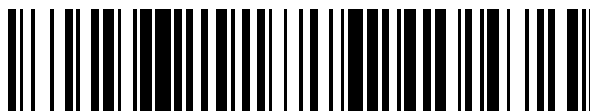


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 439 073**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/12** (2006.01)

**H02M 7/217** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2011** **E 11185159 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2013** **EP 2461467**

54 Título: **Convertidor de potencia con fuente de corriente controlada**

30 Prioridad:

**05.11.2010 FR 1059116**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.01.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**VIDET, ARNAUD;  
DEVOS, THOMAS y  
VANG, HEU**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 439 073 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 con fuente de corriente controlada

La presente invención se refiere a un variador de velocidad dotado de una fuente de corriente controlada.

5 De forma conocida, un convertidor de potencia comprende varias fases de entrada conectadas a la red, por ejemplo tres fases de entrada si está conectado en una red trifásica. Conectado a sus fases de entrada, un convertidor de potencia comprende una etapa rectificadora que permite transformar la tensión alterna suministrada por la red en una tensión continua. El convertidor comprende igualmente un bus de alimentación de potencia dotado de una primera línea de alimentación de potencial positivo y de una segunda línea de alimentación de potencial negativo sobre las que se aplica la tensión continua y un condensador del bus conectado entre la primera línea de  
10 alimentación y la segunda línea de alimentación y destinado a mantener constante la tensión continua en el bus.

Cuando la etapa rectificadora se conecta entre una red de corriente alterna y una carga capacitiva, tal como por ejemplo el bus de continua de alimentación de un variador de velocidad, la corriente de entrada extraída de la red está compuesta de picos que corresponden a la recarga del condensador del bus desde el momento en que la tensión entre fases de entrada (AC) se hace superior a la tensión del bus de alimentación ( $V_{bus}$ ). Tanto si la etapa rectificadora es monofásica como si es trifásica, la corriente de entrada extraída de la red está por lo tanto lejos de ser sinusoidal porque, además de su fundamental, contiene numerosos armónicos. La corriente de entrada  $I_e$  extraída de la red está definida por lo tanto por la corriente fundamental a la que se añaden unos armónicos cuya amplitud puede expresarse en porcentaje con relación a la corriente fundamental.

Los armónicos de la corriente de entrada  $I_e$  se caracterizan por dos indicadores conocidos denominados THDi ("Total Harmonic Distortion of Current") y PWHD ("Partial Weighted Harmonic Distortion"). El THDi corresponde a la tasa de distorsión armónica en corriente que representa el valor eficaz de los armónicos en relación al valor eficaz de la corriente fundamental. El PWHD introduce por su parte una ponderación que da ventaja de peso a los armónicos de alta frecuencia, más particularmente a los de orden 14 a 40.

Un convertidor de potencia conectado a una red trifásica debe satisfacer la norma IEC61000-3-12 que impone un valor límite para el indicador THDi, un valor límite para el indicador PWHD así como unos valores límites para los armónicos de orden 5, orden 7, orden 11 y orden 13 de la corriente de entrada.

Según esta norma, para un RSCE superior a 350:

- el THDi debe ser inferior al 48% de la corriente fundamental,
- el PWHD debe ser inferior al 46% de la corriente fundamental,
- 30 - el armónico de orden 5 debe estar limitado al 40% de la corriente fundamental,
- el armónico de orden 7 debe estar limitado al 25% de la corriente fundamental,
- el armónico de orden 11 debe estar limitado al 15% de la corriente fundamental,
- el armónico de orden 13 debe estar limitado al 10% de la corriente fundamental.

De manera conocida, el RSCE caracteriza la potencia aparente nominal del convertidor con relación a la potencia de cortocircuito de la red en la que se conecta el convertidor.

Una solución conocida para reducir el THDi es efectuar un filtrado sobre el bus de continua con la adición de una inductancia DC, que, si su valor es suficientemente grande, asegura una conducción continua, es decir que la corriente  $I_{rec}$  rectificadora que circula en el bus, a la salida del rectificador, no cae jamás a cero. Cuanto mayor es el valor de la inductancia empleada, menos ondulada es la corriente  $I_{rec}$  rectificadora. Si el valor de la inductancia DC tiende a ser infinito, la corriente rectificadora se convierte en constante y la tensión del bus continua ya no es ondulada porque se estabiliza en el valor medio de la tensión  $V_{rec}$  rectificadora. Para tener una corriente  $I_{rec}$  rectificadora lo más constante posible, el valor de la inductancia deberá por lo tanto ser muy elevado, lo que genera unos problemas de coste y de volumen.

Los documentos "A constant output Current three Phase Diode Bridge rectifier employing a novel Electronic Smoothing Inductor" (IEEE, Ertl et. ál) e "Improving the operation of 3 phase diode rectifiers using an asymmetrical half-bridge DC-link Active filter" (IEEE, Salmon et. al) divulgan una fuente de corriente controlada que disminuye el THDI y el PWHD de un convertidor.

El objeto de la invención es proponer un convertidor de potencia en el que la corriente de entrada esté al menos de acuerdo con la norma IEC61000-3-12 cuyos criterios se definen más arriba, y cuyo perfil se pueda aproximar lo máximo al obtenido con una inductancia de valor infinito.

El objeto se consigue mediante un convertidor de potencia que comprende:

- una etapa rectificadora conectada a varias fases de una red que suministra una corriente de entrada a una frecuencia fundamental determinada y sobre la que se aplica una tensión rectificadora,
- un bus de continua de alimentación conectado a la etapa rectificadora y que comprende una primera línea de alimentación y una segunda línea de alimentación en cada una de las que se aplica un potencial eléctrico con el fin de obtener una tensión en el bus de continua de alimentación,
- un condensador del bus conectado a la primera línea de alimentación y a la segunda línea de alimentación,

caracterizado porque comprende:

- una fuente de corriente controlada situada en la primera línea de alimentación o en la segunda línea de alimentación, aguas arriba del condensador del bus, comprendiendo dicha fuente de corriente controlada una inductancia y una fuente de tensión variable,
- unos medios de control de la fuente de corriente controlada configurados para aplicar una tensión determinada a los bornes de la fuente de tensión variable con el fin de controlar una corriente, denominada corriente rectificadora, que circula sobre el bus de continua de alimentación, siendo determinada dicha tensión a partir de la tensión rectificadora, de la tensión en el bus de continua de alimentación y de los armónicos de corriente que comprenden un primer armónico y un segundo armónico sincronizados respectivamente a seis veces y doce veces la frecuencia fundamental de la corriente de entrada suministrada por la red, siendo determinada la amplitud y la fase de estos armónicos para limitar el THDi y el PWhd.

Según una particularidad, los medios de control se configuran para realizar un bucle de regulación dispuesto para hacer seguir a la corriente rectificadora un valor de referencia igual a un valor medio de referencia sobre el que se inyectan dichos armónicos.

Según otra particularidad, los medios de control se configuran para realizar un bucle de regulación dispuesto para hacer seguir a la tensión en el bus de continua de alimentación un valor de referencia que contiene dichos armónicos.

Según otra particularidad, el bucle de regulación está destinado a determinar un valor de referencia para la tensión en los bornes de la fuente de tensión variable.

Según otra particularidad, el primer armónico presenta una amplitud comprendida entre el 10% y el 30% de la corriente rectificadora.

Según otra particularidad, el segundo armónico presenta una amplitud comprendida entre 0 y el 15% de la corriente rectificadora.

Según otra particularidad, el primer armónico y el segundo armónico se inyectan inicialmente en oposición de fase.

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

La invención se refiere igualmente a un variador de velocidad que comprende una etapa ondulatoria provista de ramales de conmutación destinados a convertir una tensión continua en una tensión variable destinada a alimentar una carga eléctrica, comprendiendo este variador un convertidor de potencia tal como el definido anteriormente y conectado aguas arriba de su etapa ondulatoria.

Surgirán otras características y ventajas en la descripción detallada a continuación que se refiere a un modo de realización dado a título de ejemplo y representado mediante los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 representa el convertidor de potencia de la invención,
- la figura 2 representa el bucle de regulación realizado mediante unos medios de control del convertidor de potencia,
- las figuras 3 a 7 muestran unos resultados obtenidos para la corriente de entrada según diferentes ejemplos descritos.

Con referencia a la figura 1, de forma conocida, un convertidor de potencia comprende una etapa 1 rectificadora y un bus de continua de alimentación. Son posibles diferentes configuraciones del convertidor de potencia. La etapa 1 rectificadora empleada puede ser de naturaleza clásica con un puente diodos o ser activa estando dotada de ramales de conmutación controlados.

En lo que sigue de la descripción, y como se representa en la figura 1, se tratará en particular con un convertidor de potencia dotado de una etapa rectificadora pasiva de puente diodos.

Con referencia a la figura 1, la etapa 1 rectificadora se conecta a la red, por ejemplo a través de unas inductancias AC, en las tres fases R, S, T de entrada. En esta figura, la etapa 1 rectificadora es pasiva y compuesta por un puente diodos que permite rectificar la tensión alterna suministrada por la red y aplicar una tensión continua sobre el bus de continua de alimentación. Más precisamente, la etapa 1 rectificadora comprende varios ramales compuestos cada uno por dos diodos en serie, estando conectado cada ramal a una fase R, S, T de entrada por el punto medio M1, M2, M3 situado entre los dos diodos.

El bus de continua de alimentación de potencia se conecta aguas abajo de la etapa 1 rectificadora. Comprende una línea de alimentación de potencial V+ positivo y una línea de alimentación de potencial V- negativo. Al menos se conecta un condensador Cbus del bus a cada una de las dos líneas de alimentación del bus y permite mantener la tensión del bus en un valor constante.

El objetivo de la invención es proponer un convertidor de potencia en el que la corriente  $I_e$  de entrada presente un perfil que le permita responder a la norma IEC61000-3-12 y por tanto satisfacer los criterios definidos en esta norma. La invención se aplica más particularmente a un convertidor de potencia del tipo variador de velocidad que comprende aguas abajo del bus de alimentación una etapa ondulatoria que comprende varios ramales de conmutación controlados para de trocear la tensión continua con el fin de alimentar una carga eléctrica con una tensión variable.

Para ello, el convertidor de potencia emplea una fuente de corriente controlada conectada en serie en la primera o la segunda línea de alimentación del convertidor, aguas arriba del condensador del bus y destinada a controlar la corriente de salida de la etapa rectificadora y que circula sobre el bus de continua de alimentación, a continuación designada corriente rectificadora, con el fin de influir en los parámetros definidos en la norma antes citada.

Esta fuente de corriente controlada toma por ejemplo la forma de una inductancia electrónica controlada que comprende:

- una inductancia L de reducido valor,
- una fuente de tensión variable controlada que toma la forma del convertidor 2 electrónico compuesto por dos ramales de conmutación distintos en paralelo y de un condensador C1 conectado en paralelo con los dos ramales de conmutación.

Si la etapa 1 rectificadora del convertidor de potencia no es reversible, como por ejemplo un puente de diodos, los ramales de conmutación del convertidor electrónico pueden ser unidireccionales en corriente. Por el contrario, si la etapa rectificadora es reversible, es decir compuesta por ramales de conmutación controlados, los ramales de conmutación del convertidor electrónico deben ser bidireccionales en corriente para permitir la regeneración de energía en la red.

Se pueden emplear diferentes topologías para el convertidor 2 electrónico, según el tipo de etapa 1 rectificadora empleada, pero también según el tamaño del inductancia L que se le conecta.

Para una etapa 1 rectificadora no reversible, los dos ramales de conmutación del convertidor 2 electrónico comprenden por ejemplo cada uno un interruptor T1, T2 electrónico conectado en serie con un diodo D1, D2. Cada ramal de conmutación comprende un punto medio P1, P2 de conexión situado entre su interruptor T1, T2 electrónico y su diodo D1, D2. El punto medio P1 de conexión del primer ramal de conmutación se conecta a la inductancia DC y el punto medio P2 de conexión del segundo ramal de conmutación se conecta al condensador Cbus del bus. En el ramal de conmutación del convertidor 2 electrónico, la disposición en serie del interruptor electrónico y del diodo se invierte con relación a la del otro ramal de conmutación.

Si el convertidor de potencia emplea una etapa rectificadora reversible, cada ramal de conmutación del convertidor 2 electrónico comprende por ejemplo dos interruptores electrónicos (configuración no representada).

Los interruptores T1, T2 electrónicos empleados en el convertidor 2 electrónico son por ejemplo unos transistores de tipo MOSFET controlados por unos medios 3 de control adaptados, que emplean por ejemplo un control MLI (modulación por longitud de impulso). Por supuesto pueden emplearse otros componentes adecuados para cumplir la misma función.

El convertidor 2 electrónico se comporta así como una fuente de tensión variable controlada que permite obtener la tensión  $V_{aux}$ . Se obtiene de este modo la relación siguiente entre la tensión  $V_{bus}$  del bus, la tensión  $V_L$  en los bornes de la inductancia L, la tensión  $V_{aux}$  en los bornes del convertidor electrónico 2 controlado y la tensión  $V_{rec}$  rectificadora 1:

$$V_L = V_{rec} - V_{bus} - V_{aux}$$

Controlando la tensión  $V_{aux}$  en los bornes del convertidor 2 electrónico, es posible así hacer variar  $V_L$  y controlar así la corriente  $I_{rec}$  rectificadora e imponerle un perfil particular. Al controlar la corriente  $I_{rec}$  rectificadora, es posible de ese modo controlar el THDi, el PWhd y limitar la influencia de los armónicos de orden 5, 7, 11 y 13 en la corriente  $I_e$

de entrada como es requerido por la norma indicada anteriormente.

La tensión  $V_{aux}$  en los bornes del convertidor 2 electrónico se puede controlar de diferentes maneras gracias a los medios 3 de control de los interruptores T1 y T2 electrónicos del convertidor electrónico, por ejemplo efectuando un bucle de regulación. Son posibles diferentes bucles de regulaciones:

- 5
- Un primer bucle de regulación consiste por ejemplo en determinar una trayectoria  $I_{rec}^{ref}$  de referencia que permita satisfacer los objetivos para la corriente  $I_{rec}$  rectificadora después de regular esa trayectoria.
  - Otro bucle de regulación posible consiste por ejemplo en regular la tensión  $V_{bus}$  alrededor de una trayectoria  $V_{bus}^{ref}$  que contiene los armónicos necesarios con el fin de que la corriente de entrada satisfaga los objetivos definidos en la norma. Esta solución permitirá particularmente evitar el empleo de un captador de corriente para
- 10 medir la corriente  $I_{rec}$  rectificadora.

Un ejemplo de un bucle de regulación de corriente realizado mediante los medios de control, es visible en la figura 2 y sigue el proceso descrito anteriormente. Pueden concebirse por supuesto, otros ejemplos de bucles de regulación que permitan obtener los mismos resultados. Este bucle de regulación se divide en un bucle de regulación de tensión que permite determinar un valor  $I_{rec}^{ref}$  de referencia para la corriente rectificadora y un bucle de regulación de corriente destinado a determinar un valor  $V_{aux}^{ref}$  de referencia para la tensión en los bornes del convertidor 2 electrónico a partir del valor  $I_{rec}^{ref}$  de referencia para la corriente rectificadora. El bucle de regulación global sigue el proceso siguiente:

- 15
- aplicación en la entrada de un valor  $V_c^{ref}$  de referencia para la tensión en los bornes del condensador C1 del convertidor electrónico 2,
  - 20 - medir el valor de la tensión  $V_c$  en los bornes del condensador C1 del convertidor electrónico 2,
  - comparación entre el valor  $V_c^{ref}$  de referencia aplicado en la entrada y el valor medido  $V_c$  para la tensión en los bornes del condensador C1 del convertidor 2 electrónico con el fin de determinar una diferencia D1,
  - introducción de dicha diferencia D1 en un regulador tal como por ejemplo un regulador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) con el fin de determinar un valor  $\langle I_{rec} \rangle^{ref}$  de referencia de una corriente rectificadora media,
  - 25 - inyección de armónicos  $I_{sh}$  en el valor  $\langle I_{rec} \rangle^{ref}$  de referencia de la corriente rectificadora media, estando dichos armónicos  $I_{sh}$  sincronizados a  $6 \cdot k$  veces la frecuencia  $F_{mains}$  fundamental de la corriente  $I_e$  de entrada suministrada por la red en la entrada del convertidor, siendo  $k$  un entero superior o igual a la 1 incrementado en una unidad para cada armónico suplementario, con el fin de generar un valor  $I_{rec}^{ref}$  de referencia para la corriente rectificadora,
  - 30 - comparación entre el valor  $I_{rec}^{ref}$  de referencia obtenido para la corriente rectificadora y la corriente  $I_{rec}$  rectificadora medida y la determinación de una diferencia D2,
  - introducción de dicha diferencia D2 en un regulador, tal como por ejemplo un regulador Proporcional (P) con el fin de determinar un valor  $V_L^{ref}$  de referencia para la tensión en los bornes de la inductancia L y de la fuente de corriente controlada,
  - 35 - determinación de un valor  $V_{aux}^{ref}$  de referencia para la tensión en los bornes del convertidor 2 electrónico a partir del valor  $V_L^{ref}$  de referencia de la tensión en los bornes de la inductancia L, de una medida de la tensión  $V_{rec}$  rectificadora y de una medida de la tensión  $V_{bus}$  del bus de continua de alimentación.

40 Según la invención, los armónicos  $I_{sh}$  inyectados para determinar el valor  $V_{rec}^{ref}$  de referencia de la corriente rectificadora deben generarse a una frecuencia, amplitud y fase determinadas con el fin de limitar a la vez del THDi, el PWHD y los armónicos de orden 5, de orden 7, de orden 11 y de orden 13 de la corriente  $I_e$  de entrada.

Para ello, los armónicos se inyectan sobre el valor de referencia de la corriente rectificadora media a una frecuencia de  $6 \cdot k$  veces la frecuencia de la corriente de entrada, siendo  $k$  un entero superior o igual a 1, incrementado en una unidad para cada armónico suplementario inyectado. Si la frecuencia de la red es de 50 Hz, se pueden inyectar por lo tanto unos armónicos a 300 Hz para un armónico denominado de orden 1, 600 Hz para un armónico denominado de orden 2, 900 Hz para un armónico denominado de orden 3, 1200 Hz para un armónico denominado de orden 4, 1500 Hz para un armónico denominado de orden 5 y con una amplitud y una fase determinadas con el fin de limitar a la vez el THDi, el PWHD y los armónicos de orden 5, de orden 7, de orden 11 y de orden 13 de la corriente  $I_e$  de entrada. Sin embargo, no se trata simplemente de inyectar varios armónicos a  $6 \cdot k$  veces la frecuencia de la red porque los resultados obtenidos no son siempre satisfactorios.

50 Según la invención, se trata de que la inyección de solamente dos armónicos sincronizados respectivamente a seis veces ( $k=1$ ) la frecuencia de la red y doce veces ( $k=2$ ) la frecuencia  $F_{mains}$  de la red, con unas amplitudes determinadas comprendidas entre el 10% y el 30% de la corriente  $\langle I_{rec} \rangle$  media rectificadora para el armónico HM1 de orden 1 y comprendida entre 0 y el 15% de la corriente  $\langle I_{rec} \rangle$  media rectificadora para el armónico HM2 de orden

2, permita satisfacer de manera óptima los objetivos de la norma. Para el armónico HM1 de orden 1, cuanto más reducida sea la amplitud, menos limitaciones habrá sobre el condensador  $C_{bus}$  del bus. Si la amplitud del armónico HM1 de orden 1 es reducida, será tanto mejor incrementar la amplitud del armónico HM2 de orden 2, mientras se permanece dentro de los límites definidos anteriormente.

- 5 Ventajosamente, durante la inyección de los armónicos HM1, HM2, éstos deben estar inicialmente (en  $t=0$ ) sensiblemente en oposición de fase (desfasados en  $180^\circ$ ). En las tablas representadas a continuación, las fases de los armónicos se expresan a  $90^\circ$  con relación a la fundamental de la corriente.

Se siguen a continuación dos ejemplos de inyección de dos armónicos HM1, HM2 a respectivamente 300 Hz y 600 Hz que permiten satisfacer los objetivos fijados por la norma. Para cada uno de los dos ejemplos, los resultados obtenidos sobre la corriente  $I_e$  de entrada son visibles respectivamente en la figura 3 y en la figura 4.

10

**Ejemplo 1**

	Amplitud	Fase (grados)	THDi	PWHD	H5	H7	H11	H13
HM1 300 Hz	14%	0	32%	38%	27%	7,4%	13,4%	0,5%
HM2 600 Hz	12,5%	180						

**Ejemplo 2**

	Amplitud	Fase (grados)	THDi	PWHD	H5	H7	H11	H13
HM1 300 Hz	11,9%	0	31,1%	41,4%	25,9%	8,5%	12,3%	1,3%
HM2 600 Hz	9,8%	180						

Estos dos primeros ejemplos muestran la pertinencia de la inyección de solamente dos armónicos a 300 Hz y 600 Hz con las características antes citadas. Se remarca que el THDi y el PWHD son inferiores a los límites prescritos por la norma, mientras se mantiene un margen suficiente.

15

Por otro lado, los objetivos se pueden satisfacer con la inyección de cinco armónicos pero esto se puede convertir en demasiado exigente, particularmente en relación con la dinámica del control. El ejemplo 3 a continuación permite ilustrar este fenómeno (figure 5).

**Ejemplo 3**

	Amplitud	Fase (grados)	THDi	PWHD	H5	H7	H11	H13
HM1 (300 Hz)	33,9%	0	39,1%	20,1%	36,0%	2,9%	13,5%	5,3%
HM2 (600 Hz)	18,4%	180						
HM3 (900 Hz)	1,7%	360						
HM4 (1200 Hz)	0,6%	180						
HM5 (1500 Hz)	0,0%	180						

- 20 En el ejemplo 3 anterior, la amplitud del armónico de orden 1 es demasiado elevada (aproximadamente el 34%) y engendra unos requisitos de dimensionamiento en el condensador del bus.

He aquí a continuación otros dos ejemplos que son por el contrario insatisfactorios. El primer ejemplo se refiere a la inyección de dos armónicos a 300 Hz y 600 Hz y el segundo ejemplo se refiere a la inyección de cinco armónicos a 300 Hz, 600 Hz, 900 Hz, 1200 Hz, 1500 Hz. Para estos otros dos ejemplos, los resultados obtenidos en la corriente de entrada son visibles respectivamente en la figura 6 y en la figura 7. En la figura 7, los armónicos HM4 y HM5 no están referenciados porque son difícilmente identificables.

25

**Ejemplo 4**

	Amplitud	Fase (grados)	THDi	PWHD	H5	H7	H11	H13
HM1 300 Hz	9,1%	0	30,3%	46,0%	24,5%	9,7%	11,0%	3,4%
HM2 600 Hz	6,3%	180						

Se remarca en este ejemplo 4 que el PWHD obtenido no es bueno porque es justamente igual al límite requerido (46%). Con relación a los dos ejemplos 1 y 2, se puede remarcar particularmente que la amplitud del armónico de

orden 1 no es superior al 10% lo que es sin duda insuficiente.

**Ejemplo 5**

	Amplitud	Fase (grados)	THDi	PWHD	H5	H7	H11	H13
HM1 (300 Hz)	7,1%	0	30,0%	48,9%	23,7%	10,5%	10,2%	4,9%
HM2 (600 Hz)	3,7%	180						
HM3 (900 Hz)	1,1%	0						
HM4 (1200 Hz)	0,1%	360						
HM5 (1500 Hz)	0,8%	180						

En este último ejemplo, se remarca que, optimizando al máximo del THDi, la inyección de cinco armónicos sincronizados a seis veces la frecuencia de la red no permite satisfacer el criterio del 46%, fijado por la norma para el PWHD.

5

Por supuesto se pueden concebir, sin salirse del marco de la invención, otras variantes y perfeccionamientos de detalle.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de potencia que comprende:

- una etapa rectificadora (1) conectada a varias fases (R, S, T) de una red que suministra una corriente ( $I_e$ ) de entrada a una frecuencia ( $F_{mains}$ ) fundamental determinada y sobre la que se aplica una tensión rectificadora,
- un bus de continua de alimentación conectado a la etapa (1) rectificadora y que comprende una primera línea ( $V_+$ ) de alimentación y una segunda línea ( $V_-$ ) de alimentación en cada una de las que se aplica un potencial eléctrico con el fin de obtener una tensión ( $V_{bus}$ ) en el bus de continua de alimentación,
- un condensador ( $C_{bus}$ ) del bus conectado a la primera línea de alimentación y a la segunda línea de alimentación,

10 **caracterizado porque** comprende:

- una fuente de corriente controlada situada en la primera línea de alimentación o en la segunda línea de alimentación, aguas arriba del condensador ( $C_{bus}$ ) del bus, comprendiendo dicha fuente de corriente controlada una inductancia (L) y una fuente de tensión variable,
- comprendiendo la fuente de tensión variable un convertidor (2) electrónico que comprende un primer ramal de conmutación, un segundo ramal de conmutación y un condensador (C1) conectados en paralelo, comprendiendo cada ramal de conmutación al menos un interruptor (T1, T2) electrónico,
- unos medios (3) de control de la fuente de corriente controlada configurados para aplicar una tensión ( $V_{aux}$ ) determinada a los bornes de la fuente de tensión variable con el fin de controlar una corriente, denominada corriente ( $I_{rec}$ ) rectificadora, que circula sobre el bus de continua de alimentación, siendo determinada dicha tensión ( $V_{aux}$ ) a partir de la tensión ( $V_{rec}$ ) rectificadora, de la tensión ( $V_{bus}$ ) en el bus de continua de alimentación y de los armónicos de corriente que comprenden un primer armónico y un segundo armónico sincronizados respectivamente a seis veces y doce veces la frecuencia ( $F_{mains}$ ) fundamental de la corriente ( $I_e$ ) de entrada suministrada por la red, siendo determinadas la amplitud y la fase de estos armónicos para limitar el THDi y el PWHD,
- los medios (3) de control están configurados para realizar un bucle de regulación dispuesto para hacer seguir a la corriente ( $I_{rec}$ ) rectificadora un valor ( $I_{rec}^{ref}$ ) de referencia igual a un valor ( $\langle I_{rec} \rangle^{ref}$ ) medio de referencia sobre el que están inyectados dichos armónicos,
- obteniéndose dicho valor ( $\langle I_{rec} \rangle^{ref}$ ) medio de referencia a la salida de un regulador en el que se introduce la diferencia entre un valor de tensión ( $V_c$ ) en los bornes del condensador (C1) del convertidor (2) electrónico y un valor ( $V_c^{ref}$ ) de referencia para la tensión en los bornes del condensador (C1) del convertidor (2) electrónico.

2. Convertidor según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (3) de control están configurados para realizar un bucle de regulación dispuesto para hacer seguir a la tensión ( $V_{bus}$ ) en el bus de continua de alimentación un valor ( $V_{bus}^{ref}$ ) de referencia que contiene dichos armónicos.

35 3. Convertidor según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el bucle de regulación está destinado a determinar un valor ( $V_{aux}^{ref}$ ) de referencia para la tensión en los bornes de la fuente de tensión variable.

4. Convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el primer armónico presenta una amplitud comprendida entre el 10% y el 30% de la corriente rectificadora.

5. Convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el segundo armónico presenta una amplitud comprendida entre 0 y el 15% de la corriente rectificadora.

40 6. Convertidor según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el primer armónico (HM1) y el segundo armónico (HM2) están inyectados inicialmente en oposición de fase.

45 7. Variador de velocidad que comprende una etapa ondulatoria provista de ramales de conmutación destinados a convertir una tensión continua en una tensión variable destinada a alimentar una carga eléctrica, **caracterizado porque** comprende un convertidor de potencia tal como el definido en una de las reivindicaciones 1 a 6, conectado aguas abajo de su etapa ondulatoria.



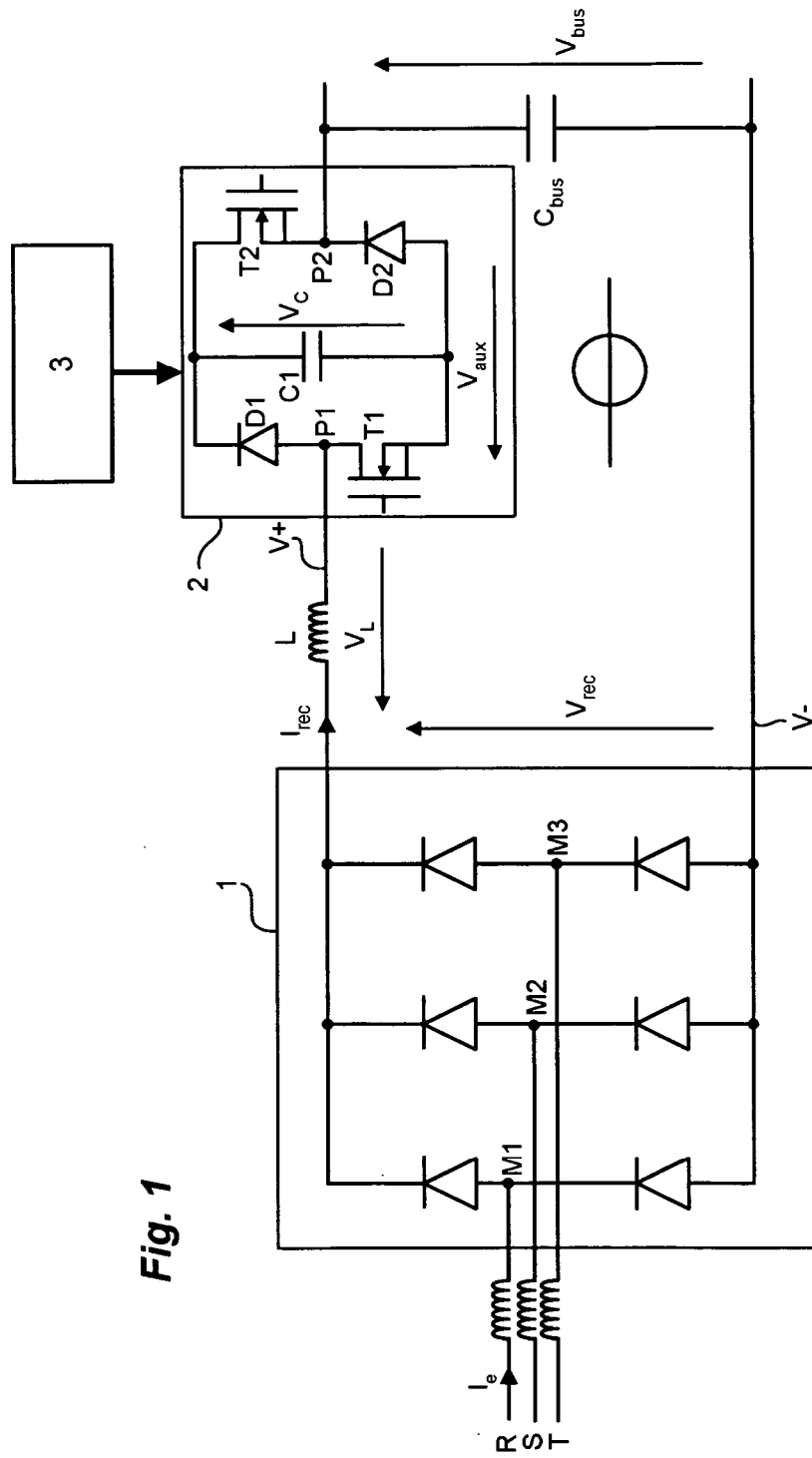
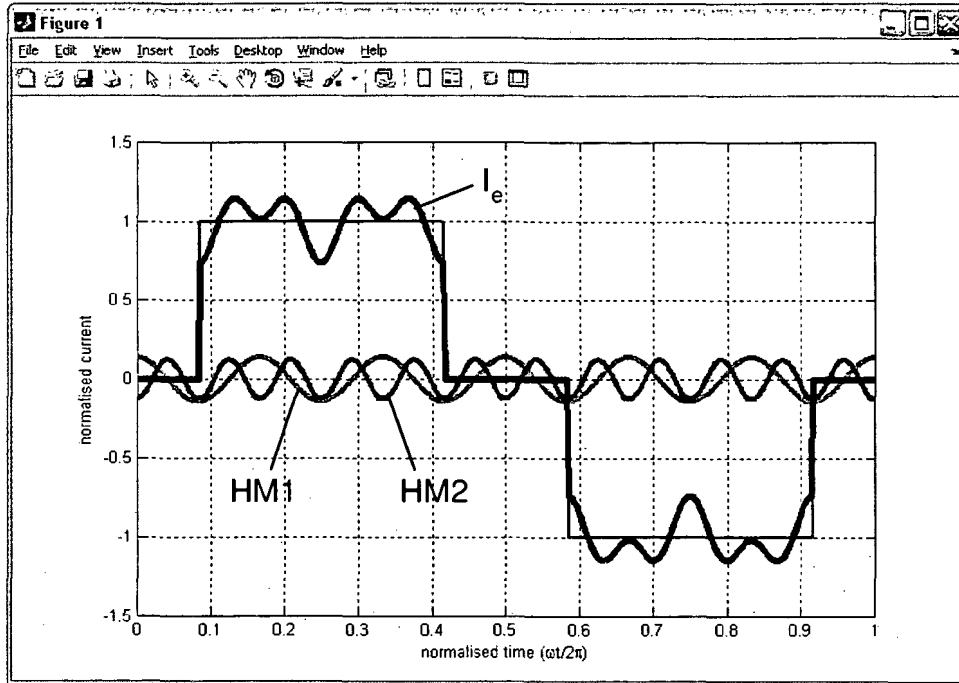


Fig. 1



**Fig. 3**



**Fig. 4**

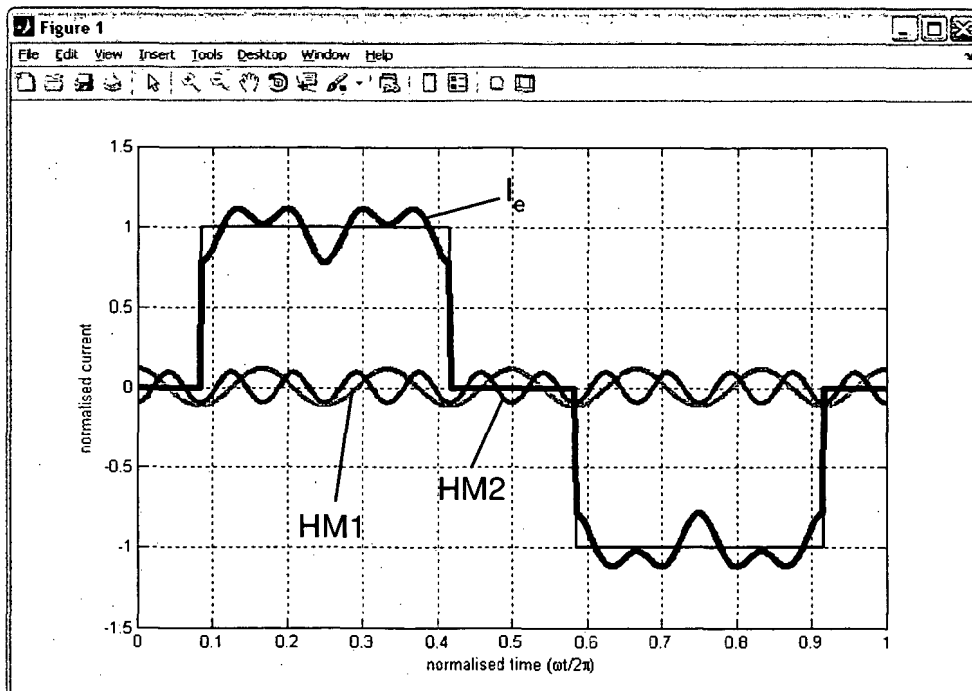


Fig. 5

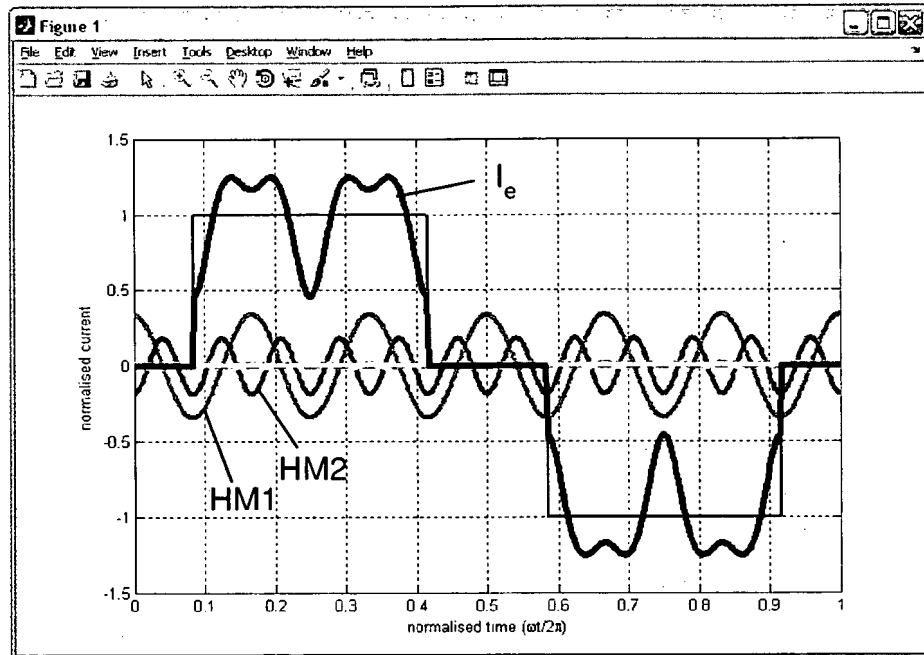
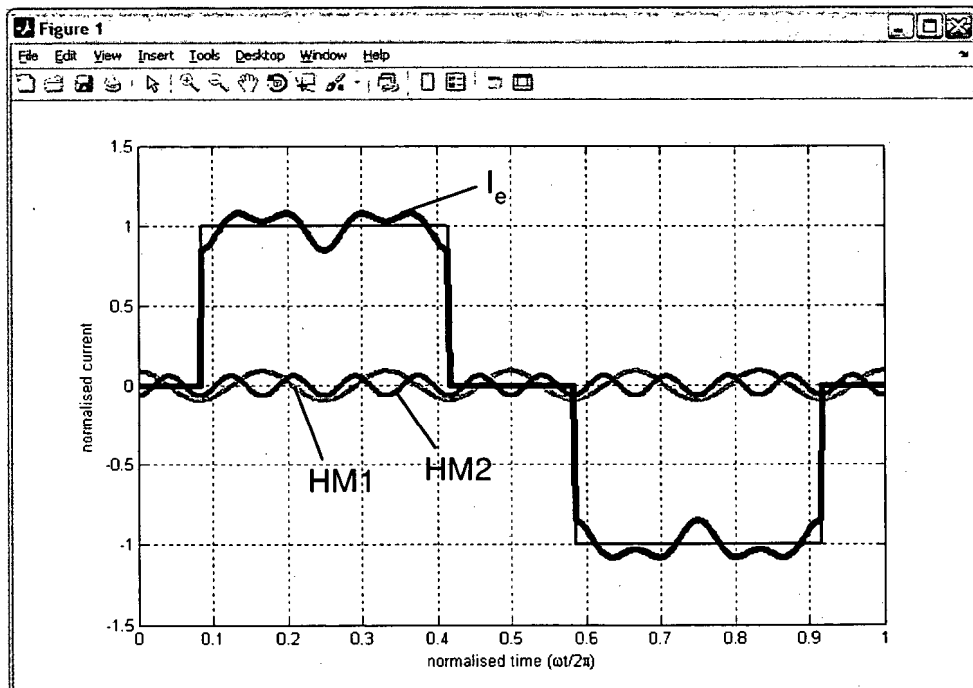


Fig. 6



**Fig. 7**

