

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 701**

51 Int. Cl.:

H02M 7/10 (2006.01)

H02M 7/217 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.10.2012 PCT/EP2012/070853**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2013 WO13075897**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2012 E 12784509 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 2783457**

54 Título: **Rectificador doblador para sistemas de transferencia de energía multifase sin contacto**

30 Prioridad:

24.11.2011 DE 102011119259

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

01.12.2016

73 Titular/es:

**BOMBARDIER PRIMOVE GMBH (100.0%)
Schöneberger Ufer 1
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

TURKI, FAICAL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 592 701 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

Rectificador doblador para sistemas de transferencia de energía multifase sin contacto

5 La presente invención se refiere a un rectificador en el lado secundario de un sistema de transferencia de energía inductivo de n-fases con N mayor o igual a 3, presentando el sistema de transferencia de energía en cada rama un circuito oscilante resonante con respectivamente al menos una inductancia y al menos una capacitancia, y pudiéndose acoplar magnéticamente los circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario con circuitos oscilantes resonantes en el lado primario, estando conectados los circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario en estrella o polígono y estando en conexión con un rectificador a través de circuitos exteriores.

10 El documento JP S61 92172 A da a conocer un rectificador de tensión trifásico. En este caso el documento da a conocer un circuito en serie de cuatro diodos, estando conectado un condensador eléctricamente en paralelo a este circuito en serie.

15 El documento JP S60 109766 A también da a conocer un rectificador de tensión trifásico semejante.

20 El documento US 5,936,854 A da a conocer un circuito rectificador bifásico con seis diodos. En este caso un condensador está conectado en paralelo a una primera rama con un circuito en serie de dos diodos y una segunda rama con un circuito en serie de otros dos diodos. El documento US 2011/198176 A1 da a conocer un rectificador trifásico con tres ramas conectadas en paralelo, que comprenden respectivamente un circuito en serie de dos diodos.

25 El documento US 5,047,912 A da a conocer un rectificador bifásico con cuatro conexiones. Este rectificador comprende una primera rama con un circuito en serie de dos diodos y otra rama con un circuito en serie de otros dos diodos, estando conectadas la primera y la otra rama en paralelo.

30 El documento US 4,651,268 A1 da a conocer un rectificador multietapa con un transformador, con diodos conectados en serie y un primer, segundo, tercer y cuarto condensador. Una fuente de tensión alterna está conectada con un devanado primario del transformador. Un punto neutro de un devanado secundario del transformador está puesto a tierra. Un punto de unión del circuito en serie de diodos está conectado con el punto neutro, de modo que los diodos están orientados en la misma dirección. El primer condensador está dispuesto entre los dos puntos de unión del circuito en serie de diodos.

35 El documento US 2006/0034109 A1 da a conocer un circuito de suministro de energía capacitivo, con un elemento de acumulación de energía que está dispuesto entre dos conexiones de salida para la facilitación de una tensión de salida rectificadas, estando dispuesto al menos un condensador y un primer diodo en serie entre una primera conexión de entrada para la aplicación de una tensión alterna y una de las conexiones de salida.

40 El documento DE 197 5 239 A1 da a conocer una fuente de alimentación capacitiva, que comprende un condensador de carga para la carga de otro condensador (condensador de almacenamiento), del que se puede captar la tensión de salida para el funcionamiento de un consumidor de corriente, un rectificador dispuesto entre el condensador de carga y el condensador de almacenamiento y un diodo de avalancha previsto para la estabilización de la fuente de alimentación capacitiva.

45 En el diseño de los circuitos resonantes en serie para la parte secundaria de la transferencia de energía sin contacto, es determinante para las tensiones internas dentro del equipo la tensión reactiva nominal que en general es mayor que la tensión activa. Cuanto mayor es el valor de inductancia de una fase, tanto más elevada es la potencia reactiva que se debe compensar con los condensadores resonantes. A este respecto, tanto el valor de inductancia como también la tensión reactiva se comporta de forma cuadrática respecto al número de espiras del devanado. La tensión activa es por el contrario lineal respecto al número de espiras. Si en el caso de una potencia activa de salida entregada se redujese la tensión activa del circuito oscilante a través del número de espiras, aumentaría la corriente nominal debido a pendientes dependientes lineales o proporcionales. No obstante, dado que la tensión reactiva se modifica de forma cuadrática respecto al número de espiras, se reduce la potencia reactiva.

50 Esto tiene la consecuencia de que los condensadores necesarios para la compensación se pueden dimensionar más pequeños, por lo que serían posibles drásticas reducciones de volumen, peso y costes.

55 En la transferencia de energía sin contacto se rectifica en general una tensión inducida en el circuito secundario de un transformador de entrehierro. La tensión continua resultante se usa a continuación para el suministro de consumidores. Para elevados requisitos de potencia es ventajoso el sistema multifásico, ya que con ello aumenta la densidad de potencia.

60 La figura 1 muestra un rectificador de secundario sencillo que se compone de un puente integral de diodos. El lado secundario representado en la figura 1 del sistema de transferencia de energía está configurado como sistema trifásico, componiéndose los circuitos oscilantes resonantes que forman las tres ramas por las inductancias L_S y los condensadores resonantes C_S y están conectados conjuntamente en estrella. Las fuentes de tensión equivalentes U_i

representan las tensiones U_i inducidas en los devanados secundarios. Un sistema trifásico es el sistema de transferencia de energía sin contacto multifase más sencillo. Pero este documento se refiere básicamente a todos los números de fases posibles. Ventajosamente la mayoría de las veces son números impares.

5 El rectificador de puente integral representado en la figura 1 genera una tensión continua, que depende en primer lugar del acoplamiento al circuito primario y también de la carga. Cuando se requiere una tensión continua constante, la tensión del rectificador variable se regula a través de un convertidor DC/DC aguas abajo, no representado.

10 La figura 2 muestra el lado secundario del sistema de transferencia de energía con ramas cableadas en triángulo.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un rectificador que se componga de pocos componentes electrónicos y genere una tensión de salida más elevada que un rectificador de puente integral. Otro objetivo de la invención es desarrollar el rectificador en el lado secundario según la invención de manera que se pueda generar una tensión de salida variable.

Este objetivo se consigue ventajosamente con un rectificador en el lado secundario con las características de la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos del rectificador según la reivindicación 1 se deducen por las características de las reivindicaciones dependientes.

20 El rectificador según la invención se destaca ventajosamente porque sólo se necesita un número de diodos conforme al número de fases, así como un condensador de aplanamiento. Con el mismo dimensionado de los números de espiras y elementos constructivos restantes se obtiene una tensión de salida del doble de valor respecto a un rectificador de puente integral convencional. Si la tensión de salida necesaria no se modifica respecto a un sistema de transferencia de energía con rectificador de puente integral, se puede reducir ventajosamente el número de espiras de las bobinas de transferencia. Según se describe arriba, también se reduce la potencia reactiva a compensar, por lo que los condensadores se pueden dimensionar más pequeños. De este modo los dispositivos captadores en el lado secundario del sistema de transferencia de energía se pueden configurar ventajosamente más pequeños, por lo que junto a una reducción de costes también van aparejadas reducciones de peso.

Debido a la posibilidad de interconectar las ramas de circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario en estrella o en un polígono de N lados, la tensión de salida se puede adaptar ventajosamente a las condiciones correspondientes. No obstante, en general se debe preferir el circuito en estrella. Con los circuitos expuestos a continuación en la tabla se pueden obtener distintas tensiones de salida.

Topología	Tensión de salida
Rectificador trifásico en circuito en triángulo según el estado de la técnica	$\sqrt{2} * U_i$
Rectificador trifásico en circuito en estrella según el estado de la técnica	$\sqrt{3} \sqrt{2} U_i$
Doblador trifásico en circuito en triángulo según la invención	$2 \sqrt{2} U_i$
Doblador trifásico en circuito en estrella según la invención	$2 \sqrt{3} \sqrt{2} U_i$

40 Como conductor externo L_k en el sentido de la invención se entienden los conductores de conexión $k = 1$ a N , que conectan los extremos libres de las ramas del circuito del punto en estrella o los puntos de conexión de las ramas del circuito de N lados con el rectificador en el lado secundario. En un sistema de transferencia de energía trifásico se pueden conectar por consiguiente tres conductores externos L_1, L_2 y L_3 con el rectificador.

La N diodos (D_1, D_k, \dots, D_N) del rectificador están conectados unos tras otros con la misma dirección de paso, de modo que el cátodo del diodo D_k siempre está conectado eléctricamente con el ánodo del diodo D_{k+1} con $k = 1$ a $N-1$. En paralelo al circuito en serie de los N diodos está conectado el condensador de aplanamiento C_{gr} en el lado de salida, en el que se capta la tensión de salida U_A . Los conductores externos L_k con $k = 1$ a N están conectados respectivamente con el ánodo del diodo (D_k).

El circuito de rectificador según la invención es sencillo en su estructura y ventajosamente sólo se compone de pocos elementos constructivos. En el caso de una potencia nominal dada sólo se debe efectuar ventajosamente una pequeña compensación de potencia reactiva en el circuito oscilante secundario, de modo que se puede efectuar un dimensionado menor de los condensadores resonantes necesarios. De este modo se reducen ventajosamente el volumen y el peso del lado secundario del sistema de transferencia de energía.

Además, se necesitan menos diodos de rectificador, por lo que se pueden ahorrar costes y peso. La única desventaja que se produce por el circuito según la invención es que se requiere una necesidad de aplanamiento

más elevada en el circuito de salida. No obstante, en comparación a las ventajas se puede asumir esta pequeña desventaja.

Mediante el dispositivo de conmutación, que está formado por un único elemento de conmutación, se pueden cortocircuitar entre sí todos los conductores externos, de modo que por poco tiempo una corriente no carga el condensador de aplanamiento. En este tiempo se cargan los circuitos oscilantes resonantes. Mediante la supresión del cortocircuito, lo que se realiza mediante la abertura del dispositivo de conmutación o del elemento de conmutación, la energía almacenada de los circuitos oscilantes resonantes se usa para la carga del condensador de aplanamiento y alimentación del consumidor. Mediante la libre elección del ciclo del elemento de conmutación se puede hacer funcionar el rectificador como elevador, por lo que es posible ventajosamente un ajuste o regulación de una tensión de salida cualquiera dentro de unos límites.

Para el establecimiento del cortocircuito de los conductores externos sólo se necesita un interruptor, el cual conecta el conductor externo L_n con el conductor externo L_1 , por lo que a través de los diodos D_1 a D_{N-1} se produce el cortocircuito de todos los conductores externos L_k . A este respecto, el elemento de conmutación eléctrico puede ser un transistor, en particular un IGBT, JFET o MOSFET, que está conectado con su colector o drenaje con el punto de conexión P_N o el conductor exterior L_N y con su emisor o fuente con el punto de unión A_1 que constituye la masa.

El elemento de conmutación o el dispositivo de conmutación se controla mediante un dispositivo de control, controlando el dispositivo de control el dispositivo de conmutación o el elemento de conmutación, en particular con una señal de excitación aplicada en la base o en la puerta. Mediante el dispositivo de control se puede regular o ajustar la tensión de salida requerida o la corriente de salida requerida.

A este respecto, el dispositivo de control activa y desactiva el elemento de conmutación o el dispositivo de conmutación, en particular mediante la regulación de dos puntos libremente ajustable o modulación por ancho de pulsos (PWM), y por consiguiente regula la tensión de salida.

Para que se originen pocas pérdidas de conmutación, el dispositivo de control siempre activa el elemento de conmutación o el dispositivo de conmutación luego cuando no se aplica una tensión en el elemento de conmutación o el dispositivo de conmutación. Por el contrario no es decisivo que el elemento de conmutación o el dispositivo de conmutación sólo se desactiva o sólo se suprime el cortocircuito entre los conductores externos luego cuando no fluye una corriente en el interruptor o los diodos.

A este respecto, es esencial que el medio de conmutación esté abierto durante al menos un periodo para el funcionamiento libre de los circuitos oscilantes resonantes. A este respecto, el periodo de conmutación del medio de conmutación puede ser un múltiplo del periodo de resonancia de la frecuencia de transferencia del sistema de transferencia de energía.

El rectificador según la invención aumenta además ventajosamente la seguridad funcional de todo el sistema. Si son defectuosos uno o varios diodos de un rectificador de puente integral convencional, en general estos diodos se vuelven entonces de baja impedancia, por lo que el rectificador de puente integral se vuelve para la fase en cuestión en el doblador de tensión. Debido a la tensión de salida que asciende de este modo se pueden deteriorar los componentes eléctricos aguas abajo, como por ejemplo baterías o electrónica. Si por el contrario uno o varios diodos del rectificador según la invención se vuelven de baja impedancia debido a un defecto o destrucción, entonces esto no tiene efectos negativos sobre los componentes aguas abajo, ya que debido a este defecto baja la tensión de salida.

El rectificador doblador controlable según la invención tiene ventajosamente un rendimiento más elevado, ya que se suprime un convertidor DC-DC necesario por lo demás y el medio de tensión se puede conectar ventajosamente sin tensión. Pese a la presencia de varias fases sólo se necesita un interruptor de semiconductores como medio de conmutación. Debido a una pequeña potencia reactiva a compensar, el lado secundario del sistema de transferencia de energía se construye más pequeños y tiene un peso menor. Adicionalmente el sistema es más económico debido a los menos componentes y el convertidor DC-DC no necesario.

Según se ha explicado ya, el rectificador en el lado secundario según la invención es apropiado para un sistema de transferencia de energía con más de dos fases, en particular números de fases impares mayor o igual de tres. Por consiguiente también se describe un rectificador en el lado secundario, presentando el sistema de transferencia de energía tres, cinco, siete o $2n+1$ fases.

La invención reivindica al mismo tiempo un sistema de transferencia de energía y un dispositivo captador en el que se usa un rectificador secundario según la invención.

A continuación se explica más en detalle el rectificador en el lado secundario según la invención mediante los dibujos y esquemas de conexión.

Muestran:

- 5 Fig. 1: el lado secundario de un sistema de transferencia de energía trifásico con un rectificador de puente integral aguas abajo, estando conectados los circuitos oscilantes resonantes en estrella;
- Fig. 2: el lado secundario de un sistema de transferencia de energía trifásico con un rectificador de puente integral aguas abajo, estando conectados los circuitos oscilantes resonantes en triángulo;
- 10 Fig. 3: el rectificador en el lado secundario según la invención para un sistema de transferencia de energía trifásico, en el que el rectificador trabaja como doblador de tensión y los circuitos oscilantes resonantes están conectados en estrella;
- 15 Fig. 4: el rectificador en el lado secundario según la invención para un sistema de transferencia de energía trifásico, en el que el rectificador trabaja como doblador de tensión y los circuitos oscilantes resonantes están conectados en triángulo;
- Fig. 5: diagrama de corriente para el circuito según la figura 3;
- 20 Fig. 6: el esquema de conexiones equivalente para un elevador monofásico;
- Fig. 7: diagrama de corriente y tensión para un doblador rectificador elevador monofásico según la fig. 6;
- 25 Fig. 8: rectificador trifásico según la invención según la fig. 3 con medio de conmutación adicional para la elevación de la tensión de salida;
- Fig. 9: rectificador según la invención según la fig. 4 con medio de conmutación adicional para la elevación de la tensión de salida;
- 30 Fig. 10: diagrama de corriente y tensión para un doblador rectificador elevador trifásico según la figura 8 ó 9;
- Fig. 11: rectificador según la invención con medio de conmutación adicional para la elevación de la tensión de salida para un sistema de transferencia de energía de N fases, en el que los circuitos osciladores resonantes en el lado secundario están conectados en estrella;
- 35 Fig. 12: rectificador según la fig. 11, estando conectados los circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario en polígono de N lados.

40 Respecto a los rectificadores de puente integral trifásicos convencionales representados en las figuras 1 y 2, el rectificador en el lado secundario según la invención, tal y como está representado en las figuras 3 y 4 para el circuito en estrella y triángulo de los circuitos osciladores resonantes en el lado secundario, se diferencia porque se reduce a la mitad el número de diodos necesarios. La conexión de los conductores externos L_1 , L_2 y L_3 con los diodos D_1 , D_2 y D_3 no se diferencia en el circuito en estrella o triángulo. El circuito provoca que se doblen las tensiones U_i inducidas encadenadas del circuito secundario de un sistema trifásico. En el circuito en estrella según la figura 3 esto se consigue mediante los diodos D_1 y D_2 . El diodo D_1 cortocircuita las ramas U y V durante un semiperiodo. El diodo D_2 cortocircuita las ramas V y W durante un semiperiodo. El circuito en serie de los diodos D_1 y D_2 cortocircuita las ramas U y W durante un semiperiodo. Durante el cortocircuito a través del / de los diodo(s) correspondiente(s) se carga el condensador resonante C_S correspondiente a la tensión pico de la fase correspondiente. En el otro semiperiodo siguiente, el circuito oscilante resonante funciona libremente a través del diodo D_3 en el circuito de carga con el condensador de aplanamiento C_{gr} y lo carga a la suma de la tensión inducida instantánea y la tensión de condensador almacenada del semiperiodo anterior. La tensión de salida U_A en la salida del rectificador es por consiguiente el doble que en el rectificador B6 convencional según las figuras 1 y 2.

55 La figura 5 muestra el desarrollo de las corrientes individuales en las fases o ramas u, v, w y el desarrollo de la corriente de rectificador I_{gr} en el condensador de aplanamiento C_{gr} para un circuito según la figura 3 ó 4. Mediante el doblador de tensión la corriente I_{gr} tiene un hueco durante una duración de 120° . Para obtener un aplanamiento suficiente se requiere usar por ello eventualmente un condensador de aplanamiento C_{gr} con mayor capacidad.

60 Mediante las figuras 6 a 10 se explica como se pueden transformar los circuitos dobladores representados en las figuras 3 a 5 con medios sencillos formando rectificadores, en los que es posible un ajuste / regulación de la tensión de salida.

65 Para la mejor comprensión se explica en primer lugar mediante la figura 6 un doblador monofásico en el que se puede cortocircuitar un circuito oscilante en serie L_S-C_S a través de un interruptor de semiconductores S durante un tiempo corto. Durante el cortocircuito la corriente del semiperiodo positivo fluye sólo en el circuito oscilante, por lo que se carga el circuito oscilante. En cuanto se abre el interruptor de semiconductores S, el circuito oscilante L_S-C_S se descarga al condensador de salida C y se transmite por consiguiente la potencia a la carga. Por consiguiente,

mediante el medio de conmutación S el doblador rectificador puro se vuelve un elevador. Éste se conecta en el circuito AC. A este respecto, el interruptor S se puede conectar de forma síncrona a la corriente I_{gr} , de modo que la duración de la activación representa la magnitud de ajuste. No obstante, igualmente es posible que sólo se conecte luego cuando el diodo antiparalelo conduce corriente y por consiguiente el interruptor S se conecta sin tensión. En la última variante la relación de duración de activación respecto a duración de desactivación representa la magnitud de ajuste. A este respecto, el tiempo de activación del medio de conmutación S es la mayoría de las veces un múltiplo del periodo de la frecuencia de transferencia del sistema de transferencia de energía.

La figura 7 muestra las corrientes y tensiones del rectificador doblador monofásico, controlable, explicado y representado en la figura 6 durante el tiempo en el que el medio de conmutación S no está activado y por consiguiente el circuito oscilante resonante no está cortocircuitado. En cuanto el medio de conmutación S se cierra o activa, el diodo D1 se cortocircuita de modo que I_{gr} será nula, comenzando a bajar simultáneamente la tensión de salida. En cuanto el medio de conmutación S se abre, se descarga el condensador del circuito oscilador C_s cargado y la corriente I_{gr} carga el condensador de aplanamiento. Según la longitud del tiempo de activación y la longitud del tiempo de desactivación del medio de conmutación S y en función de la magnitud de la carga se ajusta una tensión de salida U_A o se ajusta en el caso de periodos de activación y desactivación variables.

El principio del circuito descrito en las figuras 6 y 7 también se puede aplicar a un sistema de transferencia de energía multifase. Si se adapta el principio de circuito del circuito en la figura 6 a un sistema multifase, se debe realizar un cortocircuito de todas las fases o ramas u, v, w, para que se garantice la simetría del sistema.

Esto se consigue según la invención mediante el medio de conmutación mostrado en las figuras 8 y 9.

El medio de conmutación S en forma de un interruptor de semiconductores cortocircuita entre sí las fases más exteriores, de modo que los diodos D_1 y D_2 que se sitúan en medio también se vuelven conductores y contribuyen al cortocircuito. El mismo circuito rectificador se puede usar tanto para el circuito en estrella como también en triángulo de las ramas u, v y w.

El comportamiento de las corrientes y tensiones durante los procesos de conmutación se muestra en las figura 10. Mientras que el interruptor de semiconductores S está cerrado ($G = 1$), no fluye corriente I_{gr} en el circuito de salida, de modo que el condensador de aplanamiento C_{gr} comienza a descargarse a través de la carga no representada. Durante este tiempo se almacena la energía transferida por el lado primario del sistema de transferencia de energía en el circuito oscilante. Cuando en el instante T_2 o T_4 se abre el medio de conmutación S ($G = 0$), la corriente I_{gr} fluye en forma de la combinación de los semiperiodos almacenados y el periodo inducido actual a la carga y el condensador de aplanamiento C_{gr} y lo carga, por lo que aumenta la tensión de salida U_A . Según la relación duración-periodo seleccionada entre la duración de activación y desactivación se puede regular al alza o elevar la tensión de salida U_A a una tensión determinada.

Para la elevación de la tensión de salida U_A a una tensión de salida máxima $U_{A,max}$ se cierra el medio de conmutación S durante un ciclo de aprox. el 95% y se abre aprox. el 5%. Para que se produzca un buen aplanamiento se puede aumentar la capacidad del condensador de aplanamiento C_{gr} o preverse al menos otra etapa de aplanamiento para el aplanamiento de la tensión de salida U_A .

Las figuras 11 y 12 muestran circuitos para el sistema de transferencia de energía con más de tres fases. Se clarifica que para un sistema de transferencia de N fases siempre se necesita sólo un número de N diodos D_k . Para la elevación sólo se necesita un medio de conmutación S independientemente del número de fases.

REIVINDICACIONES

1. Rectificador en el lado secundario, que está unido a un sistema de transferencia de energía inductivo de n fases, en el que n es mayor o igual a tres y el sistema de transferencia de energía presenta en cada rama (W , V , U) un
5 circuito oscilante resonante con respectivamente al menos una inductancia (L_s) y al menos una capacitancia (C_s), y los circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario se pueden acoplar magnéticamente con circuitos oscilantes resonantes en el lado primario, en el que los circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario están conectados en estrella o en polígono y están en unión con un rectificador a través de conductores externos ($L_1, \dots, L_k, \dots, L_N$), caracterizado porque el convertidor presenta un circuito en serie de exactamente n diodos (D_1, D_k, \dots, D_N) con el
10 mismo sentido de paso, estando conectado un condensador de aplanamiento (C_{gr}) en paralelo al circuito en serie y aplicando la tensión de salida (U_A) del rectificador en los puntos de unión (A_1, A_2) del condensador de aplanamiento (C_{gr}), estando conectado el conductor externo (L_k) con el ánodo del circuito (D_k) para cada $k = 1$ a N , estando en conexión un primer punto de unión (A_1) del condensador de aplanamiento con el conductor externo (L_1) que está conectado directamente con el ánodo de un primer diodo (D_1) y estando en conexión el cátodo del N -ésimo Diodo (D_N) con otro punto de unión (A_2) del condensador de aplanamiento, pudiéndose cortocircuitar opcionalmente entre sí todos los conductores externos ($L_1, \dots, L_k, \dots, L_N$) mediante un dispositivo de conmutación que está formado por un único elemento de conmutación (S).
2. Rectificador en el lado secundario según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de conmutación eléctrico (S) conecta el punto de conexión (P_N) o el conductor externo (L_N) y el punto de unión (A_1).
3. Rectificador en el lado secundario según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el elemento de conmutación eléctrico (S) es un transistor, en particular un IGBT, JFET o MOSFET.
- 25 4. Rectificador en el lado secundario según la reivindicación 3, caracterizado porque el transistor (S) está conectado gracias a su colector o drenaje con el punto de conexión (P_N) o el conductor externo (L_N) y gracias a su emisor o fuente con el punto de unión (A_1).
5. Rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque un dispositivo de control (E) controla el dispositivo de conmutación o el elemento de conmutación (S), en particular con una señal de excitación (G) aplicada en la base o en la puerta.
- 30 6. Rectificador en el lado secundario según la reivindicación 5, caracterizado porque el dispositivo de control (E) regula la tensión de salida ($U_{A,ist}$) o la corriente de salida a una tensión de salida de consigna ($U_{A,soll}$) o la corriente de salida de consigna mediante el dispositivo de conmutación o el elemento de conmutación (S).
- 35 7. Rectificador en el lado secundario según la reivindicación 6, caracterizado porque el dispositivo de control (E) activa y desactiva el elemento de conmutación o el dispositivo de conmutación (S), en particular mediante regulación de dos puntos libremente ajustable o modulación por ancho de pulsos (PWM), y por consiguiente regula una tensión de salida de consigna ($U_{A,soll}$) o una corriente de salida de consigna.
- 40 8. Rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el control (E) sólo desactiva luego el elemento de conmutación o el dispositivo de conmutación (S) y por consiguiente suprime el cortocircuito entre los conductores externos cuando no fluye una corriente en el interruptor (S) o los diodos (D_1 a D_{N-1}).
- 45 9. Rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el dispositivo (E) solo activa el medio de conmutación (S) luego cuando no se aplica una tensión en el elemento de conmutación (S).
- 50 10. Rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el dispositivo (E) conmuta el medio de conmutación (S) para el ajuste o regulación de la tensión de salida U_A o I_A con una frecuencia que es menor o igual a la frecuencia de transferencia del sistema de transferencia de energía.
- 55 11. Rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el periodo de conmutación del medio de conmutación (S) es un múltiplo del periodo de la frecuencia de transferencia del sistema de transferencia de energía.
- 60 12. Rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el medio de conmutación (S) está abierto durante al menos un periodo de la frecuencia de transferencia de energía para el funcionamiento libre de los circuitos oscilantes resonantes.
- 65 13. Dispositivo captador para un sistema de transferencia de energía multifase con circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario cableados en estrella o polígono y un rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones 1 a 12.

14. Sistema de transferencia de energía multifase con circuitos oscilantes resonantes en el lado secundario cableados en estrella o polígono con un rectificador en el lado secundario según una de las reivindicaciones 1 a 12.

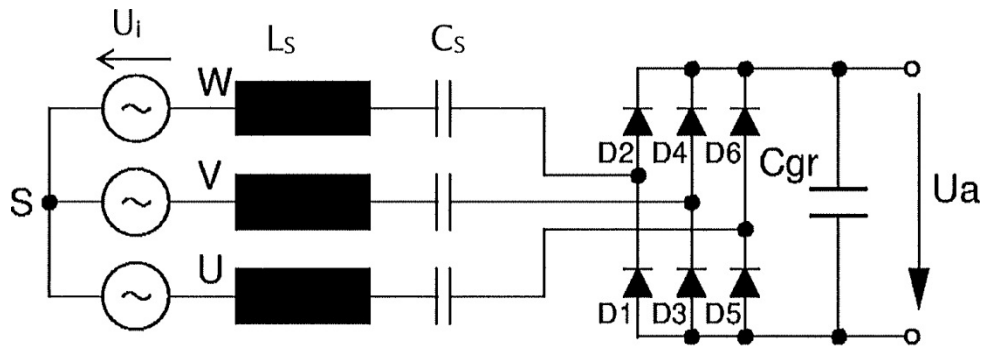


Fig. 1
(Estado de la técnica)

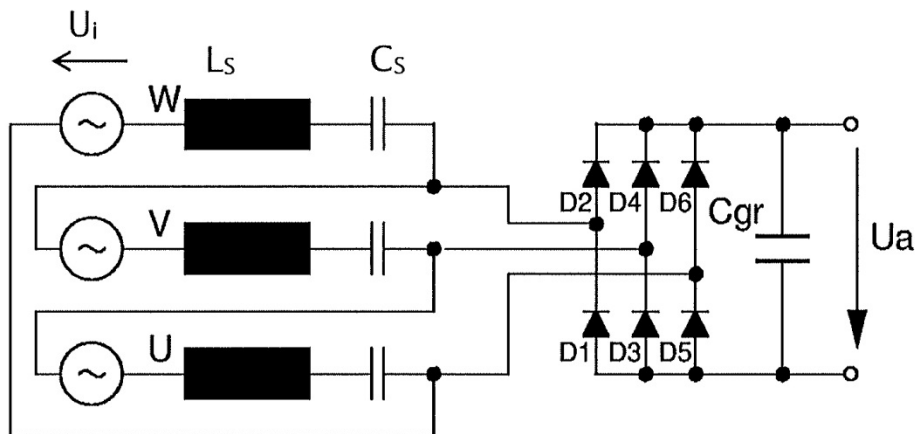


Fig. 2
(Estado de la técnica)

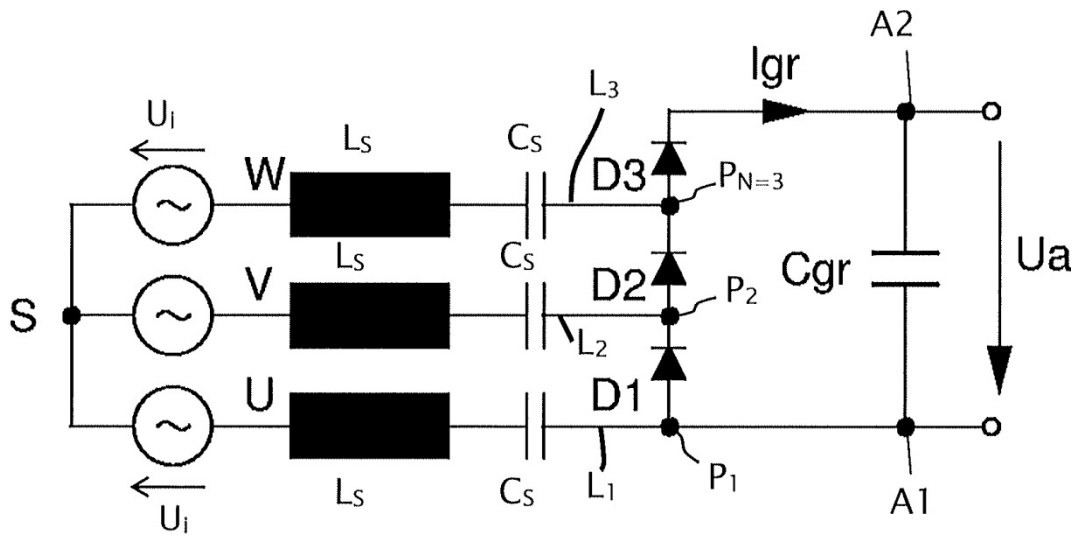


Fig. 3

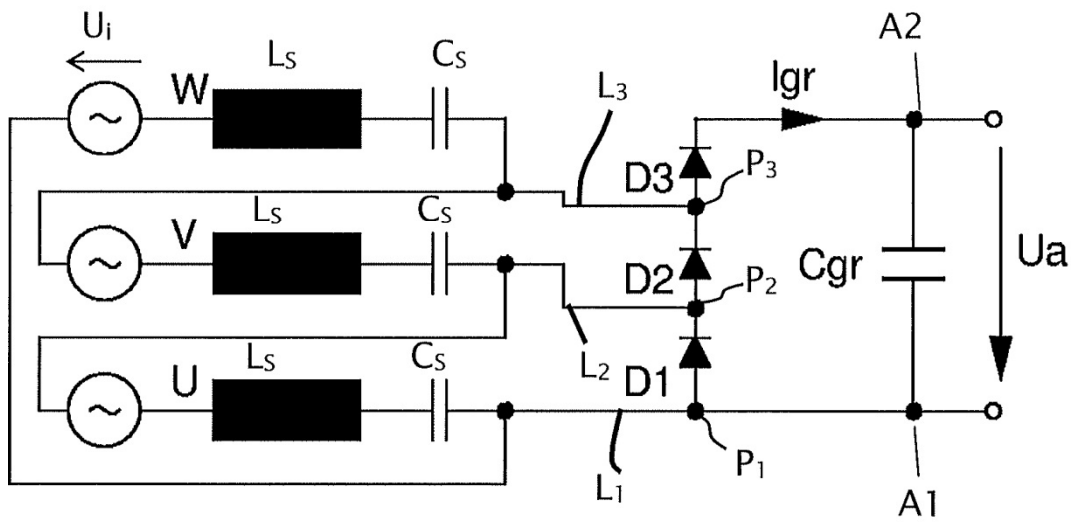


Fig. 4

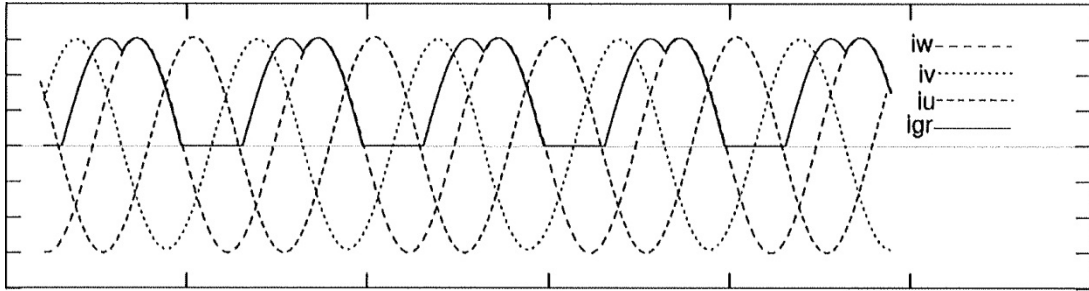


Fig. 5

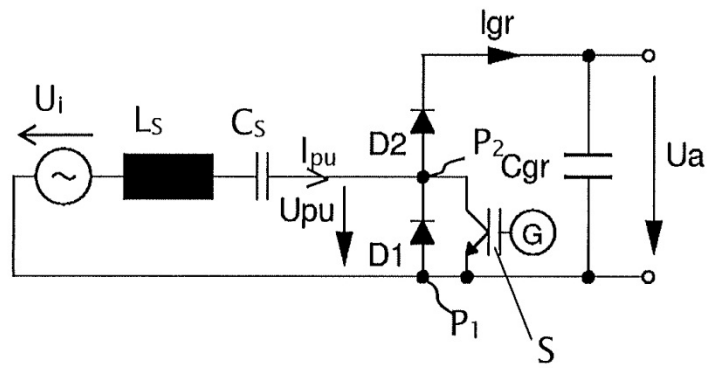


Fig. 6

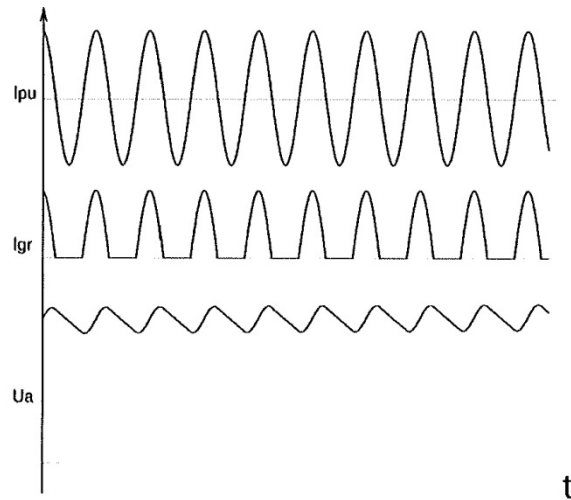


Fig. 7

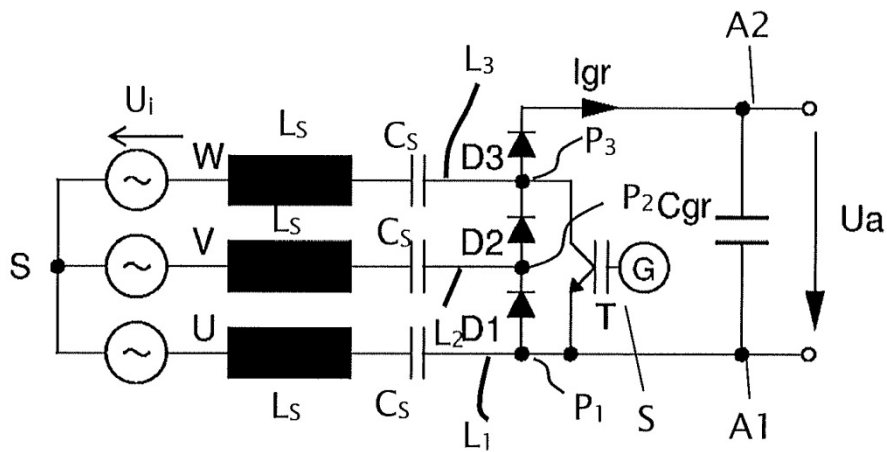


Fig. 8

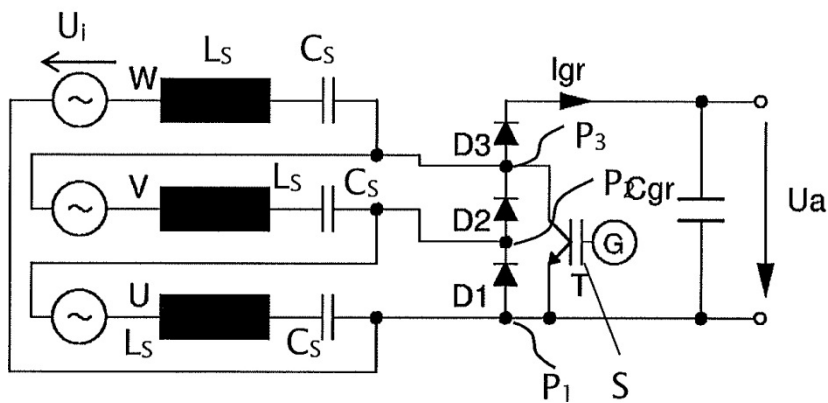


Fig. 9

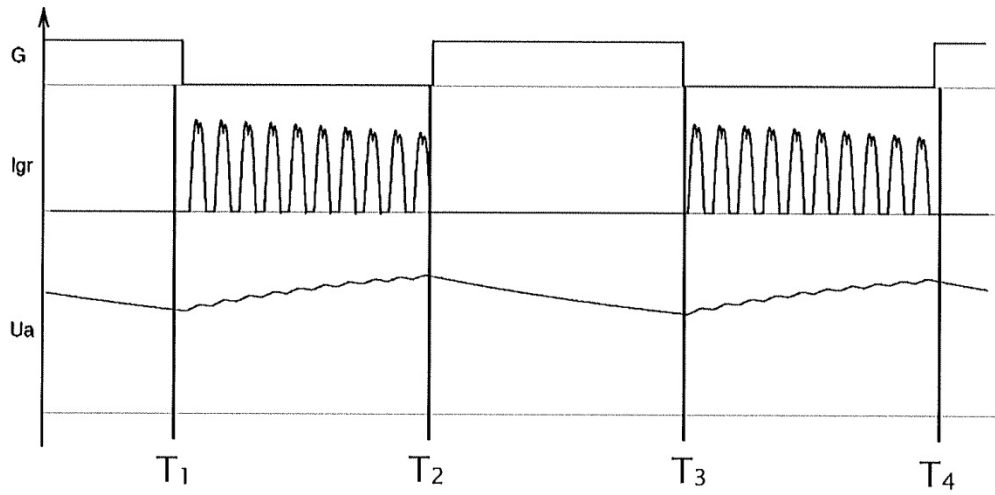


Fig. 10

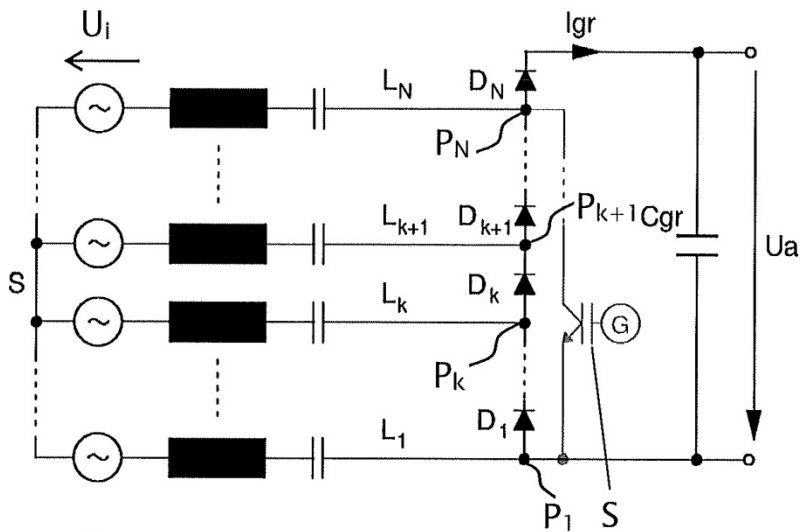


Fig. 11

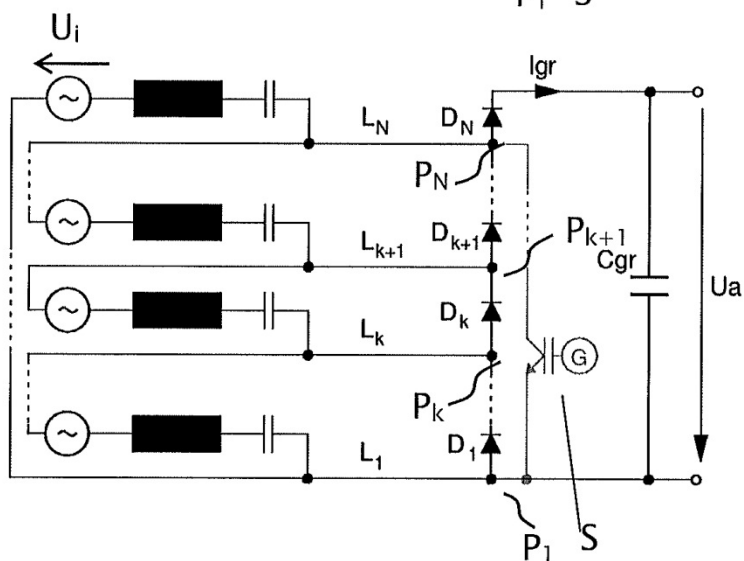


Fig. 12