

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 961**

51 Int. Cl.:

H02M 1/15

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2012** **E 12190725 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020** **EP 2595291**

54 Título: **Convertidor de potencia dotado de varias fuentes de corriente controladas conectadas en paralelo**

30 Prioridad:

15.11.2011 FR 1160350

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.11.2020

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS
(100.0%)
33, rue André Blanchet
27120 Pacy sur Eure, FR**

72 Inventor/es:

**BOULHARTS, HOCINE;
VANG, HEU;
DEVOS, THOMAS y
SEPULCHRE, RODOLPHE**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 793 961 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

Convertidor de potencia dotado de varias fuentes de corriente controladas conectadas en paralelo

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un convertidor de potencia dotado de varias fuentes de corriente controladas conectadas en paralelo.

Estado de la técnica

El empleo de una fuente de corriente controlada en un convertidor de potencia se describe en las publicaciones siguientes:

- ERTL H ET AL "A constant Output Current Three Phase Diode Bridge Rectifier Employing a Novel Electronic Smoothing Inductor" - Vol. 52, n. 2, 01 abril 2005 - páginas 454-461, XP011129546 - ISSN:0278-0046, DOI : DOI : 10.1109/TIE.2005.843910,
- SALMON J ET AL "Improving the Opération of 3-Phase Diode Rectifiers using an asymmetrical half-bridge DC-link active filter"- Vol. Conf. 35, 08 octubre 2000 - páginas 2115-2122, XP001042610-DOI : DOI : 10.1109/IAS.2000.883118-ISBN:978-0-7803-6402-8.
- Cosmin Galea et Al "New topology of electronic smoothing inductor used in three phase electric drives"- *ELECTRICAL POWER QUALITY AND UTILISATION (EPQU)*, 2011 11TH Conferencia Internacional On, IEEE - 17/10/2011, páginas 1-6. DOI : 10.1109/EPQU.2011.6128837 - ISBN : 978-1-4673-0379-8.
- MINO K et Al "Ultra compact three phase rectifier with electronic smoothing inductor", - *APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION, 2005. APEC 2005. TWENTIETH ANNUAL IEEE AUSTIN, TX, USA 6-10 MARCH 2005, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, vol. 1, 6 marzo 2005, páginas 522-528, XP010809841. DOI : 10.1109/APEC.2005.1452989 - ISBN 978-0-7803-8975-5.*

En estas publicaciones, la fuente de corriente controlada está formada de una inductancia y de una fuente de tensión variable conectadas en serie sobre el bus continuo de alimentación de un convertidor de potencia. La fuente de corriente controlada permite controlar la forma de la corriente a la salida de la fase rectificadora, denominada a continuación corriente rectificadora, y por tanto actuar sobre los armónicos de la corriente de entrada del convertidor, siendo representada la importancia de estos armónicos por dos indicadores denominados TGH_i ("Total Harmonic Distortion of Current") y PWHD ("Partial Weighted Harmonic Distortion").

El THDi corresponde al índice de distorsión armónico de corriente y representa por tanto el valor eficaz de los armónicos con respecto al valor eficaz de la corriente fundamental. El PWHD introduce por su parte una ponderación que da más peso a los armónicos de alta frecuencia, de forma más particular a los de los rangos 14 a 40.

Sin embargo, la potencia de una fuente de corriente controlada, tal como se describe en las publicaciones referidas anteriormente, es particularmente limitada. No es posible emplearla cuando la corriente rectificadora es demasiado fuerte.

El documento de YURI PANOVOV ET AL: "Loop gain measurement of paralleled dc-dc converters with average-current-sharing control", *APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION*, 2008. APEC 2008. TWENTY-THIRD ANNUAL IEEE, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 24 febrero 2008 (2008-02-24), páginas 1048-1053, ISBN: 978-1-4244-1873-2, describe una manera de repartir corrientes de dos convertidores conectados en paralelo.

El objetivo de la invención es proponer un convertidor de potencia que permita un control de la forma de corriente rectificadora, incluso si la misma es particularmente fuerte.

Descripción de la invención

Este objetivo se alcanza por un convertidor de potencia que comprende:

- una fase rectificadora conectada a varias fases de una red que entrega una corriente de entrada,
- un bus continuo de alimentación conectado a la fase rectificadora, que comprende una primera línea de alimentación y una segunda línea de alimentación y sobre la cual circula una corriente rectificada por la fase rectificadora y denominada corriente rectificadora,
- un condensador de bus conectado a la primera línea de alimentación y a la segunda línea de alimentación,
- una primera fuente de corriente controlada conectada en serie a la primera línea de alimentación, aguas arriba del condensador de bus, comprendiendo dicha fuente de corriente controlada una primera fuente de tensión variable,

- una segunda fuente de corriente controlada conectada en paralelo a la primera fuente de corriente controlada, comprendiendo dicha segunda fuente de corriente controlada una segunda fuente de tensión variable,
- una unidad de control de la primera fuente de corriente controlada y de la segunda fuente de corriente controlada, estando dispuesta la unidad de control para repartir la corriente rectificadora en una primera corriente circulante en la primera fuente de corriente controlada y en una segunda corriente circulante en la segunda fuente de corriente controlada, dispuesta para conformar la corriente rectificadora y para regular la tensión en los bornes de la primera fuente de tensión variable y la tensión en los bornes de la segunda fuente de tensión variable.

Según una particularidad, la primera fuente de corriente controlada y la segunda fuente de corriente controlada son idénticas entre sí.

- 10 Según otra particularidad, la primera fuente de corriente controlada comprende una primera inductancia conectada en serie con la primera fuente de tensión variable.

Según otra particularidad, la segunda fuente de corriente controlada comprende una segunda inductancia conectada en serie con la segunda fuente de tensión variable.

- 15 Según otra particularidad, la primera inductancia y la segunda inductancia están acopladas sobre un mismo núcleo magnético.

Según otra particularidad, la primera fuente de tensión variable y la segunda fuente de tensión variable comprenden, cada una, un convertidor electrónico que comprende un primer brazo de conmutación, un segundo brazo de conmutación y un condensador conectados en paralelo, comprendiendo cada brazo de conmutación al menos un interruptor electrónico.

- 20 Según otra particularidad, la unidad de control comprende medios de determinación de una tensión de control a aplicar a cada fuente de corriente controlada, siendo determinada la tensión (V_k) de control a partir de la relación siguiente:

$$v_k = u_k V_{ek} = u_k^* V_{ek}^* + PI \left(I^* V_{ek} - V_{ek}^* \sum_{k=1}^n I_k \right)$$

En la cual:

- I^* representa la referencia de la corriente rectificadora,
- 25 - u_k^* representa la referencia de relación cíclica para la fuente k de corriente controlada,
- V_{ek}^* representa la referencia de tensión en los bornes del condensador de la fuente k de corriente controlada,
- PI representa un regulador de acción proporcional integral.

Breve descripción de las figuras

- 30 Otras características y ventajas van a aparecer en la descripción detallada siguiente, hecha con respecto a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 representa el convertidor de potencia de la invención según un primer modo de realización,
- la figura 2 representa curvas de simulación obtenidas para dos celdas idénticas conectadas en paralelo.

Descripción detallada de al menos un modo de realización

- 35 Con referencia a la figura 1, de manera conocida, un convertidor de potencia comprende una fase rectificadora REC y un bus continuo de alimentación. Son posibles diferentes configuraciones del convertidor de potencia. La fase rectificadora REC empleada puede ser de naturaleza clásica con un puente de diodos o ser activa estando dotada de brazos de conmutación controlados.

A continuación en la descripción y como se representa en la figura 1, nos interesaremos en particular en un convertidor de potencia dotado de una fase rectificadora REC de puente de diodos no controlado.

- 40 Con referencia a la figura 1, la fase rectificadora REC está conectada a la red, por ejemplo a través de inductancias AC sobre tres fases R, S, T de entrada. En esta figura 1, la fase rectificadora REC está compuesta de un puente de diodos no controlado que permite rectificar la tensión alternativa provista por la red y aplicar una tensión continua sobre el bus continuo de alimentación. De forma más precisa, la fase rectificadora REC comprende varios brazos compuestos, cada uno, de dos diodos en serie, estando conectado cada brazo a una fase R, S, T de entrada por el punto M1, M2, M3 medio situado entre los dos diodos.
- 45

El bus continuo de alimentación de potencia está conectado aguas abajo a la fase 1 rectificadora. Comprende una primera línea V+ de alimentación de potencial positivo y una segunda línea V- de alimentación de potencial negativo. Un condensador C_{bus} de bus está conectado a las dos líneas de alimentación del bus y permite mantener la tensión V_i del bus a un valor constante.

5 El primer objetivo de la invención es poder controlar el perfil de la corriente circulante en el bus continuo de alimentación, a la salida de la fase rectificadora, a continuación designada corriente I rectificadora, con el fin de influir en el perfil de la corriente I_E de entrada del convertidor de potencia, por ejemplo, para limitar sus armónicos. El segundo objetivo de la invención consiste en controlar el perfil de corriente I rectificadora incluso si la misma es relativamente elevada.

10 Para cumplir estos objetivos, el convertidor de potencia comprende una primera fuente de corriente controlada que está conectada en serie a la primera línea V+ de alimentación o a la segunda línea V- de alimentación del convertidor, aguas arriba del condensador C_{bus} de bus, y al menos una segunda fuente de corriente controlada conectada en paralelo a la primera fuente de corriente controlada.

15 La disposición en paralelo de varias fuentes de corriente controladas es una solución para aumentar la potencia del convertidor de potencia. Además, la yuxtaposición de varias fuentes de corriente controladas en paralelo permite elegir componentes de un tamaño reducido de tensión y de corriente.

A continuación, para simplificar la relación de la descripción, cada fuente de corriente controlada será denominada celda (ES_k).

20 Según la invención, las celdas ES_k del convertidor pueden ser todas idénticas o pueden presentar diferencias, en especial en la resistencia de tensión y de corriente de los componentes empleados. Cada celda ES_k podrá por tanto ser adecuada para hacer pasar un nivel de corriente diferente.

Las celdas pueden presentarse cada una, en forma de un módulo independiente que puede agregarse al convertidor o retirarse fácilmente del mismo en función de la potencia del convertidor.

25 En el resto de la descripción, nos interesaremos en un convertidor de potencia que comprende dos celdas ES₁, ES₂ conectadas en paralelo. Por supuesto, se ha de comprender que este número no es limitativo.

Con referencia la figura 1, la primera celda ES₁ comprende:

- una inductancia L₁ de valor reducido,
- una fuente de tensión variable controlada que toma la forma de un convertidor 1 electrónico compuesto de dos brazos de conmutación distintos en paralelo y de un condensador C_{e1} conectado en paralelo a dos brazos de conmutación.

Con referencia la figura 1, la segunda celda ES₂ comprende:

- una inductancia L₂ de valor reducido,
- una fuente de tensión variable controlada que toma la forma de un convertidor 2 electrónico compuesto de dos brazos de conmutación distintos en paralelo y de un condensador C_{e2} conectado en paralelo a los brazos de conmutación.

Según la invención, es igualmente posible prever acoplar las dos inductancias L₁, L₂ de las dos celdas sobre un mismo núcleo magnético.

En el resto de la descripción, por razones de simplificación, describiremos solamente la primera celda ES₁. Se ha de comprender que esta descripción se aplica de la misma manera a la segunda celda ES₂.

40 Si la fase rectificadora REC del convertidor de potencia no es reversible, como por ejemplo un puente de diodos, los brazos de conmutación del convertidor 1 electrónico empleado pueden ser unidireccionales en la corriente. Por el contrario, si la fase rectificadora REC fuera reversible, es decir compuesta de brazos de conmutación controlados, los brazos de conmutación del convertidor electrónico deberían ser bidireccionales en la corriente para autorizar la regeneración de energía en la red.

45 Se pueden emplear diferentes tipologías para el convertidor 1 electrónico según el tipo de fase rectificadora REC empleada, pero también según el tamaño de la inductancia L₁ a la que está conectada.

Para una fase rectificadora REC no reversible, los dos brazos de comunicación del convertidor 1 electrónico de la primera celda ES₁ (respectivamente 2 para la segunda celda ES₂) comprenden por ejemplo, cada uno, un interruptor T₁₁, T₁₂ electrónico (respectivamente T₂₁, T₂₂) conectado en serie con un diodo D₁₁, D₁₂ (respectivamente D₂₁, D₂₂). Cada brazo de conmutación comprende un punto P₁₁, P₁₂ medio de conexión (respectivamente P₂₁, P₂₂) situado entre su interruptor T₁₁, T₁₂ electrónico (respectivamente T₂₁, T₂₂) y su diodo D₁₁, D₁₂ (respectivamente D₂₁, D₂₂).

El punto P1₁ medio de conexión (respectivamente P2₁) del primer brazo de conmutación está conectado a la inductancia L₁ (respectivamente L₂) y el punto P1₂ medio de conexión (respectivamente P2₂) del segundo brazo de conmutación está conectado al condensador C_{bus} de bus. Sobre un brazo de conmutación del convertidor 1 electrónico (respectivamente 2), la disposición en serie del interruptor electrónico y del diodo es inversa con respecto a la del otro brazo de conmutación. Si el convertidor de potencia emplea una fase rectificadora reversible, cada brazo de conmutación del convertidor 1 electrónico (respectivamente 2) comprende por ejemplo dos interruptores electrónicos (configuración no representada).

Los interruptores T1₁, T1₂, T2₁, T2₂ empleados en cada convertidor 1, 2 electrónico son por ejemplo transistores de tipo MOSFET, controlados por una unidad 3 de control común a todas las celdas. La unidad de control emplea por ejemplo un control MLI (modulación de ancho de pulso).

El conversor 1, 2 electrónico de cada celda ESl₁, ESl₂ se comporta por tanto como una fuente de tensión variable controlada teniendo en cuenta la tensión en los bornes de su condensador C_{e1}, C_{e2}.

Según la invención, la colocación en paralelo de varias celdas necesita un control adaptado implementado en la unidad 3 de control. El control implementado debe permitir repartir la corriente I rectificadora en cada celda ESl₁, ESl₂, regular la tensión en los bornes de cada convertidor 1, 2 electrónico, permitiendo a la vez la conformación de la corriente rectificadora, en especial para que la corriente I_E de entrada presente pocos armónicos y que la misma responda a ciertas restricciones sobre su THDi y su PWhD. Si el convertidor de potencia utiliza por ejemplo dos celdas idénticas, el control implementado por la unidad de control permite repartir de forma equitativa la corriente rectificadora en cada celda.

Un ejemplo de control adaptado, descrito posteriormente, se basa en la teoría de la pasividad según la cual la potencia en la entrada de las celdas es igual a la potencia en la salida de las celdas.

Para simplificar la presentación del control, vamos a considerar que las dos celdas ESl₁, ESl₂ son controladas con el objetivo de obtener una corriente I rectificadora constante, sin una conformación ("shaping") particular.

El sistema se escribe de la forma siguiente:

$$C_i \dot{V}_i = I - I_i$$

$$L_1 \dot{I}_1 = V_r - V_i - v_1$$

$$L_2 \dot{I}_2 = V_r - V_i - v_2$$

$$\dot{E}_1 = I_1 v_1$$

$$\dot{E}_2 = I_2 v_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$v_1 = u_1 V_{e1}$$

$$v_2 = u_2 V_{e2}$$

Con:

- I que representa la corriente rectificadora,
- I₁ que representa la corriente en la celda ESl₁,
- I₂ que representa la corriente en la celda ESl₂,
- V_r que representa la tensión del bus continuo de alimentación,

- V_r que representa la tensión en la salida del puente rectificador,
- E_1 que representa la energía en la celda ESl_1 ($=1/2 \cdot C_{e1} \cdot V_{e1}^2$),
- E_2 que representa la energía en la celda ESl_2 ($=1/2 \cdot C_{e2} \cdot V_{e2}^2$),
- v_1 que representa la tensión de control de la celda ESl_1 ,
- 5 - v_2 que representa la tensión de control en la celda ESl_2 ,
- u_1 que representa la relación cíclica de control de la celda ESl_1 ,
- u_2 que representa la relación cíclica de control de la celda ESl_2 ,
- V_{e1} que representa la tensión en los bornes del condensador de la celda ESl_1 ,
- V_{e2} que representa la tensión en los bornes del condensador de la celda ESl_2 ,
- 10 Las ecuaciones dinámicas del sistema pueden generalizarse para una celda k bajo la forma siguiente:

$$C_i \dot{V}_i = I - I_i$$

$$L_k \dot{I}_k = V_r - V_i - v_k$$

$$C_{ek} \dot{V}_{ek} = u_k I_k$$

$$I = \sum_{k=1}^n I_k$$

$$v_k = u_k V_{ek}$$

En las cuales:

- C_i representa la capacidad del condensador C_{bus} de bus,
- V_i representa la tensión del bus continuo de alimentación,
- 15 - I representa la corriente rectificadora,
- I_i representa la corriente circulante en el bus continuo de alimentación, aguas abajo del condensador de bus,
- L_k representa la inductancia de la celda k ,
- I_k representa la corriente en la celda k ,
- V_r representa la tensión en la salida del puente rectificador,
- 20 - v_k representa la tensión de control de la celda k .
- C_{ek} representa la capacidad del condensador de la celda k ,
- V_{ek} representa la tensión en los bornes del condensador de la celda k .
- u_k representa la relación cíclica de control de la celda k .

La hamiltoniana H de este sistema se escribe bajo la forma:

$$H = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \left(\frac{\varphi_k^2}{L_k} + \frac{q_{ek}^2}{C_{ek}} \right) + \frac{1}{2} \frac{q_i^2}{C_i}$$

$$\varphi_k = L_k I_k$$

$$q_{ek} = C_{ek} V_{ek}$$

$$q_i = C_i V_i$$

Con:

- φ_k que representa el flujo en la inductancia L_k de la celda k ,
- q_{ek} que representa la carga del condensador de la celda k ,
- 5 - q_i que representa la carga del condensador de bus.

El modelo verifica el equilibrio de energías siguiente:

$$\dot{H} = IV_r - V_i I_i$$

Una particularidad de esta estructura es la propiedad de estabilidad incremental. La linealizada tangente del modelo incremental es:

$$\delta \dot{x} = \begin{pmatrix} \delta \dot{\varphi}_k \\ \delta \dot{q}_{ek} \\ \delta \dot{q}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -u_k^* & -1 \\ u_k^* & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial \delta H}{\partial \varphi_k} \\ \frac{\partial \delta H}{\partial q_{ek}} \\ \frac{\partial \delta H}{\partial q_i} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -V_{ek}^* \\ I_k^* \\ 0 \end{pmatrix} \delta u$$

10

El sistema linealizado es hamiltoniano (y por tanto pasivo), considerando la salida $\delta y = b^T \frac{\partial \delta H}{\partial \delta x}$ con $b^T = (-V_{ek}^*, I_k^*, 0)$.

Esto significa que un corrector proporcional-integral de la salida δy es posible y estabiliza el sistema a lo largo de toda la trayectoria controlable de la linealizada tangente.

15 Es por tanto posible definir la tensión v_k de control aplicada al cada celda k , permitiendo una estabilización local del sistema alrededor de una trayectoria de referencia:

$$v_k = u_k V_{ek} = u_k^* V_{ek}^* + PI \left(I^* V_{ek} - V_{ek}^* \sum_{k=1}^n I_k \right)$$

Con:

- I^* que representa la referencia de la corriente rectificadora,
- u_k^* que representa la referencia de la relación cíclica para la celda k ,
- 20 - V_{ek}^* que representa la referencia de la tensión en los bornes del condensador de la celda k ,
- PI que representa un regulador de acción proporcional integral aplicado al término presentado entre paréntesis.

Esta expresión muestra que la aplicación de una tensión v_k de control determinada de la celda k permite tener en cuenta la referencia I^* de la corriente rectificadora, de la referencia V_{ek}^* de tensión en los bornes del condensador C_{ek} de la celda k y de la referencia u_k^* de relación cíclica aplicada a cada celda k .

25 Para aplicar a la celda k , la tensión v_k de control definida anteriormente, es necesario determinar las diferentes referencias $I^*, I_k^*, V_i^*, V_{ek}^*$. Considerando por ejemplo una referencia de corriente I^* rectificadora constante y una repartición equitativa de la corriente I rectificadora en las diferentes celdas ESl_k , estas diferentes referencias deben por tanto seguir las ecuaciones siguientes:

$$I_k^*(t) = \frac{1}{n} I^*(t) = \frac{1}{n} \bar{I}_i$$

$$V_i^*(t) = \bar{V}_r$$

$$\frac{1}{2} C_e V_{ek}^{*2}(t) = \frac{1}{2} C_e \bar{V}_{ek}^{*2}(t) + \frac{1}{n} \int (V_r(\tau) - V_i^*(\tau)) I^*(\tau) d\tau$$

$$u_k^*(t) = \frac{1}{V_{ek}^*(t)} (V_r(t) - V_i^*(t))$$

Con:

- $\bar{V}_r$ que representa, en valor medio, la tensión en la salida del puente rectificador,
- $\bar{V}_{ek}^*$ que representa, en valor medio, la tensión en los bornes del condensador de la celda k .

- 5 La figura 2 muestra curvas de simulación para un convertidor de potencia que comprende dos celdas ESI₁, ESI₂ idénticas conectadas en paralelo y que es alimentado por una tensión de entrada de 400 voltios.

Como se representa en el cuarto diagrama de la figura 2, la trayectoria de referencia de la corriente I rectificadora sigue un valor constante. En el tercer diagrama, se puede ver que la corriente I_1 circulante en la primera celda ESI₁ es igual a la corriente I_2 circulante en la segunda celda ESI₂ (las dos curvas se confunden). En el primer diagrama, se puede ver que la tensión V_{e1} en los bornes del condensador de la primera celda ESI₁ y la tensión V_{e2} en los bornes del condensador de la segunda celda ESI₂ son iguales entre sí (las dos curvas se confunden) y reguladas cada una a 80 voltios. El quinto diagrama muestra la corriente I_E de entrada, que presenta un valor medio constante.

10

Según las órdenes de control aplicadas a las celdas, se puede efectuar un control entrelazado de las celdas.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de potencia que comprende:

- una fase rectificadora (REC) conectada a varias fases (R, S, T) de una red que suministra una corriente (I_E) de entrada,

5 - un bus continuo de alimentación conectado a la fase rectificadora (REC), que comprende una primera línea (V+) de alimentación y una segunda línea (V-) de alimentación y en la cual circula una corriente rectificadora para la fase rectificadora y denominada corriente (I) rectificadora,

10 - un condensador (C_{bus}) de bus conectado a la primera línea de alimentación a través de una primera fuente de corriente controlada y a la segunda línea de alimentación, comprendiendo dicha fuente de corriente controlada una primera fuente de tensión variable,

caracterizado porque comprende:

- una segunda fuente de corriente controlada conectada en paralelo a la primera fuente de corriente controlada, comprendiendo dicha segunda fuente de corriente controlada una segunda fuente de tensión variable,

15 - una unidad (3) de control de la primera fuente de corriente controlada y de la segunda fuente de corriente controlada, estando dispuesta la unidad (3) de control para repartir la corriente (I) rectificadora en una primera corriente (I_1) circulante en la primera fuente de corriente controlada y una segunda corriente (I_2) circulante en la segunda fuente de corriente controlada, dispuesta para conformar la corriente (I) rectificadora y para regular la tensión (V_{e1} , V_{e2}) en los bornes de la primera fuente de tensión variable y la tensión en los bornes de la segunda fuente de tensión variable y porque:

20 - la unidad de control comprende medios de determinación de una tensión de control a aplicar a cada fuente de corriente controlada k , siendo determinada la tensión (v_k) de control a partir de la relación siguiente:

$$v_k = u_k V_{ek} = u_k^* V_{ek}^* + PI \left(I^* V_{ek} - V_{ek}^* \sum_{k=1}^n I_k \right)$$

en la cual:

- u_k representa la relación cíclica de control de la fuente k de corriente controlada,

25 - V_{ek} representa la tensión en los bornes del condensador de la fuente k de corriente controlada,

- I^* representa la referencia de la corriente rectificadora,

- u_k^* representa la referencia de relación cíclica para la fuente k de corriente controlada,

- V_{ek}^* representa la referencia de tensión en los bornes del condensador de la fuente k de corriente controlada,

- PI representa un regulador de acción proporcional integral,

30 - n representa el número de fuentes de corriente en paralelo,

- I_k representa la corriente en fuente k de corriente.

2. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado porque la primera fuente de corriente controlada y la segunda fuente de corriente controlada son idénticas entre sí.

35 3. Convertidor según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque la primera fuente de corriente controlada comprende una primera inductancia (L_1) conectada en serie con la primera fuente de tensión variable.

4. Convertidor según la reivindicación 3, caracterizado porque la segunda fuente de corriente controlada comprende una segunda inductancia (L_2) conectada en serie con la segunda fuente de tensión variable.

5. Convertidor de potencia según la reivindicación 4, caracterizado porque la primera inductancia (L_1) y la segunda inductancia (L_2) están acopladas sobre un mismo núcleo magnético.

40 6. Convertidor según la reivindicación 4, caracterizado porque la primera fuente de tensión variable y la segunda fuente de tensión variable comprenden, cada una, un convertidor (1, 2) electrónico que comprende un primer brazo de conmutación, un segundo brazo de conmutación y un condensador (C_{e1} , C_{e2}) conectados en paralelo, comprendiendo cada brazo de conmutación al menos un interruptor (T_{11} , T_{12} , T_{21} , T_{22}) electrónico.

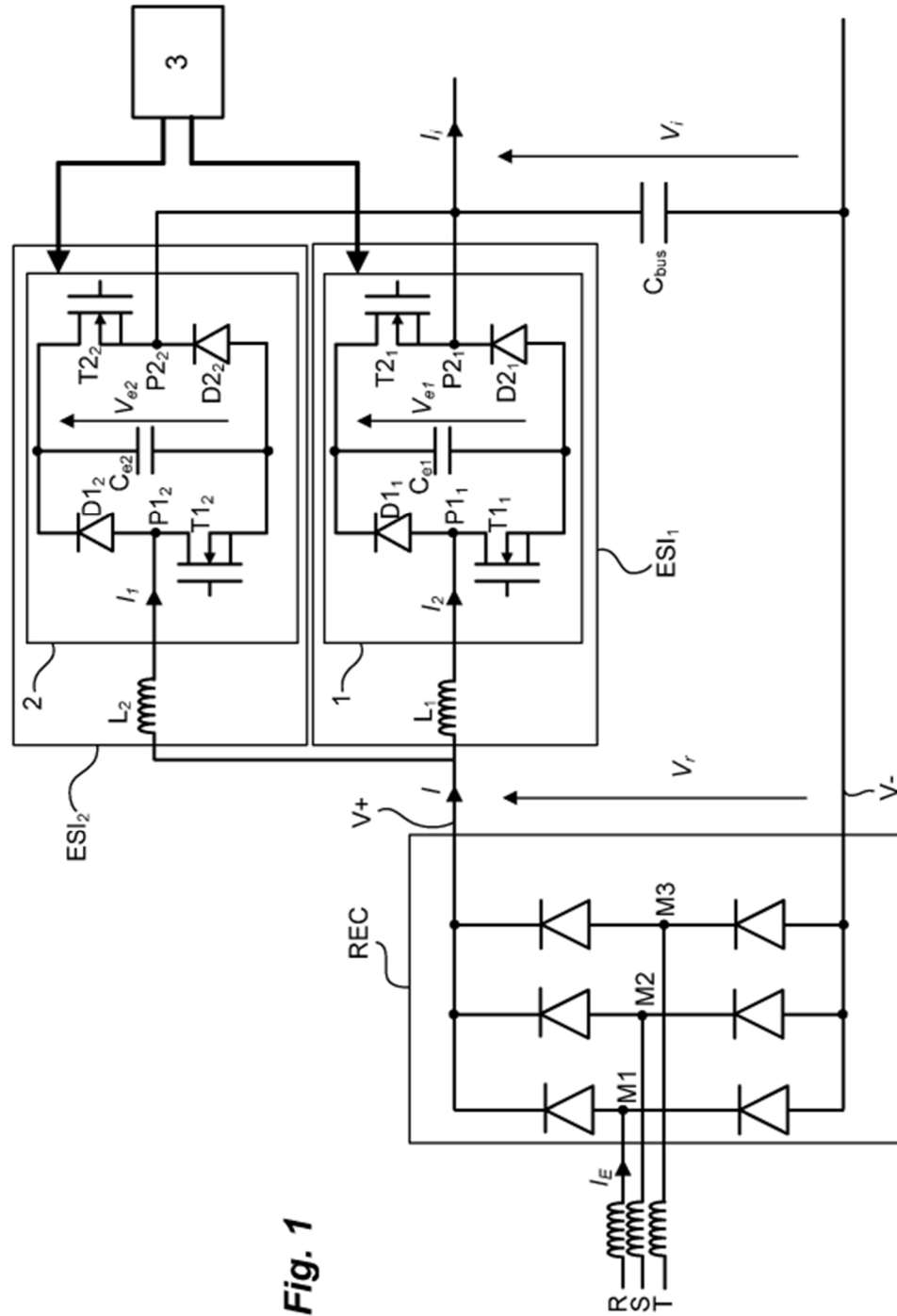


Fig. 1

Fig. 2