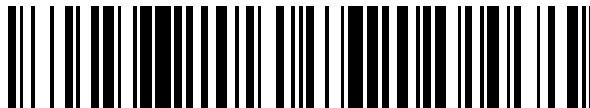


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 362**

51 Int. Cl.:

H02M 7/48 (2007.01)

G05F 1/67 (2006.01)

H02M 7/49 (2007.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02M 7/5387 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.02.2008 PCT/JP2008/000275**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.08.2008 WO08102551**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2008 E 08710428 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 2114002**

54 Título: **Aparato convertidor de potencia trifásico**

30 Prioridad:

22.02.2007 JP 2007041764

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

29.06.2018

73 Titular/es:

**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (50.0%)
7-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310, JP y
TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY (50.0%)**

72 Inventor/es:

**IWATA, AKIHIKO;
ITO, HIROSHI;
AKAGI, HIROFUMI;
FUJITA, HIDEAKI y
JIMICHI, TAKUSHI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 674 362 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 convertidor de potencia trifásico

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un aparato convertidor de potencia para convertir potencia continua en potencia alterna y, más particularmente, a un aparato convertidor de potencia trifásico para conectar una fuente de generación distribuida de energía, tal como una batería solar, a un sistema de alimentación trifásico.

Antecedentes de la técnica

10 Uno de los aparatos trifásicos convencionales de conversión de potencia es el aparato convertidor de potencia que se describe posteriormente, para la generación de energía solar, el cual convierte potencia continua suministrada desde una batería solar, en potencia alterna con salidas trifásicas, y entrega esta potencia alterna a un sistema de alimentación trifásico al cual está conectado el aparato convertidor de potencia. Este aparato convertidor de potencia incluye tres conjuntos de inversores de medio puente, que incluyen, cada uno de ellos, dos dispositivos de conmutación conectados en serie, en donde cada uno de los tres conjuntos de inversores de medio puente está configurado para dar salida a un voltaje positivo o negativo con un punto neutro de condensadores conectado a una parte de entrada de corriente continua fijada a nivel cero, y obtener una forma de onda de salida deseada llevando a cabo una operación de control por modulación de anchura de impulsos (PWM) (véase, por ejemplo, el Documento de Patente 1).

15 El documento WO 02/063758 A1 da a conocer un convertidor de potencia trifásico para conectar una fuente de alimentación continua a un sistema de alimentación trifásico, comprendiendo el convertidor de potencia trifásico un circuito inversor trifásico y tres circuitos inversores monofásicos, conectados, cada uno de ellos, en serie con una salida individual de corriente alterna correspondiente a una de las fases de dicho circuito inversor trifásico.

Documento de Patente 1: solicitud de patente publicada japonesa n.º 1987-42213

Exposición de la invención

Problemas a los que da solución la invención

25 Debido a que el aparato convertidor de potencia trifásico mostrado en el documento de patente 1 que se ha citado anteriormente da salida a formas de onda de tipo banda producidas a partir de voltajes rectangulares relativamente elevados mediante control de PWM de los inversores de medio puente, se produce una gran pérdida de conmutación y una reducción resultante de la eficiencia del aparato. Además, debido a que los voltajes rectangulares que se obtienen a la salida de los inversores de medio puente se suavizan, existe una necesidad de un filtro de gran capacidad, generándose así el problema de que se incrementa el tamaño de la estructura del aparato.

La presente invención se ha llevado a cabo para superar los problemas antes mencionados. Por consiguiente, es un objetivo de la invención proporcionar una estructura de un aparato convertidor de potencia trifásico que presenta una estructura de aparato compacta y un coste reducido, así como una elevada eficiencia de conversión.

35 **Medios para solucionar los problemas**

Un primer aparato convertidor de potencia trifásico según la presente invención es un aparato convertidor de potencia trifásico para conectar una fuente de alimentación de corriente continua a un sistema de alimentación trifásico. El aparato convertidor de potencia trifásico incluye un condensador de suavización conectado entre terminales positivos y negativos de la fuente de alimentación de corriente continua, un circuito inversor trifásico para convertir potencia continua suministrada desde el condensador de suavización, en potencia alterna trifásica, e inversores monofásicos que están conectados en serie con líneas de salida de corriente alterna de fases individuales del circuito inversor trifásico. El circuito inversor trifásico da salida a unos cuantos impulsos de voltaje de polaridad inversa o menos en una región específica dentro de cada uno de impulsos de voltaje básicos cuya anchura de impulso se corresponde con un semiciclo del voltaje de un sistema cada semiciclo del voltaje del sistema. Los inversores monofásicos individuales dan salida a voltajes mediante una operación de control por PWM, de tal manera que compensan diferencias entre voltajes de fase del sistema de alimentación y salidas del circuito inversor trifásico respectivo, y corrigen las salidas del circuito inversor trifásico restando un voltaje común de voltajes de salida objetivo de las fases individuales fijadas en la operación de control por PWM durante periodos en los que el circuito inversor trifásico genera los impulsos de voltaje de polaridad inversa.

50 Un segundo aparato convertidor de potencia trifásico según la presente invención es un aparato convertidor de potencia trifásico para conectar una fuente de alimentación de corriente continua a un sistema de alimentación trifásico. El aparato convertidor de potencia trifásico incluye un condensador de suavización conectado entre terminales positivos y negativos de la fuente de alimentación de corriente continua, un circuito inversor trifásico para convertir potencia continua suministrada desde el condensador de suavización, en potencia alterna trifásica, e

inversores monofásicos que están conectados en serie con líneas de salida de corriente alterna de fases individuales del circuito inversor trifásico. El circuito inversor trifásico da salida a unos cuantos impulsos de voltaje de polaridad inversa o menos en una región específica dentro de cada uno de impulsos de voltaje básicos cuya anchura de impulso se corresponde con un semiciclo del voltaje de un sistema cada semiciclo del voltaje del sistema. Los inversores monofásicos individuales dan salida a voltajes mediante una operación de control por PWM, de tal manera que compensan diferencias entre voltajes de fase del sistema de alimentación y salidas del circuito inversor trifásico respectivo. La anchura de impulso de los impulsos de voltaje de polaridad inversa a los que da salida el circuito inversor trifásico se controla de manera que la carga de potencia soportada por los inversores monofásicos individuales durante un periodo de semiciclo del sistema de alimentación resulta aproximadamente cero.

10 **Efectos ventajosos de la invención**

El primer aparato convertidor de potencia trifásico de la presente invención no requiere un voltaje elevado para llevar a cabo la operación de control por PWM, de manera que es posible reducir las pérdidas por conmutación así como la capacidad del filtro de salida. Además, incluso si el voltaje continuo de entrada del circuito inversor trifásico llega a un valor elevado, es posible realizar un ajuste para reducir la carga de potencia soportada por los inversores monofásicos individuales dando salida a los impulsos de voltaje de polaridad inversa antes mencionados. Además, puesto que los inversores monofásicos individuales corrigen las salidas del circuito inversor trifásico restando el voltaje común de los voltajes de salida objetivo de las fases individuales fijadas en la operación de control por PWM durante los periodos en los que el circuito inversor trifásico genera los impulsos de voltaje de polaridad inversa, es posible reducir los voltajes continuos requeridos por los inversores monofásicos individuales. Por este motivo, es posible conseguir que la estructura del aparato sea compacta y sencilla, y lograr una reducción de los costes y una mejora de la eficiencia de conversión.

El segundo aparato convertidor de potencia trifásico de la presente invención no requiere un voltaje elevado para llevar a cabo la operación de control por PWM, de manera que es posible reducir las pérdidas por conmutación así como la capacidad del filtro de salida. Además, incluso si el voltaje continuo de entrada del circuito inversor trifásico llega a un valor elevado, es posible realizar un ajuste para reducir la carga de potencia soportada por los inversores monofásicos individuales dando salida a los impulsos de voltaje de polaridad inversa antes mencionados. Además, puesto que la anchura de impulso de los impulsos de voltaje de polaridad inversa se controla de manera que la carga de potencia soportada por los inversores monofásicos individuales durante el periodo de semiciclo del sistema de alimentación resulta aproximadamente cero, no es necesario suministrar energía eléctrica desde el exterior para proporcionar alimentación continua a los inversores monofásicos individuales. Por este motivo, es posible conseguir que la estructura del aparato sea compacta y sencilla, y lograr una reducción de los costes y una mejora de la eficiencia de conversión.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de un circuito que muestra la configuración de un aparato convertidor de potencia trifásico según una primera realización de la presente invención;

la FIG. 2 es un diagrama que muestra formas de onda de voltaje para explicar la operación de control básico de una sección de inversor de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la FIG. 3 es un diagrama que muestra una relación entre el voltaje de una batería solar y la carga de potencia soportada por inversores monofásicos en la operación de control básico de la sección de inversor de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la FIG. 4 es un diagrama que muestra formas de onda de voltaje para explicar un primer ajuste llevado a cabo en la operación de control de la sección de inversor de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la FIG. 5 es un diagrama que muestra formas de onda de voltaje para explicar un segundo ajuste llevado a cabo en la operación de control de la sección de inversor de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la FIG. 6 es un diagrama que muestra formas de onda de voltaje para explicar el segundo ajuste llevado a cabo en la operación de control de la sección de inversor según la primera realización de la presente invención;

la FIG. 7 es un diagrama que muestra formas de onda de voltaje para explicar el segundo ajuste llevado a cabo en la operación de control de la sección de inversor de acuerdo con la primera realización de la presente invención;

la FIG. 8 es un diagrama que muestra una relación entre el voltaje de la batería solar y la carga de potencia soportada por los inversores monofásicos de acuerdo con la primera realización de la presente invención; y

la FIG. 9 es un diagrama que muestra configuraciones de conexión de un transformador trifásico de aislamiento del aparato convertidor de potencia trifásico según la primera realización de la presente invención.

Modo óptimo para llevar a cabo la invención

Primera realización

En lo sucesivo se describe un aparato convertidor de potencia trifásico según una primera realización de la presente invención, en referencia a los dibujos. La FIG. 1(a) es un diagrama de un circuito que muestra la configuración del aparato convertidor de potencia trifásico según la primera realización de la presente invención, y la FIG. 1(b) es un diagrama parcialmente ampliado de la FIG. 1(a).

Tal como se muestra en la FIG. 1(a), el aparato convertidor de potencia trifásico convierte potencia continua suministrada desde una batería solar 1 que actúa como fuente de alimentación continua, en potencia alterna, y da salida a la potencia alterna hacia un sistema 2 de alimentación trifásico (al que, en lo sucesivo en la presente, se hace referencia simplemente como sistema 2 de alimentación) a través de un transformador trifásico 8 de aislamiento. En este caso, el sistema 2 de alimentación tiene una configuración conectada en Y que trabaja con un voltaje de línea de 200 V y, por tanto, el voltaje de línea de entrada-a-línea del transformador trifásico 8 de aislamiento debe ser 200 V. El aparato convertidor de potencia trifásico está provisto de una sección de inversor que incluye un circuito inversor trifásico 4 configurado con tres conjuntos de inversores 4a a 4c de medio puente, cada uno de los cuales está constituido por dos dispositivos de conmutación conectados en serie, e inversores monofásicos 5a a 5c que están conectados en serie con líneas de salida de corriente alterna de los tres conjuntos de inversores 4a a 4c de medio puente, respectivamente.

Además, dos condensadores 3 (3a, 3b) de suavización conectados en serie están conectados entre los terminales positivo y negativo desde los cuales se da salida a un voltaje generado por el panel 1 de batería solar, y el circuito inversor trifásico 4 convierte potencia continua suministrada desde los condensadores 3 de suavización, en potencia alterna trifásica. Se proporciona un circuito de filtro constituido por inductores 6 y condensadores 7 en el lado de la salida de los inversores monofásicos 5a a 5c, y terminales de salida de los inversores monofásicos 5a a 5c están conectados a fases respectivas del transformador trifásico 8 de aislamiento en su lado primario a través del circuito de filtro. Designada con la referencia 9 se encuentra una capacidad parásita entre el panel 1 de batería solar y tierra.

Cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c está configurado con un inversor de puente completo constituido por cuatro dispositivos de conmutación y provisto de un condensador 50 para mantener un voltaje en el lado de entrada de corriente continua tal como se muestra en la FIG. 1(b). Los voltajes de salida de los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales se suman a voltajes de salida de los inversores 4a a 4c de puente completo de las fases pertinentes, y, desde la sección de inversor, se da salida al voltaje total del voltaje de salida de cada uno de los inversores 4a a 4c de medio puente y el voltaje de salida del correspondiente de los inversores monofásicos 5a a 5c. En relación con esto, se hace que el voltaje del condensador 50 de cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c sea inferior al voltaje de una parte de corriente continua de los inversores 4a a 4c de medio puente, es decir, el voltaje de salida de la batería solar 1.

A continuación se describe el funcionamiento de la sección de inversor que incluye los inversores 4a a 4c de medio puente y los inversores monofásicos 5a a 5c.

En primer lugar, se explica el funcionamiento de control básico de la sección de inversor basándose en formas de onda de voltaje operativas de la FIG. 2. Cada uno de los inversores 4a a 4c de medio puente del circuito inversor trifásico 4 da salida a voltajes de las dos polaridades usando un punto central de los condensadores 3 de suavización como referencia de potencial cero, a intervalos de 1 impulso por cada semiciclo. A los impulsos de voltaje de ambas polaridades a los que se da salida a intervalos de esta anchura de impulso correspondiente a un semiciclo se les hace referencia como impulsos de voltaje básicos. Puesto que el voltaje de línea del sistema 2 de alimentación es 200 V y el voltaje de línea de entrada-a-línea del transformador trifásico 8 de aislamiento debe ser 200 V, cada voltaje de fase al que se da salida desde la sección de inversor es igual a un voltaje de $200/\sqrt{3}$ V. De aquí se deduce que los inversores monofásicos 5a a 5c dan salida a voltajes por control de PWM de alta frecuencia, de tal manera que compensan las diferencias entre los voltajes de fase y los voltajes de salida de los inversores 4a a 4c de medio puente respectivos.

En condiciones en las que el voltaje de la batería solar 1 es 260 V, cada uno de los inversores 4a a 4c de medio puente del circuito inversor trifásico 4 da salida a impulsos de voltaje básicos de ± 130 V a intervalos de semiciclo usando el punto central de los condensadores 3 de suavización como referencia de potencial cero, tal como se muestra en la FIG. 2(a). Durante un semiciclo, cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c genera un voltaje de una polaridad opuesta al voltaje de salida de la sección de inversor en regiones en las que la fase está próxima a 0 grados y 180 grados, mientras que cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c da salida a un voltaje de la misma polaridad que el voltaje de salida de la sección de inversor en una región en la que la fase está próxima a 90 grados. En el caso de un funcionamiento de control (funcionamiento con un factor de potencia de 1) en el que la fase de una corriente de salida se hace coincidir con la fase del voltaje de salida, cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c se hace funcionar para cargar el condensador 50 en las regiones en las que la fase está próxima a 0 grados y 180 grados y, por el contrario, cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c descarga el condensador 50 en la región en la que la fase está próxima a 90 grados. Si el voltaje continuo de los inversores 4a a 4c de medio puente (es decir, el voltaje de la batería solar 1) es 260 V, los efectos de carga y descarga durante el semiciclo se anulan

entre sí, de manera que el voltaje de cada condensador 50 permanece sin variaciones. Esto significa que las cantidades de potencia eléctrica suministradas a y demandadas por los inversores monofásicos 5a a 5c (carga de potencia) se hacen aproximadamente cero y, por tanto, las cantidades de suministro y demanda de potencia eléctrica se equilibran.

5 La FIG. 2(b) muestra una condición en la que el voltaje de la batería solar 1 ha aumentado y ha llegado a 400 V. En esta condición, cada uno de los inversores 4a a 4c de medio puente del circuito inversor trifásico 4 da salida a impulsos de voltaje básicos de ± 200 V a los intervalos de semiciclo usando el punto central de los condensadores 3 de suavización como referencia de potencial cero. En este caso, cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c genera un voltaje de una polaridad opuesta al voltaje de salida de la sección de inversor durante la totalidad de cada semiciclo. En el caso del funcionamiento con el factor de potencia de 1, cada uno de los inversores monofásicos 5a a 5c se hace funcionar para cargar siempre el condensador 50.

15 Si se realiza un intento de llevar a cabo la operación de control básico en la que los impulsos de voltaje básicos de ambas polaridades obtenidos a la salida del circuito inversor trifásico 4 en los intervalos de semiciclo, se combinan con los voltajes de salida de los inversores monofásicos 5a a 5c obtenidos por el control de PWM de alta frecuencia según la manera antes mencionada, incluso cuando el voltaje de la batería solar 1 varía, la carga de potencia soportada por los inversores monofásicos 5a a 5c por semiciclo varía con el voltaje de la batería solar 1 de acuerdo con una característica que se muestra en la FIG. 3. Tal como se muestra en esta Figura, aunque la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c es aproximadamente cero cuando el voltaje de la batería solar 1 es 260 V (punto A de la Figura), la carga de potencia pasa a negativo cuando el voltaje de la batería solar 1 aumenta. El voltaje de la batería solar 1 se podría variar fácilmente hasta el doble de la altura. Cuando el voltaje de la batería solar 1 es 400 V, la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c puede llegar incluso al -60% de la potencia eléctrica gestionada por el circuito inversor trifásico 4, de manera que se hace necesario que los condensadores 50 de los inversores monofásicos 5a a 5c estén provistos de un circuito de suministro de alimentación de corriente continua, complicado y de gran tamaño, para suministrar potencia eléctrica.

25 En la operación de control básico antes mencionada de la presente realización, la sección de inversor se controla de tal manera que, en relación con una región en la que la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c es igual o inferior a cero (véase la FIG. 3) como intervalo operativo del aparato convertidor de potencia trifásico, la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c resulta aproximadamente cero.

30 En este caso, en la operación de control básico antes mencionada se llevan a cabo dos etapas de ajustes. Un primer ajuste provoca que el circuito inversor trifásico 4 dé salida a impulsos de voltaje de polaridades inversas aproximadamente en un punto de cada valor máximo de una corriente dentro del impulso de voltaje básico antes mencionado al que se da salida cada semiciclo. Posteriormente se describirán detalles de este primer ajuste en referencia a la FIG. 4. Un segundo ajuste consiste en realizar correcciones sobre salidas de los inversores monofásicos 5a a 5c. Posteriormente se describirán detalles de este segundo ajuste en referencia a las FIGS. 5 a 7.

35 A continuación se describe en la presente el primer ajuste llevado a cabo en la operación de control de la sección de inversor.

40 La FIG. 4 muestra formas de onda de voltaje de salida de los inversores 4a a 4c de medio puente individuales del circuito inversor trifásico 4 y de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c. En este caso, las salidas de los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales indican salidas en una etapa antes de realizar la corrección de salida posteriormente descrita del segundo ajuste, o las salidas de pre-corrección. Tal como se muestra en la Figura, los inversores 4a a 4c de medio puente de las fases individuales dan salida a impulsos de voltaje de polaridades inversas aproximadamente en el punto del valor máximo de cada corriente dentro del impulso de voltaje básico al que se da salida cada semiciclo. Con las referencias 10ua y 10ub se designan los impulsos de voltaje de polaridad inversa a los que se da salida desde el inversor 4a de medio puente de fase U durante los impulsos de voltaje básicos positivo y negativo, respectivamente. De manera similar, con las referencias 10va y 10vb se designan los impulsos de voltaje de polaridad inversa a los que se da salida desde el inversor 4b de medio puente de fase V durante los impulsos de voltaje básicos positivo y negativo, respectivamente, y con las referencias 10wa y 10wb se designan los impulsos de voltaje de polaridad inversa a los que se da salida desde el inversor 4c de medio puente de fase W durante los impulsos de voltaje básicos positivo y negativo, respectivamente. Siempre que cada corriente que fluye en la sección de inversor tenga la misma fase que el voltaje de fase correspondiente, a los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa se les dará salida en torno a picos de los voltajes de fase individuales.

55 Los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales sirven para dar salida a los voltajes por control de PWM de alta frecuencia, de tal manera que compensan las diferencias entre los voltajes de fase objetivo de la sección de inversor y los voltajes de salida de los inversores 4a a 4c de medio puente respectivos. De este modo, los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales dan salida a voltajes de impulso destacados durante periodos en los que los inversores 4a a 4c de medio puente de las fases respectivas dan salida a los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa. Con estos voltajes de impulso destacados, los inversores monofásicos 5a a 5c pueden descargar los condensadores respectivos 50 y ajustar la carga de potencia.

Por ejemplo, durante un semiciclo en el cual el inversor 4a de medio puente de fase U da salida al impulso de voltaje básico positivo, el inversor monofásico 5a de fase U da salida a un voltaje positivo el cual es el voltaje de impulso destacado antes mencionado dentro del periodo en el que el inversor 4a de medio puente de fase U genera el impulso 10ua de voltaje de polaridad inversa, y el inversor 4a de medio puente de fase U da salida a un voltaje negativo en otro periodo que no sea este mencionado. Esto significa que es posible ajustar las cantidades de potencia eléctrica suministrada a y demandada por el inversor monofásico 5a controlando la anchura de impulso correspondiente al impulso 10ua de montaje de polaridad inversa.

En este caso, las anchuras de impulso de los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa se controlan de tal manera que las cantidades de potencia eléctrica cargadas en y descargadas desde los condensadores 50 se equilibran, y la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c resulta aproximadamente cero. Esto posibilita mantener los voltajes de los condensadores 50 sin suministrar energía eléctrica desde el exterior. Un planteamiento específico para esta operación de control es, bajo condiciones en las que las corrientes de fase y los voltajes de fase son de la misma fase, suprimir la reducción de los voltajes de los condensadores 50 cuando disminuyen las anchuras de impulso de los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa, y suprimir el aumento de los voltajes de los condensadores 50 cuando aumentan las anchuras de impulso de los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa. Puesto que los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa se generan aproximadamente en puntos de valores máximos de las corrientes de fase respectivas, la magnitud del cambio de la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c se incrementa variando las anchuras de impulso antes mencionadas de modo que la carga de potencia se puede controlar de una forma deseable.

En un caso en el que la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c sea aproximadamente cero en la operación de control básico mostrada en la FIG. 2, los impulsos de voltaje de polaridad inversa no son necesarios, es decir, sus anchuras de impulso pueden ser 0, cuando el voltaje de la batería solar 1 es 260 V, por ejemplo.

A continuación se describe en la presente el segundo ajuste llevado a cabo en la operación de control de la sección de inversor.

Tal como se ha descrito en lo anterior, los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales dan salida a los voltajes de impulso destacados durante los periodos en los que los inversores 4a a 4c de medio puente de las fases respectivas generan los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa en el primer ajuste antes mencionado. El segundo ajuste es una corrección de salida llevada a cabo para reducir niveles de voltaje de estos voltajes de impulso destacados, en la cual los inversores monofásicos individuales 5a a 5c corrigen los niveles de voltaje de los impulsos de voltaje destacados restando un voltaje común de voltajes de salida objetivo de las fases individuales en el control de PWM durante los periodos en los que se generan los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa.

En la FIG. 5 se muestra cómo se corrigen las salidas de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c durante el periodo en el que se genera el impulso 10ua de voltaje de polaridad inversa de fase U. Las salidas de pre-corrección en este caso se muestran en un área designada con 11 en la FIG. 4. Cuando el voltaje de la batería solar 1 es 400 V y el voltaje de línea del sistema 2 de alimentación es 200 V, el voltaje de fase al que debería dar salida la sección de inversores $200/\sqrt{3}$ V, y el valor máximo del voltaje de fase se hace igual a 163 V. Puesto que el inversor 4a de medio puente de fase U da salida a -200 V durante el periodo en el que se genera el impulso 10ua de voltaje de polaridad inversa de fase U, el voltaje al que debería dar salida el inversor monofásico 5a de fase U era de 363 V en una etapa de pre-corrección. El voltaje de salida del inversor monofásico 5a de fase U se puede reducir notablemente durante el periodo en el que se genera el impulso 10ua de voltaje de polaridad inversa llevando a cabo una corrección para restar un voltaje específico de las salidas de los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales según se muestra en la FIG. 5. En este caso, los voltajes de salida de los inversores monofásicos 5b, 5c de fase V y W cambian de polaridad de positiva a negativa. La corrección de salida antes mencionada se realiza restando un voltaje común específico V_0 de los voltajes de salida objetivo de los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales, con el fin de suprimir los niveles de los voltajes de salida de los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales durante el periodo en el que se genera el impulso 10ua de voltaje de polaridad inversa.

Puesto que el mismo voltaje común V_0 se resta de los voltajes de salida objetivo individuales de los inversores monofásicos 5a a 5c de las tres fases, el voltaje de línea obtenido a la salida de la sección de inversor se mantiene en un valor específico (200 V) y, por tanto, el voltaje de línea suministrado al sistema 2 de alimentación también se mantiene en el valor específico. Aunque, en este caso, el potencial en un punto neutro de las salidas de corriente alterna trifásicas de la sección de inversor fluctúa, esta fluctuación no ejerce ninguna influencia negativa sobre el sistema 2 de alimentación ya que las salidas de la sección de inversor se suministran al sistema 2 de alimentación a través del transformador trifásico 8 de aislamiento.

El voltaje común V_0 a restar de los voltajes de salida objetivo de los inversores monofásicos 5a a 5c de las fases individuales se obtiene, por ejemplo, de la manera siguiente.

El voltaje común V_0 se determina calculando un voltaje medio de los voltajes máximo y mínimo de tres voltajes de salida objetivo de pre-corrección de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c durante el periodo en el que se

genera el impulso 10ua de voltaje de polaridad inversa. Por ejemplo, si el voltaje de salida objetivo de pre-corrección del inversor monofásico 5a de fase U es 350 V, el voltaje de salida objetivo de pre-corrección del inversor monofásico 5b de fase V es 100 V, y el voltaje de salida objetivo de pre-corrección del inversor monofásico 5c de fase W es 150 V, el voltaje común Vo se calcula como voltaje común $V_o = 225$ V, y el voltaje de salida objetivo de post-corrección del inversor monofásico 5a de fase U resulta igual a 125 V, el voltaje de salida objetivo de post-corrección del inversor monofásico 5b de fase V resulta igual a -125 V y el voltaje de salida objetivo de post-corrección del inversor monofásico 5c de fase W resulta igual a -75 V. Como consecuencia, resulta posible suprimir eficazmente los niveles de los voltajes de salida de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c y reducir los voltajes continuos requeridos por los inversores monofásicos individuales 5a a 5c.

Las FIGS. 6 y 7 son formas de onda de voltaje para explicar cómo se corrigen las salidas de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c. Se entiende que el voltaje común Vo es salidas de impulsos que tienen un periodo repetitivo igual a un tercio del periodo de una frecuencia fundamental tal como se muestra en la FIG. 6. En este caso, el voltaje común Vo es el voltaje medio del voltaje máximo V-max y del voltaje mínimo V-min de las salidas de los inversores monofásicos 5a a 5c durante el periodo en el que se genera el impulso de voltaje de polaridad inversa 10ua. Se entiende que las salidas de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c se reducen significativamente con respecto a un nivel de voltaje 12 del voltaje máximo original V-max después de la corrección según se muestra en la FIG. 7.

En relación con esto, puesto que el voltaje común Vo no contiene ningún componente de frecuencia fundamental, no se produce ningún cambio en la carga de potencia de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c como resultado de la resta del voltaje común Vo si las corrientes de fase tienen solamente la frecuencia fundamental.

En esta realización, el circuito inversor trifásico 4 da salida a un impulso de voltaje de polaridad inversa en cada impulso de voltaje básico cuya anchura de impulso se corresponde con un semiciclo del impulso de voltaje básico cada semiciclo del voltaje del sistema, y los inversores monofásicos individuales 5a a 5c suman los voltajes a los que da salida el control de PWM, a las salidas del circuito inversor trifásico 4 al realizar la corrección para suprimir los voltajes de salida tal como se ha descrito hasta el momento. Por este motivo, no es necesario llevar a cabo la operación de control de PWM usando altos voltajes y, por ello, es posible reducir las pérdidas de conmutación así como la capacidad del filtro de salida.

Además, es posible conseguir que la carga de potencia de los inversores monofásicos 5a a 5c sea aproximadamente cero, y, por tanto, equilibrar las cantidades de suministro y demanda de energía eléctrica ajustando las cantidades de potencia eléctrica suministrada a y demandada por los inversores monofásicos individuales 5a a 5c, mientras se evita que los voltajes de salida de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c aumenten. La FIG. 8 muestra la carga de potencia soportada por los inversores monofásicos 5a a 5c durante un periodo de semiciclo en relación con el voltaje de la batería solar 1, a partir de lo cual puede observarse que la carga de potencia se mantiene a nivel cero sobre un amplio intervalo de voltaje. Por este motivo, no es necesario que una parte de corriente continua de los inversores monofásicos 5a a 5c intercambie potencia eléctrica hacia y desde el exterior, y puede reducirse significativamente el voltaje máximo al que darán salida los inversores monofásicos 5a a 5c, de modo que pueden reducirse los voltajes continuos requeridos por los inversores monofásicos individuales 5a a 5c.

Por lo tanto, es posible conseguir que la estructura del aparato sea compacta y sencilla, y lograr una reducción de los costes y una mejora de la eficiencia de conversión.

Debe indicarse que el método de determinación del voltaje común Vo no se limita al ejemplo antes mencionado. En lo siguiente se describe un método alternativo.

Se determina un voltaje que debería restarse del máximo de tres voltajes de salida objetivo de pre-corrección de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c durante el periodo en el que se genera el impulso de voltaje de polaridad inversa de manera que el voltaje máximo se sitúe dentro de un intervalo de voltajes permisible y predefinido, y el voltaje así determinado se fija como voltaje común Vo. Por ejemplo, se supone que el voltaje al que pueden dar salida los inversores monofásicos 5a a 5c es 150 V, el voltaje de salida objetivo de pre-corrección del inversor monofásico 5a de fase U es 350 V, el voltaje de salida objetivo de pre-corrección del inversor monofásico 5b de fase V es 100 V y el voltaje de salida objetivo de pre-corrección del inversor monofásico 5c de fase W es 150 V. Para reducir el voltaje de salida objetivo de pre-corrección de 350 V del inversor monofásico 5a de fase U el cual es el voltaje máximo, el voltaje común Vo se fija como voltaje común $V_o = 200$ V. Consecuentemente, el voltaje de salida objetivo de post-corrección del inversor monofásico 5a de fase U se hace igual a 150 V, el voltaje de salida objetivo de post-corrección del inversor monofásico 5b de fase V resulta igual a -100 V y el voltaje de salida objetivo de post-corrección del inversor monofásico 5c de fase W resulta igual a -50 V. Como consecuencia, resulta posible suprimir los niveles de los voltajes de salida de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c, de manera que los niveles de los voltajes de salida se sitúan dentro del intervalo de voltajes permisible de una forma fiable, y se reducen, por tanto, los voltajes continuos requeridos para los inversores monofásicos individuales 5a a 5c.

Además, aunque los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa de las fases individuales se generan, cada uno de ellos, una vez aproximadamente en el punto del valor máximo de cada

5 corriente de fase en la realización antes descrita, es posible generar una pluralidad de impulsos de voltaje de polaridad inversa cada semiciclo, por ejemplo una vez cada cuarto de semiciclo. Preferentemente, el número de impulsos de voltaje de polaridad inversa debería ser lo menor posible, y se fija a unos cuantos impulsos o menos, ya que tiende a aparecer un deterioro en la precisión de la forma de onda debido a un aumento de las pérdidas por conmutación o a la aparición de armónicos si se incrementa el número de impulsos de voltaje de polaridad inversa.

10 Además, aunque las anchuras de impulso correspondientes a los impulsos 10ua, 10ub, 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa se controlan de tal manera que la carga de potencia de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c resulta aproximadamente cero en la realización antes descrita, es posible permitir que la carga de potencia de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c se sitúe dentro de un intervalo específico. En este caso, los voltajes de los condensadores 50 se mantienen permitiendo un intercambio de potencia eléctrica entre los condensadores 50 de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c y una fuente de alimentación externa de corriente continua, a través de un convertidor bidireccional DC/DC. La fuente de alimentación externa de corriente continua puede ser los condensadores 3 de suavización que constituyen la parte de corriente continua del circuito inversor trifásico 4.

15 Además, aunque la realización antes descrita está configurada para llevar a cabo el segundo ajuste con el fin de corregir los voltajes de salida objetivo de los inversores monofásicos individuales 5a a 5c, es posible llevar a cabo la operación de control sin realizar el segundo ajuste. Aunque resulte imposible reducir los voltajes continuos requeridos para los inversores monofásicos individuales 5a a 5c en este caso, es posible hacer que la carga de potencia sea aproximadamente cero ajustando las cantidades de potencia eléctrica suministradas y demandadas por los inversores monofásicos individuales 5a a 5c mediante el primer ajuste para generar los impulsos 10ua, 10ub, 20 10va, 10vb, 10wa, 10wb de voltaje de polaridad inversa.

25 Adicionalmente, el transformador trifásico 8 de aislamiento para conectar la alimentación trifásica de corriente alterna de la sección de inversor de la realización antes descrita al sistema 2 de alimentación, se puede conectar en una cualquiera de las configuraciones mostradas en las FIGS. 9(a) a 9(d). En particular, si el lado primario está conectado en una configuración delta, los voltajes generados por devanados del lado secundario contendrían menos armónicos y presentarían una precisión deseable en las formas de onda.

Aplicabilidad industrial

La invención se puede aplicar a un aparato de interconexión de sistemas, como un acondicionador de potencia para conectar una fuente de generación distribuida de energía a un sistema de alimentación trifásico.

30

REIVINDICACIONES

1. Aparato convertidor de potencia trifásico para conectar una fuente (1) de alimentación de corriente continua a un sistema (2) de alimentación trifásico, comprendiendo dicho aparato convertidor de potencia trifásico:
 - 5 - un condensador (3) de suavización conectado entre terminales positivos y negativos de la fuente (1) de alimentación de corriente continua;
 - un circuito inversor trifásico (4) para convertir potencia continua suministrada desde dicho condensador (3) de suavización, en potencia alterna trifásica; e
 - inversores monofásicos (5a a 5c) que están conectados en serie con líneas de salida de corriente alterna de fases individuales de dicho circuito inversor trifásico (4);
 - 10 - caracterizándose dicho aparato convertidor de potencia trifásico por que dicho circuito inversor trifásico (4) da salida a uno, o más, impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa en una región específica dentro de cada semiciclo de impulsos de voltaje básicos cuya frecuencia de impulso se corresponde con la de un voltaje del sistema, y
 - 15 - dichos inversores monofásicos individuales (5a a 5c) dan salida a voltajes mediante una operación de control por PWM, de tal manera que compensan diferencias entre voltajes de fase del sistema (2) de alimentación y salidas de dicho circuito inversor trifásico (4) respectivo, y corrigen las salidas de dicho circuito inversor trifásico (4) restando un voltaje común (Vo) de voltajes de salida objetivo de las fases individuales fijadas en la operación de control por PWM durante periodos en los que dicho circuito inversor trifásico (4) genera los impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa.
- 20 2. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 1, que se caracteriza por que se proporciona un transformador trifásico (8) de aislamiento entre dichos inversores monofásicos (5a a 5c) para tres fases y el sistema (2) de alimentación trifásico.
3. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 1 ó 2, que se caracteriza por que la anchura de impulso de los impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa a los que da salida dicho circuito inversor trifásico (4) se controla de manera que la carga de potencia soportada por dichos inversores monofásicos individuales (5a a 5c) durante un periodo de semiciclo del sistema (2) de alimentación resulta aproximadamente cero.
- 25 4. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 1 ó 2, que se caracteriza por que los impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa a los que da salida dicho circuito inversor trifásico (4) se generan a un ritmo de 1 impulso por semiciclo del sistema (2) de alimentación aproximadamente en un punto de un valor máximo de cada corriente de fase.
- 30 5. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 4, que se caracteriza por que la forma de onda completa del voltaje común (Vo) restado durante los periodos en los que se generan los impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa es una forma de onda de salida de impulsos que tiene un periodo repetitivo igual a un tercio de un ciclo alterno del sistema (2) de alimentación.
- 35 6. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 1 ó 2, que se caracteriza por que el voltaje común (Vo) restado durante los periodos en los que se generan los impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa se fija a un valor medio de los valores máximo y mínimo de los voltajes de salida objetivo de dichos inversores monofásicos individuales (5a a 5c) en los periodos pertinentes.
- 40 7. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 1 ó 2, que se caracteriza por que el voltaje común Vo restado durante los periodos en los que se generan los impulsos de voltaje de polaridad inversa, se determina de tal manera que el máximo de los voltajes de salida objetivo de dichos inversores monofásicos individuales (5a a 5c) en los periodos pertinentes se sitúa dentro de un intervalo permisible específico.
- 45 8. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 2, que se caracteriza por que el lado primario de dicho transformador trifásico (8) de aislamiento está conectado en una configuración delta.
9. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 1 ó 2, que se caracteriza por que dicha fuente (1) de alimentación de corriente continua es una batería solar.
- 50 10. Aparato convertidor de potencia trifásico para conectar una fuente (1) de alimentación de corriente continua a un sistema (2) de alimentación trifásico, comprendiendo dicho aparato convertidor de potencia trifásico:
 - un condensador (3) de suavización conectado entre terminales positivos y negativos de la fuente (1) de alimentación de corriente continua;
 - un circuito inversor trifásico (4) para convertir potencia continua suministrada desde dicho condensador (3)

de suavización, en potencia alterna trifásica; e

- inversores monofásicos (5a a 5c) que están conectados en serie con líneas de salida de corriente alterna de fases individuales de dicho circuito inversor trifásico (4);
 - caracterizándose dicho aparato convertidor de potencia trifásico por que dicho circuito inversor trifásico (4) da salida a uno, o más, impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa en una región específica dentro de cada semiciclo de impulsos de voltaje básicos cuya frecuencia de impulso se corresponde con la del voltaje del sistema;
 - dichos inversores monofásicos individuales (5a a 5c) dan salida a voltajes mediante una operación de control por PWM, de tal manera que compensan diferencias entre voltajes de fase del sistema (2) de alimentación y salidas de dicho circuito inversor trifásico respectivo (4), y
 - la anchura de impulso de los impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa a los que da salida dicho circuito inversor trifásico (4) se controla de manera que la carga de potencia soportada por dichos inversores monofásicos individuales (5a a 5c) durante un periodo de semiciclo del sistema (2) de alimentación resulta aproximadamente cero.
- 5
- 10
- 15
- 20
11. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 10, que se caracteriza por que los impulsos (10ua, 10va, 10wa), (10ub, 10vb, 10wb) de voltaje de polaridad inversa a los que da salida dicho circuito inversor trifásico (4) se generan a un ritmo de 1 impulso por semiciclo del sistema de alimentación aproximadamente en un punto de un valor máximo de cada corriente de fase.
 12. Aparato convertidor de potencia trifásico según la reivindicación 10 u 11, que se caracteriza por que dicha fuente (1) de alimentación de corriente continua es una batería solar.

FIG. 1

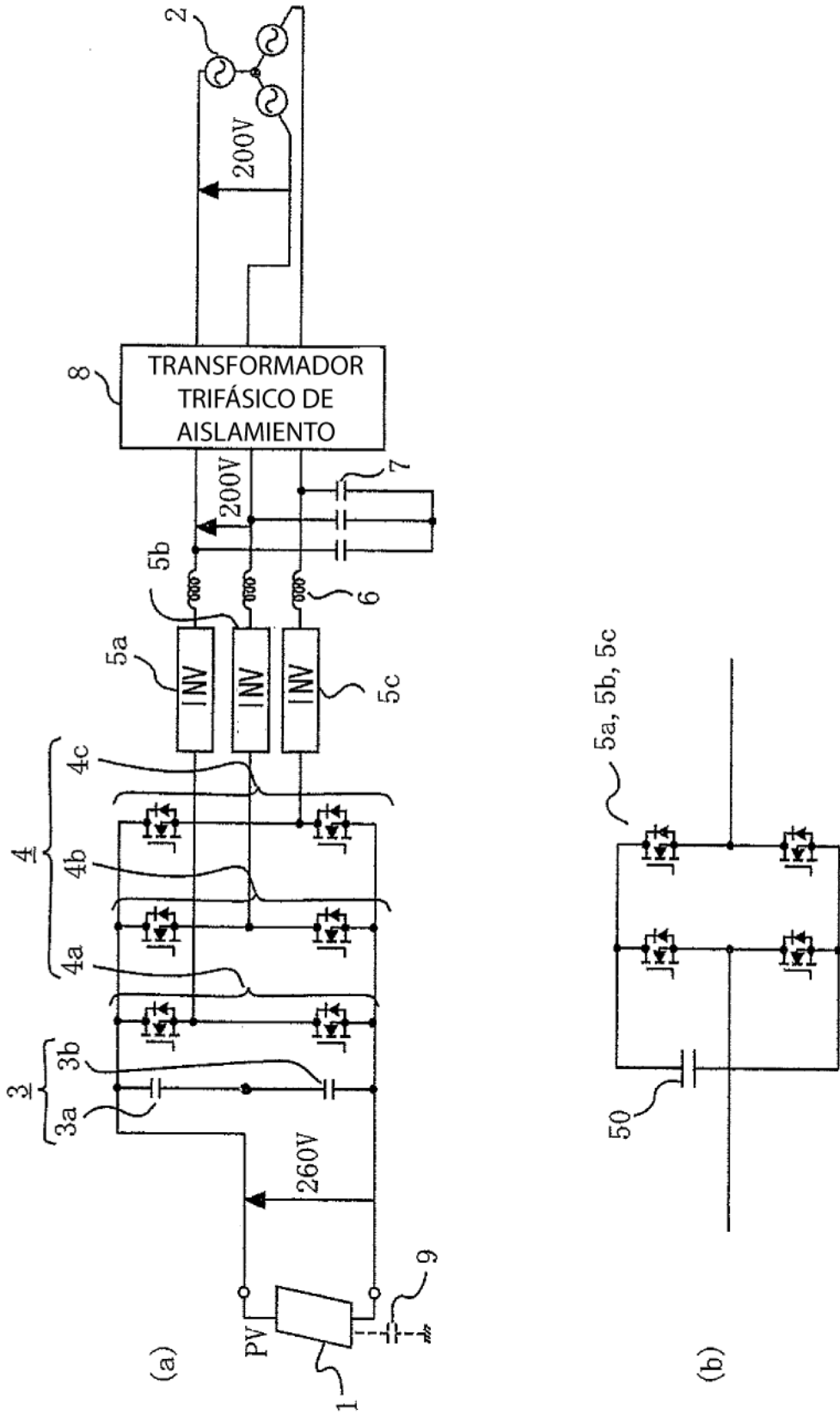
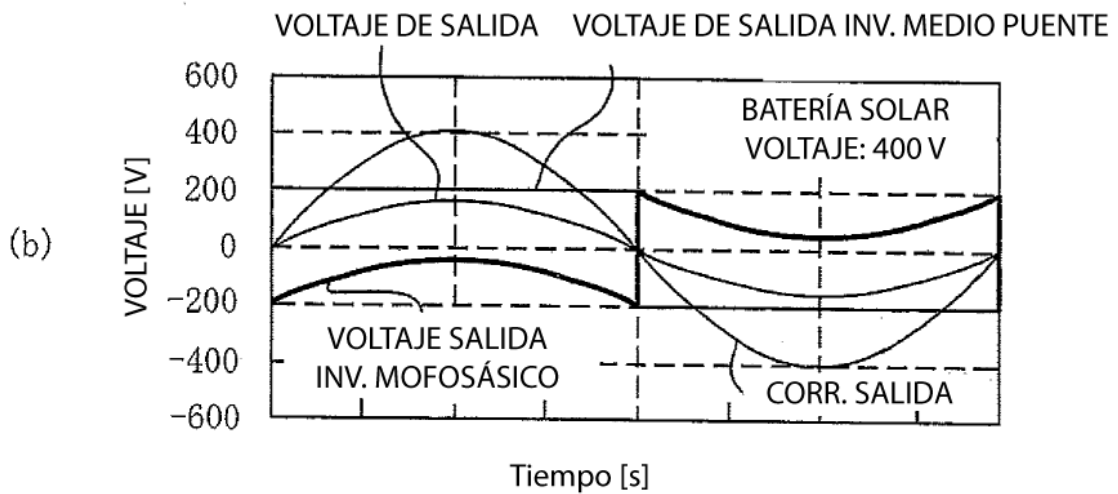
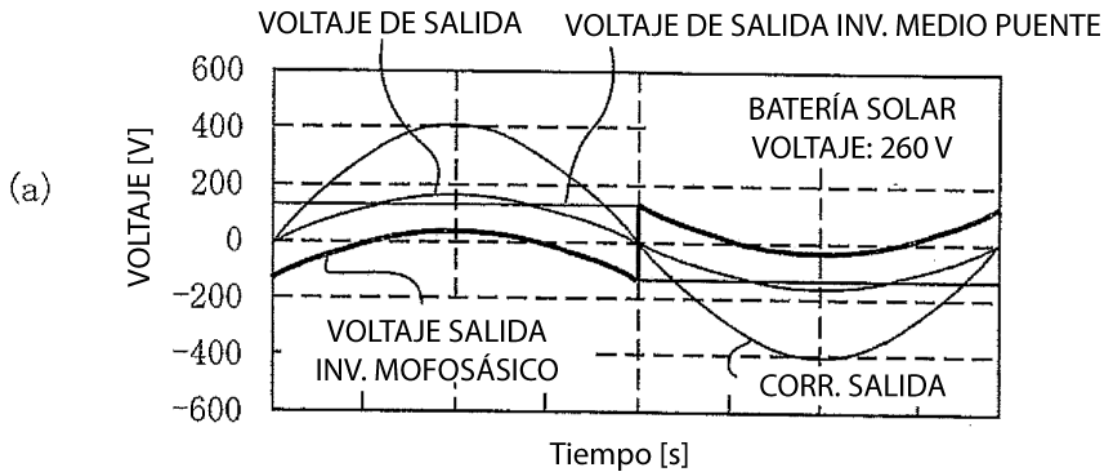


FIG. 2



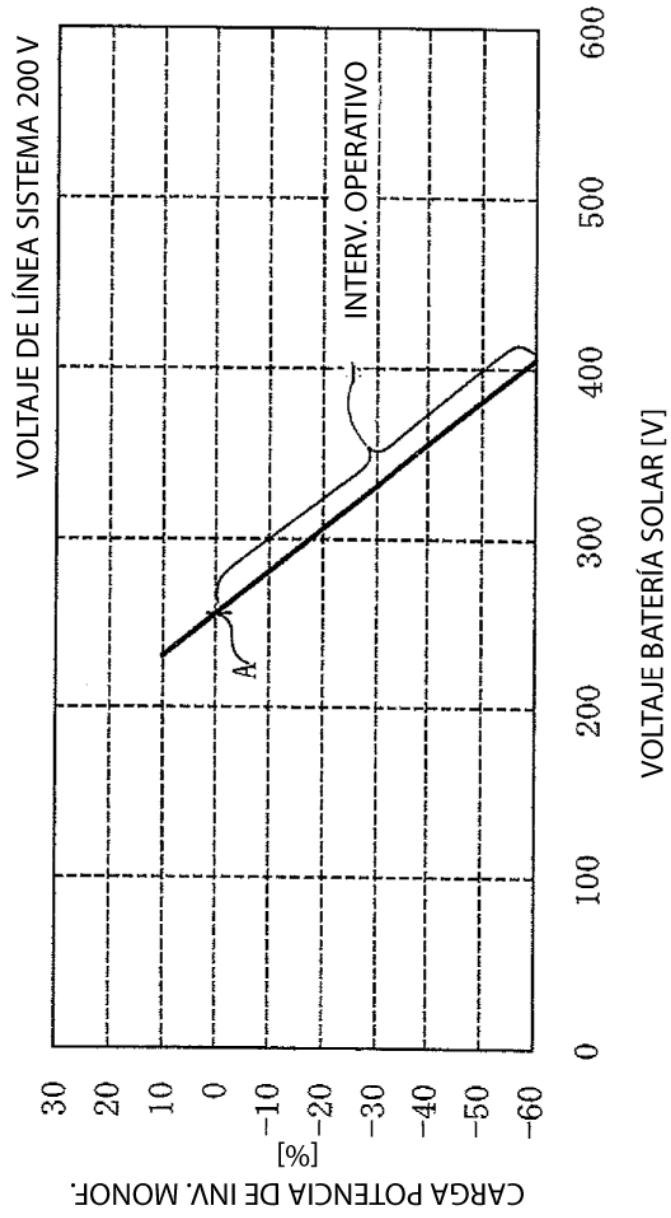
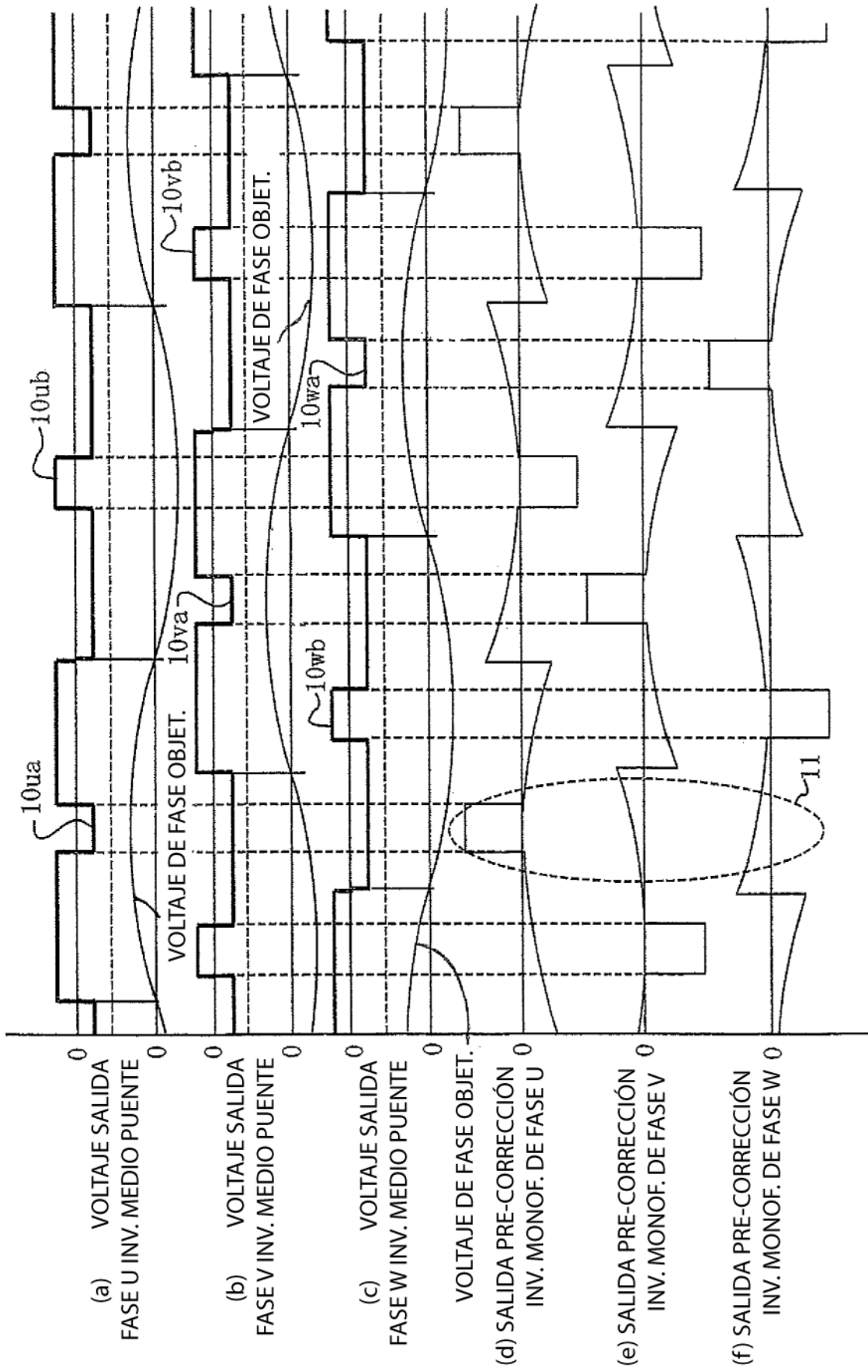


FIG. 3

FIG. 4



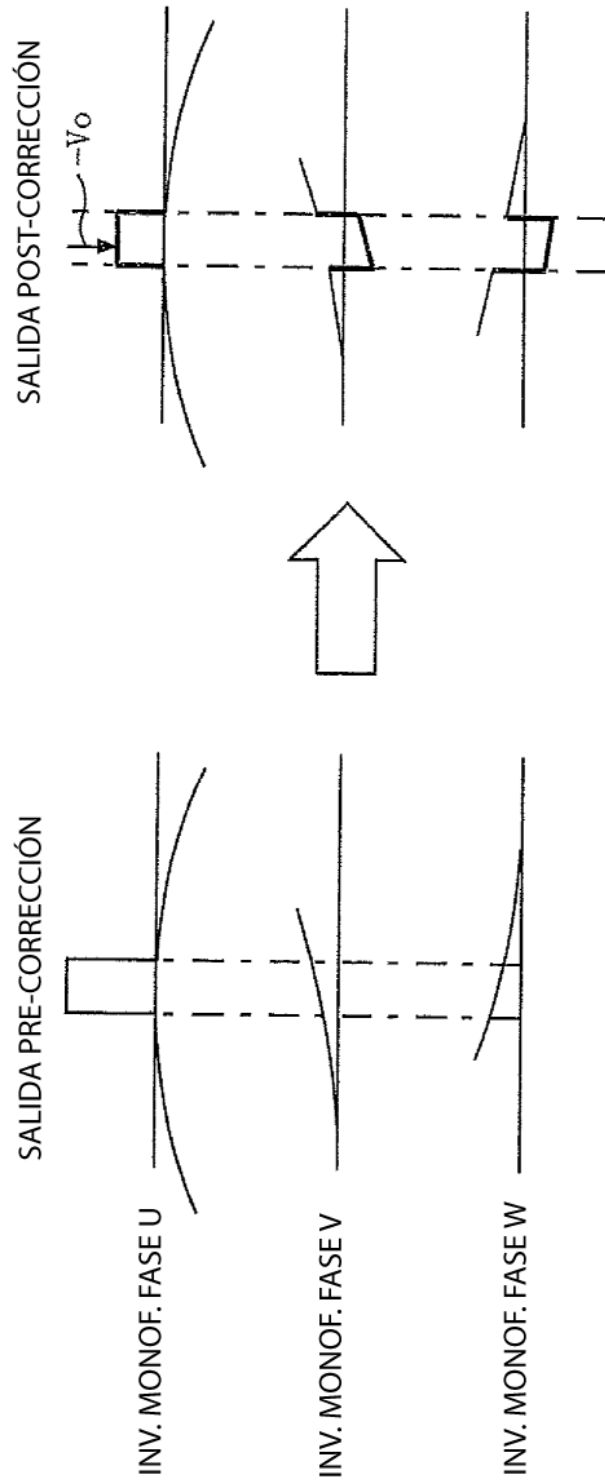


FIG. 5

FIG. 6

SALIDA PRE-CORRECCIÓN INV. MONOFÁSICA

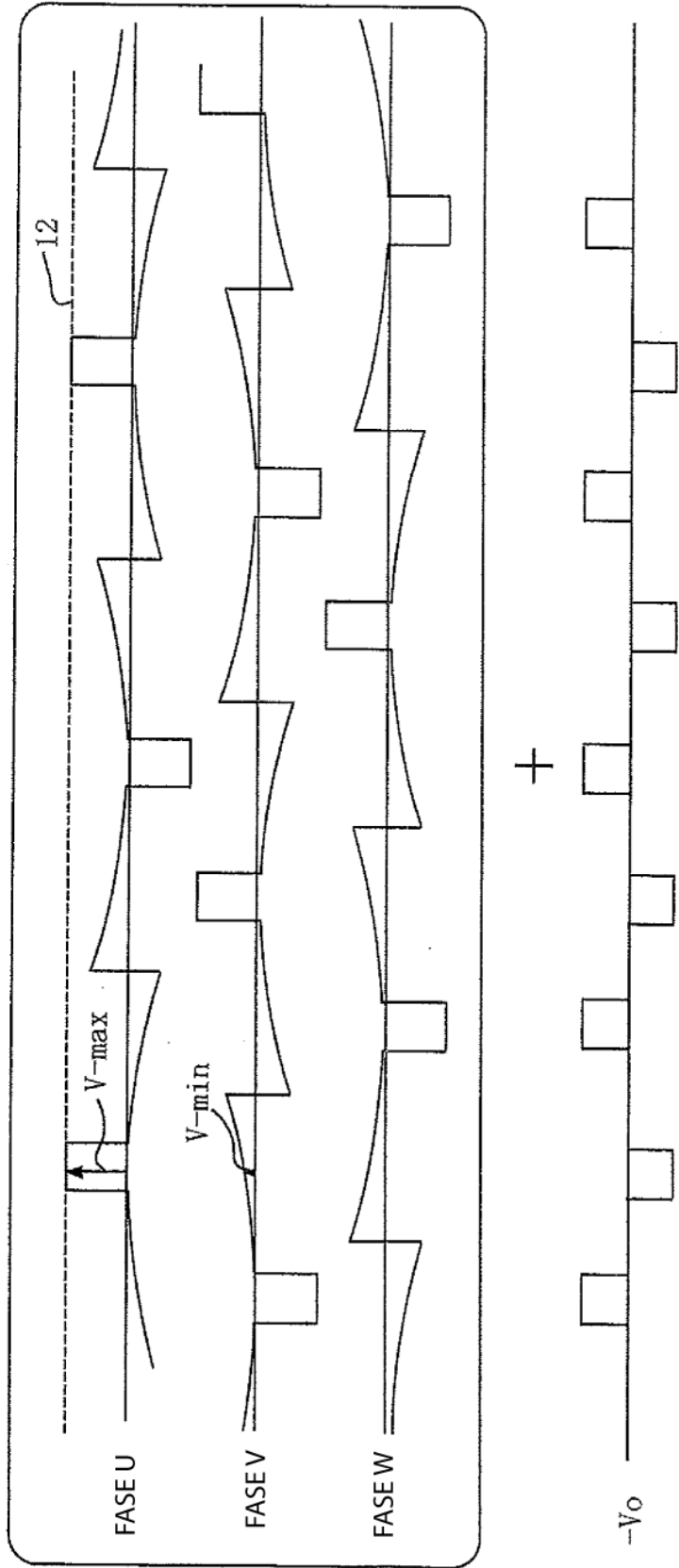
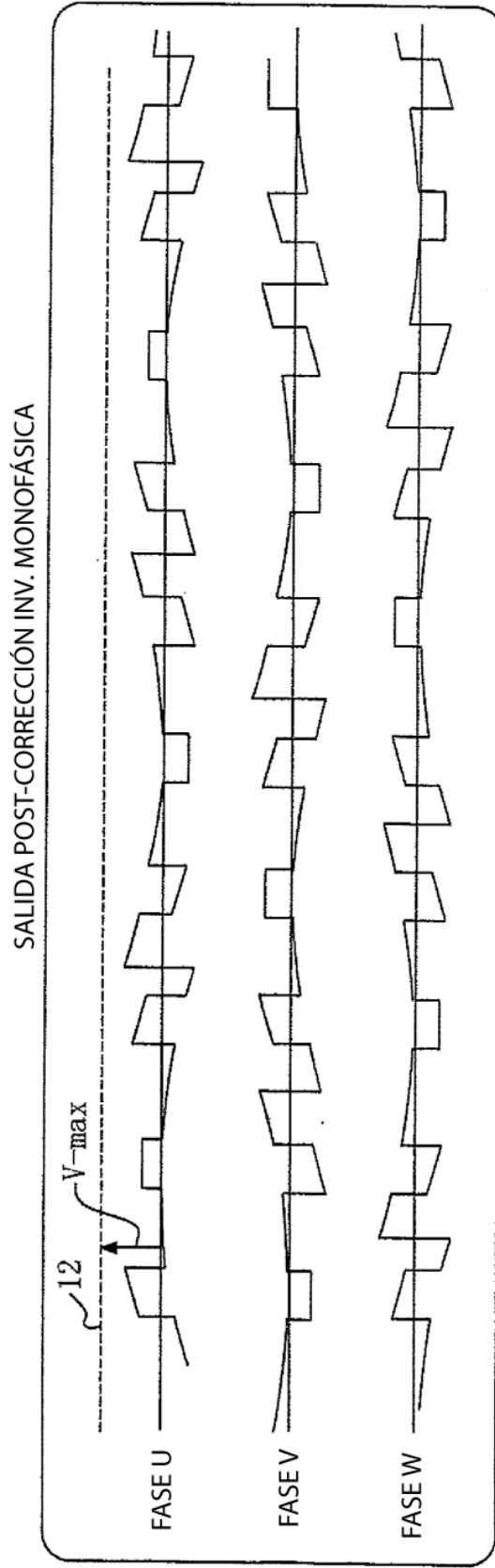


FIG. 7



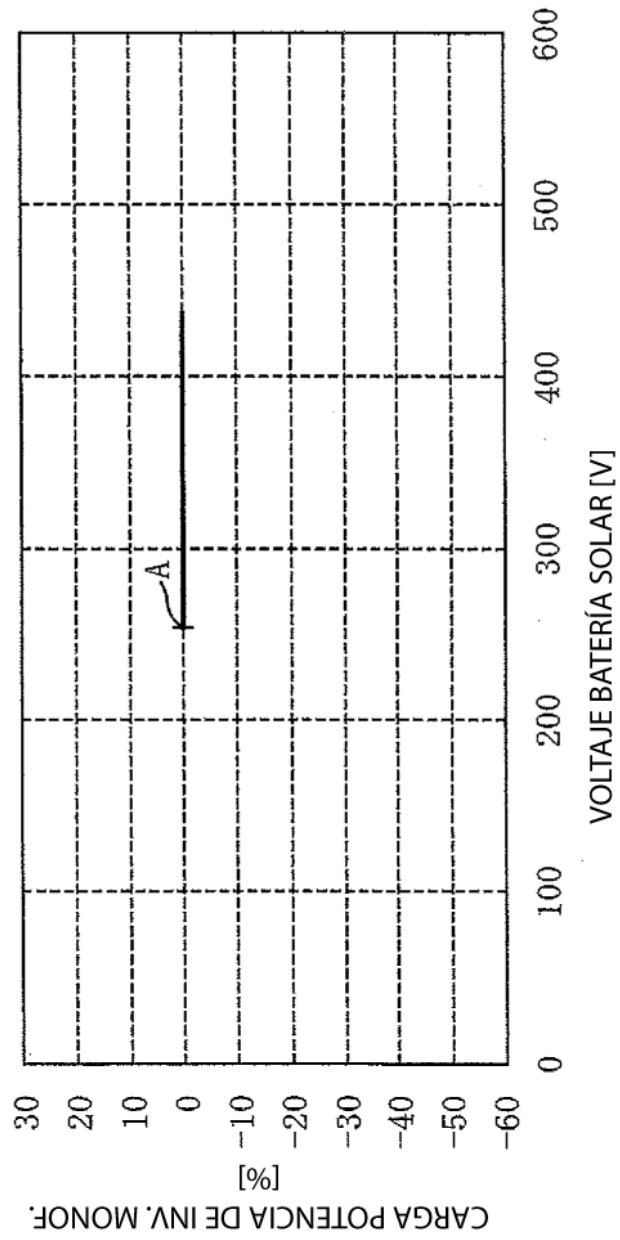


FIG. 8

FIG. 9

