

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 897 448**

51 Int. Cl.:

F27B 3/28 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

H05B 7/144 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2019 PCT/IT2019/050082**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2019 WO19207611**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2019 E 19726764 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.09.2021 EP 3784970**

54 Título: **Método de potencia eléctrica para un horno eléctrico y aparato correspondiente**

30 Prioridad:

24.04.2018 IT 201800004846

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

01.03.2022

73 Titular/es:

**DANIELI AUTOMATION S.P.A. (50.0%)
Via Bonaldo Stringher, 4**

**33042 Buttrio, IT y
DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.P.A.
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**GIGANTE, ENZO;
PASUT, FEDERICO y
POLO, ANDREA**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 897 448 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

Método de potencia eléctrica para un horno eléctrico y aparato correspondiente

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico y al aparato de control correspondiente.

10 En particular, la presente invención se aplica en el campo de hornos eléctricos usados para fundir materiales metálicos.

Las realizaciones preferidas de la presente invención, aunque no restrictivas, están destinadas a hornos de arco eléctrico trifásicos.

15 **Antecedentes de la invención**

El ciclo de fusión de un horno de arco proporciona normalmente las siguientes etapas de funcionamiento:

20 - cargar material metálico, usualmente chatarra, dentro del horno por medio de cestas que se descargan desde arriba, o por medio de aparatos de transporte de carga continua alimentados con chatarra y/o direct reduced iron (hierro directo reducido - DRI);

25 - generar el arco eléctrico, durante lo cual los electrodos se bajan hacia el material metálico hasta que activan el arco eléctrico de fusión que se genera entre el extremo de los electrodos y el material a fundir;

- perforar la capa de material metálico por medio del arco eléctrico generado, durante lo cual la fusión real de la chatarra comienza a llevarla a una fusión completa;

30 - formar el baño de metal fundido;

- refinar el material fundido para regular la temperatura del baño y el contenido en carbono del acero y/o definir una composición deseada del acero mediante la adición de componentes químicos;

35 - roscado del material fundido presente en el horno eléctrico, después del posible desescoriado.

Las operaciones de carga, generación de arco eléctrico y perforación pueden repetirse varias veces durante un solo ciclo de fusión. Por ejemplo, después de una primera carga de material metálico en el horno y la fusión de la carga, puede proporcionarse la introducción de una carga adicional de material metálico, y la fusión posterior del mismo, antes de proceder con el refinamiento del material fundido.

40 En el caso de un procedimiento de fusión de carga continua, el ciclo de fusión descrito anteriormente es diferente y generalmente proporciona cargar una primera cesta en el horno, la fusión posterior para generar un nivel suficiente de resto líquido y la introducción continua posterior del material a fundir para alcanzar una cantidad deseada que va a roscarse.

45 Durante las etapas de perforación, el arco eléctrico entre los electrodos y la carga de material metálico tiene un comportamiento muy inestable, que mejora progresivamente a medida que avanza la fusión. Mientras tanto, esto causa cambios inesperados y repentinos en la potencia absorbida lo que también tiene repercusiones negativas en la red de suministro de potencia eléctrica de alimentación, con posibles daños a los dispositivos de usuario alimentados por la red de suministro de potencia eléctrica.

50 De hecho, durante la perforación y fusión, la chatarra recogida y aún no fundida puede colapsar sobre los electrodos, generando condiciones de cortocircuito que corresponden a una reducción considerable de la potencia activa útil para las operaciones de fusión y a un rápido aumento de la corriente absorbida por la red eléctrica de alimentación.

55 A medida que avanza la fusión, es decir, cuando el arco está protegido adecuadamente contra el material sólido o contra el líquido espumoso (escoria), el comportamiento del arco eléctrico se vuelve cada vez más y más estable, permitiendo de esta manera aumentar su longitud, aumentando también, por lo tanto, la potencia térmica transferida al material a fundir. La tensión y la longitud del arco se regulan en función del procedimiento de fusión y de modo que se evite el desgaste excesivo del material refractario.

60 Para limitar los efectos no deseados en la red de potencia, se conoce que realiza una regulación rápida de la potencia suministrada al horno por medio de una regulación continua al menos de la posición de los electrodos y los parámetros de tensión y corriente conferidos a los electrodos.

En particular, los parámetros de tensión y corriente, así como la posición de los electrodos, se regulan adecuadamente en cada etapa del procedimiento.

5 La posición de los electrodos con respecto al material a fundir determina la longitud del arco eléctrico; además, dado que la longitud del arco es una función de la interdependencia entre corriente-tensión-impedancia, es necesario aumentar la tensión aplicada para soportar el arco y evitar que se apague, sacrificando la potencia activa en las etapas de perforación, disminuyendo el factor de potencia y, por lo tanto, el rendimiento, a favor de la potencia reactiva. Por el contrario, si el arco se acorta, la corriente aumenta con un aumento incontrolado de la potencia suministrada por el arco y con posible daño al horno eléctrico o a su bóveda.

10 La Fig. 1 muestra esquemáticamente los valores de referencia, o valores de punto de ajuste, de los parámetros eléctricos que se aplicarán a los electrodos, durante la alimentación de un ciclo de fusión con tres cestas, es decir, en el cual se proporciona cargar una primera cesta de material metálico dentro del horno, fundirla, cargar una segunda cesta de material metálico, fundir esto también, cargar una tercera cesta de material metálico y fundirla, y posteriormente refinar todo el material líquido obtenido.

15 Es posible observar que los parámetros eléctricos de la corriente, la tensión y la potencia experimentan variaciones, mientras que la frecuencia de potencia de los electrodos permanece sin cambios durante el ciclo de fusión, permaneciendo igual a la frecuencia de potencia.

20 Como una primera aproximación, la tensión de arco, siendo la corriente igual, es proporcional a la distancia entre el electrodo y la masa a fundir. Para una condición de funcionamiento dada, que proporciona alcanzar una corriente de referencia del arco, se logra una condición de arco estable, que es una condición de corriente constante a lo largo del tiempo, regulando la distancia entre el electrodo y la masa a fundir, con respecto a una curva característica de tensión de potencia.

25 Los aparatos de potencia del tipo conocido comprenden, generalmente, un transformador de múltiples tomas, es decir, que se proporciona con una pluralidad de relaciones de transformación que pueden configurarse selectivamente en relación con las potencias requeridas. El transformador transforma la tensión suministrada por una red de potencia eléctrica, generalmente a tensión media, en una tensión adecuada para alimentar a los electrodos.

30 Por medio de las tomas del transformador y la regulación continua de la altura de los electrodos, es posible seguir los puntos de impedancia/admitancia deseados y, por lo tanto, regular la tensión del arco y la longitud del arco, para determinar la potencia de fusión.

35 Sin embargo, estos tipos conocidos de aparatos eléctricos también tienen una desventaja asociada con la amplia variación en la absorción instantánea de potencia que se toma de la red de potencia y que se produce, en particular, durante la perforación debido al colapso del metal de chatarra lo que provoca cortocircuitos de las etapas con longitud de arco correspondiente igual a cero.

40 Durante la perforación, dada la variabilidad en la absorción de potencia por parte del horno, se generan fluctuaciones de tensión de red de alimentación, lo que provoca el denominado fenómeno de parpadeo. Dado que el procedimiento de fusión puede variar enormemente en cuanto a la fluctuación de corriente, por lo tanto, en cuanto a la caída de tensión, dada la misma frecuencia, es importante tratar de mantener el arco eléctrico lo más estable posible, para limitar dicho efecto de parpadeo.

45 Para tener las condiciones necesarias para un arco estable, el sistema se dimensiona seleccionando adecuadamente el valor de reactancia inductiva que debe tener el circuito para la frecuencia de potencia determinada de la red. La reactancia global, adecuadamente dimensionada en la etapa de diseño, se obtiene mediante la suma de las reactancias de los conductores, el transformador y posibles reactores adicionales.

50 Los reactores adicionales, en un sistema de potencia eléctrica de un horno de arco eléctrico, se determinan en función del valor de reactancia a alcanzar. Los reactores adicionales permiten intervenir en la gestión de la potencia reactiva con respecto a la potencia activa (de hecho, la reactancia produce una diferencia de fase entre la corriente y la tensión del circuito, lo que permite regular el factor de potencia), influyendo por tanto en la estabilidad del arco.

55 El estado de la técnica incluye el documento DE 30 35 508. Este documento se refiere a un sistema en el que se proporciona, de manera general, hacer variar la frecuencia de potencia de un horno de arco eléctrico por medio de una unidad de convertidor.

60 Un propósito de la presente invención es perfeccionar un método de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico que aumente la eficiencia del procedimiento de fusión.

65

Otro propósito de la presente invención es también perfeccionar un método de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico que reduzca, e incluso elimine, los efectos negativos generados por las fluctuaciones de potencia eléctrica del horno eléctrico.

5 Otro propósito de la presente invención es también perfeccionar un método de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico que permita reducir el tiempo de cada ciclo de fusión.

Otro propósito de la presente invención es proporcionar un aparato de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico que sea simple y económico.

10 Otro propósito de la presente invención es proporcionar un aparato de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico que sea eficiente y reduzca los tiempos de cada ciclo de fusión.

15 Otro propósito de la presente invención es proporcionar un aparato de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico que tenga un volumen limitado, a la vez que todavía permita alcanzar un valor de reactancia que permita que la planta funcione correctamente.

20 El solicitante ha diseñado, probado y realizado la presente invención para superar las deficiencias del estado de la técnica y para obtener estos y otros propósitos y ventajas.

Resumen 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 principal de la invención.

25 De acuerdo con los propósitos anteriores, un método de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico, según la presente invención, comprende:

30 suministrar tensión y corriente alternas de red de alimentación por medio de una red de potencia de alimentación, a una frecuencia de red de alimentación predefinida;

35 transformar dicha tensión, corriente y frecuencia de red de alimentación en tensión, corriente y frecuencia de base alternas, y en donde dicha tensión y corriente de base se pueden configurar selectivamente, y dicha frecuencia de base es sustancialmente igual a dicha frecuencia de red de alimentación;

rectificar dicha tensión y corriente de base mediante una pluralidad de rectificadores para obtener una tensión y corriente continuas;

40 convertir, mediante una pluralidad de convertidores, dicha tensión y corriente continuas en una tensión y corriente alternas de potencia configurables selectivamente por medio de una unidad de control y gestión conectada a dichos convertidores;

alimentar dicha tensión y corriente de potencia a una pluralidad de electrodos del horno eléctrico.

45 Según un aspecto de la invención, durante cada etapa de un ciclo de fusión de dicho horno eléctrico, la unidad de control y gestión está dotada de dispositivos de regulación que regulan una frecuencia de potencia eléctrica de dicha tensión y corriente de potencia de los electrodos, independientemente de dicha frecuencia de red de alimentación, obteniendo una regulación, posiblemente también instantánea, de la reactancia del aparato de potencia eléctrica del horno eléctrico.

50 La posibilidad de regular la frecuencia de potencia eléctrica del horno eléctrico permite:

- mejorar la estabilidad de arco y, por lo tanto, la transferencia de energía a lo largo del tiempo;

- reducir la cantidad de parpadeo en la red eléctrica.

55 Una regulación de la frecuencia de potencia eléctrica tiene un impacto directo sobre el valor de la reactancia y, por lo tanto, sobre el factor de potencia con el cual se alimenta el horno; la estabilidad de arco y, por lo tanto, la transferencia de potencia al material a fundir están fuertemente vinculados con este parámetro.

60 De hecho, la reactancia inductiva puede determinarse mediante la siguiente relación:

$$X_r = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

en donde:

65 X_r es el valor de la reactancia inductiva [Ohm]

f es la frecuencia de potencia eléctrica [Hz]

L es el valor de la inductancia [H] que está usualmente relacionado con los tamaños y la geometría de construcción de los componentes inductivos.

5 A partir de esta relación es posible apreciar que, dada la misma reactancia inductiva, un aumento en la frecuencia de potencia permite reducir el valor de la inductancia y, por lo tanto, las dimensiones físicas de los componentes inductivos. El valor de la inductancia es un parámetro físico que depende de diversos factores tales como los materiales del núcleo magnético, la geometría, la disposición de las bobinas y el número de espirales. Por lo tanto, una vez que se fijan una geometría y el material, dado el mismo valor de reactancia, el aumento de la frecuencia y, por lo tanto, la reducción de la inductancia también puede conllevar una reducción de los espacios. Esto permite, por lo tanto, reducir los volúmenes de instalación de los aparatos de potencia eléctrica.

15 Realizaciones de la presente invención también se refieren a un aparato de potencia eléctrica para un horno de arco eléctrico que comprende:

- un transformador conectado a una red eléctrica de alimentación para suministrar una tensión y corriente alternas de red de alimentación y configurado para transformar dicha tensión y corriente alternas de red de alimentación, que tienen una frecuencia de red de alimentación predefinida, en una tensión y corriente de base alternas que tienen una frecuencia de base igual a la frecuencia de la red de alimentación;
- una pluralidad de rectificadores conectados al transformador y configurados para transformar la tensión y corriente de base en una tensión y corriente eléctricas continuas;
- una pluralidad de convertidores conectados a dichos rectificadores y configurados para convertir la tensión y corriente continuas en una tensión y corriente de potencia alternas, estando dichos convertidores conectados a electrodos de dicho horno de fusión y a una unidad de control y gestión configurada para controlar y gestionar el funcionamiento de dichos convertidores para regular a lo largo del tiempo la tensión y corriente de potencia.

30 Según un aspecto de la presente invención, la unidad de control y gestión está dotada de dispositivos de regulación configurados para regular, durante cada etapa de un ciclo de fusión de dicho horno eléctrico, la frecuencia de potencia eléctrica del suministro de potencia eléctrica, independientemente de la frecuencia de red de alimentación y, por lo tanto, obtener una variación consiguiente en la reactancia de dicho aparato de potencia.

35 **Breve descripción de las figuras**

Estas y otras características de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones, facilitada como ejemplo no restrictivo con referencia a los dibujos adjuntos en donde:

- 40 - la Fig. 1 es un diagrama que muestra la variación a lo largo del tiempo de los parámetros eléctricos aplicados a los electrodos durante un ciclo de fusión según el estado de la técnica;
- la Fig. 2 es una vista esquemática de un aparato de potencia eléctrica de un horno de arco eléctrico según realizaciones de la presente invención;
- 45 - la Fig. 3 es un diagrama que muestra la variación a lo largo del tiempo de los parámetros eléctricos aplicados a los electrodos durante un ciclo de fusión con carga de cesta según realizaciones de la presente invención;
- la Fig. 4 es un diagrama que muestra la variación a lo largo del tiempo de los parámetros eléctricos aplicados a los electrodos durante un ciclo de fusión con carga continua de chatarra según realizaciones de la presente invención;
- 50 - la Fig. 5 es un diagrama que muestra la variación a lo largo del tiempo de los parámetros eléctricos aplicados a los electrodos durante un ciclo de fusión con carga continua de hierro directo reducido, también denominado DRI, según realizaciones de la presente invención.

55 Para facilitar la comprensión, se han usado los mismos números de referencia, donde sea posible, para identificar elementos comunes idénticos en los dibujos. Se entiende que los elementos y características de una realización pueden incorporarse convenientemente en otras realizaciones sin aclaraciones adicionales.

60 **Descripción detallada de algunas realizaciones**

Las realizaciones de la presente invención se refieren a un aparato de potencia eléctrica, indicado en su conjunto con el número de referencia 10 (Fig. 2) y configurado para alimentar potencia a un horno 11 de arco eléctrico.

65 El horno 11 eléctrico comprende un recipiente 12, o cubierta, en el cual se introduce material metálico M que va a fundirse posteriormente.

La carga del material metálico M puede producirse con el uso de cestas, es decir, en modo discontinuo como se describe con referencia a la Fig. 3, o en modo continuo como se describe con referencia a las Figs. 4 y 5.

5 En el caso mostrado en las Figs. 3 y 4 se proporciona cargar material metálico M que comprende chatarra. En la solución mostrada en la Fig. 5 se proporciona cargar material metálico M en forma de DRI.

El horno 11 eléctrico también está dotado de una pluralidad de electrodos 13, en el caso mostrado tres electrodos 13, configurados para activar un arco eléctrico a través del material metálico M y fundirlo.

10 Según algunas realizaciones de la presente invención, los electrodos 13 están instalados en dispositivos 14 de movimiento configurados para mover selectivamente los electrodos 13 hacia/alejándose del material metálico M.

15 Los dispositivos 14 de movimiento pueden seleccionarse de un grupo que comprende al menos uno de un accionador mecánico, un accionador eléctrico, un accionador neumático, un accionador hidráulico, un mecanismo articulado, una cinemática mecánica, elementos similares y comparables o una posible combinación de los anteriores.

20 Según una posible solución de la presente invención, si hay tres electrodos 13, cada uno se conecta a una fase de potencia eléctrica respectiva del aparato 10 de potencia eléctrica.

Según realizaciones de la presente invención, el aparato 10 de potencia comprende al menos un transformador 15 conectado a una red 16 eléctrica para suministrar tensión y corriente alternas de red de alimentación y configurado para transformar la tensión y corriente alternas de red de alimentación en tensión y corriente de base alternas.

25 Según una posible solución de la invención, la red 16 eléctrica de alimentación puede ser trifásica.

Según realizaciones de la invención, la tensión de red "Ur", y la corriente de red "Ir" tienen una frecuencia de red de alimentación predefinida "fr".

30 Según posibles soluciones, la frecuencia de red de alimentación "fr" es un valor elegido entre 50 Hz y 60 Hz, es decir, según la frecuencia de la red eléctrica del país donde se instala el horno.

Según posibles soluciones de la presente invención, el transformador 15 puede comprender un transformador 17 primario acoplado magnéticamente a al menos un transformador 18 secundario.

35 Según una posible solución de la invención, el transformador 15 puede comprender una pluralidad de transformadores 18 secundarios acoplados magnéticamente al transformador 17 primario. Esta solución permite reducir el impacto de perturbaciones en el lado de la red, es decir, reduce el contenido armónico y la potencia reactiva intercambiados en la red mediante la combinación del transformador 15 y el rectificador 19.

40 La tensión y corriente de base suministradas por el transformador 15 tienen una tensión de base "Ub", una corriente de base "Ib" y una frecuencia de base "fb" que están predefinidas y configuradas por las características de diseño del propio transformador 15.

45 Particularmente, la frecuencia de base "fb" es sustancialmente igual a dicha frecuencia de red de alimentación "fr" identificada anteriormente.

En cambio, la tensión de base "Ub" y la corriente de base "Ib" están correlacionadas respectivamente con la tensión de red de alimentación "Ur" y con la corriente de red de alimentación "Ir" mediante la razón de transformación del propio transformador 15.

50

El transformador 15, por ejemplo, del tipo de toma múltiple, puede estar dotado de dispositivos de regulación, no mostrados, proporcionados para regular selectivamente la razón de transformación eléctrica del transformador 15 con respecto a los requisitos específicos.

55 El aparato 10, según la presente invención, también comprende una pluralidad de rectificadores 19 conectados al transformador 15 y configurados para transformar la tensión Ub y corriente Ib de base alternas en tensión y corriente continuas.

60 Específicamente, los rectificadores 19 permiten rectificar la tensión Ub y corriente Ib de base alternas, para dar tensiones y corrientes continuas respectivas.

Los rectificadores 19 pueden seleccionarse de un grupo que comprende un puente de diodo y un puente de tiristor.

65 Según una posible solución, los rectificadores 19 comprenden dispositivos, por ejemplo, seleccionados de un grupo que comprende diodos, SCR (Silicon Controlled Rectifier [Rectificador Controlado con Silicio]), GTO (tiristor

de Gate Turn-Off [Cierre de Puerta]), IGCT (Integrated Gate-Commutated Thyristor [Tiristor Integrado Conmutado por Puerta]), MCT (Metal-Oxide Semiconductor Controlled Thyristor [Tiristor Controlado por Semiconductor de Óxido Metálico]), BJT (Bipolar Junction Transistor [Transistor de Unión Bipolar]), MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor [Transistor de Efecto de Campo de Semiconductor de Óxido Metálico]) e IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor [Transistor Bipolar de Puerta Aislada]).

Según un aspecto adicional de la invención, el aparato 10 comprende una pluralidad de convertidores 20 conectados a los rectificadores 19 y configurados para convertir la tensión y corriente continuas en una tensión y corriente de potencia alternas para alimentar potencia a los electrodos 13.

Según una posible solución, los convertidores 20 comprenden dispositivos, por ejemplo, seleccionados de un grupo que comprende SCR (Silicon Controlled Rectifier [Rectificador Controlado con Silicio]), GTO (tiristor de Gate Turn-Off [Cierre de Puerta]), IGCT (Integrated Gate-Commutated Thyristor [Tiristor Integrado Conmutado por Puerta]), MCT (Metal-Oxide Semiconductor Controlled Thyristor [Tiristor Controlado por Semiconductor de Óxido Metálico]), BJT (Bipolar Junction Transistor [Transistor de Unión Bipolar]), MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor [Transistor de Efecto de Campo de Semiconductor de Óxido Metálico]) e IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor [Transistor Bipolar de Puerta Aislada]).

Los convertidores 20 están conectados a los electrodos 13 del horno 11 de fusión y a una unidad 21 de control y gestión configurada para controlar y gestionar el funcionamiento de los convertidores 20 y para regular a lo largo del tiempo la potencia eléctrica alterna de los electrodos 13.

Específicamente, la unidad 21 de control y gestión controla dichos convertidores 20 de modo que establezca selectivamente los parámetros de dicha tensión y corriente de potencia alternas.

Según un aspecto de la presente invención, la unidad 21 de control y gestión está dotada de dispositivos 22 de regulación configurados para regular la frecuencia de potencia eléctrica "fa" de la tensión y corriente de potencia alternas y obtener una variación simultánea en el valor de reactancia del circuito de potencia de los electrodos.

Específicamente, la tensión y la corriente de potencia tienen una tensión de potencia U_a y una corriente de potencia I_a , que se regulan selectivamente con respecto a las potencias de fusión implicadas.

Según posibles soluciones de la presente invención, los dispositivos 22 de regulación pueden comprender, sólo a modo de ejemplo, un modulador de histéresis o un modulador de modulador de Pulse-Width-Modulation (Modulación por ancho de pulso - PWM).

Estos tipos de moduladores pueden usarse para gestionar los dispositivos semiconductores de los rectificadores 19 y los convertidores 20. Los moduladores, controlados adecuadamente, generan valores de tensión o corriente para accionar los electrodos 13. En particular, el modulador procesa los valores de tensión y corriente y produce comandos de accionamiento al menos de los rectificadores 19 y de los convertidores 20 de manera que las cantidades de tensión y corriente requeridas por el control están presentes en las abrazaderas de conexión a los electrodos 13. Las tensiones y corrientes que van a accionarse son el resultado de las operaciones realizadas por la unidad de control y gestión basándose en las cantidades leídas por el procedimiento y basándose en el modelo de procedimiento.

Según la presente invención, los rectificadores 19 pueden conectarse a los convertidores 20 por medio de al menos un circuito 23 intermedio que funciona en corriente continua.

El circuito 23 intermedio está configurado para almacenar energía eléctrica continuamente y generar una separación entre los electrodos 13 y los rectificadores 19 y, por lo tanto, con la red 16 eléctrica.

En particular, las fluctuaciones rápidas de potencia derivadas del procedimiento se filtran parcialmente a través del circuito 23 intermedio lo que reduce su impacto en el lado de la red 16 eléctrica.

La unidad 21 de control y gestión también puede estar configurada para regular los parámetros de la tensión de potencia U_a y la corriente de potencia I_a generados por los convertidores 20 y suministrados a los electrodos 13.

Las soluciones de realización de la presente invención proporcionan que la unidad 21 de control y gestión también está conectada, a su vez, al dispositivo 14 de movimiento para permitir regular la posición de los electrodos 13 con respecto a las diferentes etapas del procedimiento de fusión.

En particular, el dispositivo 14 de movimiento mueve los electrodos 13 para seguir la posición del material y, por lo tanto, modificar la longitud del arco.

De esta manera, la unidad 21 de control y gestión puede gestionar y controlar, con respecto a las etapas específicas del procedimiento, al menos los siguientes parámetros: tensión de potencia U_a , corriente de potencia I_a .

la, frecuencia de potencia eléctrica “fa” y posición de los electrodos 13. La alta posibilidad de controlar los diversos parámetros permite optimizar la transferencia de energía al procedimiento y simultáneamente reducir los efectos sobre la red 16 eléctrica que se derivan de las variaciones rápidas de potencia en el lado del horno.

5 Según posibles soluciones, el transformador, los rectificadores 19, conectados al transformador 15, y los convertidores 20 definen juntos un módulo 24 de potencia.

Según una posible realización de la invención, el aparato 10 puede estar dotado de una pluralidad de módulos 24 de potencia, conectados en paralelo entre sí, y a la red 16 eléctrica y al horno 11 eléctrico.

10 La combinación de varios módulos 24 de potencia permite obtener un aparato 10 que puede ajustarse de tamaño a escala según el tamaño específico del horno 11 eléctrico a ser alimentado con potencia.

15 Según una posible solución, la unidad 21 de control y gestión está conectada a todos los módulos 24 de potencia para controlar al menos los convertidores 20 respectivos de modo que cada módulo suministre los mismos valores de tensión U_a , corriente I_a y frecuencia eléctrica “fa” de potencia a los electrodos 11. De esta manera, es posible evitar el mal funcionamiento de todo el sistema.

20 Según una posible solución, el aparato 10 puede comprender un inductor configurado para obtener la reactancia general deseada del aparato.

El inductor 25 puede estar conectado aguas abajo de los convertidores 20 y está dimensionado para alcanzar la reactancia total deseada equivalente. De esta manera, es posible obtener una reactancia global que viene dada por la contribución del inductor 25 y por la reactancia introducida por los conductores que conectan el sistema al horno.

25 Generalmente, la inductancia es un parámetro (de diseño) que no puede modificarse una vez que se construye el componente.

30 Mediante la modificación de la frecuencia (con respecto, por ejemplo, a la red de alimentación de 50 Hz) es posible, dada la misma inductancia, cambiar el valor de reactancia asumido por el componente en el circuito y, por lo tanto, alcanzar el valor de reactancia total equivalente deseado.

35 Según una posible solución (Figs. 3-5), el ciclo de fusión comprende por lo menos una etapa de perforar el material metálico, y una etapa de fusión.

Según posibles realizaciones (Figs. 3 y 4) el ciclo de fusión también puede comprender una etapa de refinar el material fundido.

40 En particular, durante la etapa de perforación, los electrodos 13 se acercan al material metálico sólido M que se ha cargado, para activar el arco eléctrico y comenzar la fusión del material metálico M. A medida que el material metálico M se funde gradualmente, los electrodos 13 penetran en la parte todavía sólida del material metálico M para fundirlo progresivamente. Cuando los electrodos 13 alcanzan una posición dentro del recipiente 12, comienza la fusión real del material metálico restante M que rodea a los electrodos 13.

45 Según una posible solución (Fig. 3), la etapa de perforación y la etapa de fusión pueden repetirse varias veces antes de la etapa de refinamiento, y entre ellas se proporciona una etapa de carga de material metálico M adicional dentro del horno 11 eléctrico.

50 Por ejemplo, con referencia a la Fig. 3, se proporciona cargar el material metálico, perforar la carga metálica con los electrodos y fundir esta última. Esta secuencia de funcionamiento se repite tres veces con cada carga del material metálico M.

55 Según las soluciones mostradas en las Figs. 4 y 5, se proporciona la carga sustancialmente continua que comienza antes de la etapa de perforación y continúa hasta que el horno se llena completamente y durante la etapa de fundir el material metálico.

60 Según una posible solución de la invención, se hace variar la frecuencia de potencia eléctrica “fa” durante el procedimiento de fusión de manera que, en la etapa de perforación, la frecuencia de potencia eléctrica “fa” tiene al menos un primer valor f_1 , en la etapa de fusión tiene al menos un segundo valor f_2 menor que el primer valor f_1 .

Según una posible solución, en la etapa de refinamiento (Figs. 3 y 4) la frecuencia de potencia “fa” tiene al menos un tercer valor f_3 menor que el segundo valor f_2 .

65 En particular, con la expresión “al menos un valor”, quiere decirse que el valor que asume la frecuencia de potencia en cada ocasión debe ser en cualquier caso siempre menor o mayor que los asumidos en la etapa anterior. Según una posible solución, el primer valor f_1 es un valor mayor que la frecuencia de red de alimentación “fr”.

- Según posibles realizaciones, durante la etapa de perforación, la frecuencia de potencia puede asumir, a lo largo del tiempo, una pluralidad de los primeros valores f_1 que siempre son mayores que la frecuencia de red de alimentación “fr”.
- 5 Según una posible solución, la etapa de fusión puede proporcionar que la frecuencia de potencia “fa” pueda asumir una pluralidad de dichos segundos valores f_2 que son menores que dichos primeros valores f_1 .
- 10 Según posibles soluciones, la etapa de refinamiento puede proporcionar que la frecuencia de potencia “fa” asuma una pluralidad de dichos terceros valores f_3 que son menores que dichos segundos valores f_2 .
- En particular, puede proporcionarse que, debido al control aplicado, los primeros valores f_1 , los segundos valores f_2 y los terceros valores f_3 sean continuamente variables a lo largo del tiempo, por ejemplo, por medio de controles de realimentación.
- 15 Según una posible solución, dicho primer valor f_1 es mayor que la frecuencia de la red de alimentación “fr” en al menos el 5 %, de preferencia en al menos el 10 %.
- 20 La posibilidad de regular la frecuencia y, por ejemplo, aumentarla con respecto a la frecuencia de red de alimentación fr permite aumentar la reactancia equivalente total y mejorar la estabilidad del arco en la etapa de perforación.
- La posibilidad de regular la frecuencia y, por ejemplo, reducirla, permite reducir las pérdidas inducidas en los conductores, por ejemplo, debido al efecto en la piel y, por lo tanto, aumentar la eficiencia del sistema.
- 25 Según una solución adicional de la presente invención, el segundo valor f_2 de la frecuencia de potencia eléctrica “fa”, durante la etapa de fusión, es variable entre 0,9 y 1,1 veces la frecuencia de red de alimentación “fr”.
- 30 De hecho, durante la etapa de fusión, la potencia eléctrica suministrada a los electrodos 13 aumenta. Por medio de la unidad 21 de control y gestión, las referencias de tensión U_a y corriente de potencia la se modifican de modo que aumente la potencia activa, ya que se supone que ahora el arco está cubierto y distante de la bóveda del horno y, por lo tanto, se evita el riesgo de daño a este último. En esta etapa, el arco es más estable ya que está protegido por la chatarra o la escoria.
- 35 Según otra solución de la presente invención, el tercer valor f_3 de la frecuencia de potencia “fa” durante la etapa de refinamiento está comprendido entre 0,3 y 0,5 veces la frecuencia de red de alimentación fr. De hecho, durante la etapa de refinamiento, el procedimiento es mucho más estable y también requiere menos potencia. Por consiguiente, es posible disminuir la frecuencia garantizando una estabilidad suficiente aunque se reduzca la reactancia equivalente total.
- 40 Por lo tanto, con la presente invención, una vez que el operario ha determinado puntos de trabajo del horno 11 eléctrico en cuanto a potencia, tensión, corriente y factor de potencia, la unidad 21 de control y gestión intenta seguir los puntos de trabajo también por medio de la regulación realizada continuamente por la frecuencia de potencia “fa”.
- 45 Por lo tanto, con la presente invención, es posible, regulando la frecuencia durante las diferentes etapas del procedimiento, optimizar los parámetros eléctricos en cada etapa. En primer lugar, es posible contener los tamaños (y, por lo tanto, el coste) de la inductancia, usándola de la mejor manera posible en la etapa de refinamiento.
- 50 Por medio de la topología eléctrica adoptada para los convertidores, también es posible proteger la red eléctrica contra perturbaciones provocadas por el procedimiento de fusión (reducción de parpadeo, armónicos, factor de potencia, etc.), garantizando al mismo tiempo la estabilidad del arco en todas las etapas.
- Además, la posibilidad de modificar la frecuencia de potencia de los electrodos con respecto a la frecuencia de red de alimentación facilita dimensionar los componentes inductivos en condiciones de espacio/costes limitados, mejora el uso de los conductores, reduce la resistencia y, por lo tanto, las pérdidas del sistema.
- 55 Dada la misma impedancia de arco, al aumentar la frecuencia aumenta la reactancia inductiva, y el factor de potencia equivalente hacia la carga disminuye, lo que mejora la estabilidad del arco (útil cuando, por ejemplo, aún no se ha fundido la chatarra y el arco no está muy protegido) lo que evita que se apague.
- 60 Está claro que pueden realizarse modificaciones y/o adiciones de partes al método de potencia eléctrica para el horno 11 de arco eléctrico y el aparato 10 correspondiente como se describe hasta este momento, sin desviarse del campo y alcance de la presente invención.
- 65 También está claro que, aunque la presente invención se ha descrito con referencia a algunos ejemplos específicos, un experto en la técnica podrá ciertamente lograr muchas otras formas equivalentes del método de potencia eléctrica para el horno 11 de arco eléctrico y el aparato 10 correspondiente, que tienen las características como se

exponen en las reivindicaciones y, por lo tanto, entrando todas ellas en el campo de protección definido por las mismas.

- 5 En las siguientes reivindicaciones, el único propósito de las referencias entre paréntesis es facilitar la lectura: no deben considerarse como factores limitantes con respecto al campo de protección reivindicado en las reivindicaciones específicas.

REIVINDICACIONES

1. Método de potencia eléctrica para un horno (11) de arco eléctrico, que comprende:
 - 5 - suministrar, usando una red (16) eléctrica, una tensión de red de alimentación (U_r) y una corriente de red de alimentación (I_r) que tienen una frecuencia de red de alimentación (f_r) predefinida;
 - transformar, usando un transformador (15), dicha tensión de red de alimentación (U_r) y corriente de red de alimentación (I_r), en una tensión de base (U_b) y una corriente de base (I_b), selectivamente configurables, y que tienen una frecuencia de base (f_b) sustancialmente igual a dicha frecuencia de red de alimentación (f_r);
 - 10 - rectificar dicha tensión de base (U_b) y corriente de base (I_b) mediante una pluralidad de rectificadores (19) para obtener una tensión y corriente eléctricas continuas;
 - convertir, mediante una pluralidad de convertidores (20), dicha tensión y corriente eléctricas continuas en una tensión de potencia (U_a) y corriente de potencia (I_a) alternas configurables selectivamente por medio de una unidad (21) de control y gestión conectada a dichos convertidores (20);
 - 15 - alimentar dicha tensión de potencia (U_a) y la corriente de potencia (I_a) a una pluralidad de electrodos (13) del horno (11) eléctrico,
 - 20 - durante cada etapa de un ciclo de fusión de dicho horno (11) eléctrico, dispositivos (22) de regulación regulan una frecuencia de potencia eléctrica (f_a) de dicha tensión de potencia (U_a) y corriente de potencia (I_a), independientemente de dicha frecuencia de red de alimentación (f_r), obteniendo una regulación, posiblemente también instantánea, de la reactancia del aparato (10) de potencia eléctrica del horno (11) eléctrico, **y caracterizado por que** los rectificadores (19) están conectados a los convertidores (20) mediante al menos un circuito (23) intermedio que funciona en corriente continua, en donde el circuito (23) intermedio almacena electricidad continuamente y genera una separación entre los electrodos (13) y los rectificadores (19) y, por lo tanto con la red (16) eléctrica.
 - 25
- 30 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho ciclo de fusión comprende al menos una etapa de perforar el material metálico (M), y una etapa de fusión, **y por que** en la etapa de perforación la frecuencia de potencia eléctrica (f_a) tiene al menos un primer valor (f_1) y en la etapa de fusión tiene al menos un segundo valor (f_2) menor que el primer valor (f_1).
- 35 3. Método según la reivindicación 2, **caracterizado por que** dicho primer valor (f_1) es mayor en al menos el 5 %, preferiblemente al menos el 10 %, con respecto a la frecuencia de red de alimentación (f_r).
- 40 4. Método según la reivindicación 2 o 3, **caracterizado por que** dicho segundo valor (f_2) de la frecuencia de potencia eléctrica (f_a) varía entre 0,9 y 1,1 veces la frecuencia de red de alimentación (f_r).
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por que** dicho ciclo de fusión comprende una etapa de refinamiento del material fundido, **y por que** en la etapa de refinamiento dicha frecuencia de potencia eléctrica (f_a) tiene un tercer valor (f_3) menor que el segundo valor (f_2).
- 45 6. Método según la reivindicación 5, **caracterizado por que** dicho tercer valor (f_3) de la frecuencia de potencia eléctrica (f_a) está comprendido entre 0,3 y 0,5 veces la frecuencia de red de alimentación (f_r).
- 50 7. Método según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** dichos dispositivos (22) de regulación se seleccionan de moduladores de histéresis o moduladores de Pulse-Width-Modulation (Modulación de ancho de pulso - PWM).
8. Aparato de potencia eléctrica para un horno (11) de arco eléctrico que comprende:
 - 55 - un transformador (15) conectado a una red (16) eléctrica para suministrar una tensión de red de alimentación (U_r) y una corriente de red de alimentación (I_r), que tienen una frecuencia de red de alimentación (f_r) predefinida, estando dicho transformador (15) configurado para transformar dicha tensión de red de alimentación (U_r) y dicha corriente de red de alimentación (I_r) en una tensión de base (U_b) y una corriente de base (I_b) alternas, respectivamente;
 - 60 - una pluralidad de rectificadores (19) conectados al transformador (15) y configurados para transformar dicha tensión de base (U_b) y dicha corriente de base (I_b) en una tensión y corriente eléctricas continuas;
 - una pluralidad de convertidores (20) conectados a dichos rectificadores (19) y configurados para convertir tensión y corriente continuas en una tensión y corriente de potencia alternas, estando dichos convertidores (20) conectados a electrodos (13) de dicho horno (11) eléctrico y a una unidad (21) de control y gestión configurada para controlar y gestionar el funcionamiento de
 - 65

- dichos convertidores (20) y para regular a lo largo del tiempo dicha tensión de potencia (Ua) y corriente de potencia (Ia),
- 5 - dicha unidad (21) de control y gestión está dotada de dispositivos (22) de regulación configurados para regular, durante cada etapa de un ciclo de fusión de dicho horno (11) eléctrico, la frecuencia de potencia eléctrica (fa) de dicha tensión de potencia (Ua) y corriente de potencia (Ia), independientemente de la frecuencia de red de alimentación (fr), y para obtener una regulación de la reactancia de dicho aparato (10) de potencia, **y caracterizado por que** el
- 10 aparato comprende además al menos un circuito (23) intermedio, que conecta los rectificadores (19) a los convertidores (20), y funciona en corriente continua, en donde el circuito (23) intermedio está configurado para almacenar energía eléctrica continuamente y para generar una separación entre los electrodos (13) y los rectificadores (19) y, por lo tanto con la red (16) eléctrica.
- 15 9. Aparato según la reivindicación 8, **caracterizado por que** dicho transformador (15), dichos rectificadores (19), conectados a dicho transformador (15), y dichos convertidores (20) definen en su totalidad un módulo (24) de potencia, **y por que** dicho aparato (10) puede estar dotado de una pluralidad de módulos (24) de potencia, conectados en paralelo entre sí y a dicha red (16) eléctrica y a dicho horno (11) eléctrico.
- 20 10. Aparato según la reivindicación 9, **caracterizado por que** dicha unidad (21) de control y gestión está conectada a todos los módulos (24) de potencia para controlar al menos los convertidores (20) respectivos de modo que cada módulo suministra los mismos valores de tensión (Ua), corriente (Ia) y frecuencia eléctrica (fa) para alimentar dichos electrodos (13).
- 25 11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** dichos electrodos (13) están instalados en dispositivos (14) de movimiento configurados para mover selectivamente dichos electrodos (13) hacia/alejándose del material metálico (M), **y por que** dicha unidad (21) de control y gestión está a su vez conectada también a dicho dispositivo (14) de movimiento para permitir regular la posición de dichos electrodos (13) con respecto a las diferentes etapas del procedimiento de fusión.
- 30 12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado por que** dichos dispositivos (22) de regulación se seleccionan de moduladores de histéresis o moduladores de Pulse-Width-Modulation (Modulación de ancho de pulso - PWM).

— P [MW]; U [V]
 - - - I [A]
 - · - · - f [Hz]

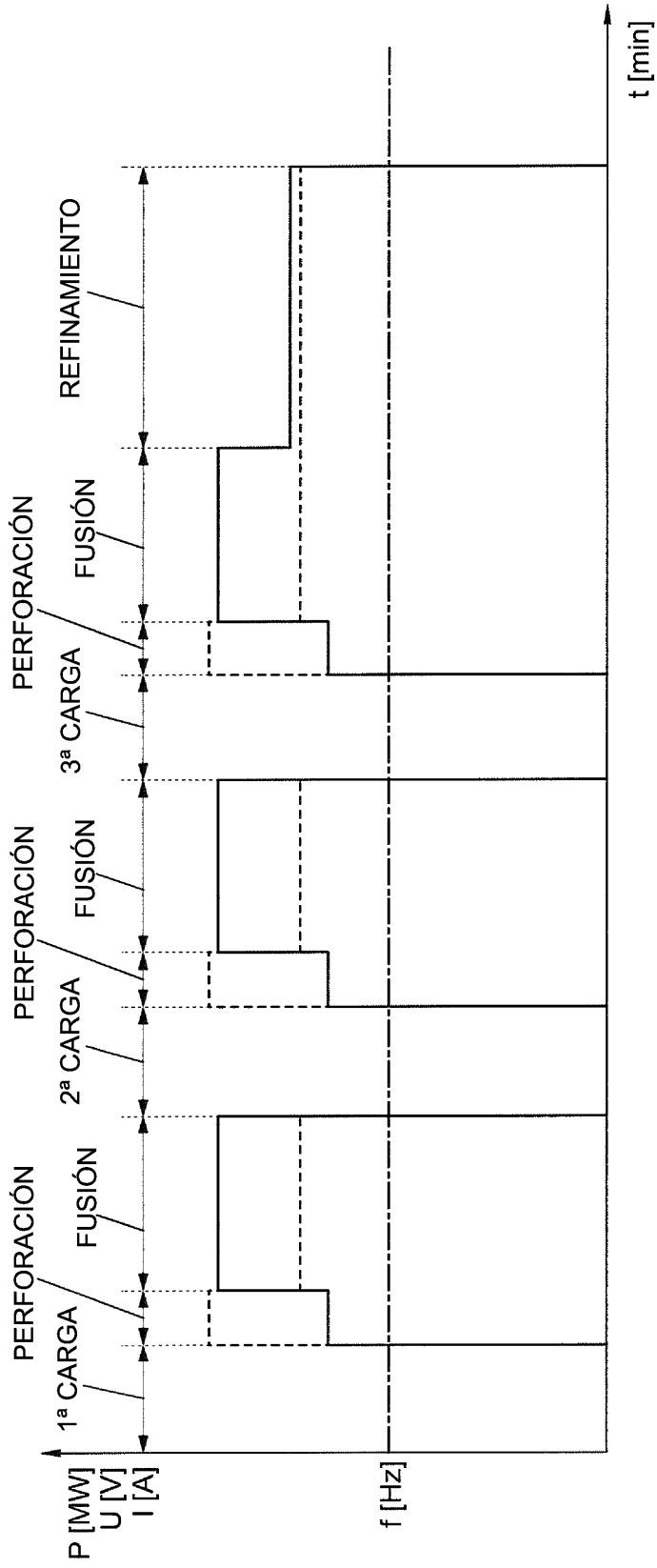


Fig. 1

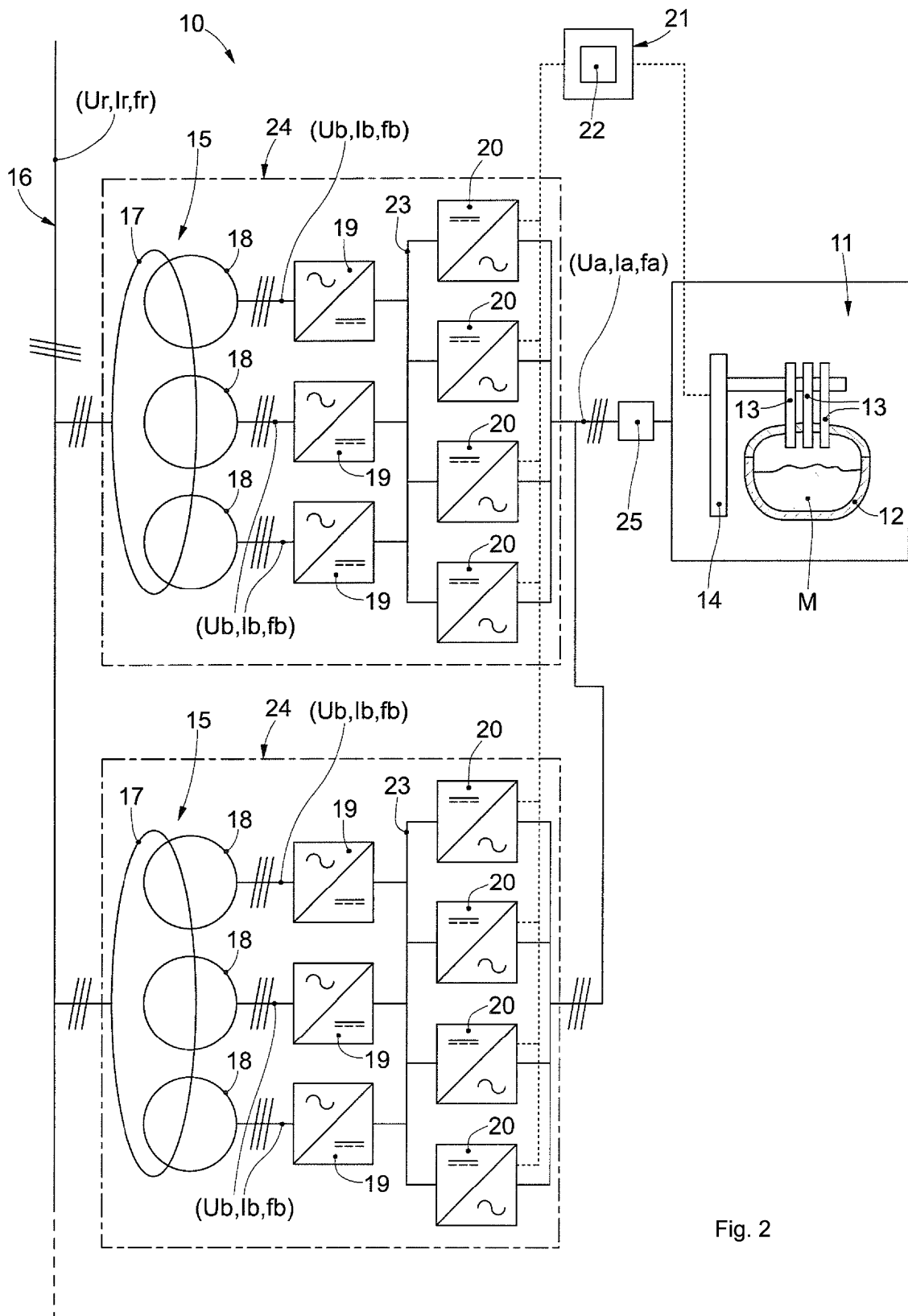


Fig. 2

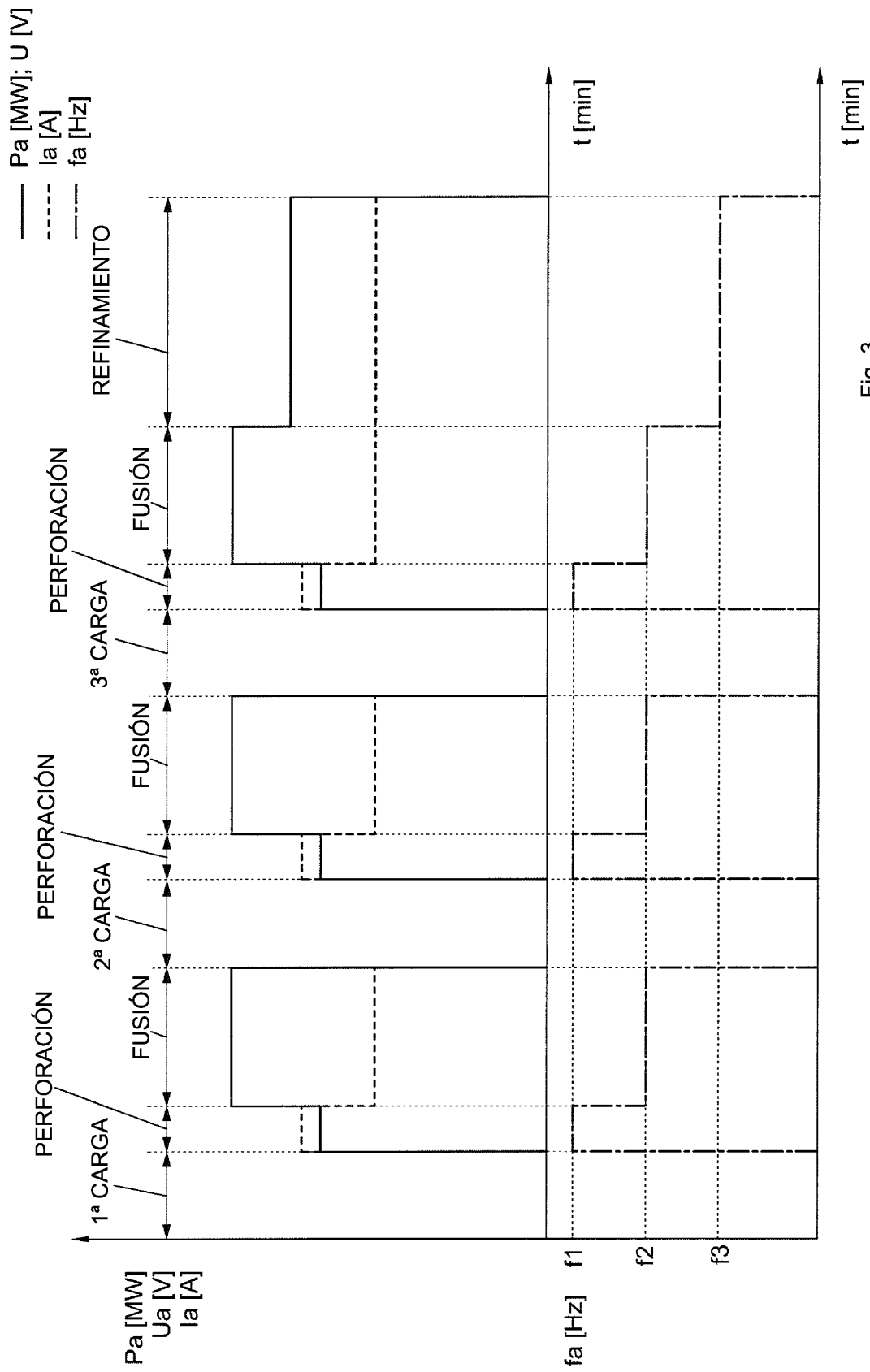


Fig. 3

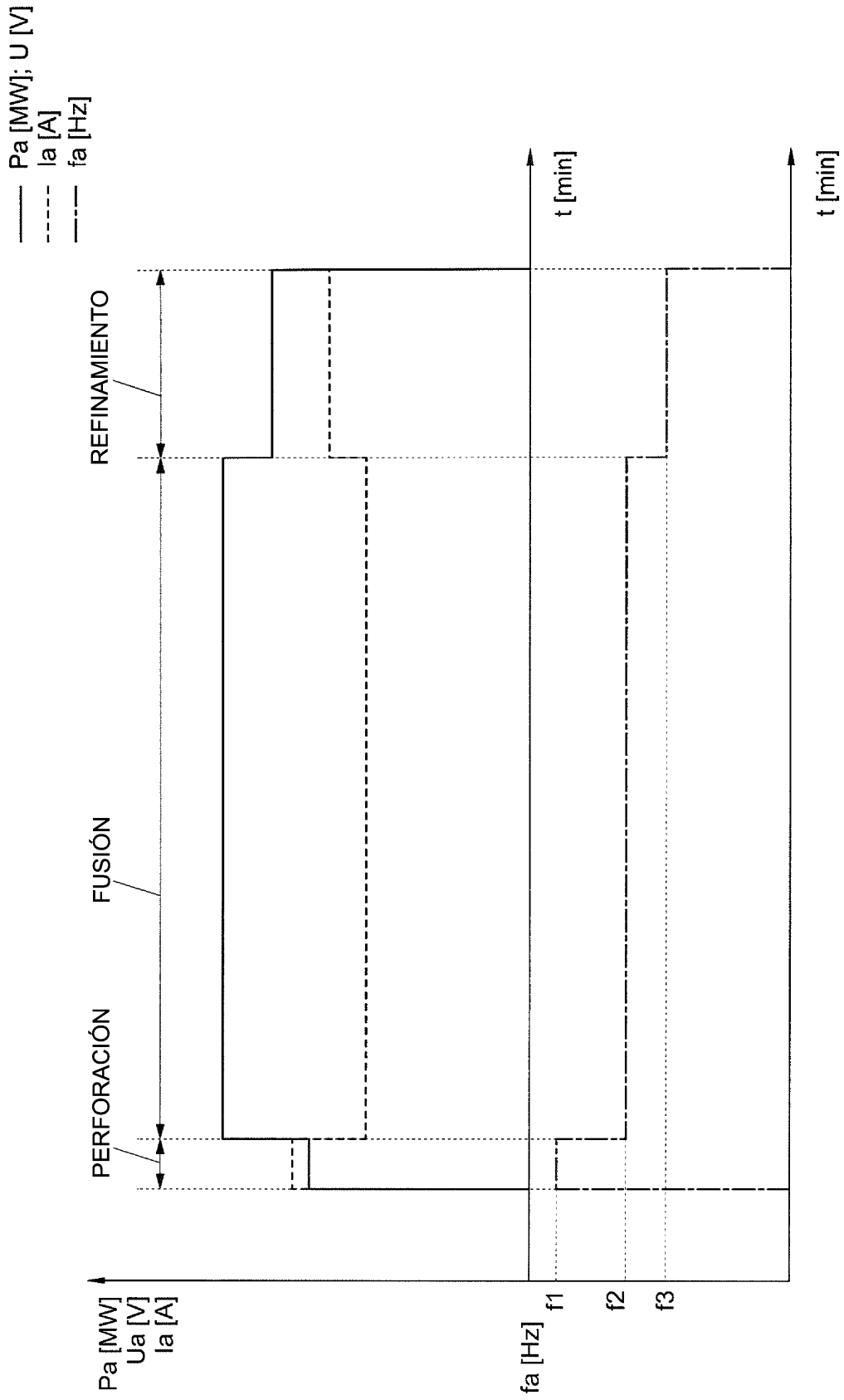


Fig. 4

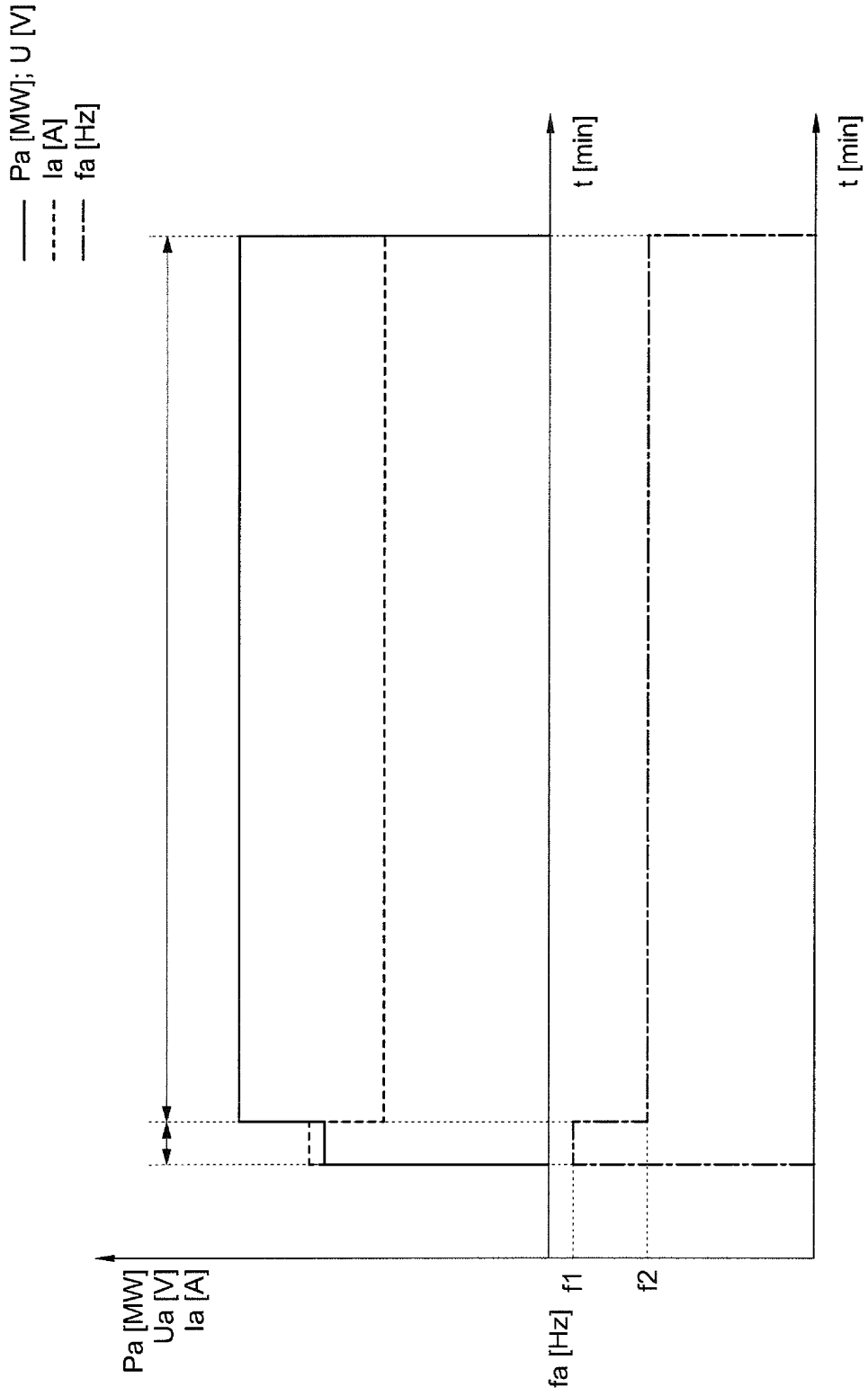


Fig. 5