

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 911**

51 Int. Cl.:

**H05B 7/152** (2006.01)  
**H05B 7/144** (2006.01)  
**H05B 7/20** (2006.01)  
**F27B 3/08** (2006.01)  
**F27B 3/28** (2006.01)  
**F27D 11/08** (2006.01)  
**F27D 99/00** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2015** **E 15185758 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019** **EP 3124903**

54 Título: **Aparato y método para alimentar eléctricamente un horno de arco eléctrico**

30 Prioridad:

**30.07.2015 IT UB20152674**

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

**30.09.2019**

73 Titular/es:

**DANIELI AUTOMATION SPA (100.0%)**  
**Via Bonaldo Stringher 4**  
**33042 Buttrio, IT**

72 Inventor/es:

**MORDEGLIA, ANTONELLO y**  
**GIGANTE, ENZO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 725 911 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**

Aparato y método para alimentar eléctricamente un horno de arco eléctrico

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un aparato y a un método para alimentar eléctricamente un horno de arco eléctrico que permite controlar el arco durante las etapas de fusión en un horno de arco eléctrico.

10 En particular, el aparato y el método para alimentar eléctricamente el horno permiten realizar al menos dos modos de regulación de la potencia suministrada por el arco de fusión.

Antecedentes de la invención

15 Se conocen aparatos para alimentar eléctricamente los electrodos de un horno de arco eléctrico para fundir metales.

Los electrodos se colocan en el horno eléctrico y se pueden mover dentro del mismo, hacia/alejándose del baño de metal, para regular la entidad de fusión de los metales sólidos.

20 Los aparatos de energía eléctrica conocidos comprenden dispositivos para regular la posición de los electrodos que permiten elevar o bajar los electrodos con respecto al metal para modificar la longitud del arco. Sin embargo, la regulación de la posición de los electrodos es bastante lenta, y no permite realizar correcciones rápidas si hay cambios repentinos en las cantidades de energía eléctrica o en la generación del arco eléctrico.

25 De hecho, si el arco se alarga, es decir, si el electrodo está más alejado de la masa a fundir, la tensión aplicada debe aumentarse para soportarla y evitar que se apague; si el arco se acorta, la corriente aumenta y, por lo tanto, hay un aumento incontrolado de la potencia suministrada por el arco, con posibles daños al horno o al techo.

30 La tensión de arco, dada la misma corriente, es proporcional a la distancia entre el electrodo y la masa a fundir. Por lo tanto, para una condición de funcionamiento dada, que proporciona alcanzar una corriente de referencia del arco, se obtiene una condición de arco estable regulando la distancia entre el electrodo y la masa a fundir, en relación con una curva característica de tensión de potencia.

35 Los aparatos de energía del tipo conocido generalmente comprenden un transformador de tomas múltiples que transforma la tensión suministrada por una red de energía eléctrica, generalmente tensión promedio, en una tensión adecuada para alimentar los electrodos.

40 A través de las tomas del transformador es posible regular la tensión del arco y, por lo tanto, su longitud, para regular la potencia de fusión.

45 Estos tipos de aparatos de energía tienen una desventaja relacionada con la discontinuidad de la absorción instantánea de energía, que se toma desde la red eléctrica y que se produce particularmente al inicio de la fusión debido a los frecuentes cortocircuitos causados por la inestabilidad del arco y el deslizamiento de la chatarra. En algunos casos, esto puede implicar fluctuaciones en la tensión de la red (este fenómeno también se denomina parpadeo).

50 También se conocen aparatos de energía para hornos de arco eléctrico que comprenden un circuito enderezador, que transforma la corriente alterna suministrada por la red eléctrica en corriente continua, y un circuito de convertidores para alimentar los electrodos.

Una solución que utiliza una configuración general de este tipo para alimentar un horno de arco eléctrico se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente US2007/0247079A1 y en la patente US 6.421.366 B1.

55 Sin embargo, los circuitos convertidores presentes en estos aparatos de energía no permiten compensar las perturbaciones que llegan del arco y que afectan a la red de energía. De hecho, los circuitos convertidores, debido a la modulación de la corriente que se realiza, generan armónicos en la corriente que pueden ser dañinos si se introducen en la red de energía.

60 Un sistema de fuente de alimentación adicional para un horno de arco polifásico con un convertidor indirecto entre una conexión a la red y un transformador del horno se divulga en el documento US-2011/0176575.

Así mismo, en el documento US-A-2006/0050759 se divulga un sistema y un método para minimizar la pérdida de conducción eléctrica durante la entrada de material de alimentación a un horno.

65 Un propósito de la presente invención es obtener un aparato y un método para alimentar un horno de arco eléctrico que permita regular su potencia de fusión de manera eficiente.

Otro propósito de la presente invención es obtener un aparato e implementar un método que permita regular las características de la tensión del arco y la corriente del arco para garantizar la estabilidad del arco eléctrico durante la fusión.

5 Otro propósito de la presente invención es obtener un aparato de energía que reduzca las perturbaciones inducidas en la red de energía en comparación con aparatos de un tipo conocido.

El solicitante ha ideado, probado y realizado la presente invención para superar los inconvenientes del estado de la técnica y obtener estos y otros propósitos y ventajas.

10 Sumario de la invención

La presente invención se expone y caracteriza en las reivindicaciones independientes, mientras que las reivindicaciones dependientes describen otras características de la invención o variantes de la idea inventiva principal.

15 De acuerdo con los propósitos anteriores, un aparato de energía eléctrica para un horno de arco eléctrico comprende al menos un electrodo superior, ventajosamente dos o tres, y se puede conectar a una red de energía para suministrar al electrodo la energía eléctrica para generar un arco eléctrico.

20 El aparato comprende una unidad de regulación eléctrica, interpuesto y conectado a la red eléctrica y al electrodo y configurado para regular al menos una cantidad eléctrica para alimentar el electrodo.

25 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, el aparato comprende al menos un dispositivo de detección para detectar la cantidad eléctrica, interpuesto entre el electrodo y la unidad de regulación eléctrica, y un dispositivo de posicionamiento configurado para mover el al menos un electrodo más cerca o lejos de la masa metálica a fundir.

30 De acuerdo con otro aspecto de la invención, el aparato comprende una unidad de control y comando conectada a la unidad de regulación eléctrica, a la red eléctrica, y al dispositivo de posicionamiento para controlar la unidad de regulación eléctrica y el dispositivo de posicionamiento y para realizar un primer control del arco eléctrico, actuando sobre la unidad de regulación eléctrica, y respectivamente un segundo control del arco eléctrico actuando sobre el dispositivo de posicionamiento.

35 De esta manera es posible lograr un aparato de control mixto en el que la dinámica rápida, con una pequeña amplitud de fluctuación, de la cantidad eléctrica, correspondiente a la potencia de fusión requerida, está gestionada por el primer control, es decir, con una modulación de la cantidad eléctrica, mientras que la dinámica lenta, con mayor amplitud, está gestionada por el segundo control, es decir, por el movimiento de los electrodos.

40 Formas de realización de la presente invención también se refieren a un método de suministro de energía para un horno de arco eléctrico que proporciona generar un arco eléctrico mediante al menos un electrodo alimentado por una red de energía, y para regular al menos una cantidad eléctrica para alimentar el electrodo mediante una unidad de regulación eléctrica interpuesta y conectada a la red de energía y al electrodo.

45 Según algunas formas de realización, el método comprende detectar la cantidad eléctrica con al menos un dispositivo de detección interpuesto entre el electrodo y la unidad de regulación eléctrica, mover el al menos un electrodo más cercano hacia/alejándose de la masa metálica que se va a fundir con un dispositivo de posicionamiento, y controlar la unidad de regulación eléctrica y el dispositivo de posicionamiento para realizar un primer control del arco eléctrico actuando sobre la unidad de regulación eléctrica y, respectivamente, un segundo control del arco eléctrico actuando sobre el dispositivo de posicionamiento.

50 Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de algunas formas de realización, dadas como un ejemplo no restrictivo con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

- 55
- La figura 1 es un diagrama de un aparato para alimentar un horno de arco eléctrico de acuerdo con algunas formas de realización descritas en el presente documento;
  - La figura 2 es un detalle del diagrama en la figura 1 de acuerdo con algunas formas de realización descritas en el presente documento.

60 Para facilitar la comprensión, se han utilizado los mismos números de referencia, donde sea posible, para identificar elementos comunes idénticos en los dibujos. Se entiende que los elementos y las características de una forma de realización se pueden incorporar convenientemente en otras formas de realización, sin más aclaraciones.

Descripción detallada de algunas formas de realización

- Ahora nos referiremos en detalle a las diversas formas de realización de la presente invención, de las cuales uno o más ejemplos se muestran en el dibujo adjunto. Cada ejemplo se proporciona a modo de ilustración de la invención y no debe entenderse como una limitación de la misma. Por ejemplo, las características mostradas o descritas en la medida en que son parte de una forma de realización pueden adoptarse en, o en asociación con, otras formas de realización para producir otra forma de realización. Se entiende que la presente invención incluirá todas estas modificaciones y variantes.
- De acuerdo con la presente descripción, la invención se refiere a un aparato 10 para alimentar un horno de arco eléctrico 60.
- El horno de arco eléctrico 60 comprende uno o más electrodos 62, en este caso a modo de ejemplo, un electrodo 62, que puede ser alimentado eléctricamente para suministrar la energía necesaria para fundir una masa metálica.
- De acuerdo con algunas formas de realización, puede haber dos, tres, o más de tres electrodos 62.
- El aparato 10 está conectado a una red de energía 50, por ejemplo, una red eléctrica trifásica, indicada en la figura 2 con las tres fases R, S, T.
- La red de energía 50 suministra al electrodo 62 la energía eléctrica necesaria para la fusión.
- En particular, una corriente de alimentación  $I_i$  y una tensión de alimentación  $U_i$  están disponibles en la red de energía 50, que se suministran adecuadamente al electrodo 62 mediante el aparato 10.
- De acuerdo con algunas formas de realización, el aparato 10 comprende dispositivos de detección 24, 26, configurados para detectar las cantidades correspondientes respectivamente a la corriente de alimentación  $I_i$  y a la tensión de alimentación  $U_i$  suministradas por la red de energía 50.
- El dispositivo de detección 24 puede ser, por ejemplo, un amperímetro, o un transformador de amperímetro, configurado para detectar la intensidad de la corriente de alimentación  $I_i$ , mientras que el dispositivo de detección 26 puede ser, por ejemplo, un voltímetro, o un transformador de voltímetro, configurado para detectar la diferencia de potencia, es decir, la tensión de alimentación  $U_i$ .
- De acuerdo con algunas formas de realización, el aparato 10 comprende una unidad de regulación eléctrica 12 interpuesta y conectada a la red de energía 50 y al electrodo 62 y configurada para regular al menos una cantidad de energía eléctrica de uno o más electrodos 62 del horno de arco eléctrico 60, y para garantizar la estabilidad del arco eléctrico.
- De acuerdo con una posible formulación de la presente invención, la regulación de la cantidad eléctrica proporciona regular la intensidad y la frecuencia de la corriente de energía eléctrica.
- De acuerdo con una posible variante, la regulación de la cantidad eléctrica proporciona regular la frecuencia, la forma de onda y la amplitud de la tensión de alimentación, permitiendo controlar la corriente suministrada y, en consecuencia, la potencia de fusión.
- De acuerdo con algunas formas de realización, la unidad de regulación eléctrica 12 comprende un dispositivo convertidor 18 configurado para convertir la corriente de alimentación  $I_i$  y la tensión de alimentación  $U_i$  de la red de energía 50 en valores de la corriente de arco  $I_a$  y valores de la tensión de arco  $U_a$  para alimentar el electrodo 62.
- De acuerdo con algunas formas de realización, el dispositivo convertidor 18 comprende una pluralidad de módulos 34 que comprenden cada uno un submódulo de fase 34R, 34S, 34T para cada una de las fases R, S, T de la corriente de alimentación.
- Los módulos 34 están conectados en paralelo entre sí y con la red de alimentación 50 y están configurados para convertir la corriente de alimentación  $I_i$  y la tensión de alimentación  $U_i$ .
- Los submódulos de fase 34R, 34S y 34T permiten administrar la conversión de la corriente de alimentación  $I_i$  y la tensión de alimentación  $U_i$  para cada fase R, S y T.
- De acuerdo con la figura 1, se proporcionan tres módulos 34 incluso si el número de módulos podría ser menor o mayor que tres.
- De acuerdo con algunas formas de realización (figura 2), cada submódulo de fase 34R, 34S, 34T comprende un circuito de refuerzo 36, configurado para reforzar y posiblemente regular la corriente de fase respectiva suministrada por la red de energía 50.

El circuito de refuerzo 36 se puede lograr, por ejemplo, por medio de un puente de diodo controlado o un puente tiristor.

De acuerdo con algunas formas de realización descritas usando la figura 2, cada submódulo de fase 34R, 34S, 34T comprende un circuito intermedio 38 en corriente continua, también llamado enlace-CC, configurado para almacenar energía y crear una separación entre la red de alimentación externa 50 y el electrodo 62, y un circuito inversor 40, configurado para invertir la corriente que regula la frecuencia y posiblemente la amplitud de la fundamental de la corriente alterna en la salida.

La presencia de un circuito intermedio 38 para cada circuito inversor 40 que alimenta la misma fase en el lado del electrodo permite compensar las perturbaciones provenientes del arco, limitando su efecto negativo en la red de energía 50.

De acuerdo con algunas formas de realización, el circuito inversor 40 es un circuito de conmutación de múltiples impulsos. En posibles implementaciones, el circuito inversor 40 puede proporcionar una modulación de doce impulsos, o múltiplos de doce, es decir, veinticuatro o treinta y seis impulsos, por ejemplo.

Esto permite reducir considerablemente la contribución no deseada de armónicos más alta que la fundamental, generalmente 50 Hz o 60 Hz, y que causan pérdida de eficiencia. Así mismo, los armónicos más altos que los fundamentales pueden provocar perturbaciones en la red eléctrica que pueden ser perjudiciales para otros posibles dispositivos de usuario conectados a la red eléctrica.

Los armónicos superiores a los fundamentales no contribuyen a la transferencia de potencia activa, pueden generar perturbaciones en la red eléctrica y, en consecuencia, es mejor si se reducen lo máximo posible.

De acuerdo con algunas formas de realización, los centros en estrella de los submódulos de fase de potencia individuales 34R, 34S, 34T están conectados entre sí al neutro N. De esta manera, incluso si un submódulo de fase 34R, 34S, 34T se apaga, en cualquier caso, es posible tener una modulación con el número esperado de impulsos. Por el contrario, si los centros en estrella de los submódulos de fase 34R, 34S, 34T no están conectados entre sí, si uno de ellos se apaga, o tiene un mal funcionamiento, se pierde una fuente de impulsos.

De acuerdo con algunas formas de realización, el circuito inversor 40 comprende una pluralidad de dispositivos elegidos entre semiconductores, diodos, tiristores tales como SCR (rectificador controlado de silicio), triac, GTO (tiristor de giro de puerta), IGCT (tiristor conmutado por puerta integrada), MCT (tiristor controlado por semiconductor de óxido de metal), transistores tales como BJT (transistor de unión bipolar), MOSFET (transistor de efecto de campo de semiconductores de óxido de metal), IGBT (transistor bipolar de puerta aislada).

De acuerdo con algunas formas de realización, uno o más módulos 34 están provistos del circuito de refuerzo 36, del circuito intermedio 38 y del circuito inversor 40 para cada una de las fases R, S y T a alimentar.

De acuerdo con algunas formas de realización, varios circuitos inversores 40 para cada fase R, S y T pueden proporcionarse, situados en paralelo entre sí.

El uso de dispositivos semiconductores permite controlar la corriente en cualquier momento, incluso muy rápidamente, encendiendo y apagando el dispositivo.

De acuerdo con algunas formas de realización, no mostradas en los dibujos, los circuitos inversores 40 pueden estar provistos de protecciones que intervienen instantáneamente, protegiendo los dispositivos semiconductores y, por lo tanto, el propio circuito inversor 40.

De acuerdo con algunas formas de realización, cada submódulo de fase 34R, 34S, 34T puede comprender un circuito de refuerzo 36 y cuatro unidades, cada una consistiendo en un circuito intermedio 38 y un circuito inversor 40.

De acuerdo con algunas formas de realización, los circuitos de refuerzo y los circuitos inversores son los mismos para cada uno de los módulos 34, para minimizar el número de piezas de repuesto que deben estar disponibles, facilitando posibles sustituciones y mantenimientos.

Así mismo, hacia la red de energía 50, los módulos 34 aparecen como cargas trifásicas equilibradas.

De acuerdo con algunas formas de realización (figura 1), al menos un dispositivo de detección para detectar la cantidad eléctrica está interpuesto entre el electrodo 62 y la unidad de regulación eléctrica 12, en este caso, dos dispositivos de detección, es decir, respectivamente, un dispositivo de detección de corriente 20, para detectar la corriente de arco IA, y un dispositivo de detección de tensión 22 para detectar la tensión de arco UA para alimentar el arco eléctrico.

El dispositivo de detección de corriente 20 puede ser un amperímetro o un transformador de amperímetro, por ejemplo, configurado para detectar la intensidad de la corriente de arco IA, es decir, la intensidad de la corriente suministrada a los electrodos 62 por la unidad de regulación eléctrica 12. El dispositivo de detección de tensión 22 puede ser un

voltímetro, o un transformador de voltímetro, configurado para detectar la diferencia de potencial, es decir, la tensión de arco UA de los electrodos 62, que depende de la distancia de los electrodos 62 con respecto a la masa metálica a fundir.

5 De acuerdo con algunas formas de realización (figura 1), el aparato 10 comprende una unidad de control y comando 16 conectada a la unidad de regulación eléctrica 12 y a la red de alimentación 50 y está configurada para calcular al menos un valor de corriente de referencia IR para ser enviado a la unidad de regulación eléctrica 12 para determinar una condición estable del arco eléctrico en el horno eléctrico 60.

10 La unidad de control y comando 16 también puede configurarse para calcular un valor de tensión de referencia UR para otros ajustes de la intensidad del arco eléctrico, tal como se explicará más adelante.

15 La unidad de control y comando 16 está configurada para determinar los valores de referencia de la corriente de referencia IR y la tensión de referencia UR al menos en base a la corriente de alimentación  $I_i$  y la tensión de alimentación  $U_i$  suministrada en la entrada por la red de alimentación externa 50 y de la corriente de arco IA y la tensión de arco UA detectada por los dispositivos de detección 20 y 22.

20 En particular, la unidad de control y comando 16 regula el funcionamiento de la unidad de regulación eléctrica 12 para que las cantidades eléctricas, la tensión de arco UA y la corriente de arco IA, alcancen una amplitud y un cambio de fase relativo para garantizar que el arco se mantenga y tenga una frecuencia operativa que reduce las pérdidas al mínimo.

25 De acuerdo con la solución en la figura 1, la unidad de control y comando 16 comprende un regulador de potencia 27 conectado entre la red de energía 50 y la unidad de regulación eléctrica 12.

El regulador de potencia 27 está configurado para calcular la corriente de referencia IR, la tensión de referencia UR y la frecuencia de la forma de onda.

30 Un valor de referencia de potencia PS, por ejemplo, un valor de potencia de punto de ajuste, se puede configurar en el regulador de potencia 27, por ejemplo, por un usuario.

35 De acuerdo con algunas formas de realización, la tensión de referencia UR se calcula en función de la etapa de fusión/trabajo y, en consecuencia, la corriente de referencia IR se establece para rastrear la referencia de potencia PS configurada.

40 De acuerdo con algunas formas de realización, la unidad de control y comando 16 también puede comprender una unidad de procesamiento 28 conectada al regulador de potencia 27 y a los dispositivos de detección 20, 22 y configurada para determinar, basada en los parámetros de entrada relacionados con la corriente de arco IA y la tensión de arco UA, un modelo matemático del arco eléctrico y para determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para garantizar la estabilidad del arco y para regular de la mejor manera la potencia suministrada en función de la referencia de potencia PS.

45 Según una posible implementación, la unidad de procesamiento 28 puede configurarse para calcular al menos un valor de corriente ideal  $I_0$  y un valor de tensión ideal  $U_0$  correspondiente a las condiciones óptimas de funcionamiento del arco eléctrico y que puede suministrarse al regulador de potencia para determinar la corriente de referencia IR y la tensión de referencia UR.

50 De acuerdo con algunas formas de realización, entre los dispositivos de detección 22, 24 respectivamente de la corriente de arco IA y la tensión de arco UA y la unidad de control y comando 16, en este caso, la unidad de procesamiento 28, se pueden proporcionar elementos de acondicionamiento de señal 30, 32. Cada elemento de acondicionamiento de señal 30, 32 está configurado para amplificar y estabilizar la señal relacionada con la corriente de arco IA o la tensión de arco UA en función de un valor de referencia que debe considerarse. El valor de referencia puede ser el valor medio, el valor instantáneo o el valor real.

55 Cada elemento de acondicionamiento de señal 30, 32 permite obtener a la salida un valor de corriente estabilizado y un valor de tensión estabilizado  $I_A'$ ,  $U_A'$ , estable y adecuado para ser procesado por la unidad de procesamiento 28.

60 Según posibles variantes de realización, no mostradas, los elementos de acondicionamiento de señal 30, 32 pueden integrarse en la unidad de control y comando 16.

65 De acuerdo con algunas formas de realización (figura 1), la unidad de regulación eléctrica 12 comprende un dispositivo para regular la corriente 42 posicionado entre la unidad de control y comando 16 y el dispositivo convertidor 18, y configurada para recibir en la entrada el valor de corriente de referencia IR calculado por la unidad de control y comando 16.

5 Según posibles formas de realización, el dispositivo de regulación de corriente 42 puede ser un regulador de histéresis, o un regulador PWM (modulación de ancho de pulso), que permite regular la frecuencia de conmutación de los inversores y la ocupación de la banda, y también permite reducir la disipación del aparato. El dispositivo de regulación de corriente 42, en particular, determina la forma de onda de la corriente de arco IA que debe alimentarse al electrodo 62.

10 Según algunas formas de realización, el dispositivo de regulación de corriente 42 puede determinar una regulación del dispositivo convertidor 18 para tener una modulación de corriente única con la misma forma de onda para cada electrodo 62 proporcionado.

15 De acuerdo con algunas formas de realización descritas usando la figura 1, el dispositivo de regulación de corriente 42 también se puede conectar a los elementos de acondicionamiento de señal 30, 32, para recibir en la entrada no solo el valor de la corriente de referencia IR, sino también los valores amplificados y estabilizados de la corriente estabilizada IA' y la tensión estabilizada UA', y procesarlos para determinar la señal de comando que se enviará al dispositivo convertidor 18.

20 Según una posible variante, el dispositivo de regulación de corriente 42 puede determinar una regulación del dispositivo convertidor 18 para tener una modulación de corriente independiente para cada uno de los electrodos 62 proporcionados.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, el aparato 10 comprende un dispositivo de posicionamiento 46 configurado para mover el al menos un electrodo 62 más cerca o lejos de la masa metálica a fundir y, de esta manera, regular la potencia de fusión.

25 La variación en la posición del electrodo 62 con respecto a la masa metálica determina la entidad de tensión del arco eléctrico y, por lo tanto, condiciona la tensión de arco UA que es detectada por el dispositivo de detección de tensión 22.

30 Al gestionar la posición del electrodo 62, por lo tanto, también es posible realizar un control sobre el arco eléctrico generado y la potencia de fusión suministrada.

35 De acuerdo con posibles formas de realización, el dispositivo de posicionamiento 46 se puede conectar a un dispositivo de control de electrodo 44, configurado para controlar la posición de los electrodos y, por lo tanto, para controlar el dispositivo de posicionamiento 46 para que el arco eléctrico sea estable.

El dispositivo de control de electrodo 44 está conectado al menos al dispositivo de detección de tensión 22 para gestionar la posición del electrodo 62.

40 De acuerdo con una posible solución, el dispositivo de control de electrodo 44 también está conectado a la unidad de control y comando 16 para ordenar la activación del dispositivo de posicionamiento 46 como una función tanto de la tensión de arco UA como también de la tensión de referencia UR calculada por la unidad de control y comando 16.

45 En particular, el dispositivo de control de electrodo 44 regula el dispositivo de posicionamiento 46 para llevar la tensión de arco UA a la tensión de referencia UR.

De acuerdo con la forma de realización de la figura 1, el dispositivo de control de electrodo 44 se puede conectar al elemento de acondicionamiento 32 para recibir desde el mismo el valor de tensión estabilizado UA' relacionado con la tensión de arco UA y como una función de este último para controlar el dispositivo de posicionamiento 46.

50 Según posibles implementaciones de la presente invención, el dispositivo de posicionamiento 46 se puede elegir de un grupo que comprende al menos uno de cualquiera de los dos actuadores mecánicos, un actuador eléctrico, un actuador neumático, un actuador hidráulico, un mecanismo articulado, un cinematiso mecánico, elementos similares y comparables o una posible combinación de los mismos.

55 Según posibles variantes de realización, no mostradas, el dispositivo de control de electrodo 44 se puede integrar en la unidad de control y comando 16.

60 De acuerdo con algunas formas de realización, la unidad de control y comando 16 recibe en la entrada los valores de la corriente de alimentación Ii, la tensión de alimentación Ui, la corriente de arco IA, la tensión de arco UA y posiblemente el valor de referencia de potencia PS.

La unidad de control y comando 16 procesa los datos recibidos y determina los valores de corriente de referencia IR y tensión de referencia UR, y los envía respectivamente a la unidad de regulación eléctrica 12 y a la unidad de regulación de tensión 14.

De esta manera, la unidad de control y comando 16 realiza un control en la retroalimentación de la corriente de arco IA y también de la tensión de arco UA que alimenta los electrodos 62, permitiendo compensar sus posibles desviaciones con respecto al valor de corriente ideal 10 y el valor de tensión ideal U0.

- 5 De acuerdo con algunas formas de realización, además, la unidad de control y comando 16, comparando el valor de potencia de punto de ajuste PS con la corriente de alimentación real  $I_i$  y la tensión de alimentación  $U_i$  y la corriente de arco IA y la tensión de arco UA, calcula la corriente de referencia IR, la tensión de referencia UR y la frecuencia de la forma de onda para ambos, para optimizar la alimentación eléctrica a los electrodos 62.
- 10 De esta manera, los valores de la corriente de referencia IR y la tensión de referencia UR se pueden usar independientemente para realizar respectivamente un primer control sobre el arco eléctrico actuando sobre la unidad de regulación eléctrica 12, y un segundo control sobre el arco eléctrico actuando sobre el dispositivo de posicionamiento. 46.
- 15 En particular, el primer control puede realizarse para compensar variaciones repentinas en la corriente del arco eléctrico y para evitar posibles daños a los componentes eléctricos, mientras que el segundo control permite regular el arco eléctrico a una frecuencia más baja, compensar las variaciones en la tensión del arco que son graduales y predecibles con el tiempo, determinadas, por ejemplo, sobre la base de condiciones de funcionamiento estándar.
- 20 Este doble control permite resolver problemas de inestabilidad de la carga, especialmente en la etapa inicial de puesta en marcha, cuando la carga está siempre desequilibrada, simplificando el mantenimiento del arco eléctrico y permitiendo compensar condiciones de funcionamiento no estándar que no pueden preverse de antemano.
- 25 Esta solución también evita daños en las paredes del horno de arco eléctrico 60, por ejemplo, causados por cortocircuitos debido a las diferencias de temperatura: también reduce el desgaste al que se someten los electrodos 62 a lo largo del tiempo. Esto permite reducir la frecuencia de mantenimiento que debe realizarse en el aparato 10 y el horno de arco eléctrico 60.
- 30 Está claro que se pueden hacer modificaciones y/o adiciones de partes al aparato y al método como se describe anteriormente, sin apartarse del ámbito y del alcance de las reivindicaciones independientes.
- 35 También está claro que, aunque la presente invención se ha descrito con referencia a algunos ejemplos específicos, una persona experta en la técnica ciertamente podrá lograr muchas otras formas equivalentes de aparatos y métodos, teniendo las características establecidas en las reivindicaciones y, por lo tanto, todas dentro del campo de protección definido de este modo.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato de suministro de energía de horno de arco eléctrico para un horno de arco eléctrico (60) que comprende al menos un electrodo (62) y se puede conectar a una red de energía (50) para suministrar a dicho electrodo (62) la energía eléctrica para generar un arco eléctrico para fundir un masa metálica, siendo dicha red de energía (50) una red eléctrica trifásica con tres fases, comprendiendo dicho aparato una unidad de regulación eléctrica (12) interpuesta y conectada a la red de energía (50) y al electrodo (62) y configurada para regular al menos una cantidad eléctrica para alimentar dicho electrodo (62), en donde dicho aparato comprende al menos un dispositivo de detección (20, 22) para detectar dicha cantidad eléctrica interpuesta entre el electrodo (62) y dicha unidad de regulación eléctrica (12), un dispositivo de posicionamiento (46) configurado para mover el al menos un electrodo (62) más cerca o lejos de la masa metálica a fundir y una unidad de control y comando (16) conectada a dicha unidad de regulación eléctrica (12), a dicha red eléctrica (50), y a dicho dispositivo de posicionamiento (46) para controlar dicha unidad de regulación eléctrica (12) y dicho dispositivo de posicionamiento (46), caracterizado por que dicha unidad de regulación eléctrica (12) comprende un dispositivo convertidor (18) configurado para convertir la energía eléctrica de la red de energía (50) en energía eléctrica para alimentar dicho electrodo (62) y provisto de una pluralidad de módulos (34), conectados en paralelo entre sí y con la red de energía (50), por que cada módulo (34) comprende tres submódulos de fase (34R, 34S, 34T), uno para cada una de las fases (R, S, T) de la red de energía (50), comprendiendo cada submódulo de fase (34R, 34S, 34T) un circuito de refuerzo (36), configurado para reforzar y regular la corriente de fase respectiva suministrada por la red de energía (50), un circuito intermedio (38), en corriente continua, configurado para almacenar energía y crear una separación entre la red de energía externa (50) y el electrodo (62), y un circuito inversor (40) configurado para invertir la corriente que regula la frecuencia y la amplitud del fundamental de la corriente alterna en la salida.
2. Aparato según la reivindicación 1, caracterizado por que cada submódulo de fase (34R, 34S, 34T) está conectado con una conexión en estrella y los centros en estrella de los submódulos de fase de potencia individuales (34R, 34S, 34T) están conectados entre sí a un neutro (N).
3. Aparato según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicho circuito intermedio (38) es un enlace de CC.
4. Aparato según cualquier reivindicación anterior, caracterizado por que dicho circuito inversor (40) se elige entre semiconductores, diodos, tiristores, transistores.
5. Aparato según cualquier reivindicación anterior, caracterizado por que dicho circuito de refuerzo (36) se logra por medio de un puente de diodo o tiristor controlado.
6. Aparato según cualquier reivindicación anterior, caracterizado por que dicha unidad de control y comando (16) está configurada para calcular al menos un valor de corriente de referencia (IR) para ordenar la regulación de dicha unidad de regulación eléctrica (12) y un valor de tensión de referencia (UR) para ordenar la regulación de dicho dispositivo de posicionamiento (46).
7. Aparato según cualquier reivindicación anterior, caracterizado por que comprende un dispositivo de detección de corriente (20) para detectar una corriente de arco (IA), y un dispositivo de detección de tensión (22) para detectar una tensión de arco (UA), estando conectados dicho dispositivo de detección de corriente (20) y dicho dispositivo de detección de tensión (22) a dicha unidad de control y comando (16).
8. Aparato según la reivindicación 7, caracterizado por que dicho dispositivo convertidor (18) está configurado para convertir una corriente de alimentación (Ii) y una tensión de alimentación (Ui) de la red de energía (50) en valores de corriente del arco (IA) y valores de tensión del arco (UA) para alimentar el electrodo (62), y un dispositivo de regulación de corriente (42), colocado entre dicha unidad de control y comando (16) y dicho dispositivo convertidor (18), y configurado para recibir en la entrada dicho valor de corriente de referencia (IR) calculado por la unidad de control y comando (16).
9. Aparato según la reivindicación 8, caracterizado por que dicho dispositivo de posicionamiento (46) está conectado a un dispositivo de control de electrodo (44), estando conectado dicho dispositivo de control de electrodo (44) al menos a dicho dispositivo de detección de tensión (22) para ordenar la activación del dispositivo de posicionamiento (46) en función de la tensión de arco (UA) y de la tensión de referencia (UR).
10. Método de suministro de energía de horno de arco eléctrico para un horno de arco eléctrico (60) que permite generar un arco eléctrico mediante al menos un electrodo (62) alimentado por una red de energía (50), siendo dicha red de energía (50) una red eléctrica trifásica con tres fases, y para regular al menos una cantidad eléctrica para alimentar el electrodo (62) mediante una unidad de regulación eléctrica (12) interpuesta y conectada a la red de energía (50) y al electrodo (62), en donde dicho método comprende detectar dicha cantidad eléctrica con al menos un dispositivo de detección (20, 22) interpuesto entre el electrodo (62) y dicha unidad de regulación eléctrica (12), mover dicho al menos un electrodo (62) más cerca/lejos de una masa metálica a fundir con un dispositivo de posicionamiento (46), y controlar dicha unidad de regulación eléctrica (12) y dicho dispositivo de posicionamiento (46) para realizar un primer control del arco eléctrico actuando sobre la unidad de regulación eléctrica (12) y respectivamente un segundo

- control del arco eléctrico actuando sobre el dispositivo de posicionamiento (46), caracterizado por que comprende convertir la energía eléctrica de la red de energía (50) en energía eléctrica para alimentar dicho electrodo (62) con un dispositivo convertidor (18) provisto de una pluralidad de módulos (34) conectados en paralelo entre sí y con la red eléctrica (50), por que cada módulo (34) comprende tres submódulos de fase (34R, 34S, 34T), uno para cada una de las fases (R, S, T) de la red de energía (50), proporcionándose en cada submódulo de fase (34R, 34S, 34T) un refuerzo y regulación de la corriente de fase respectiva suministrada por la red de energía, un almacenamiento temporal de energía y una separación entre la red de energía externa (50) y el electrodo (62) con un circuito intermedio (38) en corriente continua, y una inversión de la corriente, regulando la frecuencia y la amplitud del fundamental de la corriente alterna en la salida, con un circuito inversor (40).
- 5
- 10
11. Método según la reivindicación 10, caracterizado por que durante dicho control proporciona calcular al menos un valor de corriente de referencia (IR) para ordenar la regulación de dicha unidad de regulación eléctrica (12) y un valor de tensión de referencia (UR) para ordenar la regulación de dicho dispositivo de posicionamiento (46).
- 15
12. Método según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que durante dicha detección proporciona detectar una corriente de arco (IA) y una tensión de arco (UA).
- 20
13. Método según la reivindicación 12, caracterizado por que la activación del dispositivo de posicionamiento (46) es ordenada por un dispositivo de control de electrodo (44) en función de la tensión de arco (UA) y la tensión de referencia (UR) recibidas.

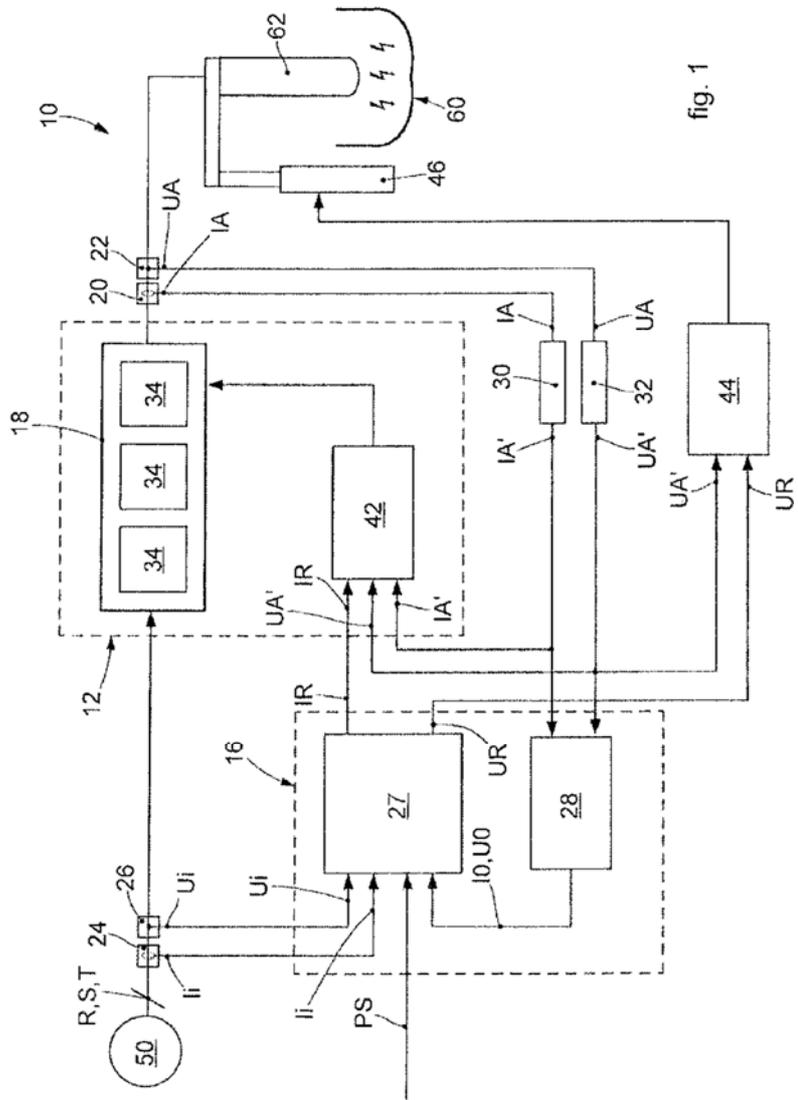


fig. 1

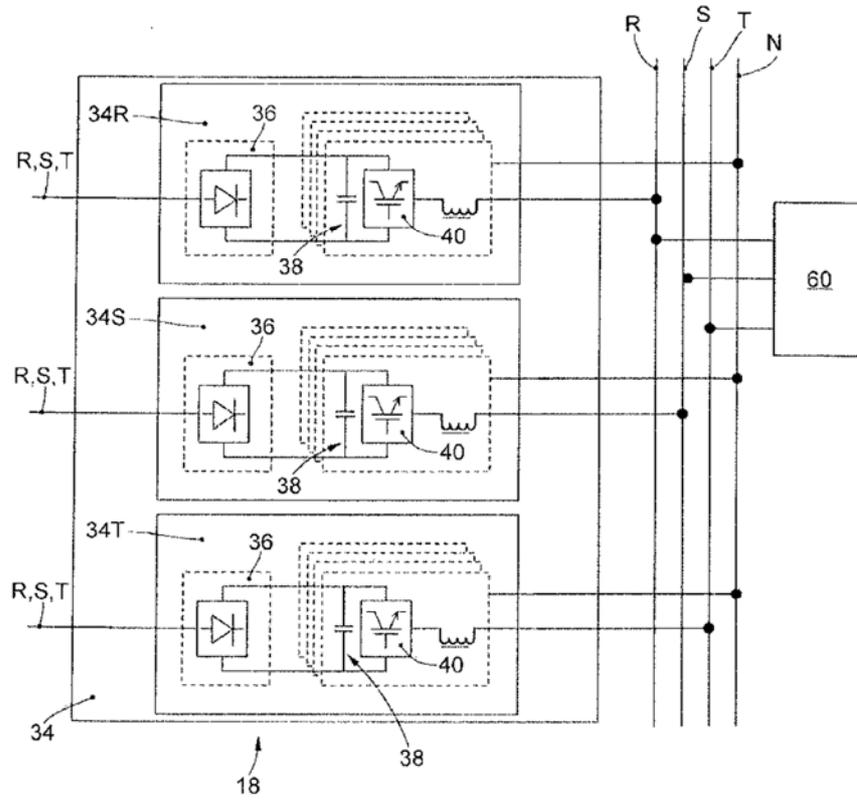


fig. 2