

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 750**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/293** (2006.01)

**H02P 27/00** (2006.01)

**H05B 39/04** (2006.01)

**H05B 41/392** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2006 PCT/IL2006/001420**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2007 WO07069239**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2006 E 06832227 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 1977503**

54 Título: **Aparato, método y sistema para control de una conversión CA/CA**

30 Prioridad:

**12.12.2005 US 749045 P**

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

**09.10.2019**

73 Titular/es:

**YAIRONIT LTD. (100.0%)  
46 Herbert Samuel Street  
6330303 Tel-Aviv, IL**

72 Inventor/es:

**ZILBERBERG, OFER**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 726 750 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Aparato, método y sistema para control de una conversión CA/CA

5 Campo de la invención

El campo de esta invención es en general la conversión de potencia y, más específicamente, la conversión de potencia y/o la regulación de tensión para aplicaciones CA/CA.

10 Antecedentes de la invención

En algunos sistemas eléctricos de corriente alterna (CA) puede ser beneficioso prever la estabilización de la tensión de salida. Los dispositivos y métodos conocidos para estabilizar la tensión de salida de CA pueden requerir típicamente la conversión a corriente continua (CC) y a continuación de vuelta a CA, lo que puede dar como resultado ineficiencia y elevados costes de producción. Otros dispositivos pueden usar variacs, dispositivos electromecánicos y/o componentes con características de ferro-resonancia. Otros sistemas más pueden usar o incluir una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS), sin embargo, la UPS puede ser demasiado grande y/o cara para muchas aplicaciones que puedan aprovecharse de una tensión de salida en CA estabilizada o regulada. Por consiguiente, existe la necesidad de un método y dispositivo eficiente y barato para la estabilización de tensión en CA.

20 El documento WO 96/21894 enseña un método y aparato para un control de la electrónica de potencia mediante la variación de la amplitud de una tensión o corriente de una fuente de alimentación eléctrica. Se divulga un controlador de potencia para el control de una tensión de entrada de CA a una carga, teniendo la tensión de entrada una o más fases. El circuito controlador tiene cuatro interruptores independientemente controlables y al menos un inductor, uno de dichos circuitos para cada línea de entrada a ser regulada, dispuestos los interruptores e inductor(es) del circuito en una topología de regulación de potencia convencional, mediante lo que puede implementarse una topología de regulador seleccionada, dependiendo de la posición del (de los) inductor(es) con respecto a la tensión de entrada. El controlador tiene una lógica de control con un detector de polaridad de dos salidas en paralelo con la tensión de entrada y un modulador del ciclo de trabajo con dos salidas; estando invertidas relativamente entre ellas cada una de las salidas del detector de polaridad y del modulador de trabajo. Cada interruptor se controla y modula separadamente por la lógica de control de modo que alguna combinación de uno o más de los interruptores está siempre conduciendo eléctricamente.

35 La figura 1 ilustra una disposición 100 de convertidor reductor síncrono, también denominado como transformador electrónico o acondicionador en línea. En funcionamiento, la fuente de CA 101 puede proporcionar una señal de tensión de entrada. La tensión en el nodo de referencia 102, que puede una señal de tensión dividida a partir de la señal de tensión de entrada, puede suministrarse a un módulo modulador de ancho de pulsos (PWM) 108. La operación puede usar un controlador de PWM síncrono 108 para proporcionar las señales de control para los interruptores 103 y 104, por medio de las señales en las salidas Qa y Qb, en la que Qa y Qb son sustancialmente complementarias. Los interruptores 103 y 104 pueden controlarse por el convertidor de PWM o síncrono 108 para trocear la tensión de entrada. El inductor 105 y el condensador 106 comprenden un filtro de salida básico que puede filtrar la tensión y proporcionar a la carga 107 una tensión de CA estable. Por consiguiente, basándose en la modulación del ancho de pulsos, que controla el esquema de conmutación, la carga 107 puede proveerse con una amplitud de tensión de salida que sea menor que la tensión de entrada.

45 Las figuras 2(a), 2(b), 2(c) y 2(d) ilustran ejemplos de implementaciones de interruptores bidireccionales que pueden usarse en conexión con un convertidor CA/CA, incluyendo el uso de transistores de efecto de campo (FET) y transistores de unión bipolar (BJT), así como diodos.

50 En el ejemplo proporcionado en la figura 1, la amplitud de la tensión de salida en la carga 107 puede ser:

$$V_{out} = V_{in} \times CC, \tag{1}$$

55 en la que CC representa el ciclo de trabajo de la señal Qa, por ejemplo, el tiempo en el que Qa está en conducción como fracción del periodo total de la señal.

En la configuración de la Fig. 1, debido al filtro de salida construido usando el inductor 105 y el condensador 106, la tensión de salida estará retrasada con relación a la tensión de entrada y, por lo tanto, la tensión de salida estará desfasada con la señal de tensión de entrada, produciendo de ese modo una distorsión armónica y/o distorsión de fase. Dado que el lazo de control de la configuración de circuito puede referenciarse a la señal de tensión de entrada, el circuito tratará de obtener una señal de tensión de salida en fase con la señal de tensión de entrada, que, según se describe con mayor detalle a continuación, puede producir una distorsión en o cerca del cruce por cero de la tensión de entrada, tal como se ve en la Figura 3, a continuación.

65 La Figura 3 es un gráfico 300 que traza la tensión de entrada 320 y la tensión de salida 330 a lo largo del eje del tiempo 310 para un circuito tal como el representado en la Figura 2. La amplitud de la tensión de salida puede ser menor que

la amplitud de la tensión de entrada en un factor igual al ciclo de trabajo, por ejemplo, 50 % para un ciclo de trabajo del 50 %. La tensión de salida puede retardarse o desfasarse con respecto a la tensión de entrada en  $t=\tau$ , en la que  $\tau$  puede determinarse por las características del filtro de salida, por ejemplo, los valores de inductancia y capacidad del filtro de salida.

5 Cuando se usa un regulador de PWM para aplicaciones de acondicionamiento en línea, la tensión de salida puede estar enclavada en fase con la tensión de entrada, por ejemplo, para conseguir transiciones suaves en el caso de acondicionamiento de derivación y pequeños márgenes de fase entre los tres circuitos de fase. En algunos casos en los que la tensión de salida debe estar en fase con la tensión de entrada, es apropiado un control en lazo cerrado. Cerrando el lazo de control para tensión de salida de retardo cero con respecto a la tensión de entrada, sin embargo, puede dar como resultado una demanda de ciclo de trabajo como se muestra en la Figura 4.

15 La Figura 4 representa un gráfico 400 del ciclo de trabajo 420 variable a lo largo del eje del tiempo 410 que se requeriría para proporcionar una tensión de salida que no tuviera retardo de fase con respecto a la tensión de entrada, en la que la ecuación (1) se reescribe como  $CC = V_{out}/V_{in}$ . En el caso de control en lazo cerrado, una parte de la tensión de salida se detecta y compara con la tensión de entrada para producir una tensión de error para el lazo de control. Tal como se ve con respecto al gráfico de la Fig. 4, el ciclo de trabajo requerido puede aproximarse a un infinito positivo 430 justamente antes del cruce por cero de la tensión de entrada y reaparecer en el infinito negativo 440 justamente después del cruce por cero de la señal de tensión de entrada. Dichas demandas pueden producir recortes en los límites alto y bajo del ciclo de trabajo factible, por ejemplo, 100 % y 0 %. Además, en aplicaciones del mundo real, es difícil si no poco práctico que el lazo de control maneje un cambio instantáneo desde el ciclo de trabajo requerido positivamente infinito a un ciclo de trabajo requerido negativamente infinito o, por ejemplo, 100 % del ciclo de trabajo a 0 % del ciclo de trabajo. Por consiguiente, la tensión de salida puede contener errores y dar como resultado una distorsión armónica total (THD).

25 Sumario de la invención

En un convertidor en lazo cerrado para convertir una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida usando una modulación de ancho de pulsos síncrona, una realización de la invención puede incluir un aparato para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer y segundo interruptores del convertidor, comprendiendo un modulador de ancho de pulsos adaptado para recibir una señal de control del ciclo de trabajo y una señal de rampa de reducción y proporcionar señales de entrada primera y segunda sustancialmente complementarias, en el que la señal de control del ciclo de trabajo, con un patrón alterno, cambia desde un valor intermedio a un valor positivo o negativo grande antes de un cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA salida, permaneciendo en un valor respectivamente positivo o negativo grande y cambiando de vuelta desde el valor positivo o negativo grande al valor intermedio después del cruce por cero de la señal de CA entrada o la señal de CA salida y un módulo de cruce seleccionable adaptado para recibir primera y segundas señales de entrada producidas por un modulador de ancho de pulsos y para proporcionar señales en la primera y segunda salidas al primer y segundo interruptores del convertidor, teniendo el módulo de cruce primer y segundo modos, en el que en el primer modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la primera señal de entrada y la segunda salida se conecta para proporcionar la segunda señal de entrada y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la segunda señal de entrada y la primera salida se conecta para proporcionar la segunda señal de entrada y en el que el módulo de cruce seleccionable está adaptado para cambiar los modos basándose en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o la polaridad de la señal de CA de salida. En algunas realizaciones de la invención, el módulo de cruce puede estar además para recibir una señal de control para seleccionar entre el primer modo y el segundo modo. En algunas realizaciones, puede haber medios para proporcionar la señal de control a modos de cambio del módulo de cruce con referencia a un cambio de polaridad de una señal de referencia de control. En algunas realizaciones la señal de referencia de control puede ser la tensión de la señal de CA de entrada, la tensión de la señal de salida o una combinación de las mismas. En algunas realizaciones de la invención, la señal de control puede deducirse mediante la división de una señal de error por la señal de CA de entrada, en el que dicha señal de error se basa en una diferencia entre la señal de CA entrada y la señal de CA salida.

En un convertidor para convertir una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida usando modulación de ancho de pulsos síncrona, las realizaciones de la invención pueden incluir además un aparato para proporcionar señales de conmutación a al menos el primer, el segundo, el tercer y cuarto interruptores del convertidor, comprendiendo un segundo modulador de ancho de pulsos adaptado para recibir una señal de control del ciclo de trabajo y una señal de rampa de elevación y proporcionar tercera y cuarta señales de entrada sustancialmente complementarias y un segundo módulo de cruce seleccionable adaptado para recibir la tercera y cuarta señales de entrada producidas por el segundo modulador de ancho de pulsos y para proporcionar señales en la primera y segunda salidas para el tercer y cuarto interruptores del convertidor, teniendo el segundo módulo de cruce primer y segundo modos, en el que en el primer modo, la primera salida del segundo módulo de cruce se conecta para proporcionar la tercera señal de entrada y la segunda salida se conecta para proporcionar la cuarta señal de entrada y, en el segundo modo, la primera salida del segundo módulo de cruce se conecta para proporcionar la cuarta señal de entrada y la segunda salida se conecta para proporcionar la tercera señal de entrada y en el que el segundo módulo de cruce seleccionable está adaptado para cambiar los modos basándose en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o la polaridad de la señal de CA de salida. Realizaciones de la invención pueden incluir además aquellas en las que dicho

segundo módulo de cruce seleccionable recibe una señal de referencia de entrada para seleccionar entre el primer modo y el segundo modo. En una realización de la invención, uno de los controladores de modulación del ancho de pulsos puede ser un controlador reductor y el otro controlador de modulación del ancho de pulsos puede ser un controlador elevador.

5 En un convertidor para convertir una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida usando modulación de ancho de pulsos síncrona, una realización de la presente invención puede incluir un aparato para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer y segundo interruptores del convertidor, que comprende un módulo de cruce seleccionable adaptado para recibir una señal de referencia de entrada y proporcionar una señal de salida a un controlador de modulación del ancho de pulsos, teniendo el módulo de cruce primer y segundo modos, en el que en el primer modo, la señal de salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar un nivel de referencia de señal de salida proporcional a dicho nivel de referencia de entrada y, en el segundo modo, la primera señal del módulo de cruce se conecta para proporcionar un nivel de referencia de señal de salida inversamente proporcional a dicho nivel de referencia de entrada. En algunas realizaciones de la invención, el módulo de cruce puede estar adicionalmente para recibir una señal de control para seleccionar entre el primer estado y el segundo estado. Realizaciones de la invención pueden incluir adicionalmente medios para proporcionar dicha señal de control a modos de cambio del módulo de cruce con referencia a un cambio de polaridad de una señal de referencia de control. En algunas realizaciones de la invención, la señal de referencia de control puede basarse en al menos una señal seleccionada de entre la tensión de la señal de CA de entrada y la tensión de la señal de CA de salida o una combinación de las mismas. En algunas realizaciones de la invención, el módulo de cruce seleccionable puede ser un amplificador de inversión/no inversión seleccionable. En algunas realizaciones de la invención, la señal de referencia de entrada puede deducirse mediante la división de una señal de error por la señal de CA de entrada, en el que la señal de error se basa en una diferencia entre la señal de CA entrada y la señal de CA de salida.

25 En un convertidor para convertir una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida usando modulación de ancho de pulsos síncrona, la invención puede incluir un aparato para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer y segundo interruptores del convertidor, que comprende un módulo de cruce seleccionable adaptado para recibir una señal de referencia de entrada y una señal de rampa y proporcionar señales en primera y segunda salidas a un modulador del ancho de pulsos, teniendo el módulo de cruce primer y segundo modos, en el que en el primer modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la señal de referencia de entrada y la segunda salida se conecta para proporcionar la señal de rampa y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la señal de rampa y la primera salida se conecta para proporcionar la señal de referencia de entrada. En algunas realizaciones de la invención, el módulo de cruce puede adicionalmente estar para recibir una señal de control para seleccionar entre el primer estado y el segundo estado. Realizaciones de la invención pueden incluir adicionalmente medios para proporcionar dicha señal de control a modos de cambio del módulo de cruce con referencia a un cambio de polaridad de una señal de referencia de control. En algunas realizaciones de la invención, la señal de referencia de control puede basarse en al menos una señal seleccionada de entre la tensión de la señal de CA de entrada y la tensión de la señal de CA de salida. Algunas realizaciones de la invención pueden incluir además un controlador de modulación del ancho de pulsos para proporcionar primera y segunda señales de conmutación sustancialmente complementarias que tienen un ciclo de trabajo basado en la primera y segunda salidas del módulo de cruce. Algunas realizaciones de la invención pueden incluir además un segundo módulo de cruce seleccionable adaptado para recibir una señal de referencia de entrada y una segunda señal de rampa y proporcionar señales en primera y segunda salidas a un segundo modulador del ancho de pulsos, teniendo el segundo módulo de cruce primer y segundo modos, en el que en el primer modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la señal de referencia de entrada y la segunda salida se conecta para proporcionar la segunda señal de rampa y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la segunda señal de rampa y la primera salida se conecta para proporcionar la señal de referencia de entrada. Algunas realizaciones de la invención pueden incluir además un segundo controlador de modulación de ancho de pulsos para proporcionar primera y segunda señales de conmutación sustancialmente complementarias que tienen un ciclo de trabajo basado en la primera y segunda salidas del segundo módulo de cruce. En algunas realizaciones de la invención, uno de los controladores de modulación del ancho de pulsos puede ser un controlador reductor y el otro de los controladores de modulación de ancho de pulsos puede ser un controlador elevador. En algunas realizaciones de la invención, la señal de referencia de entrada puede deducirse mediante la división de una señal de error por la señal de CA de entrada, en el que la señal de error se basa en una diferencia entre la señal de CA entrada y la señal de CA de salida.

Otra realización de la invención proporciona un convertidor en lazo cerrado para convertir una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida usando una modulación de ancho de pulsos síncrona, comprendiendo el convertidor un aparato para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer y segundo interruptores del convertidor, el aparato puede incluir: un primer modulador de ancho de pulsos; un primer módulo de cruce seleccionable, adaptado para recibir una señal de control del ciclo de trabajo y una primera señal de rampa y para proporcionar señales al primer modulador de ancho de pulsos, teniendo el módulo de cruce primer y segundo modos, en el que la señal de control del ciclo de trabajo, con un patrón alterno, cambia desde un valor intermedio a un valor positivo o negativo grande antes de un cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA salida, permanece en el valor positivo o negativo grande respectivamente y cambia de vuelta desde el valor positivo o negativo grande al valor intermedio después del cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA de salida; en el

que el primer modulador de ancho de pulsos está adaptado para recibir la salida del primer módulo de cruce seleccionable y para proporcionar salidas sustancialmente complementarias al primer y segundo interruptores del convertidor; en el que en el primer modo, la primera salida del primer módulo de cruce se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo de entrada y la segunda salida se conecta para proporcionar la primera señal de rampa y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la primera señal de rampa y la segunda salida se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo; y en el que el primer módulo de cruce seleccionable está adaptado para cambiar los modos basado en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o en la polaridad de la señal de CA de salida. En algunas realizaciones el aparato puede proporcionar señales de conmutación a al menos el primer, el segundo, el tercer y cuarto interruptores del convertidor, el aparato puede incluir además: un segundo modulador de ancho de pulsos; un segundo módulo de cruce seleccionable, adaptado para recibir la señal de control del ciclo de trabajo y una segunda señal de rampa y para proporcionar señales al segundo modulador de ancho de pulsos, teniendo el módulo de cruce primer y segundo modos; y en el que el segundo modulador de ancho de pulsos está adaptado para recibir la salida del segundo módulo de cruce seleccionable y para proporcionar salidas sustancialmente complementarias al tercer y cuarto interruptores del convertidor; en el que en el primer modo, la primera salida del segundo módulo de cruce se conecta para proporcionar la segunda señal de rampa y la segunda salida se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo y la segunda salida se conecta para proporcionar la segunda señal de rampa; y en el que el primer y segundo módulos de cruce seleccionables están adaptados para cambiar los modos basados en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o en la polaridad de la señal de CA de salida. La señal de control del ciclo de trabajo puede deducirse mediante la división de una señal de error por la señal de CA de entrada, en el que la señal de error se basa en una diferencia entre la señal de CA entrada y la señal de CA de salida.

Un método para convertir una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida usando una modulación del ancho de pulsos síncrona de acuerdo con realizaciones de la presente invención puede incluir recibir la señal de corriente alterna de entrada, producir una señal de control del ciclo de trabajo en el que la señal de control del ciclo de trabajo en un patrón alternativo, cambia desde un valor intermedio a un valor positivo o negativo grande antes de un cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA salida, permanece en el valor positivo o negativo grande y cambia de vuelta desde el valor positivo o negativo grande al valor intermedio después del cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA de salida, produciendo una primera señal modulada en ancho de pulsos basada en el nivel de dicha señal de control del ciclo de trabajo e invirtiendo la primera señal modulada en ancho de pulsos produciendo de ese modo una segunda señal modulada en ancho de pulsos que tiene un ciclo de trabajo inverso, accionando un primer y segundo interruptores del convertidor usando la primera señal modulada en ancho de pulsos y la segunda señal modulada en ancho de pulsos de acuerdo con un primer y segundo modos, en el que en el primer modo, el primer interruptor del convertidor es accionado por la primera señal modulada en ancho de pulsos y el segundo interruptor del convertidor es accionado por la segunda señal modulada en ancho de pulsos y, en el segundo modo, el primer interruptor del convertidor es accionado por la segunda señal modulada en ancho de pulsos y el segundo interruptor del convertidor es accionado por la primera señal modulada en ancho de pulsos; y cambiar entre el primer y segundo modos basándose en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o en la polaridad de la señal de CA de salida.

Realizaciones de la presente invención pueden incluir sistemas que usan aparatos o métodos descritos en el presente documento. Los sistemas de acuerdo con la presente invención pueden incluir el aparato para la regulación o control de la tensión en un equipo eléctrico, en el que el aparato se configura para recibir una tensión de entrada y proporcionar una tensión de salida estabilizada al equipo. En algunos sistemas, el aparato de la presente invención puede usarse para corregir el factor de potencia de la tensión de salida. En algunas realizaciones de la presente invención, el aparato de la presente invención puede usarse para regular una tensión para una lámpara u otro elemento de iluminación. En algunas realizaciones de la invención, un sistema puede usar el aparato de la presente invención como un transformador CA/CA que tiene una relación de tensión de salida a entrada variable, en el que en algunas realizaciones, la variación en la relación puede ser manual, mientras que en otras realizaciones, la variación puede controlarse mediante un lazo de realimentación cerrado o mediante un control en lazo de realimentación abierto.

La FIG. 11 es un dibujo esquemático de un lazo de control de PWM de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

las FIGS. 12A y 12B son dibujos esquemáticos de los lazos de control de PWM de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

la FIG. 13 es un diagrama esquemático de un convertidor CA/CA de acuerdo con realizaciones de la presente invención; y

las FIGS. 14A, 14B y 14C son diagramas de bloques esquemáticos de aplicaciones que utilizan realizaciones de la presente invención que pueden usarse para corrección del factor de potencia.

Se apreciará que por simplicidad y claridad de la ilustración, los elementos mostrados en las figuras no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos de los elementos pueden estar exageradas con

relación a otros elementos por claridad. Además, donde se considera apropiado, los números de referencia pueden repetirse entre las figuras para indicar elementos correspondientes o análogos.

Descripción detallada de la presente invención

En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa de la invención. Sin embargo, se entenderá por los expertos en la materia que la presente invención puede ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, métodos, procedimientos y componentes bien conocidos no se han descrito en detalle de modo que no oscurezcan la presente invención.

Realizaciones de la invención pueden emplear un método y dispositivo para el control de un convertidor modulador de ancho de pulsos (PWM) para conversión de CA/CA directa y/o regulación de tensión en CA. De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, puede proporcionarse una tensión de salida, independientemente de la calidad de la tensión de entrada, evitando de ese modo o minimizando irregularidades en la compañía eléctrica, caídas de tensión y similares. Las realizaciones de la presente invención pueden ser útiles, por ejemplo, para su uso en conexión con motores y dispositivos motorizados u otras aplicaciones.

Las realizaciones de la presente invención pueden usarse para evitar, superar o reducir en otra forma un problema de singularidad durante el cruce de la tensión por cero de la señal de tensión de entrada. Las realizaciones de la presente invención para conversión de CA/CA pueden usarse, por ejemplo, en conjunto con cualquiera de las topologías bien conocidas, incluyendo, pero sin limitarse a, convertidores reductores, elevadores, reductores-elevadores, corte, SEPIC y de matriz o híbridos de los mismos. El lazo de control de realizaciones de la invención puede usarse por ejemplo con convertidores CA/CA aislados o no aislados, para eliminar o reducir el error de "próximo a cero" de la tensión de salida para generar una salida con distorsión armónica total (THD) reducida. Las realizaciones de la invención pueden usarse, por ejemplo, para mejorar la eficiencia o para "limpiar" problemas de potencia provocados por los motores eléctricos y/o controladores de motor.

La Figura 5 ilustra una disposición de convertidor reductor síncrono 500 de acuerdo con una realización de la presente invención. En funcionamiento, la fuente de CA 501 puede proporcionar una señal de tensión de entrada. Una tensión de referencia de entrada, que puede ser una señal escalada o dividida en tensión a partir de la señal de tensión de entrada producida por la fuente 501, puede suministrarse al módulo modulador de ancho de pulsos (PWM) o controlador 508 en el nodo 502. En la realización representada, el controlador de PWM 508 puede ser un controlador de PWM para proporcionar señales sustancialmente complementarias que tienen ciclos de trabajo relacionados con el nivel de la tensión en el nodo de referencia 502. De ese modo, cuando una primera salida del PWM está activa, la segunda salida está desconectada y viceversa. Las señales de salida del controlador de PWM 508 pueden ser sustancialmente complementarias, por ejemplo, puede haber un intervalo de supresión para asegurar que los interruptores nunca están conectados simultáneamente, cortocircuitando de ese modo la etapa de salida. Aunque los circuitos de supresión pueden no mostrarse, se reconocerá que dichos circuitos pueden incluirse para dichas finalidades. De ese modo, por ejemplo, la primera salida del PWM 508 puede tener un ciclo de trabajo pequeño, por ejemplo, del 30 %, para una tensión de referencia de entrada baja y la segunda salida del PWM 508 puede tener un ciclo de trabajo sustancialmente complementariamente grande, por ejemplo, del 70 %.

En la realización mostrada, la salida del controlador de PWM 508 puede conectarse a entradas respectivas de un módulo conmutador de cruce 510. El módulo conmutador de cruce puede tener al menos dos estados, un estado normal y un estado cruzado. En un estado normal, la primera salida puede ser sustancialmente la misma que la primera entrada y la segunda salida puede ser sustancialmente la misma que la segunda entrada. En un estado cruzado, la primera salida puede ser sustancialmente la misma que la segunda entrada y la segunda salida puede ser sustancialmente la misma que la primera entrada. La primera y segunda salidas del módulo conmutador de cruce 510 pueden conectarse a interruptores 503 y 504, respectivamente. Puede proporcionarse una señal de control al conmutador de cruce 490 para cambiar el estado del conmutador de cruce entre los estados normal y cruzado. Puede proporcionarse un filtro de salida, por ejemplo, un inductor 505 y condensador 506 y puede entregarse a la carga 507 una tensión de salida de CA estable.

En realizaciones de la invención, la señal de control al conmutador de cruce puede temporizarse para inducir el cambio de estado en o aproximadamente el instante en el que la señal de tensión de entrada cambia de polaridad. En algunas realizaciones, la señal de control puede proporcionarse por un detector de polaridad para detectar un cambio en la polaridad de la señal de entrada. En otras realizaciones, la señal de control puede depender de un cambio en la polaridad de la señal de tensión de salida. En algunas realizaciones, la señal de control puede activar el cruce en un instante relacionado tanto con el cambio de polaridad de la señal de entrada como con el cambio de polaridad de la señal de salida, por ejemplo en un instante intermedio. En algunas realizaciones, la señal de control puede depender de una salida de un detector de fase que detecte una diferencia en la fase entre la tensión de entrada y la tensión de salida.

En funcionamiento, la disposición de la Fig. 5 u otras disposiciones descritas en conexión con realizaciones de la invención, pueden evitar o reducir el problema de cruce por cero, por ejemplo, mediante la conmutación de las entradas en, cerca o aproximadamente en el instante del cruce por cero de la señal de entrada.

La Figura 6 representa un gráfico 600 del ciclo de trabajo 620 variando a lo largo del eje del tiempo 610 que puede usarse para proporcionar una tensión de salida 630 que no tenga retardo de fase o pequeño con respecto a la tensión de entrada 640 en una disposición tal como la representada en la Fig. 5 de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Basándose en el estado cambiante del conmutador de cruce, puede resolverse la singularidad en el cruce de la tensión de entrada por cero, por ejemplo, evitando el requisito de que el ciclo de trabajo migre desde un ciclo de trabajo positivo grande a un ciclo de trabajo negativo grande en el cruce de la tensión de entrada por cero. De acuerdo con realizaciones de la invención, el ciclo de trabajo se puede incrementar hasta un valor positivo grande antes del cruce de la señal de entrada por cero, permaneciendo en un valor positivo grande y disminuir desde el valor positivo grande después del cruce por cero de la señal de entrada. Un análisis similar sigue siendo verdad con los cambios requeridos en los valores negativos grandes de su ciclo de trabajo.

Realizaciones de la invención pueden usar diversas implementaciones adecuadas de uno o más conmutadores de cruce. En algunas realizaciones, los conmutadores de cruce pueden tener baja impedancia, por ejemplo, por construcción usando transistores de efecto de campo (FET). Por ejemplo, algunas realizaciones de la invención pueden usar un circuito discreto o integrado tal como el ADG452 fabricado por Analog Devices. El módulo de conmutación de cruce puede implementarse en una variedad de formas, por ejemplo, usando puertas lógicas digitales, multiplexores digitales o analógicos, amplificadores analógicos u otros componentes.

La Figura 7A representa un diagrama esquemático de un módulo de cruce que puede usarse de acuerdo con realizaciones de la invención. Las entradas Qa y Qb pueden dirigirse a primera y segunda salidas en orden normal o cruzado dependiendo del estado del conmutador, que puede controlarse mediante una única señal de control. La Figura 7B representa una disposición alternativa del módulo de cruce usando inversores que pueden usarse cuando selectivamente cruzan señales sustancialmente complementarias. Cuando el conmutador está en un primer estado, las entradas Qa y Qb se envían a la salida en un estado no invertido, mientras que cuando el conmutador está en una segunda posición, las entradas Qa y Qb pueden invertirse, proporcionando de ese modo efectivamente las salidas cruzadas. Se entenderá que la implementación del módulo de cruce puede depender de la colocación del módulo en el circuito, así como de consideraciones de diseño, coste, rendimiento, etc. La Figura 7C representa un ejemplo esquemático de una implementación de puerta lógica de un conmutador de cruce que puede usarse en conexión con la presente invención. La Figura 7D representa un ejemplo de una realización de multiplexor de un conmutador de cruce que puede usarse en conexión con la presente invención.

Se observará que las realizaciones de la invención pueden usar más de una disposición de conmutación de cruce, dependiendo de la configuración del convertidor. En una realización de la invención representada en la figura 8A, una disposición de conmutación de cruce 800 de acuerdo con realizaciones de la presente invención puede incluir los módulos de cruce en conjunto con una disposición reductor-elevador, por ejemplo, teniendo una topología en H. El controlador de PWM de la presente invención puede integrarse o usarse en conjunto con un controlador reductor-elevador, por ejemplo, el controlador reductor-elevador LTC 3780 de Linear Technology de alta eficiencia, síncrono, de 4 interruptores. Se observará que la invención no está limitada con relación a la topología del convertidor; puede usarse reductor-elevador, reductor, elevador, de corte, SEPIC, de rueda libre o cualquiera de entre un surtido de otros convertidores. La reducción-elevación se usa aquí solamente a modo de ejemplo.

En la realización representada en la Figura 8A, el generador de la rampa de reducción (no mostrado) puede proporcionar una señal de rampa de reducción a una entrada del comparador reductor 801. Otra entrada al comparador 801 puede ser una señal indicando el ciclo de trabajo requerido, por ejemplo, una señal de referencia de entrada basada en la señal de tensión de entrada. El resultado del comparador reductor 801 puede proporcionar una señal que tiene un ciclo de trabajo deseado. Un circuito de generación de supresión 802 puede recibir la salida del comparador reductor 801 y producir dos señales basadas en ella, que tienen sustancialmente ciclos de trabajo complementarios. Estas salidas pueden suministrarse al conmutador de cruce 803, que tiene una señal de control, por ejemplo, para cambiar los estados del conmutador de cruce 803 basándose en un cruce por cero de la señal de referencia de entrada u otra señal adecuada o combinación de señales consistentes con las enseñanzas de la invención. Las salidas del conmutador de cruce reductor 803 pueden usarse para accionar los interruptores del convertidor reductor A y B.

Con respecto a la parte elevadora de la realización representada en la Fig. 8A, un generador de la rampa de elevación (no mostrado) puede proporcionar una señal de rampa de reducción a una entrada del comparador elevador 811. Otra entrada al comparador elevador 811 puede ser una señal indicando el ciclo de trabajo requerido, por ejemplo, una señal de referencia de entrada basada en la señal de tensión de entrada. El resultado del comparador elevador 811 puede proporcionar una señal que tiene un ciclo de trabajo deseado. Un circuito de generación de supresión 812 puede recibir la salida del comparador elevador 811 y producir dos señales basadas en ella, que tienen sustancialmente ciclos de trabajo complementarios. Estas salidas pueden suministrarse al conmutador de cruce 813, que tiene una señal de control, por ejemplo, para cambiar los estados del conmutador de cruce 813 basándose en un cruce por cero de la señal de referencia de entrada u otra señal adecuada o combinación de señales consistentes con las enseñanzas de la invención. Las salidas del conmutador de cruce elevador 813 pueden usarse para accionar los interruptores del convertidor reductor C y D. Se reconocerá que el conmutador de cruce puede colocarse en otras

localizaciones entre los comparadores y los interruptores, por ejemplo, antes del circuito de supresión, después de las señales de control de conmutación o combinados con cualquier otro componente del circuito.

La Figura 8B representa una realización de la invención en la que el módulo de cruce 820A, 820B se implementa usando puertas lógicas y se coloca entre el controlador de modulación del ancho de pulsos y los interruptores. Los nodos de entrada 821, 822, 823 y 824 pueden recibir señales Qa, Qb, Qc y Qd, respectivamente, de un controlador reductor-elevador de cuatro interruptores. Los nodos de entrada 831 y 832 de la señal de control pueden recibir una señal de referencia de control, tal como se ha descrito anteriormente. Los inversores y puertas lógicas del módulo de cruce 820A, 820B pueden proporcionar señales lógicas a los accionadores 861, 862 para la señal Qa, a los accionadores 863, 864 para la señal Qb, a los accionadores 865, 866 para la señal Qc y a los accionadores 867, 868 para la señal Qd. Los accionadores pueden proporcionar señales de accionamiento para poner a los interruptores bidireccionales 841, 842, 843 y 844 en modos de conducción/no conducción según se requiera por las señales del controlador de PWM y el módulo de cruce, de modo que conecte la señal de entrada recibida en el nodo 851 a través del inductor 850 al nodo de salida 852 a través del condensador de salida 853 para obtener la señal de salida. En la realización de la invención representada, los pares de accionadores pueden tener cada uno un nodo de salida en común, por ejemplo un nodo bajo de un accionador conectado a un nodo alto de un accionador emparejado de modo que actúen como cambiadores de nivel. Se reconocerá que cualquiera de los otros interruptores bidireccionales, adecuadamente modificados, pueden usarse de acuerdo con realizaciones de la invención.

En algunas de las realizaciones anteriores, el módulo de conmutación de cruce se describió implementado como un componente digital, recibiendo y produciendo señales digitales. Sin embargo, realizaciones de la presente invención pueden colocar el módulo de conmutación de cruce en cualquier localización adecuada en el circuito, por ejemplo, en las partes analógicas del mismo.

La Figura 9 representa una realización de la invención 900, en la que los conmutadores de cruce se colocan antes de los comparadores elevadores y reductores. De ese modo, por ejemplo, el conmutador de cruce reductor 901 recibe la señal del ciclo de trabajo, por ejemplo, una señal de tensión de referencia de entrada y una señal de rampa de reducción. El control de cruce puede ser tal como se ha descrito en el presente documento. El conmutador de cruce reductor puede alternar por lo tanto las entradas al comparador reductor 902 en el momento deseado, invirtiendo de ese modo el ciclo de trabajo de la salida del comparador reductor 902. Después del circuito de supresión 903, las salidas pueden usarse para el funcionamiento de los conmutadores reductores A y B. Con respecto a la parte elevadora de la disposición, el conmutador de cruce elevador 911 recibe la señal del ciclo de trabajo, por ejemplo, una señal de tensión de referencia de entrada y una señal de rampa de elevación. El control de cruce puede ser tal como se ha descrito en el presente documento. El conmutador de cruce elevador puede alternar por lo tanto las entradas al comparador elevador 912 en el momento deseado, invirtiendo de ese modo el ciclo de trabajo de la salida del comparador elevador 912. Después del circuito de supresión 903, las salidas pueden usarse para el funcionamiento de los conmutadores elevadores C y D.

En algunas realizaciones de la invención, el control del conmutador de cruce reductor y del conmutador de cruce elevador puede basarse en la misma condición, sin embargo, esto no se requiere y puede basarse en diferentes señales según sea adecuado. Más aún, se reconocerá que en las realizaciones de reductor-elevador, por ejemplo, tal como se representa en las Figs. 8 o 9, los conmutadores de cruce pueden inhabilitarse en ciertos instantes. Por ejemplo, por ejemplo cuando el convertidor reductor-elevador está funcionando en el modo reductor, los interruptores del convertidor elevador C y D permanecen sin cambios, por ejemplo, el interruptor C puede ser no conductor y el interruptor D puede ser conductor. Por lo tanto, el conmutador de cruce elevador debería no cruzar las señales de conmutación a los interruptores C y D durante la operación reductora. Pueden emplearse diversas maneras de implementar esta característica. Por ejemplo, cada conmutador de cruce puede tener un control de permiso que lo habilite cuando el convertidor está un modo que requiera su funcionamiento. En otra realización, la señal de control puede mantenerse en un estado normal y no cruzada a menos que se requiera.

En algunas realizaciones que usan interruptores bidireccionales, la lógica de accionamiento bidireccional puede dirigir la señal de accionamiento a un FET apropiado de acuerdo con la polaridad de la tensión de entrada y/o salida de acuerdo con realizaciones de la invención, mientras que los otros FET pueden mantener una baja resistencia para reducir la disipación del diodo inverso y proporcionar el nivel de desviación necesario para accionar los transistores.

La Figura 10 representa una realización de la presente invención que usa un amplificador selectivo o controlado de inversión/no inversión para implementar conceptos de la presente invención. La señal del ciclo de trabajo puede recibirse en un amplificador selectivamente inversor/no inversor 1020, en el que la selección de la inversión/no inversión puede realizarse por la señal de control, tal como se ha descrito anteriormente, previamente a ser recibida en los comparadores 1001 y 1012. El amplificador puede trabajar como un amplificador no inversor o como un amplificador inversor cuando se activa un control apropiado. Cuando se activa dicho control, un efecto similar al previamente descrito para reducir efectos de singularidades o cambios de polaridad.

Como alternativa o adicionalmente, algunas realizaciones de la invención pueden establecer y/o mantener la estabilidad en la PWM usando diversos métodos de control. La Figura 11 representa un diagrama del sistema de control 1100 de un convertidor CA/CA directo de acuerdo con realizaciones de la invención. La señal de entrada Vin

puede pasarse a través de un lazo de enclavamiento de fase PLL 1105, por ejemplo, para proporcionar una referencia y puede tomarse el valor absoluto de Vin en el bloque 1110. Este valor absoluto de Vin puede compararse en el bloque 1115 con el valor absoluto de una señal derivada en el bloque 1140 a partir de la señal de salida Vout, por ejemplo, para servir como tensión de detección, por ejemplo, mediante la multiplicación por una constante K en el bloque 1135. El resultado de esta comparación puede usarse como una señal de error para determinar la modificación de la señal de salida para el seguimiento de la señal de entrada. La PWM y el comportamiento del amplificador de error se representan como G(s) en el bloque 1120. La ganancia de la etapa de potencia se representa como multiplicador en el bloque 1125. El filtro de salida puede representarse en el bloque 1130 como Out(s).

Se reconocerá que para mantener la estabilidad en el lazo, G(s) puede calcularse para una estabilización óptima teniendo cuenta la ganancia de la etapa de potencia, en la que la ganancia de la etapa de potencia es proporcionar a Vin. De ese modo, en el caso de conversión CA/CA directa, por ejemplo, en la que Vin es una onda sinusoidal que cambia de polaridad cada semiciclo, la tensión de error aplicada sobre G(s) puede reducirse a cero cuando la tensión de salida se aproxima cero y por ello la corrección del lazo puede no funcionar en valores pequeños o sustancialmente cero de Vin. Es decir, el lazo de control puede incluir un producto que varía con Vin, lo que puede ser problemático para aplicaciones en las que se desea ganancia del lazo constante.

Por consiguiente, algunas realizaciones de la invención pueden usar una compensación de ganancia dinámica para mantener una ganancia de lazo constante en sustancialmente todo el ciclo de la tensión de CA mediante la cancelación del efecto de la señal de tensión de entrada. En algunas realizaciones, la señal de error puede amplificarse en una cantidad sustancialmente proporcional a la reducción de ganancia de la etapa de salida, haciendo de ese modo a la ganancia del lazo sustancialmente constante, incluyendo durante la señal de tensión de entrada sustancialmente cero. Puede incluirse un bloque de valor absoluto para superar los cambios en la polaridad de las tensiones de entrada y salida.

La Figura 12A ilustra un circuito con compensación de ganancia dinámica de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En la realización de la invención representada en la Fig. 12A, el efecto de la ganancia de la etapa de potencia, por ejemplo, multiplicación por Vin en el bloque 1225, puede reducirse o eliminarse sustancialmente mediante la división por Vin en el divisor del bloque 1250. De ese modo, la tensión de error puede dividirse por la tensión de entrada para mantener la ganancia constante de modo que A=Vin, en la que A es la ganancia de potencia de la etapa de salida en el bloque 1225. Vref puede ser una tensión de referencia atenuada con un factor de K en el bloque 1235 con respecto a la tensión de entrada, en donde Vref=K x Vin. Por ello la ganancia del lazo será:

$$\frac{(V_{err})}{V_{ref}} \times G(s) \times A \times Out(s) = \frac{V_{err}}{K \times Vin} \times G(s) \times Vin \times Out(s) \quad (2)$$

De ese modo, basándose en la ecuación anterior, el término (Verr/K) x G(s) x Out(s) es independiente de Vin y por ello, puede mantenerse una ganancia sustancialmente constante en todo el ciclo sin referencia a variaciones en fluctuaciones de Vin. Se reconocerá que deben usarse diversas implementaciones para conseguir el resultado matemático anterior de eliminación de Vin de la ganancia del lazo de control, por ejemplo, mediante la multiplicación en el bloque 1265 por la inversa de Vin producida por un inversor 1260, como se muestra en la Fig. 12B.

La Figura 13 es una ilustración esquemática de una realización de un convertidor CA/CA 1300 que incluye diversas características de la presente invención. La realización representada usa un convertidor reductor síncrono, sin embargo, se reconocerá que realizaciones de la invención pueden aplicarse a cualquier tipo adecuado de convertidor de potencia.

La tensión de entrada 1305 puede usarse para derivar una tensión de entrada de referencia en el nodo 1310. Puede usarse un lazo de enclavamiento de fase 1315, por ejemplo, que use un oscilador controlado por tensión. Se reconocerá que un VCO es una implementación para proporcionar una tensión de referencia, pero son posibles otros medios, por ejemplo, usando un filtro de tensión de entrada. Puede obtenerse un valor absoluto de la señal de referencia en el bloque 1320. Puede derivarse una señal de error de una resta en el bloque 1330 de una señal obtenida a partir de la señal de salida, adecuadamente escalada, por ejemplo, mediante un divisor de tensión. Esta señal de error puede dividirse por la señal de tensión de entrada, por ejemplo, por el divisor 1340. En algunas realizaciones de la invención, previamente a la división, la tensión de entrada puede limitarse en el bloque 1335 para evitar dividir por cero, dando como resultado recortes o saturación. Puede usarse un compensador-amplificador 1350 Tipo II o Tipo III para amplificar la señal y proporcionarla al controlador de PWM 1355. El conmutador de cruce 1360, que puede recibir una señal de control desde un detector 1365, puede cambiar las salidas del PWM 1355 y proporcionar las señales Qa y Qb para los conmutadores 1361 y 1362. El filtro de salida puede incluir el inductor 1370 y condensador 1375 y la carga 1380 puede recibir la tensión de salida estable.

Como se ha indicado anteriormente, pueden usarse con cualquier convertidor modificaciones del circuito, por ejemplo, elevador, reductor-elevador, corte, SEPIC, rueda libre u otros, dependiendo de los requisitos de la aplicación. Para un estabilizador de tensión en el que la tensión de entrada es aproximadamente la misma que la tensión de salida, una topología adecuada puede ser la topología de "un inductor", por ejemplo, usando el controlador LTC3780 fabricado por Linear Technology.

Aunque se han ilustrado y descrito en el presente documento ciertos rasgos de la invención, se les ocurrirán a los expertos en la materia muchas modificaciones, sustituciones, cambios y equivalentes. Por ejemplo, la presente invención puede entenderse que incluye dispositivos, sistemas y métodos para controlar directamente la conversión CA/CA, por ejemplo, sin conversión a corriente continua.

En una aplicación que usa realizaciones de la invención, puede implementarse un convertidor CA/CA directo que tenga una relación de conversión variable, por ejemplo, para su uso como un transformador con relación constante o variable. En realizaciones de la invención usadas para dicha finalidad, la relación de tensión entrada/salida puede cambiarse mediante la variación selectivamente de la amplitud de la señal de tensión de salida para la señal de tensión de entrada dada. En algunas realizaciones de la invención, la relación de tensión entrada/salida puede seleccionarse manualmente, por ejemplo, usando un potenciómetro o divisor de tensión que usa elementos cuya impedancia puede variarse, que pueden colocarse por ejemplo entre 1315 y 1320 de la Fig. 13. En algunas realizaciones de la invención, la relación de tensión de entrada/salida puede alterarse automáticamente, por ejemplo, usando un sistema de realimentación para hacer que la amplitud de salida cambie para seguir una tensión de referencia deseada.

Realizaciones de la invención pueden usarse para corrección del factor de potencia. La Figura 14A es un diagrama de bloques esquemático que representa una aplicación para corrección del factor de potencia usando realizaciones de la invención. La Figura 14 representa el despliegue de una realización de la presente invención en una unidad de tres patillas, en el que la patilla de entrada al módulo se conecta a una tensión de entrada suministrada a la carga, una patilla de salida al módulo se conecta a una impedancia de salida y la patilla de retorno es común. Dependiendo de la aplicación, la impedancia de salida puede elegirse para que sea inductiva o capacitiva y su impedancia seleccionada. Dado que el módulo CA/CA puede actuar como un transformador, por ejemplo, reflejando la impedancia de salida en la entrada, puede usarse para ajustar la cantidad de impedancia capacitiva o inductiva reflejada en la entrada, mejorando de ese modo el factor de potencia. Pueden usarse también otras configuraciones que usen la realización del módulo de tres patillas de la presente invención. Por ejemplo, el diagrama de conexión de la Fig. 14B puede usarse para habilitar una compensación de carga capacitiva e inductiva colocando un módulo convertidor CA/CA directo en serie con la carga. Como un ejemplo adicional, el diagrama de conexión de la Fig. 14C puede usarse para habilitar una compensación de carga capacitiva e inductiva colocando un módulo convertidor CA/CA directo en paralelo con la carga. Se entenderá que pueden emplearse otras disposiciones o conexiones de un módulo convertidor CA/CA directo consistente con las enseñanzas de la presente invención.

Pueden usarse realizaciones de la invención en conjunto con una salida trifásica para el VCO para controlar el convertidor CA/CA directo trifásico.

Pueden usarse realizaciones de la invención para estabilizar salidas de generador. En otra aplicación, pueden usarse realizaciones de la invención para permitir un amplio intervalo de tensión de entrada en aplicaciones de CA, por ejemplo, motores, generadores u otros. En otra aplicación más, pueden usarse realizaciones de la invención para permitir un control eficiente de la potencia de lámparas. Pueden implementarse realizaciones de la invención sobre un chip integrado, por ejemplo, mediante la construcción del controlador, conmutador de cruce y otros circuitos en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) u otro circuito integrado.

Aunque se han ilustrado y descrito en el presente documento ciertos rasgos de la invención, muchas modificaciones, sustituciones, cambios y equivalentes se les ocurrirán a los expertos en la materia. Se ha de entender, por lo tanto, que las reivindicaciones adjuntas se pretende que cubran todas las dichas modificaciones y cambios tal como caen dentro del alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (508, 510; 802, 803) para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer y segundo interruptores del convertidor (503, 504; 841, 842) de un convertidor en lazo cerrado (1300) para convertir directamente una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida de la misma frecuencia usando modulación de ancho de pulsos síncrona, comprendiendo el aparato:
- 5 un modulador de ancho de pulsos (508; 801, 802) adaptado para recibir una señal de control del ciclo de trabajo y una primera señal de rampa y para proporcionar primera y segundas señales de conmutación sustancialmente complementarias, en el que la señal de control del ciclo de trabajo, con un patrón alterno, cambia desde un valor intermedio a un valor positivo o negativo grande antes de un cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA salida, permanece en el valor positivo o negativo grande respectivamente y cambia de vuelta desde el valor positivo o negativo grande al valor intermedio después del cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA de salida; y
- 10 un módulo de cruce seleccionable (510; 803) adaptado para recibir la primera y segundas señales de conmutación producidas por el modulador de ancho de pulsos (508; 801, 802) y para proporcionar conmutación en la primera y segundas salidas al primer y segundo interruptores del convertidor (503, 504; 841, 842), teniendo el módulo de cruce (510; 803) primer y segundo modos; en el que en el primer modo, la primera salida del módulo de cruce (510; 803) se conecta para proporcionar la primera señal de conmutación y la segunda salida se conecta para proporcionar la segunda señal de conmutación y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce (510; 803) se conecta para proporcionar la segunda señal de conmutación y la segunda salida se conecta para proporcionar la primera señal de conmutación;
- 15 y en el que el módulo de cruce seleccionable (510; 803) está adaptado para cambiar los modos basado en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o en la polaridad de la señal de CA de salida.
- 25 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho módulo de cruce (803) está adaptado además para recibir una señal de control para seleccionar entre el primer modo y el segundo modo.
- 30 3. El aparato de la reivindicación 2, que comprende además medios para proporcionar dicha señal de control a modos de cambio del módulo de cruce (803) con referencia a un cambio de polaridad de una señal de referencia de control.
4. El aparato de la reivindicación 3, en el que la señal de referencia de control es la tensión de la señal de CA entrada.
- 35 5. El aparato de la reivindicación 3, en el que la señal de referencia de control es la tensión de la señal de CA salida.
6. Un convertidor en lazo cerrado que comprende el aparato de la reivindicación 2, en el que la señal de control se deduce mediante la división de una señal de error por la señal de CA de entrada, en el que dicha señal de error se basa en una diferencia entre la señal de CA entrada y la señal de CA salida.
- 40 7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 dispuesto para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer, segundo, tercer y cuarto interruptores del convertidor (841, 842, 843, 844), comprendiendo además el aparato:
- 45 un segundo modulador de ancho de pulsos (811, 812) adaptado para recibir una señal de control del ciclo de trabajo y segunda señal de rampa y para proporcionar tercera y cuarta señales de conmutación sustancialmente complementarias; y
- 50 un segundo módulo de cruce seleccionable (813) adaptado para recibir la tercera y la cuarta señales de conmutación producidas por el segundo modulador de ancho de pulsos (811, 812) y para proporcionar las señales de conmutación en la primera y segundas salidas al tercer y cuarto interruptores del convertidor, teniendo el segundo módulo de cruce (813) primer y segundo modos, en el que en el primer modo, la primera salida del segundo módulo de cruce (813) se conecta para proporcionar la tercera señal de conmutación y la segunda salida se conecta para proporcionar la cuarta señal de conmutación y, en el segundo modo, la primera salida del segundo módulo de cruce se conecta para proporcionar la cuarta señal de conmutación y la segunda salida se conecta para proporcionar la tercera señal de conmutación y en el que el segundo módulo de cruce (813) seleccionable está adaptado para cambiar los modos basándose en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o la polaridad de la señal de CA de salida.
- 55 8. El aparato de la reivindicación 7, en el que dicho segundo módulo de cruce seleccionable (813) está adaptado para recibir una señal de referencia de entrada para seleccionar entre el primer modo y el segundo modo.
- 60 9. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 7 y 8, en el que uno de dichos moduladores de ancho de pulsos (801, 802) es un controlador reductor y el otro de dichos moduladores de ancho de pulsos (811, 812) es un controlador elevador.

10. Un sistema que comprende un aparato (1100) como en cualquiera de las reivindicaciones anteriores y un equipo eléctrico, en el que el aparato (1100) se configura para recibir una tensión de entrada y proporcionar una tensión de salida estabilizada al equipo.

5 11. Un método para convertir directamente una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida de la misma frecuencia usando modulación de ancho de pulsos síncrona, que comprende:

recibir la señal de CA de entrada;

10 producir una señal de control del ciclo de trabajo en el que la señal de control del ciclo de trabajo en un patrón alternativo, cambia desde un valor intermedio a un valor positivo o negativo grande antes de un cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA salida, permanece en el valor positivo o negativo grande y cambia de vuelta desde el valor positivo o negativo grande al valor intermedio después del cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA de salida;

15 producir una primera señal modulada en ancho de pulsos basándose en el nivel de dicha señal de control del ciclo de trabajo;

invertir la primera señal modulada en ancho de pulsos, produciendo de ese modo una segunda señal modulada en ancho de pulsos que tiene un ciclo de trabajo inverso;

20 accionar el primer y segundo interruptores del convertidor (503, 504) usando la primera señal modulada en ancho de pulsos y la segunda señal modulada en ancho de pulsos de acuerdo con el primer y segundo modos;

en el que en el primer modo, el primer interruptor del convertidor (503) es accionado por la primera señal modulada en ancho de pulsos y el segundo interruptor del convertidor (504) es accionado por la segunda señal modulada en ancho de pulsos y, en el segundo modo, el primer interruptor del convertidor (503) es accionado por la segunda señal modulada en ancho de pulsos y el segundo interruptor del convertidor (504) es accionado por la primera señal modulada en ancho de pulsos; y

25 cambiar entre el primer y segundo modos basándose en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o en la polaridad de la señal de CA de salida.

30 12. Un aparato (901, 902, 903) para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer y segundo interruptores del convertidor (503, 504; 841, 842) de un convertidor en lazo cerrado (1300) para convertir directamente una señal de corriente alterna (CA) de entrada en una señal de CA de salida de la misma frecuencia usando modulación de ancho de pulsos síncrona, comprendiendo el aparato:

un primer modulador de ancho de pulsos (902, 903);

35 un primer módulo de cruce seleccionable (901), adaptado para recibir una señal de control del ciclo de trabajo y una primera señal de rampa y para proporcionar señales al primer modulador de ancho de pulsos, teniendo el módulo de cruce (901) primer y segundo modos, en el que la señal de control del ciclo de trabajo, con un patrón alterno, cambia desde un valor intermedio a un valor positivo o negativo grande antes de un cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA salida, permanece en el valor positivo o negativo grande respectivamente y cambia de vuelta desde el valor positivo o negativo grande al valor intermedio después del cruce por cero de la señal de CA de entrada o la señal de CA de salida;

40 en el que el primer modulador de ancho de pulsos (902, 903) está adaptado para recibir la salida del primer módulo de cruce seleccionable (901) y para proporcionar salidas sustancialmente complementarias al primer y segundo interruptores del convertidor (841, 842);

45 en el que en el primer modo, la primera salida del primer módulo de cruce (901) se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo de entrada y la segunda salida se conecta para proporcionar la primera señal de rampa y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce (901) se conecta para proporcionar la primera señal de rampa y la segunda salida se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo;

50 y en el que el primer módulo de cruce seleccionable (901) está adaptado para cambiar los modos basado en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o en la polaridad de la señal de CA de salida.

13. El aparato de la reivindicación 12 dispuesto para proporcionar señales de conmutación a al menos un primer, segundo, tercer y cuarto interruptores del convertidor (841, 842, 843, 844), comprendiendo además el aparato:

un segundo modulador de ancho de pulsos (912, 913);

55 un segundo módulo de cruce seleccionable (911), adaptado para recibir la señal de control del ciclo de trabajo y una segunda señal de rampa y para proporcionar señales al segundo modulador de ancho de pulsos (912, 913), teniendo el módulo de cruce (911) primer y segundo modos; y

60 en el que el segundo modulador de ancho de pulsos (913) está adaptado para recibir la salida del segundo módulo de cruce seleccionable (911) y para proporcionar salidas sustancialmente complementarias al tercer y cuarto interruptores del convertidor; en el que en el primer modo, la primera salida del segundo módulo de cruce (911) se conecta para proporcionar la segunda señal de rampa y la segunda salida se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo y, en el segundo modo, la primera salida del módulo de cruce (901) se conecta para proporcionar la señal de control del ciclo de trabajo y la segunda salida se conecta para proporcionar la segunda señal de rampa;

65 y en el que el primer y segundo módulos de cruce seleccionables (901, 911) están adaptados para cambiar los modos basados en la polaridad de la señal de CA de entrada y/o en la polaridad de la señal de CA de salida.

14. Un convertidor en lazo cerrado que comprende el aparato de cualquiera de las reivindicaciones reivindicación 12 y 13, en el que dicha señal de control del ciclo de trabajo se deduce mediante la división de una señal de error por la señal de CA de entrada, en el que dicha señal de error se basa en una diferencia entre la señal de CA entrada y la señal de CA salida.

5

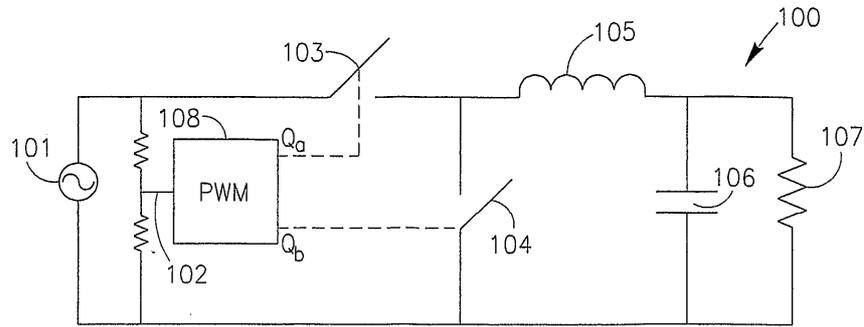


FIG. 1

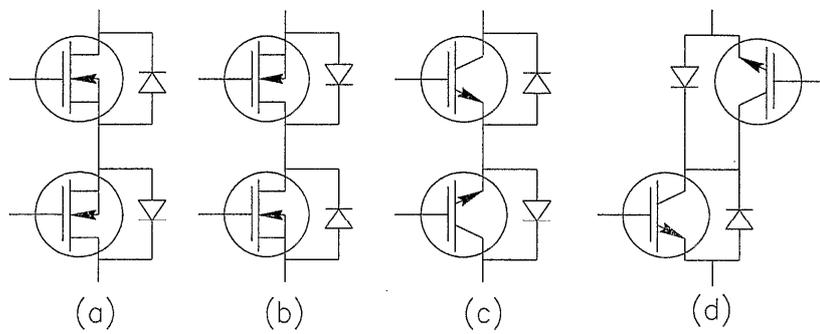


FIG. 2

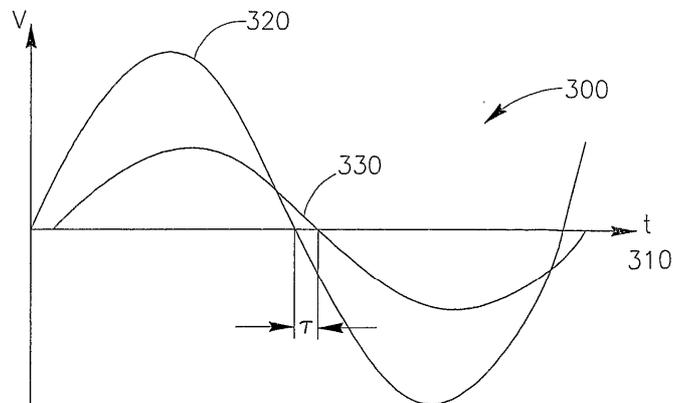
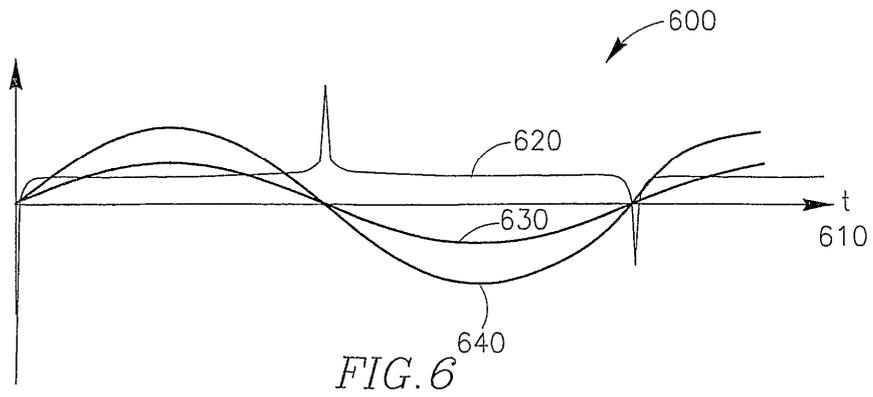
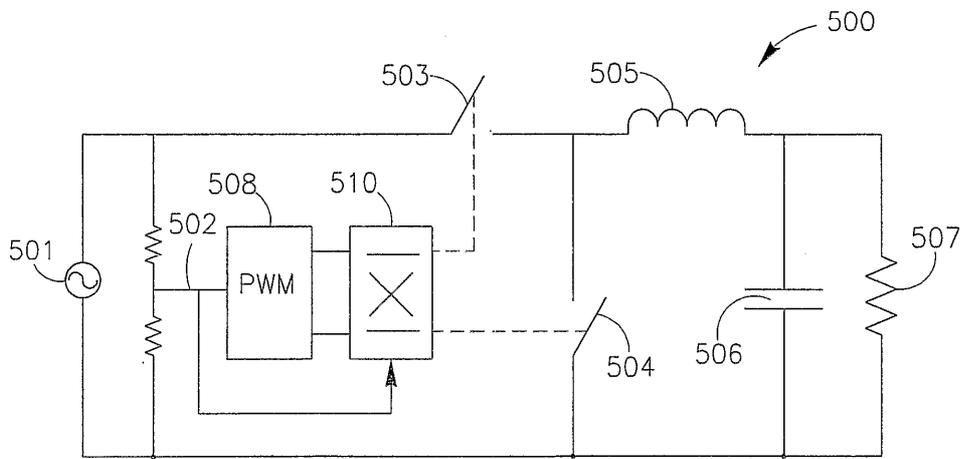
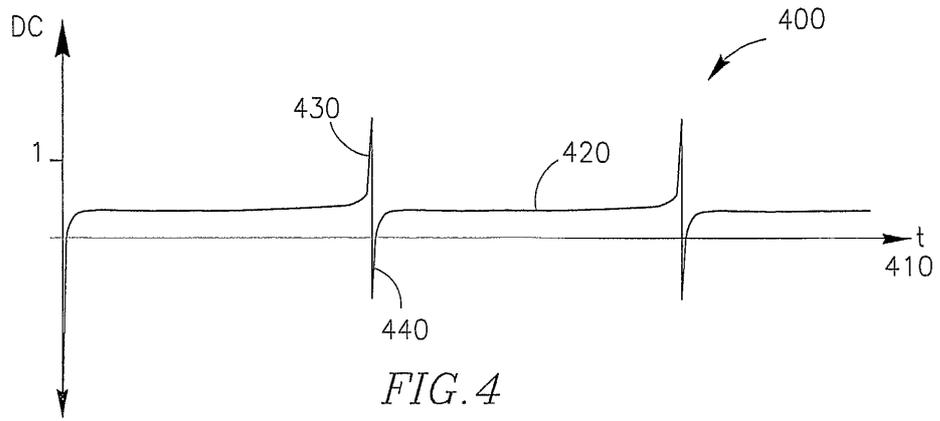


FIG. 3



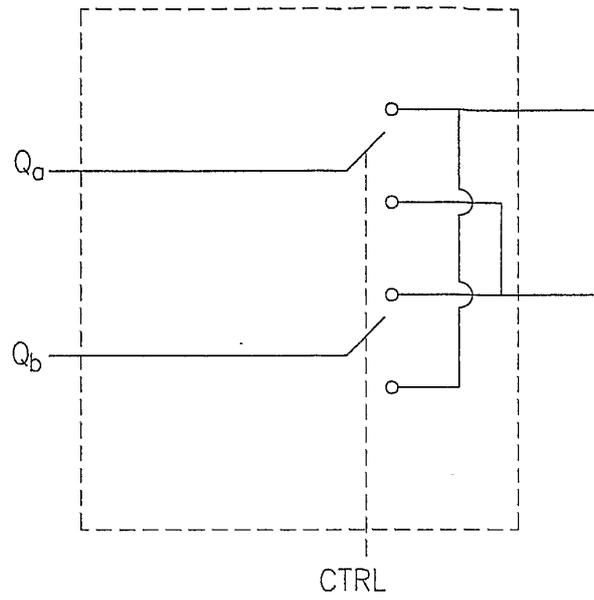


FIG. 7A

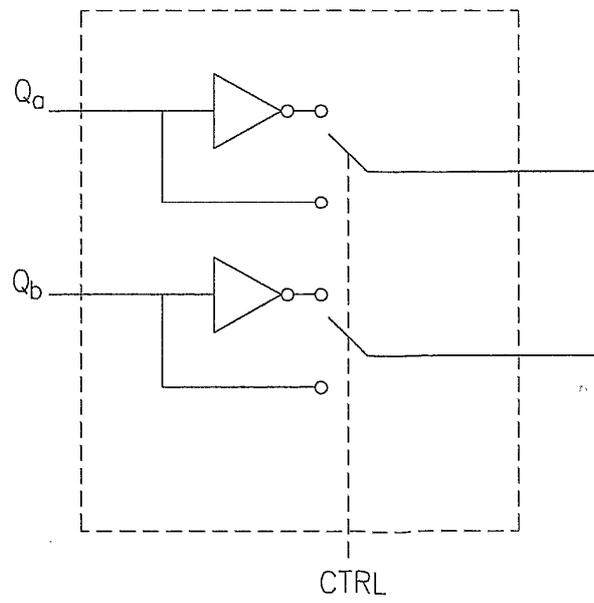
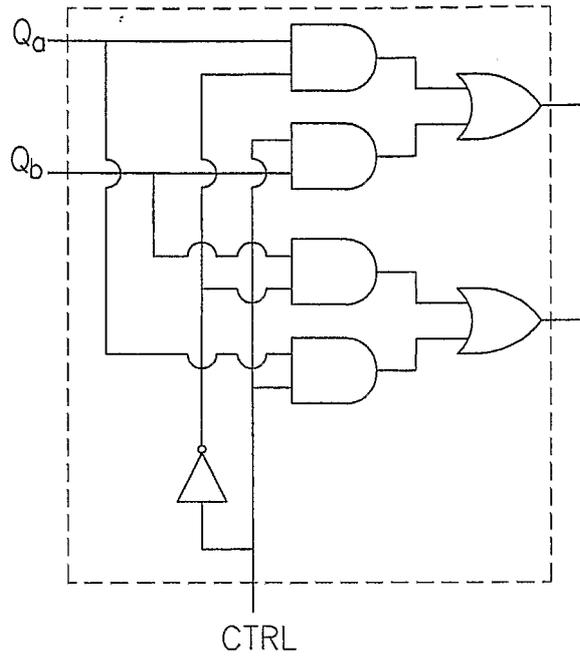
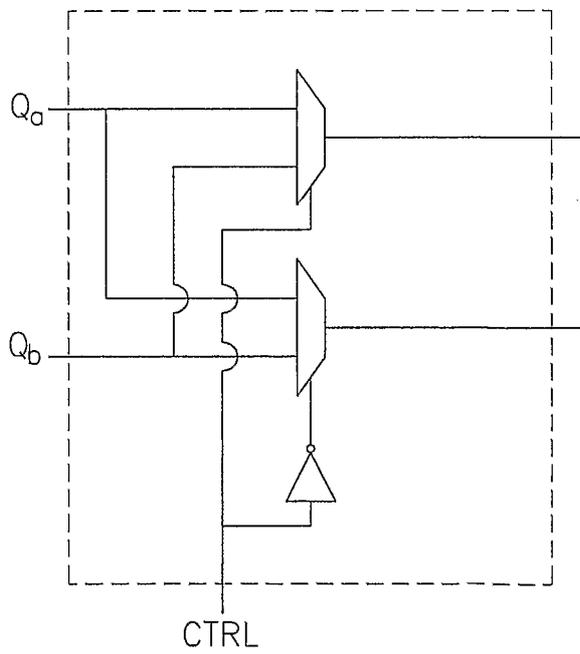


FIG. 7B



*FIG. 7C*



*FIG. 7D*

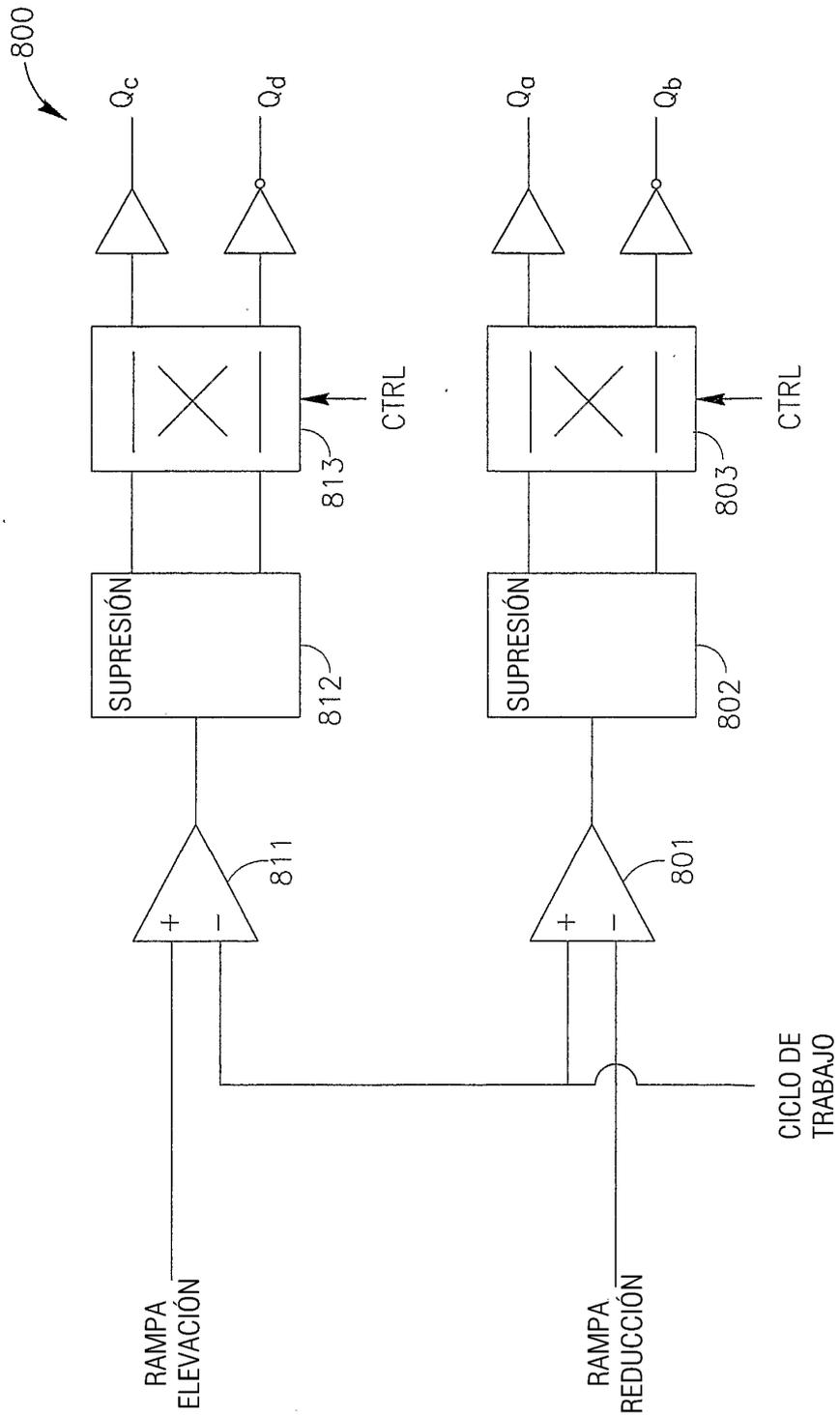


FIG. 8A

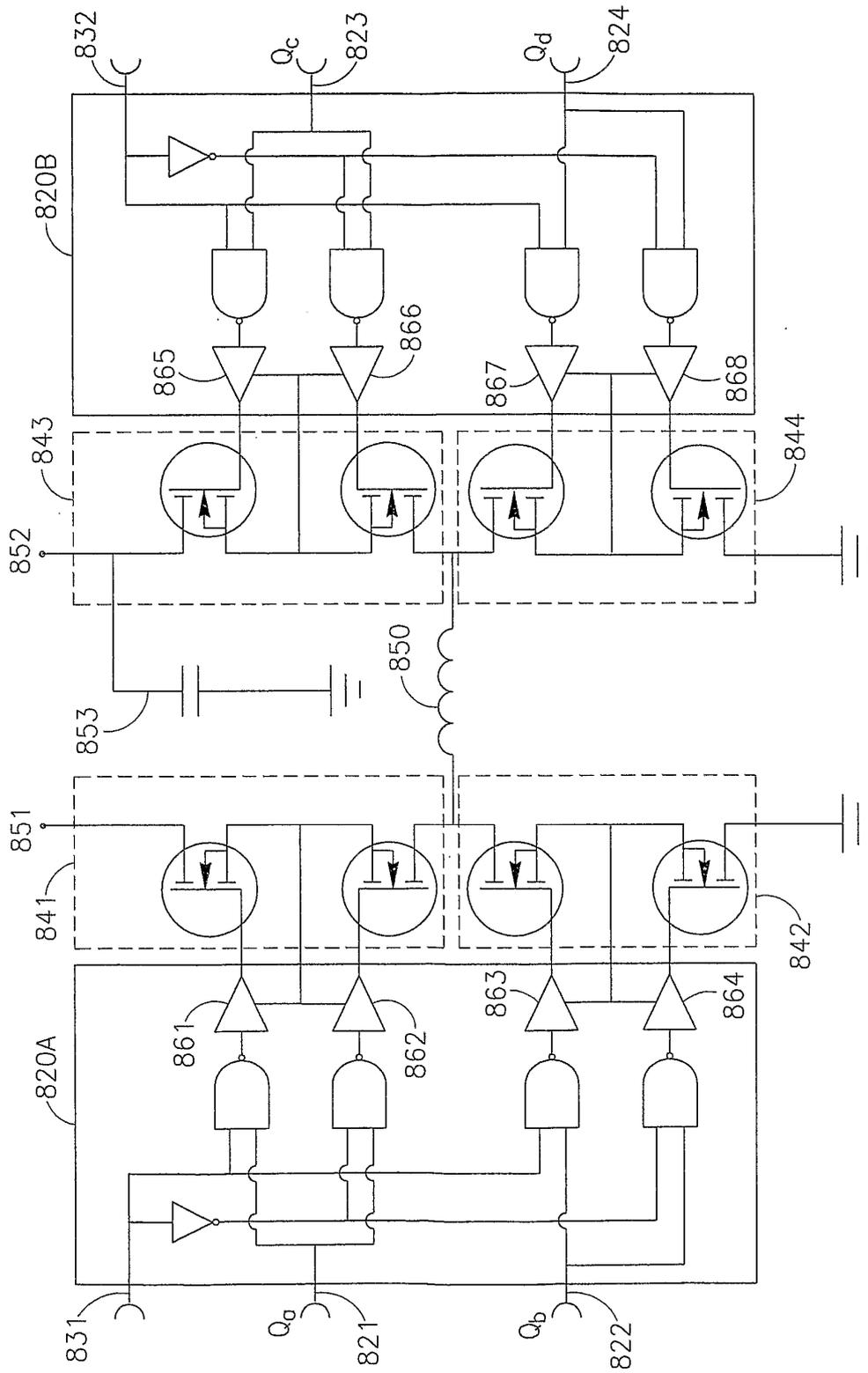


FIG. 8B

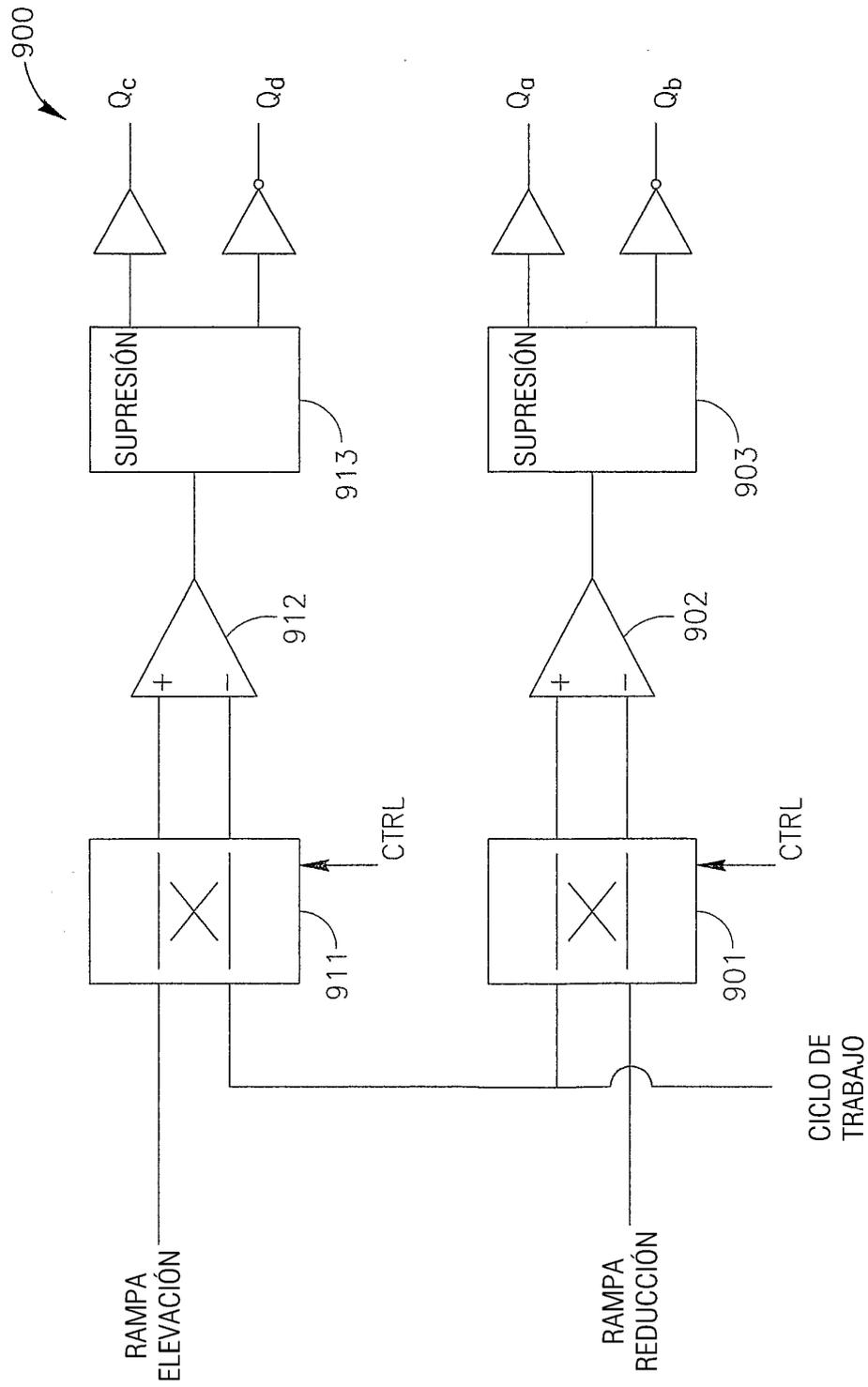


FIG. 9

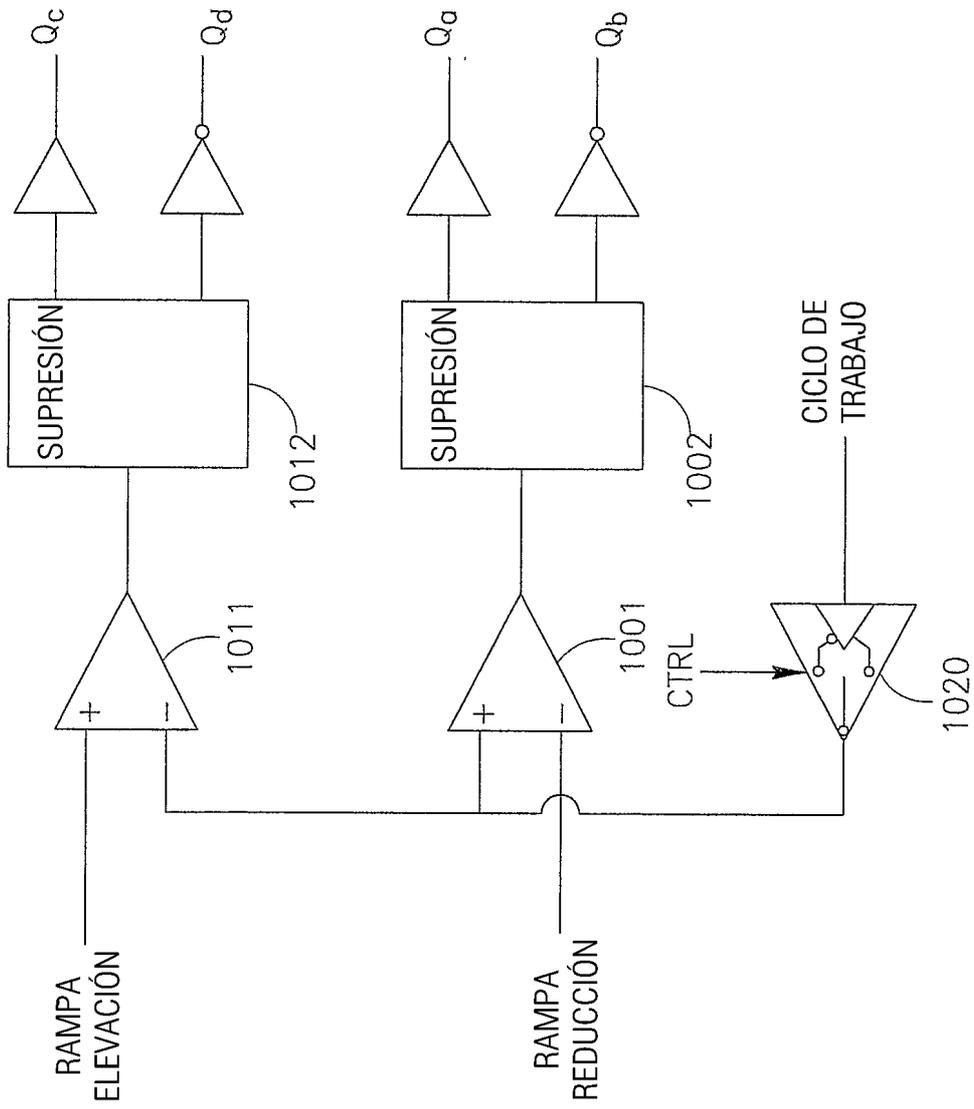


FIG.10

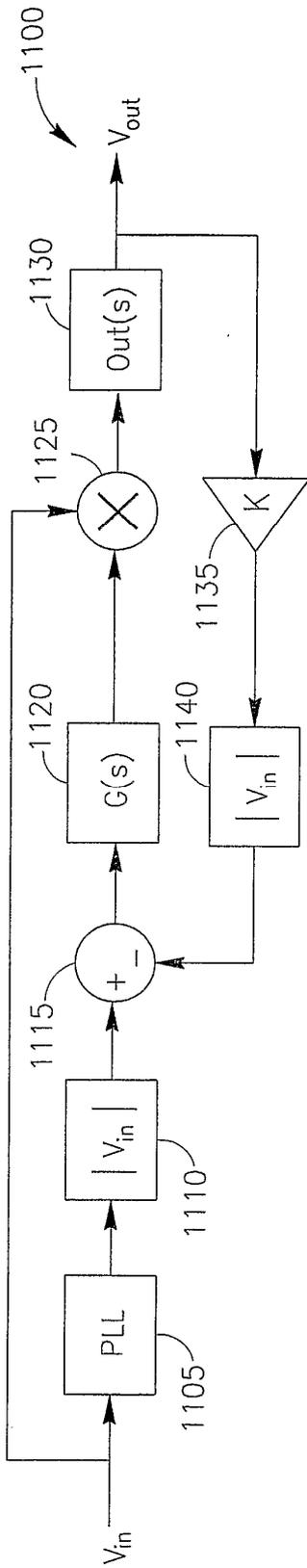


FIG. 11

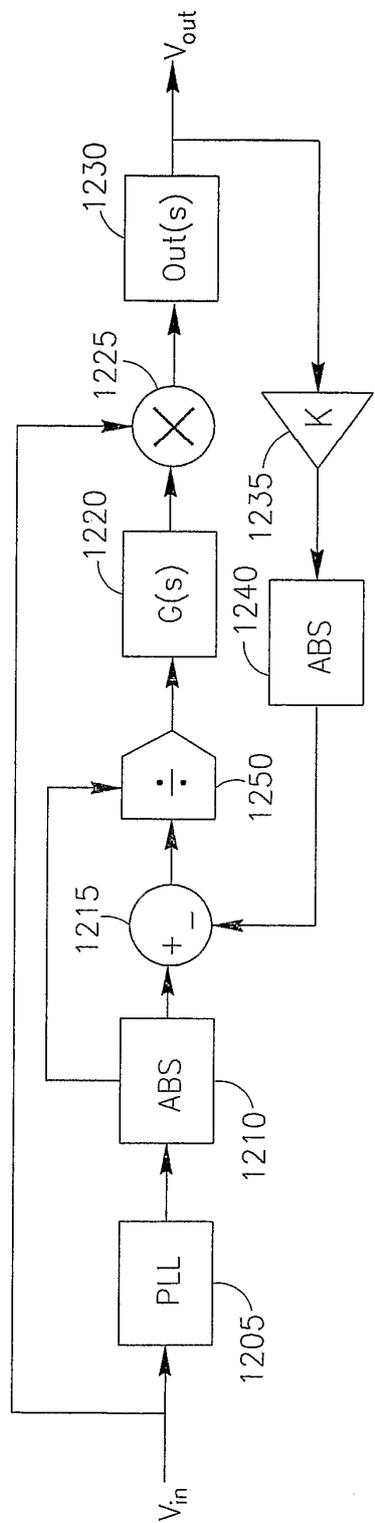


FIG. 12A

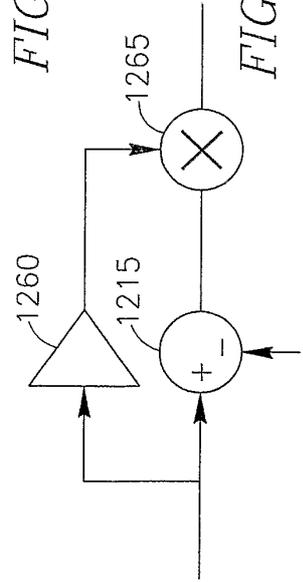


FIG. 12B

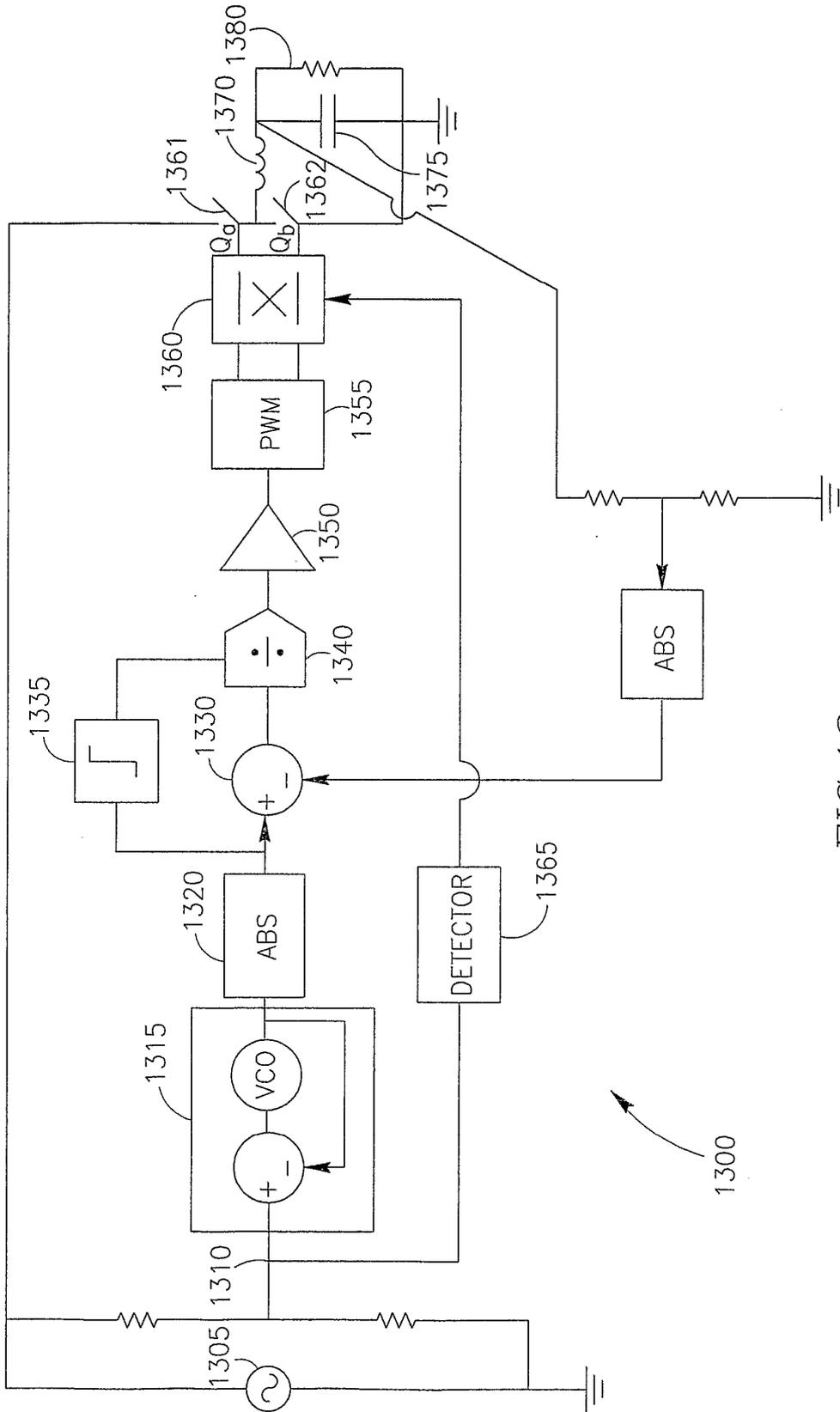


FIG.13

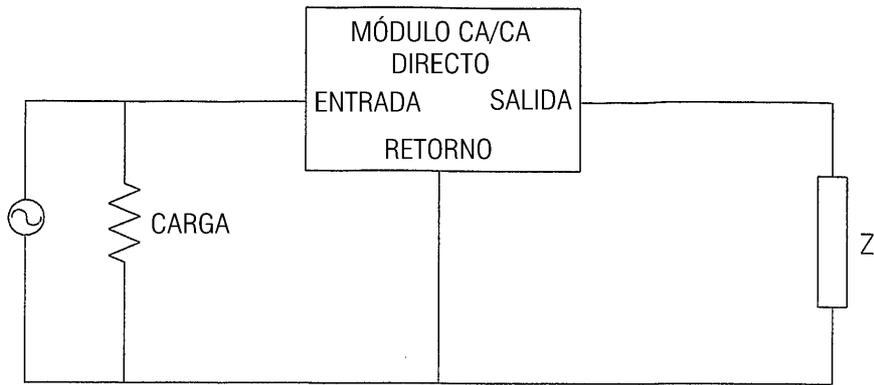


FIG. 14A

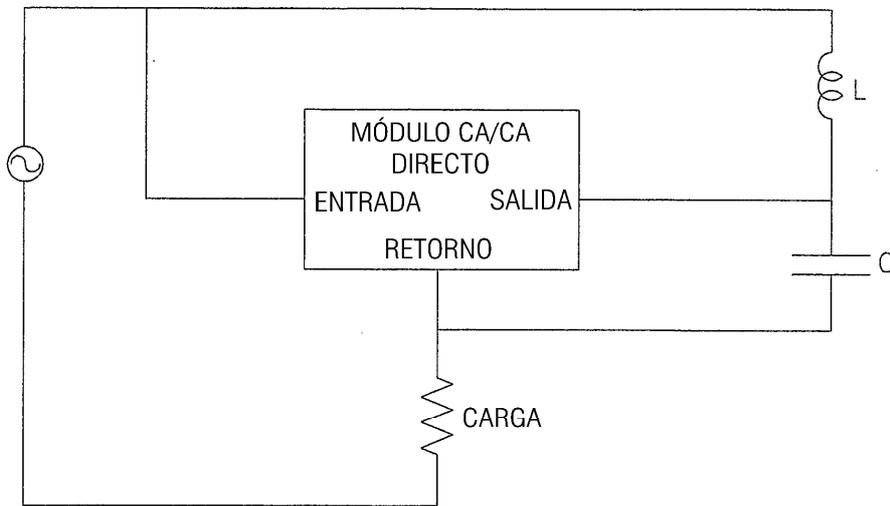


FIG. 14B

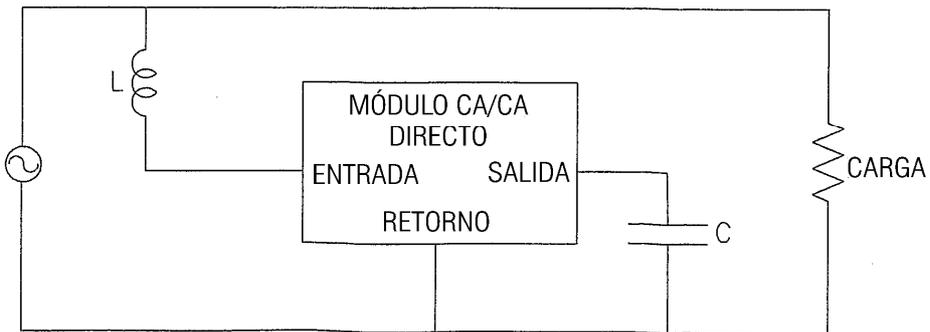


FIG. 14C