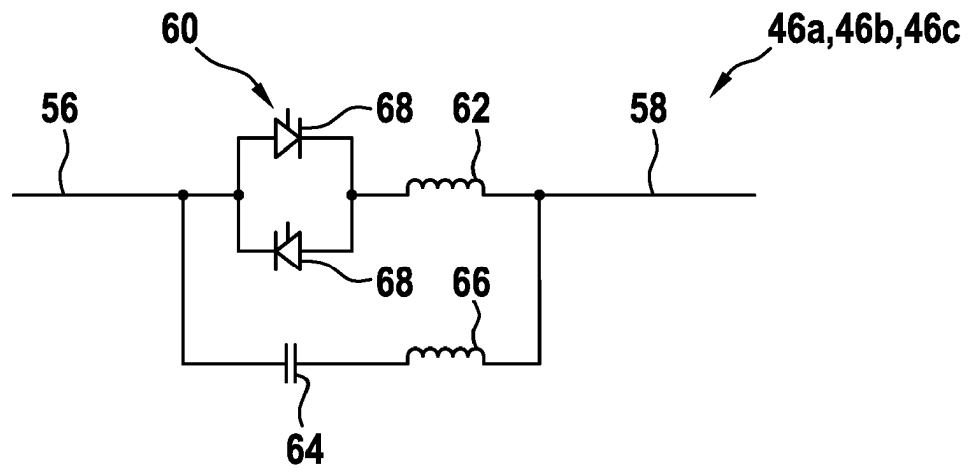


Fig. 4

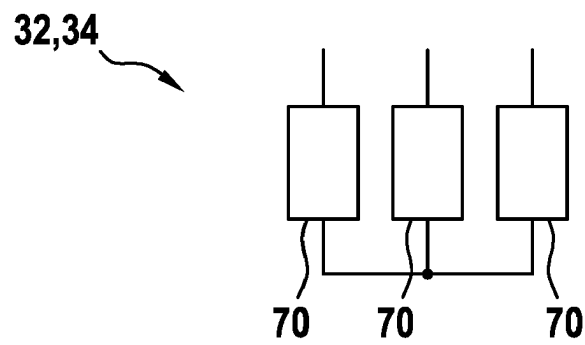


Fig. 5

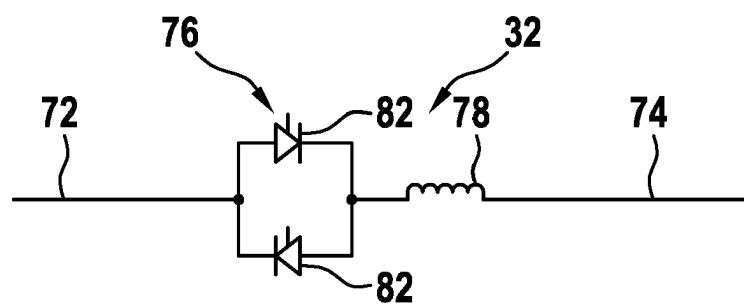


Fig. 6

