

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 867 673**

21 Número de solicitud: 202130389

51 Int. Cl.:

H02M 3/335 (2006.01)

H02M 7/5387 (2007.01)

H03K 3/37 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

03.05.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

20.10.2021

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

10.06.2022

Fecha de concesión:

18.10.2022

45 Fecha de publicación de la concesión:

25.10.2022

73 Titular/es:

**POWER INNOTECH S.L. (100.0%)
C/ Caracas 18-20-22 Nave 4
08030 BARCELONA (Barcelona) ES**

72 Inventor/es:

SALA CASELLES, Vicent

74 Agente/Representante:

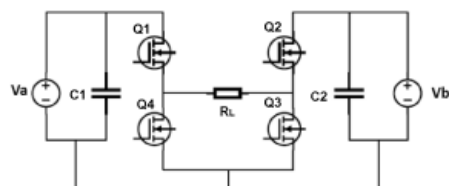
ESPIELL VOLART, Eduardo María

54 Título: **CONVERTIDOR DE CORRIENTE CONTINUA A CORRIENTE ALTERNA DE ONDA CUADRADA ASIMÉTRICA**

57 Resumen:

Convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica que comprende: dos fuentes de alimentación de corriente continua A y B que proporcionan, respectivamente, tensiones de salida V_A y V_B ; y cuatro dispositivos conmutadores (Q1, Q2, Q3 y Q4); en que dichas fuentes y dichos conmutadores forman una estructura puente que consta, al menos, de dos subestructuras Half-bridge, cada una de las cuales incluye dos de los dispositivos conmutadores y, al menos, una fuente de corriente continua, estando dichas subestructuras Half-bridge conectadas entre ellas en las ramas intermedia y baja, en la que la carga de trabajo R_L se conecta en la rama intermedia.

FIGURA 4



Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 867 673 B2

DESCRIPCIÓN

CONVERTIDOR DE CORRIENTE CONTINUA A CORRIENTE ALTERNA DE ONDA CUADRADA ASIMÉTRICA

5

OBJETO DE LA INVENCION

La invención, tal como expresa el enunciado de la presente memoria
10 descriptiva, se refiere a convertidor de corriente continua a corriente
alterna de onda cuadrada asimétrica que aporta, a la función a que se
destina, ventajas y características, que se describen en detalle más
adelante, y que suponen una mejora del estado actual de la técnica.

15 El objeto de la presente invención recae en un aparato convertidor de
corriente continua a corriente alterna (normalmente conocidos en el sector
por los respectivos acrónimos en español CC y CA o en inglés DC y AC)
de onda cuadrada asimétrica que, esencialmente destinado a su
utilización en el ámbito industrial de los tratamientos eléctricos de
20 superficies metálicas, se distingue por el hecho de ser capaz de
conmutar a alta frecuencia gracias a la particular configuración de los
elementos que comprende.

CAMPO DE APLICACIÓN DE LA INVENCION

25

El campo de aplicación de la presente invención se enmarca dentro del
sector de la industria dedicada a la fabricación de aparatos y dispositivos
eléctricos para regular tensiones y corrientes, abarcando particularmente
el ámbito de los convertidores de corriente continua a corriente alterna
30 destinados a un uso industrial en que se requieren corrientes eléctricas
reguladas, especialmente para los sectores que usan corrientes eléctricas

para producir modificaciones sobre superficies metálicas, como electroerosión, anodizado, galvanizado, con especial relevancia en el sector de los electropulidos, tanto en líquido como en seco, si bien no limita que otros sectores se puedan beneficiar de esta invención, como el

5 sector de la electrónica digital, así como electrónica analógica o la informática, entre otros.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Los tratamientos eléctricos de superficies metálicas, como son la electroerosión, el anodizado, el galvanizado, el electropulido en líquido y electropulido en sólido, los tratamientos de plasma, etc. tienen en común que se basan en aplicar algún tipo de corriente eléctrica a la superficie a

15 directamente del control y regulación que se tenga sobre la corriente aplicada.

Para producir unos efectos de pulido adecuado, se puede usar inversión de polaridad. Aplicar una tensión positiva oxida la superficie, generando

20 óxidos metálicos, y la tensión negativa ayuda a eliminar los óxidos generados. Como el efecto químico en la superficie es diferente, ambas tensiones tienen valores óptimos diferentes. Por lo que las tensiones asimétricas son necesarias.

25 La conmutación entre la tensión positiva y negativa a alta frecuencia mejora los acabados obtenidos. De este modo, la capa de óxido formada, que mayoritariamente es no conductora, es más fina, lo que evita bloqueos eléctricos a la vez que aumenta la selectividad del proceso en picos de rugosidad, mejorando la eficiencia de los procesos de pulido. Por

30 eso altas frecuencias de conmutación son necesarias.

Además, a medida que los procesos de electropulido se escalan a nivel industrial, se requieren tensiones o intensidades mayores. Por lo tanto se requieren sistemas robustos que sean capaces de trabajar con altas tensiones.

5

Así pues, en el sector del tratamiento de superficies metálicas existe una necesidad, que hasta la fecha no se ve solucionada completamente, de sistemas que proporcionen simultáneamente:

- 10 - tensiones asimétricas positivas y negativas
- a alta frecuencia de conmutación, y
- capaces de manejar altas tensiones.

De un modo más general y no centrado en el sector de los tratamientos de superficies, el aumento de la frecuencia de conmutación es también fundamental para muchas otras aplicaciones industriales, debido a que ayuda a la compactación y reducción de elementos pasivos tipo bobina o inductancia y condensadores, aumentando el rendimiento global.

20 Actualmente, una solución para obtener pulsos de tensión asimétricos en amplitud se usa la topología *Full-bridge* de cuatro dispositivos interruptores, o topología Puente-H (Figuras 1-A, 1-B, 1-C). Para generar estos pulsos de manera asimétrica a diferentes tensiones, el *Full-bridge* requiere que el bus de continua sea capaz de proporcionar dos tensiones
25 diferentes a una frecuencia mayor que la de conmutación. Por lo tanto, la fuente de DC que entrega la potencia al DC-bus debería disponer de una dinámica de control o regulación de la tensión DC de salida del orden de los microsegundos para frecuencias superiores a los 50 kHz.

30 Además, el DC-bus requiere un condensador para estabilizar las tensiones. Este tiene como contrapartida que actúa como un filtro que

suaviza los cambios rápidos de tensión que pudiese realizar una fuente DC de altas prestaciones y rápida dinámica de regulación.

5 Por lo tanto, con una topología clásica *Full-bridge* existen limitaciones para producir pulsos de tensión asimétricos en frecuencias de conmutación por encima del orden de los kHz.

Otras posibles soluciones aparentes consistirían en usar dos DC-bus en paralelo. Sin embargo, a la práctica el hecho de disponer de dos fuentes
10 de diferente tensión en paralelo hace inviable esta alternativa ya que se produciría un cortocircuito entre las dos fuentes.

El objetivo de la presente invención es, pues, solventar la problemática descrita mediante el desarrollo de un convertidor de DC a AC de onda
15 cuadrada asimétrica, capaz de conmutar a alta frecuencia.

Por otra parte, y como referencia al estado actual de la técnica, cabe señalar que, al menos por parte del solicitante, se desconoce la existencia de ningún otro aparato que presente unas características técnicas y
20 estructurales iguales o semejantes a las que presenta el que aquí se reivindica.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

25 El convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica que la invención propone se configura como la solución idónea al objetivo anteriormente señalado, estando los detalles caracterizadores que lo hacen posible y que lo distinguen convenientemente recogidos en las reivindicaciones finales que acompañan a la presente descripción.

30

Concretamente, lo que la invención propone, como se ha apuntado

anteriormente, es un aparato convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica capaz de conmutar a alta frecuencia, para lo cual, básicamente, comprende:

- 5 - dos fuentes de alimentación de corriente continua que proporcionan respectivamente, sendas tensiones de salida, y
 - cuatro dispositivos conmutadores,

tal que forman una estructura puente que consta, al menos, de dos
10 subestructuras *Half-bridge*, cada una de las cuales incluye dos dispositivos conmutadores y al menos una fuente de corriente continua, estando dichas subestructuras *Half-bridge* conectadas entre ellas en las ramas intermedia y baja, en la que la carga de trabajo se conecta en la rama intermedia de los conmutadores.

15

Con ello, el convertidor, preferentemente, es capaz de proporcionar a la carga de trabajo en la rama intermedia tres estados diferentes:

- 20 - Uno con dos de los conmutadores cerrados, que proporciona a la carga tensión proporcionada por una primera fuente,
 - otro con los otros dos conmutadores cerrados, que proporciona a la carga la tensión proporcionada por la otra fuente, y
 - otro con otros dos de los conmutadores cerrados, que no proporciona tensión a la carga dejando el sistema en neutro.

25

Además, el convertidor es capaz de conmutar entre los tres estados a alta frecuencia.

Preferentemente, los dispositivos conmutadores son conmutadores
30 MOSFET de SiC.

Preferentemente, cada subestructura *Half-bridge* incluye un condensador en paralelo a la fuente de alimentación.

5 Preferentemente, la duración de cada una de las etapas se regula de forma independiente.

Preferentemente, las dos fuentes de corriente continua son regulables en su valor de tensión de salida.

10 Con todo ello, las ventajas que proporciona el convertidor de la invención son múltiples.

En el estado de la técnica actual, para generar pulsos asimétricos a diferentes tensiones con un *Full-bridge* a alta frecuencia de conmutación,
15 se requiere que el DC-bus tenga una frecuencia de conmutación elevada. Esto requiere fuentes de muy altas prestaciones y alta dinámica de regulación con un coste elevado.

En el convertidor de la invención, la alta frecuencia viene determinada por
20 la frecuencia a la que los conmutadores pueden actuar, por lo que este convertidor aporta, de manera novedosa, la capacidad de generar pulsos de tensión asimétrica en amplitud a altas frecuencias de conmutación (>100 kHz) usando fuentes de corriente continua estándares, sin requerimientos de alta dinámica de regulación.

25 Este nuevo sistema objeto de la invención puede ser controlado y modulado ajustando un modulador usado para el convencional Puente-H, usando una codificación adecuada. Esto implica que en la implantación de esta nueva topografía pueden usarse elementos comercialmente
30 disponibles, lo que facilita su aplicación a nivel industrial.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, un juego de planos en el que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

Las figuras número 1-A, 1-B y 1-C.- Muestran respectivos esquemas de los estados de una topología *Full-bridge* o Puente-H junto con el diagrama de la tensión que se produce en cada etapa, como muestra de lo ya conocido;

la figura número 2.- Es un esquema de un ejemplo de una topología del convertidor objeto de la invención;

la figura número 3.- Es un diagrama de la onda cuadrada obtenida con el convertidor de la invención;

la figura número 4.- Es otro esquema de un ejemplo de una topología del convertidor objeto de la invención;

las figuras número 5-A, 5-B y 5-C.- Muestran respectivos ejemplos de esquemas de los estados de una topología del convertidor de la invención, junto con la tensión de onda cuadrada asimétrica que produce cada una.

la figura número 6.- Muestra un esquema del convertidor de la invención, en el cual se pueden observar cuatro semiconductores SiC MOSFET Chanel-N con sus diodos parásitos de libre circulación;

la figura número 7.- Muestra un esquema operacional de la fuente AC/DC controlada que suministra la tensión VDC1;

la figura número 8.- Muestra un esquema operacional de la fuente AC/DC controlada que suministra la tensión VDC2;

la figura número 9.- Muestra un diagrama de bloques de la unidad de control de los pulsers de potencia.

10 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

A la vista de las mencionadas figuras, y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar cómo el convertidor de DC a AC de onda cuadrada asimétrica, capaz de conmutar a alta frecuencia, objeto de la invención comprende, al menos:

- Dos fuentes de alimentación de corriente continua A y B que proporcionan respectivamente, tensiones de salida V_A y V_B
- Cuatro dispositivos conmutadores (Q1, Q2, Q3 y Q4)

20

Lo novedoso de esta invención es la configuración en la que se disponen estos elementos. Este convertidor incluye una estructura puente formada por dos subestructuras *Half-bridge*, cada una de las cuales incluye dos dispositivos conmutadores y una fuente de corriente continua. Las subestructuras *Half-bridge* están conectadas en las ramas intermedia y baja, quedando la rama alta sin conectar. La carga de trabajo se encuentra conectada entre las ramas intermedias de las subestructuras *Half-bridge*.

La primera subestructura *Half-bridge* incluye la fuente de corriente continua A y los conmutadores Q1 y Q4. La segunda subestructura *Half-*

bridge incluye la fuente de corriente continua B y los conmutadores Q2 y Q3.

Para facilitar la comprensión de la invención, se detallan a continuación
5 algunas definiciones sobre el objeto de la invención.

Así pues, se entiende como onda cuadrada asimétrica aquella que, como se aprecia en la figura 3, se puede describir de un modo ideal mediante un periodo T subdividido en una primera etapa de duración T_1 a un voltaje
10 cero, una segunda etapa de duración T_2 a un voltaje V_A , una tercera etapa de duración T_3 a un voltaje cero, y una cuarta etapa final de duración T_4 a un voltaje V_B . Los valores V_A y V_B son habitualmente diferentes, aunque también pueden ser iguales. La duración de cada etapa también puede ser diferente. La duración de alguna o varias de las etapas puede ser
15 cero. Un ejemplo de una representación de onda rectangular con los parámetros que la definen se puede ver esquematizado en la Figura 3.

En este texto se entiende como alta frecuencia aquella en que el periodo o la duración de como mínimo alguna de sus etapas es inferior a 1 ms, o
20 que su frecuencia sea del orden de los kHz o superior.

La topología del convertidor de la invención puede incluir un condensador en paralelo a cada fuente de alimentación de corriente continua que estabiliza la tensión de salida.
25

Esta topología permite la conexión de dos fuentes de corriente continua de tensión asimétrica en paralelo a cada una de las subestructuras *Half-bridge*. El hecho de no disponer de la parte alta del DC-bus de una estructura *Full-bridge* clásica permite trabajar con dos tensiones
30 diferentes sin que se produzca, en la práctica, un cortocircuito de las dos tensiones de la fuente. Para hacerlo, esta estructura ha de ser controlada

o modulada mediante tres únicos estados, tal como se puede ver en las Figuras 5-A, 5.B y 5-C.

Esta topología permite operar en tres únicos estados que proporcionan
5 tensiones diferentes a R_L :

- Uno con dos de los conmutadores Q1-Q3 cerrados, que proporciona a la carga R_L la tensión $+V_A$ (figura 5-A).
- Uno con los otros dos conmutadores Q2-Q4 cerrados, que
10 proporciona a la carga R_L la tensión $-V_B$ (figura 5-B).
- Y uno con otros dos de los conmutadores Q3-Q4 cerrados, que no proporciona tensión a la carga R_L dejando el sistema en neutro (figura 5-C).

15 En las tres figuras, se ha representado la tensión en la onda cuadrada, representada junto a cada esquema de cada etapa, mediante línea de trazo discontinuo.

Respecto a los cuatro estados de una topología Full-bridge, esta
20 topología opera con tres estados equivalentes a esa topología. Para proteger de un posible cortocircuito de las dos fuentes de corriente continua a través de la carga, se evita el cuarto estado (Q1-Q2 cerrados).

Esta topología del convertidor de la invención permite el uso de dos buses
25 de corriente continua en paralelo a través del convertidor sin peligro de cortocircuito de las fuentes de corriente continua asimétrica.

Las fuentes DC o fuentes de alimentación de corriente continua proporcionan la tensión al sistema.

30

Preferentemente las fuentes DC permiten regular la tensión de la corriente

continua de salida, de esta manera se puede adaptar el convertidor a diferentes tensiones requeridas.

Una ventaja de esta invención es que las fuentes DC no es necesario que
5 sean fuentes de altas prestaciones dinámicas, ya que la frecuencia de conmutación viene determinada por los conmutadores, no por la fuente.

Por su parte, los dispositivos conmutadores cierran o abren el circuito eléctrico en función de un input. La frecuencia de conmutación del aparato
10 de esta invención viene determinada por la frecuencia de conmutación de los dispositivos conmutadores.

Preferentemente, se usan transistores MOSFET (Metal oxide semiconductor field-effect transistor) o IGFET (Insulated-gate field-effect transistor), ya que presentan un tiempo de vida largo y una velocidad de
15 conmutación elevada. Dentro de estos transistores, son de uso preferente los MOSFET de SiC, por reducir la cola durante la conmutación, lo que reduce el tiempo de conmutación y mejora la estabilidad. También presentan menor resistencia en estado ON y menor capacitancia.

20

Por otra parte, en aplicaciones que requieran tensiones muy estables se prevé el uso de condensadores. Estos condensadores se encuentran en cada subestructura Half-bridge en paralelo a la fuente de alimentación de corriente continua.

25

Los condensadores en paralelo a una fuente de corriente continua reciben el nombre de BUS de continua o BUS DC, cuya función es filtrar y regular el valor de tensión que genera la fuente a la que están conectados. Si la corriente eléctrica generada por las fuentes presentan ruido, los
30 condensadores lo filtran. Por otro lado, estos condensadores también hacen la función de buffer o pulmón de corriente, en fuentes que disponen

de un condensador de salida pequeño, éstas no pueden suplir grandes consumos de corriente en poco tiempo (dinámica lenta) y no se podría producir picos de corriente transitorios por falta de velocidad. En estos casos, los condensadores en paralelo a la salida hacen de pulmón
 5 pudiendo proporcionar estos picos de corriente si la carga necesita mucha corriente en poco tiempo, liberando a la fuente DC.

Para aplicaciones que requieren alta velocidad, los condensadores de BUS pueden ser un problema ya que su capacidad de respuesta depende
 10 de su dinámica o constante de tiempo. Por ejemplo, con condensadores clásicos no sería posible generar pulsos de microsegundos.

Como contrapartida a la estabilización de la señal, estos condensadores afectan a la velocidad de conmutación. Cuando los condensadores se
 15 encuentran presentes disminuye la derivada de la tensión vs el tiempo, es decir la onda aplicada requiere un tiempo mayor para llegar a la tensión final en cada nueva etapa.

Esta invención genera, como corriente de salida, ondas cuadradas
 20 asimétricas controlables en sus parámetros.

Mediante un módulo de control, como los usados para controlar un *Full-bridge*, se regula los tiempos en los que el sistema se encuentra en los tres estados Q1-Q3, Q2-Q4 y Q3-Q4.
 25

Aunque no es estrictamente necesario, las tensiones de salida se prevé que sean regulables mediante el uso de fuentes DC de tensión regulable.

Atendiendo a la figura 6 se observa un ejemplo del esquema del
 30 convertidor de la invención, en el cual se pueden observar cuatro semiconductores SiC MOSFET Chanel-N (T1H, T1L, T2H y T2L) con sus

diodos parásitos de libre circulación.

La topología mostrada presenta dos puntos de alimentación o dos DC-Links parcialmente aislados. Entre el punto +VDC1 y el punto GND1 se conecta la salida DC de la fuente AC/DC que gobernará la tensión de los pulsos positivos o tensión positiva. Entre los puntos +VDC2 y el punto GND2 se conecta la salida DC de la fuente AC/DC que gobernará la tensión de los pulsos negativos o tensión negativa.

10 Cuando se encuentran en estado de ON los semiconductores T1H y T2L (y por lo tanto se encuentran en estado de OFF los semiconductores T2H y T1L), la tensión +VDC1 aparece aplicada entre las Salidas A1 y K1. Este estado permanecerá aplicado en dichos semiconductores durante el tiempo de duración consignado para el pulso Positivo. En este estado, la corriente fluye hacia la carga saliendo por A1 y entrando por K1, una vez 15 atravesada la carga.

Cuando se encuentran en estado de ON los semiconductores T2H y T1L (y por lo tanto se encuentran en estado de OFF los semiconductores T1H y T2L), la tensión +VDC2 aparece aplicada entre las Salidas K1 y A1. Este estado permanecerá aplicado en dichos semiconductores durante el tiempo de duración consignado para el pulso Negativo. En este estado, la corriente fluye hacia la carga saliendo por K1 y entrando por A1, una vez 20 atravesada la carga.

25

Cuando se pretende aplicar los tiempos de pulsos nulos o estados muertos, se activan los semiconductores T1L y T2L, fijando una tensión nula en las salidas A1 y K1 del convertidor.

30 En la figura 6, se puede observar como los potenciales GND1 y GND2 quedan unidos al conectarse al punto bajo del DC-Link del convertidor de

la invención.

En dicha figura 6 se observa, asimismo, la existencia de un sensor (s) junto a la salida A1.

5

La figura 7 muestra el esquema operacional de la fuente AC/DC controlada que suministra la tensión VDC1. Esta fuente de alimentación se alimenta mediante señal trifásica RST+N+PE de 230Vac (F-N) 50Hz. La regulación del valor de tensión DC de salida, se realiza mediante una
10 señal 0-6V de setpoint, siendo correspondiendo el valor de consigna de 0V a 0V de tensión de salida, y el de 6V a los 60V máximos de salida. La medida de tensión de salida se toma directamente desde las barras de tensión +VDC1 / GND1 de salida de la fuente.

15 Por su parte, la figura 8 muestra el esquema operacional de la fuente AC/DC controlada que suministra la tensión VDC2. Esta fuente de alimentación se alimenta mediante señal trifásica RST+N+PE de 230Vac (F-N) 50Hz. La regulación del valor de tensión DC de salida, se realiza mediante una señal 0-6V de setpoint, siendo correspondiendo el valor de
20 consigna de 0V a 0V de tensión de salida, y el de 6V a los 60V máximos de salida. La medida de tensión de salida se toma directamente desde las barras de tensión +VDC2 / GND2 de salida de la fuente.

En ambas figuras 7 y 8, el circuito comprende, esencialmente, los
25 siguientes elementos convencionales:

- filtro EMI (1),
- rectificadores y PFC (2),
- control PFC (3)
- 30 - conmutador de energía (4)
- circuito de control (5)

- O.T.P. (6)
 - rectificadores y filtros (7)
 - circuito de detección (8)
 - límite actual (9)
 - 5 - O.V.P. (10)
 - aislador y relé (11)
 - potencia auxiliar (12)
 - ventilador (13)
- 10 Finalmente, atendiendo a la figura 9 se observa un esquema de bloques de la unidad de control (14) de los púlsers de potencia. La unidad de control se comunica con el PLC de control mediante un bus industrial (15) con protocolo MODBUS TCP. Mediante este protocolo, el PLC de control le envía a la unidad de control de la Potencia las consignas de tensión
- 15 positiva (+VDC1) y negativa (+VDC2). También se le envía el valor deseado de los cuatro tiempos de pulsación. A partir de las consignas de tensión, tanto positivas como negativas, el sistema de control genera una señal de tensión 0V – 6V para cada una de las dos fuentes AC/DC, consignando así el valor de DC deseado en cada una de ellas.
- 20
- Por otra parte, el sistema de control, a partir de las consignas de tiempos de pulso, genera una modulación para cada uno de los semiconductores SiC Mosfet del convertidor de la invención. Estas cuatro señales se envían mediante fibra óptica (16) para evitar interferencias y retardos de
- 25 sincronía entre ellas. Las señales ópticas llegan a los drivers de puerta (17) que se encargan de transformar las señales ópticas en señales eléctricas de formato +20V / -3V, óptimas para el disparo de puerta de un semiconductor SiC.
- 30 El sistema de control de potencia también es el encargado de recoger las medidas de tensión de cada fuente DC, así como la medida de corriente

de salida. Una vez filtrada y formateada esta información, las medidas son enviadas al PLC de control mediante el bus de protocolo MODBUS TCP

- Descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como
- 5 la manera de ponerla en práctica, no se considera necesario hacer más extensa su explicación para que cualquier experto en la materia comprenda su alcance y las ventajas que de ella se derivan.

REIVINDICACIONES

1.- Convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica, está **caracterizado** por comprender:

5

- dos fuentes de alimentación de corriente continua A y B que proporcionan, respectivamente, tensiones de salida V_A y V_B ; y
- cuatro dispositivos conmutadores (Q1, Q2, Q3 y Q4);

10 en que dichas fuentes y dichos conmutadores forman una estructura puente que consta, al menos, de dos subestructuras Half-bridge, cada una de las cuales incluye dos de los dispositivos conmutadores y, al menos, una fuente de corriente continua, estando dichas subestructuras Half-bridge conectadas entre ellas en las ramas intermedia y baja, en la
15 que la carga de trabajo R_L se conecta en la rama intermedia

caracterizado porque proporciona a la carga de trabajo en la rama intermedia tres estados diferentes:

- 20
- uno con dos de los conmutadores Q1-Q3 cerrados, que proporciona a la carga R_L tensión proporcionada por la primera fuente A,
 - uno con los otros dos conmutadores Q2-Q4 cerrados, que proporciona a la carga R_L la tensión proporcionada por la segunda
- 25
- uno con otros dos conmutadores Q3-Q4 cerrados, que no proporciona tensión a la carga R_L , dejando el sistema en neutro.

2.- Convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque se conmuta
30 entre los tres estados a alta frecuencia.

3.- Convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque los dispositivos conmutadores (Q1, Q2, Q3 y Q4) son conmutadores MOSFET de SiC.

4.- Convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque cada subestructura Half-bridge incluye un condensador en paralelo a la fuente de alimentación.

5.- Convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la duración de cada una de las etapas se regula de forma independiente.

6.- Convertidor de corriente continua a corriente alterna de onda cuadrada asimétrica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque las fuentes de corriente continua A y B son regulables en su valor de tensión de salida V_A y V_B .

FIGURA 1-A

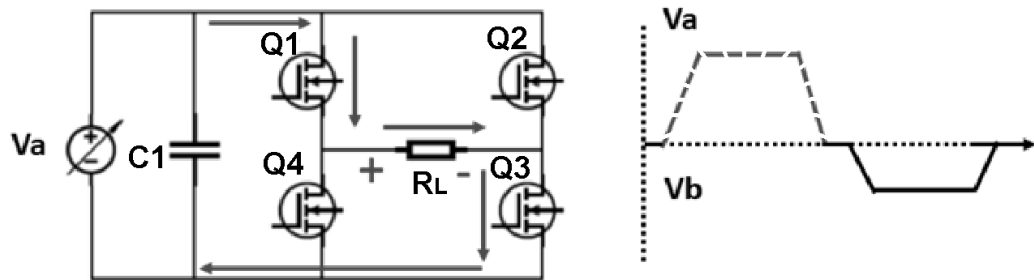


FIGURA 1-B

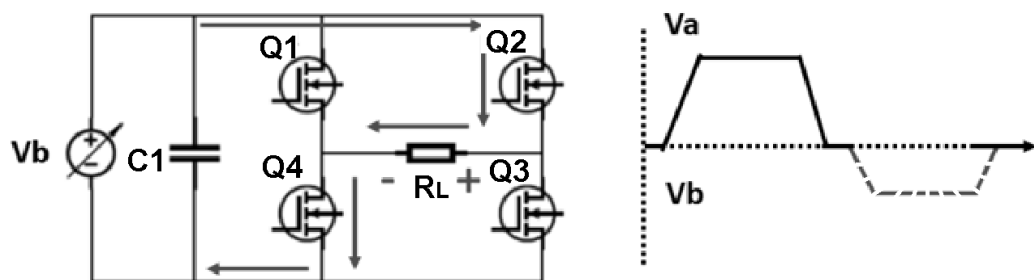


FIGURA 1-C

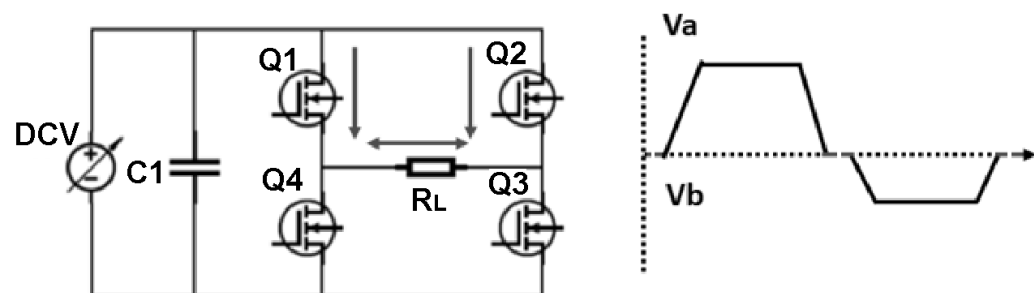


FIGURA 2

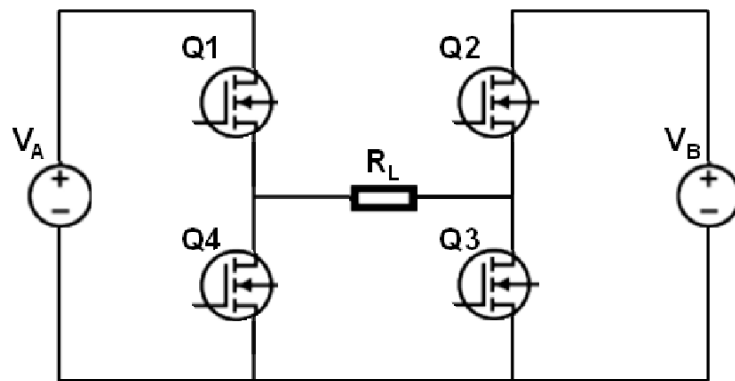


FIGURA 3

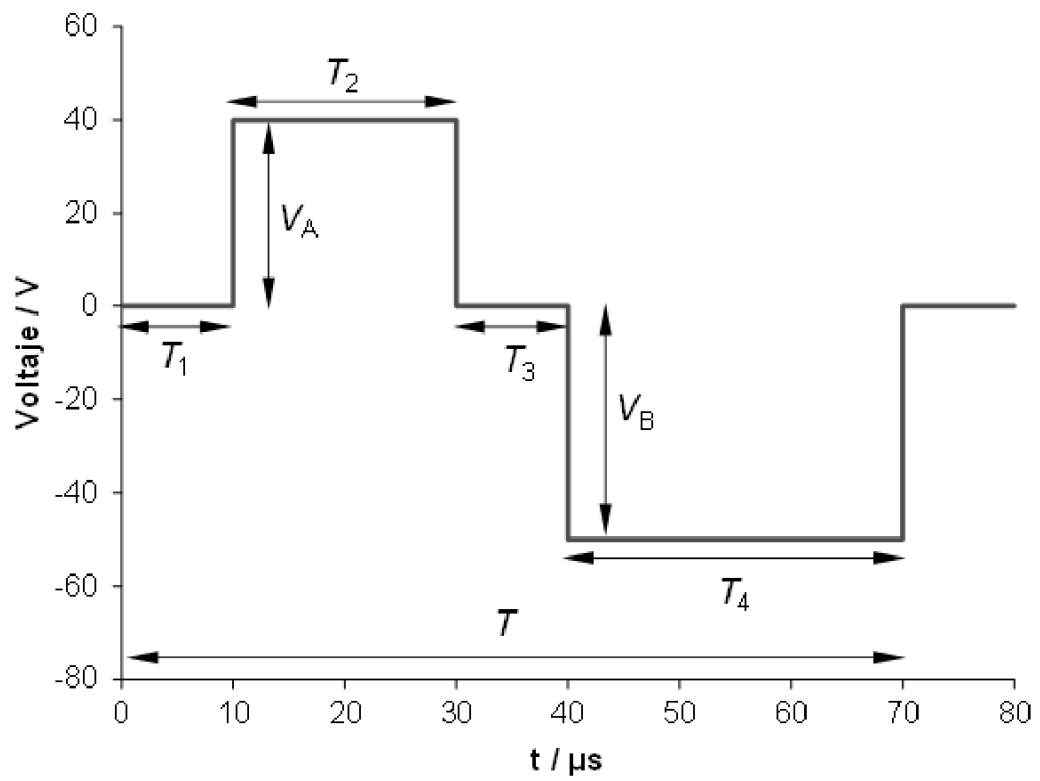


FIGURA 4

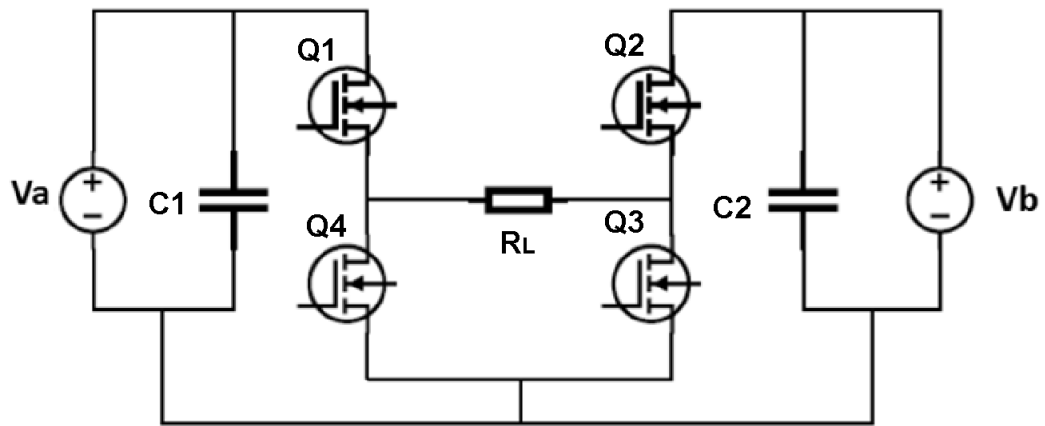


FIGURA 5-A

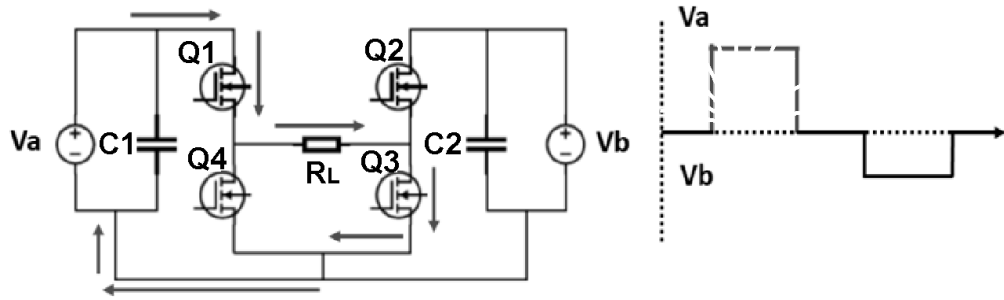


FIGURA 5-B

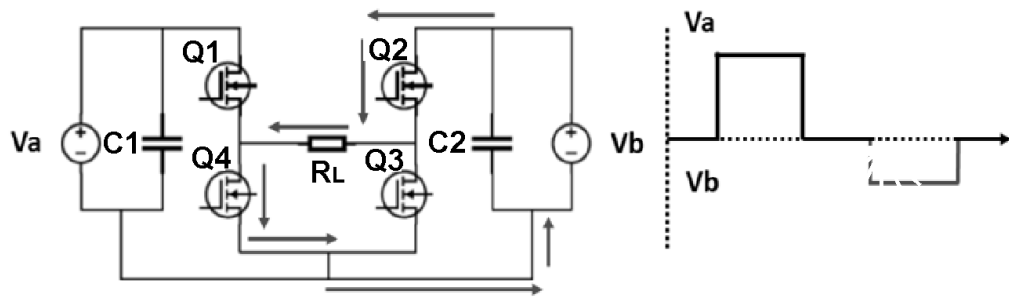


FIGURA 5-C

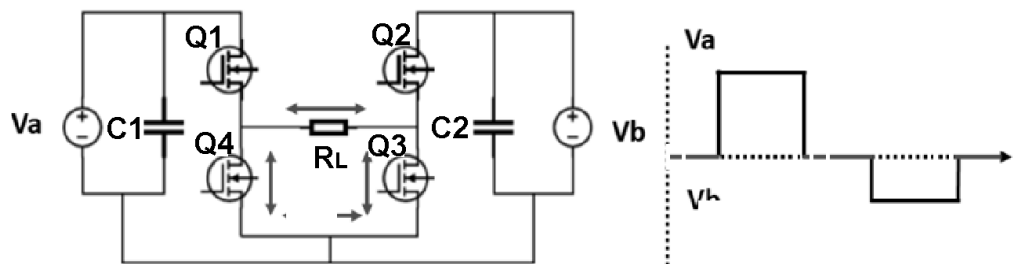


FIGURA 6

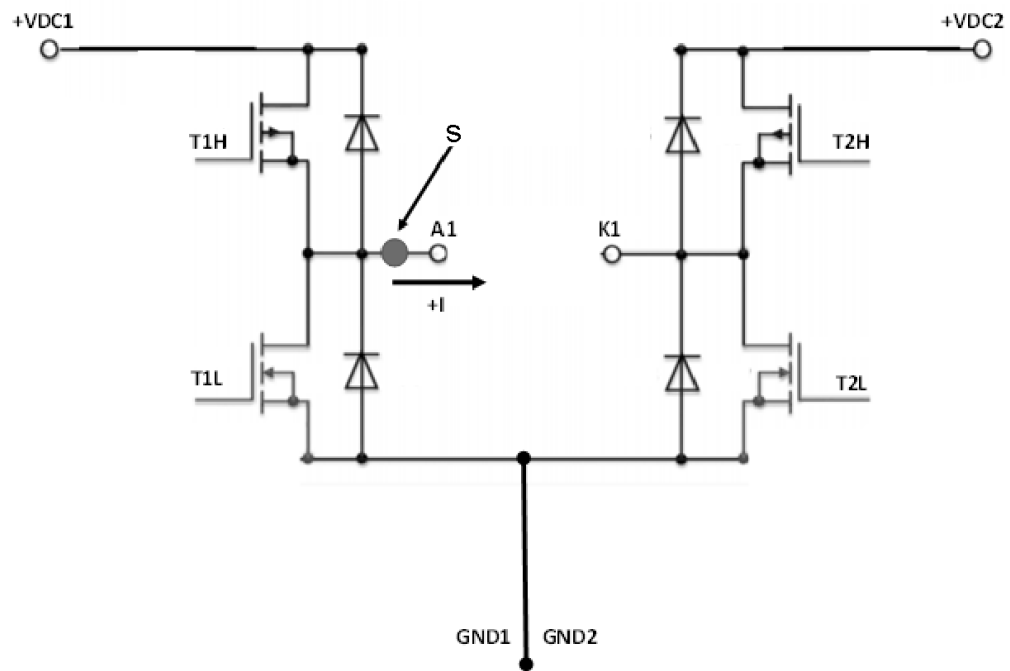


FIGURA 7

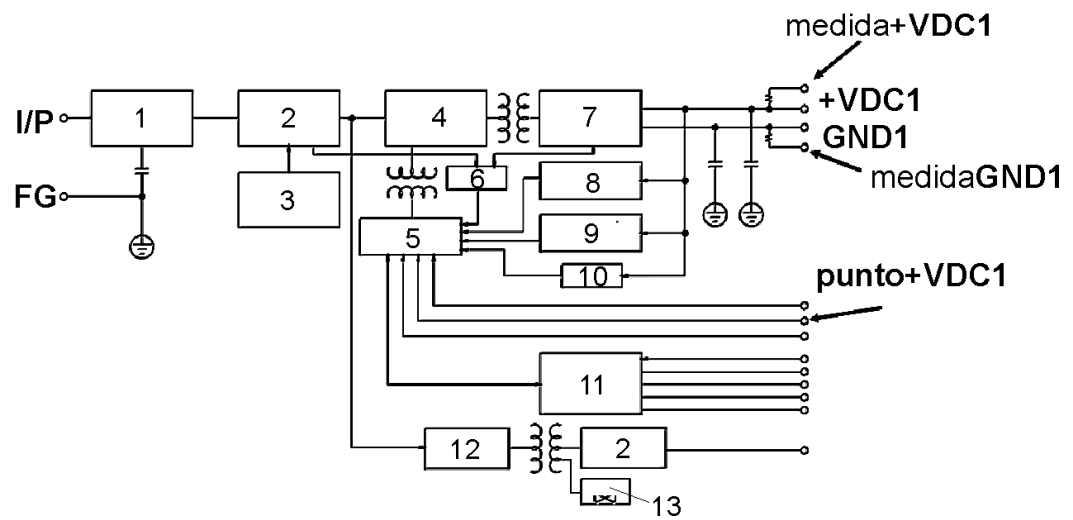


FIGURA 8

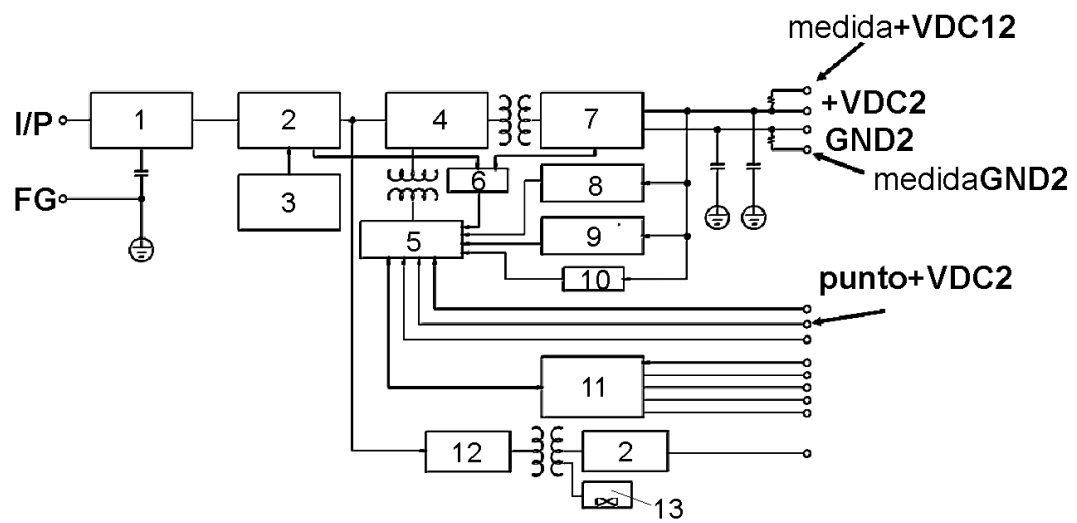


FIGURA 9

