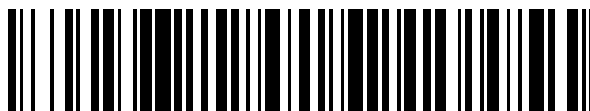


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 783 283**

51 Int. Cl.:

H02M 7/48	(2007.01)
B23K 11/11	(2006.01)
H05B 3/00	(2006.01)
B23K 11/04	(2006.01)
B23K 11/24	(2006.01)
H05B 37/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2015 PCT/JP2015/084776**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2016 WO16093340**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2015 E 15866633 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3232557**

54 Título: **Dispositivo de fuente de alimentación, sistema de unión y método de procesamiento por conducción**

30 Prioridad:

12.12.2014 JP 2014252141
12.12.2014 JP 2014252151

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.09.2020

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:

WATANABE FUMINORI;
FUKUTANI KAZUHIKO;
FURUSAKO SEIJI;
YOSHINAGA, CHISATO y
OKADA TOHRU

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 783 283 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

Dispositivo de fuente de alimentación, sistema de unión y método de procesamiento por conducción

Campo técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de fuente de alimentación, un sistema de unión y un método de procesamiento eléctrico según se definen en las reivindicaciones 1, 4 y 10.

Técnica relacionada

Por ejemplo, en un proceso tal como el montaje de vehículos diversos, tales como automóviles, barcos u otra maquinaria en general, o la fijación de componentes, superficies frontales o un proceso de fabricación de diversos componentes, es conocido realizar procesamiento eléctrico en un componente como objetivo del proceso.

10 Por ejemplo, cuando se realiza el montaje de vehículos diversos tales como automóviles, barcos u otra maquinaria en general, se dan muchos casos en donde se utiliza soldadura por puntos mediante resistencia. La soldadura por puntos mediante resistencia es un método para unir una pluralidad de chapas metálicas por fusión y solidificación de un punto mediante el calor de efecto Joule generado en el punto cuando se aplica una corriente eléctrica, mientras se presiona un electrodo de soldadura contra una superficie frontal y una superficie trasera de una parte superpuesta (lugar del punto) de la pluralidad de chapas metálicas cuyas superficies laminares están mutuamente superpuestas.

15 En general, cuando se realiza soldadura por puntos mediante resistencia, se aplica al electrodo de soldadura, a través de un transformador de corriente, una corriente alterna monofásica con una frecuencia comercial o una corriente de descarga procedente de un condensador. En algunos casos se rectifica la corriente que pasa a través del transformador de corriente, y se aplica una corriente continua. En estos casos, al ser la corriente que fluye al lugar del punto una corriente de baja frecuencia, o bien corriente continua, la corriente se concentra sobre el centro (la sección de contacto entre el electrodo y la chapa metálica) del lugar del punto, y la corriente fluye de manera aproximadamente uniforme. En consecuencia, si se toma en cuenta la fuga de calor hacia lo que rodea al lugar del punto (el lugar que recibe corriente eléctrica), la distribución de temperatura de la parte de la chapa metálica que recibe corriente eléctrica es una distribución en la cual la temperatura en el centro de la zona que recibe corriente eléctrica es máxima y la temperatura disminuye a medida que la posición se aleja de la zona que recibe corriente eléctrica.

20 Cuando la soldadura por puntos mediante resistencia se realiza sobre una chapa metálica que posee gran resistencia o rigidez, tal como una chapa de acero de alta resistencia a la tracción o una chapa de acero gruesa, la fortaleza de la unión de una unión soldada debe ser elevada. Por ejemplo, diversos documentos que se indicarán a continuación son conocidos como tecnología relevante acerca de la soldadura por puntos mediante resistencia.

Por ejemplo, el Documento 1 de patente describe una tecnología para controlar un material del metal de soldadura controlando un valor de corriente para controlar un historial de temperatura del metal de un lugar de soldadura.

35 El Documento 2 de patente describe que una zona de intervención se controla aplicando simultáneamente, a dos chapas de acero, una energía suministrada desde una fuente de alimentación de baja frecuencia que tiene una frecuencia de 50 Hz y una energía suministrada desde una fuente de alimentación de alta frecuencia que tiene una frecuencia de 30 kHz, a fin de controlar la distribución de generación de calor en la parte de la chapa metálica sometida a corriente eléctrica.

40 Los Documentos 3 y 7 de patente describen un interruptor de recuperación de energía magnética (denominado en adelante MERS, por sus siglas en inglés).

En un procedimiento durante el cual se calienta y se funde el lugar del punto, el material salpicado del metal fundido al que se denomina salpicadura es generado por factores tales como (1) una excesiva corriente de soldadura,

45 (2) falta de presión de soldadura del electrodo de soldadura contra la chapa metálica y (3) contaminación de la superficie frontal del lugar del punto. Cuando se realiza soldadura por puntos mediante resistencia, la facilidad de trabajo empeora debido a la producción de salpicaduras y la calidad de la unión soldada se resiente, y como ejemplo de ello la fortaleza de unión de la unión soldada es insuficiente en algunos casos.

Dentro del contexto descrito en lo que antecede, el Documento 4 de patente describe una tecnología para aumentar la presión de soldadura en caso de que la presión de soldadura de una varilla de metal para soldadura contra la chapa metálica sea menor que una presión de soldadura de referencia.

50 Como tecnología para controlar la presión de soldadura, el Documento 5 de patente describe una tecnología para controlar la presión de soldadura calculando un valor de compensación hallando el promedio de señales emitidas por el detector de presión cuando el electrodo de soldadura no está en contacto con el detector de presión, y restando de las señales emitidas por el detector de presión dicho valor de compensación, cuando se está realizando la soldadura por puntos mediante resistencia.

El Documento 6 de patente describe una tecnología para sincronizar la presión de soldadura y la corriente de soldadura durante la soldadura por puntos mediante resistencia.

En relación con esto, las propiedades mecánicas de la unión (denominada en adelante "unión soldada por puntos") formada por superposición mutua de las chapas de acero y realización de soldadura por puntos sobre las chapas de acero superpuestas, son evaluadas a través de la resistencia a la cizalladura por tracción (TSS, por sus siglas en inglés), que se mide aplicando una carga de tracción en una dirección en la cual se aplica esfuerzo cortante a la chapa de acero, y la resistencia a la tracción cruzada (CTS, por sus siglas en inglés), que se mide aplicando una carga de tracción en una dirección en la cual se desprende la chapa de acero. Los métodos de medida de la resistencia a la cizalladura por tracción y de la resistencia a la tracción cruzada están definidos por las normas JIS Z 3136 y JIS Z 3137.

Por ejemplo, en un caso donde se superponen mutuamente dos chapas de acero con una resistencia a la tracción de 270 a 600 MPa, y se realiza soldadura por puntos en estas chapas de acero, puesto que la CTS de la unión soldada se incrementa al aumentar la resistencia de la chapa de acero, es difícil que se origine un problema en la fortaleza de la unión. Sin embargo, cuando se emplea una chapa de acero de alta resistencia que tiene una resistencia a la tracción de 750 MPa o más, mientras que la resistencia a la tracción de la chapa de acero ha aumentado, la CTS no se incrementa, o incluso se reduce.

En general, en un caso donde se emplea chapa de acero de alta resistencia, al verse incrementada la concentración de tensiones en la parte soldada, debido a la disminución de la deformabilidad y la tenacidad de la parte soldada, originada por el temple de la parte soldada, la CTS resulta afectada negativamente. Por lo tanto, una unión soldada por puntos de chapa de acero de alta resistencia que tenga una resistencia a la tracción de 750 MPa o más necesita en particular poseer una CTS mejorada.

Para mejorar la CTS de la soldadura por puntos, resulta eficaz aliviar la concentración de tensiones en la parte soldada, así como mejorar la tenacidad de la parte soldada, y se han sugerido diversas tecnologías. Considerando el efecto positivo sobre la CTS y la facilidad de organización en la fabricación real de un elemento estructural, se concluye que el incremento del diámetro del botón resulta eficaz para agrandar la dimensión circunferencial externa del botón en la cual se concentran las tensiones.

El Documento 8 de patente describe una soldadora por puntos de alta frecuencia que suministra energía mediante un conductor coaxial hasta un punto de soldadura por puntos, al conectar un transformador de soldadura a una pistola de soldadura. La soldadora por puntos de alta frecuencia incluye un dispositivo convertidor de frecuencia.

La soldadora por puntos de alta frecuencia modifica la parte de soldadura mediante tratamiento térmico, convirtiendo la frecuencia en caso necesario, y mejora la fortaleza de la misma. Sin embargo, puesto que el diámetro del botón no aumenta debido al tratamiento térmico por sí solo, existe una limitación para la mejora de la CTS.

El Documento 9 de patente describe un método de soldadura de material metálico consistente en realizar la soldadura por puntos utilizando una alimentación de alta frecuencia y realizando un tratamiento térmico en la zona soldada por puntos. Sin embargo, incluso con este método de soldadura, puesto que no se incrementa el diámetro del botón, existe una limitación para la mejora de la CTS.

El Documento 2 de patente describe un método de soldadura consistente en aplicar una alimentación que tiene una segunda frecuencia, mayor que una primera frecuencia, a la parte de soldadura formada aplicando una alimentación que tiene la primera frecuencia, y calentar una zona de una parte terminal de unión de la parte de soldadura y una zona en torno a la parte circunferencial externa. Sin embargo, incluso con este método de soldadura, puesto que el diámetro del botón no crece, existe una limitación para la mejora de la CTS.

El Documento 10 de patente describe un método consistente en comunicar vibración mecánica a una parte de soldadura, con el fin de miniaturizar la estructura de la parte de soldadura cuando la parte de soldadura cambia desde el estado de fusión hacia la estructura de solidificación en el método de soldadura por puntos. Sin embargo, debido a que es poco probable que la vibración mecánica se propague a la parte fundida, y la estructura de la parte de soldadura no resulta miniaturizada tanto como se esperaba, con este método existe el problema de que es menor el efecto de mejora de la CTS.

El Documento 1 no de patente describe un método de soldadura por puntos que utiliza electrodos de soldadura por puntos que tienen una depresión lisa y cóncava en una parte central de la punta de un electrodo. Según el método de soldadura por puntos, es posible formar de manera estable un botón que tenga un diámetro igual o mayor que un diámetro de botón mínimo de garantía. Sin embargo, si se produce una ligera desviación o inclinación de un eje de la soldadora debido a la presencia de la depresión formada en el electrodo de soldadura por puntos, al volverse inestable la operación de soldadura, resulta difícil aplicar la soldadora a la producción real.

El Documento 11 de patente describe un electrodo de soldadura por puntos capaz de formar un botón que presenta un gran diámetro. Sin embargo, si se produce una ligera desviación o inclinación de un eje de la soldadora debido a la presencia de la parte cilíndrica hueca existente en la punta del electrodo, al volverse inestable la operación de soldadura, resulta difícil aplicar la soldadora a la producción real. El Documento 11 de patente no describe la CTS.

5 El Documento 12 de patente, en el cual se basan los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 10, describe un aparato de fuente de alimentación para soldadura por resistencia que comprende un condensador de gran capacitancia para almacenar energía para soldadura por resistencia en forma de cargas eléctricas, un circuito de carga para cargar el condensador hasta una tensión predeterminada, cuatro elementos o medios de conmutación conectados eléctricamente entre el condensador y un par de electrodos de soldadura, y una unidad de control para permitir operaciones de conmutación selectiva de los elementos de conmutación durante un tiempo de soldadura, para proporcionar un control de la corriente de soldadura.

10 El Documento 13 de patente describe un método de soldadura por resistencia en el cual se aplica una tensión primaria, alternante entre una tensión positiva y una negativa, a un lado primario de un transformador de soldadura a través de un circuito de conmutación, y un lado secundario del transformador está conectado a un par de electrodos de soldadura.

15 El Documento 14 de patente describe una unidad de control de una unidad de calentamiento por inducción que controla la salida de alimentación de CA a una bobina calefactora de una unidad de calentamiento por inducción de tipo transversal que permite que un campo magnético alterno interseque la superficie de una lámina conductora que está siendo alimentada para calentar inductivamente la lámina conductora. La unidad de control incluye: un interruptor de recuperación de energía magnética que envía alimentación de CA a la bobina de calentamiento; una unidad de ajuste de frecuencia que fija una frecuencia de salida en respuesta a al menos una de entre la permeabilidad relativa, la resistividad y el grosor de la lámina conductora; y una unidad de control de puerta que controla la operación de conmutación del interruptor de recuperación de energía magnética, basándose en la frecuencia de salida fijada por la unidad de ajuste de frecuencia.

20

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

- [Documento 1 de patente] Patente japonesa n.º 5043236
- [Documento 2 de patente] Publicación internacional PCT n.º WO2011/013793
- 25 [Documento 3 de patente] Patente japonesa n.º 3634982
- [Documento 4 de patente] Patente japonesa n.º 3180530
- [Documento 5 de patente] Patente japonesa n.º 3959302
- [Documento 6 de patente] Patente japonesa n.º 2721952
- [Documento 7 de patente] Publicación internacional PCT n.º WO2009/075366
- 30 [Documento 8 de patente] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º S60-255287
- [Documento 9 de patente] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º 2010-082666
- [Documento 10 de patente] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º 2011-194411
- [Documento 11 de patente] Solicitud de patente japonesa no examinada, primera publicación n.º 2010-131666
- [Documento 12 de patente] Documento US 2001/054602 A1
- 35 [Documento 13 de patente] Documento JP 2012 045569 A
- [Documento 14 de patente] Documento US 2012/305547 A1

Documentos no de patente

- 40 [Documento 1 no de patente] Hiroshi ABE y Takumi YAMAGUCHI, "Fundamental Research on Spot Welding Method Capable of Inspecting Lowest Guarantee Nugget Diameter in Non-destructive Manner" (Investigación fundamental sobre método de soldadura por puntos capaz de inspeccionar de manera no destructiva el diámetro de botón mínimo de garantía) (Joining and Materials Processing for Light Structures, Japan Welding Society, 20 de enero de 2006)

Descripción de la invención

Problemas a resolver por la invención

- 45 En la tecnología descrita en el Documento 1 de patente, se utiliza como objetivo la corriente continua o la corriente alterna monofásica con la frecuencia comercial de la técnica relacionada, y solamente es posible controlar, como control de corriente, el valor eficaz conforme a la técnica relacionada. En la tecnología descrita en el Documento 2

de patente son necesarias dos fuentes de alimentación, la fuente de alimentación de baja frecuencia y la fuente de alimentación de alta frecuencia. En consecuencia, al hacerse necesario controlar dos fuentes de alimentación, existe la preocupación de que el control sea complicado y que el tamaño del dispositivo aumente. La distribución adecuada de la generación de calor en la parte de soldadura de la chapa metálica cambia dentro del período de tiempo extremadamente corto, por ejemplo un segundo, necesario para realizar la soldadura por puntos en un punto, en función del estado de la soldadura (tamaño, material, grosor o cambio de temperatura de la parte de soldadura) y de las características requeridas (la estructura metalográfica de soldadura o la fortaleza de la unión). Sin embargo, puesto que la fuente de alimentación de alta frecuencia de la tecnología descrita en el Documento 2 de patente constituye un circuito de resonancia en serie, la frecuencia de la fuente de alimentación de alta frecuencia es fija, y se debe proporcionar una fuente de alimentación para cada frecuencia, a fin de establecer una zona de generación de calor para el propósito de la misma. Así pues, no se puede cambiar la frecuencia de la corriente de salida en el plazo de tiempo extremadamente corto de un segundo.

En consecuencia, se deben mejorar las características de la parte calentada, mejorando aún más la controlabilidad de la corriente cuando se realiza calentamiento por energización sobre un material conductor utilizando una corriente elevada dentro de un período de tiempo corto, en comparación con la fuente de alimentación de la técnica relacionada.

El MERS descrito en los Documentos 3 y 7 de patente utiliza una configuración con un interruptor de corriente que recupera energía del amortiguador, pero no examina el control de frecuencia de la corriente elevada dentro de un período de tiempo corto de calentamiento por energización.

En una configuración en la que se detecta una presión de soldadura y la presión de soldadura se controla como en el Documento 4 de patente, la respuesta (el tiempo que transcurre desde que se detecta la presión de soldadura hasta que se realiza la aplicación de presión con una presión de soldadura modificada) se vuelve lenta.

En consecuencia, no es fácil controlar de manera fiable las salpicaduras.

En consecuencia, cuando se realiza la soldadura por puntos mediante resistencia, es necesario controlar la producción de salpicaduras.

Según se describe en el Documento 8 de patente, para mejorar la CTS son eficaces el aumento del diámetro del botón o la modificación de la parte de soldadura. En particular, el aumento del diámetro del botón es eficaz, pero en la técnica relacionada es difícil aumentar de manera estable el diámetro del botón.

En consecuencia, se incrementa de manera estable y fiable el diámetro del botón y, por lo tanto, se necesita incrementar la CTS aumentando de manera fiable la longitud de la parte circunferencial externa del botón.

Entre los diversos problemas descritos en lo que antecede, es particularmente importante mejorar la controlabilidad de la corriente cuando se realiza el calentamiento por energización en la pieza de trabajo que constituye el material conductor, mediante una corriente elevada en un corto período de tiempo, con vistas a mejorar las características de la parte objetivo del procesamiento que es la parte de soldadura.

La presente invención se ha realizado a la vista de las circunstancias antes descritas, y constituyen un objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo de fuente de alimentación capaz de mejorar las características de una pieza de trabajo al mejorar aún más, en comparación con lo que ocurre en la técnica relacionada, la controlabilidad de una corriente cuando se realiza procesamiento eléctrico sobre la pieza de trabajo, un sistema de unión que utiliza el dispositivo de suministro de energía y un método de procesamiento eléctrico.

Medios para resolver el problema

La presente invención hace uso de los siguientes aspectos para resolver los problemas y para lograr los objetos.

(1) Un dispositivo de fuente de alimentación conforme a la presente invención es un dispositivo de fuente de alimentación según se define en la reivindicación 1, que suministra una corriente de salida a un dispositivo de procesamiento eléctrico que realiza procesamiento eléctrico sobre piezas de trabajo. El dispositivo de fuente de alimentación incluye: una primera fuente de alimentación; un interruptor de recuperación de energía magnética que recibe una corriente suministrada desde la primera fuente de alimentación y convierte la corriente recibida en la corriente de salida; y una unidad de control que controla el interruptor de recuperación de energía magnética de manera que la frecuencia de corriente eléctrica de la corriente de salida incluye una primera frecuencia de corriente eléctrica y una segunda frecuencia de corriente eléctrica que son diferentes entre sí dentro de un tiempo de procesamiento eléctrico puntual utilizando el dispositivo de procesamiento eléctrico. Según la fuente de alimentación conforme al aspecto descrito en (1), la unidad de control cambia la frecuencia de la corriente eléctrica de manera que el dispositivo de fuente de alimentación incluye la primera frecuencia de corriente eléctrica y la segunda frecuencia de corriente eléctrica que son diferentes entre sí dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual. En consecuencia, es posible controlar la frecuencia de corriente eléctrica de la corriente de salida que ha de aplicarse para que el dispositivo de procesamiento eléctrico establezca unas condiciones de procesamiento adecuadas (por ejemplo, unas condiciones de distribución de corriente o unas

condiciones de distribución de calor de la parte de soldadura) correspondientes al material o a la forma de la pieza de trabajo. Además, al emplearse una configuración en la cual la frecuencia de la corriente eléctrica es conmutada mediante el interruptor de recuperación de energía magnética, es posible mejorar aún más la controlabilidad de la corriente de salida en un período corto de tiempo en comparación con lo que ocurre en la técnica relacionada.

5 (2) En el dispositivo de fuente de alimentación según (1), el tiempo de procesamiento eléctrico puntual puede ser igual o menor que un segundo.

10 En la descripción de (2), dado que la frecuencia de la corriente eléctrica se puede controlar dentro de un período corto de tiempo que es igual o menor que un segundo, es posible aplicar adecuadamente el dispositivo de fuente de alimentación, por ejemplo, a la soldadura por puntos mediante resistencia.

15 (3) En el dispositivo de fuente de alimentación según (1) o (2), la frecuencia de la corriente eléctrica durante el procesamiento eléctrico puede ser igual o menor que una frecuencia de resonancia determinada por la inductancia en un lado del dispositivo de procesamiento eléctrico visto desde un extremo de salida del interruptor de recuperación de energía magnética y por la capacitancia de un condensador incluido en el interruptor de recuperación de energía magnética.

En la descripción de (3), se fija la frecuencia de la corriente eléctrica en un valor igual o menor que la frecuencia de resonancia y, por lo tanto, es posible realizar una conmutación suave.

20 Conforme a la presente invención, el interruptor de recuperación de energía magnética incluye un circuito puente en el cual un primer interruptor de semiconductor de conducción inversa y un cuarto interruptor de semiconductor de conducción inversa están dispuestos en serie en un primer camino de manera que direcciones de conducción cuando están apagados el primer y el cuarto interruptores de semiconductor de conducción inversa son direcciones mutuamente inversas, un segundo interruptor de semiconductor de conducción inversa y un tercer interruptor de semiconductor de conducción inversa están dispuestos en serie en un segundo camino de manera que direcciones de conducción cuando están apagados el segundo y el tercer interruptores de semiconductor de conducción inversa son direcciones mutuamente inversas, y las direcciones de conducción del primer interruptor de semiconductor de conducción inversa y del tercer interruptor de semiconductor de conducción inversa cuando están apagados el primer y el tercer interruptores de semiconductor de conducción inversa son la misma, y un condensador que está conectado entre una zona de entre zonas del primer camino, que se encuentra entre el primer interruptor de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor de semiconductor de conducción inversa y una zona de entre zonas del segundo camino, que se encuentra entre el segundo interruptor de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor de semiconductor de conducción inversa. El interruptor de recuperación de energía magnética puede estar situado entre la primera fuente de alimentación y el dispositivo de procesamiento eléctrico. La unidad de control puede controlar la frecuencia de la corriente eléctrica dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual controlando un tiempo de ENCENDIDO y un tiempo de APAGADO de al menos uno de un par que incluye el primer interruptor de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor de semiconductor de conducción inversa, y de un par que incluye el segundo interruptor de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor de semiconductor de conducción inversa, o puede controlar la frecuencia de corriente eléctrica y un valor de corriente de la corriente de salida dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual controlando la corriente suministrada desde la primera fuente de alimentación y el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de al menos uno del par que incluye el primer interruptor de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor de semiconductor de conducción inversa, y del par que incluye el segundo interruptor de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor de semiconductor de conducción inversa.

45 En esta configuración conforme a la presente invención, al tener el dispositivo de fuente de alimentación una configuración en la cual la frecuencia de la corriente eléctrica puede ser conmutada por el interruptor de recuperación de energía magnética y se puede controlar de manera independiente la corriente eléctrica, es posible mejorar aún más la controlabilidad de la corriente de salida en un tiempo corto en comparación con lo que ocurre en la técnica relacionada.

50 (4) Un sistema de unión según un aspecto de la presente invención incluye: el dispositivo de fuente de alimentación según uno cualquiera de (1) a (3); y un dispositivo de unión en calidad de dispositivo de procesamiento eléctrico que aplica la corriente de salida, proporcionada como salida desde el dispositivo de fuente de alimentación, a una zona de contacto entre una pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica en calidad de piezas de trabajo y une la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica, al realizar calentamiento por energización en la zona de contacto.

55 Según el sistema de unión de acuerdo conforme al aspecto descrito en (4), el dispositivo de unión y el dispositivo de fuente de alimentación capaz de controlar la frecuencia de la corriente de salida están combinados y, por lo tanto, es posible controlar el cambio de la frecuencia de corriente eléctrica dentro de un tiempo de procesamiento eléctrico puntual que no se puede realizar en la técnica relacionada.

(5) En el sistema de unión según (4), el dispositivo de unión puede incluir un primer electrodo, un segundo electrodo que está dispuesto de manera que se enfrenta al primer electrodo, estando la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica sujetos entre el primer electrodo y el segundo electrodo, y una pluralidad de bobinas a través de las cuales penetran flujos magnéticos, flujos magnéticos generados por la corriente de salida, proporcionada como salida desde el dispositivo de fuente de alimentación, que fluye al primer electrodo, a la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica y al segundo electrodo. La unidad de control puede controlar el interruptor de recuperación de energía magnética de manera que la frecuencia de corriente eléctrica de la corriente de salida, proporcionada como salida desde el dispositivo de fuente de alimentación, es modificada en función de fuerzas electromotrices generadas por la pluralidad de bobinas a causa de los flujos magnéticos. En la descripción de (5), es posible determinar el estado de la corriente de salida que fluye al material al que se aplica corriente eléctrica durante el procesamiento eléctrico, en forma del cambio en la fuerza electromotriz generada por la bobina. En consecuencia, la unidad de control puede controlar el funcionamiento del interruptor de recuperación de energía magnética a través de un control de retroalimentación, de manera que la corriente de salida a aplicar al material al que se aplica corriente eléctrica sea adecuada basándose en el cambio de la fuerza electromotriz. Si se coloca una sola bobina, se puede detectar el valor de corriente que fluye al electrodo y se puede realizar el control basándose en el valor de corriente. No obstante, si se utiliza la pluralidad de bobinas, puesto que se puede extraer información acerca de la distribución de la corriente, es posible realizar un control de alta precisión.

(6) En el sistema de unión según (5), la pluralidad de bobinas puede estar dispuestas en posiciones diferentes entre sí en torno a un eje central que comparte un eje común con el primer electrodo y el segundo electrodo con respecto a al menos uno del primer electrodo y del segundo electrodo.

En la descripción de (6), dado que es posible determinar el cambio en la fuerza electromotriz generada por la bobina en múltiples partes en torno a al menos uno del primer electrodo y del segundo electrodo, es posible determinar con más detalle el cambio de estado de la corriente de salida que fluye al material al que se aplica corriente eléctrica.

(7) En el sistema de unión según (5) o (6), si se determina que al menos una de las fuerzas electromotrices generadas por la pluralidad de bobinas se desvía de un intervalo preestablecido, la unidad de control puede controlar el interruptor de recuperación de energía magnética de manera que se incrementa o se reduce la corriente de salida en un valor correspondiente a la amplitud de desviación con respecto al intervalo preestablecido.

En la descripción de (7), es posible controlar la corriente de salida a través del valor correspondiente a la amplitud de desviación con respecto al intervalo predeterminado, comparando las fuerzas electromotrices generadas por la pluralidad de bobinas con el intervalo predeterminado.

(8) En el sistema de unión según (5), la pluralidad de bobinas puede estar enfrentadas entre sí, con el primer electrodo y el segundo electrodo interpuestos entre ellas, y puede estar arrolladas en torno a la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica.

En la descripción de (8), dado que las bobinas están enfrentadas entre sí, con el primer electrodo y el segundo electrodo interpuestos entre ellas, y se puede determinar el cambio en las fuerzas electromotrices generadas por la pluralidad de bobinas arrolladas en torno a la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica, es posible determinar con más detalle el cambio de estado de la corriente de salida que fluye al material al que se aplica corriente eléctrica.

(9) En el sistema de unión según uno cualquiera de (4) a (8), el dispositivo de unión puede incluir una unidad de regulación de presión que aumenta o disminuye la fuerza de sujeción para sujetar la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica. En la descripción de (9), la unidad de regulación de presión aumenta la fuerza de sujeción y, por lo tanto, las dimensiones externas de las partes de fusión en la zona de contacto se agrandan. En consecuencia, se puede aumentar el área fusionada de los materiales a los que se aplica corriente eléctrica.

(10) En la reivindicación 10 se define un método de procesamiento eléctrico según la presente invención, y comprende: un proceso de preparación consistente en preparar condiciones de procesamiento eléctrico correspondientes a piezas de trabajo; y un proceso de procesamiento eléctrico consistente en, dentro de un tiempo de procesamiento eléctrico puntual de las piezas de trabajo conforme a la condición de procesamiento eléctrico, aplicar a las piezas de trabajo una corriente de salida que tiene una primera frecuencia de corriente eléctrica y aplicar a las piezas de trabajo una corriente de salida que tiene una segunda frecuencia de corriente eléctrica diferente de la primera frecuencia de corriente eléctrica.

Según el método de procesamiento eléctrico conforme a un aspecto de la descripción de (10), se modifica la frecuencia de corriente eléctrica de manera que la frecuencia de corriente eléctrica incluye la primera frecuencia de corriente eléctrica y la segunda frecuencia de corriente eléctrica que son diferentes entre sí, en función de las condiciones de procesamiento eléctrico dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual. En consecuencia,

el procesamiento eléctrico se realiza bajo una condición de procesamiento adecuada (por ejemplo, una condición de distribución de corriente o una condición de distribución de calor de la parte de soldadura) correspondientes al material o a la forma de la pieza de trabajo.

5 (11) En el método de procesamiento eléctrico según (10), el proceso de procesamiento eléctrico puede incluir un proceso consistente en incrementar o reducir la corriente de salida en función de un cambio en una fuerza electromotriz basada en el flujo magnético generado por la corriente de salida aplicada a la pieza de trabajo.

10 En la descripción de (11), el estado de la corriente de salida que fluye a la pieza de trabajo puede determinarse como el cambio de la fuerza electromotriz en función del flujo magnético. En consecuencia, es posible realizar un control de retroalimentación adecuado de manera que la corriente de salida aplicada a la pieza de trabajo sea adecuada, en función del cambio de la fuerza electromotriz.

15 (12) En el método de procesamiento eléctrico según (10) u (11), el proceso de procesamiento eléctrico puede incluir un proceso consistente en formar una zona de contacto para sujetar una pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica en calidad de piezas de trabajo, un proceso consistente en realizar calentamiento por energización para aplicar la corriente de salida a la zona de contacto, y un proceso consistente en incrementar o reducir una fuerza de sujeción aplicada a la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica.

En la descripción de (12), la fuerza de sujeción se incrementa cuando es necesario y, por lo tanto, se pueden agrandar las dimensiones externas de las partes fundidas de la zona de contacto. En consecuencia, es posible aumentar el área fusionada de los materiales a los que se aplica corriente eléctrica.

Efectos de la invención

20 Según el dispositivo de fuente de alimentación conforme al aspecto descrito en (1), puesto que el dispositivo de procesamiento eléctrico puede realizar el procesamiento eléctrico empleando las condiciones de procesamiento adecuadas, correspondientes al material o a la forma de la pieza de trabajo, es posible mejorar las características (por ejemplo, la fortaleza de la unión de la parte de soldadura en la soldadura por puntos mediante resistencia) de la pieza de trabajo.

25 Por ejemplo, en la descripción de (2), cuando se aplica soldadura por puntos mediante resistencia se pueden mejorar aún más las propiedades mecánicas tales como la fortaleza de la unión de la pieza de trabajo después de realizado el procesamiento eléctrico, en comparación con lo que ocurre cuando se utiliza un dispositivo de fuente de alimentación de la técnica relacionada.

30 En la descripción de (3), puesto que se puede realizar una conmutación suave, es posible reducir las pérdidas por conmutación. Además, puesto que, debido a la conmutación suave, no es necesario utilizar un condensador de fuente de tensión que tenga una elevada capacitancia, se puede reducir la capacitancia del condensador.

35 Según el dispositivo de fuente de alimentación conforme al aspecto descrito en (1), puesto que el dispositivo de procesamiento eléctrico puede llevar a cabo el procesamiento eléctrico empleando las condiciones de procesamiento adecuadas correspondientes al material o a la forma de la pieza de trabajo, es posible mejorar las características (por ejemplo, la fortaleza de la unión de la parte de soldadura en la soldadura por puntos mediante resistencia) de la pieza de trabajo.

40 Según el sistema de unión conforme al aspecto descrito en (4), dado que el dispositivo de unión puede realizar la unión empleando las condiciones de unión adecuadas correspondientes al material o a la forma de los materiales a los que se aplica corriente eléctrica que han de ser unidos, es posible mejorar la fortaleza de la unión de la zona de unión entre los materiales a los que se aplica corriente eléctrica.

45 En la descripción de (5), puesto que se puede determinar en tiempo real el estado de la corriente de salida que fluye a los materiales a los que se aplica corriente eléctrica durante el procesamiento eléctrico, y se puede realizar el control de retroalimentación de manera que la corriente de salida sea adecuada, es posible evitar la producción de salpicaduras en los materiales a los que se aplica corriente eléctrica, y es posible mejorar aún más la calidad de la unión en la zona de unión entre los materiales a los que se aplica corriente eléctrica.

En la descripción de (6), puesto que se puede determinar con más detalle el cambio de estado de la corriente de salida que fluye a los materiales a los que se aplica corriente eléctrica, es posible realizar un control de retroalimentación más minucioso. Así, es posible evitar de manera más eficaz la producción de salpicaduras en los materiales a los que se aplica corriente eléctrica, y es posible mejorar aún más la calidad de la unión.

50 En la descripción de (7), puesto que es posible controlar la corriente de salida a través del valor correspondiente a la amplitud de desviación con respecto al intervalo preestablecido, comparando las fuerzas electromotrices generadas por la pluralidad de bobinas con el intervalo preestablecido, es posible realizar un control de retroalimentación más minucioso. Así, es posible evitar de manera más eficaz la producción de salpicaduras en los materiales a los que se aplica corriente eléctrica, y es posible mejorar aún más la calidad de la unión.

En la descripción de (8), puesto que es posible realizar un control de retroalimentación más minucioso, es posible evitar de manera más eficaz la producción de salpicaduras en los materiales a los que se aplica corriente eléctrica, y es posible mejorar aún más la calidad de la unión.

5 En la descripción de (9), puesto que se puede aumentar el área fusionada de los materiales a los que se aplica corriente eléctrica, se puede conseguir una unión que tenga un tamaño relativamente grande. Así, es posible mejorar tanto la resistencia a la cizalladura por tracción (TSS), que se mide aplicando una carga de tracción en una dirección de esfuerzo cortante, al material al que se aplica corriente eléctrica, y la resistencia a la tracción cruzada (CTS), que se mide aplicando una carga de tracción en una dirección de desprendimiento, al material al que se aplica corriente eléctrica.

10 Según el método de procesamiento eléctrico conforme al aspecto descrito en (10), puesto que el dispositivo de procesamiento eléctrico puede realizar el procesamiento eléctrico empleando las condiciones de procesamiento eléctrico adecuadas correspondientes al material o a la forma de la pieza de trabajo, es posible mejorar las características (por ejemplo, la resistencia de la unión de la parte de soldadura en la soldadura por puntos mediante resistencia) de la pieza de trabajo.

15 En la descripción de (11), puesto que se puede determinar en tiempo real el estado de la corriente de salida que fluye a las piezas de trabajo durante la aplicación de la corriente eléctrica y se puede realizar el control de retroalimentación de manera que la corriente de salida sea adecuada, es posible evitar la producción de salpicaduras en las piezas de trabajo, y es posible mejorar aún más la calidad de la unión.

20 En la descripción de (12), puesto que se puede aumentar el área fusionada de los materiales a los que se aplica corriente eléctrica, se puede conseguir una unión que presenta un tamaño relativamente grande. Así, es posible mejorar tanto la resistencia a la cizalladura por tracción (TSS), que se mide aplicando una carga de tracción en una dirección de esfuerzo cortante, al material al que se aplica corriente eléctrica, como la resistencia a la tracción cruzada (CTS), que se mide aplicando una carga de tracción en una dirección de desprendimiento, al material al que se aplica corriente eléctrica.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama que muestra un ejemplo de un sistema de soldadura por puntos mediante resistencia según una primera realización de la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama que muestra un ejemplo de un patrón de conmutación según la presente realización y un patrón de corriente eléctrica de una parte correspondiente al patrón de conmutación.

30 La Figura 3 es un diagrama que muestra un ejemplo de modificación del patrón de conmutación según la presente realización.

La Figura 4 es un diagrama que muestra otro ejemplo de modificación del patrón de conmutación según la presente realización.

La Figura 5 es un diagrama que muestra un ejemplo del patrón de corriente eléctrica según la presente realización.

35 La Figura 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de un sistema de soldadura por puntos mediante resistencia según una segunda realización de la presente invención.

La Figura 7A es una vista en planta que muestra un ejemplo de disposición de bobinas según la presente realización.

40 La Figura 7B es una vista lateral observada desde la flecha A de la Figura 7A para mostrar la disposición de bobinas según la presente realización.

La Figura 8A es un diagrama conceptual que muestra un ejemplo de la relación entre corrientes de soldadura de zonas correspondientes a las bobinas de los electrodos de soldadura según la presente realización.

La Figura 8B es un diagrama conceptual que muestra un ejemplo de la relación entre las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas de los electrodos de soldadura según la presente realización.

45 La Figura 9A es un diagrama que muestra un ejemplo de una forma de onda de la corriente de soldadura según la presente realización.

La Figura 9B es un diagrama que muestra un ejemplo de la forma de onda de la corriente de soldadura según la presente realización.

50 La Figura 10 es un diagrama para describir un ejemplo de un funcionamiento de un MERS según la presente realización.

La Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un proceso de procesamiento eléctrico según la presente realización.

La Figura 12 es un diagrama de flujo que muestra otro ejemplo del proceso de procesamiento eléctrico según la presente realización.

- 5 La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra otro ejemplo más del proceso de procesamiento eléctrico según la presente realización.

La Figura 14 es un diagrama de flujo que muestra otro ejemplo más del proceso de procesamiento eléctrico según la presente realización.

- 10 La Figura 15A es una vista en planta que muestra un ejemplo de disposición de bobinas según una tercera realización de la presente invención.

La Figura 15B es una vista lateral observada desde la flecha D de la Figura 15A para mostrar la disposición de bobinas según la presente realización.

La Figura 16 es un diagrama que muestra un ejemplo de un sistema de soldadura por puntos mediante resistencia según una cuarta realización de la presente invención.

- 15 La Figura 17A es un diagrama que muestra un patrón de corriente eléctrica según la presente realización.

La Figura 17B es un diagrama que muestra un patrón de aplicación de presión o empuje de electrodo según la presente realización.

La Figura 18A es un diagrama que muestra otro patrón de corriente eléctrica según la presente realización.

- 20 La Figura 18B es un diagrama que muestra otro patrón de aplicación de presión o empuje de electrodo según la presente realización.

La Figura 19A es un diagrama esquemático que muestra un procedimiento durante el cual se agranda una zona de contacto entre una chapa de acero y un electrodo en una situación en la que el diámetro de contacto entre la chapa de acero y el electrodo disminuye ya que la presión o el desplazamiento del electrodo son pequeños en la presente realización.

- 25 La Figura 19B es un diagrama esquemático que muestra un procedimiento durante el cual se agranda la zona de contacto entre la chapa de acero y el electrodo en una situación en la que el diámetro de contacto entre la chapa de acero y el electrodo aumenta ya que la presión o el desplazamiento del electrodo son grandes en la presente realización.

- 30 La Figura 20A es un diagrama esquemático que muestra partes fundidas (partes negras en el dibujo) en una fase inicial de la aplicación de la corriente eléctrica en el procedimiento durante el cual se agrandan las partes fundidas formadas en la parte circunferencial externa de la zona de contacto entre las chapas de acero en la presente realización.

La Figura 20B es un diagrama esquemático que muestra las partes fundidas en la fase inicial de la aplicación de la corriente eléctrica, para mostrar la continuación de la Figura 20A en la presente realización.

- 35 La Figura 20C es un diagrama esquemático que muestra las partes fundidas en la fase inicial de la aplicación de la corriente eléctrica, para mostrar la continuación de la Figura 20B en la presente realización.

La Figura 20D es un diagrama esquemático que muestra las partes fundidas en la fase inicial de la aplicación de la corriente eléctrica, para mostrar la continuación de la Figura 20C en la presente realización.

Realizaciones de la invención

- 40 Se describirán a continuación realizaciones de un dispositivo de fuente de alimentación, un sistema de unión y un método de procesamiento eléctrico de la presente invención.

Primera realización

- 45 En la presente realización se emplea un dispositivo de fuente de alimentación capaz de controlar una frecuencia (frecuencia de corriente eléctrica) de una corriente aplicada a una pieza de trabajo (un material conductor o un material al que se aplica corriente eléctrica) dentro de un tiempo de procesamiento eléctrico puntual por medio de un dispositivo de procesamiento eléctrico mediante el uso de un interruptor de recuperación de energía magnética (denominado en adelante "MERS").

En la presente realización se describirá un ejemplo en el cual se realiza como procesamiento eléctrico soldadura por puntos mediante resistencia, utilizando una corriente elevada en un tiempo corto. En la pieza de trabajo (el material

conductor o el material al que se aplica corriente eléctrica) está incluida una chapa de acero, una chapa metálica tal como hierro, aluminio, titanio o acero inoxidable, y un material compuesto de fibra de carbono. En la presente realización se describirá un ejemplo en el cual se utiliza chapa metálica como pieza de trabajo. En la soldadura por puntos mediante resistencia se realiza calentamiento por energización para hacer que fluya una corriente elevada en poco tiempo. En este caso, el calentamiento por energización en corto tiempo significa la aplicación de una corriente eléctrica en donde el tiempo de procesamiento eléctrico puntual (tiempo de calentamiento por energización puntual) es, por ejemplo, igual o menor que un segundo, y preferiblemente igual o menor que 0,5 segundos (es decir, un caso en el cual el tiempo de procesamiento eléctrico puntual es igual o menor que un segundo y preferiblemente igual o menor que 0,5 segundos) y se finaliza el calentamiento para una zona objetivo de calentamiento del material conductor. El procesamiento eléctrico puntual (calentamiento por energización puntual) significa el proceso desde el momento en que se inicia el procesamiento (tratamiento térmico) deseado al aplicar una corriente eléctrica al material conductor hasta el momento en que finaliza el procesamiento (tratamiento térmico) al detener la aplicación de la corriente eléctrica. El procesamiento eléctrico puntual (calentamiento por energización) incluye el caso donde se inicia el procesamiento (tratamiento térmico) al efectuar la aplicación de la corriente eléctrica, detener temporalmente la aplicación de la corriente eléctrica para enfriar y solidificar las porciones de soldadura, reanudar el procesamiento eléctrico (calentamiento por energización) aplicando nuevamente la corriente eléctrica a las mismas partes de soldadura, y después se finaliza el procesamiento (tratamiento térmico) al detener la aplicación de la corriente eléctrica a las mismas porciones de soldadura. Es decir, el procesamiento eléctrico puntual (calentamiento por energización puntual) incluye el caso donde se efectúa la interrupción temporal de la aplicación de la corriente eléctrica una vez o múltiples veces entre el comienzo inicial de la aplicación de la corriente eléctrica y la detención final de la aplicación de la corriente eléctrica. En la soldadura por puntos mediante resistencia, la soldadura por puntos mediante resistencia, puntual, se realiza dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual.

Por ejemplo, la elevada intensidad de corriente se refiere a una corriente que tiene un valor eficaz de 1 kA o más, y más preferiblemente 3 kA o más.

25 Configuración del sistema de soldadura por puntos mediante resistencia

La Figura 1 es un diagrama que muestra un ejemplo de una configuración de un sistema 1 de soldadura por puntos mediante resistencia según una primera realización.

El sistema 1 de soldadura por puntos mediante resistencia es un ejemplo de un sistema de unión, e incluye una fuente 100 de alimentación (primera fuente de alimentación) de CA (corriente alterna) un rectificador 200, un reactor 300 de CC (corriente continua), un MERS 400, una unidad 500 de control, una inductancia 600 de CA, un transformador 700 de corriente y una soldadora 800 por puntos mediante resistencia (dispositivo de procesamiento eléctrico). En la presente realización, la fuente 100 de alimentación de CA, el rectificador 200, el reactor 300 de CC, el MERS 400, la unidad 500 de control, la inductancia 600 de CA y el transformador 700 de corriente constituyen el dispositivo de fuente de alimentación. El dispositivo de fuente de alimentación suministra una corriente de salida a la soldadora 800 por puntos mediante resistencia que efectúa procesamiento eléctrico en la pieza de trabajo.

El MERS 400 recibe la corriente suministrada desde la fuente 100 de alimentación de CA, y convierte la corriente en una corriente de salida para suministrar a la soldadora 800 por puntos mediante resistencia. Una relación de conexiones en un lado de entrada del MERS 400 es la siguiente.

Un extremo de entrada del rectificador 200 y la fuente 100 de alimentación de CA están conectados entre sí. Uno de los extremos de salida del rectificador 200 y un extremo del reactor 300 de CC están conectados entre sí. El otro de los extremos de salida del rectificador 200 y un terminal c de CC del MERS 400 están conectados entre sí. El otro extremo del reactor 300 de CC y un terminal b de CC del MERS 400 están conectados entre sí.

Una relación de conexiones en un lado de salida del MERS 400 es la siguiente.

Un terminal d de CA del MERS 400 y un extremo de la inductancia 600 de CA están conectados entre sí. El otro extremo de la inductancia 600 de CA y uno de los extremos de entrada del transformador 700 de corriente están conectados entre sí. Un terminal a de CA del MERS 400 y el otro de los extremos de entrada del transformador 700 de corriente están conectados entre sí. Uno de los extremos de salida del transformador 700 de corriente y un electrodo E1 de soldadura (primer electrodo) están conectados entre sí, y el otro del mismo y un electrodo E2 de soldadura (segundo electrodo) están conectados entre sí.

La fuente 100 de alimentación de CA es un ejemplo de una fuente de alimentación original, y proporciona como salida una alimentación de CA. La fuente 100 de alimentación de CA puede ser una fuente de alimentación de CA monofásica o puede ser una fuente de alimentación de CA trifásica.

El rectificador 200 rectifica la salida de alimentación de CA de la fuente 100 de alimentación de CA, y convierte la alimentación de CA rectificadas en una alimentación de CC. En caso de que la fuente 100 de alimentación de CA sea una fuente de alimentación de CA monofásica, el rectificador 200 incluye un circuito rectificador monofásico. Análogamente, en caso de que la fuente 100 de alimentación de CA sea una fuente de alimentación de CA trifásica, el rectificador 200 incluye un circuito rectificador trifásico.

El reactor 300 de CC suaviza la salida de alimentación de CC del rectificador 200.

El MERS 400 es un ejemplo del MERS, y proporciona como salida la entrada de alimentación de CC procedente del rectificador 200 a través del reactor 300 de CC, en forma de alimentación de CA.

La unidad 500 de control controla el funcionamiento del MERS 400.

5 Se describirá con detalle un funcionamiento del MERS 400.

10 El transformador 700 de corriente convierte una salida de corriente alterna del MERS 400 a través de la inductancia 600 de CA en una corriente elevada, de acuerdo con la relación de vueltas del transformador 700 de corriente, y proporciona como salida la corriente transformada a los electrodos E1 y E2 de soldadura de la soldadora 800 de resistencia por puntos. En la presente realización se ilustra un ejemplo en el cual se suministra la corriente elevada a la soldadora 800 por puntos mediante resistencia, utilizando el transformador 700 de corriente. Sin embargo, no necesariamente se utiliza el transformador 700 de corriente. Por ejemplo, mientras los elementos respectivos que constituyen el MERS 400 puedan soportar la elevada intensidad de corriente descrita más arriba, no es necesario utilizar el transformador 700 de corriente.

15 La soldadora 800 por puntos mediante resistencia une las zonas de contacto mediante el calor de efecto Joule generado en las zonas de contacto por la aplicación de la corriente a las zonas de contacto de posiciones deseadas de chapas metálicas M1 y M2, mientras presiona los electrodos E1 y E2 de soldadura para sujetar las chapas metálicas M1 y M2 desde una superficie frontal y una superficie trasera de una parte superpuesta de una pluralidad de chapas metálicas M1 y M2, cuyas superficies laminares están mutuamente superpuestas, es decir, en una dirección A y en una dirección B de la Figura 1. Como soldadora 800 por puntos mediante resistencia se puede emplear un dispositivo de soldadura conocido. Como material, grosor de chapa y número de chapas metálicas M1 y M2, en calidad de objetivos de la soldadura por puntos mediante resistencia, se puede hacer uso de diversos ejemplos de ello, aptos para ser aplicados a la soldadura por puntos mediante resistencia. Según se ha indicado más arriba, en la presente realización se describirá un ejemplo en el cual el dispositivo de procesamiento eléctrico es la soldadora 800 por puntos mediante resistencia.

25 Configuración del MERS 400

Se describirá a continuación un ejemplo de una configuración del MERS 400.

30 Según se muestra en la Figura 1, el MERS 400 incluye un circuito puente y un condensador C. El circuito puente incluye cuatro interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa, que están dispuestos en dos caminos, y en cada camino están dispuestos dos interruptores. El condensador C está situado entre dos caminos del circuito puente.

Específicamente, el circuito puente incluye un primer camino que es un camino que llega desde el terminal a de CA al terminal d de CA a través del terminal b de CC, y un segundo camino que es un camino que llega desde el terminal a de CA al terminal d de CA a través del terminal c de CC.

35 En el primer camino, el interruptor V de semiconductor de conducción inversa (cuarto interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal d de CA y el terminal b de CC, y el interruptor U de semiconductor de conducción inversa (primer interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal b de CC y el terminal a de CA.

40 En el segundo camino, el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa (tercer interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal d de CA y el terminal c de CC, y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa (segundo interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal c de CC y el terminal a de CA. El condensador C está situado entre el terminal b de CC y el terminal c de CC.

45 Cuando no se proporcionan como entrada señales de ENCENDIDO a los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta y los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados, estos interruptores hacen que la corriente fluya solamente en una dirección, y cuando se proporcionan como entrada señales de ENCENDIDO a los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta y estos interruptores están encendidos, dichos interruptores hacen que la corriente fluya en ambas direcciones. Es decir, cuando los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados, estos interruptores hacen que la corriente fluya en una dirección entre un terminal emisor y un terminal colector, y cuando estos interruptores están encendidos, dichos interruptores hacen que la corriente fluya en ambas direcciones entre el terminal emisor y el terminal colector.

50 En la descripción que sigue, a las direcciones en las cuales fluye la corriente cuando los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados se las denomina, cuando es necesario, "direcciones hacia delante", y a las direcciones en las cuales no fluye la corriente cuando estos interruptores están apagados se las denomina, cuando es necesario, "direcciones hacia atrás". En la descripción que sigue, a las direcciones de conexión al circuito en las direcciones hacia delante y en las direcciones hacia atrás se las denomina, cuando es

necesario, "polaridades de interruptor".

Los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están dispuestos de manera que las polaridades de interruptor son las siguientes. El interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa, conectados en paralelo entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, tienen polaridades de interruptor en direcciones mutuamente inversas. De manera análoga, el interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, conectados en paralelo entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, tienen también polaridades de interruptor en direcciones mutuamente inversas. El interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor V de semiconductor de conducción inversa, conectados en serie entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, tienen polaridades de interruptor en direcciones mutuamente inversas. De manera análoga, el interruptor X de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, conectados en serie entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, tienen también polaridades de interruptor en direcciones mutuamente inversas.

Por lo tanto, el interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa tienen polaridades de interruptor en direcciones hacia delante. El interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa tienen también polaridades de interruptor en direcciones hacia delante. Las polaridades de interruptor de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa y las polaridades de interruptor de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa son direcciones hacia atrás.

Las polaridades de interruptor que se muestran en la Figura 1 pueden ser opuestas entre los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa y entre los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa.

Se consideran diversas configuraciones como la configuración de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa. En la presente realización, se supone que los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor y los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y están conectados en paralelo. Es decir, los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa incluyen uno de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y y uno de los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor conectados a los diodos en paralelo, respectivamente.

Los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta de los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están conectados a la unidad 500 de control. Los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta reciben como entrada señales (señales de puerta) de ENCENDIDO para encender los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor, como señal de control al MERS 400 desde la unidad 500 de control. Mientras se estén recibiendo como entrada señales de ENCENDIDO, los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están encendidos y hacen que la corriente fluya en ambas direcciones. Sin embargo, en caso de que no se reciban como entrada señales de ENCENDIDO, los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están apagados, y los interruptores hacen que la corriente no fluya en ninguna dirección. Así, cuando los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están apagados, la corriente fluye solamente en las direcciones de conducción de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y conectados a los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor en paralelo.

Los interruptores de semiconductor de conducción inversa incluidos en el MERS 400 no están limitados a los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa solamente. Es decir, los interruptores de semiconductor de conducción inversa pueden tener la configuración que indica el funcionamiento descrito en lo que antecede. Por ejemplo, estos interruptores pueden ser MOS FET de potencia o tiristores GTO de conducción inversa, o bien pueden tener una configuración en la cual los diodos y los interruptores de semiconductor, tales como los IGBT, están conectados en paralelo.

La descripción de las polaridades de interruptor de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa que utilizan los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y es la siguiente. En concreto, las direcciones hacia delante (las direcciones en las cuales fluye la corriente cuando los interruptores están apagados) son direcciones de conducción de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y , y las direcciones hacia atrás (las direcciones en las cuales no fluye la corriente cuando los interruptores están apagados) son direcciones sin conducción de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y .

Las direcciones de conducción de los diodos (D_U y D_X o D_V y D_Y) conectados en paralelo son direcciones mutuamente inversas entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, y las direcciones de conducción de los diodos (D_U y D_V o D_X y D_Y) conectados en serie son direcciones mutuamente inversas entre el terminal a de CA y el terminal d de CA. Entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, las direcciones de conducción de los diodos D_U y D_V son cada una direcciones hacia delante, y las direcciones de conducción de los diodos D_V y D_X son cada una, del mismo modo, direcciones hacia delante. Así, entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, las direcciones de conducción de los diodos D_U y D_V y de los diodos D_V y D_X son direcciones mutuamente inversas.

Según se ha descrito más arriba, los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son las siguientes. En concreto, si el interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa están emparejados como un primer par y el interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa están emparejados como un segundo par, el interruptor U de semiconductor de conducción

5 inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, que están emparejados como primer par, están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son la misma dirección, y el interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa, que están emparejados como segundo par, están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son la misma dirección. El primer par y el segundo par están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son opuestas entre sí.

En consecuencia, los interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa dispuestos en una línea diagonal en el circuito puente están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son la misma dirección.

Funcionamiento del MERS 400

10 En el MERS 400, si un interruptor de semiconductor de conducción inversa de dos interruptores de semiconductor de conducción inversa ubicados en la línea diagonal del circuito puente está encendido, el otro interruptor de semiconductor de conducción inversa también está encendido. Del mismo modo, si un interruptor de semiconductor de conducción inversa de dos interruptores de semiconductor de conducción inversa ubicados en la línea diagonal del circuito puente está apagado, el otro interruptor de semiconductor de conducción inversa también está apagado. Por ejemplo, si el interruptor U de semiconductor de conducción inversa está encendido, el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa también está encendido, y si el interruptor U de semiconductor de conducción inversa está apagado, el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa también está apagado. Lo mismo se aplica a los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa.

20 Cuando dos interruptores de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal de dos líneas diagonales del circuito puente están encendidos, dos interruptores de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal están apagados. Por ejemplo, cuando los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa están encendidos, los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa están apagados.

25 La Figura 2 es un diagrama que muestra un ejemplo de un patrón de conmutación y de un patrón de corriente eléctrica (un patrón de corriente eléctrica de una parte correspondiente al patrón de conmutación) según la primera realización. Específicamente, la Figura 2 muestra un ejemplo de la relación entre las señales (señales de puerta) de ENCENDIDO proporcionadas como entrada a los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta, una tensión V_C en ambos extremos del condensador C y una corriente I_L de salida del MERS 400, y el tiempo. En este caso, el patrón de conmutación según la presente realización es un patrón de ENCENDIDO y APAGADO de las señales de puerta proporcionadas como entrada a una "puerta U-Y" (terminales G_U y G_Y de puerta) y una "puerta V-X" (terminales G_V y G_X de puerta) mostradas en la Figura 2. El patrón de corriente eléctrica es un patrón de la "corriente I_L de salida del MERS 400" que se muestra en la Figura 2, y es un patrón en un tiempo de calentamiento por energización puntual (corriente eléctrica monopulso).

35 En la Figura 2, la puerta U-Y representa las señales (señales de puerta) de ENCENDIDO proporcionadas como entrada a los terminales G_U y G_Y de puerta. La puerta V-X representa las señales (señales de puerta) de ENCENDIDO proporcionadas como entrada a los terminales G_V y G_X de puerta. Los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa (interruptores S_U y S_Y de semiconductor) están encendidos durante un período en el cual una forma de onda de la puerta U-Y crece, y los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa (interruptores S_U y S_Y de semiconductor) están apagados durante un período en el cual la forma de onda de la puerta U-Y cae. Del mismo modo, los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa (interruptores S_V y S_X de semiconductor) están encendidos durante un período en el cual una forma de onda de la puerta V-X crece, y los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa (interruptores S_V y S_X de semiconductor) están apagados durante un período en el cual la forma de onda de la puerta V-X cae.

45 En la descripción que sigue, a un caso en el cual se proporcionan como entrada a los terminales G_U y G_Y de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa están encendidos se le denomina, cuando es necesario, "la puerta U-Y está encendida". Asimismo, a un caso en el cual no se proporcionan como entrada a los terminales de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados se le denomina, cuando es necesario, "la puerta U-Y está apagada".

50 A un caso en el cual se proporcionan como entrada a los terminales G_V y G_X de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa están encendidos se le denomina, cuando es necesario, "la puerta V-X está encendida". Asimismo, a un caso en el cual no se proporcionan como entrada a los terminales G_V y G_X de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa están apagados se le denomina, cuando es necesario, "la puerta V-X está apagada".

55 Se describirá a continuación el funcionamiento representado en la Figura 2.

Funcionamiento representado en la Figura 2

El patrón de conmutación del ejemplo representado en la Figura 2 es un patrón en el cual dos interruptores de

semiconductor de conducción inversa (V y X o U e Y) ubicados en una línea diagonal de las líneas diagonales del circuito puente se encienden y se apagan una vez después de que dos interruptores de semiconductor de conducción inversa (U e Y o V y X) ubicados en la otra línea diagonal se encienden y se apagan una vez.

5 En este caso, cada vez que los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa se encienden y se apagan tres veces, se modifican el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa. En concreto, los ciclos en los cuales se encienden y se apagan una vez los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa se modifican reiteradamente en el orden $T_1, T_2, T_3, T_1, T_2, \dots$, como se representa en la Figura 2.

10 El tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal, y el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de dos interruptores (V y X o U e Y) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal, son iguales en los mismos ciclos T_1, T_2 y T_3 .

15 Según se muestra en la Figura 2, los ciclos (T_1, T_2 y T_3) en los cuales se encienden y se apagan una vez los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa corresponden a un ciclo de la corriente I_L de salida del MERS 400. Es decir, las frecuencias con las cuales se encienden y se apagan una vez los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa corresponden a una frecuencia (frecuencia de corriente eléctrica) de la corriente I_L de salida del MERS 400. Lo mismo es válido para los ejemplos de las Figuras 3 y 4.

20 En la presente realización, se utiliza como frecuencia de la corriente eléctrica una frecuencia que es igual o menor que una frecuencia de resonancia basada en la inductancia cuando se ve un lado de carga (el lado de la soldadora 800 por puntos mediante resistencia, el dispositivo de procesamiento eléctrico) desde el extremo de salida del MERS 400 y la capacitancia del condensador C. De este manera, se puede realizar una conmutación suave, como se describe en los Documentos 3 y 7 de patente. Al no ser necesario el empleo de un condensador de fuente de tensión que tenga una elevada capacitancia, se puede reducir la capacitancia del condensador C. Lo mismo es válido para los ejemplos mostrados en las Figuras 3 y 4.

25 Se fija una frecuencia f_1 ($= 1/T_1$) para que sea la frecuencia de resonancia, se fija una frecuencia f_2 ($= 1/T_2$) para que sea menor que la frecuencia f_1 , y se fija f_3 ($= 1/T_3$) para que sea menor que la frecuencia f_2 . Es decir, se fijan estas frecuencias para cumplir que $f_1 > f_2 > f_3$. Lo mismo es válido para los ejemplos de las Figuras 3 y 4.

Se describirá a continuación el funcionamiento del MERS 400 en el ejemplo representado en la Figura 2, haciendo referencia a las Figuras 1 y 2.

30 [Período t_1 de frecuencia f_1 ($=$ frecuencia de resonancia)]

(1a) Puerta U-Y: ENCENDIDA, puerta V-X: APAGADA

Si la puerta V-X está apagada y la puerta U-Y está encendida, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: transformador 700 de corriente, interruptor U de semiconductor de conducción inversa, condensador C e interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, y el condensador C se carga.

35 En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C aumenta. Si se completa la carga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 se reduce a 0 (cero) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C representa un valor máximo.

40 Cuando se ha completado la carga del condensador C, se inicia la descarga del condensador C, y la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: condensador C, interruptor U de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente e interruptor Y de semiconductor de conducción inversa. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 aumenta desde 0 (cero) (se convierte en un valor positivo desde 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C disminuye. Si se completa la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 representa un valor máximo positivo y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se convierte en un valor mínimo (0 (cero)).

45 (2a) Puerta U-Y: APAGADA, puerta V-X: ENCENDIDA

La frecuencia f_1 es la frecuencia de resonancia. En consecuencia, la unidad 500 de control apaga la puerta U-Y y enciende la puerta V-X cuando la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se reduce a 0 (cero), como se ha indicado más arriba. Así, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: transformador 700 de corriente, interruptor V de semiconductor de conducción inversa, condensador C e interruptor X de semiconductor de conducción inversa, y el condensador C se carga. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C aumenta.

50 Si se completa la carga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 se convierte en 0 (cero) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C representa un valor máximo.

Una vez completada la carga del condensador C, se inicia la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: condensador C, interruptor V de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente e interruptor X de semiconductor de conducción inversa. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 aumenta desde 0 (cero) (se convierte en un valor negativo desde 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C disminuye. Si se completa la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 representa un valor máximo negativo y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se convierte en un valor mínimo (0 (cero)).

La frecuencia f_1 es la frecuencia de resonancia. En consecuencia, la unidad 500 de control enciende la puerta U-Y y apaga la puerta V-X cuando la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se reduce a 0 (cero), como se ha indicado más arriba. La operación del ciclo T_1 (un ciclo) finaliza con las operaciones de (1a) y (2a). Posteriormente, si se realizan dos veces de manera alternada la operación de (1a) y la operación de (2a), el funcionamiento del período t_1 finaliza.

Según se ha mencionado más arriba, puesto que la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se reduce a 0 (cero) en momentos en los que se encienden y se apagan la puerta U-Y y la puerta V-X, tiene lugar una conmutación suave.

[Período t_2 de frecuencia f_2 (< frecuencia f_1 de resonancia)]

(1b) Puerta U-Y: ENCENDIDA, puerta V-X: APAGADA

Si la puerta V-X está apagada y la puerta U-Y está encendida, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: transformador 700 de corriente, interruptor U de semiconductor de conducción inversa, condensador C e interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, y el condensador C se carga.

En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C aumenta. Si se completa la carga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 se reduce a 0 (cero) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C representa un valor máximo.

Una vez completada la carga del condensador C, se inicia la descarga del condensador C, y la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: condensador C, interruptor U de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente e interruptor Y de semiconductor de conducción inversa. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 aumenta desde 0 (cero) (se convierte en un valor positivo desde 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C disminuye. Si se completa la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 representa un valor máximo y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se convierte en un valor mínimo (0 (cero)).

Puesto que la frecuencia f_2 es menor que la frecuencia f_1 de resonancia (el ciclo T_2 es más largo que el ciclo T_1), aunque se haya completado la descarga del condensador C la unidad 500 de control no apaga la puerta U-Y.

La puerta U-Y se mantiene en estado ENCENDIDO y la puerta V-X se mantiene en estado APAGADO.

En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, diodo D_x y transformador 700 de corriente, y por el camino en el orden: diodo D_v , interruptor U de semiconductor de conducción inversa y transformador 700 de corriente en paralelo, y es devuelta. La corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) en función de una constante de tiempo determinada partiendo de la resistencia de la carga y la inductancia.

(2b) Puerta U-Y: APAGADA, puerta V-X: ENCENDIDA

Si transcurre un tiempo (un tiempo que es $1/2$ del ciclo T_2) que es el inverso del doble de la frecuencia f_2 , la unidad 500 de control apaga la puerta U-Y y enciende la puerta V-X. En este caso, puesto que la tensión V_C en ambos extremos del condensador C es 0 (cero), tiene lugar una conmutación suave.

Si la puerta U-Y está apagada y la puerta V-X está encendida, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: transformador 700 de corriente, interruptor V de semiconductor de conducción inversa, condensador C e interruptor X de semiconductor de conducción inversa, y el condensador C se carga.

En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C aumenta. Si se completa la carga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 se convierte en 0 (cero) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C representa un valor máximo.

Cuando se ha completado la carga del condensador C, se inicia la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: condensador C, interruptor V de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente e interruptor X de semiconductor de conducción inversa. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 aumenta desde 0 (cero) (se convierte en un valor negativo desde 0 (cero)) y la

tensión V_C en ambos extremos del condensador C disminuye. Si se completa la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 representa un valor máximo negativo y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se convierte en un valor mínimo (0 (cero)).

5 Puesto que la frecuencia f_2 es menor que la frecuencia f_1 de resonancia, aunque se haya completado la descarga del condensador C la unidad 500 de control no apaga la puerta V-X. La puerta V-X se mantiene en estado ENCENDIDO y la puerta U-Y se mantiene en estado APAGADO. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: interruptor V de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente y diodo D_U , y por el camino en el orden: interruptor X de semiconductor de conducción inversa, diodo D_V y transformador 700 de corriente en paralelo, y es devuelta. La corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) en función de una constante de tiempo determinada partiendo de la resistencia de la carga y la inductancia.

Si transcurre un tiempo (un tiempo que es $1/2$ del ciclo T_2) que es el inverso del doble de la frecuencia f_2 , la unidad 500 de control apaga la puerta V-X y enciende la puerta U-Y. En este caso, puesto que la tensión V_C en ambos extremos del condensador C es 0 (cero), tiene lugar una conmutación suave.

15 La operación del ciclo T_2 (un ciclo) finaliza con las operaciones de (1b) y (2b). Posteriormente, si se realizan dos veces de manera alternada la operación de (1b) y la operación de (2b), la operación del período t_2 finaliza.

[Período t_3 de frecuencia f_3 ($<$ frecuencia f_2 $<$ frecuencia f_1 de resonancia)]

En el período t_3 , el tiempo durante el cual la corriente I_L de salida del MERS 400 es devuelta llega a ser más largo que el período t_2 .

20 (1c) Puerta U-Y: ENCENDIDA, puerta V-X: APAGADA

Si la puerta V-X está apagada y la puerta U-Y está encendida, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: transformador 700 de corriente, interruptor U de semiconductor de conducción inversa, condensador C e interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, y el condensador C se carga.

25 En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C aumenta. Si se completa la carga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 se convierte en 0 (cero) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C representa un valor máximo.

30 Cuando se ha completado la carga del condensador C, se inicia la descarga del condensador C, y la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: condensador C, interruptor U de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente e interruptor Y de semiconductor de conducción inversa. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 aumenta desde 0 (cero) (se convierte en un valor positivo desde 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C disminuye. Si se completa la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 representa un valor máximo y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se convierte en un valor mínimo (0 (cero)).

35 Puesto que la frecuencia f_3 es menor que la frecuencia f_1 de resonancia (el ciclo T_3 es más largo que el ciclo T_1), aunque se haya completado la descarga del condensador C, la unidad 500 de control no apaga la puerta U-Y.

La puerta U-Y se mantiene en estado ENCENDIDO y la puerta V-X se mantiene en estado APAGADO.

40 En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, diodo D_X y transformador 700 de corriente, y por el camino en el orden: diodo D_V , interruptor U de semiconductor de conducción inversa y transformador 700 de corriente en paralelo, y es devuelta. La corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) en función de una constante de tiempo determinada partiendo de la inductancia y de la resistencia de la carga.

(2c) Puerta U-Y: APAGADA, puerta V-X: ENCENDIDA

45 Si transcurre un tiempo (un tiempo que es $1/2$ del ciclo T_3) que es el inverso del doble de la frecuencia f_3 , la unidad 500 de control apaga la puerta U-Y y enciende la puerta V-X. En este caso, puesto que la tensión V_C en ambos extremos del condensador C es 0 (cero), tiene lugar una conmutación suave.

Si la puerta U-Y está apagada y la puerta V-X está encendida, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: transformador 700 de corriente, interruptor V de semiconductor de conducción inversa, condensador C e interruptor X de semiconductor de conducción inversa, y el condensador C se carga.

50 En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C aumenta. Si se completa la carga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 se convierte en 0 (cero) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C representa un valor máximo.

Cuando se ha completado la carga del condensador C, se inicia la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: condensador C, interruptor V de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente e interruptor X de semiconductor de conducción inversa.

5 En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 aumenta desde 0 (cero) (se convierte en un valor negativo desde 0 (cero)) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C disminuye. Si se completa la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 400 representa un valor máximo negativo y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se convierte en un valor mínimo (0 (cero)).

10 Puesto que la frecuencia f_3 es menor que la frecuencia f_1 de resonancia, aunque se haya completado la descarga del condensador C, la unidad 500 de control no apaga la puerta V-X. La puerta V-X se mantiene en estado ENCENDIDO y la puerta U-Y se mantiene en estado APAGADO. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 400 fluye por el camino en el orden: interruptor V de semiconductor de conducción inversa, transformador 700 de corriente y diodo D_U , y por el camino en el orden: el interruptor X de semiconductor de conducción inversa, diodo D_V y transformador 700 de corriente en paralelo, y es devuelta. La corriente I_L de salida del MERS 400 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) en función de una constante de tiempo determinada partiendo de la resistencia de la carga y la inductancia.

15 Si transcurre un tiempo (un tiempo que es $1/2$ del ciclo T_3) que es el inverso del doble de la frecuencia f_3 , la unidad 500 de control apaga la puerta V-X y enciende la puerta U-Y. En este caso, puesto que la tensión V_C en ambos extremos del condensador C es 0 (cero), tiene lugar una conmutación suave.

20 La operación del ciclo T_3 (un ciclo) finaliza con las operaciones de (1c) y (2c). Posteriormente, si se realizan dos veces de manera alternada la operación de (1c) y la operación de (2c), la operación del período t_3 finaliza.

Cuando se realiza una vez la soldadura por puntos mediante resistencia, se realizan al menos una vez las operaciones de los períodos t_1 , t_2 y t_3 . En caso de que las operaciones de los períodos t_1 , t_2 y t_3 se realicen dos veces o más, las operaciones de los períodos t_1 , t_2 y t_3 se realizan de manera reiterada en este orden.

25 Según se ha indicado más arriba, en la Figura 2 las señales de puerta de la puerta U-Y y de la puerta V-X se encienden y se apagan en la mitad del tiempo del ciclo, que es igual o mayor que un ciclo de resonancia T_1 ($= 1/f_1$) dentro de un tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo (la denominada corriente eléctrica monopulso). En este caso, se controlan los terminales de puerta de manera que los terminales G_V y G_X de puerta (puerta V-X) están apagados cuando los terminales G_U y G_Y de puerta (puerta U-Y) están encendidos, y los terminales G_V y G_X de puerta (puerta V-X) están encendidos cuando los terminales G_U y G_Y de puerta (puerta U-Y) están apagados. Haciendo esto, se puede aplicar la corriente eléctrica a través de la conmutación suave en una frecuencia que es igual o menor que la frecuencia f_1 de resonancia. Se cambia el ciclo de la señal de puerta dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo (dentro de la corriente eléctrica monopulso) y, por lo tanto, si las frecuencias de corriente eléctrica ($1/T_1$, $1/T_2$ y $1/T_3$) de un tren de pulsos son frecuencias iguales o menores que (o menores que) la frecuencia f_1 de resonancia, se pueden cambiar las frecuencias de corriente eléctrica dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo (corriente eléctrica monopulso). En la Figura 2 se describirá un ejemplo en el que se configura el patrón de corriente eléctrica para reducir las frecuencias de corriente eléctrica a medida que avanza el tiempo. Sin embargo, los tiempos de ENCENDIDO y APAGADO (ciclos de las señales de puerta) de las señales de puerta de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa se controlan en función del patrón de corriente eléctrica y, por lo tanto, se puede llevar a cabo el patrón de corriente eléctrica para elevar las frecuencias de corriente eléctrica a medida que transcurre el tiempo dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo. También se puede poner en práctica, dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo, el patrón de corriente eléctrica conseguido por la combinación de los patrones de corriente eléctrica para elevar y reducir las frecuencias de corriente eléctrica.

45 Según se ha descrito más arriba, la unidad 500 de control puede controlar el MERS 400 de manera que la frecuencia de corriente eléctrica de la corriente de salida incluya una primera frecuencia de corriente eléctrica y una segunda frecuencia de corriente eléctrica que son diferentes entre sí dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual (dentro del tiempo de procesamiento eléctrico) por medio de la soldadora 800 por puntos mediante resistencia (dispositivo de procesamiento eléctrico). La unidad 500 de control puede controlar el MERS 50 400 de manera que el valor eficaz de la corriente de salida incluya un primer valor eficaz y un segundo valor eficaz que sean diferentes entre sí, dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual (dentro del tiempo de procesamiento eléctrico) por medio de la soldadora 800 por puntos mediante resistencia (dispositivo de procesamiento eléctrico), además de controlar la frecuencia de la corriente eléctrica.

Operaciones representadas en las Figuras 3 y 4

55 Las Figuras 3 y 4 son diagramas que muestran otros ejemplos del patrón de conmutación según la primera realización. Específicamente, la Figura 3 muestra la relación entre señales (señales de puerta) de ENCENDIDO proporcionadas como entrada a los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta, y un tiempo.

El patrón de conmutación del ejemplo representado en la Figura 3 es un patrón en el cual las operaciones de

ENCENDIDO y APAGADO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa y las operaciones de ENCENDIDO y APAGADO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa se realizan de manera alternada una vez, y se realizan de manera reiterada y continua en el orden de: ciclo T_3 , ciclo T_2 y ciclo T_1 , mostrados en la Figura 2.

- 5 Según se describe en la Figura 3, cuando se encienden y se apagan una vez los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa, se pueden cambiar el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa.

10 Por ejemplo, en el patrón de conmutación representado en la Figura 3 se puede llevar a cabo el funcionamiento del MERS 400 omitiendo la repetición de (1a) y (2a), la repetición de (1b) y (2b) y la repetición de (1c) y (2c) del apartado "Funcionamiento representado en la Figura 2", y realizando (1c), (2c), (1b), (2b), (1a) y (2a) en este orden de operación. Por lo tanto, en este ejemplo se omitirá su descripción detallada.

15 Como otro ejemplo de modificación de la Figura 3, se pueden fijar el tiempo de ENCENDIDO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa) y el tiempo de ENCENDIDO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa) en los mismos ciclos T_3 , T_2 y T_1 , en valores diferentes entre sí. En este caso, se pueden fijar como constantes uno cualquiera de los tiempos de ENCENDIDO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa) y el tiempo de ENCENDIDO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa). En este caso, para llevar a cabo la conmutación suave descrita más arriba, el tiempo de ENCENDIDO de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa se fija preferiblemente en un tiempo ($= T_1/2$) que es igual o mayor que un tiempo que es el inverso del doble de la frecuencia f_1 de resonancia.

25 También se aplica al ejemplo de la Figura 2 un caso en el cual se puede fijar como constante uno cualquiera de los tiempos de ENCENDIDO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa) y el tiempo de ENCENDIDO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa). La operación en la cual el tiempo de ENCENDIDO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa) y el tiempo de ENCENDIDO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa (el tiempo de APAGADO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa) en los mismos ciclos están fijados en valores diferentes entre sí se puede llevar a cabo, por ejemplo, efectuando la operación de (2a) y la operación de (1c) en el apartado "Operación representada en la Figura 2" y, por lo tanto, se omitirá su descripción detallada.

35 Al igual que el patrón de conmutación en el ejemplo representado en la Figura 4, cuando el ENCENDIDO y APAGADO de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa y el ENCENDIDO y APAGADO de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa se realizan de manera alternada una vez, se pueden fijar el tiempo de ENCENDIDO (el tiempo de APAGADO) de dos interruptores de semiconductor de conducción inversa (U e Y o V y X) ubicados en una línea diagonal y el tiempo de ENCENDIDO (el tiempo de APAGADO) de dos interruptores de semiconductor de conducción inversa (V y X o U e Y) ubicados en la otra línea diagonal en valores diferentes entre sí.

El funcionamiento del MERS 400 en el patrón de conmutación mostrado en la Figura 4 se realiza repitiendo las operaciones de (1c) y (2b) en el apartado "Operación mostrada en la Figura 2" y, por lo tanto, se omitirá su descripción detallada.

45 Como otro ejemplo de modificación del ejemplo mostrado en la Figura 4, por ejemplo, se pueden fijar el tiempo de ENCENDIDO (el tiempo de APAGADO) de dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal y el tiempo de ENCENDIDO (el tiempo de APAGADO) de dos interruptores

(V y X o U e Y) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal en valores diferentes a los de las Figuras 2 y 3.

50 El patrón de conmutación no está limitado solamente a los ejemplos mostrados en las Figuras 2 a 4.

Por ejemplo, en el ejemplo que se muestra en la Figura 2, después de que los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa se han encendido y apagado tres veces, se modifican el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa, y luego se encienden y se apagan tres veces los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa.

55 Después de ello, se encienden y se apagan tres veces los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa, y se modifican el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa.

Sin embargo, en cada ciclo, el número de veces (tres veces) en que se encienden y se apagan los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa puede ser un número arbitrario de veces que es dos veces o más. En cada ciclo, el patrón de conmutación en el cual el número de veces (tres veces) en que se encienden y se apagan los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa es una vez es el ejemplo representado en la Figura 3.

Es decir, se puede repetir de manera alternada la operación en la cual se encienden y se apagan una vez dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal y la operación en la cual se encienden y se apagan una vez dos interruptores (V y X o U y Y) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal. Al hacer esto, siempre que se pueda llevar a cabo al menos uno de entre un caso donde se cambia al menos uno del tiempo de ENCENDIDO y del tiempo de APAGADO de al menos uno de los dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la línea diagonal, y un caso donde se fijan en valores diferentes los tiempos de ENCENDIDO en un ciclo (un tiempo que es el inverso de la frecuencia de corriente eléctrica) de dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal y dos interruptores (V y X o U e Y) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal, durante un período durante el cual se efectúa una vez la soldadura por puntos mediante resistencia, se puede utilizar cualquier patrón de conmutación.

En cuanto al primer caso, en el ejemplo mostrado en la Figura 2 se cambian el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la línea diagonal, en el orden: ciclo T_1 , ciclo T_2 y ciclo T_3 . En cuanto al segundo caso, en el ejemplo mostrado en la Figura 4 se fija en $T_3/2$ el tiempo de ENCENDIDO de dos interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal en un ciclo (un tiempo de $(T_3 + T_2)/2$), mientras que se fija en $T_2/2$ el tiempo de ENCENDIDO de dos interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal en un ciclo (un tiempo de $(T_3 + T_2)/2$).

Incluso en el patrón de corriente eléctrica en el que se incluye interrupción de la aplicación de corriente eléctrica en la aplicación puntual de corriente eléctrica, se puede alternar la frecuencia de la corriente eléctrica. Se alterna una salida de alimentación (por ejemplo, un valor eficaz de una tensión o una salida de corriente desde la fuente 100 de alimentación de CA) proporcionada como entrada al MERS 400 y, por lo tanto, se puede alternar fácilmente el valor de corriente que se ha de proporcionar como salida desde el MERS 400, con independencia de la frecuencia de corriente eléctrica, dentro de la aplicación puntual de corriente eléctrica.

En la presente realización, se repiten de manera alternada la operación en la cual se encienden y se apagan una vez dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal y la operación en la cual se encienden y se apagan dos interruptores (V y X o U e Y) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal. Sin embargo, se pueden repetir de manera alternada una operación en la cual se encienden y se apagan varias veces dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal y una operación en la cual se encienden y apagan varias veces dos interruptores (V e X o U e Y) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal.

Se pueden fijar en valores diferentes entre sí el número de veces en que se encienden y se apagan consecutivamente dos interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal y el número de veces en que se encienden y se apagan consecutivamente dos interruptores (V e X o U e Y) de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal. Incluso en tal caso, en la presente memoria se puede cambiar la frecuencia de la corriente eléctrica dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo (dentro de una corriente eléctrica monopolso).

Configuración del patrón de corriente eléctrica

Se especifica, por ejemplo realizando una simulación, un patrón de corriente eléctrica adecuado que depende de las condiciones de soldadura determinadas por uno o varios factores predeterminados, que influyen en la calidad de una unión soldada formada al realizar la soldadura por puntos mediante resistencia, y se almacena en la unidad 500 de control el patrón de corriente eléctrico especificado. De este modo, la simulación para especificar el patrón de corriente eléctrica se realiza en cada una de la pluralidad de condiciones de soldadura, y se almacena en la unidad 500 de control el patrón de corriente eléctrica para una de la pluralidad de condiciones de soldadura. Por ejemplo, cuentan como factores el material de la chapa metálica y el tamaño, material, grosor y cambio de temperatura de la parte de soldadura.

La Figura 5 es un diagrama que muestra un ejemplo del patrón de corriente eléctrica según la primera realización.

La Figura 5 muestra un ejemplo del patrón de corriente eléctrica en un caso donde se modifica la frecuencia de la corriente eléctrica dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de un tiempo corto (dentro de una aplicación de corriente eléctrica monopolso). En el patrón de corriente eléctrica mostrado en la Figura 5, siempre que la frecuencia sea igual o menor que la frecuencia f_1 de resonancia, se puede fijar arbitrariamente la frecuencia de la corriente eléctrica. Por consiguiente, siempre que se utilice la configuración de circuito en la cual la frecuencia de resonancia corresponde a una frecuencia de corriente eléctrica máxima requerida, se puede aplicar la corriente

eléctrica con una frecuencia arbitraria de la corriente eléctrica.

Cuando se realiza la soldadura por puntos mediante resistencia, si se proporcionan como entrada las condiciones de soldadura, la unidad 500 de control selecciona el patrón de corriente eléctrica correspondiente a las condiciones de soldadura de entre la pluralidad de patrones de corriente eléctrica, y lee el patrón de corriente eléctrica seleccionado.

5 La unidad 500 de control determina el patrón de conmutación basándose en el patrón de corriente eléctrica leído, mientras se realiza una vez el calentamiento por energización (soldadura por puntos mediante resistencia), y proporciona como salida señales (señales de puerta) de ENCENDIDO a los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa, conforme al patrón de conmutación determinado. La unidad 500 de control controla los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa conforme a dicho patrón de conmutación hasta que finaliza el patrón de corriente eléctrica (tiempo de calentamiento por energización puntual (aplicación de corriente eléctrica monopolso)) para realizar la soldadura por puntos mediante resistencia.

10 Según se ha descrito más arriba, en la presente realización las operaciones de ENCENDIDO y APAGADO de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa se controlan conforme al patrón de corriente eléctrica y, por lo tanto, se controla la frecuencia (frecuencia de corriente eléctrica) de la corriente I_L de salida del MERS 400 dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo (aplicación de corriente eléctrica monopolso). La corriente I_L de salida, proporcionada como salida desde el MERS 400 así controlado, es enviada a los electrodos E_1 y E_2 de soldadura a través del transformador 700 de corriente.

15 En la presente realización es posible realizar una aplicación de la corriente eléctrica en la cual se controlan de manera independiente una frecuencia de corriente eléctrica y una corriente eléctrica dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo (dentro de una aplicación de corriente eléctrica monopolso) mediante el control de solamente una señal de control de potencia para una única fuente de alimentación. En consecuencia, por ejemplo, es posible controlar las propiedades del material después de la aplicación de la corriente eléctrica que incluye una zona de corriente eléctrica dentro de un tiempo corto, de acuerdo con los materiales o formas de las chapas metálicas M1 y M2. Por consiguiente, es posible controlar una distribución de corriente y una distribución de calor de la parte de soldadura y, por lo tanto, es posible mejorar la fortaleza de la unión. Siempre que el dispositivo de fuente de alimentación de la presente realización se utilice en la soldadura por puntos mediante resistencia, es posible controlar las características, la forma o la distribución de dureza del metal de soldadura y, por lo tanto, es posible mejorar la fortaleza de la unión.

20 En la presente realización se ha descrito un ejemplo en el cual se aplica a la soldadora por puntos mediante resistencia el dispositivo de fuente de alimentación capaz de suministrar una corriente elevada en un tiempo corto (el dispositivo de calentamiento por energización es la soldadora 800 por puntos mediante resistencia). Sin embargo, el dispositivo de fuente de alimentación que calienta un material conductor sin fundir el material conductor, a través del calentamiento por energización para unir el material conductor dentro del tiempo de calentamiento por energización puntual y de corto tiempo, puede ser puesto en práctica con un dispositivo de fuente de alimentación que tenga la misma configuración que el de la presente realización. Por ejemplo, también se puede poner en práctica un dispositivo de fuente de alimentación que, en lugar de unir la pluralidad de materiales conductores, caliente uno o más materiales conductores con un dispositivo de fuente de alimentación que tenga la misma configuración que el de la presente realización, como ocurre con el dispositivo de calentamiento por energización del material de acero.

25 El proceso de la unidad 500 de control según la primera realización de la presente invención descrita en lo que antecede se puede llevar a cabo haciendo que un ordenador ejecute un programa. También se pueden aplicar, como realización de la presente invención, un medio de grabación legible por ordenador que grabe el programa y un producto de programa de ordenador tal como el programa. Por ejemplo, se pueden emplear como medio de grabación un disco extraíble, un disco duro, un disco óptico, un disco magnetoóptico, un CD-ROM, una cinta magnética, una tarjeta de memoria no volátil o una ROM.

45 Segunda realización

Se describirá a continuación una segunda realización de la presente invención. En caso de que se produzcan salpicaduras en la soldadura por puntos mediante resistencia, debido a que varía la impedancia entre un electrodo superior de soldadura, la chapa metálica (de trabajo) y un electrodo inferior de soldadura, si se puede detectar directamente el cambio de la impedancia es posible suprimir de manera más fiable la producción de salpicaduras.

50 El cambio de la impedancia se manifiesta como un cambio en la corriente de soldadura (la corriente que fluye al electrodo superior de soldadura, a la chapa metálica (de trabajo) y al electrodo inferior de soldadura).

Cuando se producen las salpicaduras, debido a que la distribución de la corriente de soldadura en el electrodo superior de soldadura y el electrodo inferior de soldadura cambia en gran medida, se detecta la distribución de la corriente de soldadura y, por lo tanto, es posible suprimir la producción de las salpicaduras.

55 Según se ha descrito más arriba, a partir de la idea encontrada por los presentes inventores, en la segunda realización de la presente invención que se describirá a continuación se detecta el flujo magnético generado por los flujos de corriente de soldadura en una pluralidad de zonas en los lados de al menos uno del electrodo superior de soldadura y del electrodo inferior de soldadura, y se controla la corriente de soldadura de acuerdo con el flujo

magnético detectado.

La Figura 6 es un diagrama que muestra un ejemplo de una configuración de un sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia según la segunda realización.

5 El sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia incluye una fuente 110 de alimentación de CA, un rectificador 210, un reactor 310 de CC, un MERS 410, una unidad 510 de control, una inductancia 610 de CA, un transformador 710 de corriente, una soldadora 810 por puntos mediante resistencia, una unidad 910 de detección de tensión y bobinas de la C1 a la C4.

En las Figuras 7A y 7B, la bobina C4 no es visible por estar oculta tras el electrodo superior E1 de soldadura.

10 Por conveniencia de la notación, no se muestran zonas parciales de las bobinas C1 y C3, y no se muestran partes de cable de las bobinas C1 a C3.

En la Figura 6, una relación de conexiones en un lado de entrada del MERS 410 es la siguiente.

15 Un extremo de entrada del rectificador 210 y la fuente 110 de alimentación de CA están conectados entre sí. Uno de los extremos de salida del rectificador 210 y un extremo del reactor 310 de CC están conectados entre sí. El otro de los extremos de salida del rectificador 210 y un terminal c de CC del MERS 410 están conectados entre sí. El otro extremo del reactor 310 de CC y un terminal b de CC del MERS 410 están conectados entre sí.

Una relación de conexiones en un lado de salida del MERS 410 es la siguiente.

20 Un terminal d de CA del MERS 410 y un extremo de la inductancia 610 de CA están conectados entre sí. El otro extremo de la inductancia 610 de CA y uno de los extremos de entrada del transformador 710 de corriente están conectados entre sí. Un terminal a de CA del MERS 410 y el otro de los extremos de entrada del transformador 710 de corriente están conectados entre sí. Uno de los extremos de salida del transformador 710 de corriente y el electrodo superior E10 de soldadura están conectados entre sí, y el otro de los extremos y el electrodo inferior E20 de soldadura están conectados entre sí.

25 La fuente 110 de alimentación de CA proporciona como salida una alimentación de CA. La fuente 110 de alimentación de CA puede ser una fuente de alimentación de CA monofásica o puede ser una fuente de alimentación de CA trifásica.

30 El rectificador 210 rectifica la salida de alimentación de CA de la fuente 110 de alimentación de CA, y convierte la alimentación de CA rectificada en una alimentación de CC. En caso de que la fuente 110 de alimentación de CA sea una fuente de alimentación de CA monofásica, el rectificador 210 incluye un circuito rectificador monofásico. Análogamente, en caso de que la fuente 110 de alimentación de CA sea una fuente de alimentación de CA trifásica, el rectificador 210 incluye un circuito rectificador trifásico.

El reactor 310 de CC suaviza la alimentación de CC que pasa a través del rectificador 210.

El MERS 410 es un ejemplo de un interruptor de corriente bidireccional de recuperación de energía magnética, y proporciona como salida la entrada de alimentación de CC procedente del rectificador 210 a través del reactor 310 de CC, en forma de alimentación de CA, mediante una operación que se describirá a continuación.

35 Se describirá con detalle un funcionamiento del MERS 410.

40 El transformador 710 de corriente convierte la salida de corriente alterna del MERS 410, a través de la inductancia 610 de CA, en una corriente elevada de acuerdo con la relación de vueltas (del transformador 710 de corriente), y proporciona la corriente elevada transformada como salida al electrodo superior E10 de soldadura y al electrodo inferior E20 de soldadura de la soldadora 810 por puntos mediante resistencia. En caso de que no sea necesaria corriente elevada, puede omitirse el transformador 710 de corriente.

45 La soldadora 810 por puntos mediante resistencia aplica la corriente al tiempo que presiona el electrodo superior E10 de soldadura, que es un ejemplo de electrodo superior de soldadura, y el electrodo inferior E20 de soldadura, que es un ejemplo de electrodo inferior de soldadura, para sujetar las chapas metálicas M10 y M20 desde una superficie frontal y una superficie trasera de una parte superpuesta de una pluralidad de chapas metálicas M1 y M2, cuyas superficies laminares están mutuamente superpuestas, es decir, en una dirección A y una dirección B de la Figura 6. La soldadora por puntos mediante resistencia une estas chapas metálicas M10 y M20 mediante el calor de efecto Joule generado en las chapas metálicas M10 y M20 por la aplicación de la corriente eléctrica.

50 Como soldadora 810 por puntos mediante resistencia se puede emplear un dispositivo de soldadura conocido. Como material, grosor de chapa y número de chapas metálicas M10 y M20, en calidad de objetivos de la soldadura por puntos mediante resistencia, se puede hacer uso de diversos ejemplos de ello, aptos para ser aplicados a la soldadura por puntos mediante resistencia.

Las bobinas C1 a C4 detectan el flujo magnético (campo magnético) generado por la corriente de soldadura que

fluye al electrodo superior E10 de soldadura, la chapa metálica M10, la chapa metálica M20 y el electrodo inferior E20 de soldadura. En la descripción que sigue, a la corriente de soldadura que fluye al electrodo superior E10 de soldadura, la chapa metálica M10, la chapa metálica M20 y el electrodo inferior E20 de soldadura, se la denomina simplemente, cuando es necesario, "corriente de soldadura". Se supone que la magnitud de la corriente de soldadura es un valor eficaz. En la presente memoria, la magnitud de la corriente de soldadura puede definirse como, por ejemplo, un valor pico.

Las Figuras 7A y 7B son diagramas que muestran un ejemplo de la disposición de las bobinas C1 a C4 según la segunda realización.

Específicamente, la Figura 7A es un diagrama donde la chapa metálica M10, el electrodo superior E10 de soldadura y las bobinas C1 a C4 están vistos desde el lado en el cual está dispuesto el electrodo superior E10 de soldadura en una dirección normal a la chapa metálica M10. La Figura 7B es un diagrama donde la chapa metálica M10, la chapa metálica M20, el electrodo superior E10 de soldadura, el electrodo inferior E20 de soldadura y las bobinas C1 a C4 están vistos en la dirección de la línea de la flecha A de la Figura 7A. En la Figura 7B, la bobina C4 no es visible por estar oculta tras el electrodo superior E1 de soldadura.

Las bobinas C1 a C4 están dispuestas en las posiciones primera a cuarta 202 a 205 (posiciones determinadas al dividir en cuatro, por igual, una superficie circunferencial lateral del electrodo superior E10 de soldadura a lo largo del eje 201) en direcciones circunferenciales (direcciones de las líneas de flecha de doble punta mostradas en la Figura 7A) de la superficie circunferencial lateral del electrodo superior E10 de soldadura en un estado en el que penetra el flujo magnético generado por la corriente de soldadura. Es decir, las bobinas C1 a C4 están dispuestas en posiciones diferentes entre sí en torno a un eje central que comparte un eje común con el electrodo E10 de soldadura y el electrodo E20 de soldadura con respecto al electrodo E10 de soldadura.

Específicamente, en el ejemplo mostrado en las Figuras 7A y 7B todas las bobinas C1 a C4 son iguales. Según se muestra en la Figura 7A, las bobinas C1 a C4 están dispuestas en posiciones que tienen una relación de simetría cuaternaria, con el eje 201 del electrodo superior E1 de soldadura como eje de la misma. Las bobinas C1 a C4 están dispuestas en posiciones en las cuales las direcciones (direcciones de las líneas de trazos de flecha de dos puntas) de los ejes (ejes que pasan a través de los centros de las superficies de bobina de las bobinas C1 a C4) de las bobinas C1 a C4 coinciden con las direcciones tangentes a un círculo que tiene como centro el eje 201 del electrodo superior E10 de soldadura. En este caso, las bobinas C1 a C4 están dispuestas preferiblemente en posiciones lo más cercanas posible al electrodo superior E10 de soldadura y a la chapa metálica M10 dentro de una distancia a la cual estas bobinas no interfieren en la soldadura por puntos mediante resistencia.

Según se muestra en la Figura 7B, mientras las bobinas C1 a C4 estén ubicadas de manera que las zonas relativamente inferiores de las mismas estén colocadas en un lado del electrodo superior E10 de soldadura que está presionando y aplicando la corriente, no es necesario que todas las zonas de las bobinas C1 a C4 estén ubicadas en el lado del electrodo superior E10 de soldadura que está presionando y aplicando la corriente. Es decir, las bobinas C1 a C4 pueden estar dispuestas de manera que al menos zonas parciales de las mismas estén colocadas en el lado del electrodo superior E10 de soldadura que está presionando y aplicando la corriente.

En la Figura 7B se representa un ejemplo en el cual se ha omitido una parte de inicio de devanado y una parte de final de devanado de las bobinas C1 y C3. Sin embargo, de manera similar a las bobinas C1 y C3, también se muestra una parte de inicio de devanado y una parte de final de devanado de las bobinas C2 y C4. En las Figuras 7A y 7B se muestra un ejemplo en el cual el número de vueltas de cada una de las bobinas C1 a C4 es "1".

Sin embargo, el número de vueltas de cada una de las bobinas C1 a C4 puede ser "2" o más. Según se ha mencionado más arriba, al ser iguales en este ejemplo las bobinas C1 a C4, el número de vueltas es el mismo para las bobinas C1 a C4.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 6, el flujo magnético (campo magnético) generado por la corriente de soldadura penetra a través de cada una de las bobinas C1 a C4 y, por lo tanto, la unidad 910 de detección de tensión detecta en cada una de las bobinas C1 a C4 la fuerza electromotriz inducida generada por cada una de las bobinas C1 a C4. Aunque en la Figura 6 se omite una ilustración detallada, por conveniencia para la notación, la unidad 910 de detección de tensión está conectada eléctricamente a la parte de inicio de devanado y a la parte de fin de devanado, respectivamente, de las bobinas C1 a C4.

La unidad 510 de control recibe como entrada las fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas C1 a C4, detectadas por la unidad 910 de detección de tensión, y controla el funcionamiento del MERS 410. Por ejemplo, el *hardware* de la unidad 510 de control está constituido por el uso de un dispositivo de procesamiento de información que incluye una CPU, una ROM, una RAM, un HDD y diversas interfaces, o *hardware* dedicado.

Como funciones, la unidad 510 de control incluye una unidad 511 de obtención de la distribución de flujos magnéticos, una unidad 512 de obtención de la distribución de corrientes de soldadura, una unidad 513 de determinación y una unidad 514 de control de circuito. A continuación se describirán ejemplos de funciones de las respectivas unidades.

La unidad 511 de obtención de la distribución de flujos magnéticos obtiene los flujos magnéticos Φ de las bobinas C1 a C4 a partir de las fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas C1 a C4, detectadas por la unidad 910 de detección de tensión, y del número de vueltas de cada una de las bobinas C1 a C4.

5 Por ejemplo, la unidad 512 de obtención de la distribución de corrientes de soldadura obtiene las corrientes de soldadura (las corrientes de soldadura basadas en los flujos magnéticos Φ de las bobinas C1 a C4) de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 del electrodo superior E10 de soldadura, a partir de los flujos magnéticos Φ de las bobinas C1 a C4, mediante un método que se describirá a continuación.

10 En concreto, la unidad 512 de obtención de la distribución de corrientes de soldadura obtiene densidades B de flujo magnético a partir de los flujos magnéticos Φ de las bobinas C1 a C4, obtiene un campo magnético H a partir de las densidades B de flujo magnético y de la permeabilidad μ_{aire} del aire, y obtiene por la ley de Ampere, a partir del campo magnético H, las corrientes de soldadura correspondientes a las bobinas C1 a C4 del electrodo superior E10 de soldadura. En la descripción que sigue, a las corrientes de soldadura de las zonas de las bobinas C1 a C4 entre las zonas del electrodo superior E10 de soldadura se las denomina, cuando es necesario, corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4.

15 Las Figuras 8A y 8B son diagramas conceptuales que muestran ejemplos de la relación entre las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 según la segunda realización. La Figura 8A muestra un ejemplo de la relación entre las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 en un caso donde no es necesario fijar la magnitud de la corriente de soldadura en un valor menor que un valor de corriente. La Figura 8B muestra un ejemplo de la relación entre las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 en un caso donde es necesario fijar la magnitud de la corriente de soldadura en un valor menor que el valor de corriente.

En las Figuras 8A y 8B, los puntos 301a y 301b indican la corriente de soldadura de la zona correspondiente a la bobina C1. Los puntos 302a y 302b indican la corriente de soldadura de la zona correspondiente a la bobina C2.

25 Los puntos 303a y 303b indican la corriente de soldadura de la zona correspondiente a la bobina C3. Los puntos 304a y 304b indican la corriente de soldadura de la zona correspondiente a la bobina C4.

30 En las Figuras 8A y 8B, la corriente objetivo I_s de soldadura es un valor objetivo de la corriente de soldadura cuando se realiza soldadura por puntos en las chapas metálicas M1 y M2. La corriente límite superior I_u de soldadura es el límite superior de las corrientes de soldadura en las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4. La corriente límite inferior I_d de soldadura es el límite inferior de las corrientes de soldadura en las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4. Por ejemplo, en caso de que se produzcan salpicaduras o en caso de que exista indicio de producción de salpicaduras, se pueden investigar previamente valores que indiquen las magnitudes de las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 y, a partir de las magnitudes de las corrientes de soldadura investigadas, se pueden determinar la corriente límite superior I_u de soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura.

35 La unidad 513 de determinación determina si es o no necesario fijar, a partir de las magnitudes de las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 que son obtenidas por la unidad 512 de obtención de la distribución de corrientes de soldadura, las magnitudes de las corrientes de soldadura en valores inferiores a los valores de corriente.

40 Por ejemplo, la unidad 513 de determinación determina si al menos una de las magnitudes de las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 se desvía o no de un intervalo ΔI determinado por la corriente límite superior I_u de soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura. En la presente realización, se determina si se ha generado o no una distribución (mayor que un intervalo preestablecido) en las corrientes de soldadura en una zona (por ejemplo, la zona circular que representa al electrodo superior E10 de soldadura en la Figura 7A) perpendicular al eje del electrodo superior E10 de soldadura de esta manera. La unidad 513 de determinación puede determinar si al menos una de las magnitudes de las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 supera o no la corriente límite superior I_u de soldadura, sin hacer uso de la corriente límite inferior I_d de soldadura.

50 Cuando llega el momento en que se inicia la aplicación de la corriente eléctrica a las chapas metálicas M10 y M20, la unidad 514 de control de circuito controla el MERS 410 para que tenga una frecuencia de trabajo correspondiente a la corriente objetivo I_s de soldadura.

55 Posteriormente, si la unidad 513 de determinación determina que al menos una de las magnitudes de las corrientes de soldadura correspondientes a las bobinas C1 a C4 se desvía del intervalo ΔI determinado por la corriente límite superior I_u de soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura, la unidad 514 de control de circuito controla el funcionamiento del MERS 410 de manera que la magnitud de la corriente de soldadura llega a ser inferior al valor de corriente en un valor correspondiente a una amplitud de desviación con respecto al intervalo ΔI .

Aquí, en caso de que las magnitudes de dos o más corrientes de soldadura de entre las corrientes de soldadura de las zonas de las bobinas C1 a C4 se desvíen del intervalo ΔI determinado por la corriente límite superior I_u de

soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura, la unidad 514 de control de circuito especifica la corriente de soldadura, de entre las dos o más corrientes de soldadura, cuyo valor absoluto de la amplitud de desviación con respecto a la corriente límite superior I_u de soldadura o a la corriente límite inferior I_d de soldadura es mayor.

5 La unidad 514 de control de circuito eleva la frecuencia de trabajo del MERS 410 de manera que la magnitud actual de la corriente de soldadura disminuye en el valor correspondiente al valor absoluto de la amplitud de desviación de la corriente de soldadura especificada.

10 En el ejemplo representado en la Figura 8B, la corriente de soldadura (punto 301b) de la zona correspondiente a la bobina C1 y la corriente de soldadura (punto 303b) correspondiente a la bobina C3 se desvían del intervalo ΔI determinado por la corriente límite superior I_u de soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura. El valor absoluto de la amplitud de desviación (por ejemplo, el valor absoluto del valor resultante de restar la corriente límite superior I_u de soldadura de la corriente de soldadura correspondiente a la bobina C1) con respecto a la corriente límite superior I_u de soldadura de la corriente de soldadura (punto 301b) de la zona correspondiente a la bobina C1 es mayor que el valor absoluto de la amplitud de desviación (por ejemplo, el valor absoluto del valor resultante de restar la corriente límite inferior I_d de soldadura de la corriente de soldadura de la zona correspondiente a la bobina C3) con respecto a la corriente límite inferior I_d de soldadura de la corriente de soldadura (punto 303b) correspondiente a la bobina C3.

15 En consecuencia, la unidad 514 de control de circuito eleva la frecuencia de trabajo del MERS 410 de manera que la magnitud actual de la corriente de soldadura disminuye en el valor correspondiente al valor absoluto de la amplitud de desviación con respecto a la corriente límite superior I_u de soldadura de la corriente de soldadura (punto 301b) de la zona correspondiente a la bobina C1.

20 Asimismo, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que todas las magnitudes de las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 se encuentran dentro del intervalo ΔI determinado por la corriente límite superior I_u de soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura, la unidad 514 de control de circuito continúa controlando el funcionamiento del MERS 410 en la frecuencia de trabajo correspondiente a la corriente objetivo I_s de soldadura.

25 Las Figuras 9A y 9B son diagramas que muestran ejemplos de una forma de onda de la corriente de soldadura según la segunda realización. La Figura 9A muestra un ejemplo de la forma de onda de la corriente de soldadura antes de cambiar la frecuencia de trabajo del MERS 410. La Figura 9B muestra un ejemplo de la forma de onda de la corriente de soldadura después de cambiar la frecuencia de trabajo del MERS 410.

30 La Figura 9A muestra un caso donde la frecuencia de trabajo (es decir, la frecuencia de la corriente de soldadura) del MERS 410 es 1 kHz, y la Figura 9B muestra un caso donde la frecuencia de trabajo (es decir, la frecuencia de la corriente de soldadura) del MERS 410 es 1,7 kHz. Según se muestra en las Figuras 9A y 9B, se modifica la frecuencia de trabajo del MERS 410 a 1,7 kHz desde 1 kHz y, por lo tanto, el valor pico de la corriente de soldadura se reduce a aproximadamente 10,5 kA desde menos de 12 kA.

35 Se describirá a continuación un ejemplo de una configuración del MERS 410.

Según se muestra en la Figura 6, el MERS 410 es un ejemplo del interruptor de corriente bidireccional de recuperación de energía magnética, e incluye un circuito puente y un condensador C.

40 El circuito puente incluye cuatro interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa que están ubicados en dos caminos, y en cada camino están dispuestos dos interruptores. El condensador C está situado entre dos caminos del circuito puente.

Específicamente, el circuito puente incluye un primer camino que es un camino que va desde el terminal a de CA al terminal d de CA a través del terminal b de CC, y un segundo camino que es un camino que va desde el terminal a de CA al terminal d de CA a través del terminal c de CC.

45 En el primer camino, el interruptor V de semiconductor de conducción inversa (cuarto interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal d de CA y el terminal b de CC, y el interruptor U de semiconductor de conducción inversa (primer interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal b de CC y el terminal a de CA.

50 En el segundo camino, el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa (tercer interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal d de CA y el terminal c de CC, y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa (segundo interruptor de semiconductor de conducción inversa) está situado entre el terminal c de CC y el terminal a de CA. El condensador C está situado entre el terminal b de CC y el terminal c de CC.

55 Entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, los interruptores U y X de semiconductor de conducción inversa están conectados en paralelo y los interruptores V e Y de semiconductor de conducción inversa están conectados en paralelo. Entre el terminal a de CA y el terminal d de CA, los interruptores U y V de semiconductor de conducción

inversa están conectados en serie y los interruptores X e Y de semiconductor de conducción inversa están conectados en serie.

5 Cuando no se proporcionan como entrada señales de ENCENDIDO a los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta y los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados, estos interruptores hacen que la corriente fluya solo en una dirección, y cuando se proporcionan como entrada señales de ENCENDIDO a los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta y estos interruptores están encendidos, estos interruptores hacen que la corriente fluya en ambas direcciones. Es decir, cuando los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados, estos interruptores hacen que la corriente fluya en una dirección entre un terminal emisor y un terminal colector, y cuando estos interruptores están encendidos, estos interruptores hacen que la corriente fluya en ambas direcciones entre el terminal emisor y el terminal colector.

10 En la descripción que sigue, a las direcciones en las cuales fluye la corriente cuando los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados se las denomina, cuando es necesario, "direcciones hacia delante", y a las direcciones en las cuales no fluye la corriente cuando estos interruptores están apagados se las denomina, cuando es necesario, "direcciones hacia atrás". En la descripción que sigue, a las direcciones de conexión al circuito en las direcciones hacia delante y en las direcciones hacia atrás se las denomina, cuando es necesario, "polaridades de interruptor".

15 Los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están dispuestos de manera que las polaridades de interruptor son las siguientes. El interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa, que están conectados en paralelo, tienen polaridades de interruptor de direcciones mutuamente inversas entre el terminal a de CA y el terminal d de CA. De manera análoga, el interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, que están conectados en paralelo, tienen también polaridades de interruptor de direcciones mutuamente inversas entre el terminal a de CA y el terminal d de CA.

20 El interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor V de semiconductor de conducción inversa, que están conectados en serie, tienen polaridades de interruptor de direcciones mutuamente inversas entre el terminal a de CA y el terminal d de CA. De manera análoga, el interruptor X de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, que están conectados en serie, tienen también polaridades de interruptor de direcciones mutuamente inversas entre el terminal a de CA y el terminal d de CA.

25 Así pues, los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa tienen cada uno polaridades de interruptor de direcciones hacia delante, y el interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa tienen también cada uno polaridades de interruptor de dirección hacia delante. Las polaridades de interruptor de los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa y las polaridades de interruptor de los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa son direcciones mutuamente inversas.

30 Las polaridades de interruptor que se muestran en la Figura 6 pueden ser mutuamente opuestas entre los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa y los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa.

35 Como configuración de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa se consideran diversas configuraciones. En la presente realización, se supone que los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor y los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y están conectados en paralelo. Es decir, los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa incluyen uno de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y y uno de los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor conectados a los diodos en paralelo, respectivamente.

40 Los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta de los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están conectados a la unidad 510 de control. Los terminales G_U , G_V , G_X y G_Y de puerta reciben las entradas de señales (señales de puerta) de ENCENDIDO para encender los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor, en forma de una señal de control al MERS 410 desde la unidad 510 de control. Mientras se reciben como entrada señales de ENCENDIDO, los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están encendidos, y hacen que la corriente fluya en ambas direcciones. Sin embargo, en un caso donde no se reciben como entrada señales de ENCENDIDO, los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están apagados, y los interruptores hacen que la corriente no fluya en ninguna dirección. Por lo tanto, cuando los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor están apagados, la corriente fluye solamente en las direcciones de conducción de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y conectados a los interruptores S_U , S_V , S_X y S_Y de semiconductor en paralelo.

45 Los interruptores de semiconductor de conducción inversa incluidos en el MERS 410 no están limitados a los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa. Es decir, los interruptores de semiconductor de conducción inversa pueden tener la configuración que indica el funcionamiento descrito en lo que antecede.

50 Por ejemplo, estos interruptores pueden ser MOS FET de potencia o tiristores GTO de conducción inversa, o bien pueden tener una configuración en la cual los diodos y los interruptores de semiconductor, tales como los IGBT, están conectados en paralelo.

La descripción de las polaridades de interruptor de los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa que utilizan los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y es la siguiente. En concreto, las direcciones hacia delante (las direcciones en las cuales fluye la corriente cuando los interruptores están apagados) son direcciones de conducción de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y , y las direcciones hacia atrás (las direcciones en las cuales no fluye la corriente cuando los interruptores están apagados) son direcciones sin conducción de los diodos D_U , D_V , D_X y D_Y . Las direcciones de conducción de los diodos (D_U y D_X o D_V y D_Y) conectados en paralelo son direcciones mutuamente inversas, y las direcciones de conducción de los diodos (D_U y D_V o D_X y D_Y) conectados en serie son direcciones mutuamente inversas. Las direcciones de conducción de los diodos D_U y D_Y son cada una direcciones hacia delante y, del mismo modo, las direcciones de conducción de los diodos D_V y D_X son cada una direcciones hacia delante. En consecuencia, las direcciones de conducción de los diodos D_U y D_Y y de los diodos D_V y D_X son direcciones mutuamente inversas.

Según se ha descrito más arriba, los interruptores U, V, X e Y de semiconductor de conducción inversa están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son las siguientes. En concreto, si el interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa están emparejados como un primer par y el interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa están emparejados como un segundo par, el interruptor U de semiconductor de conducción inversa y el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, que están emparejados como primer par, están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son la misma dirección, y el interruptor V de semiconductor de conducción inversa y el interruptor X de semiconductor de conducción inversa, que están emparejados como segundo par, están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son la misma dirección.

El primer par y el segundo par están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son opuestas entre sí. En consecuencia, los interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa dispuestos en una línea diagonal en el circuito del puente están dispuestos de manera que las direcciones hacia delante son la misma dirección.

25 Funcionamiento del MERS 410

En el MERS 410, si está encendido un interruptor de semiconductor de conducción inversa de dos interruptores de semiconductor de conducción inversa dispuestos en la línea diagonal del circuito puente, el otro interruptor de semiconductor de conducción inversa está apagado. De manera análoga, si está apagado un interruptor de semiconductor de conducción inversa de dos interruptores de semiconductor de conducción inversa ubicados en la línea diagonal del circuito puente, el otro interruptor de semiconductor de conducción inversa también está apagado. Por ejemplo, si está encendido el interruptor U de semiconductor de conducción inversa, el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa también está encendido, y si está apagado el interruptor U de semiconductor de conducción inversa, el interruptor Y de semiconductor de conducción inversa también está apagado. Lo mismo se aplica a los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa.

35 Cuando están encendidos dos interruptores de semiconductor de conducción inversa ubicados en una línea diagonal de dos líneas diagonales del circuito puente, dos interruptores de semiconductor de conducción inversa ubicados en la otra línea diagonal están apagados. Por ejemplo, cuando están encendidos los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa, los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa están apagados.

40 La frecuencia o la forma de onda de la corriente de soldadura pueden modificarse de diversas maneras controlando las operaciones de ENCENDIDO y APAGADO de los interruptores (U e Y o V y X) de semiconductor de conducción inversa del MERS 410, pero se describirá un ejemplo del funcionamiento del MERS 410 para conseguir la forma de onda de la corriente de soldadura mostrada en las Figuras 9A y 9B.

45 El patrón de conmutación del ejemplo mostrado en las Figuras 9A y 9B es un patrón en el que solamente se encienden y se apagan dos interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa dispuestos en una línea diagonal de las líneas diagonales del circuito puente, y no se encienden dos interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa dispuestos en la otra línea diagonal (se mantienen en estado APAGADO).

La Figura 10 es un diagrama para describir un ejemplo del funcionamiento del MERS 410 cuando se consigue la corriente de soldadura mostrada en las Figuras 9A y 9B.

50 En la presente realización, la frecuencia f_1 de trabajo ($= 1/T_1$) del MERS 410 está fijada en un valor menor que la frecuencia de resonancia basada en la inductancia cuando el lado de la carga se ve desde el extremo de salida del MERS 410, y la capacitancia del condensador C. En consecuencia, es posible realizar una conmutación suave. Al no ser necesario el empleo de un condensador de fuente de tensión que tenga alta capacitancia, se puede reducir la capacitancia del condensador C.

55 En la Figura 10, la puerta U-Y representa las señales (señales de puerta) de ENCENDIDO proporcionadas como entrada a los terminales G_U y G_Y de puerta. La puerta V-X representa las señales (señales de puerta) de ENCENDIDO proporcionadas como entrada a los terminales G_V y G_X de puerta. Los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa (interruptores S_U y S_Y de semiconductor) están encendidos durante un período

en el cual la forma de onda de la puerta U-Y crece.

En la descripción que sigue, a un caso en el cual se proporcionan como entrada a los terminales G_U y G_V de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa están encendidos, se le denomina, cuando es necesario, un caso donde "la puerta U-Y está encendida".

5 Asimismo, a un caso en el cual no se proporcionan como entrada a los terminales G_U y G_V de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores U e Y de semiconductor de conducción inversa están apagados, se le denomina, cuando es necesario, un caso donde "la puerta U-Y está apagada".

10 A un caso en el cual se proporcionan como entrada a los terminales G_V y G_X de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa están encendidos se le denomina, cuando es necesario, un caso donde "la puerta V-X está encendida". Asimismo, a un caso en el cual no se proporcionan como entrada a los terminales G_V y G_X de puerta señales (señales de puerta) de ENCENDIDO y, por lo tanto, los interruptores V y X de semiconductor de conducción inversa están apagados se le denomina, cuando es necesario, un caso donde "la puerta V-X está apagada".

15 Se describirá a continuación el funcionamiento del MERS 410 en el ejemplo representado en las Figuras 9A y 9B, haciendo referencia a la Figura 10.

(1) Puerta U-Y: ENCENDIDA, puerta V-X: APAGADA

20 El condensador C se carga mediante una corriente de entrada de CC proporcionada como entrada a través del reactor 310 de CC en un instante en el cual la puerta U-Y está encendida, ya que tanto la puerta V-X como la puerta U-Y están apagadas durante un período inmediatamente anterior al instante. En consecuencia, la tensión V_C en ambos extremos del condensador C representa un valor máximo.

25 Si la puerta U-Y está encendida, se inicia la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 410 fluye por el camino en el orden: condensador C, interruptor U de semiconductor de conducción inversa, transformador 710 de corriente e interruptor Y de semiconductor de conducción inversa. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 410 aumenta desde 0 (cero) y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C disminuye. Si se completa la descarga del condensador C, la corriente I_L de salida del MERS 410 representa un valor máximo positivo y la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se convierte en un valor mínimo (0 (cero)).

30 Puesto que la frecuencia f_1 de trabajo del MERS 410 está fijada en un valor menor que la frecuencia de resonancia, aunque se haya completado la descarga del condensador C, la unidad 510 de control no apaga la puerta U-Y, y la puerta U-Y se mantiene en el estado ENCENDIDO. En consecuencia, la corriente I_L de salida del MERS 410 fluye por el camino en el orden: interruptor U de semiconductor de conducción inversa, transformador 710 de corriente y diodo D_V , y por el camino en el orden: interruptor Y de semiconductor de conducción inversa, diodo D_X y transformador 710 de corriente en paralelo, y es devuelta. La corriente I_L de salida del MERS 410 disminuye (se aproxima a 0 (cero)) en función de una constante de tiempo determinada partiendo de la inductancia y de la resistencia de la carga.

35

(2) Puerta U-Y: APAGADA, puerta V-X: APAGADA

Si transcurre un tiempo (un tiempo que es $1/2$ del ciclo T_1) que es el inverso del doble de la frecuencia f_1 de trabajo del MERS 410, la unidad 510 de control apaga la puerta U-Y. En este caso, puesto que la tensión V_C en ambos extremos del condensador C es 0 (cero), tiene lugar una conmutación suave.

40 Si la devolución de la corriente no termina en un momento en que la puerta U-Y está apagada (si la corriente I_L de salida del MERS 410 no es 0 (cero)), la corriente I_L de salida del MERS 410 fluye por el camino en el orden: diodo D_V , condensador C y diodo D_X , y el condensador C se carga. Así, la corriente de salida disminuye rápidamente y se convierte en 0 (cero).

45 Después de ello, el condensador C se carga mediante la corriente de entrada de CC suministrada a través del reactor 310 de CC. En consecuencia, la tensión V_C en ambos extremos del condensador C se eleva.

Si transcurre un tiempo (un tiempo que es $1/2$ del ciclo T_1) que es el inverso del doble de la frecuencia f_1 de trabajo del MERS 410, la unidad 510 de control enciende la puerta U-Y. En este caso, puesto que la corriente I_L de salida del MERS 410 es 0 (cero), tiene lugar una conmutación suave.

50 La operación del ciclo T_1 (un ciclo) finaliza con las operaciones de (1) y (2). Tal operación se realiza de manera reiterada y, de este modo, se consigue la forma de onda de la corriente de soldadura mostrada en las Figuras 9A y 9B.

Se describirá a continuación el funcionamiento del sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia según la segunda realización. La Figura 11 es un diagrama de flujo que muestra un flujo del procesamiento eléctrico del sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia según la segunda realización. En el proceso mostrado en

la Figura 11, la frecuencia de trabajo del MERS 410 se controla basándose en la corriente de soldadura de la zona correspondiente a cada una de las bobinas C1 a C4.

5 Las chapas metálicas M10 y M20, que se superponen mutuamente, están colocadas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura de la soldadora 810 por puntos mediante resistencia, y se inicia el proceso de aplicación de corriente eléctrica mientras se presionan las chapas metálicas M10 y M20 de manera que las chapas metálicas quedan sujetas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura (paso S101). En este caso, la unidad 514 de control de circuito controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 de manera que la frecuencia de trabajo es f_0 .

10 Posteriormente, los flujos magnéticos generados por las corrientes de soldadura penetran a través de las bobinas C1 a C4 y, así, la unidad 910 de detección de tensión mide las fuerzas electromotrices inducidas e_i (i es un número entero de 1 a 4) generadas por las bobinas C1 a C4 (paso S103).

15 Posteriormente, la unidad 511 de obtención de la distribución de flujos magnéticos obtiene flujos magnéticos Φ_i de las bobinas C1 a C4 a partir de las fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas C1 a C4, detectadas por la unidad 910 de detección de tensión, y del número de vueltas de cada una de las bobinas C1 a C4, basándose, por ejemplo, en la Expresión (1) que se expone a continuación (paso S105). En la Expresión (1), n_i indica el número de vueltas de la bobina.

$$e_i = -n_i \cdot d\Phi_i/dt \text{ (Expresión 1)}$$

20 Posteriormente, la unidad 512 de obtención de la distribución de corrientes de soldadura obtiene corrientes I_i de soldadura (i es un número entero de 1 a 4) (las corrientes de soldadura basadas en los flujos magnéticos Φ_i de las bobinas C1 a C4) de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 del electrodo superior E10 de soldadura, a partir de los flujos magnéticos Φ_i de las bobinas C1 a C4 obtenidos por la unidad 511 de obtención de la distribución de flujos magnéticos basándose, por ejemplo, en la Expresión (2) (paso S107). En la Expresión (2), dl indica una longitud muy pequeña, μ indica la permeabilidad y S_i indica la extensión de cada una de las bobinas C1 a C4.

$$I_i = \int \Phi_i \cdot dl / (\mu \cdot S_i) \text{ (Expresión 2)}$$

25 Posteriormente, la unidad 513 de determinación determina si las magnitudes de las corrientes I_i de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4, obtenidas por la unidad 512 de obtención de la distribución de corrientes de soldadura, se hallan dentro de un intervalo predeterminado ΔI entre la corriente límite superior I_u de soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura (paso S109).

30 Posteriormente, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que las magnitudes de las corrientes I_i de soldadura se hallan dentro del intervalo predeterminado ΔI , la unidad 514 de control de circuito continúa el proceso de aplicación de corriente eléctrica sin cambiar la frecuencia f_0 de trabajo del MERS 410 (paso S111).

35 Por el contrario, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que las magnitudes de las corrientes I_i de soldadura no se hallan dentro del intervalo predeterminado ΔI , la unidad 514 de control de circuito cambia la frecuencia de trabajo del MERS 410 (paso S113). Se eleva la frecuencia de trabajo del MERS 410 y, de este modo, se fija la magnitud de la corriente de soldadura en un valor menor que el valor de corriente (paso S115).

40 Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito controla el funcionamiento del MERS 410 de manera que la magnitud de la corriente de soldadura llega a ser menor que el valor de corriente en el valor correspondiente a la amplitud de desviación con respecto al intervalo ΔI . Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito fija como frecuencia (kf_0) de trabajo modificada el valor resultante de multiplicar la frecuencia f_0 por un coeficiente k preestablecido que depende de la amplitud de desviación con respecto al intervalo ΔI , y controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 para que la frecuencia de trabajo sea kf_0 .

45 Posteriormente, la unidad 514 de control de circuito determina si ha transcurrido o no el tiempo de procesamiento eléctrico preestablecido (tiempo establecido en los ajustes) desde que se ha iniciado la aplicación de la corriente eléctrica (paso S117). En caso de que se determine que ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la unidad 514 de control de circuito detiene la operación del MERS 410 para finalizar el proceso de aplicación de corriente eléctrica (paso S119), y finaliza el proceso del presente diagrama de flujo. Por el contrario, en caso de que se determine que no ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la unidad 514 de control de circuito vuelve nuevamente al paso S103, y continúa el proceso del presente diagrama de flujo.

50 Se describirá a continuación un flujo de otro procesamiento eléctrico del segundo sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia. La Figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de otro procesamiento eléctrico del sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia según la segunda realización. En el proceso mostrado en la Figura 12, la frecuencia de trabajo del MERS 410 se controla basándose en la fuerza electromotriz de cada una de las bobinas C1 a C4.

55 Las chapas metálicas M10 y M20, que se superponen mutuamente, están colocadas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura de la soldadora 810 por puntos mediante resistencia, y se inicia

el proceso de aplicación de corriente eléctrica mientras se presionan las chapas metálicas M10 y M20 de manera que las chapas metálicas quedan sujetas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura (paso S201). En este caso, la unidad 514 de control de circuito controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 de manera que la frecuencia de trabajo es f_0 .

- 5 Posteriormente, los flujos magnéticos generados por las corrientes de soldadura penetran a través de las bobinas C1 a C4 y, así, la unidad 910 de detección de tensión mide las fuerzas electromotrices inducidas e_i generadas por las bobinas C1 a C4 (paso S203).

Posteriormente, la unidad 513 de determinación determina si las magnitudes de las fuerzas electromotrices inducidas e_i de las bobinas C1 a C4, medidas por la unidad 910 de detección de tensión, se hallan dentro de un intervalo predeterminado Δe entre una fuerza electromotriz límite superior e_u y una fuerza electromotriz límite inferior e_d (paso S205). Por ejemplo, en caso de que se produzcan salpicaduras o en caso de que exista indicio de producción de salpicaduras, se pueden investigar previamente valores que indiquen las magnitudes de las fuerzas electromotrices inducidas e_i de las bobinas C1 a C4 y, a partir de las magnitudes de las fuerzas electromotrices inducidas investigadas, se pueden determinar la fuerza electromotriz límite superior e_u y la fuerza electromotriz límite inferior e_d . La unidad 513 de determinación puede determinar las magnitudes de las fuerzas electromotrices inducidas e_i de las bobinas C1 a C4, medidas por la unidad 910 de detección de tensión, que superen la fuerza electromotriz límite superior e_u , sin hacer uso de la fuerza electromotriz límite inferior e_d .

Posteriormente, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que las magnitudes de las fuerzas electromotrices inducidas e_i se hallan dentro del intervalo predeterminado Δe , la unidad 514 de control de circuito continúa el proceso de aplicación de corriente eléctrica sin cambiar la frecuencia f_0 de trabajo del MERS 410 (paso S207)

Por el contrario, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que las magnitudes de las fuerzas electromotrices inducidas e_i no se hallan dentro del intervalo predeterminado Δe , la unidad 514 de control de circuito cambia la frecuencia de trabajo del MERS 410 (paso S209). Se eleva la frecuencia de trabajo del MERS 410 y, de este modo, se fija la magnitud de la corriente de soldadura en un valor menor que el valor de corriente (paso S211). Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito controla el funcionamiento del MERS 410 de manera que la magnitud de la corriente de soldadura llega a ser menor que el valor de corriente en un valor correspondiente a la amplitud de desviación con respecto al intervalo Δe . Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito fija como frecuencia (kf_0) de trabajo modificada el valor resultante de multiplicar la frecuencia f_0 por un coeficiente k preestablecido que depende de la amplitud de desviación con respecto al intervalo Δe , y controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 para que la frecuencia de trabajo sea kf_0 .

Posteriormente, la unidad 514 de control de circuito determina si ha transcurrido o no el tiempo de procesamiento eléctrico preestablecido (tiempo establecido en los ajustes) desde que se ha iniciado la aplicación de la corriente eléctrica (paso S213). En caso de que se determine que ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la unidad 514 de control de circuito detiene la operación del MERS 410 para finalizar el proceso de aplicación de corriente eléctrica (paso S215), y finaliza el proceso del presente diagrama de flujo. Por el contrario, en caso de que se determine que no ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la unidad 514 de control de circuito vuelve nuevamente al paso S203, y continúa el proceso del presente diagrama de flujo.

Se describirá a continuación un flujo de otro procesamiento eléctrico más del segundo sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia. La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de otro procesamiento eléctrico del sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia según la segunda realización. En el proceso mostrado en la Figura 13, la frecuencia de trabajo del MERS 410 se controla basándose en los flujos magnéticos que penetran en las bobinas C1 a C4.

Las chapas metálicas M10 y M20, que se superponen mutuamente, están colocadas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura de la soldadora 810 por puntos mediante resistencia, y se inicia el proceso de aplicación de corriente eléctrica mientras se presionan las chapas metálicas M10 y M20 de manera que las chapas metálicas quedan sujetas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura (paso S301). En este caso, la unidad 514 de control de circuito controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 de manera que la frecuencia de trabajo es f_0 .

50 Posteriormente, los flujos magnéticos generados por las corrientes de soldadura penetran a través de las bobinas C1 a C4 y, así, la unidad 910 de detección de tensión mide las fuerzas electromotrices inducidas e_i generadas por las bobinas C1 a C4 (paso S303).

Posteriormente, la unidad 511 de obtención de la distribución de flujos magnéticos obtiene los flujos magnéticos Φ_i de las bobinas C1 a C4 a partir de las fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas C1 a C4, detectadas por la unidad 910 de detección de tensión, y del número de vueltas de cada una de las bobinas C1 a C4, basándose, por ejemplo, en la Expresión (3) que se expone a continuación (paso S305). En la Expresión (3), n_i indica el número de vueltas de la bobina.

$$e_i = -n_i \cdot d\Phi_i/dt \text{ (Expresión 3)}$$

Posteriormente, la unidad 513 de determinación determina si las magnitudes de los flujos magnéticos Φ_i de las bobinas C1 a C4, obtenidas por la unidad 511 de obtención de la distribución de flujos magnéticos, se hallan dentro de un intervalo predeterminado $\Delta\Phi$ entre un flujo magnético límite superior Φ_u y un flujo magnético límite inferior Φ_a (paso S307). Por ejemplo, en caso de que se produzcan salpicaduras o en caso de que exista indicio de producción de salpicaduras, se pueden investigar previamente valores que indiquen las magnitudes de los flujos magnéticos Φ_i de las bobinas C1 a C4 y, a partir de la magnitud del flujo magnético investigado, se pueden determinar el flujo magnético límite superior y el flujo magnético límite inferior. La unidad 513 de determinación puede determinar si las magnitudes de los flujos magnéticos Φ_i de las bobinas C1 a C4 obtenidos por la unidad 511 de obtención de la distribución de flujos magnéticos superan el flujo magnético límite superior Φ_u , sin hacer uso del flujo magnético límite inferior Φ_a .

Posteriormente, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que las magnitudes de los flujos magnéticos Φ_i se hallan dentro del intervalo predeterminado $\Delta\Phi$, la unidad 514 de control de circuito continúa el proceso de aplicación de corriente eléctrica sin cambiar la frecuencia f_0 de trabajo del MERS 410 (paso S309).

Por el contrario, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que las magnitudes de los flujos magnéticos Φ_i no se hallan dentro del intervalo predeterminado $\Delta\Phi$, la unidad 514 de control de circuito cambia la frecuencia de trabajo del MERS 410 (paso S311). Se eleva la frecuencia de trabajo del MERS 410 y, de este modo, se fija la magnitud de la corriente de soldadura en un valor menor que el valor de corriente (paso S313).

Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito controla el funcionamiento del MERS 410 de manera que la magnitud de la corriente de soldadura llega a ser menor que el valor de corriente en el valor correspondiente a la amplitud de desviación con respecto al intervalo $\Delta\Phi$. Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito fija como frecuencia (kf_0) de trabajo modificada el valor resultante de multiplicar la frecuencia f_0 por un coeficiente k preestablecido que depende de la amplitud de desviación con respecto al intervalo $\Delta\Phi$, y controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 para que la frecuencia de trabajo sea kf_0 .

Posteriormente, la unidad 514 de control de circuito determina si ha transcurrido o no el tiempo de procesamiento eléctrico preestablecido (tiempo establecido en los ajustes) desde que se ha iniciado la aplicación de la corriente eléctrica (paso S315). En caso de que se determine que ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la unidad 514 de control de circuito detiene la operación del MERS 410 para finalizar el proceso de aplicación de corriente eléctrica (paso S317), y finaliza el proceso del presente diagrama de flujo. Por el contrario, en caso de que se determine que no ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la unidad 514 de control de circuito vuelve nuevamente al paso S303, y continúa el proceso del presente diagrama de flujo.

Se describirá a continuación un flujo de otro procesamiento eléctrico más del segundo sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia. La Figura 14 es un diagrama de flujo que muestra un flujo de otro procesamiento eléctrico del sistema 1A de soldadura por puntos mediante resistencia según la segunda realización. En el proceso mostrado en la Figura 14, la frecuencia de trabajo del MERS 410 se controla basándose en el valor máximo de la diferencia entre las fuerzas electromotrices de las bobinas C1 a C4.

Las chapas metálicas M10 y M20, que se superponen mutuamente, están colocadas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura de la soldadora 810 por puntos mediante resistencia, y se inicia el proceso de aplicación de corriente eléctrica mientras se presionan las chapas metálicas M10 y M20 de manera que las chapas metálicas quedan sujetas entre el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura (paso S401). En este caso, la unidad 514 de control de circuito controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 de manera que la frecuencia de trabajo es f_0 .

Posteriormente, los flujos magnéticos generados por las corrientes de soldadura penetran a través de las bobinas C1 a C4 y, así, la unidad 910 de detección de tensión mide las fuerzas electromotrices inducidas e_i generadas por las bobinas C1 a C4 (paso S403).

Posteriormente, la unidad 513 de determinación mide o calcula el valor máximo e_σ de la diferencia de tensión entre dos fuerzas electromotrices inducidas e_i , de entre cuatro fuerzas electromotrices inducidas e_i de las bobinas C1 a C4, medidas por la unidad 910 de detección de tensión (paso S405).

Posteriormente, la unidad 513 de determinación determina si la magnitud del valor máximo e_σ de la diferencia de tensión supera un umbral predeterminado $e_{\sigma c}$ de diferencia límite superior de tensión (paso S407). Por ejemplo, en caso de que se produzcan salpicaduras o en caso de que exista indicio de producción de salpicaduras, se pueden investigar previamente valores que indiquen la magnitud de la diferencia de tensión entre las fuerzas electromotrices inducidas e_i de las bobinas C1 a C4 y, a partir de la magnitud de la fuerza electromotriz inducida investigada, se puede determinar el umbral $e_{\sigma c}$ de diferencia de tensión.

Posteriormente, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que la magnitud del valor máximo e_σ de la diferencia de tensión no supera el umbral $e_{\sigma c}$ de diferencia de tensión, la unidad 514 de control de circuito continúa el proceso de aplicación de corriente eléctrica sin cambiar la frecuencia f_0 de trabajo del MERS 410 (paso S409).

Por el contrario, en caso de que la unidad 513 de determinación determine que la magnitud del valor máximo e_{σ} de la diferencia de tensión supera el umbral $e_{\sigma c}$ de diferencia de tensión, la unidad 514 de control de circuito cambia la frecuencia de trabajo del MERS 410 (paso S411). Se eleva la frecuencia de trabajo del MERS 410 y, de este modo, se fija la magnitud de la corriente de soldadura en un valor menor que el valor de corriente (paso S413).

5 Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito controla el funcionamiento del MERS 410 de manera que la magnitud de la corriente de soldadura llega a ser menor que el valor de corriente en un valor correspondiente a la diferencia entre la magnitud del valor máximo e_{σ} de la diferencia de tensión y el umbral $e_{\sigma c}$ de diferencia de tensión. Por ejemplo, la unidad 514 de control de circuito fija como frecuencia (kf_0) de trabajo modificada el valor resultante de multiplicar la frecuencia f_0 por un coeficiente k preestablecido que depende de la diferencia entre la magnitud del
10 valor máximo e_{σ} de la diferencia de tensión y el umbral $e_{\sigma c}$ de diferencia de tensión, y controla la frecuencia de trabajo del MERS 410 para que la frecuencia de trabajo sea kf_0 .

Posteriormente, la unidad 514 de control de circuito determina si ha transcurrido o no el tiempo de procesamiento eléctrico preestablecido (tiempo establecido en los ajustes) desde que se ha iniciado la aplicación de la corriente eléctrica (paso S415). En caso de que se determine que ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la
15 unidad 514 de control de circuito detiene la operación del MERS 410 para finalizar el proceso de aplicación de corriente eléctrica (paso S417), y finaliza el proceso del presente diagrama de flujo. Por el contrario, en caso de que se determine que no ha transcurrido el tiempo establecido en los ajustes, la unidad 514 de control de circuito vuelve nuevamente al paso S403, y continúa el proceso del presente diagrama de flujo.

Según se ha descrito más arriba, en la presente realización están dispuestas una pluralidad de bobinas C1 a C4 de
20 manera que están distanciadas en la dirección en la cual las bobinas rodean al electrodo superior E10 de soldadura en un estado en el cual los flujos magnéticos generados por las corrientes de soldadura que fluyen al electrodo superior E10 de soldadura, la chapa metálica M10, la chapa metálica M20 y el electrodo inferior E20 de soldadura penetran por un lado del electrodo superior E10 de soldadura. Por ejemplo, las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 se obtienen a partir de los flujos magnéticos Φ obtenidos a partir de las
25 fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas C1 a C4. En caso de que al menos una de las magnitudes de las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 se aleje del intervalo ΔI determinado por la corriente límite superior I_u de soldadura y la corriente límite inferior I_d de soldadura, se eleva la frecuencia de trabajo del MERS 410, de manera que la magnitud de la corriente de soldadura disminuye en el valor correspondiente a la máxima amplitud de desviación. En consecuencia, un cambio en la impedancia entre el
30 electrodo superior E10 de soldadura, la chapa metálica M10, la chapa metálica M20 y el electrodo inferior E20 de soldadura, puede ser captado directamente en forma de una distribución de la corriente de soldadura en una zona perpendicular al eje del electrodo superior E10 de soldadura. De este modo es posible detectar de manera más rápida y fiable la producción de salpicaduras que en un caso donde se detecte la presión de soldadura y se controle la presión de soldadura. Es posible fijar el intervalo ΔI determinado por la corriente límite superior I_u de soldadura y la
35 corriente límite inferior I_d de soldadura de manera que se detecten los indicios de salpicaduras.

En la presente realización se ha descrito un ejemplo en el cual las bobinas C1 a C4 son iguales y tienen una relación de simetría cuaternaria, con el eje 201 del electrodo superior E10 de soldadura como eje de la misma. Sin embargo, en la presente realización las bobinas no tienen necesariamente una relación de este tipo, ya que dos o más (preferiblemente tres o más) bobinas están dispuestas distanciadas en la dirección en la cual las bobinas rodean al
40 electrodo superior E10 de soldadura en un estado en el cual los flujos magnéticos generados por las corrientes de soldadura penetran por el lado del electrodo superior E10 de soldadura. La cantidad de bobinas puede no ser 4, y pueden ser diferentes al menos uno del tamaño, de la orientación y del número de vueltas de cada bobina.

Las bobinas pueden no tener una relación simétrica rotacional, con el eje 201 del electrodo superior E10 de soldadura como eje de la misma.

45 En tal caso, es posible fijar un factor de corrección por el cual, para las bobinas C1 a C4, se han de multiplicar las fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas C1 a C4, en función del tamaño, la posición o la orientación de la superficie de bobina de la bobina. Por ejemplo, en caso de que el tamaño de las bobinas sea diferente, se puede realizar la soldadura por puntos mediante resistencia utilizando bobinas que tengan cada un tamaño de referencia y bobinas que se vayan a utilizar realmente en las mismas condiciones, salvo por el tamaño de las bobinas, se pueden
50 medir las fuerzas electromotrices inducidas en las bobinas, y se puede emplear como factor de corrección la relación entre las fuerzas electromotrices inducidas medidas en las bobinas. Incluso en caso de que las orientaciones de las bobinas sean diferentes o las bobinas no tengan una relación simétrica rotacional, es posible determinar el factor de corrección de manera análoga al caso donde los tamaños de las bobinas son diferentes.

En la presente realización se ha descrito que están dispuestas bobinas C1 a C4 para el electrodo superior E10 de soldadura. Sin embargo, pueden estar dispuestas bobinas C1 a C4 para el electrodo inferior E20 de soldadura además de, o en lugar de, estar dispuestas bobinas C1 a C4 para el electrodo superior E10 de soldadura.

La cantidad de bobinas, el tamaño, las orientaciones de las bobinas y el número de vueltas de cada una de las bobinas pueden ser todos iguales, o al menos una de estas características puede ser distinta entre las bobinas dispuestas para el electrodo superior E10 de soldadura y las bobinas dispuestas para el electrodo inferior E20 de

soldadura. Las bobinas dispuestas para el electrodo inferior E20 de soldadura pueden no tener una relación simétrica rotacional, con el eje del electrodo inferior E20 de soldadura como eje de la misma. El campo magnético generado por las corrientes de soldadura puede medirse utilizando otro dispositivo de medición de campo magnético, tal como un elemento Hall, en lugar de las bobinas C1 a C4.

- 5 En la presente realización se ha descrito que se obtienen las corrientes de soldadura de las zonas correspondientes a las bobinas C1 a C4 y se determina si al menos una de las magnitudes de las corrientes de soldadura obtenidas se desvía o no del intervalo ΔI . Además, por ejemplo, se puede determinar si al menos uno de los flujos magnéticos Φ de las bobinas C1 a C4 se desvía o no del intervalo preestablecido. Por ejemplo, en caso de que se produzcan salpicaduras o en caso de que exista indicio de producción de salpicaduras, se pueden determinar previamente los
- 10 valores que indican los flujos magnéticos Φ de las bobinas C1 a C4, y se puede determinar este intervalo a partir de los flujos magnéticos Φ investigados. Por ejemplo, en tal caso, se puede preestablecer para las bobinas C1 a C4 la relación entre la amplitud de desviación con respecto al intervalo preestablecido del flujo magnético Φ y una amplitud de cambio (amplitud de reducción) de la magnitud de la corriente de soldadura. La amplitud de cambio de la magnitud de la corriente de soldadura se puede determinar a partir de la relación antes descrita establecida para la
- 15 bobina que indica el flujo magnético Φ que no se halla dentro el intervalo preestablecido, y se puede cambiar la frecuencia de trabajo del MERS 410 dependiendo de la amplitud de cambio determinada. Además, es posible cambiar la frecuencia de trabajo del MERS 410 basándose en las fuerzas electromotrices inducidas generadas por las bobinas C1 a C4 o en el valor máximo de la diferencia entre las fuerzas electromotrices inducidas generadas por las bobinas C1 a C4.
- 20 En la presente realización se ha descrito que se modifica la magnitud de la corriente de soldadura utilizando el MERS 410. Si se utiliza el MERS 410, dado que se puede realizar una conmutación suave tal como se ha descrito más arriba, se puede aumentar la velocidad de respuesta y se pueden generar diversas formas de onda, luego el uso del MERS es preferible. Sin embargo, no se utiliza necesariamente el MERS si se utiliza un circuito de fuente de alimentación capaz de modificar las magnitudes de las corrientes de soldadura (las alimentaciones aplicadas al
- 25 electrodo superior E10 de soldadura, la chapa metálica M10, la chapa metálica M20 y el electrodo inferior E20 de soldadura). Por ejemplo, se puede utilizar un circuito inversor conocido capaz de modificar la magnitud de la corriente cambiando la frecuencia. Se puede utilizar un circuito de fuente de alimentación de CA monofásica si se realiza el control de fase utilizando un tiristor. Se puede utilizar un circuito de fuente de alimentación de CC. Si la distribución de la corriente de soldadura se genera dentro del electrodo superior E1 de soldadura, se pueden
- 30 cambiar con el tiempo los flujos magnéticos que penetran en las bobinas C1 a C4 como se ha descrito más arriba, incluso aunque se utilice una corriente continua.

Tercera realización

- Se describirá a continuación una tercera realización de la presente invención. En la segunda realización se ha descrito que las bobinas C1 a C4 están dispuestas por encima de la chapa metálica M10 (o por debajo de la chapa
- 35 metálica M20). En contraste, en la presente realización dos bobinas rodean las chapas metálicas M10 y M20. Según se ha mencionado más arriba, el número, la configuración y la disposición de las bobinas son en principio diferentes entre la presente realización y la segunda realización. Así pues, en la descripción de la presente realización, a las partes que son las mismas que en la segunda realización se les asignarán símbolos de referencia iguales a los símbolos de referencia asignados en las Figuras 6 a 14, y se omitirá su descripción detallada.

- 40 Las Figuras 15A y 15B son diagramas que muestran ejemplos de la disposición de las bobinas C5 y C6.

- Específicamente, la Figura 15A es un diagrama en donde la chapa metálica M10, el electrodo superior E10 de soldadura, la bobina C5 y la bobina C6 están vistos desde un lado en el cual el electrodo superior E10 de soldadura está dispuesto en una dirección normal a la chapa metálica M10. La Figura 15B es un diagrama en donde la chapa
- 45 metálica M10, la chapa metálica M20, el electrodo superior E10 de soldadura, el electrodo inferior E20 de soldadura, la bobina C5 y la bobina C6 están vistos según la línea de la flecha D de la Figura 15A. En la Figura 15B, la bobina C6 no es visible al estar oculta por la bobina C5 y el electrodo superior E1 de soldadura.

- Las bobinas C5 y C6 rodean (están arrolladas en torno a) las chapas metálicas M1 y M2, siendo la distancia entre las chapas metálicas M10 y M2 tal que están enfrentadas a las posiciones quinta y sexta 206 y 207 (posiciones determinadas al dividir en dos por igual las superficies circunferenciales laterales del electrodo superior E10 de soldadura y del electrodo inferior E20 de soldadura, a lo largo del eje 201) en las direcciones circunferenciales de las
- 50 superficies circunferenciales laterales del electrodo superior E10 de soldadura y del electrodo inferior E20 de soldadura en un estado en el cual los flujos magnéticos generados por las corrientes de soldadura penetran.

- Específicamente, en los ejemplos mostrados en las Figuras 15A y 15B, las bobinas C5 y C6 son iguales. Según se muestra en la Figura 15A, las bobinas C5 y C6 están situadas en posiciones que tienen una relación de simetría binaria, con el eje 201 (el eje 201 coincidente con el eje del electrodo inferior E20 de soldadura) del electrodo superior E10 de soldadura como eje de la misma. En este caso, las bobinas C5 y C6 están situadas preferiblemente en posiciones lo más cercanas posible al electrodo superior E10 de soldadura y al electrodo inferior E20 de soldadura.

En las Figuras 15A y 15B se muestra un caso donde el número de vueltas de las bobinas C5 y C6 puede no ser "1", o bien puede ser "2" o más, según se describe en la segunda realización. Pueden ser diferentes al menos uno de la cantidad de bobinas, del tamaño, de las orientaciones de las bobinas y del número de vueltas de cada una de las bobinas, y las bobinas pueden no estar situadas en posiciones que tengan la relación simétrica rotacional. En este caso, al menos dos o más bobinas están situadas en posiciones enfrentadas entre sí y con el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura interpuestos entre las mismas. Si las bobinas están situadas en las posiciones enfrentadas entre sí y con el electrodo superior E10 de soldadura y el electrodo inferior E20 de soldadura interpuestos entre las mismas, las bobinas pueden rodear (pueden estar arrolladas en torno a) las chapas metálicas M1 y M2 de manera que las bobinas sean perpendiculares a las bobinas C5 y C6 además de, o en lugar de, las bobinas C5 y C6.

Además, en la descripción de la segunda realización, dado que la configuración y el funcionamiento originados por disponer que la cantidad de bobinas pase de "4" a "2" son escasamente diferentes, se omitirá su descripción detallada.

Incluso en tal caso, se puede conseguir el mismo efecto que el de la segunda realización.

También en la presente realización se puede hacer uso de diversos ejemplos de modificación descritos en la segunda realización.

El proceso de la unidad 510 de control de acuerdo con las realizaciones segunda y tercera de la presente invención descritas en lo que antecede se puede realizar haciendo que un ordenador ejecute un programa. También se pueden aplicar, como realización de la presente invención, un medio de grabación legible por ordenador que grabe el programa y un producto de programa de ordenador tal como un programa. Por ejemplo, se pueden emplear como medio de grabación un disco extraíble, un disco duro, un disco óptico, un disco magnetoóptico, un CD-ROM, una cinta magnética, una tarjeta de memoria no volátil o una ROM.

Cuarta realización

Se describirá a continuación una cuarta realización de la presente invención. Un sistema 1B de soldadura por puntos mediante resistencia según la cuarta realización difiere del de la primera realización en que la soldadora 800 por puntos mediante resistencia incluye una unidad 900 de ajuste de presión. Así pues, se utilizarán para la configuración los dibujos descritos en la primera realización y la descripción relevante, y se emplearán los mismos símbolos de referencia. Por lo tanto, se omitirá su descripción.

En un sistema de soldadura por puntos mediante resistencia y un método de soldadura por puntos mediante resistencia según la presente realización, se aplica una presión a la zona de contacto entre chapa metálica y chapa metálica, mientras se aplica una corriente eléctrica de alta frecuencia a las chapas metálicas mutuamente superpuestas, y se aumenta gradualmente esta presión hasta que finaliza la aplicación de la corriente eléctrica.

Una unión soldada por puntos según la presente realización es una unión soldada por puntos formada por el método de soldadura por puntos mediante resistencia según la presente realización, y se forman las estructuras de fusión-solidificación en una parte circunferencial externa de la zona de contacto entre chapa metálica y chapa metálica.

La Figura 16 es un diagrama que muestra un ejemplo de una configuración del sistema de soldadura por puntos mediante resistencia según la cuarta realización. La unidad 900 de regulación de presión aumenta o disminuye la fuerza de sujeción de los electrodos E1 y E2 de soldadura que sujetan la pluralidad de chapas metálicas M1 y M2, cuyas superficies laminares están mutuamente superpuestas. Por ejemplo, la unidad 900 de regulación de presión aumenta o disminuye la fuerza de sujeción de los electrodos de soldadura E1 y E2 que sujetan las chapas metálicas M1 y M2 en una dirección A y una dirección B de la Figura 16.

La Figura 17A muestra un patrón de corriente eléctrica según la cuarta realización. La Figura 17B muestra una gráfica del patrón de aplicación de presión de los electrodos E1 y E2 de soldadura hacia las chapas metálicas M1 y M2, o grado de empuje de los electrodos.

Las chapas metálicas M1 y M2 mutuamente superpuestas son sujetadas por los electrodos de soldadura E1 y E2, y se aplica una presión P_0 . Se incrementa gradualmente la fuerza de sujeción para sujetar las chapas metálicas M1 y M2, partiendo de un punto inicial t_0 de presión, y en un tiempo t_1 ($> t_0$) se inicia la aplicación de una corriente eléctrica de alta frecuencia correspondiente al valor I (valor eficaz) de corriente a los electrodos E1 y E2 de soldadura, y la aplicación de la corriente eléctrica continúa hasta t_2 ($> t_1$) (véase la figura 17A). En este caso, la fuerza de sujeción para sujetar las chapas metálicas M1 y M2, es decir, la presión con la que se presiona la zona de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2 mutuamente superpuestas, aumenta gradualmente desde P_0 en el instante t_1 hasta P_1 entre t_1 y t_2 . La presión P_1 se mantiene hasta t_3 ($> t_2$) una vez finalizada (t_2) la aplicación de la corriente eléctrica, y la soldadura por puntos concluye una vez completada la solidificación de las partes fundidas de las chapas metálicas M1 y M2.

En la Figura 17B, el patrón de aplicación de presión o grado de empuje de electrodo, del valor P_0 al valor P_1 entre t_1

y t_2 , está representado por una línea de trazos, pero el patrón de aplicación de presión durante ese período no está limitado a una línea recta. El patrón de aplicación de presión puede ser una curva convexa hacia arriba o una curva convexa hacia abajo. La presión de soldadura puede aumentar de manera escalonada.

5 En la presente realización es importante aumentar gradualmente la presión de soldadura o el desplazamiento de los electrodos E1 y E2 de soldadura mientras se aplica la corriente de alta frecuencia a los electrodos de soldadura.

10 Tal como se muestra en las Figuras 19A y 19B, los electrodos E1 y E2 de soldadura sujetan y presionan una zona 1c de contacto de las chapas metálicas M1 y M2 mutuamente superpuestas, y se aumenta gradualmente la presión de soldadura o el grado de desplazamiento. Así, el diámetro de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2 aumenta gradualmente. Para aumentar el diámetro de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2, las formas de las puntas de los electrodos E1 y E2 de soldadura deben tener formas convexas. En general, se pueden utilizar adecuadamente un electrodo R o un electrodo DR, que están disponibles comercialmente.

15 Al aplicar la corriente eléctrica de alta frecuencia, debido a que la corriente se concentra sobre la circunferencia externa de la zona de contacto entre las chapas metálicas, se genera calor en la circunferencia externa de la zona de contacto, y la circunferencia de la misma se funde al tiempo que el diámetro de contacto entre las chapas metálicas se hace mayor. Así, las partes fundidas se expanden. La expansión de las partes fundidas, es decir, la expansión de los diámetros externos de las partes fundidas, conduce a la mejora de la CTS. Se describirá a continuación la asociación del comportamiento de las partes fundidas con la mejora de la CTS.

20 La Figura 18A muestra otro patrón de corriente eléctrica según la presente realización. La Figura 18B muestra un patrón de aplicación de presión asociado con el patrón de corriente eléctrica mostrado en la Figura 18A. Esta asociación es básicamente la misma que la asociación mostrada en las Figuras 17A y 17B, pero las chapas metálicas M1 y M2 mutuamente superpuestas son presionadas con una presión P2, y la presión se mantiene hasta t_1 , momento en que se inicia la aplicación de la corriente eléctrica.

25 Después de mantener en el valor P2 de presión, hasta el instante t_1 , la fuerza de sujeción destinada a sujetar las chapas metálicas M1 y M2, se inicia la aplicación de la corriente eléctrica de alta frecuencia correspondiente al valor I (valor eficaz) de corriente para los electrodos E1 y E2 de soldadura, y se continúa la aplicación de la corriente eléctrica hasta el instante t_2 (véase la Figura 18A). La presión con la que se presiona la zona de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2 mutuamente superpuestas aumenta desde el valor P2 en el instante t_1 hasta el valor P3 entre t_1 y t_2 , se mantiene el valor P3 de presión hasta el instante t_4 , después de finalizada la aplicación de la corriente eléctrica (t_3), y la soldadura por puntos concluye cuando se ha completado la solidificación de las partes fundidas de las chapas metálicas M1 y M2.

30 El patrón de aplicación de presión desde el valor P2 hasta el valor P3, entre t_1 y t_2 , está representado en la Figura 18B por una línea de trazos, pero el patrón de aplicación de presión durante ese período no está limitado a una línea recta. El patrón de aplicación de presión puede ser una curva convexa hacia arriba o una curva convexa hacia abajo. La presión de soldadura puede aumentar de forma escalonada. En las Figuras 17A, 17B, 18A y 18B, el proceso de aplicación de presión entre t_0 y t_1 se lleva a cabo para poner la chapa metálica M1 en contacto con la chapa metálica M2. El proceso de aplicación de presión entre t_2 y t_3 se lleva a cabo para que las chapas metálicas M1 y M2 se enfríen mientras se presionan las chapas metálicas fundidas M1 y M2.

35 En las Figuras 17A, 17B, 18A y 18B se ilustra un caso donde la frecuencia de la corriente eléctrica de alta frecuencia que fluye a las chapas metálicas M1 y M2 es constante, pero durante la aplicación de la corriente eléctrica se puede modificar la frecuencia de la corriente eléctrica de alta frecuencia atendiendo al grado de generación de calor en la parte circunferencial externa de la zona de contacto entre las chapas metálicas. La frecuencia de la corriente eléctrica de alta frecuencia que fluye a las chapas metálicas M1 y M2 es modificada controlando el MERS 400 por medio de la unidad 500 de control. Se modifica la frecuencia de la corriente eléctrica de alta frecuencia y, por lo tanto, se puede ajustar la dimensión de la zona de fusión y las características de la distribución de la generación de calor.

40 La frecuencia de la corriente eléctrica de alta frecuencia que fluye a las chapas metálicas M1 y M2 no está particularmente limitada, pero su frecuencia es preferiblemente de 15 kHz o más, con lo que la concentración de la corriente, debida al efecto pelicular, se realiza de manera eficiente, y la frecuencia de la misma es preferiblemente 100 kHz o menos, para no incrementar excesivamente la capacidad de alimentación.

45 La presión con la que se presiona la zona de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2 mutuamente superpuestas no está particularmente limitada. Las partes que se han de fundir se ponen adecuadamente en contacto mutuo atendiendo a la resistencia, el grosor y las formas de los elementos de las chapas metálicas M1 y M2.

50 Se describirá aquí, en la presente realización, la asociación del comportamiento de las partes fundidas que se han de formar en la parte circunferencial externa de la zona de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2, con la mejora de la CTS.

55 Las Figuras 20A a 20D son un diagrama esquemático que muestra un procedimiento durante el cual las partes

fundidas (partes negras) formadas en la parte circunferencial externa de la zona de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2 se expanden. Es este un fenómeno que se produce durante el tiempo de t_1 a t_2 o el tiempo de t_1 a t_3 que se muestran en las Figuras 17A, 17B, 18A y 18B. La Figura 20A muestra partes fundidas 2 (partes negras) en un fase inicial de la aplicación de la corriente eléctrica, las Figuras 20B y 20C muestran las partes fundidas 2a y 2b (partes negras) en mitad del procedimiento durante el cual las partes fundidas (partes negras) se expanden, y la Figura 20D muestra las estructuras 3 de solidificación (parte negra) de las partes fundidas expandidas, finalmente solidificadas.

Las chapas metálicas M1 y M2 mutuamente superpuestas están sujetas entre los electrodos E1 y E2 de soldadura y, de este modo, se forma la zona 1c de contacto. Se aplica corriente eléctrica de alta frecuencia a la zona 1c de contacto. Si se aplica corriente eléctrica de alta frecuencia a la zona 1c de contacto, se genera calor en las partes terminales de la zona 1c de contacto, debido al efecto pelicular de la corriente, y las partes terminales se funden.

Así se forman las partes fundidas 2 en la parte circunferencial externa de la zona 1c de contacto.

Una vez que se han formado las partes fundidas 2, si se aumenta gradualmente la presión aplicada a la zona 1c de contacto, como se muestra en las Figuras 17B y 18B, los diámetros externos de las partes fundidas 2 aumentan tal como se muestra en la FIG. 20B, y se forman, en la parte circunferencial externa de la zona 1c de contacto, las partes fundidas 2a cuyos diámetros externos han aumentado.

Si se aumenta adicionalmente la presión aplicada a la zona 1c de contacto, se incrementan aún más los diámetros externos de las partes fundidas 2a y, tal como se muestra en la Figura 20C, se forman en la parte circunferencial externa de la zona 1c de contacto las partes fundidas 2b cuyos diámetros externos han aumentado adicionalmente.

Si se aplica la corriente eléctrica mientras se aumenta la presión aplicada a la zona 1c de contacto, los diámetros externos de las partes fundidas aumentan, y los diámetros internos de las partes fundidas 2 se reducen, debido a la transferencia de calor hacia el interior, tal como se muestra en la Figura 20D. Por lo tanto, el área fusionada de las chapas metálicas M1 y M2 aumenta.

Según se ha mencionado más arriba, si la presión aplicada a la zona 1c de contacto aumenta hasta que finaliza la aplicación de corriente eléctrica, los diámetros externos de las partes fundidas 2b aumentan aún más, y crece el área fusionada de las chapas metálicas M1 y M2. Las partes fundidas se solidifican. En consecuencia, tal como se representa en la Figura 20D, se ha podido conseguir en la parte circunferencial externa de la zona 1c de contacto entre las chapas metálicas M1 y M2 una unión soldada, incluidas las estructuras 3 de fusión-solidificación, en la cual ha crecido el área fusionada de las chapas metálicas M1 y M2 y ha aumentado la longitud de la circunferencia externa.

En consecuencia, en la presente realización se puede conseguir una unión soldada por puntos con TSS mejorada y CTS notablemente mejorada.

Ejemplo

Se describirá a continuación un ejemplo de la presente invención, pero las condiciones del ejemplo son unas condiciones ilustrativas utilizadas para verificar la viabilidad y el efecto de la presente invención. La presente invención no está limitada a las condiciones ilustrativas. La presente invención puede hacer uso de diversas condiciones sin apartarse del espíritu de la presente invención, siempre que se logre un objeto de la presente invención.

(Ejemplo 1) En la combinación de las chapas de acero que se muestra en la Tabla 1, la soldadura por puntos se realiza utilizando la asociación del patrón de corriente eléctrica con el patrón de aplicación de presión que se muestra en las Figuras 18A y 18B, en las condiciones de soldadura que se exponen en la Tabla 2. Se mide el diámetro externo del botón formado en la parte circunferencial externa de la zona de contacto entre chapa de acero y chapa de acero, por medio de la soldadura por puntos, y se miden la TSS y la CTS. Se utiliza como electrodo de soldadura por puntos un electrodo de tipo R, fabricado de una aleación Cu-Cr y cuyo diámetro de punta del electrodo es 8 mm y el radio de curvatura de la punta del electrodo es 40 mm. En este caso, en las Figuras 17A, 17B, 18A y 18B t_0 se fija en 0 (s). En la Tabla 2 se muestran los resultados.

Tabla 1

Combinación de chapas de acero	Chapa 1 de acero		Chapa 2 de acero	
	Resistencia (MPa)	Grosor de chapa (mm)	Resistencia (MPa)	Grosor de chapa (mm)
A	980	1,6	980	1,6
B	1.180	1,2	1.470	1,8

Tabla 2

	Combinación de chapas de acero	Frecuencia [kHz]	Presión de soldadura [kN]	t ₁ [ms] (t ₀ = 0)	t ₂ [ms] (t ₀ = 0)	t ₃ [ms] (t ₀ = 0)	Díámetro externo de botón [mm]	TSS [kN]	CTS [kN]	Patrón
Ejemplo 1 de la invención	A	18	1,3 → 3,8	200	800	820	9,5	10,8	11,9	Fig. 1
Ejemplo 2 de la invención	B	15 → 40	1,7 → 4,2	100	700	800	7,2	8,2	8,4	Fig. 2
Ejemplo comparativo 1	A	0,05	4,0	200	800	820	5,1	9,2	7,2	
Ejemplo comparativo 2	A	18	4,0	200	800	820	6,4	9,5	6,8	
Ejemplo comparativo 3	A	18	3,8 → 1,3	200	800	820	7,2	8,5	5,8	
Ejemplo comparativo 4	B	0,05	4,0	100	700	800	5,5	6,5	4,1	

En la presente realización se ha descrito que el MERS se utiliza como dispositivo de fuente de alimentación. Si se utiliza el MERS, puesto que se puede realizar una conmutación suave como se ha mencionado más arriba, se puede aumentar la velocidad de respuesta y se pueden generar diversas formas de onda, luego el uso del MERS es preferible. Sin embargo, si se necesita cambiar la magnitud y la frecuencia de la corriente de soldadura, no necesariamente se ha de utilizar el MERS. Por ejemplo, en lugar del MERS se puede utilizar un dispositivo de fuente de alimentación conocido capaz de aplicar la corriente eléctrica a la soldadora por puntos mediante resistencia.

Según la presente realización descrita en lo que antecede, es posible proporcionar una unión soldada por puntos tensión cruzada (CTS) notablemente mejorada. Así pues, la presente realización tiene una gran aplicabilidad en una industria en la que se utilice como medio de montaje la soldadura por puntos, por ejemplo en la industria del automóvil.

En la cuarta realización descrita en lo que antecede se utilizan las siguientes condiciones.

(1) El método de soldadura por puntos según la presente realización supone que en un método de soldadura por puntos de las chapas de acero superpuestas, las chapas de acero superpuestas son presionadas utilizando los electrodos cuyas puntas tienen formas convexas y, después, se aplica la corriente eléctrica de alta frecuencia a las chapas de acero, se presiona la zona de contacto entre chapa de acero y chapa de acero durante la aplicación de la corriente eléctrica, se aumenta gradualmente la presión de soldadura hasta que finaliza la aplicación de la corriente eléctrica, y la presión de soldadura se reduce a cero después de finalizar la aplicación de la corriente eléctrica.

(2) En el método de soldadura por puntos de (1) se cambia la frecuencia de la corriente eléctrica de alta frecuencia durante la aplicación de la corriente eléctrica de alta frecuencia.

(3) En el método de soldadura por puntos de (1) o (2), la frecuencia de la corriente eléctrica de alta frecuencia es 15 kHz o más y 100 kHz o menos.

(4) En la unión soldada por puntos formada en el método de soldadura por puntos según uno cualquiera de (1)

a (3), las estructuras de fusión-solidificación se forman en la parte circunferencial externa de la zona de contacto entre chapa de acero y chapa de acero.

Las realizaciones de la presente invención descritas en lo que antecede muestran simplemente ejemplos específicos de la puesta en práctica de la presente invención, y no se debe interpretar que el alcance técnico de la presente invención está limitado por dichas realizaciones. Es decir, la presente invención se puede realizar de diversas formas sin apartarse del alcance de la presente invención tal como se define en la reivindicaciones adjuntas.

Aplicabilidad industrial

Según el dispositivo de fuente de alimentación conforme a la presente invención, dado que el dispositivo de procesamiento eléctrico puede realizar el procesamiento eléctrico haciendo uso de las condiciones de procesamiento adecuadas correspondientes al material o la forma de la pieza de trabajo, es posible mejorar las características (por ejemplo, la fortaleza de la unión de la parte de soldadura en la soldadura por puntos mediante resistencia) de la pieza de trabajo.

Breve descripción de los símbolos de referencia

1, 1A, 1B: SISTEMA DE SOLDADURA POR PUNTOS MEDIANTE RESISTENCIA

100, 110: FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE CA

200, 210: RECTIFICADOR

300, 310: REACTOR DE CC

400, 410: MERS

500, 510: UNIDAD DE CONTROL

511: UNIDAD DE OBTENCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE FLUJO MAGNÉTICO

512: UNIDAD DE OBTENCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE DE SOLDADURA

513: UNIDAD DE DETERMINACIÓN

514: UNIDAD DE CONTROL DE CIRCUITO

600, 610: INDUCTANCIA DE CA

700, 710: TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

800, 810: SOLDADORA DE PUNTOS MEDIANTE RESISTENCIA

900: UNIDAD DE AJUSTE DE PRESIÓN

910: UNIDAD DE DETECCIÓN DE TENSIÓN

5 C1 a C6: BOBINA

E1, E2, E10, E20: ELECTRODO DE SOLDADURA

M1, M2, M10, M20: CHAPA METÁLICA

1c: ZONA DE CONTACTO

2, 2a, 2b: PARTE FUNDIDA

10 3: ESTRUCTURA DE FUSIÓN-SOLIDIFICACIÓN

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de fuente de alimentación que suministra una corriente de salida a un dispositivo (800; 810) de procesamiento eléctrico que realiza procesamiento eléctrico sobre piezas de trabajo, comprendiendo el dispositivo de fuente de alimentación:
- 5 una primera fuente (100; 110) de alimentación;
- un interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética que recibe una corriente suministrada desde la primera fuente (100; 110) de alimentación y convierte la corriente recibida en la corriente de salida;
- y estando caracterizado por:
- 10 una unidad (500; 510) de control que está configurada para controlar el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética de manera que una frecuencia de corriente eléctrica de la corriente de salida incluye una primera frecuencia de corriente eléctrica y una segunda frecuencia de corriente eléctrica que son diferentes entre sí dentro de un tiempo de procesamiento eléctrico puntual utilizando el dispositivo (800; 810) de procesamiento eléctrico, y por que el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética incluye
- 15 un circuito puente en el cual un primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y un cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa están dispuestos en serie en un primer camino de manera que direcciones de conducción cuando están apagados el primer y el cuarto interruptores (U, V) de semiconductor de conducción inversa son direcciones mutuamente inversas, un segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y un tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa están dispuestos en serie en un segundo camino de manera que direcciones de conducción cuando están apagados el segundo y el tercer interruptores (X, Y) de semiconductor de conducción inversa son direcciones mutuamente inversas, y las direcciones de conducción del primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa cuando están apagados el primer y el tercer interruptores (U, Y) de semiconductor de conducción inversa son la misma, y
- 20 un condensador (C) que está conectado entre una zona de entre zonas del primer camino, que se encuentra entre el primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa y una zona de entre zonas del segundo camino, que se encuentra entre el segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa,
- 25 el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética está situado entre la primera fuente (100; 110) de alimentación y el dispositivo (800; 810) de procesamiento eléctrico, y
- 30 la unidad (500; 510) de control está configurada además para controlar la frecuencia de corriente eléctrica dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual controlando un tiempo de ENCENDIDO y un tiempo de APAGADO de al menos uno de un par que incluye el primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa, y de un par que incluye el segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa, o que está
- 35 configurada además para controlar la frecuencia de corriente eléctrica y un valor de corriente de la corriente de salida dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual controlando la corriente suministrada desde la primera fuente (100; 110) de alimentación y el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de al menos uno del par que incluye el primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa, y del par que incluye el segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa.
- 40
2. El dispositivo de fuente de alimentación según la reivindicación 1,
- en donde el tiempo de procesamiento eléctrico puntual es igual o menor que un segundo.
3. El dispositivo de fuente de alimentación según la reivindicación 1 o 2,
- 45 en donde la frecuencia de la corriente eléctrica durante el procesamiento eléctrico es igual o menor que una frecuencia de resonancia determinada por la inductancia en un lado del dispositivo (800; 810) de procesamiento eléctrico visto desde un extremo de salida del interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética y por la capacitancia de un condensador (C) incluido en el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética.
4. Un sistema (1; 1A; 1B) de unión que comprende:
- el dispositivo de fuente de alimentación según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3; y
- 50 un dispositivo (800; 810) de unión como dispositivo (800; 810) de procesamiento eléctrico que aplica la corriente de salida, proporcionada como salida desde el dispositivo de fuente de alimentación, a una zona de contacto entre una pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica en calidad de piezas de trabajo y une la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica, al realizar calentamiento por energización en la zona de contacto.

5. El sistema (1; 1A; 1B) de unión según la reivindicación 4,
 en donde el dispositivo (800; 810) de unión incluye
 un primer electrodo (E1),
 un segundo electrodo (E2) que está dispuesto de manera que se enfrenta al primer electrodo (E1), estando la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica sujetos entre el primer electrodo (E1) y el segundo electrodo (E2), y
 una pluralidad de bobinas (C1-C6) a través de las cuales penetran flujos magnéticos, flujos magnéticos generados por la corriente de salida, proporcionada como salida desde el dispositivo de fuente de alimentación, que fluye al primer electrodo (E1), a la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica y al segundo electrodo (E2), y
 la unidad (500; 510) de control controla el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética de manera que la frecuencia de corriente eléctrica de la corriente de salida, proporcionada como salida desde el dispositivo de fuente de alimentación, es modificada en función de fuerzas electromotrices generadas por la pluralidad de bobinas (C1-C6) a causa de los flujos magnéticos.
6. El sistema (1; 1A; 1B) de unión según la reivindicación 5,
 en donde la pluralidad de bobinas (C1-C6) están situadas en posiciones diferentes entre sí en torno a un eje central que comparte un eje común con el primer electrodo (E1) y el segundo electrodo (E2) con respecto a al menos uno del primer electrodo (E1) y del segundo electrodo (E2).
7. El sistema (1; 1A; 1B) de unión según la reivindicación 5 o 6,
 en donde, si se determina que al menos una de las fuerzas electromotrices generadas por la pluralidad de bobinas (C1-C6) se desvía de un intervalo preestablecido, la unidad (500; 510) de control controla el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética de manera que se incrementa o se reduce la corriente de salida en un valor correspondiente a la amplitud de desviación con respecto al intervalo preestablecido.
8. El sistema (1; 1A; 1B) de unión según la reivindicación 5,
 en donde la pluralidad de bobinas (C1-C6) están enfrentadas entre sí, con el primer electrodo (E1) y el segundo electrodo (E2) interpuestos entre ellas, y están arrolladas en torno a la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica.
9. El sistema (1; 1A; 1B) de unión según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8,
 en donde el dispositivo (800; 810) de unión incluye una unidad (900) de regulación de presión que aumenta o disminuye una fuerza de sujeción para sujetar la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica.
10. Un método de procesamiento eléctrico que comprende:
 un proceso de preparación consistente en preparar condiciones de procesamiento eléctrico en función de piezas de trabajo; y que está caracterizado por:
 un proceso de procesamiento eléctrico consistente en, dentro de un tiempo de procesamiento eléctrico puntual de las piezas de trabajo conforme a la condición de procesamiento eléctrico, aplicar a las piezas de trabajo una corriente de salida que tiene una primera frecuencia de corriente eléctrica y aplicar a las piezas de trabajo una corriente de salida que tiene una segunda frecuencia de corriente eléctrica diferente de la primera frecuencia de corriente eléctrica,
 en donde
 el proceso de procesamiento eléctrico se realiza utilizando un interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética,
 el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética incluye
 un circuito puente en el cual un primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y un cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa están dispuestos en serie en un primer camino de manera que direcciones de conducción cuando están apagados el primer y el cuarto interruptores (U, V) de semiconductor de conducción inversa son direcciones mutuamente inversas, un segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y un tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa están dispuestos en serie en un segundo camino de manera que direcciones de conducción cuando están apagados el segundo y el tercer interruptores de semiconductor de conducción inversa (X, Y) son direcciones mutuamente inversas, y las direcciones de conducción del primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de

- semiconductor de conducción inversa cuando están apagados el primer y el tercer interruptores (U, Y) de semiconductor de conducción inversa son la misma, y
- 5 un condensador (C) que está conectado entre una zona de entre zonas del primer camino, que se encuentra entre el primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa y una zona de entre zonas del segundo camino, que se encuentra entre el segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa,
- 10 el interruptor (400; 410) de recuperación de energía magnética está situado entre una primera fuente (100; 110) de alimentación y un dispositivo (800; 810) de procesamiento eléctrico que realiza procesamiento eléctrico sobre las piezas de trabajo,
- 10 en donde el proceso de procesamiento eléctrico comprende además: controlar la frecuencia de la corriente eléctrica dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual controlando un tiempo de ENCENDIDO y un tiempo de APAGADO de al menos uno de un par que incluye el primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa, y de un par que incluye el segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa,
- 15 o controlar la frecuencia de corriente eléctrica y un valor de corriente de la corriente de salida dentro del tiempo de procesamiento eléctrico puntual controlando la corriente suministrada desde la primera fuente (100; 110) de alimentación y el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO de al menos uno del par que incluye el primer interruptor (U) de semiconductor de conducción inversa y el tercer interruptor (Y) de semiconductor de conducción inversa, y del par que incluye el segundo interruptor (X) de semiconductor de conducción inversa y el cuarto interruptor (V) de semiconductor de conducción inversa.
- 20 11. El método de procesamiento eléctrico según la reivindicación 10,
- en donde el proceso de procesamiento eléctrico incluye un proceso consistente en incrementar o reducir la corriente de salida en función de un cambio de una fuerza electromotriz basada en el flujo magnético generado por la corriente de salida aplicada a las piezas de trabajo.
- 25 12. El método de procesamiento eléctrico según la reivindicación 10 u 11,
- en donde el proceso de procesamiento eléctrico incluye
- un proceso consistente en formar una zona de contacto para sujetar una pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica en calidad de piezas de trabajo,
- 30 un proceso consistente en realizar calentamiento por energización para aplicar la corriente de salida a la zona de contacto, y
- un proceso consistente en incrementar o reducir una fuerza de sujeción aplicada a la pluralidad de materiales a los que se aplica corriente eléctrica.

FIG. 1

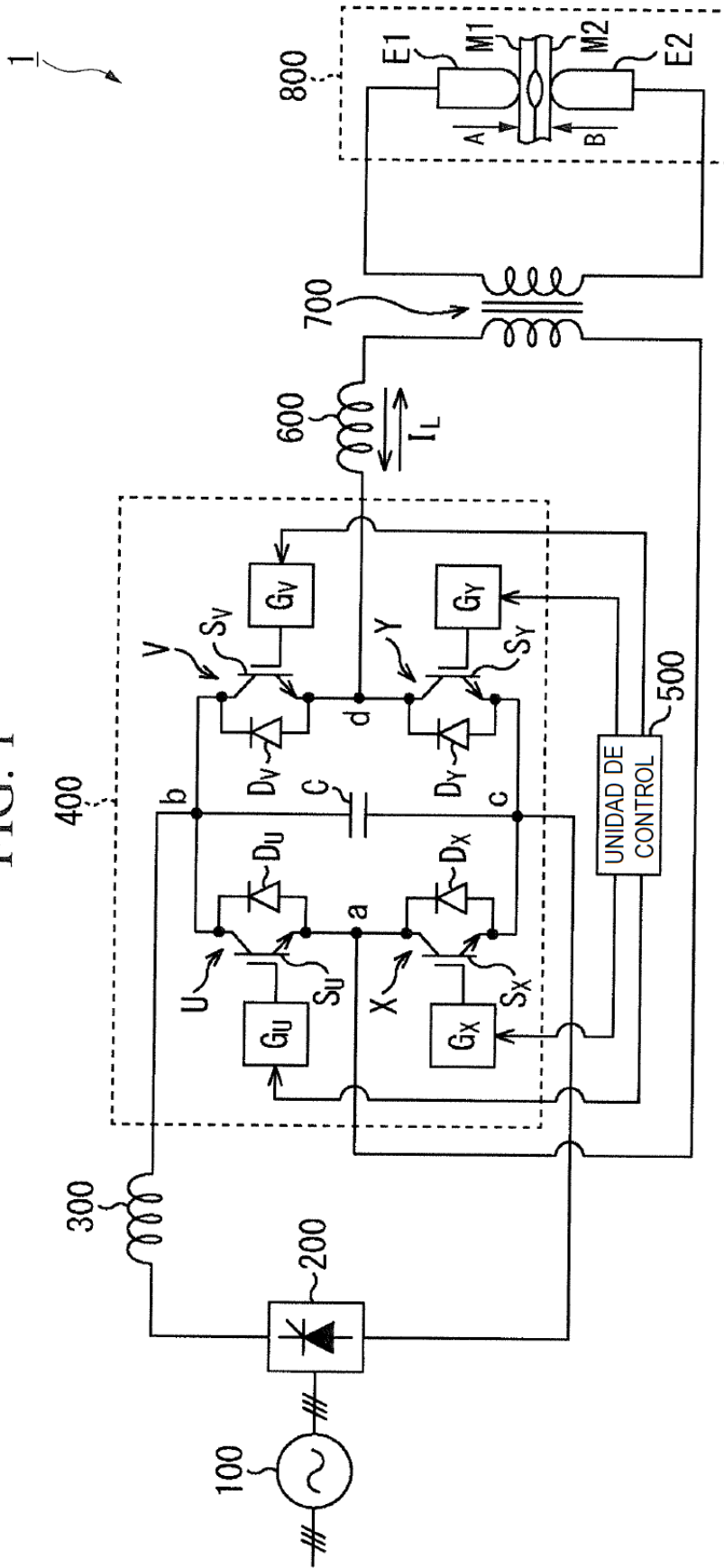


FIG. 2

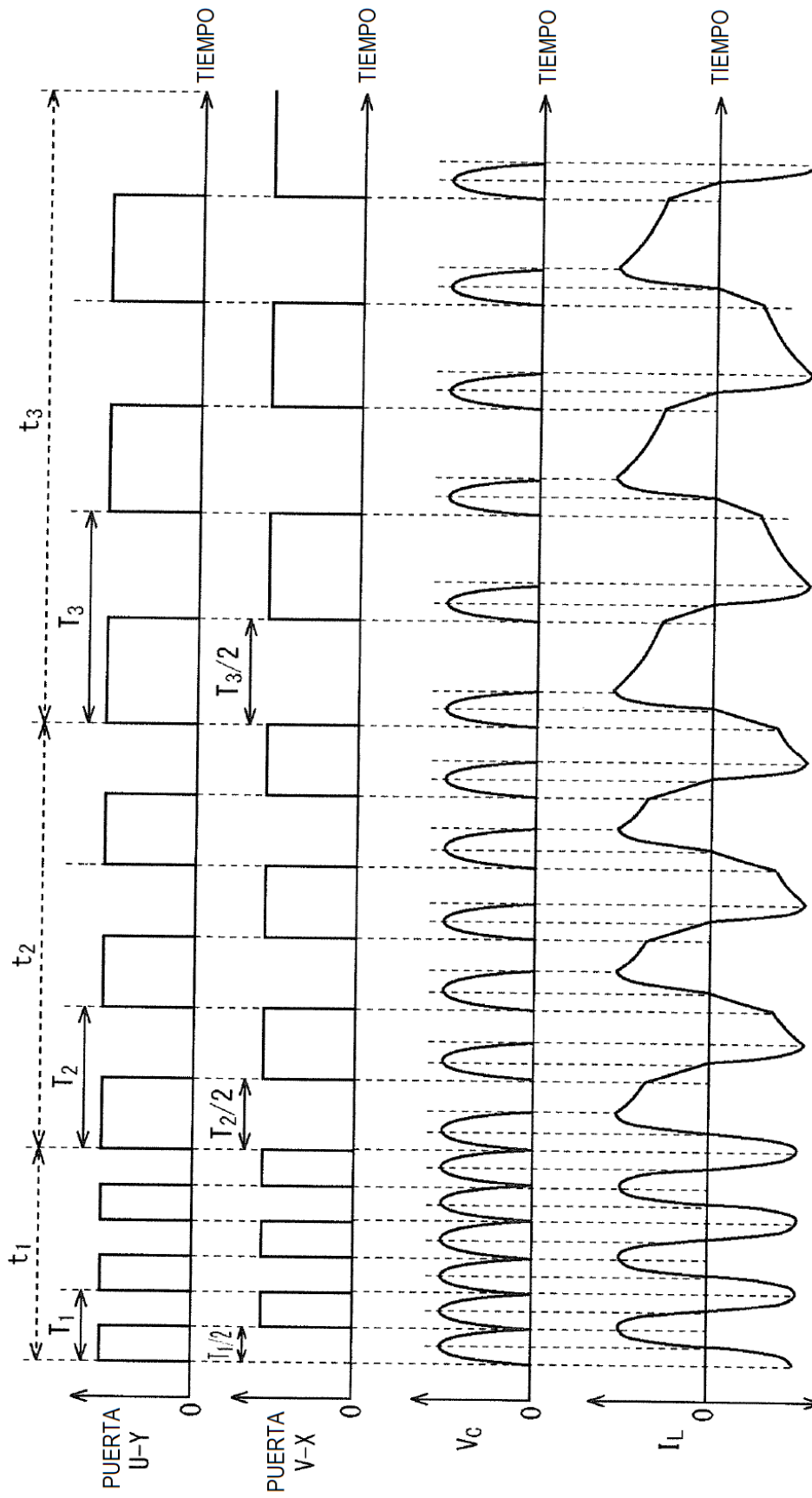


FIG. 3

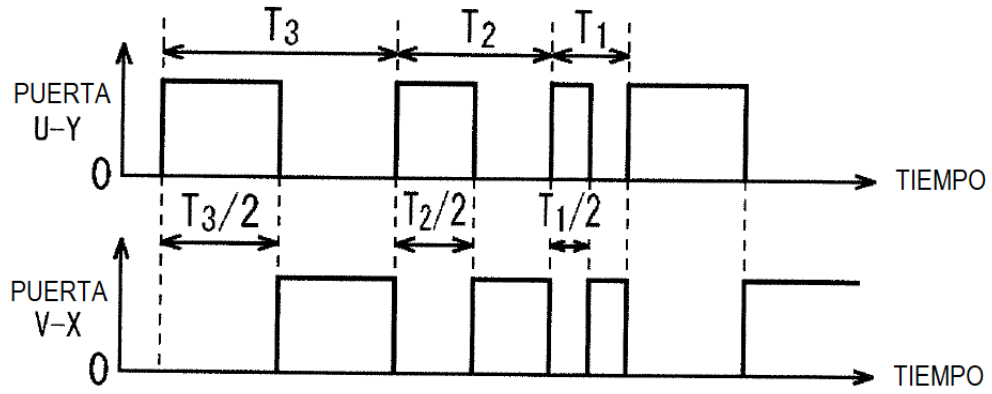


FIG. 4

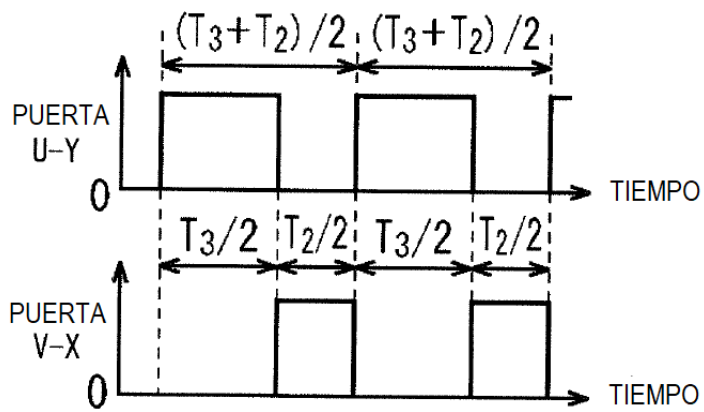


FIG. 5

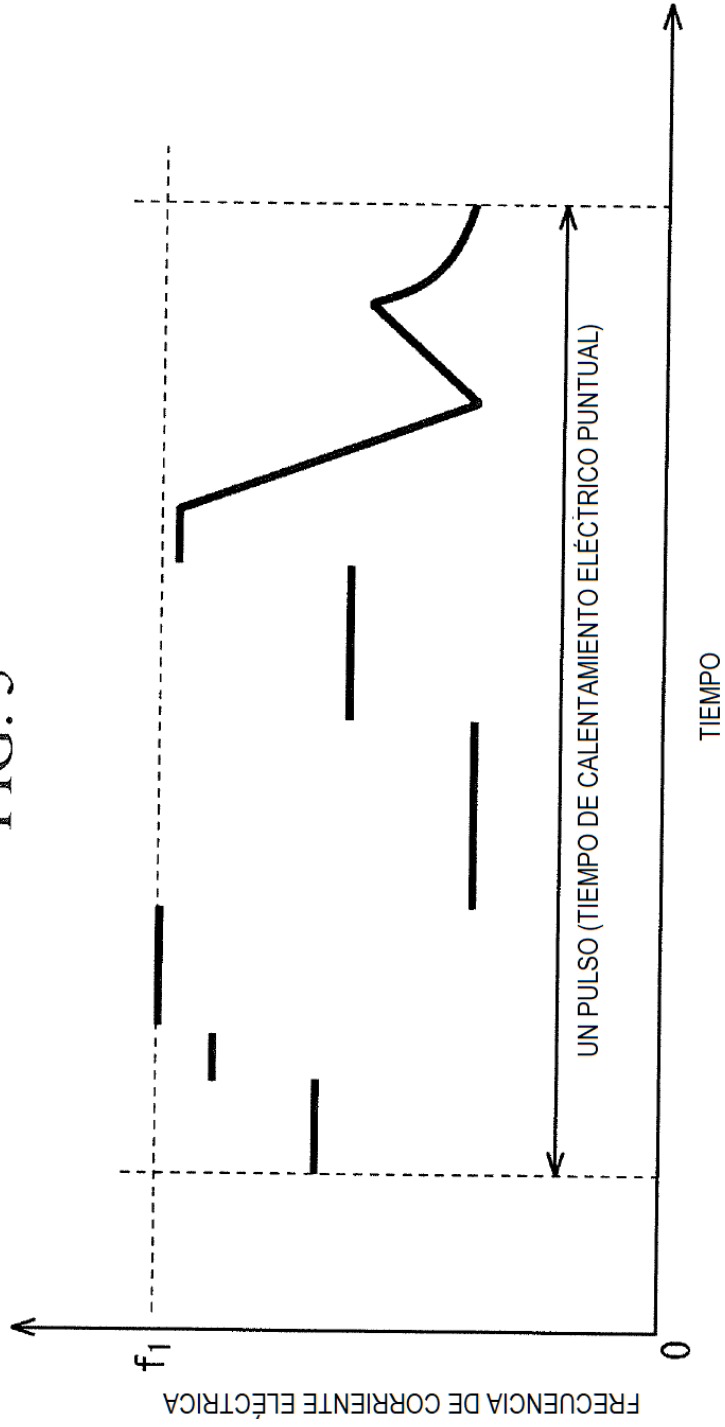


FIG. 6

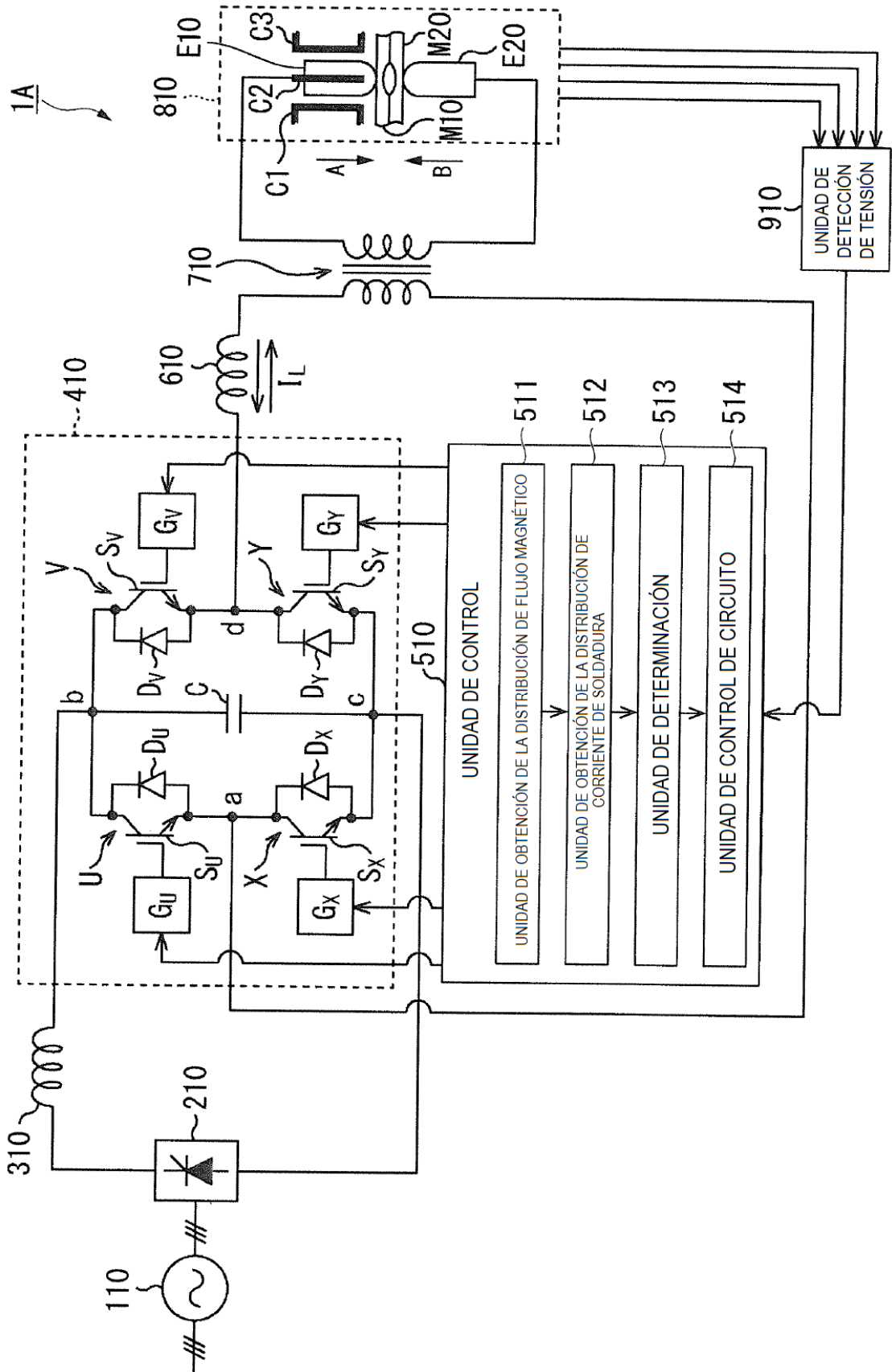


FIG. 7A

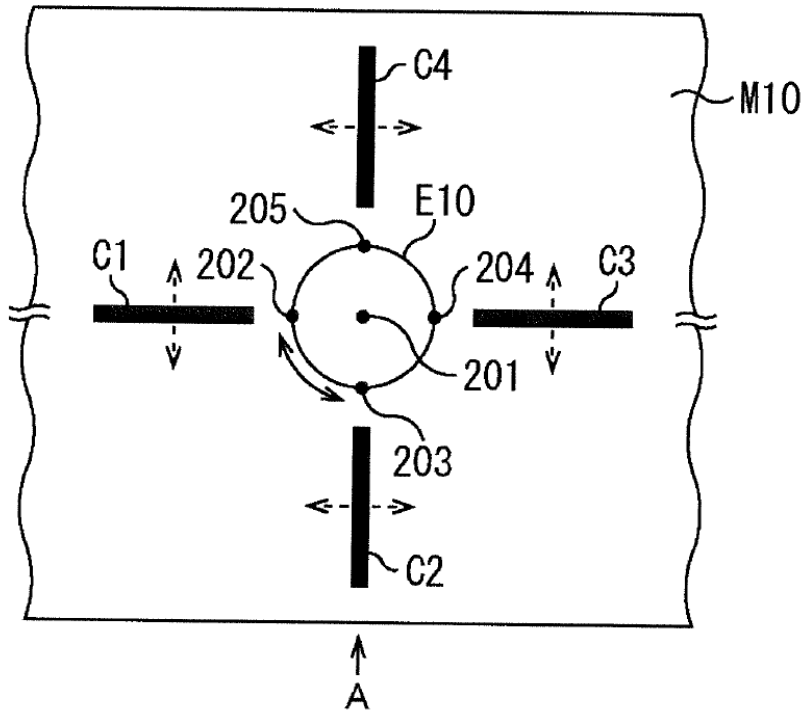


FIG. 7B

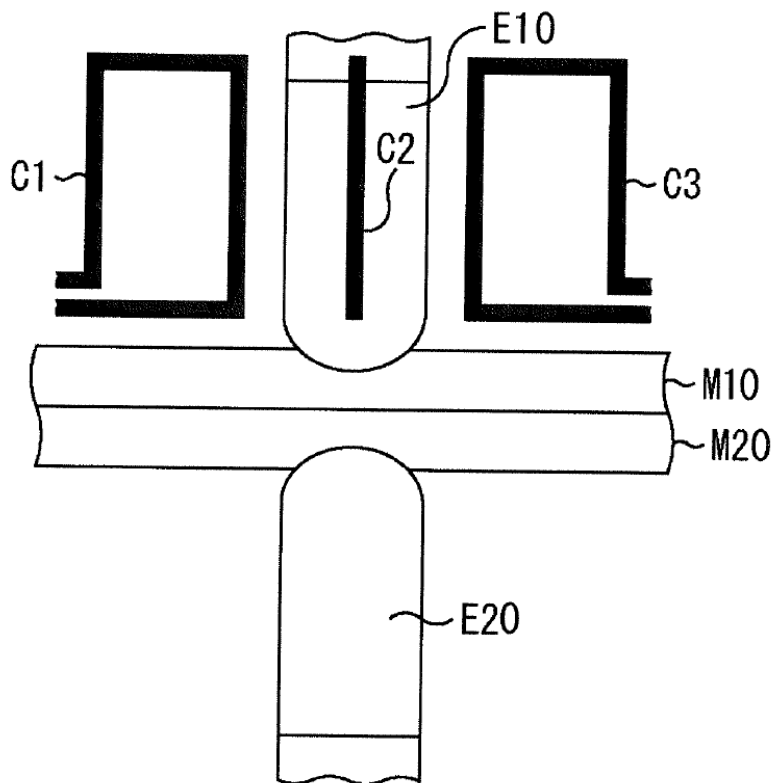


FIG. 8A

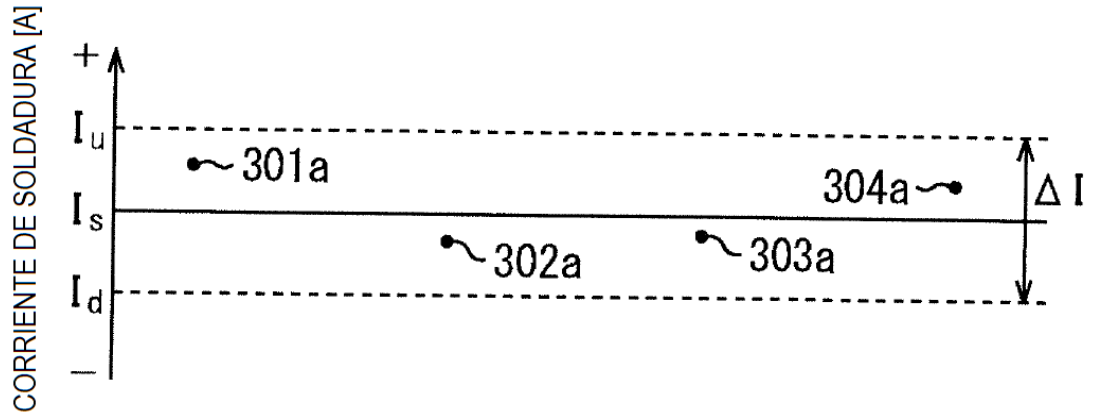


FIG. 8B

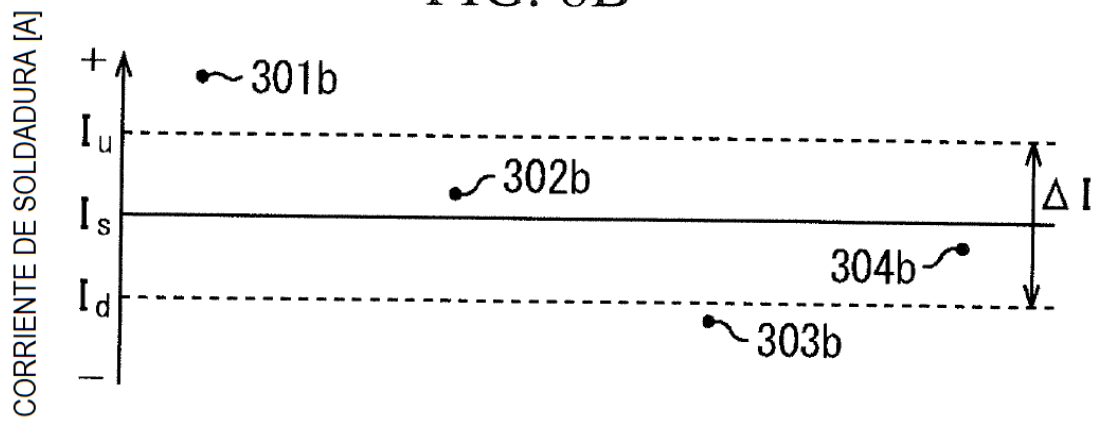


FIG. 9A

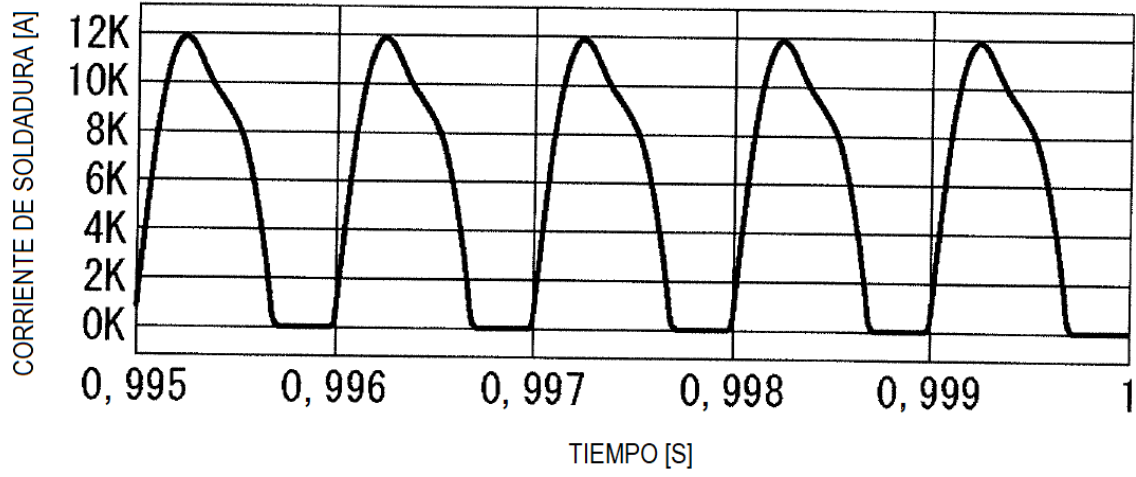


FIG. 9B

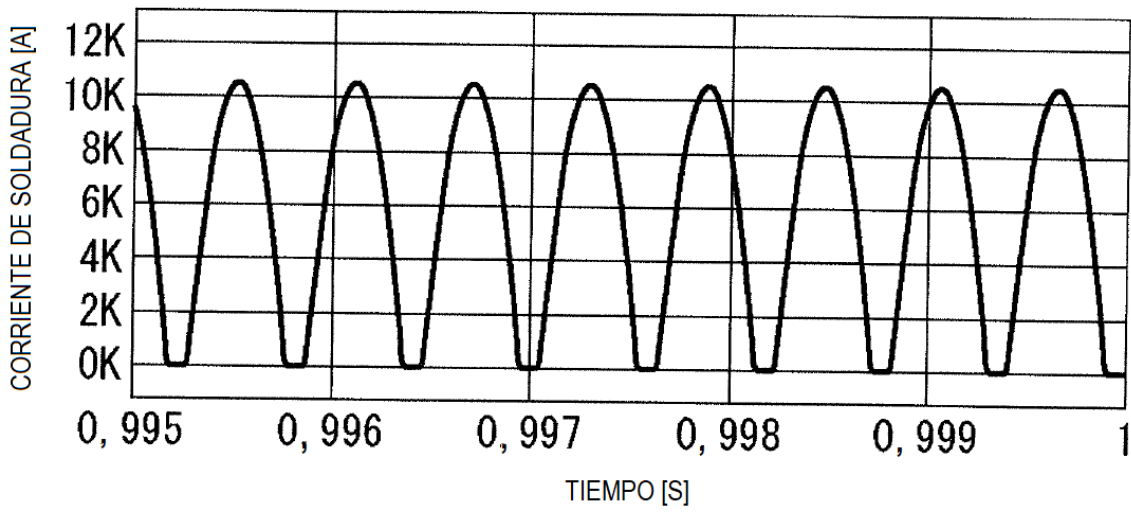


FIG. 10

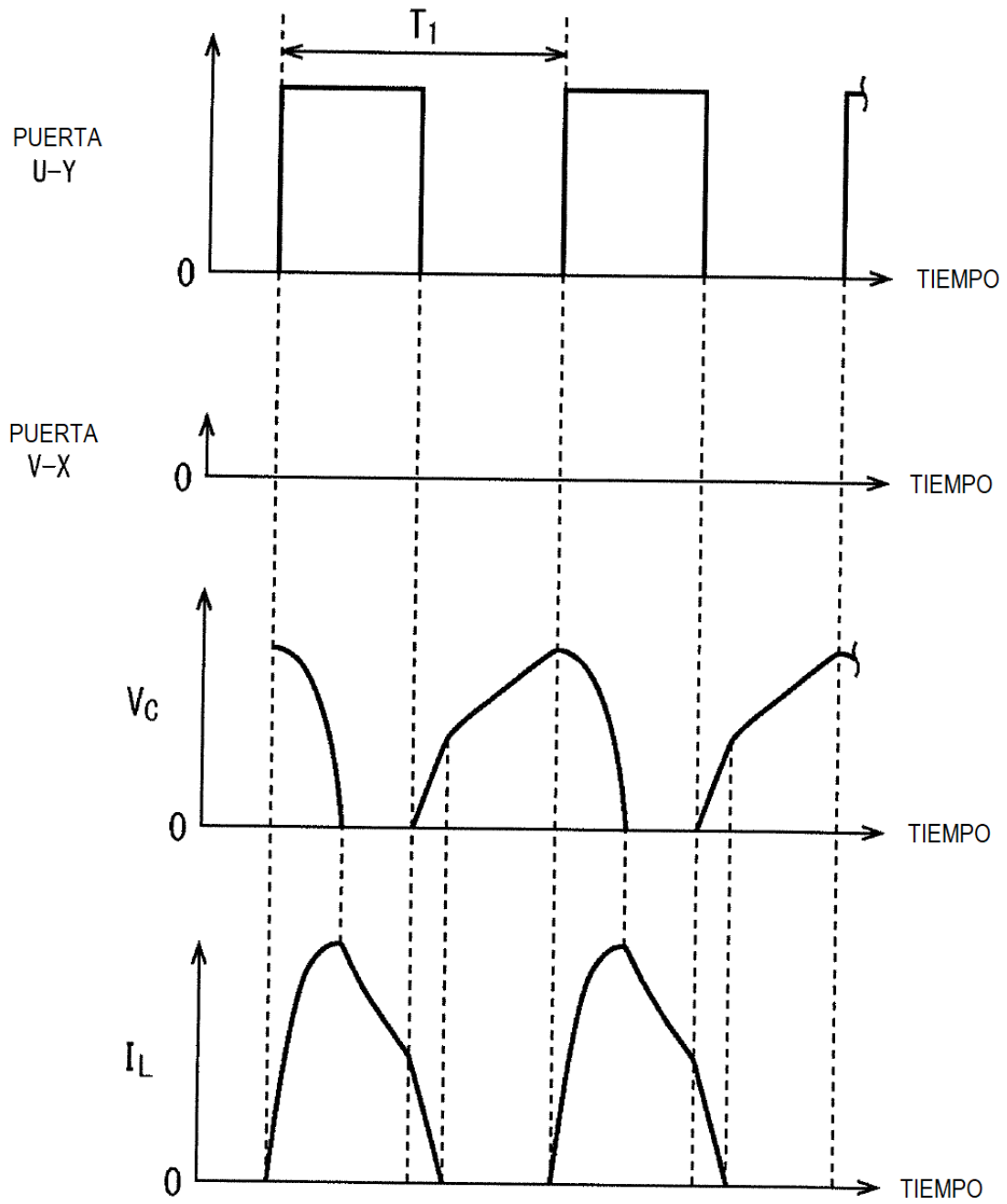


FIG. 11

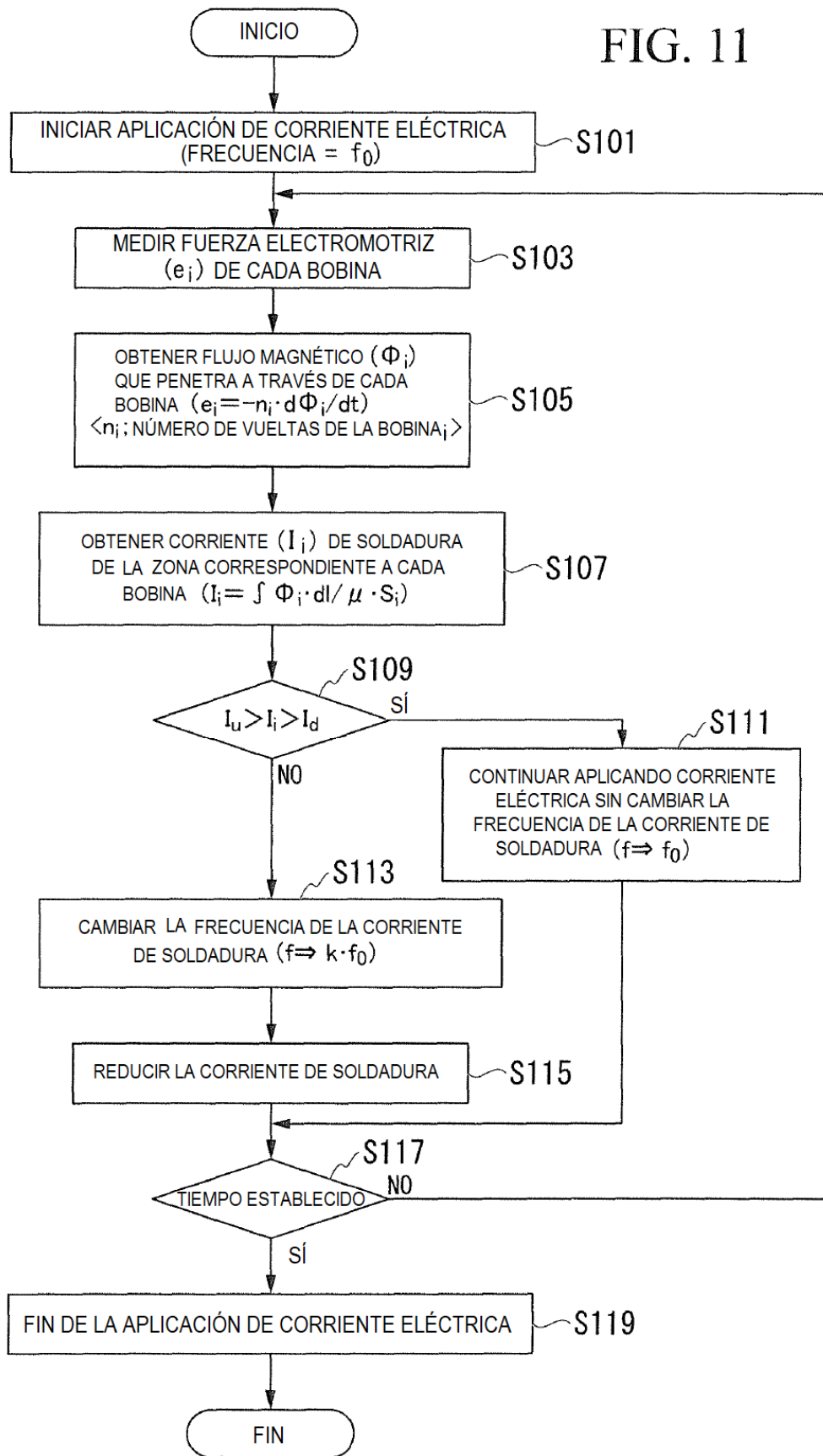


FIG. 12

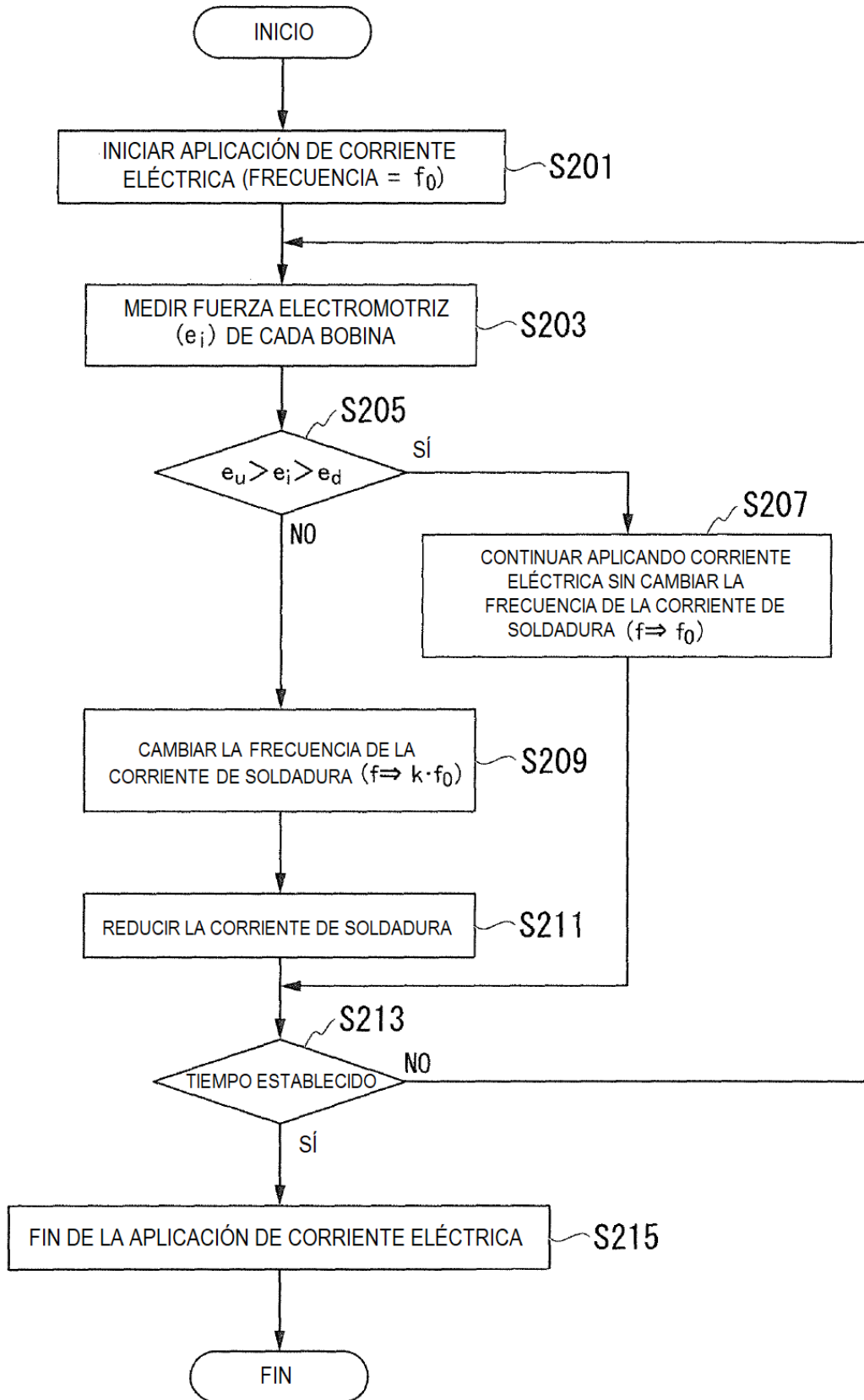


FIG. 13

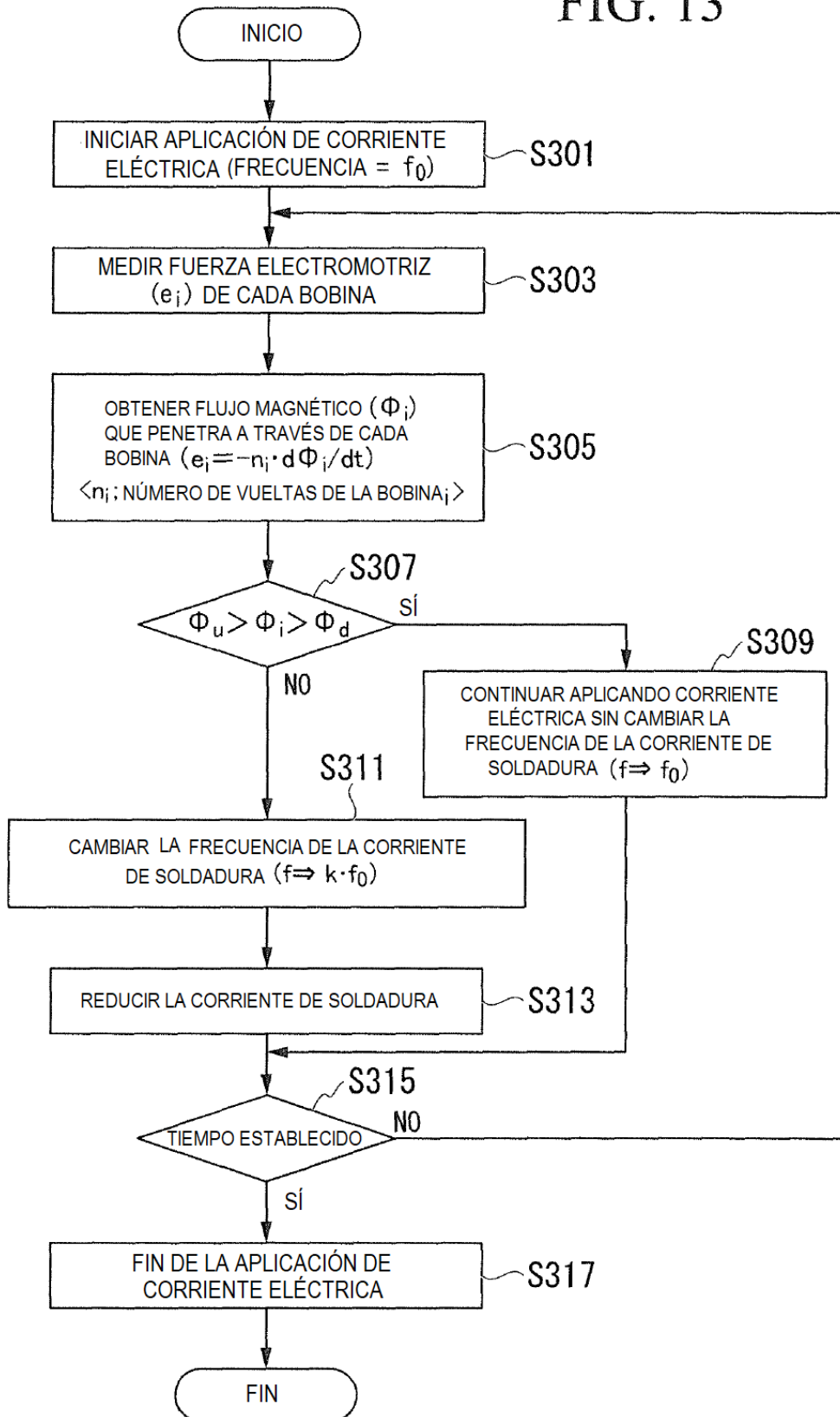


FIG. 14

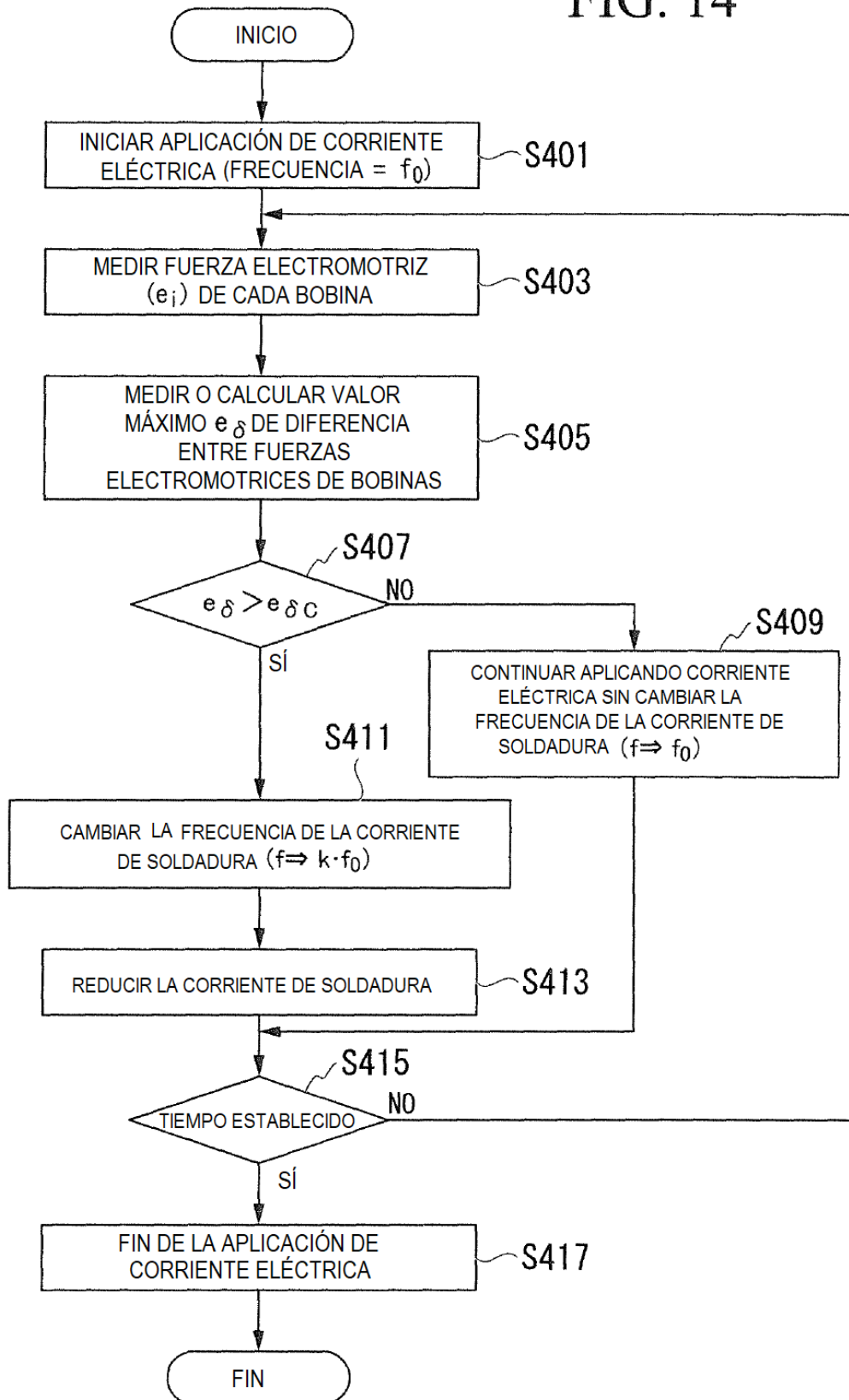


FIG. 15A

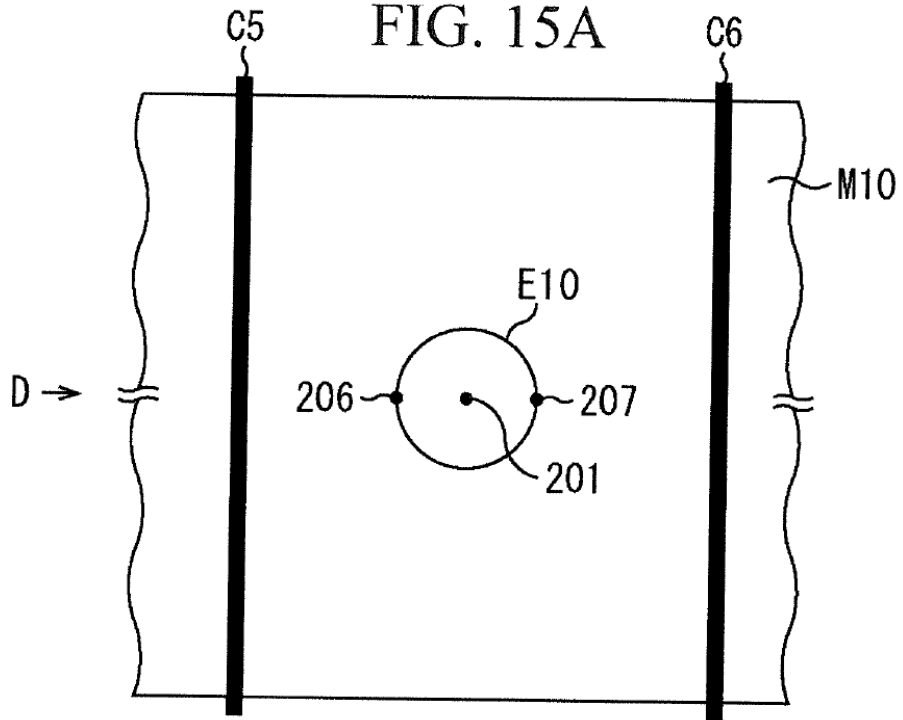


FIG. 15B

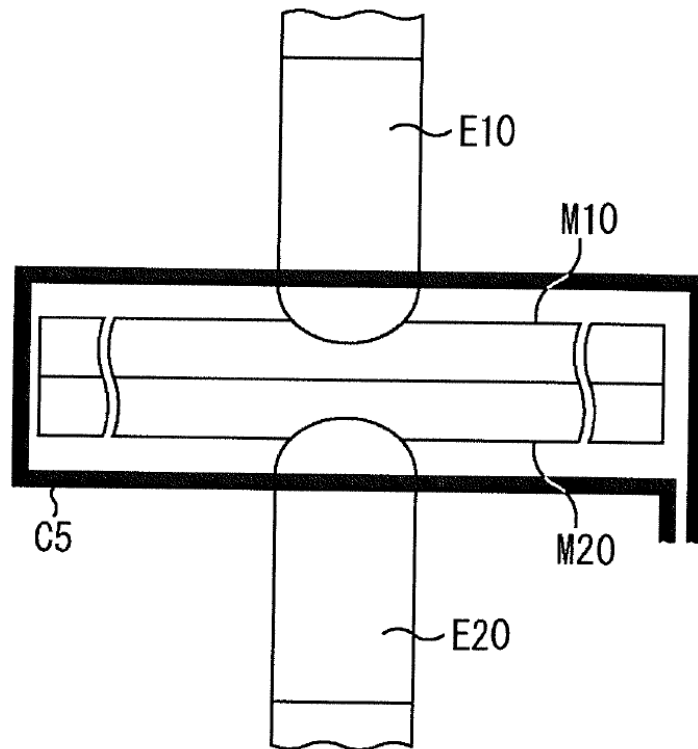


FIG. 16

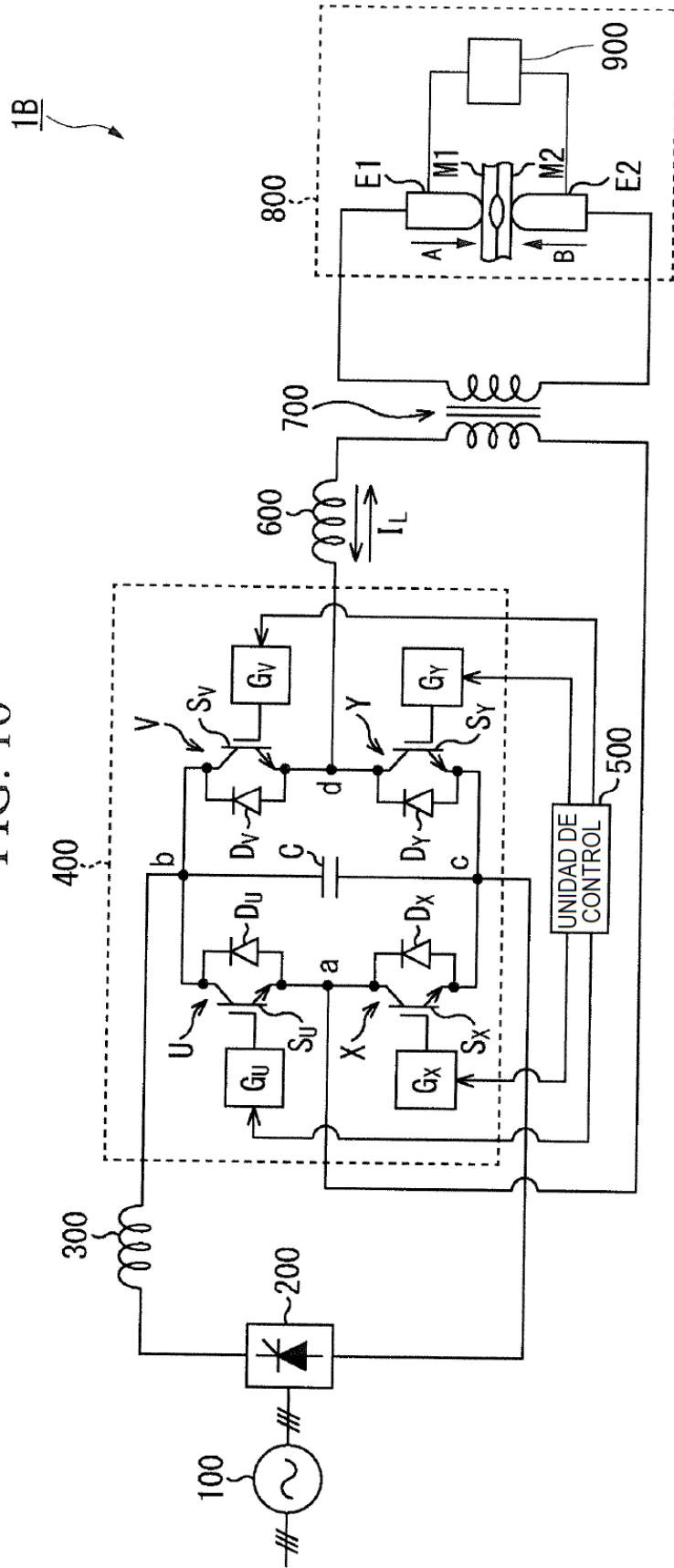


FIG. 17A

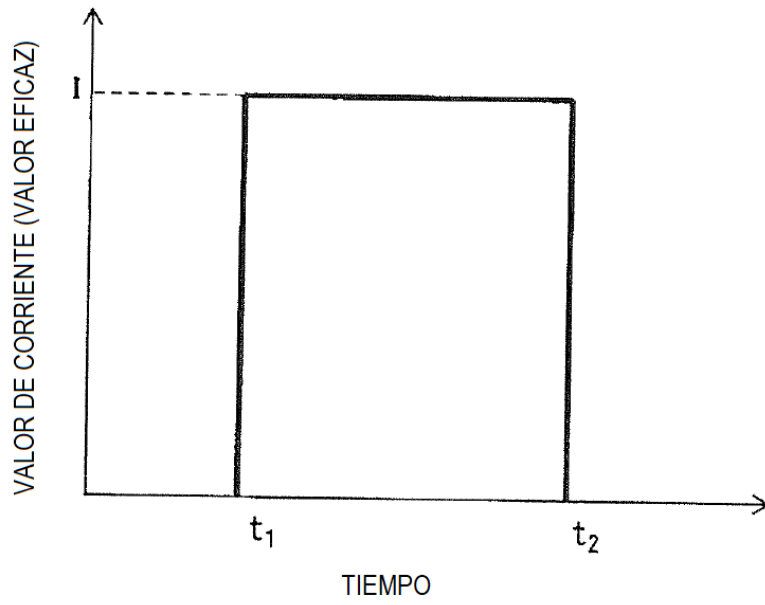


FIG. 17B

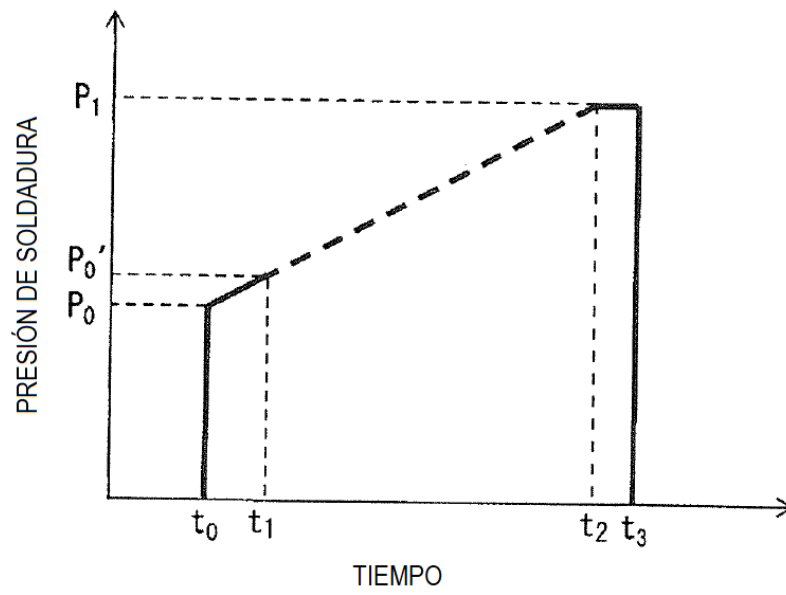


FIG. 18A

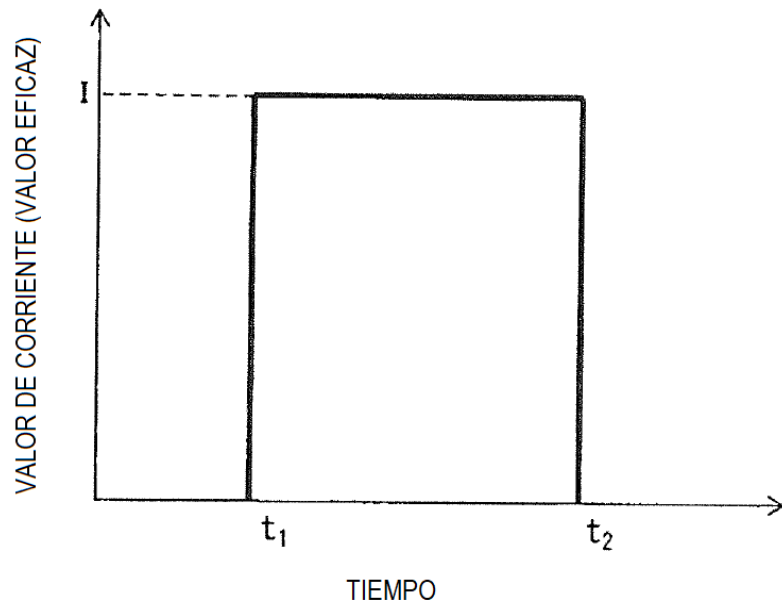


FIG. 18B

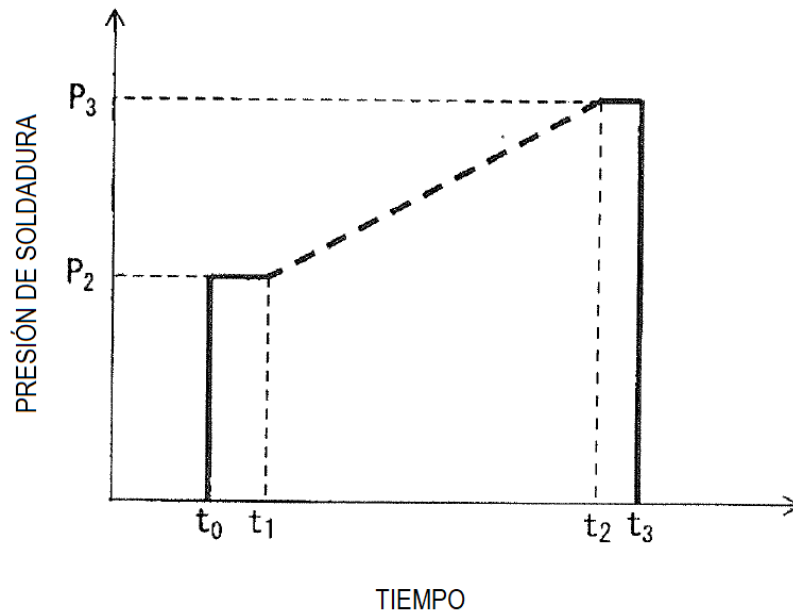


FIG. 19A

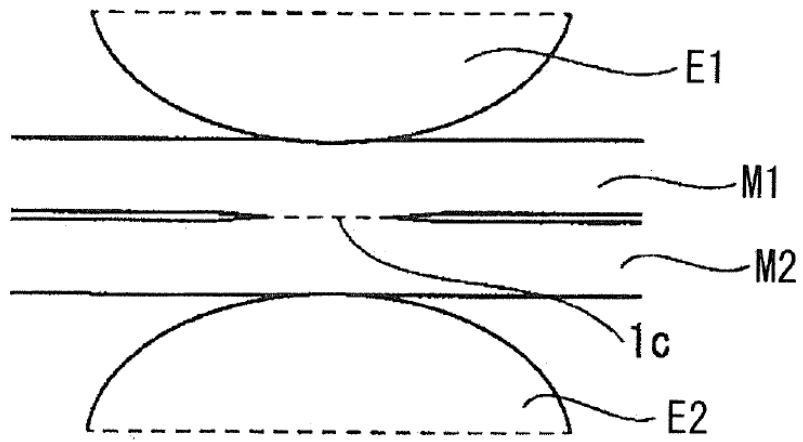


FIG. 19B

