



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 352 448**

51 Int. Cl.:  
**H02M 7/53** (2006.01)  
**H02M 7/5387** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09006359 .5**  
96 Fecha de presentación : **15.05.2003**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2086102**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.08.2009**

54 Título: **Inversor para convertir una tensión continua eléctrica en una corriente alterna o una tensión alterna.**

30 Prioridad: **15.05.2002 DE 102 21 592**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**18.02.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**18.02.2011**

73 Titular/es: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung  
der angewandten Forschung e.V.**  
**Hansastraße 27C**  
**80686 München, DE**

72 Inventor/es: **Siedle, Christoph;**  
**Ketterer, Juergen y**  
**Schmidt, Heribert**

74 Agente: **Arizti Acha, Mónica**

**ES 2 352 448 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).

**INVERSOR PARA CONVERTIR UNA TENSIÓN CONTINUA ELÉCTRICA EN UNA CORRIENTE ALTERNA O UNA TENSIÓN ALTERNA**

DESCRIPCIÓN

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un inversor para transformar una tensión continua eléctrica en una corriente alterna o una tensión alterna. Tales convertidores de corriente se utilizan por ejemplo para la alimentación de energía eléctrica a la red eléctrica pública o para formar una red separada autárquica en casos en los que sólo se dispone de fuentes de energía de tensión continua, como por ejemplo equipos fotovoltaicos, pilas de combustible, baterías, etc.

**Estado de la técnica**

En el caso de un inversor para alimentar energía a una red de tensión alterna existente se genera una corriente alterna, que debe igualarse con respecto a la posición de fase y la amplitud a la curva de potencial de la tensión alterna, preferiblemente de una tensión de red configurada de manera sinusoidal de 50 ó 60 Hz. Por el contrario, en el caso de un inversor para alimentar una red separada autárquica se genera una tensión alterna estable en tensión y frecuencia. Para hacer funcionar consumidores capacitivos e inductivos de cualquier tipo, un inversor de este tipo debe poder emitir o recibir potencia reactiva.

De una manera conocida en sí misma sirven para ello inversores mono o trifásicos con y sin transformador. Una visión general de la pluralidad de formas de realización posibles a este respecto de tales inversores se encuentra en la siguiente bibliografía:

[1] Myrzik, Johanna, Topologische Untersuchungen zur Anwendung von tief-/hochsetzenden Stellern für Wechselrichter / Johanna Myrzik. - Kassel: kassel univ. press, 2001, Zugl.: Kassel, Univ., Diss. 2000, ISBN 3-933146-62-3;

[2] Manfred Meyer, Leistungselektronik, Einführung, Grundlagen, Überblick, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona 1990; y

[3] POWER ELECTRONICS, Converters, Applications and Design, Second Edition, JOHN WILEY & SONS, INC., New York Chichester Brisbane Toronto Singapore, 1989, 1995.

En los casos de aplicación mencionados siempre están en primer plano un alto rendimiento de conversión con todas las cargas, un buen comportamiento de CEM, un volumen y peso reducidos así como un coste reducido. En general no se requiere una separación galvánica entre el lado de tensión continua y alterna.

5 Un circuito hasta ahora favorable bajo estas condiciones límite está representado por un circuito de puente completo sin transformador que se describe de manera detallada en [3] y [1]. En estos documentos también se representan los diferentes tipos de sincronización del circuito de puente completo explicados con más detalle más adelante. En este tipo de topología es ventajoso un alto rendimiento de conversión y un volumen y peso reducidos. Sin embargo, es desventajoso, en función del tipo de sincronización utilizado, un comportamiento de CEM malo en el lado de entrada así como, en parte, la ausencia de un funcionamiento en 4 cuadrantes (capacidad de potencia reactiva).

15 Además, a partir de la contribución anterior de Myrzik se conocen topologías de inversor sin transformador que se derivan de una combinación de reguladores elevadores y reductores (convertidores Cuk y Zeta). Frente a los circuitos de puente mencionados anteriormente, estos tienen la ventaja de que la tensión de entrada en cuanto a su magnitud puede ser tanto menor como mayor que el valor máximo (amplitud) de la tensión de red sinusoidal. Por el contrario, en el caso del circuito de puente siempre tiene que ser mayor que la amplitud de tensión de red, para permitir una alimentación a la red.

20 Las topologías sin transformador descritas en los documentos DE 196 42 522 C2 y DE 197 32 218 C1 también se basan en un enfoque comparable, mencionándose como ventaja, en el caso de estos circuitos basados en convertidores elevadores/reductores o convertidores Cuk y Zeta, especialmente la unión eléctrica de una de las conexiones de generador solar con un potencial fijo (conductor neutro), con lo cual se obtienen ventajas para el comportamiento de CEM.

25 Sin embargo, en todas las topologías mencionadas en último lugar debe mencionarse como desventaja esencial que o bien toda o al menos una gran parte de la energía transmitida hacia la salida debe acumularse de manera intermedia en una bobina de choque o bien transmitirse a través de condensadores de acoplamiento hacia la salida. A partir de ello se obtiene en todos los circuitos un rendimiento considerablemente menor frente al circuito de puente sencillo. Además, en parte, son

muy complejas y difícilmente manejables desde el punto de vista de la técnica de regulación.

5 Del documento EP 0 203 571 B1 se desprende además un inversor de tipo genérico que permite generar, en funcionamiento como inversor separado, durante periodos de tiempo cortos una corriente de salida, que asciende a un múltiplo de la corriente nominal. Esta corriente elevada se requiere para, en caso de un cortocircuito, disparar automáticos de seguridad convencionales. Por tanto, el procedimiento descrito en el mismo no se utiliza en funcionamiento normal sino que se activa a través de un circuito de valoración correspondiente exclusivamente en caso de cortocircuito.

10 Las realizaciones siguientes aclararán en cada caso el problema existente con los inversores, especialmente haciendo referencia a inversores sin transformador, monofásicos, aunque en este punto ha de indicarse que las medidas descritas a continuación pueden aplicarse en principio también a inversores en cada caso con transformador. Sólo por motivos de comprensión se indica además que, además de  
15 inversores monofásicos, también existen aparatos de funcionamiento polifásico, preferiblemente inversores trifásicos, con los que por ejemplo, es posible la conversión de tensión continua en tres curvas de tensión o corriente periódicas desplazadas en fase en cada caso  $120^\circ$ . Las realizaciones explicadas a continuación también pueden encontrar aplicación en sistemas de inversor polifásicos de este tipo.

20 A continuación se considera la topología de circuito mencionada anteriormente y conocida en sí misma de un inversor sin transformador, monofásico, que según el ejemplo de realización conocido en la figura 2 prevé dos conexiones 1, 2 de tensión continua, con las que en este ejemplo está unido un generador SG solar externo como fuente de tensión continua, así como dos conexiones 3, 4 de tensión alterna, que o  
25 bien están unidas con la red eléctrica convencional de 50 Hz o bien, en caso del funcionamiento separado, están conectadas al consumidor eléctrico. Para la conversión de la tensión  $U_{SG}$  continua de generador solar constante en una corriente alterna adecuada para la alimentación a la red o en una tensión alterna necesaria en el funcionamiento separado, el inversor W sin transformador, monofásico, prevé un  
30 condensador  $C_1$  intermedio, que está conectado en paralelo a un puente completo, compuesto por cuatro unidades A, B, C, D de conmutador, así como diodos DA, DB, DC y DD rectificadores designados como diodos de rueda libre, conectados en cada caso de manera antiparalela con éstas.

Las unidades A, B, C, D de conmutador individuales están configuradas como conmutadores de alta frecuencia, que son adecuados para realizar operaciones de conmutación con frecuencias de hasta unos cientos de kHz. Tales conmutadores están configurados preferiblemente como transistores de efecto de campo MOS o como IGBT (transistor bipolar de puerta aislada).

En cada caso se produce una derivación de puente en el centro de las ramas paralelas del circuito de puente en los nudos 5, 6 de unión entre, en cada caso, las unidades A, B y C, D de conmutador mediante las líneas 7, 8 de unión. Ambas líneas 7, 8 de unión están unidas en cada caso a través de una inductancia  $L_1$  o  $L_2$  de choque con las conexiones 3, 4 de tensión alterna. Entre las líneas 7, 8 de unión se aplica la tensión  $U_{Pu}$  de puente. Para una mejor visibilidad no se representan otros componentes, necesarios para un funcionamiento seguro de la disposición de inversor representada en la figura 2, como por ejemplo los filtros para mejorar la compatibilidad electromagnética (CEM) así como elementos parásitos, especialmente capacidades.

Para la conversión de la tensión  $U_{SG}$  de generador solar en una corriente alterna necesaria para la alimentación a la red o en una tensión alterna necesaria en el funcionamiento separado se aplica abrir y cerrar las unidades A, B, C, D de conmutador con un patrón de sincronización de alta frecuencia determinado, que puede presentar frecuencias de conmutación entre unos pocos kHz hasta unos cientos de kHz, de manera coordinada entre sí, para generar impulsos de tensión que pueden distinguirse de manera discreta en el tiempo, cuyo estado de potencial se adapta a la tensión  $U_{red}$  alterna que va a generarse en el funcionamiento separado o aplicada de manera externa. Con ayuda de las inductancias  $L_1$ ,  $L_2$  de choque previstas en las líneas 7, 8 de unión es posible obtener en las salidas de las conexiones 3, 4 de tensión alterna una curva de tensión o corriente sinusoidal suave.

En principio se diferencian entre sí tres patrones de sincronización diferentes con los que se activan las unidades A, B, C, D de conmutador en el circuito de puente convencional.

En el caso de la denominada sincronización simétrica, las unidades de conmutador, opuestas diagonalmente, es decir, A y D o B y C, siempre se cierran o abren de manera sincrónica en el tiempo. La activación de las unidades de conmutador individuales se produce a través de una alimentación eficaz de energía eléctrica a la red, de modo que, durante una semionda positiva de la tensión alterna de red aplicada a las conexiones 3, 4 de tensión alterna, las unidades A, D de

conmutador se cierran y abren con una alta frecuencia según un patrón de sincronización fijo, por ejemplo basándose en una modulación por ancho de pulso (PWM), mientras que las unidades B y C de conmutador permanecen en el estado abierto o se activan en oposición de fase respecto a los conmutadores A, D. Durante las fases de apertura de los conmutadores A y D, la corriente conmuta a través de las bobinas  $L_1$ ,  $L_2$  de choque a los diodos DB y DC de rueda libre opuestos diagonalmente o a los conmutadores B, C cerrados. En el caso contrario de una semionda negativa predeterminada por la red, las unidades B y C de conmutador se abren y cierran según el patrón de sincronización correspondiente, mientras que las unidades A y D de conmutador permanecen en la posición abierta o se activan en oposición de fase respecto a los conmutadores B, C. Ahora la corriente de choque conmuta a los diodos DA y DD de rueda libre o a los conmutadores A, D cerrados.

Presuponer esto conduce a las siguientes propiedades eléctricas del inversor: la tensión  $U_{Pu}$  de puente toma respectivamente, con las unidades A y D de conmutador cerradas o los diodos DA y DD de rueda libre conductores, la tensión  $+U_{SG}$ , y con las unidades B y C de conmutador cerradas o los diodos DB y DC de rueda libre conductores, la tensión  $-U_{SG}$ . Además, si se presupone que las inductancias  $L_1$  y  $L_2$  de choque están configuradas iguales de manera ideal, entonces la tensión  $U_{SG}$  de generador solar se divide en todos los casos de sincronización simétrica de manera simétrica respecto al potencial de referencia definido por la tensión alterna aplicada de manera externa (valor momentáneo de la tensión alterna de red).

Para aclarar estas relaciones se hace referencia a las figuras 3a y 3b. En el caso de la figura 3a, las unidades A y D de conmutador están cerradas o son DA y DD conductores, y se toma un potencial de referencia externo de 0 V. Puesto que, tal como se representó anteriormente, la tensión de generador solar se divide de manera simétrica respecto al potencial de referencia, las dos líneas de conexión del generador solar se encuentran a los potenciales  $+U_{SG}/2$  o  $-U_{SG}/2$ .

En la figura 3b se representa el caso de las unidades B y C de conmutador cerradas o los diodos DB y DC de rueda libre conductores, que conduce a las mismas relaciones de potencial en las líneas de conexión del generador solar. Las líneas de conexión del generador solar se encuentran según la figura 3a o la figura 3b, a pesar de la sincronización de alta frecuencia de las unidades A, B, C, D de conmutador individuales, de manera constante a los potenciales  $+U_{SG}/2$  o  $-U_{SG}/2$ .

Si se considera además la tensión alterna externa aplicada a las líneas de conexión del inversor, que debido a las inductancias  $L_1$  y  $L_2$  también se divide de manera simétrica en las dos líneas de conexión, entonces esto conduce en las conexiones de generador solar a una tensión fluctuante a baja frecuencia con la mitad de la amplitud de red  $U_{red}/2$ , que no plantea ningún tipo de problemas de seguridad ni problemas en cuanto a la compatibilidad electromagnética.

Sin embargo, inevitablemente con el modo de funcionamiento simétrico del inversor están asociadas dos desventajas. Si por ejemplo se observan durante la semionda positiva de la tensión de red periodos de tiempo en los que están abiertas las unidades A y D de conmutador, y se tiene en cuenta que sigue manteniéndose la corriente de bobina que fluye en las inductancias  $L_1$  y  $L_2$  de choque debido a las operaciones de desmagnetización dentro de las inductancias de choque, entonces esta corriente de bobina conmuta durante la denominada “fase de rueda libre” a través de los diodos DB y DC o los conmutadores B, C cerrados de vuelta al condensador  $C_1$  intermedio, lo que está asociado a pérdidas considerables, por lo que finalmente el rendimiento del inversor se ve influido negativamente de manera decisiva.

Además, al conectar de manera periódica los conmutadores A, D se producen pérdidas de conmutación considerables debido a las propiedades dinámicas no ideales de los diodos DB y DC de rueda libre, de manera correspondiente también en la semionda negativa.

Además, durante la conmutación de la corriente de bobina a través de los diodos DB y DC o los conmutadores B, C cerrados al condensador  $C_1$  a través de las inductancias de  $L_1$  y  $L_2$  choque, se aplica la suma de tensión de entrada (por ejemplo la tensión  $U_{SG}$  de generador solar) y tensión de red momentánea con polaridad inversa. En la figura 3b puede observarse un esquema equivalente a este respecto que en cierto modo también encuentra aplicación en el caso mencionado anteriormente de la fase de rueda libre. A través de la alta tensión se desmagnetizan rápidamente las inductancias  $L_1$ ,  $L_2$  de choque, por lo que se producen elevadas fluctuaciones de corriente, un denominado rizado de corriente, en la corriente de salida, que en última instancia conducen a pérdidas perceptibles en la bobina y a problemas de CEM.

En la denominada sincronización asimétrica aparecen, a diferencia de en la sincronización simétrica explicada anteriormente, las siguientes posiciones de conmutador, cerradas en cada caso por pares, de las unidades A, B, C, D de

conmutador: A y D o B y C (como se mencionó anteriormente respecto al caso simétrico) o A y C o B y D están simultáneamente cerradas y se van alternando directamente en un orden determinado, sin a este respecto permitir un estado de circuito en el que las cuatro unidades A, B, C, D de conmutador estén  
5 permanentemente abiertas.

Esta sincronización está asociada a las siguientes ventajas: en el caso de las constelaciones de conmutador adicionales designadas como asimétricas, en las que A y C o B y D están simultáneamente cerradas, se reduce la tensión  $U_{Pu}$  de puente a 0 V. Este estado de circuito también denominado “indicador cero” evita así una  
10 conmutación de la corriente de bobina a través de cualquier diodo de rueda libre hacia el condensador  $C_1$  intermedio, por lo que se mejora el rendimiento del inversor de manera decisiva frente a la sincronización simétrica. Además, en el estado de circuito asimétrico no se aplica la suma de tensión de red momentánea y tensión  $U_{SG}$  de generador solar a través de las inductancias  $L_1$ ,  $L_2$  de choque, sino únicamente la  
15 tensión  $U_{Red}$  de red momentánea, que contribuye a disminuir la corriente de bobina. Debido a la tensión muy inferior, las fluctuaciones de corriente (rizado de corriente) en la corriente de salida son considerablemente menores, por lo que aumenta el rendimiento y también se mejora la compatibilidad electromagnética.

Sin embargo, con la sincronización asimétrica también está asociada  
20 inevitablemente una desventaja, que se representa mediante las figuras 4a a 4d. Sólo por motivos de una comprensión más sencilla, se supone que la tensión alterna momentánea en los esquemas equivalentes que pueden deducirse de las figuras 4a - d corresponde a 0 V. Los esquemas equivalentes según las figuras 4a y 4c corresponden a los estados de circuito con las unidades A y D y B y C de conmutador  
25 cerradas, es decir, de manera correspondiente a la sincronización simétrica. En ambos casos, en las líneas de conexión del generador SG solar se aplican potenciales constantes, concretamente  $+U_{SG}/2$  o  $-U_{SG}/2$ . En los estados de circuito representados en las figuras 4b y 4d, los conmutadores A y C o B y D están cerrados. Sin embargo, a este respecto, las líneas de conexión del generador SG solar ya no se encuentran a  
30 los potenciales constantes  $+U_{SG}/2$  o  $-U_{SG}/2$ , sino que saltan, en el caso de la figura 4b, a los valores de 0 V o  $-U_{SG}$ , así como en el caso de la figura 4d, a  $+U_{SG}$  o 0 V.

En el caso de una tensión  $U_{Red}$  de red diferente de 0 V, ésta se divide en todas las fases de sincronización igualmente de manera simétrica en las dos inductancias  $L_1$  y  $L_2$  de choque, de modo que por ejemplo en la línea de conexión del generador solar

positiva aparecen los siguientes potenciales periódicos:  $(U_{SG}/2 + U_{Red}/2)$ ,  $(U_{Red}/2)$  así como  $(U_{SG} + U_{Red}/2)$ .

5 Teniendo en cuenta el hecho de que las tensiones de generador solar típicas se encuentran en el intervalo entre 400 V y 750 V, pueden aparecer, teniendo en cuenta la contribución del potencial a través de la tensión de red en las líneas de conexión del generador solar, fluctuaciones de potencial entre 0 V y aproximadamente 1 kV. Estas fluctuaciones de potencial aparecen, sin embargo, como saltos de tensión de alta frecuencia con frecuencias de hasta por encima de 100 kHz y conducen a corrientes de fuga sumamente grandes a través de capacidades parásitas, tal como se encuentran normalmente en generadores solares de gran superficie, por lo que empeora de manera decisiva la compatibilidad electromagnética de tales sistemas. Además los saltos de tensión de alta frecuencia representan un potencial de peligro considerable en caso de entrar en contacto con las superficies de módulo aisladas debido a un acoplamiento capacitivo.

15 Un tercer tipo de sincronización, descrito en la tesis doctoral anterior de Myrzik [1], representa el denominado corte monofásico. A este respecto una rama de puente, por ejemplo los conmutadores C, D, sólo se conmutan periódicamente con la frecuencia de red (50 Hz o 60 Hz), mientras que la otra rama de puente se sincroniza con modulación sinusoidal con alta frecuencia. Así, por ejemplo, durante la semionda positiva el conmutador D está permanentemente cerrado, y los conmutadores A, B se sincronizan. De este modo, para el intervalo de tiempo en el que están cerrados simultáneamente tanto el conmutador B como el D, se obtiene una tensión de puente de 0 V (indicador cero), de modo que con este tipo de sincronización, al igual que en el caso de la sincronización asimétrica descrita anteriormente, también se consigue un rendimiento muy bueno.

25 Sin embargo, al igual que anteriormente, en el caso del corte monofásico también se produce la grave desventaja de que de manera alterna o bien el polo positivo o bien el negativo del generador solar se une a través de los conmutadores C, D con el conductor neutro. El potencial del generador solar salta por tanto periódicamente la magnitud de la tensión de generador solar frente al potencial de tierra, por lo que, como se representó anteriormente, se plantean problemas de CEM considerables.

30 El documento EP 1 107 439 A2 describe un acondicionador de potencia para una planta de energía solar, que presenta un conversor así como un inversor, para

convertir una potencia de corriente continua generada a través de la planta de energía solar en una potencia de corriente alterna. El convertidor y el inversor comprenden elementos de conmutación, que están formados por diodos de rueda libre y elementos semiconductores de autobloqueo, conectados en paralelo de manera inversa, sin que  
5 estén previstos transformadores. El inversor es un circuito, cuya impedancia aumenta entre la entrada y la salida, cuando están desconectados todos los elementos de conmutación, que pueden estar conectados en un puente completo o en un semipuerto.

## 10 **Exposición de la invención**

Partiendo del estado de la técnica mencionado anteriormente, la invención se basa en el objetivo de indicar un inversor que reúna las ventajas de la sincronización simétrica y asimétrica mencionadas anteriormente y del corte monofásico y que, simultáneamente, evite las desventajas asociadas con la técnica mencionada  
15 anteriormente. En especial, ha de indicarse un inversor evitando la utilización de topologías de circuito complicadas y costosas, que dispone de un rendimiento mejorado y una mejor compatibilidad electromagnética que los inversores conocidos hasta ahora. Además ha de crearse una posibilidad para un funcionamiento de red o separado opcional del inversor.

20 La solución del objetivo en el que se basa la invención se indica en la reivindicación 1 y en la reivindicación 9. Las características que perfeccionan ventajosamente la idea inventiva son objeto de las reivindicaciones dependientes y pueden deducirse de la descripción haciendo referencia a los ejemplos de realización.

25 Según la invención, un inversor con dos conexiones de tensión continua, entre las que están previstos, en un conjunto de circuitos paralelo, un acumulador intermedio de energía así como un circuito de puente, que presenta al menos dos ramas paralelas, que en cada caso prevén dos unidades de conmutador conectadas en serie, respecto a las que en cada caso está conectado en paralelo un diodo rectificador, así  
30 como con al menos dos conexiones de tensión alterna, de las que cada una está unida a través de una línea de unión, en la que en cada caso está prevista una inductancia de choque, con una de las ramas paralelas del circuito de puente en cada caso entre dos unidades de conmutador a través de un nudo de unión, está perfeccionado porque entre las al menos dos líneas de unión están previstos dos trayectos de unión

eléctricos, en los que en cada caso están previstos un conmutador así como un diodo rectificador conectado en serie, y porque los diodos rectificadores están conectados en cada uno de los trayectos de unión de manera opuesta entre sí respecto al sentido de paso.

5 Tal como se deduce detalladamente a partir de las siguientes realizaciones, los conmutadores E y F se hacen funcionar de manera sincronizada durante el funcionamiento del inversor.

En este punto ha de resaltarse que la idea inventiva se extiende también además a posibles realizaciones equivalentes respecto a la topología de circuito según la invención, que pueden obtenerse mediante la utilización de conjuntos de elementos constructivos electrónicos alternativos y la sustitución correspondiente de la combinación de conmutador y diodo rectificador en las líneas de unión y que muestran los mismos efectos o efectos similares eléctricos o electrónicos en el comportamiento de conmutación. Así, en especial, es concebible una combinación de conmutador y diodo rectificador configurando sólo un único elemento constructivo electrónico, cuyo uso también debe subsumirse bajo la idea inventiva general.

10 Sin embargo, para representar de manera sencilla la idea inventiva se hace referencia en primer lugar a un inversor que, según la reivindicación 1, prevé dos trayectos de unión guiados de manera paralela entre las dos líneas de unión.

20 Con la medida según la invención de prever los trayectos de unión adicionales entre las líneas de unión para la derivación de la tensión de puente, se abre la posibilidad de trayectos de rueda libre alternativos, a lo largo de los que puede extenderse la corriente de choque debido a operaciones de desmagnetización de las inductancias de choque.

25 De este modo se mejora considerablemente el rendimiento del inversor, ya que no pueden aparecer pérdidas de energía asociadas a la retroalimentación de energía al condensador intermedio. Al mismo tiempo, en el caso de rueda libre, la suma de tensión de generador solar y tensión de red momentánea no se aplica a través de las inductancias de choque, como en el caso del estado de la técnica (sincronización simétrica), sino únicamente la tensión de red momentánea, por lo que pueden reducirse considerablemente el rizado de corriente en la corriente de salida indicado como desventajosos en el estado de la técnica (sincronización simétrica).

30 Finalmente, los trayectos de rueda libre adicionales, previstos según la invención, posibilitan durante la fase de rueda libre un desacoplamiento óhmico

completo entre las conexiones de tensión continua y la fuente de tensión continua unida a las mismas, preferiblemente un generador solar, y las conexiones de tensión alterna. Esto tiene ventajosamente como consecuencia que se evitan principalmente saltos de tensión de alta frecuencia en las líneas de conexión del generador solar, tal como se producen en el estado de la técnica (sincronización asimétrica o corte monofásico). De este modo se reduce el potencial de peligro mencionado al principio así como la problemática discutida con referencia a la compatibilidad electromagnética en el funcionamiento de un inversor de este tipo de manera segura.

Ventajas adicionales, asociadas con el inversor configurado según la invención, que no por último se refieren a la posibilidad de una realización económica de la topología de circuito necesaria para ello, se explican con más detalle a continuación haciendo referencia a ejemplos de realización concretos.

#### **Breve descripción de la invención**

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo, sin limitación de la idea inventiva general, mediante ejemplos de realización haciendo referencia a los dibujos. Muestran:

- la figura 1 el diseño de circuito esquemático de un inversor configurado según la invención,
- 20 la figura 2 una topología de inversor según el estado de la técnica,
- la figura 3 esquemas equivalentes para explicar la sincronización simétrica en el inversor conocido según la figura 2,
- la figura 4 esquemas equivalentes para explicar la sincronización asimétrica en el inversor conocido según la figura 2,
- 25 la figura 5 esquemas equivalentes para explicar el comportamiento de potencial en el inversor configurado según la invención,
- la figura 6 la curva de tensión en la línea de conexión de un generador solar,
- la figura 7 una representación respecto al comportamiento de
- 30 la figura 8 una representación del comportamiento de sincronización de unidades de conmutador individuales,
- la figura 9 el diseño de circuito esquemático de un inversor configurado según la invención en funcionamiento separado, y

la figura 10 una representación respecto al comportamiento de sincronización de unidades de conmutador individuales en funcionamiento separado.

## 5 **Manera de realizar la invención, aplicabilidad industrial**

Al igual que el diseño de circuito para un inversor, descrito como estado de la técnica más próximo haciendo referencia a la figura 2, el inversor configurado según la invención según la figura 1 también presenta un circuito paralelo conectado entre las conexiones 1, 2 de tensión continua, compuesto por un acumulador  $C_1$  intermedio de energía, preferiblemente en forma de un condensador intermedio, así como un circuito de puente. El circuito de puente presenta, al igual que el circuito de puente representado en la figura 2, cuatro unidades A, B, C, D de conmutador, respecto a las que en cada caso están conectados en paralelo diodos DA, DB, DC, DD rectificadores. La diferencia según la invención respecto a la topología conocida según la figura 2 consiste en que se prevén dos trayectos 9, 10 de unión eléctricos adicionales entre las líneas 7, 8 de unión para la derivación de la tensión  $U_{Pu}$  de puente en los nudos 5, 6 de unión. En los trayectos 9, 10 de unión individuales se encuentran en cada caso un conmutador E, F así como un diodo DE, DF rectificador, que están conectados de manera opuesta entre sí respecto al sentido de paso. Los demás componentes de circuito corresponden al conjunto de circuitos conocido, representado en la figura 2, de modo que no tiene que hacerse referencia adicionalmente a los componentes individuales.

Evidentemente la combinación de elementos constructivos de conmutador E y diodo DE o conmutador F y diodo DF en los trayectos 9, 10 de unión individuales puede sustituirse también por componentes de elementos constructivos de acción idéntica, que dispongan en los trayectos 9, 10 de unión individuales de las mismas propiedades de paso de corriente que los conmutadores E o F en combinación en cada caso con los diodos DE o DF. Entre los trayectos de unión puede estar incluida también a este respecto opcionalmente la unión 11 diagonal dibujada con una línea discontinua, con lo cual no se modifica en principio el comportamiento del circuito, aunque en la práctica posibilita la reunión ventajosa del conmutador E y del diodo DF o F y DE en una pieza constructiva, por ejemplo un MOS-Fet con diodo parásito o en forma de IGBT/Diode-Co-Pack.

El modo de funcionamiento del inversor configurado según la invención se produce según la sincronización simétrica explicada al principio de las unidades A, B, C, D de conmutador previstas en el circuito de puente, es decir, en función de la polaridad de las semiondas de tensión  $U_{\text{Red}}$  de red se abren y cierran los pares A y D o B y C de conmutador según un patrón de sincronización fijo. El comportamiento en el tiempo, con el que se conectan las unidades A-D de conmutador individuales, se representa en las figuras 7 y 10.

La figura 7 reproduce la sincronización en el tipo de funcionamiento “alimentación a la red”, en el que no existe necesidad de potencia reactiva, es decir, en ningún momento se produce un reflujó de energía desde la red al condensador  $C_1$  intermedio o a la fuente  $U_{\text{SG}}$  de tensión continua.

El esquema de sincronización representado en la figura 10 posibilita, por el contrario, un denominado funcionamiento en 4 cuadrantes completo, es decir, el inversor sirve como fuente de tensión para el suministro de energía a un consumidor, sin que el inversor esté unido en el lado de salida con un potencial de tensión alterna de red predeterminado de manera fija. Este caso corresponde al funcionamiento separado mencionado al principio. La selección de los dos tipos de sincronización puede realizarse según el caso de aplicación.

En el diagrama de tiempo representado en la figura 7, la representación más superior del diagrama corresponde a la curva temporal de la tensión  $U_{\text{Red}}$  de red aplicada de manera externa. Con ayuda de un circuito comparador adecuado, al que no se hará referencia detalladamente, puede obtenerse una tensión  $U_{\text{sinc.}}$  de sincronización rectangular, que en los momentos de semionda positiva de la tensión de red adopta un valor  $T_P$  de tensión positivo constante y en los momentos de semionda negativa, de por ejemplo 0 V. Las unidades A, D y B, C de conmutador en la figura 7 se activan en función de la tensión  $U_{\text{sinc.}}$  de sincronización, y por tanto en última instancia en función de la tensión de red.

Por ejemplo, en el caso de una semionda positiva, las unidades A, D de conmutador se cierran y abren de manera sincrónica al inicio de la semionda positiva en impulsos de sincronización muy seguidos, en la zona del centro temporal de la semionda positiva se prolongan los intervalos de tiempo en el estado cerrado, hasta que, hacia el final de la semionda positiva, se cierran sólo durante periodos de tiempo cortos de la misma manera que al inicio. Con el mismo patrón de sincronización se modulan las unidades B, C de conmutador, mientras la semionda de la tensión alterna

es negativa. La forma de accionamiento de conmutador de este tipo es una técnica conocida en sí misma con el nombre de modulación por ancho de pulso (PWM). Tal como ya se mencionó al principio, a las unidades A, B, C, D de conmutador se aplican frecuencias de conmutación de hasta unos cientos de kHz.

5           A diferencia del modo de sincronización de alta frecuencia, con el que se activan las unidades A, B, C, D de conmutador, los conmutadores E, F se hacen funcionar en los trayectos 9, 10 de unión adicionales de manera sincrónica en el tiempo con la frecuencia alterna de la tensión  $U_{\text{Red}}$  de red, es decir, habitualmente con 10           50 Hz. Así, en el ejemplo representado según la figura 7, el conmutador E se cierra durante la duración de tiempo en que prevalece la semionda positiva, mientras que el conmutador F está abierto. De manera correspondientemente inversa, el conmutador F se cierra durante la duración de tiempo en que prevalece la semionda negativa, con el conmutador E abierto.

          Si ahora se observan los momentos breves en los que por ejemplo el 15           conmutador E está cerrado, es decir durante la semionda positiva de la tensión de red, y con una posición de conmutador abierta de los conmutadores A, D, entonces la corriente de bobina positiva conmuta al diodo DE y así no vuelve al condensador  $C_1$  intermedio. Igualmente, en el caso de la semionda negativa, el conmutador F está cerrado y con las posiciones abiertas de los conmutadores B, C la corriente de bobina 20           conmuta al diodo DF rectificador (véase a este respecto la figura 1).

          Así se obtienen, durante el funcionamiento del inversor que se hace funcionar con sincronización simétrica, las siguientes relaciones de potencial representadas detalladamente en las figuras 5 y 6.

          Las figuras 5a y c representan esquemas equivalentes para la topología de 25           inversor con las unidades A, D (véase la figura 5a) así como B, C (véase para ello la figura 5c) de conmutador cerradas. En principio no se muestra ninguna diferencia con respecto al caso conocido (véase las figuras 4a, c). Durante las fases de rueda libre, es decir, con las unidades A, D de conmutador abiertas, se establece el estado representado en la figura 5b, mientras que por el contrario el esquema equivalente para la posición de conmutador abierta respecto a las unidades B, C de conmutador 30           puede deducirse de la figura 5d. Se muestra que durante las denominadas fases de rueda libre, es decir las unidades A, B, C, D de conmutador están abiertas, según los esquemas equivalentes en las figuras 5b y d, en el punto K de nudo de unión, debido a la disposición  $L_1, L_2$  de bobina simétrica, se aplica la mitad de la tensión  $U_{\text{Red}}/2$  de red.

La tensión en el punto K de nudo de unión se encuentra por tanto siempre dentro de los dos potenciales que predominan en las líneas de conexión del generador solar. Así, suponiendo que los elementos constructivos son ideales, no existe durante la fase de rueda libre una unión óhmica entre el generador solar y la red. Sin embargo, esto  
5 conduce a la ventaja positiva de que pueden evitarse completamente saltos de tensión de alta frecuencia, como los que se producen en el inversor conocido descrito al principio con sincronización asimétrica o corte monofásico. Además durante las fases de rueda libre el potencial de las líneas de conexión del generador solar, debido a las capacidades  $C_{p+}$  o  $C_{p-}$  parásitas existentes, permanece a un potencial constante. Esta  
10 propiedad conduce a una compatibilidad electromagnética elevada sin ningún potencial de peligro.

Incluso cuando las bobinas  $L_1$  y  $L_2$  de choque utilizadas no disponen exactamente de inductancias idénticas (un requisito que debe cumplirse cuidadosamente en caso de un circuito según el estado de la técnica y una  
15 sincronización simétrica, si se quieren evitar los saltos de potencial de alta frecuencia), en el circuito según la invención los potenciales medios durante las dos semiondas están desplazados sólo de manera mínima entre sí, ya no son exactamente  $\pm U_{sg}/2$ . De este modo, al cambiar de una semionda a la otra, es decir, con 50 Hz, aparece un pequeño salto de potencial, que sin embargo puede controlarse de manera  
20 sencilla. Así, las inductancias de choque pueden presentar tolerancias habituales, y con todo se mejora considerablemente la CEM.

Por la figura 6 puede deducirse una representación en diagrama que muestra las curvas de tensión que se aplican en las líneas de generador solar. El potencial de conexión positivo y negativo en las líneas de conexión del generador solar se  
25 comportan de manera simétrica y sincrónica en el tiempo, apareciendo en caso de aplicarse una tensión alterna de red una amplitud máxima de  $U_{SG}/2 + \sqrt{2} \times 230/2$  V a una frecuencia de 50 Hz.

Un aspecto adicional interesante se refiere a la configuración de los diodos DA, DB, DC y DD rectificadores, en cuanto a cuya calidad de diodo, en el caso del inversor  
30 configurado según la invención, no existen requisitos especiales, ya que en las fases de rueda libre no asumen funciones de conmutación relevantes, puesto que la conmutación de la corriente de choque se produce durante las fases de rueda libre según la polaridad de la semionda de la tensión de red a través de los diodos rectificadores DE o DF. Aunque su importancia y por tanto la exigencia de calidad

respecto a los diodos rectificadores se reduce, no puede prescindirse completamente de ellos. El motivo de ello se encuentra en la necesidad de una desmagnetización lo más completa posible de las inductancias  $L_1$ ,  $L_2$  de choque hacia el final de cada una de las semiondas de red, que no puede garantizarse con la posición cerrada del conmutador E o F debido a la tensión de red reducida disponible para la disminución de la corriente. Por este motivo los conmutadores E o F no están cerrados durante toda la duración de la semionda respectiva, sino que ya se abren poco antes de finalizar las semiondas respectivas, tal como puede deducirse por lo demás también mediante la comparación del comportamiento en el tiempo de los conmutadores individuales respecto a la semionda según la figura 7. Es necesaria la apertura anticipada del conmutador E o F respectivo (véanse para ello los tiempos  $T_E$  o  $T_F$  de conmutación acortados respecto a la duración en el tiempo de las semiondas respectivas en la figura 7), para que pueda disminuirse rápidamente la corriente de choque presente en las bobinas  $L_1$ ,  $L_2$  de choque debido a la suma de tensión de red momentánea y tensión de entrada aplicada tras la apertura del conmutador E o F a través de las bobinas. Para ello sirven los diodos DA, DB, DC y DD rectificadores como en el estado de la técnica descrito anteriormente. Así, por ejemplo la corriente de choque conmuta durante la semionda positiva con los conmutadores A - F abiertos a través de los diodos DB y DC al condensador  $C_1$ . Puesto que la apertura de los conmutadores E o F se produce en intervalos de tiempo en los que las corrientes de choque se han atenuado en su mayor parte, no aparecen sin embargo efectos de rizado de corriente relevantes, que puedan afectar a la ventaja de la topología de circuito según la invención.

La activación temporal de las unidades E y F de conmutador se produce a través de una unidad de control, que en el ejemplo de realización más sencillo puede realizarse a través de elementos temporizadores discretos. Con el uso de elementos temporizadores con un tiempo  $T_E$  o  $T_F$  de conexión constante, es desventajoso el hecho de que no puede excluirse que los conmutadores E, F se abran demasiado pronto o demasiado tarde respecto a la curva de la tensión alterna, con lo cual aparecen pérdidas de rendimiento así como problemas de CEM, tal como se conocen del estado de la técnica.

Una realización preferida de la activación temporal de los conmutadores E, F se basa en utilizar la señal de error del regulador de corriente y la información de fase acerca de la tensión de red. Un regulador de corriente de este tipo, existente en el

control de inversor según el estado de la técnica, realiza siempre la diferencia a partir de un valor nominal de corriente sinusoidal y el valor real de corriente.

La diferencia designada como señal FS de error a partir del valor nominal de corriente y el valor real de corriente es positiva en la semionda positiva, siempre que la corriente de salida sea menor que el valor nominal, y negativa en caso de que se encuentre por encima del valor nominal. Esta señal FS de error dispone aproximadamente de una curva sinusoidal y controla a través de un modulador por ancho de pulso (PWM) los tiempos de conexión de las unidades A a D de conmutador.

En el caso descrito anteriormente de una corriente de choque de atenuación lenta, el regulador reacciona durante la semionda positiva con una señal de error negativa, y de manera correspondientemente inversa durante la semionda negativa (véase para ello en la figura 8 la semionda negativa configurada de manera pequeña en la señal FS de error hacia el final de una semionda positiva o la configuración de una semionda positiva pequeña hacia el final de la semionda negativa). Este comportamiento en la señal FS de error sirve de manera ventajosa para activar los conmutadores E o F, asociándose de manera lógica el signo de la señal de error  $\text{SIGN}(\text{FS})$  con la señal  $U_{\text{sinc}}$  de sincronización a través de una operación Y. Así, el conmutador E se cierra exclusivamente cuando están presentes la semionda positiva Y una señal de error positiva. Para la activación del conmutador F se relacionan de manera lógica entre sí las señales negadas de  $U_{\text{sinc}}$  así como  $\text{SIGN}(\text{FS})$  a través de una puerta Y.

Con ayuda de una sincronización temporal, de autorregulación, de este tipo de los conmutadores E y F pueden determinarse automáticamente de manera óptima sus momentos de apertura. De este modo puede conseguirse el mayor rendimiento con distorsiones mínimas en la corriente y problemas de CEM mínimos durante el funcionamiento del inversor según la invención.

También es concebible una forma de realización alternativa, que puede realizarse desde el punto de vista técnico, de un inversor configurado según la invención, utilizándose en lugar de los trayectos 9, 10 de unión descritos anteriormente con los diodos DE, DF rectificadores y los conmutadores E, F contenidos en los mismos, un único trayecto de unión con un único conmutador de conexión de alta frecuencia. El único conmutador de conexión de alta frecuencia debe cerrarse precisamente en los momentos en los que las unidades A a D de conmutador, tal como se hacen funcionar con una sincronización simétrica como se mencionó

anteriormente, están abiertas. Igualmente se aplica dejar el conmutador, hacia el final de las semiondas, en la posición abierta correspondiente para permitir la atenuación de la operación de desmagnetización de las inductancias  $L_1$ ,  $L_2$  de choque, como se explicó anteriormente.

5           La disposición representada en la figura 1 también es adecuada en principio para su uso como inversor separado. A este respecto la fuente de energía de alimentación puede ser o bien un generador solar (por ejemplo para el suministro eléctrico de emergencia con una potencia de generador solar momentánea suficiente) o bien normalmente un acumulador de batería o una pila de combustible. En el caso  
10 de un funcionamiento separado, el inversor debe proporcionar por sí mismo una tensión de salida sinusoidal estable en tensión y frecuencia, para lo que internamente genera un valor nominal de tensión sinusoidal a partir de, por ejemplo, una tabla o a través de un cálculo en tiempo real. Además también debe permitir un reflujos de energía desde la red en dirección al condensador intermedio o la fuente de  
15 alimentación (por ejemplo una batería) (funcionamiento en 4 cuadrantes). Esto es obligatoriamente necesario en el caso de un funcionamiento separado con cargas reactivas y desplazamientos de fase correspondientes entre corriente y tensión.

Por tanto, para un funcionamiento separado, el circuito de la figura 1 se amplía según la figura 9 con un condensador  $C_2$  de salida, que se conecta a través de un  
20 conmutador S, en el tipo de funcionamiento de funcionamiento separado, de manera paralela a los bornes de salida del inversor. Este condensador  $C_2$  de salida funciona de manera conocida como acumulador intermedio de energía en el circuito de salida y sirve por ejemplo para mantener la tensión sinusoidal deseada en caso de modificaciones de carga bruscas (por ejemplo en el caso de una carga con control de  
25 ángulo de fase).

Además se requiere una modificación de la sincronización de los conmutadores según la figura 10 respecto al funcionamiento acoplado a la red. Mientras que en el tipo de funcionamiento de “alimentación a la red” el inversor siempre funciona como un regulador reductor y genera a partir de la elevada tensión del generador solar una  
30 tensión de salida menor modulada de manera sinusoidal, en el tipo de funcionamiento de “funcionamiento separado” se requiere una inversión en el tiempo del sentido de flujo de energía, en la que el inversor funciona como regulador elevador y eleva energía desde el nivel de tensión de salida más bajo hasta el nivel de tensión más alto del condensador  $C_1$  de entrada o la batería de alimentación. El comportamiento

necesario para ello del inversor como regulador elevador puede conseguirse mediante una activación de los conmutadores según la figura 10. A diferencia de la figura 7, en este caso, en segmentos correspondientes del valor nominal de tensión se sincronizan los conmutadores E o F en contrafase respecto a los conmutadores A, D o B, C de puen-  
5 te. Así, por ejemplo, durante la semionda positiva el conmutador E se conecta permanentemente como se ha descrito, pero el conmutador F se activa en contrafase respecto al par A, D de conmutador. De este modo se obtiene la posibilidad de que con una tensión  $U_{Red}$  de salida positiva a través del conmutador F cerrado se produzca una corriente  $I_{Red}$  de choque negativa, que fluye al interior del inversor. Si en el  
10 siguiente segmento de sincronización se abre el conmutador F, entonces la corriente de choque conmuta en primer lugar a los diodos DA y DD, de modo que es posible un flujo de energía hacia el condensador  $C_1$  intermedio o, en el caso de una alimentación del inversor desde una batería, hacia esta batería. Si después de transcurrir un tiempo de retardo pequeño, necesario para evitar solapamientos de estos tiempos de cierre  
15 de los conmutadores, se cierran los conmutadores A y D, entonces la corriente puede fluir de vuelta alternativamente a través de estos dos elementos hacia la fuente. El trayecto 9 de rueda libre con el conmutador E y el diodo DE carece de función durante esta operación de retroalimentación de energía, aunque en el caso de una inversión del sentido de flujo de energía asume inmediatamente de nuevo, tal como se describió, su función como trayecto de rueda libre para corrientes  $I_{Red}$  de salida  
20 positivas.

La conmutación entre los dos tipos de funcionamiento puede producirse sin problemas en funcionamiento continuo, de modo que es posible un funcionamiento en 4 cuadrantes también en funcionamiento paralelo de red, en caso de que el inversor  
25 deba utilizarse por ejemplo para la compensación de corriente reactiva o como filtro de armónicos activo. Además también es posible una conmutación entre los tipos de sincronización descritos en el estado de la técnica y los procedimientos nuevos, para conseguir, por ejemplo, cerca del paso por cero una transición suave de una semionda a la otra.

30

**Lista de números de referencia**

1, 2	conexiones de tensión continua
3, 4	conexiones de tensión alterna
5, 6	nudo de unión

	7, 8	líneas de unión
	9, 10	trayectos de unión
	11	unión eléctrica
	12	trayecto de unión
5	SG	generador solar
	C <sub>1</sub>	condensador intermedio (entrada)
	C <sub>2</sub>	condensador intermedio (salida)
	A, B, C, D	unidades de conmutador
	E, F, S	conmutadores
10	DA, DB, DC, DD, DE, DF	diodos rectificadores
	L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub>	inductancias de choque
	W	inversor
	SG	generador solar
	K	punto de nudo
15		

## REIVINDICACIONES

1. Inversor para alimentar la energía procedente de un generador solar a una red puesta a tierra, presentando el inversor las siguientes características:
  - 5 dos conexiones (1, 2) de generador solar;
  - un acumulador (C1) intermedio de energía para acumular de manera intermedia la energía procedente del generador solar;
  - un circuito de puente, que está conectado en paralelo al acumulador (C1) intermedio de energía, y que presenta al menos dos ramas paralelas, que en cada caso presentan dos unidades (A, B; C, D) de conmutador conectadas en serie, respecto a las que en cada caso está  
10 conectado en paralelo un diodo (DA, DB, DC, DD) rectificador; y al menos dos conexiones (3, 4) de tensión alterna, de las que cada una está unida a través de una línea (7, 8) de unión, en la que en cada caso está prevista una inductancia (L1, L2) de choque, con una de las ramas paralelas del circuito de puente en cada caso entre dos unidades (A, B; C, D) de conmutador a través de un nudo de unión (5, 6),  
15 caracterizado porque entre las al menos dos líneas (7, 8) de unión está previsto un conjunto (E, DE, F, DF, 9, 10, 11) de circuitos, que puede activarse de tal modo que el conjunto de circuitos, en un primer estado, une eléctricamente entre sí las al menos dos líneas (7, 8) de unión y, en un segundo estado, separa eléctricamente las al menos dos líneas (7, 8) de unión.  
20
2. Inversor según la reivindicación 1, con medios para abrir un par de unidades (A, D; B, C) de conmutador del circuito de puente durante una pluralidad de  
25 intervalos de tiempo, estando el conjunto de circuitos, al menos en una parte de la pluralidad de intervalos de tiempo, en el primer estado.
3. Inversor según la reivindicación 2, en el que las unidades de conmutador comprenden una primera unidad (A) de conmutador, una segunda unidad (B) de conmutador, una tercera unidad (C) de conmutador y una cuarta unidad (D) de conmutador,  
30 a partir de la primera unidad (A) de conmutador está formado un primer par de unidades de conmutador, con medios para establecer una unión entre la primera conexión del acumulador (C1) intermedio de energía y la primera inductancia (L1) de choque, así como a partir de la cuarta unidad (D) de

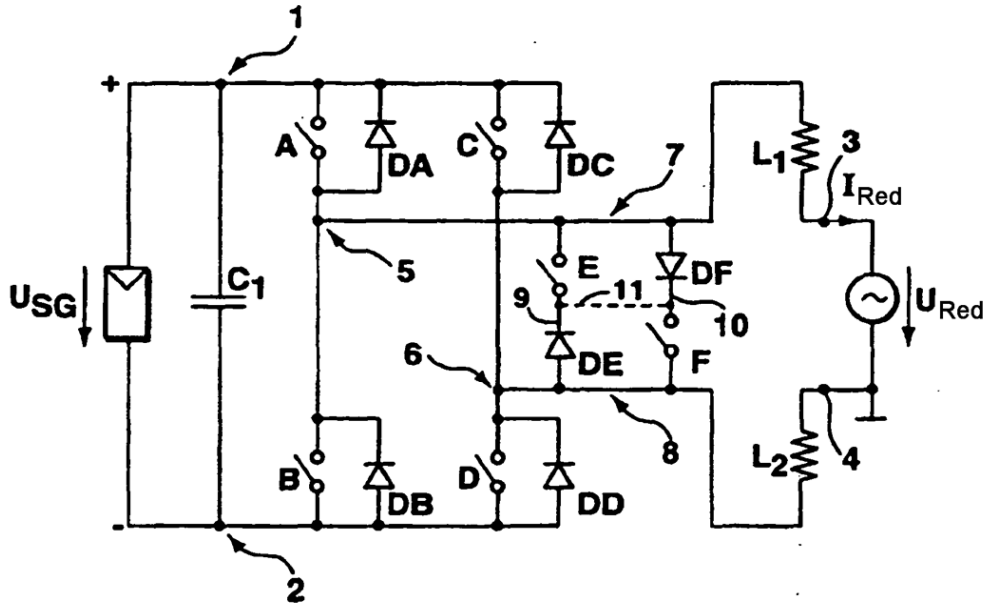
conmutador, con medios para establecer una unión entre la segunda conexión del acumulador (C1) intermedio de energía y la segunda inductancia (L2) de choque, y

5 a partir de la segunda unidad (B) de conmutador está formado un segundo par de unidades de conmutador, con medios para establecer una unión entre la  
5 segunda conexión del acumulador (C1) intermedio de energía y la primera inductancia (L1) de choque, así como a partir de la tercera unidad (C) de conmutador, con medios para establecer una unión entre la primera conexión del acumulador (C1) intermedio de energía y la segunda inductancia (L2) de  
10 choque.

4. Inversor según una de las reivindicaciones 1 a 3, con medios para llevar el conjunto de circuitos al segundo estado, cuando uno de los pares de unidades (A, D; B, C) de conmutador del circuito de puente está cerrado.
5. Inversor según la reivindicación 4, con medios para la apertura y el cierre  
15 sincronizados del primer par de unidades (A, D) de conmutador, mientras que el segundo par de unidades (B, C) de conmutador está abierto, y con medios para la apertura y el cierre sincronizados del segundo par de unidades (B, C) de conmutador, mientras que el primer par de unidades (A, D) de conmutador está abierto.
- 20 6. Inversor según la reivindicación 4, con medios para la apertura y el cierre sincronizados del primer par de unidades (A, D) de conmutador al menos durante un segmento de una semionda de la tensión alterna de la red, mientras que el segundo par de unidades (B, C) de conmutador está abierto, y con medios para la apertura y el cierre sincronizados del segundo par de unidades  
25 (B, C) de conmutador al menos durante un segmento de la siguiente semionda de la tensión alterna de la red, mientras que el primer par de unidades (A, D) de conmutador está abierto.
7. Inversor según la reivindicación 6, con medios para llevar el conjunto de circuitos al segundo estado en la zona de la transición de una semionda a la  
30 siguiente semionda.
8. Inversor según una de las reivindicaciones anteriores, con medios para hacer funcionar de manera sincronizada el conjunto de circuitos entre los estados primero y segundo al menos durante un segmento de una semionda de la

tensión alterna de la red, para conseguir un sentido de flujo de energía desde la red puesta a tierra hacia el acumulador (C1) intermedio de energía.

9. Procedimiento para alimentar la energía procedente de un generador solar a una red puesta a tierra, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:
- 5                   durante al menos un segmento de una semionda de la tensión alterna de la red, unir y separar de manera sincronizada una primera conexión de un acumulador (C1) intermedio de energía con una primera inductancia (L1) de choque y una segunda conexión del acumulador (C1) intermedio de energía con una segunda inductancia (L2) de choque;
- 10                   durante al menos un segmento de una siguiente semionda de la tensión alterna de la red, unir y separar de manera sincronizada la primera conexión del acumulador (C1) intermedio de energía con la segunda inductancia (L2) de choque y la segunda conexión del acumulador (C1) intermedio de energía con la primera inductancia (L1) de choque;
- 15                   caracterizado por
- separar las conexiones del acumulador (C1) intermedio de energía de la primera inductancia (L1) de choque y de la segunda inductancia (L2) de choque, cuando la primera inductancia (L1) de choque y la segunda inductancia (L2) de choque están unidas eléctricamente entre sí en sus
- 20                   lados opuestos a la red.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que, durante al menos una parte de la pluralidad de intervalos de tiempo, en los que las conexiones del acumulador (C1) intermedio de energía están separadas eléctricamente de las
- 25                   inductancias (L1, L2) de choque, la primera inductancia (L1) de choque y la segunda inductancia (L2) de choque se unen eléctricamente entre sí en sus lados opuestos a la red.
11. Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, en el que, para conseguir un sentido de flujo de energía desde la red puesta a tierra hacia el acumulador (C1) intermedio de energía al menos durante un segmento de una semionda de
- 30                   la tensión alterna de la red, las inductancias (L1, L2) de choque se unen y se separan eléctricamente entre sí de manera sincronizada en sus lados opuestos a la red.



**Fig. 1**

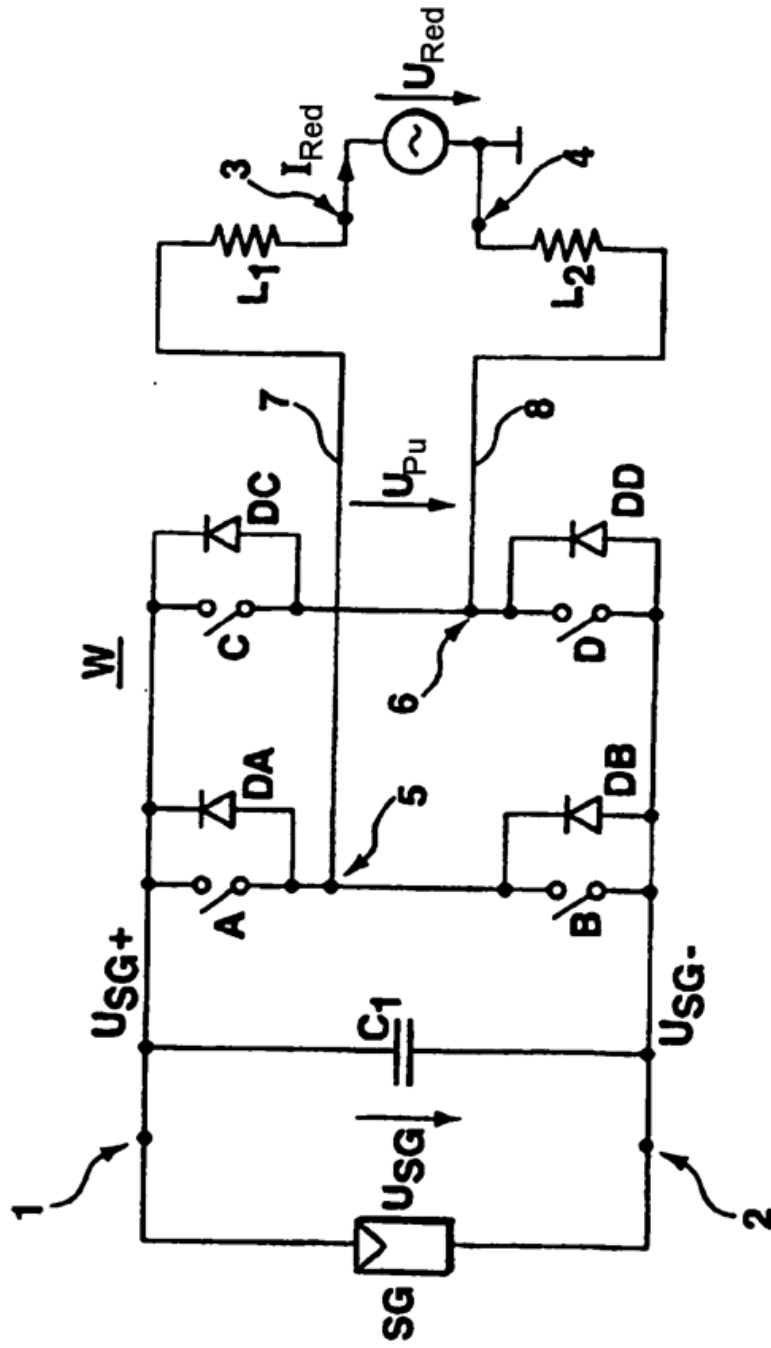
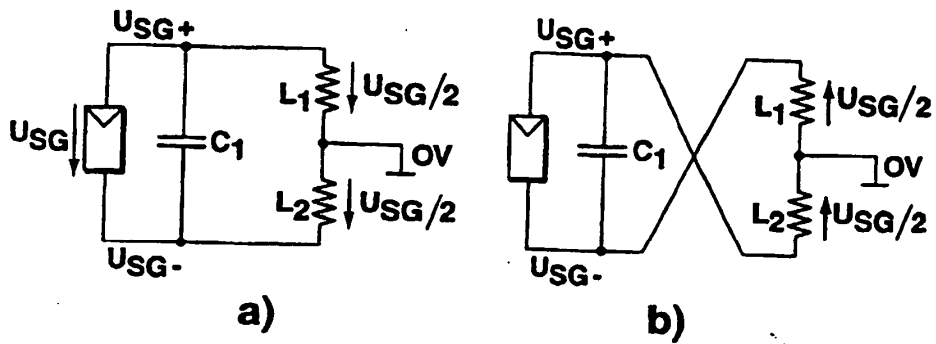
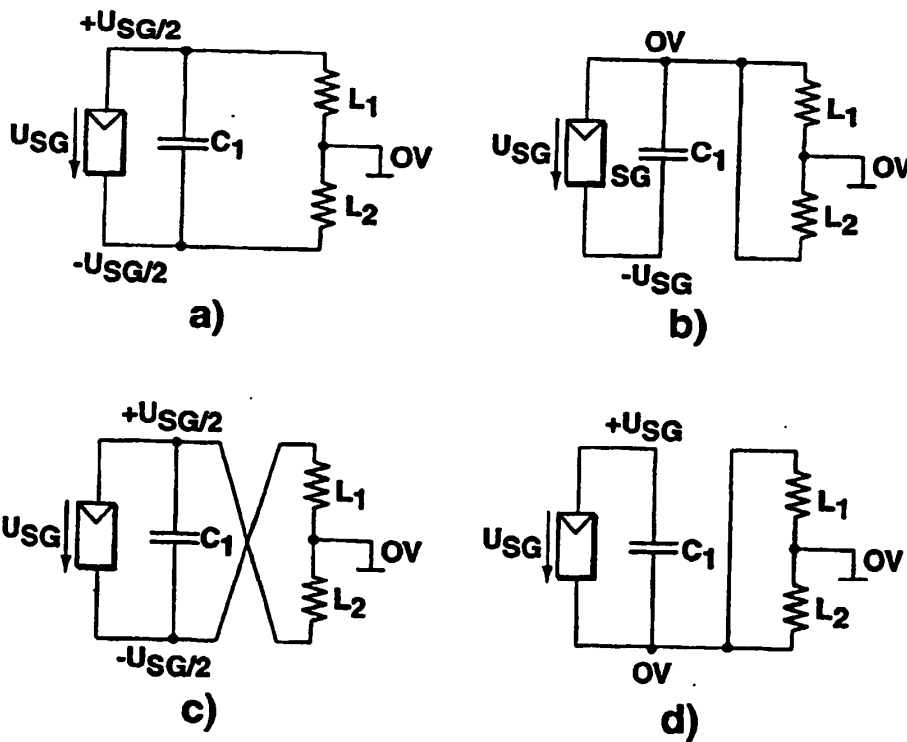


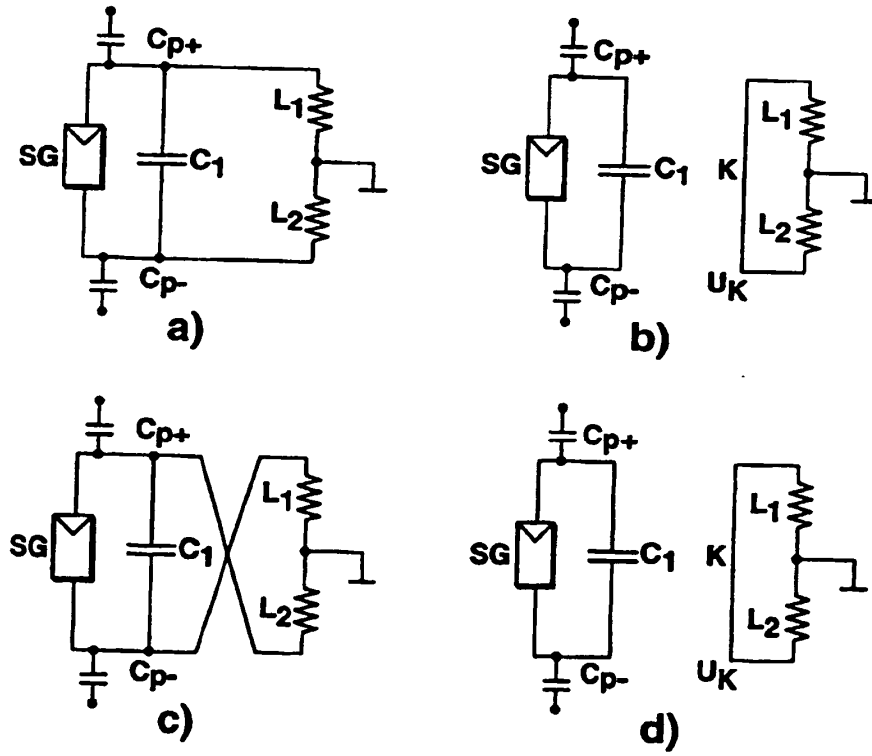
Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

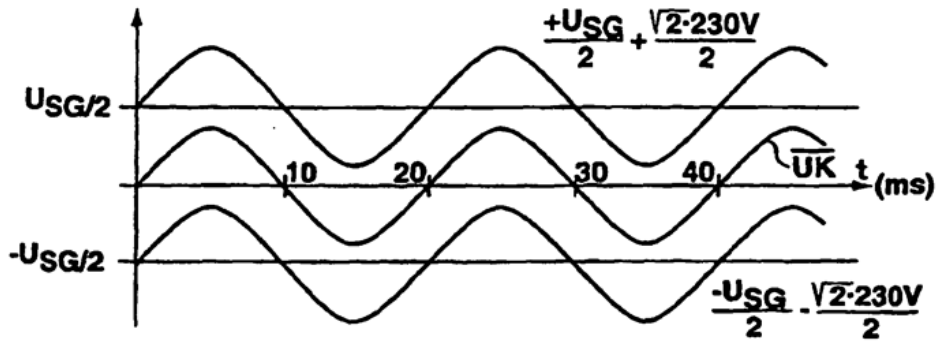


Fig. 6

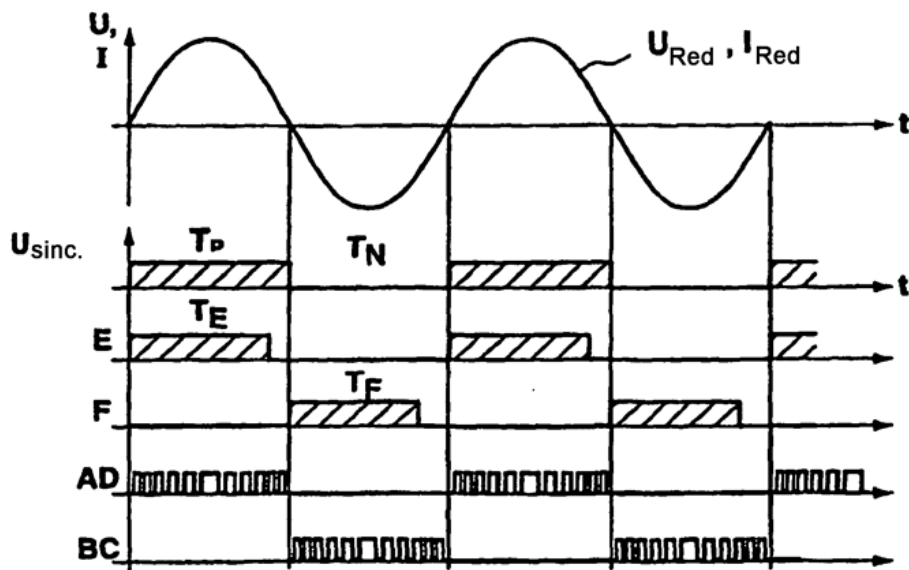
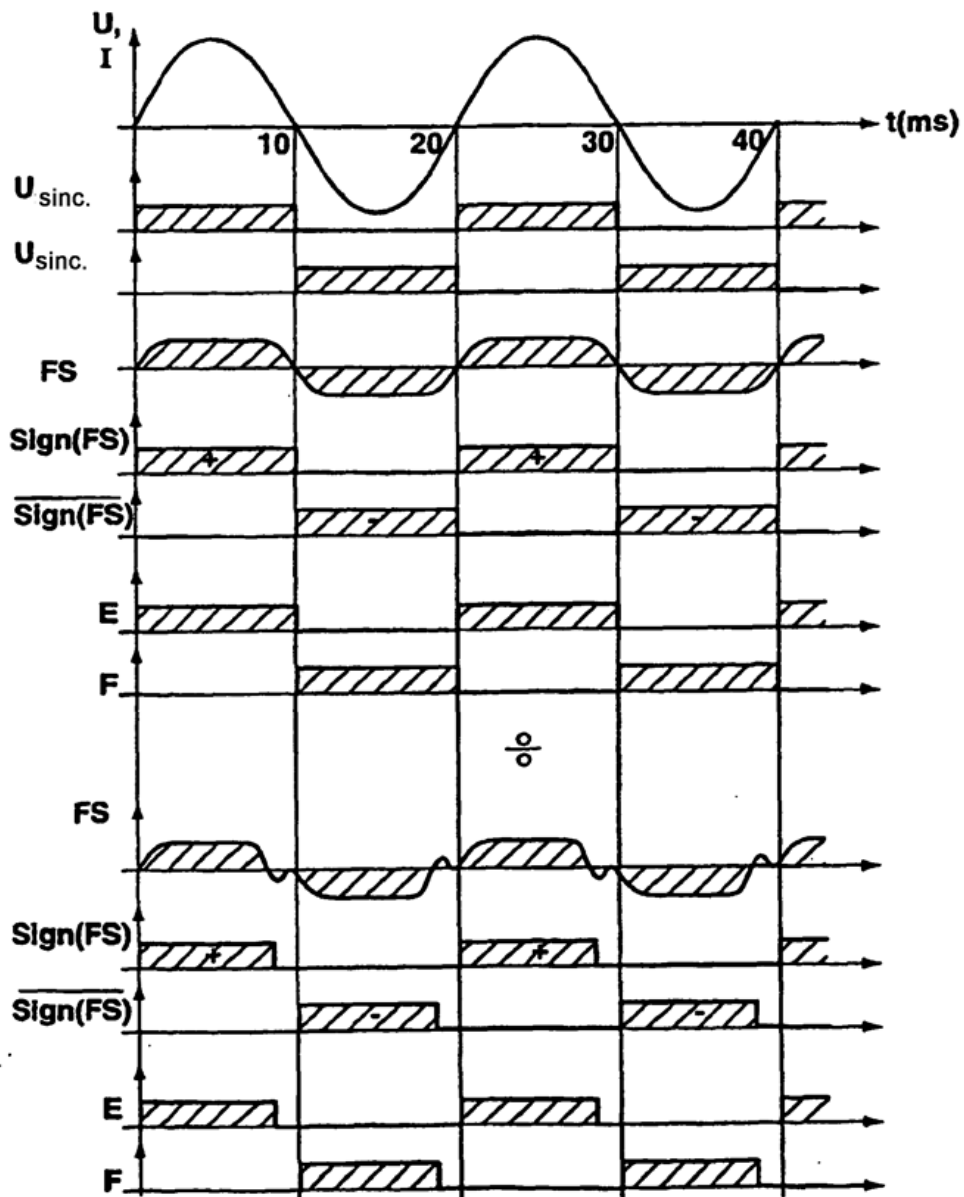


Fig. 7



$E = U_{\text{sinc.}} \quad Y \quad \text{sign (FS)}$   
 $F = \overline{U_{\text{sinc.}}} \quad Y \quad \overline{\text{sign (FS)}}$

**Fig. 8**

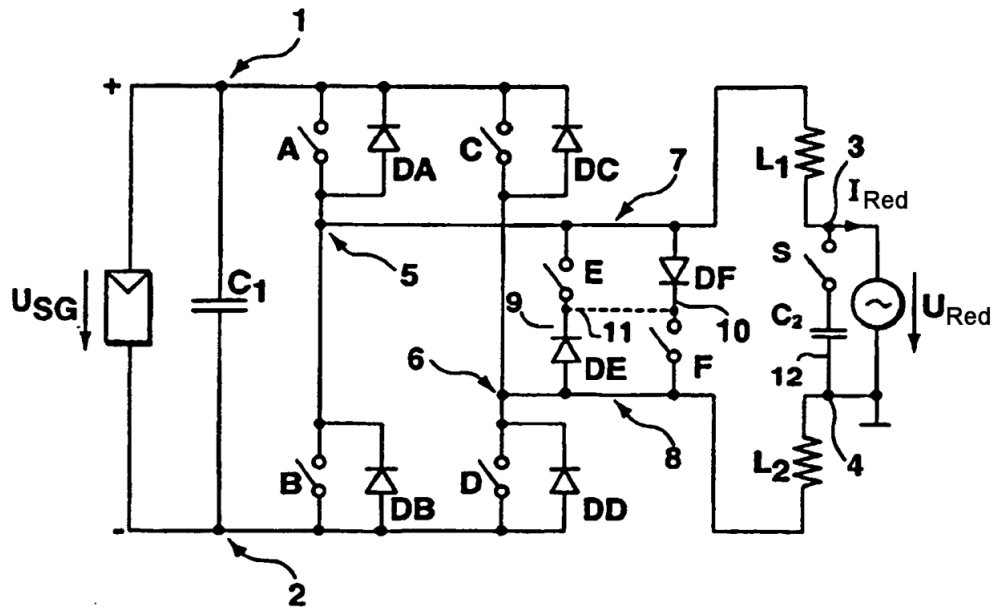


Fig. 9

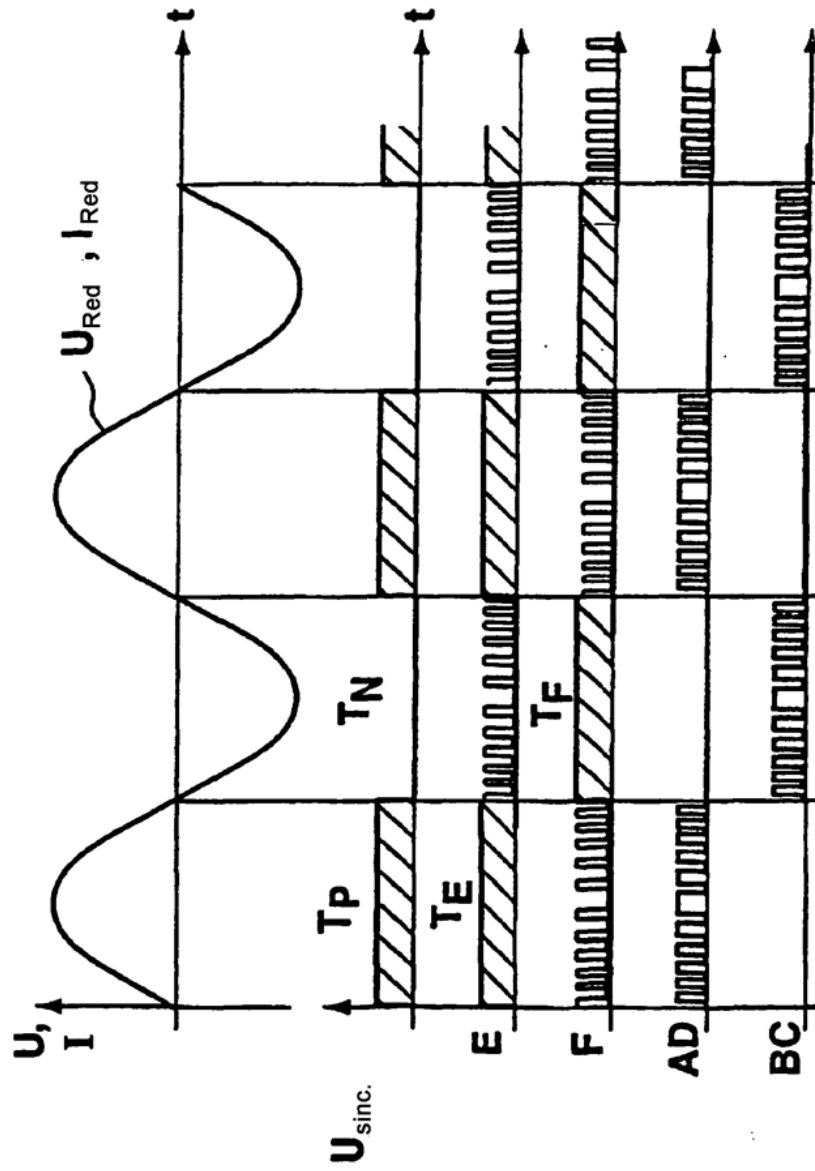


Fig. 10