

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 802**

51 Int. Cl.:

**B23K 9/10** (2006.01)

**H02M 3/28** (2006.01)

**H02M 3/335** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2015 PCT/IB2015/059601**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17103648**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2015 E 15813123 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3389910**

54 Título: **Fuente de alimentación de soldadura con característica de voltaje prolongado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.06.2020**

73 Titular/es:

**ESAB AB (100.0%)  
Box 8004, Lindholmsallen 9  
402 77 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:

**MNICH, ANDRZEJ**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 768 802 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Fuente de alimentación de soldadura con característica de voltaje prolongado

**Campo técnico**

5 Las presentes realizaciones están relacionadas con fuentes de alimentación para proporcionar potencia del tipo de soldadura, es decir, la potencia utilizada, en general, para soldar, cortar o calentar.

**Antecedentes**

10 En los aparatos de soldadura, las fuentes de alimentación están configuradas a menudo para suministrar una salida de voltaje constante, al tiempo que cubren un cierto intervalo de corriente de salida. La característica de volt-amp de salida estática puede incluir una línea horizontal que representa un voltaje constante y una línea vertical, correspondiente al límite de corriente. Además, las fuentes de alimentación de soldadura, en particular, las fuentes de alimentación en modo conmutado tienen ciertos requisitos, impuestos por la física del proceso de soldadura. En vez de suministrar unas características de corriente-voltaje en forma de una línea horizontal y vertical, las fuentes de alimentación de soldadura pueden ser más útiles si son capaces de cubrir el intervalo desde casi cero hasta un voltaje máximo y desde casi cero hasta una corriente máxima. En otras palabras, una fuente de alimentación de soldadura puede seleccionar como objetivo cubrir todo el plano rectangular sobre la característica de volt-amp de salida.

15 En particular, en funcionamiento, puede que no sea necesario que el voltaje máximo y la corriente máxima se suministren en el mismo momento. El sistema de control de una fuente de alimentación de soldadura puede, por ejemplo, limitar el voltaje de salida a alta corriente y limitar la corriente de salida a alto voltaje. El sistema de control puede estar configurado para generar una limitación de potencia, que tiene una forma tal como una hipérbola, u otras limitaciones de corriente-voltaje complejas, creadas por los circuitos de control de realimentación y anticipación. Estas limitaciones en el control están simplemente superpuestas sobre límites definidos por la relación invariable del transformador. Si se selecciona como objetivo para una aplicación dada cubrir el alto voltaje a baja corriente, esto conduce a una relación del transformador baja, al tiempo que la conversión de potencia puede ser ineficaz a grandes corrientes donde no se necesita un alto voltaje. Estas consideraciones pueden disminuir la eficacia del diseño de la fuente de alimentación, especialmente en el caso de soldadura mediante electrodos celulósicos. La soldadura usando electrodos celulósicos conlleva una corriente muy alta en cortocircuito y una prolongación larga del arco eléctrico, conllevando así un alto voltaje a corrientes bajas o moderadas.

20 Cualquier solución que proporcione múltiples fuentes de alimentación para tratar los problemas antes mencionados de proporcionar un intervalo de salida seleccionado como objetivo de voltaje y corriente se ha de comparar, desde un punto de vista práctico, con un enfoque sencillo, donde la característica de voltaje-amperio de salida está limitada únicamente por un sistema de control. En general, no hay ninguna conclusión obvia sobre si los diseños que tienen dos fuentes de alimentación son económicamente más o menos eficaces que una solución que tiene las limitaciones de corriente-voltaje impuestas por un sistema de control. La mejor elección puede depender de una solución o aplicación particular y de la relación entre el punto de funcionamiento de la corriente de régimen y el margen de voltaje en la zona de baja corriente.

25 Unos ejemplos de fuentes de alimentación con amplios intervalos de voltaje y corriente se proporcionan en los documentos JP2000023455 y US5229567.

La presente invención se proporciona con respecto a estas y otras consideraciones.

**Breve compendio**

30 La invención está definida por las características de la reivindicación 1 de dispositivo. Las reivindicaciones dependientes enumeran realizaciones ventajosas de la invención.

35 En una realización a modo de ejemplo, se describe un aparato para proporcionar potencia de soldadura. El aparato puede incluir un convertidor de potencia de corriente continua a corriente continua (CC-CC). El convertidor CC-CC puede comprender un convertidor de corriente continua a corriente alterna (CC-CA) para proporcionar a la salida una corriente primaria y una etapa transformadora. La etapa transformadora puede incluir al menos un transformador de potencia para recibir la corriente primaria desde el convertidor de potencia CC-CA en un lado primario de la etapa transformadora y para proporcionar a la salida un primer voltaje a través de un primer conjunto de arrollamientos secundarios dispuestos en un lado secundario de la etapa transformadora. El primer conjunto de arrollamientos secundarios puede proporcionar a la salida la corriente para el primer rectificador, que convierte corriente alterna en corriente continua. El aparato puede incluir además un conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios dispuestos en el lado secundario para proporcionar a la salida un segundo voltaje; un rectificador auxiliar y un par de conmutadores activos dispuestos en el lado secundario para recibir el segundo voltaje desde el conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios.

40 En una realización adicional a modo de ejemplo, un aparato para proporcionar potencia de soldadura puede incluir un convertidor principal de potencia CC-CC, donde el convertidor principal de potencia tiene una primera salida. El aparato

5 puede incluir también un transformador principal de potencia acoplado para recibir la primera salida en los arrollamientos primarios principales del transformador principal de potencia, y para generar una salida principal de potencia a través de los arrollamientos secundarios principales del transformador principal de potencia y además a través del rectificador principal de salida. El aparato puede incluir además un convertidor auxiliar de potencia CC-CC, donde el convertidor auxiliar de potencia CC-CA tiene una segunda salida, y un transformador auxiliar de potencia acoplado para recibir la segunda salida en los arrollamientos primarios auxiliares del transformador auxiliar de potencia, y para generar una salida auxiliar de potencia a través de los arrollamientos secundarios auxiliares del transformador auxiliar de potencia y además a través de los rectificadores auxiliar y principal de salida. Las salidas de los rectificadores pueden estar conectadas eléctricamente en serie. El convertidor principal de potencia CC-CC y el convertidor auxiliar de potencia CC-CC pueden ser un convertidor directo de dos conmutadores u otro convertidor de potencia que funciona con un ciclo limitado de trabajo de señal PWM y, entonces, los rectificadores de salida pueden estar conectados en paralelo.

15 En otra realización a modo de ejemplo, un método para controlar la potencia de soldadura puede incluir enviar unas señales moduladas en anchura de pulso (PWM) primera y segunda a un convertidor de potencia CC-CA, para proporcionar a la salida una corriente primaria en un lado primario de una etapa transformadora principal de potencia. El método puede incluir además medir la corriente primaria, la corriente secundaria, diversas corrientes en circuitos secundarios independientes, las combinaciones y derivados de las mediciones de corriente antes mencionadas o la corriente de referencia desde el bucle de realimentación interno, para generar un valor de corriente detectado; y cuando el valor de corriente detectado está por debajo de un cierto primer valor umbral, activar un primer conmutador secundario dispuesto en un lado secundario de la etapa transformadora principal de potencia usando una tercera y una cuarta señal PWM, respectivamente. El método puede incluir además la modulación de una tercera y una cuarta señal PWM por el principio de modulación de flancos anteriores, en el que se retarda el flanco anterior y el retardo disminuye desde el máximo, en el primer valor umbral de la corriente detectada, hasta cero, en otro segundo valor umbral de la corriente detectada.

25 En otra realización a modo de ejemplo, un método para controlar la potencia de soldadura puede incluir enviar señales PWM a un convertidor de potencia CC-CA directo de dos conmutadores o a otro convertidor de potencia que funciona con el ciclo máximo de trabajo limitado para proporcionar a la salida una corriente primaria en un lado primario de una etapa transformadora principal de potencia. El método puede incluir además medir la corriente primaria, la corriente secundaria, diversas corrientes en circuitos secundarios independientes, las combinaciones y derivados de las mediciones de corriente antes mencionadas o la corriente de referencia desde el bucle de realimentación interno, para generar un valor de corriente detectado; y cuando el valor de corriente detectado está por debajo de un primer valor umbral, activar el segundo convertidor de potencia CC-CA directo de dos conmutadores u otro convertidor de potencia que funciona con el ciclo máximo de trabajo limitado para proporcionar a la salida una corriente primaria en un lado primario de una etapa transformadora auxiliar de potencia usando otro conjunto de señales PWM.

35 El método puede incluir además la modulación del control PWM del segundo convertidor CC-CA por el principio de modulación de flancos anteriores y posteriores de modo que se retarda el flanco anterior y el retardo disminuye desde el máximo, en el primer valor umbral de la corriente detectada, hasta cero, en otro segundo valor umbral de la corriente detectada.

**Descripción de las figuras**

40 La figura 1 representa un diagrama de circuito de una salida de característica máxima de voltaje-corriente a modo de ejemplo por realizaciones de la invención.

La figura 2 y la figura 3 representan los diagramas de tiempo del voltaje de salida de realizaciones diferentes de la invención.

La figura 4 representa un diagrama de circuito de un aparato a modo de ejemplo.

45 La figura 5 representa un diagrama de circuito de otro aparato a modo de ejemplo.

La figura 6 representa un diagrama de circuito de otro aparato a modo de ejemplo.

Las figuras 7-18 representan diagramas de circuito de sistemas a modo de ejemplo según las realizaciones diferentes de la invención.

**Descripción de las realizaciones**

50 Las presentes realizaciones proporcionan mejoras sobre los aparatos conocidos que se usan para proporcionar potencia del tipo de soldadura, que se pueden denominar en esta memoria "aparatos de soldadura". De acuerdo con diversas realizaciones, las fuentes de alimentación de soldadura están provistas de características de voltaje prolongado.

55 En diversas realizaciones, se prevé un convertidor de potencia CC-CC (o convertidor de potencia) basándose en una topología de puente completo o equivalente (tal como de medio puente, de tres niveles, directo de dos conmutadores

dobles). En diversas realizaciones, el convertidor de potencia puede estar equipado con conmutadores activos en el lado secundario del convertidor, donde los conmutadores activos introducen voltaje adicional en un circuito de salida, generándose el voltaje adicional desde arrollamientos adicionales, del mismo transformador o desde un transformador adicional. En algunas realizaciones, el transformador adicional está conectado al mismo convertidor de voltaje. En diversas realizaciones adicionales, un convertidor principal de potencia es un convertidor directo de dos conmutadores u otro convertidor de potencia que funciona con el ciclo de trabajo PWM máximo limitado. Se proporciona voltaje prolongado mediante la aplicación de un convertidor adicional de baja potencia, que funciona en temporización de fases opuestas con respecto al convertidor principal. El convertidor auxiliar de potencia es un convertidor directo de dos conmutadores u otro convertidor de potencia que funciona con el ciclo de trabajo PWM máximo limitado. Como ejemplo, un convertidor auxiliar de potencia puede estar configurado para recibir un conjunto de señales PWM que tienen una primera fase, y el convertidor principal de potencia está configurado para recibir un conjunto de señales PWM que tienen una segunda fase, opuesta a la primera fase.

Diversas realizaciones de la invención pueden funcionar usando un mismo principio de control general. En particular, el convertidor principal y sus conmutadores pueden funcionar con un control de modulación en anchura de pulso (PWM), en particular, la modulación del flanco posterior del pulso activo de transferencia de energía. En métodos diferentes de la invención, se puede aplicar un control de realimentación en PWM de manera que se modula el flanco posterior. En variantes diferentes, el control puede funcionar bajo un modo de corriente pico, un modo de corriente media, constante en el tiempo o un modo de control del voltaje. Para el control de los conmutadores adicionales (en un convertidor adicional, o en el lado secundario), se puede modular también el flanco anterior, por la implementación de un retardo temporal controlado. En algunas realizaciones, el retardo puede ser inversamente proporcional a la corriente primaria real, la corriente secundaria y las combinaciones de diferentes corrientes en el convertidor o la corriente de referencia desde el bucle de realimentación interno.

En funcionamiento, para una corriente mayor que un cierto valor umbral alto, el retardo temporal del flanco anterior del funcionamiento de los conmutadores adicionales puede ser más de la mitad del período de conmutación, lo que significa que dichos conmutadores adicionales no están activados del todo. De acuerdo con diversas realizaciones, para una corriente menor que el valor umbral alto, se disminuye proporcionalmente el retardo y disminuye hasta cero a un cierto valor umbral bajo de la corriente. Por debajo del valor umbral bajo de corriente, se pueden activar sin retardo los conmutadores adicionales. En diversas realizaciones, el flanco posterior de la señal de control de los conmutadores auxiliares se puede modular del mismo modo que para los conmutadores del convertidor principal, por el mismo principio de control. En las realizaciones particulares donde la topología incluye unos conmutadores secundarios, se puede modular únicamente el flanco anterior, lo que puede ser más eficaz. En este caso, el conmutador secundario puede ser apagado en un momento dado después del comienzo de la fase opuesta. Por consiguiente, el proceso de apagado se lleva a cabo sin corriente (conmutación a corriente cero ZCS).

En el intervalo de valores de corriente por debajo del valor umbral alto  $I_{2H}$  y el voltaje de salida por debajo de un cierto nivel, el aparato es capaz de proporcionar un nivel de voltaje objetivo, aunque sin usar componentes adicionales. En tales casos, los conmutadores adicionales o un convertidor auxiliar pueden ser apagados por un funcionamiento discreto o por el funcionamiento continuo a través del aumento gradual del retardo del flanco anterior de la señal de control de los conmutadores auxiliares o del convertidor auxiliar.

La figura 1 representa las características de voltaje-corriente generales proporcionadas por el aparato dispuesto según las presentes realizaciones. La figura 1 muestra una curva media de voltaje-corriente (VI) 10 máxima simplificada, a modo de ejemplo, generada por el aparato de las realizaciones de la presente invención. La curva VI 10 incluye una parte de voltaje bajo 12, donde el voltaje de salida se mantiene en un valor relativamente bajo y un valor constante en un intervalo de corriente entre la corriente máxima  $I_{max}$  y un cierto valor de corriente, mostrado como un primer valor umbral  $I_{2H}$ . La curva VI 10 incluye también una parte de voltaje variable 14, donde el voltaje aumenta con corriente decreciente entre  $I_{2H}$  y un segundo valor umbral  $I_{2L}$ . La curva VI incluye también una parte de alto voltaje 16, donde el voltaje es relativamente alto y relativamente constante por debajo de  $I_{2L}$ .

La figura 2 muestra un diagrama de tiempo del voltaje de salida en la realización que emplea conmutadores en el lado secundario. El diagrama 2a) muestra el voltaje de salida a una corriente que se encuentra sobre el valor umbral alto  $I_{2H}$ . Aparece únicamente el nivel de voltaje bajo  $V_{2L}$ . La modulación en PWM se crea sobre el principio de modulación de flancos posteriores. El diagrama 2b) muestra el voltaje de salida para los valores de corriente entre los umbrales alto  $I_{2H}$  y bajo  $I_{2L}$ . Están presentes los niveles de voltaje alto  $V_{2H}$  y bajo  $V_{2L}$ . Están modulados los flancos anterior y posterior de la parte de alto voltaje. El diagrama 2c) muestra el voltaje de salida a valores de corriente por debajo del valor umbral bajo  $I_{2L}$ . Aparece únicamente el nivel de voltaje alto  $V_{2H}$ . La modulación en PWM se crea sobre el principio de modulación de flancos posteriores.

La figura 3 muestra un diagrama de tiempo del voltaje de salida en una realización que emplea un convertidor principal de potencia CC-CC, que es un convertidor directo de dos conmutadores u otro convertidor de potencia que funciona con el ciclo de trabajo PWM máximo limitado y un convertidor auxiliar similar. El diagrama 3a) muestra el voltaje de salida a una corriente mayor que el valor umbral alto  $I_{2H}$ . La modulación en PWM se crea sobre el principio de modulación de flancos posteriores, con el ciclo máximo de trabajo limitado. El diagrama 3b) muestra el voltaje de salida para los valores de corriente entre los umbrales alto  $I_{2H}$  y bajo  $I_{2L}$ . Cada segundo pulso se modula en PWM con modulación del flanco posterior. Cada segundo pulso desde la serie desplazada la mitad de un período se modula en

PWM con la modulación de los flancos anterior y posterior. El diagrama 3c) muestra el voltaje de salida a valores de corriente por debajo del valor umbral bajo  $I_{2L}$ . La modulación en PWM se crea sobre el principio de modulación de flancos posteriores, con doble frecuencia respecto al caso de la corriente sobre un umbral alto.

5 La figura 4 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 20 según las realizaciones de la invención. La fuente de alimentación 20 incluye diversos componentes conocidos. Los componentes de la figura 2 y las figuras que siguen están enumerados en la Tabla I como referencia. Como se muestra en la figura 4, un convertidor de potencia 22 de corriente continua-corriente alterna (CC-CA) está dispuesto con una pluralidad de conmutadores, mostrados como V1, V2, V3, V4.

	A1...4	- Controladores de los conmutadores primarios principales
10	A11...13	- Nodos sumadores
	A14	- Amplificador/atenuador
	A15	- Comparador de modulación de flancos anteriores
	A16	- Amplificador/atenuador de la rampa de compensación
	A17	- Amplificador de realimentación de corriente media
15	A18,19	- Comparadores de modulación de flancos posteriores
	A20	- Amplificador de realimentación
	A21	- Amplificador de detección de corriente
	A22	- Modificador de detección de corriente primaria
	A23	- Nodo sumador
20	A24	- Integrador u otro regulador estático
	A5,6	- Controladores de los conmutadores auxiliares (secundarios o primarios)
	A5,6	- Controladores de los conmutadores secundarios-primarios
	A7,8	- Amplificadores/atenuadores de corriente
	A9,10	- Filtros de paso bajo de detección de corriente
25	C1	- Condensador para el equilibrio de voltaje CC
	D1,2	- Puertas lógicas Y
	D3,4	- Disparadores RS
	D5	- Puerta lógica O
	D6	- Inversor lógico
30	D8	- Disparador de flanco posterior PWM
	D9	- Puerta lógica O
	D10	- Generador de pulsos de referencia umbral
	L2	- Inductor secundario
	L9,10	- Inductancias de conmutación (o inductancias de fugas de conmutación)
35	N1	- Controlador PWM
	S1,2	- Conmutadores controlados por voltaje
	S3	- Conmutador controlado por voltaje, normalmente abierto
	S4	- Conmutador controlado por voltaje, normalmente cerrado

Tabla I. Referencias utilizadas en los dibujos

## ES 2 768 802 T3

	T1	- Convertidor-transformador principal
	T2	- Convertidor-transformador auxiliar
	T3	- Sensor de corriente secundaria
	T4, T14	- Sensores de corriente primaria
5	T5,6	- Sensores de corriente auxiliar secundaria
	V02,03,012,013	
	V1...4	- Conmutadores primarios del convertidor principal
	V11...14	- Conmutadores primarios del convertidor auxiliar
	V20	- Función rectificadora; rectificar la señal de valor positivo
10	V21 + V22	- Rectificador simultáneo
	V23 + V24	- Rectificador simultáneo
	V5,6	- Conmutadores de potencia secundaria
	V7,8	- Rectificadores secundarios principales
	V9...12	- Rectificadores secundarios auxiliares
15	&	- Función lógica Y
	≥1	- Función lógica O
	COMP	- Comparador
	CS	- Entrada de detección de corriente
	Dtsh	- Valor de referencia umbral del ciclo de trabajo PWM
20	EA	- Amplificador de error
	EAO, EAO'	- Salidas del amplificador de error
	FB_I	- Realimentación de corriente
	FB_U	- Realimentación de voltaje
	I1	- Señal de corriente primaria
25	I2	- Señal de corriente secundaria
	Iav	- Referencia de corriente media
	Ipeak	- Referencia de corriente pico
	I <sub>2L</sub>	- Segundo valor de la corriente umbral (bajo)
	I <sub>2H</sub>	- Primer valor de la corriente umbral (alto)
30	K1...4	- Coeficientes de amplificación/atenuación
	OSC	- Señal del oscilador, doble frecuencia de conversión
	OFF	- Inutilizar la señal del integrador
	PWM_A	- Fase A de la señal PWM, flanco posterior modulado
	PWM_B	- Fase B de la señal PWM, flanco posterior modulado
35	PWM_C	- Fase A de la señal PWM, flancos posterior y anterior modulados
	PWM_C'	- Fase A de la señal PWM, flanco anterior modulado

Tabla I (continuación)

	PWM_D	- Fase B de la señal PWM, flancos posterior y anterior modulados
	PWM_D'	- Fase B de la señal PWM, flanco anterior modulado
	RAMP	- Señal en rampa desde el oscilador
	RELOAD	- Señal de recarga hasta el integrador
5	V2A	- Voltaje pico del convertidor auxiliar
	V2B	- Voltaje pico del convertidor básico
	V2L	- Nivel bajo del voltaje pico
	V2H	- Nivel alto del voltaje pico
	z1, z11	- Arrollamientos primarios
10	z2, z21, z22,	- Arrollamientos secundarios
	z31, z32	

Tabla I (continuación)

En algunas realizaciones, estos conmutadores pueden ser transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) o transistores MOSFET, como en los convertidores conocidos. En la realización mostrada en la figura 4, los conmutadores pueden estar dispuestos en una configuración de puente completo. El convertidor de potencia CC-CA 22, que actúa como un convertidor principal de potencia CC-CA, en esta y otras realizaciones, puede estar dispuesto para recibir un primer voltaje CC, donde el primer voltaje CC puede ser un voltaje rectificado basándose en un voltaje de entrada desde una fuente de alimentación CA (no mostrada). El convertidor de potencia CC-CA 22 puede proporcionar a la salida un voltaje CA cuya magnitud está determinada por el funcionamiento de los conmutadores V1, V2, V3, V4. Como se detalla en lo que sigue, los conmutadores V1, V2, V3, V4 pueden estar controlados por señales de modulación en anchura de pulso (PWM) generadas por un modulador en anchura de pulso (no mostrado independientemente).

Como se muestra además en la figura 4, la fuente de alimentación 20 puede incluir adicionalmente una etapa transformadora 24. En diversas realizaciones, la etapa transformadora 24 puede incluir al menos un transformador de potencia para recibir el voltaje CA en un lado primario de la etapa transformadora y para proporcionar a la salida un segundo voltaje CA a través de un primer conjunto de arrollamientos secundarios dispuestos en un lado secundario de la etapa transformadora. En la realización particular ilustrada en la figura 4, se muestra como T1 únicamente un transformador principal. Como se muestra en esta realización, la etapa transformadora 24 incluye un primer conjunto de arrollamientos secundarios 28 y un conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios 26. El segundo conjunto de arrollamientos secundarios 26 se puede emplear a fin de prolongar el intervalo de voltaje para la salida de soldadura, como se detalla en lo que sigue. Por ejemplo, bajo ciertas condiciones de funcionamiento, el primer conjunto de arrollamientos secundarios puede proporcionar a la salida un segundo voltaje CA al rectificador V7, V8, para proporcionar a la salida voltaje CC utilizado para soldar, basándose en la entrada recibida desde el convertidor de potencia CC-CA 22. Bajo otras condiciones, un tercer voltaje CA desde el conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios 26 puede ser aprovechado para que otro rectificador aumente el voltaje CC de soldadura.

Como se ilustra además en la figura 4, la fuente de alimentación 20 puede incluir un par de conmutadores unidireccionales activos dispuestos en el lado secundario para recibir el segundo voltaje CA desde el conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios 26. Este par de conmutadores activos pueden rectificar el voltaje CA y proporcionar a la salida el voltaje CC para una estación de soldadura 30. El primer conmutador activo unidireccional se muestra como conexión en serie del rectificador V9 y el conmutador activo V5. El segundo conmutador activo unidireccional se muestra como conexión en serie del rectificador V10 y el conmutador activo V6. En general, un conmutador unidireccional activo se puede realizar únicamente como un dispositivo.

La figura 5 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 40 según las realizaciones de la invención. La fuente de alimentación 40 incluye diversos componentes conocidos, como se expone en la Tabla I, por ejemplo. En la disposición de la figura 5, la fuente de alimentación 40 puede incluir, además del convertidor de potencia CC-CA 22, una etapa transformadora 42. En esta realización, la etapa transformadora 42 incluye un convertidor-transformador principal T1 y un convertidor-transformador auxiliar T2. Como se muestra en esta realización, la etapa transformadora 42 incluye un primer conjunto de arrollamientos secundarios 46 acoplados al convertidor-transformador principal T1 y un conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios 48 acoplados al convertidor-transformador auxiliar T2. El segundo conjunto de arrollamientos secundarios 48 se puede emplear a fin de prolongar el intervalo de voltaje para la salida de soldadura, como se detalla en lo que sigue y se ha descrito anteriormente, en general, con respecto a la figura 2.

La figura 6 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 60 según las realizaciones de la invención. En esta realización, la fuente de alimentación 60 incluye un convertidor de potencia CC-CA principal 62, dispuesto

como un convertidor directo de dos conmutadores u otro convertidor de potencia que funciona con el ciclo de trabajo PWM máximo limitado. Además, la fuente de alimentación 60 incluye un convertidor de potencia CC-CA auxiliar 64, que puede ser un convertidor de baja potencia dispuesto también como un convertidor directo de dos conmutadores u otro convertidor de potencia que funciona con el ciclo de trabajo PWM máximo limitado. El convertidor de potencia CC-CA auxiliar 64 puede funcionar en diferente fase de temporización con respecto al convertidor de potencia CC-CA principal 62. Como se muestra en la figura 4, el convertidor de potencia CC-CA principal 62 está acoplado al convertidor-transformador principal T1 y el convertidor de potencia CC-CA auxiliar 64 está acoplado al convertidor-transformador auxiliar T2. El convertidor-transformador principal T1 puede incluir unos arrollamientos primarios principales 67 y unos arrollamientos secundarios principales 66, mientras que el convertidor-transformador auxiliar T2 incluye unos arrollamientos secundarios auxiliares 69 y unos arrollamientos secundarios auxiliares 68. Como se muestra, el arrollamiento secundario principal está conectado al rectificador principal V7 y el arrollamiento secundario auxiliar está conectado al rectificador auxiliar V9. Las salidas de los rectificadores están conectadas en paralelo. Según su principio de funcionamiento, esta realización contiene un rectificador de circulación libre V8 en la salida. Como en las realizaciones de la figura 4 y la figura 5, la salida adicional de voltaje a través del convertidor-transformador auxiliar T2 puede ser aprovechada en condiciones de baja corriente para aumentar la salida de voltaje, como se muestra, en general, en la figura 1.

La figura 7 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 80 según las realizaciones adicionales de la invención. La fuente de alimentación 80 puede estar dispuesta, en general, como se muestra en la figura 2, con un circuito de control adicional a modo de ejemplo, mostrado como el circuito de control 82. En general, como se ha descrito anteriormente, el control del convertidor principal, el convertidor de potencia CC-CA 22, se puede proporcionar usando un control PWM, en donde el flanco posterior de un pulso se usa para controlar la salida desde el convertidor de potencia CC-CA 22. Adicionalmente, los conmutadores secundarios V5, V6 se pueden controlar usando una modulación del flanco anterior de un pulso. Este control se muestra, en general, en el circuito de control 82, que proporciona a la salida una señal PWM\_A, correspondiente a una señal PWM que tiene fase A, donde se modula el flanco posterior. Esta señal se puede enviar al conmutador V1 y al conmutador V4, como se muestra. El circuito de control 82 también proporciona a la salida una señal PWM\_B, correspondiente a una señal PWM que tiene fase B, donde se modula también el flanco posterior. Esta señal se puede enviar al conmutador V2 y al conmutador V3, como se muestra. Como se sugiere en la figura 7, las fases de la señal PWM\_B y la PWM\_A son diferentes entre sí de manera que los conmutadores V1 y V4 están en un estado NO ACTIVO ("OFF") cuando los conmutadores V2 y V3 están en un estado ACTIVO ("ON"), y los conmutadores V2 y V3 están en un estado NO ACTIVO cuando los conmutadores V1 y V4 están en un estado ACTIVO.

Como se ilustra además en la figura 7, el circuito de control 82 puede proporcionar a la salida una señal PWM\_C, correspondiente a una señal PWM que tiene fase A, donde se modulan el flanco posterior y el flanco anterior. Esta señal se puede enviar al conmutador secundario V5, como se muestra. El circuito de control 82 puede proporcionar a la salida también una señal PWM\_D, correspondiente a una señal PWM que tiene fase B, donde se modulan también el flanco anterior y el flanco posterior. Esta señal se puede enviar al conmutador secundario V6, como se muestra. Como se sugiere en la figura 7, las fases de la señal PWM\_C y la señal PWM\_D pueden diferir entre sí, en particular las fases complementarias, de modo similar a la señal PWM\_A y la señal PWM\_B.

Adicionalmente, como se describe además en lo que sigue, el circuito de control 82 puede incluir un componente o componentes que actúan como un generador de retardos temporales variables. El circuito de control 82 puede incluir también un circuito de control que incluye elementos lógicos y de memoria.

A fin de ajustar el nivel de la salida de voltaje a la estación de soldadura 30, el circuito de control 82 puede ajustar el funcionamiento de un conjunto de conmutadores primarios, donde el conjunto de conmutadores primarios puede incluir al menos un conmutador primario, como se ejemplifica por los conmutadores primarios V1, V2, V3, V4; y el circuito de control puede ajustar el funcionamiento de un conjunto de conmutadores secundarios, donde el conjunto de conmutadores secundarios puede incluir al menos un conmutador secundario, como se ejemplifica por los conmutadores secundarios V5 y V6, de acuerdo con una corriente detectada. Como se muestra en la figura 5, la fuente de alimentación 80 puede incluir un sensor de corriente primaria T4 dispuesto para medir una salida de corriente primaria por el convertidor de potencia CC-CA 22 y para generar una señal de detección de corriente primaria. La señal de detección de corriente primaria se puede usar para ajustar la activación de los conmutadores primarios V1, V2, V3, V4 por el principio de control del modo de corriente pico. La corriente de referencia  $I_{peak}$  para el control del modo de corriente pico se puede usar para ajustar la activación del conmutador secundario V5 y del conmutador secundario V6. Por ejemplo, el flanco anterior de la señal PWM\_C y la señal PWM\_D, enviadas al conmutador secundario V5 y V6, respectivamente, pueden ser moduladas por un retardo temporal controlado, dando como resultado un retardo temporal variable. El retardo temporal se puede ajustar según la corriente de salida de la siguiente manera. A medida que aumenta la corriente, también aumenta la corriente pico de referencia y, por consiguiente, el retardo temporal variable puede aumentar de modo que dicho retardo temporal variable llega a ser mayor que la mitad del período de conmutación de la señal PWM\_A y la señal PWM\_B en un primer valor umbral (véase  $I_{2H}$  en la figura 1). Esto da como resultado que el conmutador secundario V5 y V6 no se activa del todo. De esta manera, únicamente la salida de voltaje por el primer conjunto de arrollamientos secundarios z21 y z22 se suministra a la estación de soldadura 30, a través de los rectificadores V7, V8. El voltaje máximo puede alcanzar el nivel que se representa por  $V_{2L}$  (figura 1). Por debajo del primer valor umbral, puede disminuir el retardo temporal variable, junto con un nivel disminuido del valor de la corriente de salida, hasta un segundo valor umbral (véase  $I_{2L}$  de la figura 1). En el régimen

de corriente entre  $I_{2H}$  e  $I_{2L}$ , una reducción dada de corriente da como resultado una reducción dada de retardo temporal, donde la reducción dada de retardo temporal aumenta la activación del conmutador secundario V5 y del conmutador secundario V6. Esta activación aumentada da como resultado un valor más grande de voltaje extraído del conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios 26, aumentando así la salida de voltaje para la estación de soldadura 30. Por debajo de una corriente correspondiente al segundo valor umbral  $I_{2L}$ , el retardo temporal para activar el conmutador secundario V5 y el conmutador secundario V6 puede llegar a ser nulo, de manera que el conmutador secundario V5 y el conmutador secundario V6 se pueden activar sin retardo o conduciendo permanente y simultáneamente. En este régimen de baja corriente, el funcionamiento de los conmutadores secundarios (V5-V6) puede que no sea directamente dependiente del valor de corriente y la salida de voltaje máximo puede permanecer sobre el alto nivel en un intervalo de corriente hasta corriente cero.

En particular, la aplicación de conmutadores secundarios en la fuente de alimentación 80 puede dar como resultado un cambio instantáneo o muy rápido de la relación del transformador durante la fase activa de la conversión de potencia. La corriente en los conmutadores V1-V4 del convertidor de potencia CC-CA 22 está cambiando por consiguiente rápidamente. Cuando se aplica un control del modo de corriente pico, para la PWM y para el control de la saturación del núcleo del transformador, este cambio rápido de corriente puede interrumpir el principio de control, reduciendo la estabilidad de funcionamiento del convertidor de potencia CC-CA 22.

Para tratar este problema, en la fuente de alimentación 80 de la figura 7, la señal de detección de corriente primaria puede atenuarse dinámicamente durante la fase ACTIVA de los conmutadores secundarios V5 y V6. En la realización particular, la detección de corriente se atenúa proporcionalmente a la relación entre el arrollamiento secundario principal y los arrollamientos secundarios principal más auxiliar. La señal de detección de corriente puede estar perturbada, mientras que después de su filtrado, puede estar todavía disponible para el control del funcionamiento de la fuente de alimentación 80.

Para tratar este problema, en otras realizaciones, la etapa transformadora 42 se puede sustituir por dos transformadores tales como en la fuente de alimentación 40. De esta manera, la presencia de un transformador auxiliar independiente con dos arrollamientos secundarios permite un sensor de corriente primaria para suministrar corriente sin cambio rápido. Un inconveniente de esta última configuración es que, cuando no se está usando el convertidor-transformador auxiliar T2, sigue circulando una corriente de magnetización, lo que da como resultado pérdidas adicionales y que no exista ninguna protección segura contra la saturación del transformador T2.

En diversas realizaciones, el flanco posterior de las señales PWM, que controlan los conmutadores secundarios, se pueden modular del mismo modo que para los conmutadores de un convertidor principal, por el mismo principio de control. En particular, usar únicamente la modulación del flanco anterior de las señales PWM en los conmutadores secundarios puede ser a menudo más eficaz. En este caso, el conmutador secundario puede ser apagado en algún intervalo después del comienzo de la fase opuesta; así, el proceso de apagado se puede llevar a cabo sin corriente (conmutación a corriente cero ZCS).

La figura 8 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 100 según las realizaciones adicionales de la invención. La fuente de alimentación 100 puede estar dispuesta de modo similar a la fuente de alimentación 80, salvo por algunas diferencias que incluyen las diferencias descritas en lo que sigue. En particular, la fuente de alimentación 100 incluye un circuito de control 102 que tiene un conjunto de biestables ("flip-flops") RS, mostrados como unos disparadores RS D3, D4. Los disparadores están dispuestos para proporcionar exclusivamente una modulación de flancos anteriores para el control del conmutador secundario V5 y del conmutador secundario V6, para proporcionar un apagado a corriente cero. Como se muestra en la figura 8, por ejemplo, la salida desde D3 es una señal PWM\_C', que representa una señal PWM modulada en flancos anteriores de fase A, donde esta señal es recibida por el conmutador secundario V5. De modo similar, la salida desde D4 es una señal PWM\_D', que representa una señal PWM modulada en flancos anteriores de fase B, donde esta señal es recibida por el conmutador secundario V6. A fin de asegurar una conmutación a corriente cero de los conmutadores secundarios V5 y V6, pueden prolongarse más los flancos posteriores de las señales PWM\_C' y PWM\_D'. El flanco posterior puede retardarse más sobre el comienzo de las señales PWM de una fase A y una fase B. En realizaciones diferentes, esos retardos pueden ser fijos o pueden ser retardos dependientes de la corriente. En una variante adicional, el control de conmutación a corriente cero puede emplear una detección de corriente o una detección de voltaje y lógica adicional de control.

La figura 9 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 120 según las realizaciones adicionales de la invención. La fuente de alimentación 120 puede estar dispuesta de modo similar a la fuente de alimentación 80 o la fuente de alimentación 100, salvo por algunas diferencias que incluyen las diferencias descritas en lo que sigue. Además del circuito de control 122, una característica distinguida de la fuente de alimentación 120 es la circuitería que proporciona una señal de detección de corriente primaria a combinar con una señal de detección de corriente secundaria durante la fase ACTIVA de los conmutadores secundarios, es decir, el conmutador secundario V5 y el conmutador secundario V6. Como se ilustra, un nodo sumador A11 está dispuesto para recibir una señal de detección de corriente primaria desde el sensor de corriente primaria T4 y está dispuesto también para recibir una señal de detección de corriente secundaria desde el sensor de corriente secundaria T3. El nodo sumador A11 puede añadir entre sí estas señales durante la fase ACTIVA del conmutador secundario V5 o el conmutador secundario V6. La señal de detección de corriente puede estar perturbada, mientras que después de su filtrado se puede usar para el control del funcionamiento de la fuente de alimentación 120.

La figura 10 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 140 según las realizaciones adicionales de la invención. La fuente de alimentación 140 puede estar dispuesta de modo similar a la fuente de alimentación 80 o la fuente de alimentación 100, o la fuente de alimentación 120, salvo por algunas diferencias que incluyen las diferencias descritas en lo que sigue. En particular, la fuente de alimentación 140 incluye un circuito de control 142 y un par de sensores de corriente auxiliar secundaria, mostrados como un sensor T5 y un sensor T6. El sensor T5 está dispuesto para detectar la corriente entre los arrollamientos auxiliares del lado secundario de la etapa transformadora 24 y el conmutador de potencia secundario V5. El sensor T6 está dispuesto para detectar la corriente entre los arrollamientos auxiliares del lado secundario de la etapa transformadora 24 y el conmutador de potencia secundario V6. Se pueden combinar el sensor T6 y el sensor T5, así como la señal de detección de corriente primaria y las señales de detección de corriente desde el sensor T6 y el sensor T5. Esto proporciona una manera directa para que la etapa transformadora 24 controle la salida de voltaje en un bucle de realimentación midiendo una corriente primaria, así como la corriente secundaria auxiliar.

La figura 11 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 160 según las realizaciones adicionales de la invención. La fuente de alimentación 160 puede estar dispuesta de modo similar a la fuente de alimentación 80 o la fuente de alimentación 100, o la fuente de alimentación 120, o la fuente de alimentación 140, salvo por algunas diferencias que incluyen las diferencias descritas en lo que sigue. En particular, en el circuito de control 162, la conmutación de señales se puede aplicar después de su filtrado. Por ejemplo, el circuito de control 162 puede incluir un componente de filtro, mostrado como un filtro de paso bajo A9 de detección de corriente y un filtro de paso bajo A10 de detección de corriente, entre el conmutador controlado por voltaje S1 y el conmutador controlado por voltaje S2, respectivamente, y el sensor de corriente primaria T4.

La figura 12 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 180 según las realizaciones adicionales de la invención. La fuente de alimentación 180 puede estar dispuesta de modo similar a la fuente de alimentación 80 o la fuente de alimentación 100, o la fuente de alimentación 120, o la fuente de alimentación 140, o la fuente de alimentación 160, salvo por algunas diferencias que incluyen las diferencias descritas en lo que sigue. En particular, en el circuito de control 182, se prevén dos comparadores PWM, mostrados como el comparador de modulación A18 de flancos posteriores y el comparador de modulación A19 de flancos posteriores.

En todas las realizaciones antes mencionadas, para crear el retardo temporal variable de la modulación en PWM de flancos anteriores para el funcionamiento de los conmutadores secundarios, se resta un valor de corriente umbral, la referencia de corriente umbral, proporcional al nivel de corriente  $I_{2L}$  (figura 1), de la referencia de corriente pico  $I_{peak}$  en el nodo sumador A13 y, después de la amplificación o atenuación, se proporciona al comparador A15 para crear una señal retardada adecuada mediante la comparación con una cierta señal en rampa.

La figura 13 muestra una realización alternativa para llevar a cabo la detección de corriente que se puede aplicar junto con la circuitería y las técnicas de las realizaciones antes mencionadas. La referencia de corriente umbral, proporcional al nivel de corriente  $I_{2L}$  (figura 1), se resta del valor de detección de la corriente secundaria  $I_{2S}$  proporcional a la corriente secundaria I2 en el nodo sumador A13, entonces, después de la amplificación o atenuación, se proporciona al comparador A15 para crear una señal retardada adecuada mediante la comparación con una cierta señal en rampa.

La figura 14 muestra una realización adicional para llevar a cabo la detección de corriente que se puede aplicar junto con la circuitería y las técnicas de las realizaciones antes mencionadas. En esta realización, la corriente umbral, proporcional al nivel de corriente  $I_{2L}$  (figura 1), se resta del valor de detección de la corriente primaria  $I_{CS}$  utilizada como una entrada para el control del modo de corriente pico, en el nodo sumador A13, entonces, después de la amplificación o atenuación, se proporciona al comparador A15 para crear una señal retardada adecuada mediante la comparación con una cierta señal en rampa.

En diversas realizaciones adicionales, se puede aplicar una conmutación de señales en cualquier punto a lo largo de todo el circuito de la creación de flancos posteriores, en señales analógicas o discretas.

La figura 15 muestra un diagrama de circuito de una fuente de alimentación 200 según las realizaciones adicionales de la invención. La fuente de alimentación 200 puede estar dispuesta de modo similar a la fuente de alimentación 60, con la adición del circuito de control 202.

Un aspecto nuevo de la fuente de alimentación 200 es el modo de controlar un segundo convertidor directo de dos conmutadores o un convertidor de cualquier tipo que funciona con un ciclo limitado de trabajo usando la modulación de los dos flancos de pulso: el flanco posterior y el flanco anterior. En particular, además de un sensor de corriente primaria T4 dispuesto para medir una salida de corriente primaria mediante el convertidor principal de potencia 62, la fuente de alimentación 200 incluye un sensor de corriente primaria T14 acoplado para medir la salida de corriente del convertidor de potencia CC-CA auxiliar 64. De acuerdo con los principios de funcionamiento descritos previamente, el convertidor adicional, el convertidor de potencia CC-CA auxiliar 64, puede que no funcione del todo cuando la corriente de salida desde el convertidor principal de potencia 62 es mayor que el valor umbral  $I_{2L}$ . Una ventaja de la presente realización es la potencia esencialmente más baja del convertidor de potencia CC-CA auxiliar 64. Otra ventaja es que el convertidor de potencia CC-CA auxiliar 64 puede estar encerrado como un módulo independiente, proporcionando a un fabricante la flexibilidad para producir fuentes de alimentación con o sin la propiedad de la característica de voltaje prolongado.

La figura 16 muestra otra realización donde una fuente de alimentación 200 incluye dos convertidores directos de dos conmutadores. Según su principio de funcionamiento, este tipo de convertidor de potencia no necesita la detección de corriente primaria. En tal aplicación, la rampa generada internamente del sistema de control 204 se usa para la modulación en anchura de pulso de flancos anteriores y posteriores.

5 La figura 17 muestra una prolongación del control de la modulación de flancos anteriores en los sistemas antes mencionados, según una realización adicional. El sistema de control 205 comprende dos fuentes de la señal en la modulación de flancos anteriores, incluyendo una señal proporcional 206 y una señal integral 207, que están conectadas a la entrada del comparador A15 de modo simultáneo. Esto se representa esquemáticamente por la implementación de dos rectificadores V23 y V24 ideales. En diversas realizaciones, esta función se puede llevar a cabo según soluciones diferentes que realizan eficazmente la misma función. En particular, la función se puede llevar a cabo usando una comparación numérica en código de ordenador. La señal proporcional 206 es la misma que en las realizaciones previas con el mismo principio de funcionamiento. Esquemáticamente, este funcionamiento se representa por el nodo sumador A13 y el amplificador/atenuador A14. La señal integral 207 se puede crear en el bucle adicional de realimentación. El ciclo de trabajo real D se compara con un cierto valor umbral  $D_{tsh}$  en el nodo sumador A23. La diferencia entre esos dos valores puede controlar el integrador u otro regulador estático A24, y la salida del integrador A24 es la fuente adicional de la señal que controla el flanco anterior. El integrador A24 puede recargarse periódicamente con el último valor del retardo tomado después de los rectificadores V23 y V24 con el fin de aumentar la velocidad del funcionamiento. El principio de funcionamiento se representa esquemáticamente por la implementación del conmutador S3. El integrador puede ser apagado temporalmente durante las transiciones para aumentar la velocidad de reacción del sistema de control. El principio de funcionamiento se representa esquemáticamente por la implementación del conmutador S4. Para el mismo fin, un regulador puede estar presente cíclicamente en diferentes casos condicionales.

La figura 18 muestra otro circuito de control 210 para el control de la modulación de flancos anteriores en los sistemas antes mencionados según una realización adicional. Existen dos fuentes de la señal para la modulación de flancos anteriores, una señal proporcional 206 y una señal integral 207, conectadas a la entrada del comparador A15 de manera simultánea. La señal proporcional 206 es la misma que en las realizaciones previas con el mismo principio de funcionamiento. La señal integral 207 se crea en el bucle adicional de realimentación. El nodo sumador A23 tiene una entrada negativa desde la referencia de corriente media  $I_{av}$ , una entrada positiva desde la corriente secundaria  $I_2$  y la entrada positiva de la segura desviación de corriente  $\Delta I$ . La salida del nodo sumador alimenta al integrador o a otro regulador estático A24, que suministra la señal integral 207. Para aumentar la velocidad de funcionamiento, el regulador A24 puede recargarse cíclicamente con el valor real, como se representa por el funcionamiento del conmutador S4, y se inutiliza temporalmente, como se representa por el funcionamiento del conmutador S3. Para el mismo fin, el regulador puede estar presente cíclicamente en diferentes casos condicionales.

En algunas realizaciones, una señal alternativa, que depende de un valor de una carga conectada al aparato de soldadura, puede aumentar un retardo temporal variable. En las realizaciones adicionales, la señal alternativa comprende una señal recibida desde un regulador que comprende un integrador u otro regulador, siendo alimentado el regulador por una diferencia entre los valores de los ciclos de trabajo reales de la señal PWM primera y segunda y un valor de referencia del ciclo de trabajo. En las realizaciones adicionales, la señal alternativa comprende una señal recibida desde un regulador que comprende un integrador u otro regulador, siendo alimentado el regulador por una diferencia entre una corriente secundaria real y una corriente secundaria de referencia. En otras realizaciones, la señal alternativa puede ser apagada o preestablecida temporalmente para mejorar una respuesta dinámica del aparato. En las realizaciones adicionales, la señal alternativa puede ser apagada o preestablecida temporalmente para mejorar una respuesta dinámica del aparato. Aún en otras realizaciones, la señal alternativa puede ser actualizada cíclicamente con un valor real del retardo para mejorar una respuesta dinámica del aparato.

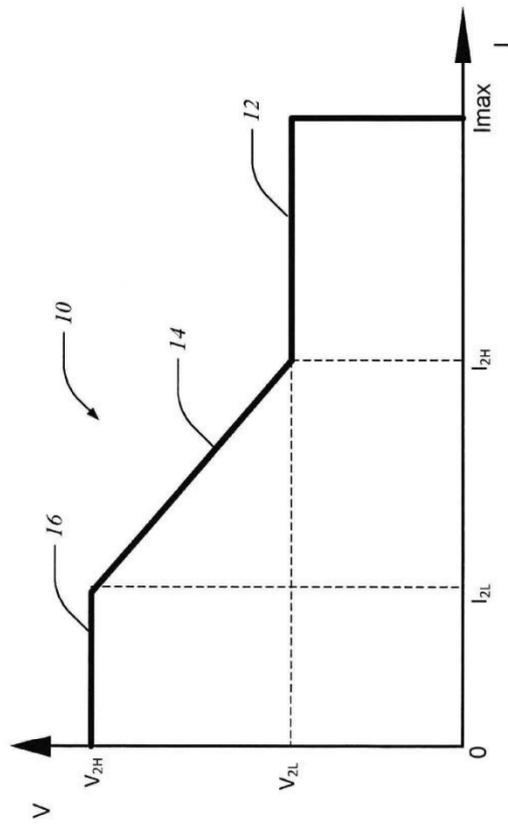
45 La presente invención no se ha de limitar en su alcance por las realizaciones específicas descritas en esta memoria. En realidad, otras realizaciones y modificaciones distintas de la presente invención, además de las descritas en esta memoria, serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la descripción anterior y los dibujos que se acompañan.

50 Son posibles variaciones y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (140) para proporcionar potencia de soldadura, que comprende:  
un convertidor de potencia (22) de corriente continua-corriente alterna, CC-CA, para proporcionar a la salida una corriente primaria;
- 5 una etapa transformadora (24), que comprende:  
al menos un transformador de potencia (T1) para recibir la corriente primaria desde el convertidor de potencia (CC-CA) en un lado primario de la etapa transformadora (24) y para proporcionar a la salida un primer voltaje a través de un primer rectificador (V7, V8) y de un primer conjunto de arrollamientos secundarios (z2) dispuestos en un lado secundario de la etapa transformadora (24);
- 10 un conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios (z3) dispuestos en el lado secundario para proporcionar a la salida un segundo voltaje; y  
un par de conmutadores unidireccionales activos (V5, V9; V6, V10) dispuestos en el lado secundario para recibir el segundo voltaje desde el conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios (z3),  
en el que dicho al menos un transformador de potencia (T1) comprende: un primer transformador de potencia que tiene un lado primario, que comprende un conjunto de arrollamientos primarios (z1), y un lado secundario, que comprende el primer conjunto de arrollamientos secundarios (z2) y el conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios (z3),  
caracterizado por que el aparato (140) comprende además:  
un sensor de corriente primaria (T4) dispuesto en el lado primario de la etapa transformadora (24) para generar una  
20 señal de detección de corriente primaria basándose en la corriente primaria;  
un primer sensor de corriente auxiliar (T5) dispuesto entre un primer extremo del conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios (z3) y un primer conmutador (V5, V9) del par de conmutadores unidireccionales activos (V5, V9; V6, V10);  
y  
un segundo sensor de corriente auxiliar (T6) dispuesto entre un segundo extremo del conjunto auxiliar de arrollamientos secundarios (z3) y un segundo conmutador (V6, V10) del par de conmutadores unidireccionales activos (V5, V9; V6, V10),  
en el que el primer sensor de corriente auxiliar (T5) está configurado para proporcionar a la salida una primera señal de detección de corriente desde el primer conmutador (V5, V9) y el segundo sensor de corriente auxiliar (T6) está configurado para proporcionar a la salida una segunda señal de detección de corriente desde el segundo conmutador (V6, V10), y  
30 en el que el aparato (140) está configurado para combinar la primera señal de detección de corriente desde el primer conmutador (V5, V9) y la segunda señal de detección de corriente desde el segundo conmutador (V6, V10) con la señal de detección de corriente primaria, y para generar señales PWM para el convertidor CC-CA (22) y los conmutadores unidireccionales activos (V5, V9; V6, V10).
- 35 2. El aparato (140) según la reivindicación 1, en el que la señal de detección de corriente primaria está atenuada durante una fase ACTIVA del par de conmutadores unidireccionales activos (V5, V9; V6, V10); y en el que el aparato comprende además un componente de filtro para filtrar la señal de detección de corriente y proporcionar a la salida una señal de control.
- 40 3. El aparato (140) según la reivindicación 1, que comprende además un primer conmutador controlado por voltaje (V3) acoplado al sensor de corriente primaria (T4) y un segundo conmutador controlado por voltaje (V3) acoplado al sensor de corriente primaria (T4).
4. El aparato (140) según la reivindicación 1, en el que el convertidor CC-CA comprende un convertidor de puente completo o un convertidor equivalente a un convertidor de puente completo, en el que la etapa transformadora comprende un primer conjunto de conmutadores primarios (V1, V4) para recibir una primera señal PWM (PWM\_A) y un segundo conjunto de conmutadores primarios (V2, V3) para recibir una segunda señal PWM (PWM\_B).
- 45 5. El aparato (140) según la reivindicación 4, que comprende además un primer conmutador secundario (V1) para recibir una tercera señal PWM y un segundo conmutador secundario (V3) para recibir una cuarta señal PWM.
6. El aparato (140) según la reivindicación 5, que comprende además un circuito de control (142), incluyendo el circuito de control (142) un modulador en anchura de pulso para proporcionar a la salida la primera señal PWM (PWM\_A) y la segunda señal PWM (PWM\_B).
- 50

7. El aparato (140) según la reivindicación 6, en el que el circuito de control (142) incluye un generador de retardos temporales variables, sincronizado con el modulador en anchura de pulso.
8. El aparato (140) según la reivindicación 7, en el que el circuito de control (142) incluye unos elementos lógicos y de memoria acoplados a la primera señal PWM (PWM\_A) y la segunda señal PWM (PWM\_B) y al generador de retardos temporales variables para proporcionar a la salida la tercera señal PWM (PWM\_C) y la cuarta señal PWM (PWM\_D).
9. El aparato (140) según la reivindicación 7, en el que el circuito de control (142) está configurado para aplicar una modulación de un flanco anterior de la tercera señal PWM (PWM\_C) y la cuarta señal PWM (PWM\_D), y en el que los flancos posteriores de la tercera señal PWM (PWM\_C) y la cuarta señal PWM (PWM\_D) se generan mediante la primera señal PWM (PWM\_A) y la segunda señal PWM (PWM\_B) a un retardo constante o a un retardo dependiente de la corriente.



**FIG. 1**

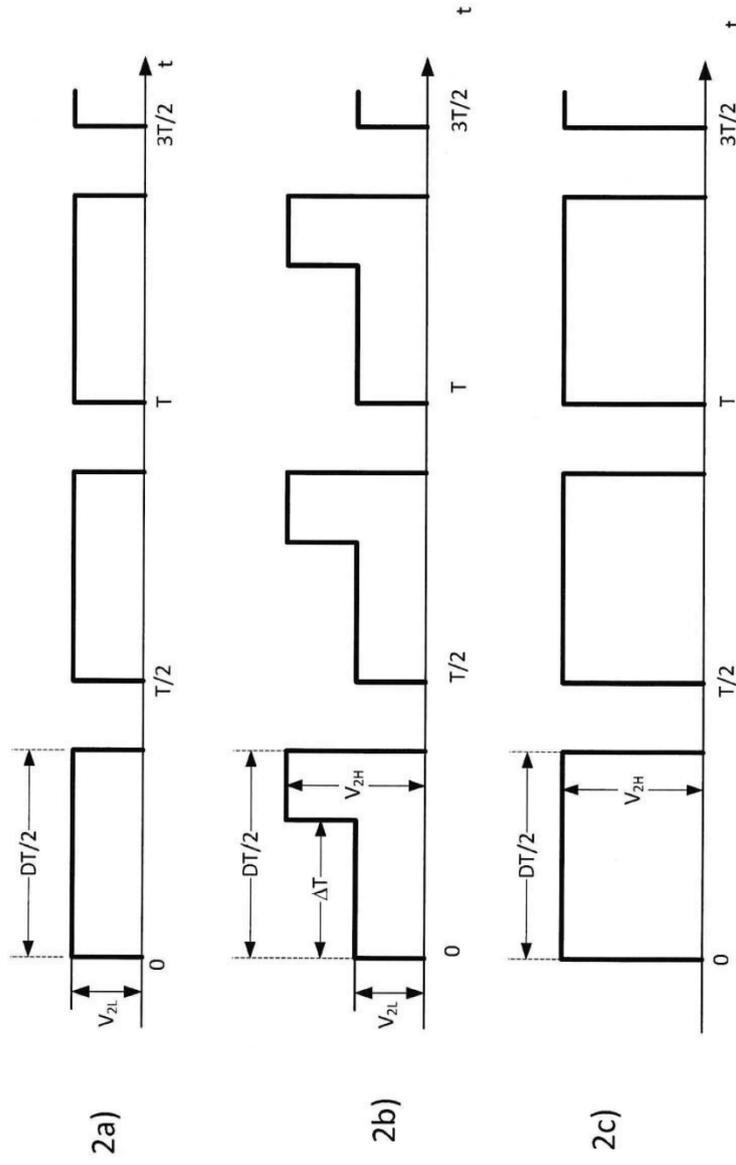
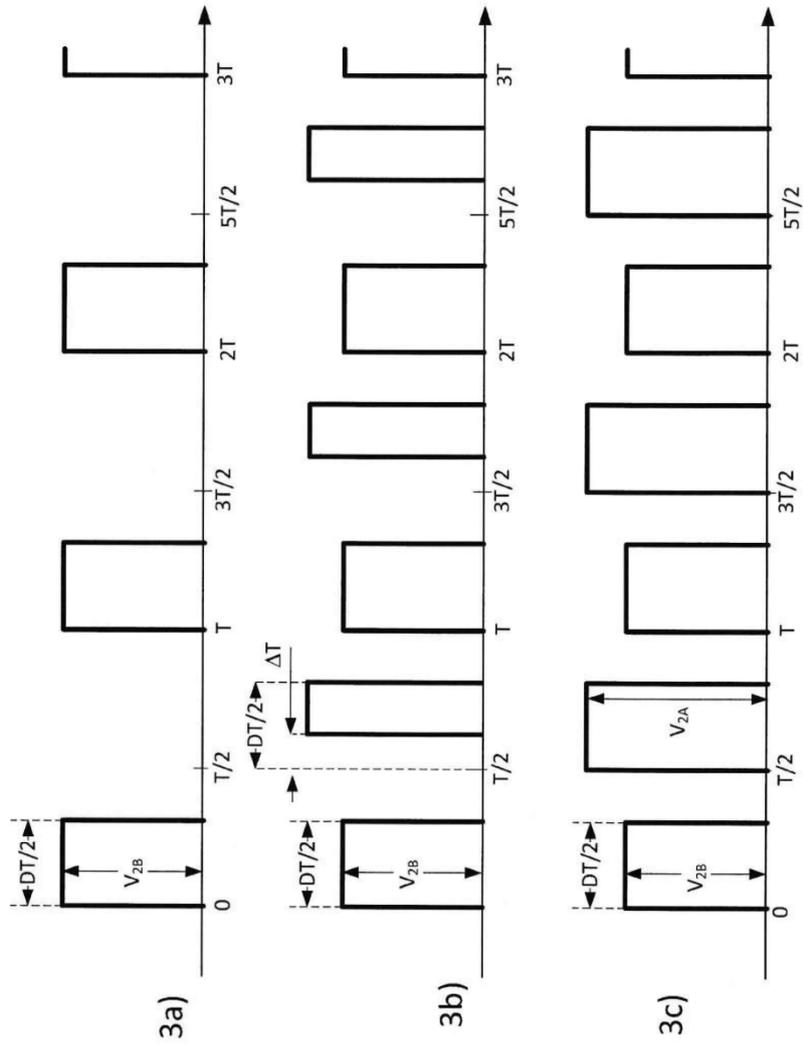
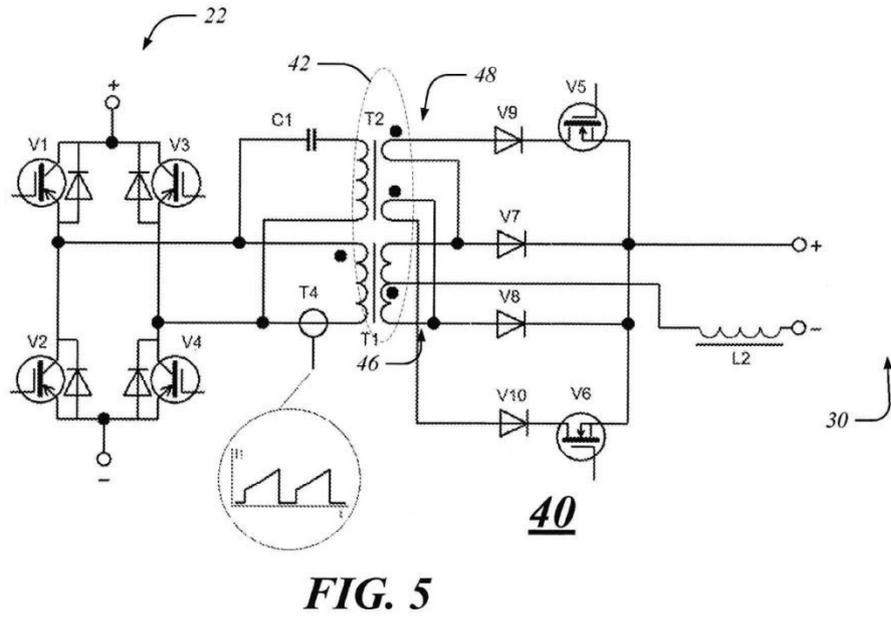
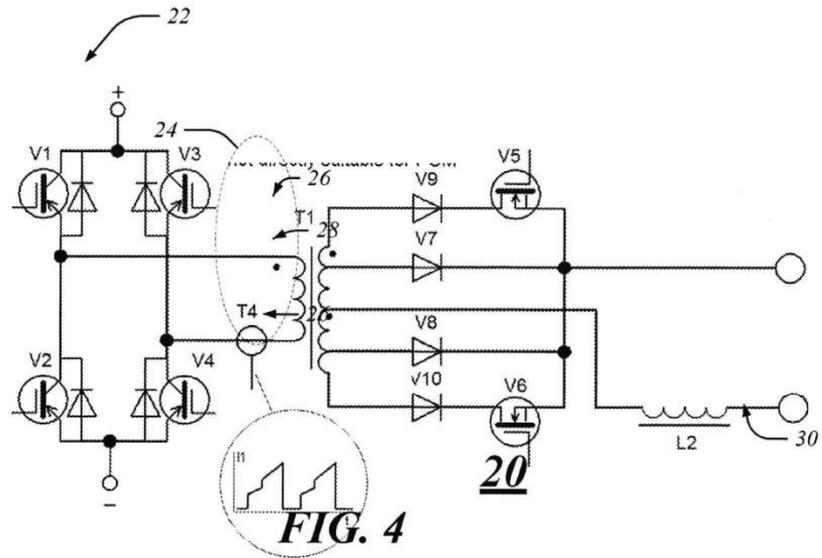
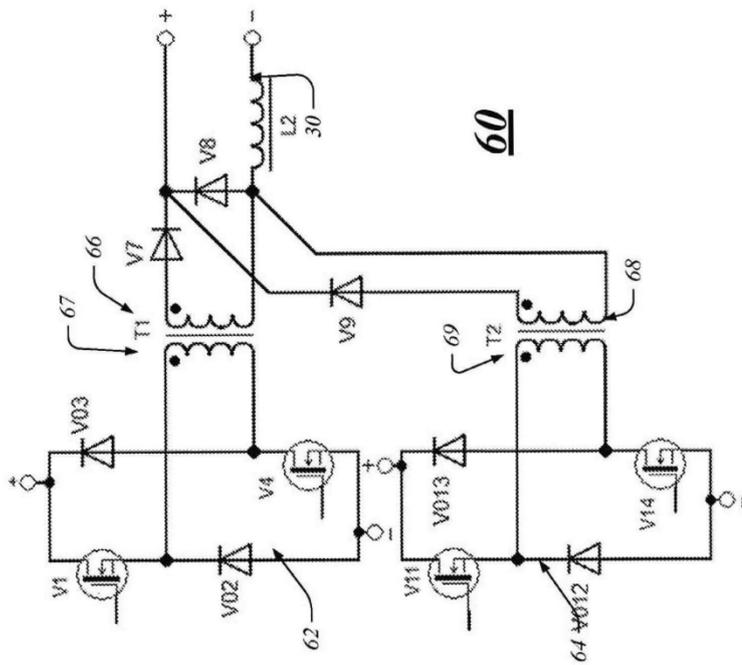


FIG. 2

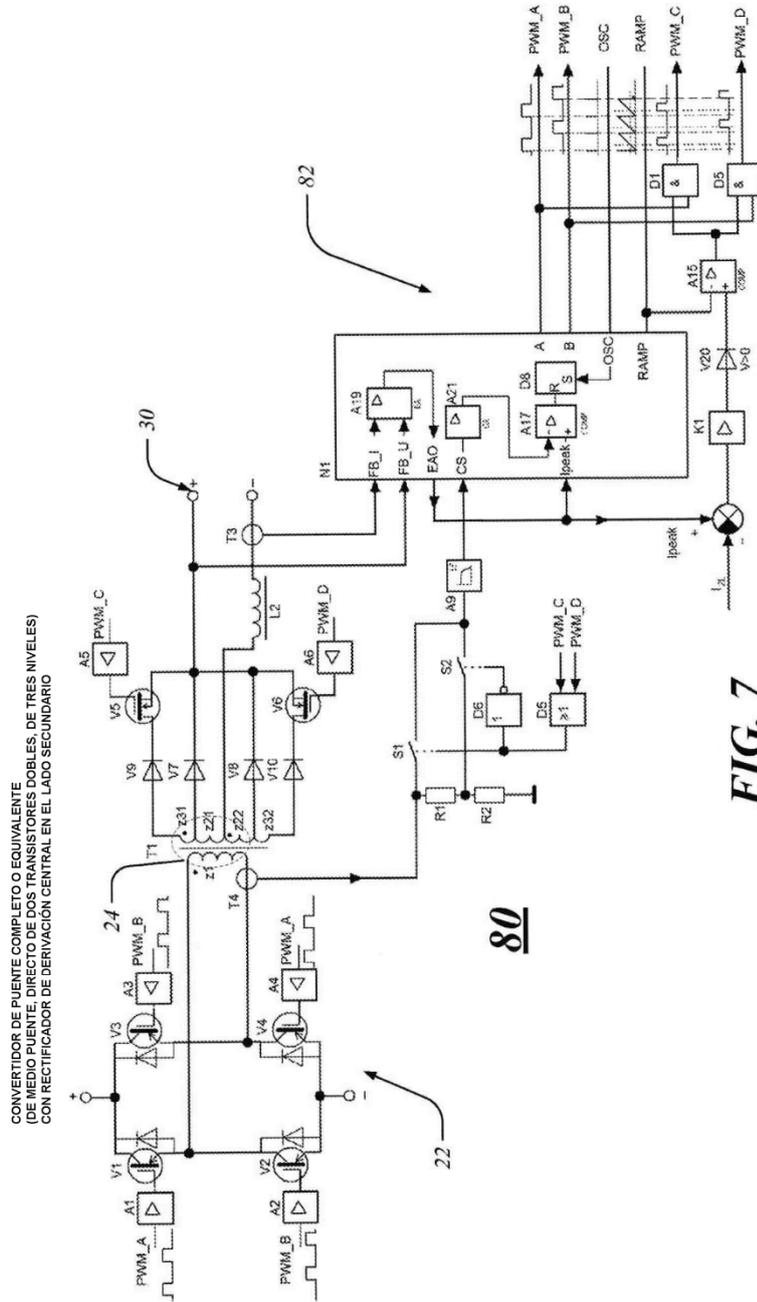


**FIG 3.**





**FIG. 6**



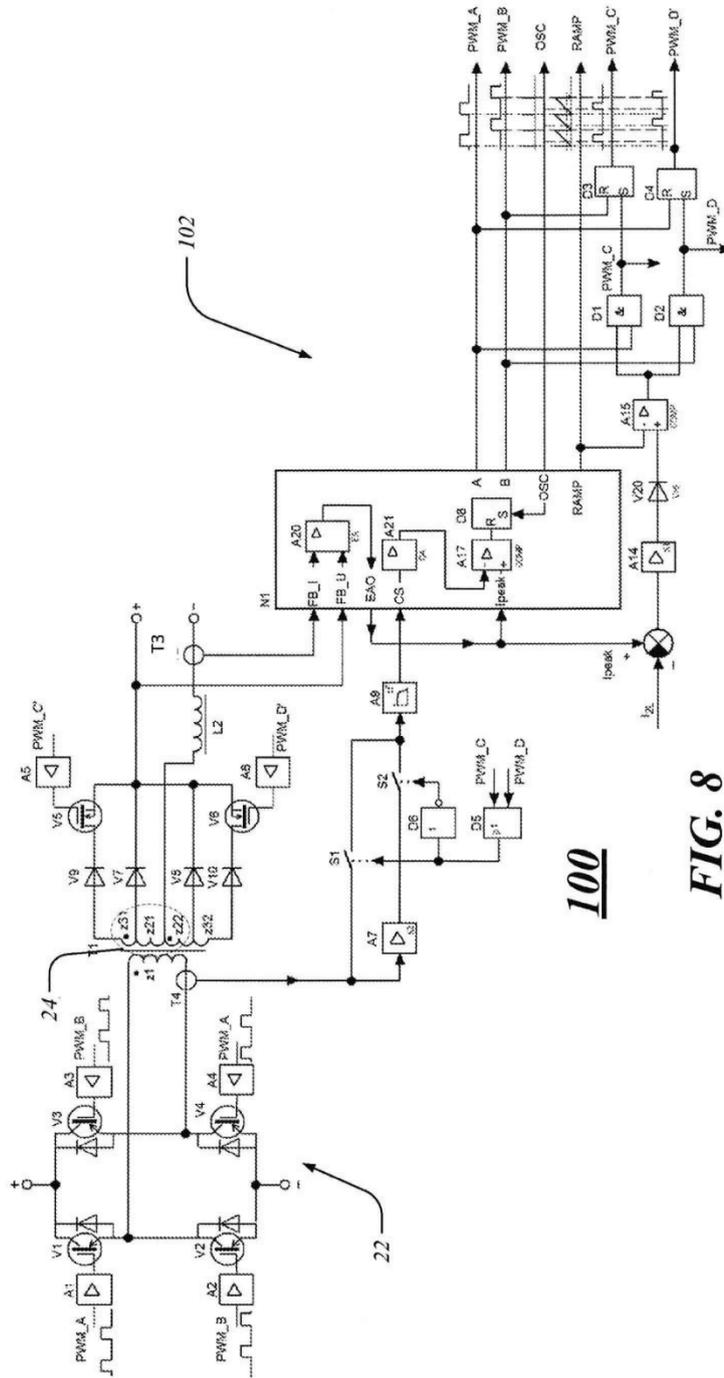
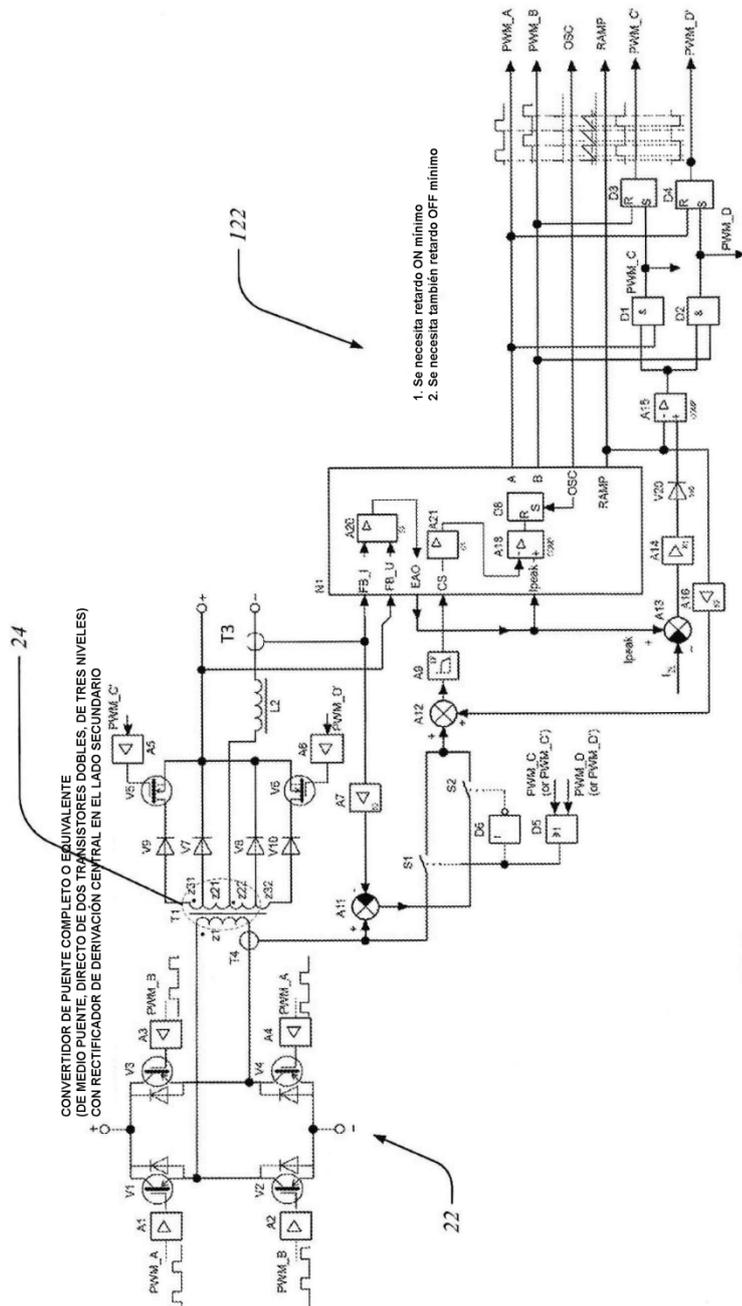
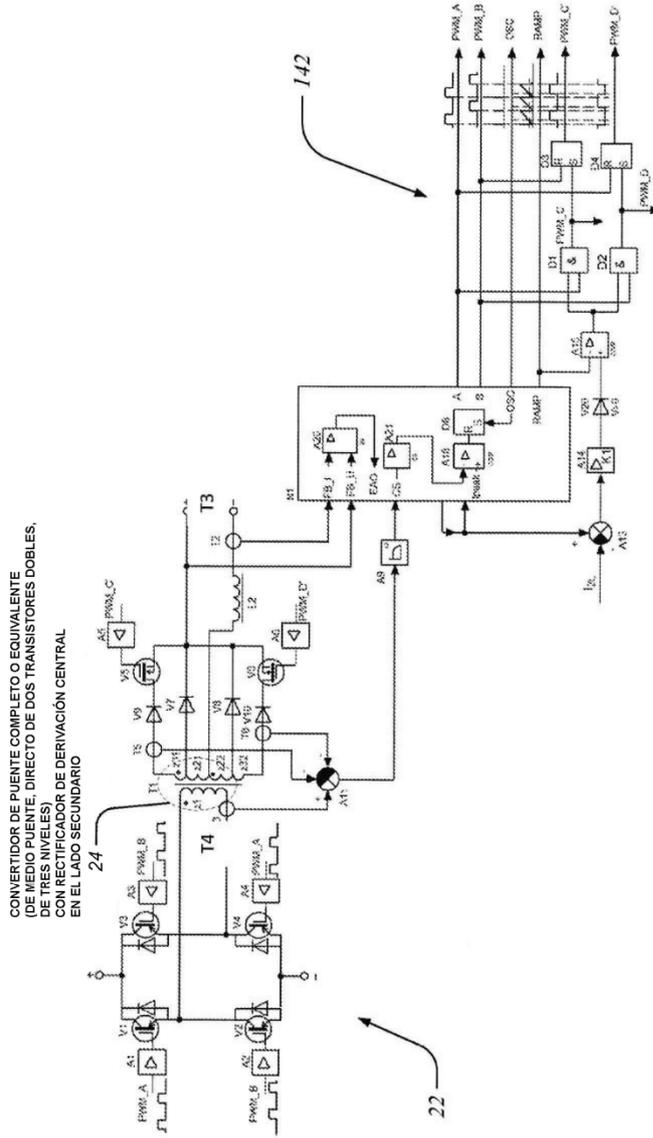


FIG. 8

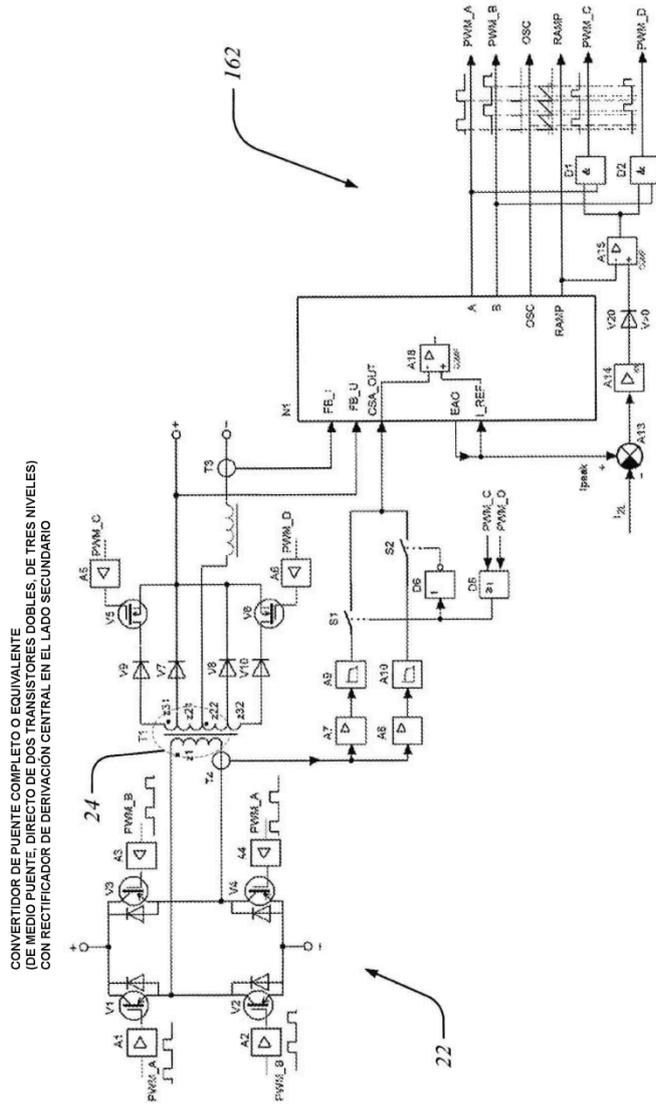


120

FIG. 9



140



160

FIG. 11

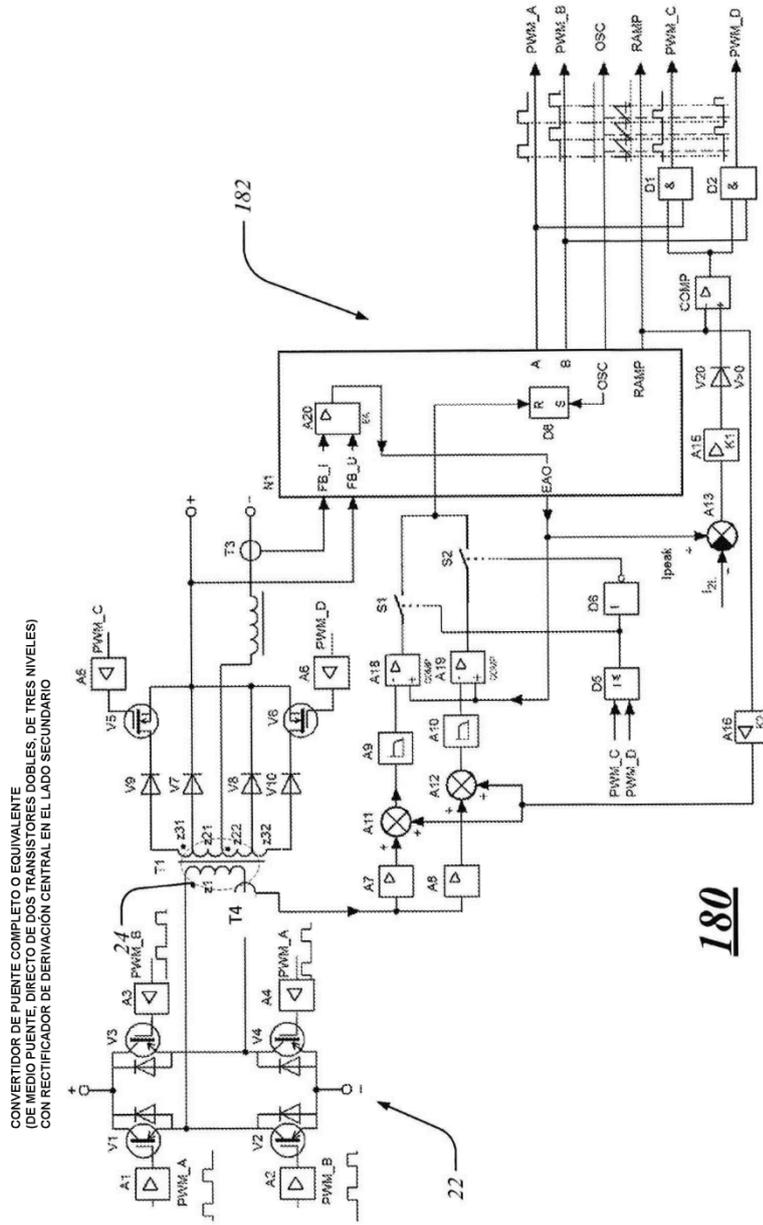


FIG. 12

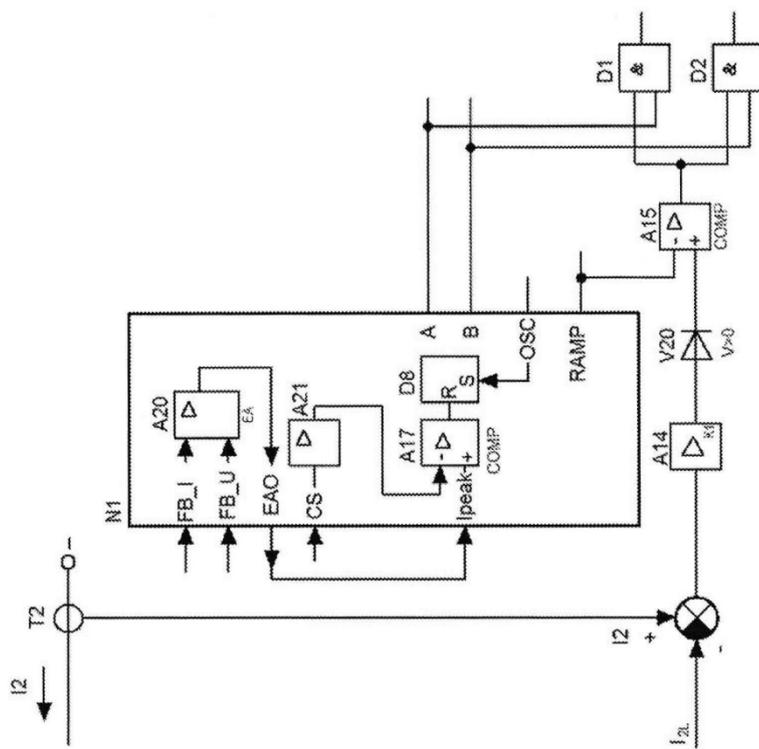


FIG. 13

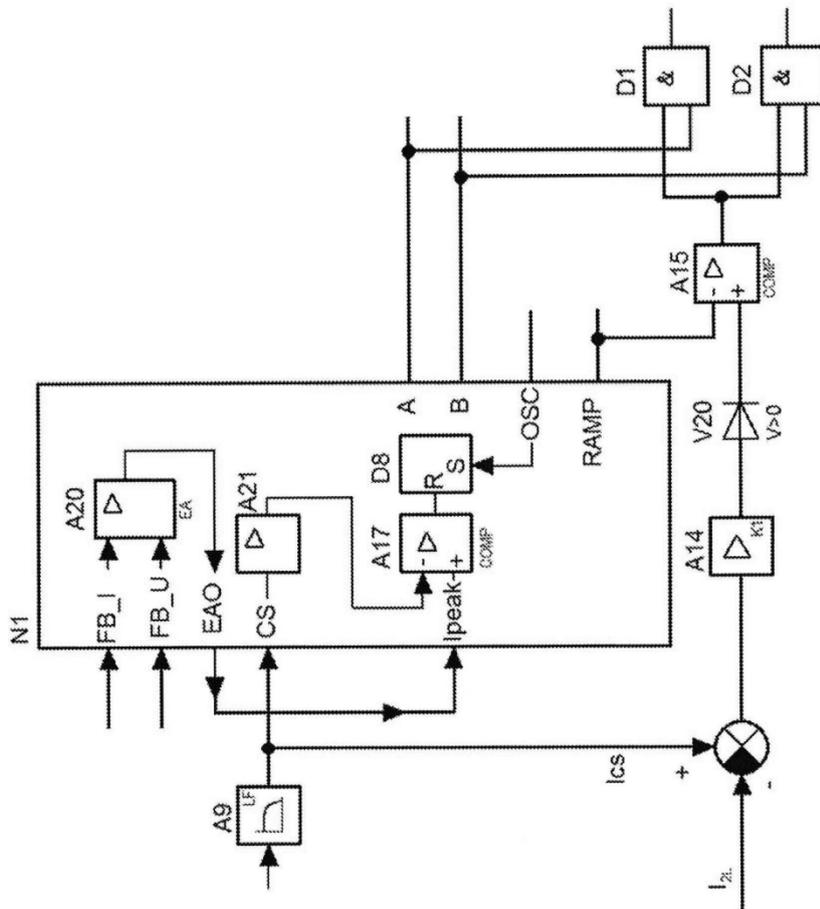
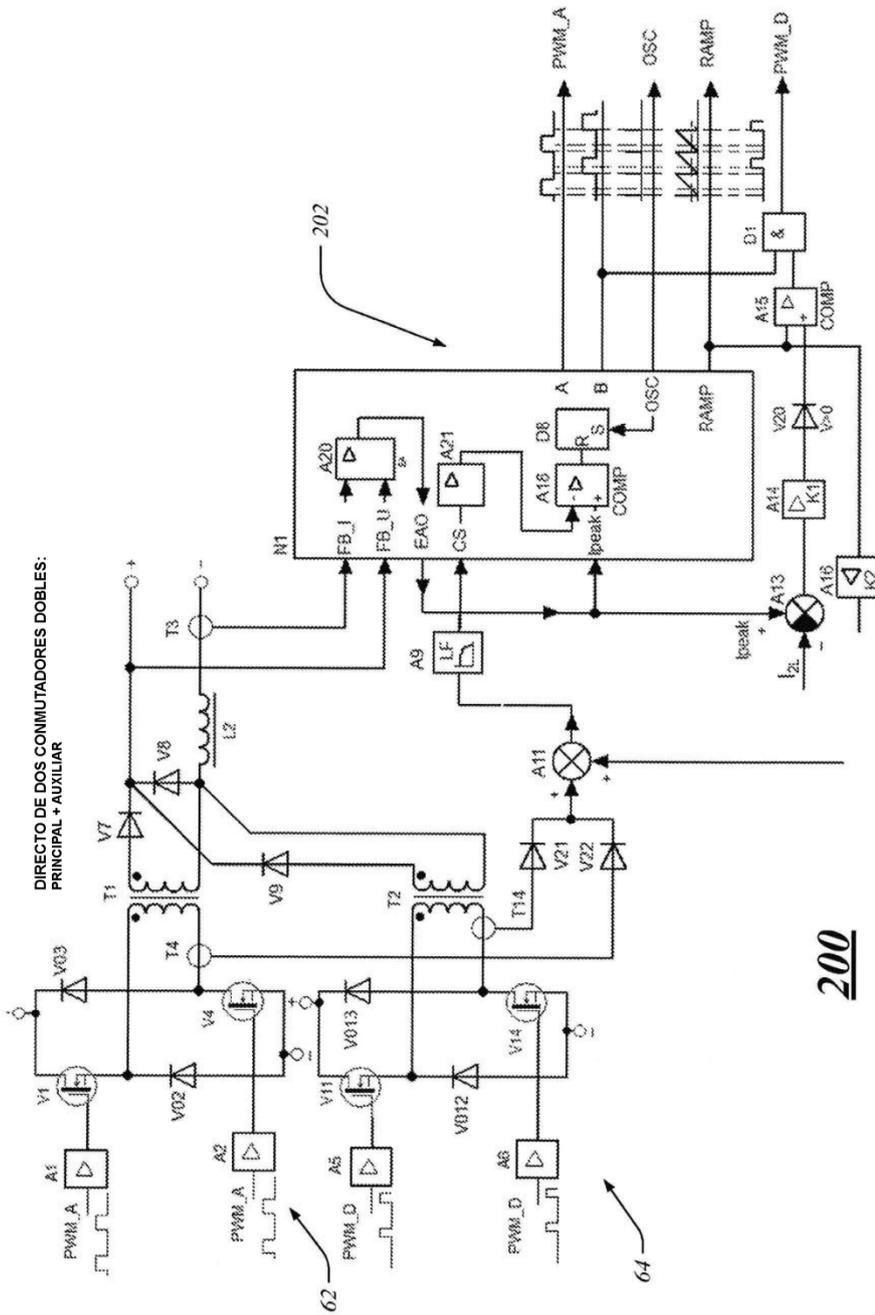


FIG. 14



200

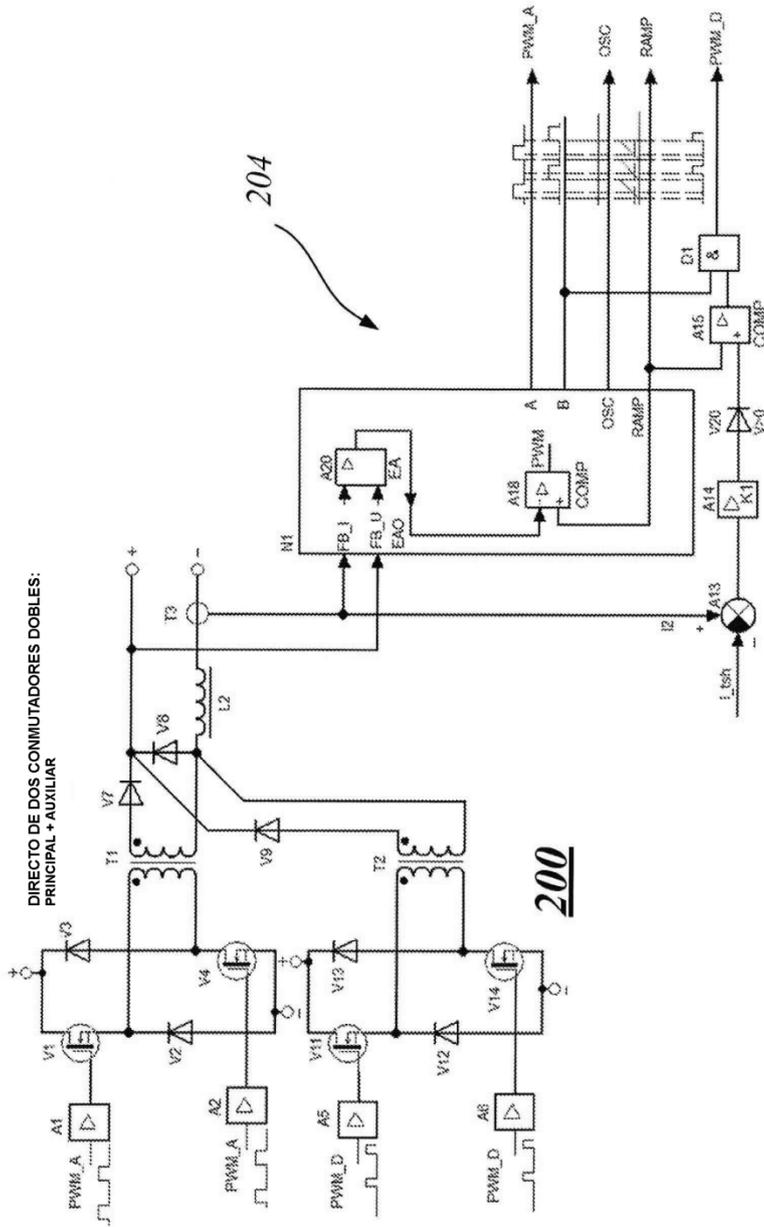


FIG. 16



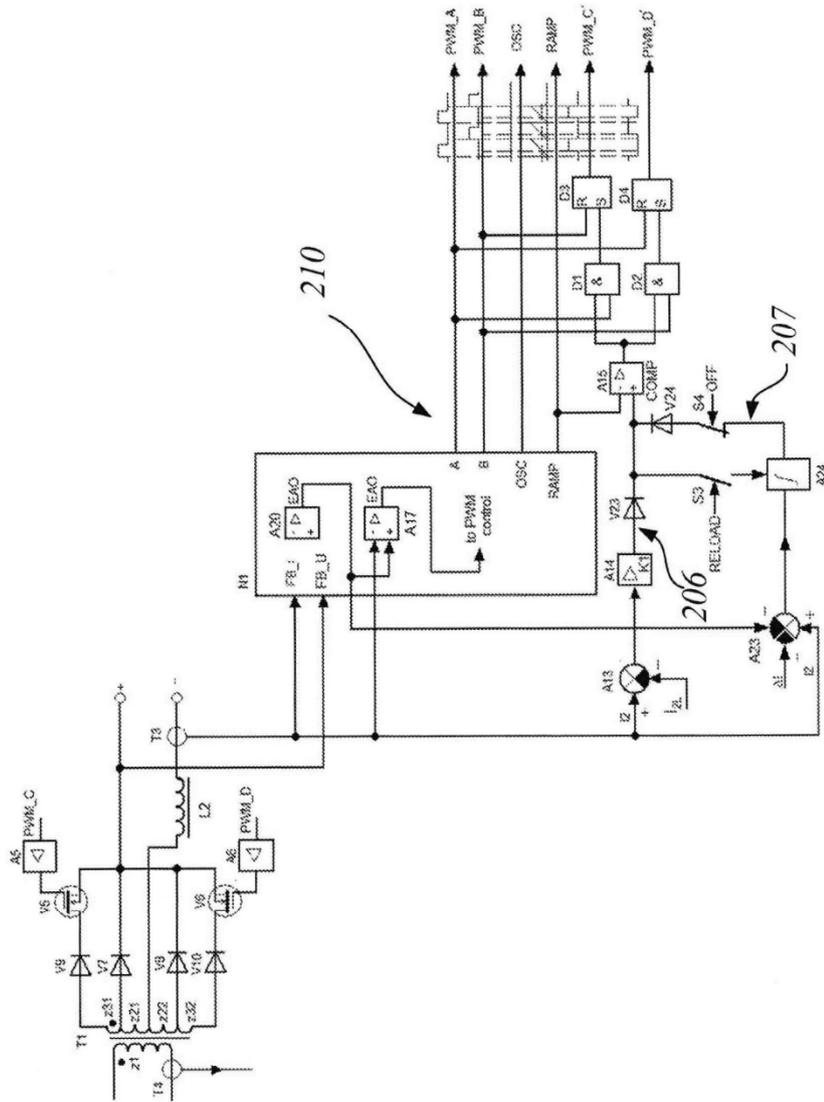


FIG. 18