

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 088**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2009 PCT/EP2009/065222**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.07.2010 WO2010076079**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2009 E 09752821 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016 EP 2371047**

54 Título: **Convertidor multinivel como compresor de potencia reactiva con simetrización de la potencia activa**

30 Prioridad:

**29.12.2008 EP 08022511**

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

**30.06.2017**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HÖRGER, WOLFGANG y  
MEUSEL, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 621 088 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Convertidor multinivel como compensador de potencia reactiva con simetrización de la potencia activa

5 La presente invención se refiere a un procedimiento operativo para un convertidor multinivel que presenta un número de conductores de convertidor conectados en conexión en estrella o en triángulo a las fases de una red de corriente trifásica.

La presente invención se refiere además a un programa de ordenador que comprende un código de máquina que puede ser procesado directamente por un dispositivo de control para los conductores de convertidor de un convertidor multinivel y cuyo procesamiento por el dispositivo de control hace que el dispositivo de control ejecute un procedimiento operativo de este tipo.

10 Además, la presente invención se refiere a un dispositivo de control para un número de conductores de convertidor de un convertidor multinivel conectados en conexión en estrella o en triángulo a las fases de una red de corriente trifásica.

15 Finalmente, la presente invención se refiere a un convertidor multinivel que presenta un número de conductores de convertidor conectados en conexión en estrella o en triángulo a las fases de una red de corriente trifásica, presentando el convertidor multinivel además un dispositivo de control.

20 Los convertidores multinivel son generalmente conocidos. Se emplean entre otras cosas como compensadores de potencia reactiva para cargas no lineales. La carga puede ser por ejemplo un horno de arco voltaico de corriente trifásica. Sin embargo, también son posibles otras cargas. Sólo a título de ejemplo, en cuanto a la realización y al modo de funcionamiento básico de un convertidor multinivel empleado como compensador de potencia reactiva se remite al documento US6,075,350A.

Mediante el procedimiento conocido por el documento US6,075,350A ya se puede conseguir que se filtren armónicas perturbadoras así como componentes de potencia reactiva. Sin embargo, el procedimiento del documento US6,075,350A es técnicamente muy complicado. Además, el procedimiento conocido no puede garantizar que la potencia reactiva deseada se distribuya homogéneamente entre todas las fases de la red de corriente trifásica.

25 Por el estudio científico "A Universal STATCOM with Delta-Connected Cascade Multilevel Inverter" de F.Z. Peng y col., 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Aachen, Alemania 2004, se conoce el modo de realizar en un convertidor multinivel tanto una compensación de potencia reactiva como una simetrización de potencia activa.

30 El estudio científico "Symmetry Compensation using a H-Bridge Multilevel STATCOM with Zero Sequence Injektion" de R.E. Betz y col, Conference Records of the 42th IEEE Industrie Applications Conference, octubre 2006, páginas 1721 a 1731, manifiesta un contenido en el mismo sentido.

35 Por el estudio científico "Analysis of a Multi-Cell Converter under Unbalanced AC Source" de M.A. Perez y col., 36th Power Electronics Specialists Conference, Piscataway, NY, EE.UU., 2005, se dio a conocer un convertidor para un motor, que se hace funcionar en una fuente de corriente alterna no equilibrada y que alimenta al motor homogéneamente de corriente.

Por el documento US2008/174183A1 se dio a conocer el modo de compensar armónicos en la corriente y/o la tensión de un sistema de corriente trifásica.

Por el documento WO2005/029669A2 se dio a conocer el modo de filtrar en un sistema de corriente trifásica por medio de un filtro activo armónicos y corrientes reactivas y simetrizar la potencia activa.

40 Por el documento US5,648,894A se dio a conocer el modo de compensar en un sistema de corriente trifásica armónicos y asimetrías de carga.

La presente invención tiene el objetivo de proporcionar posibilidades mediante las que el estado de excitación del convertidor multinivel se pueda determinar de manera sencilla y la potencia activa se distribuya homogéneamente entre todas las fases de la red de corriente trifásica.

45 El objetivo se consigue mediante un procedimiento operativo para un convertidor multinivel correspondiente con las características de la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas del procedimiento operativo según la invención son objeto de las reivindicaciones independientes 2 y 3.

Según la invención, a base de valores de tensión de fase y valores de corriente de fase se determinan una componente activa y al menos dos componentes asimétricas. La componente de corriente activa es característica para la corriente activa que fluye en total en la red de corriente trifásica. Las al menos dos componentes asimétricas son características para una distribución de las corrientes activas y reactivas, que fluyen en total, entre las fases. La componente de corriente activa y las al menos dos componentes asimétricas se filtran con respectivamente una característica de filtrado. Los valores de tensión de fase se multiplican respectivamente por la componente activa filtrada y las al menos dos componentes asimétricas filtradas. Los valores de tensión de fase multiplicados se multiplican respectivamente por un factor de ponderación correspondiente. A base de las componentes asimétricas y los valores de tensión de fase se determina una corriente nula. La corriente nula se determina de tal forma que en un sistema de dos componentes correspondiente a las fases de la red de corriente trifásica corresponde a la relación

$$I_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{u_1 \cdot b' + u_2 \cdot w'}{u_1^2 + u_2^2}$$

en la que  $u_1$  y  $u_2$  son los valores de tensión de fase del sistema de dos componentes y  $b'$  y  $w'$  son las componentes asimétricas. Los valores de tensión de fase multiplicados, ponderados con los factores de ponderación, y la corriente nula se sustraen de los valores de tensión de fase. A base de los valores de corriente de fase modificados de esta manera se determina un estado de excitación para los conductores de convertidor. Los conductores de convertidor son excitados conforme al estado de excitación determinado.

Por la manera en la que según la invención se determina el estado de excitación se consigue que se filtran tanto armónicas como componentes de potencia reactiva que cambian rápidamente o lentamente o componentes de potencia que cambian fuertemente y que causan fluctuaciones rápidas de tensión, y que las fases de la red de corriente trifásica se cargan homogéneamente con potencia activa y no obstante se mantienen cargados los conductores de convertidor.

Básicamente, el procedimiento operativo según la invención consiste en definir inicialmente completamente como valor teórico para el convertidor multinivel la corriente de carga que ha de ser compensada. Las componentes de corriente de carga, sin embargo, se modifican de la manera según la invención, descrita anteriormente, de manera que también las componentes de corriente asimétricas se distribuyen homogéneamente entre todas las fases de la red de corriente trifásica y, para evitar sobrecargas del convertidor multinivel, las componentes de corriente de carga se sustraen del valor teórico de corriente teniendo en consideración una velocidad de cambio que evite fluctuaciones rápidas de tensión. La simetrización de la carga activa se realiza por medio de una carga reactiva asimétrica. Para este fin, se calcula la corriente nula y se añade a todos los valores teóricos de corriente de fase.

Según una forma de realización preferible del procedimiento operativo está previsto que las características de filtrado para las al menos dos componentes asimétricas se diferencian sin embargo de la característica de filtrado para la componente activa. De esta manera, es posible especialmente optimizar el estado de carga de los conductores de convertidor independientemente de la reducción de fluctuaciones rápidas de tensión.

Según otra forma de realización preferible del procedimiento operativo según la invención, al menos uno de los valores de tensión de fase multiplicados y/o la corriente nula antes de la conexión a los valores de corriente de fase se filtran por medio de un filtro de adaptación correspondiente que cerca de la frecuencia de red presenta un comportamiento integrador. De esta manera, se consigue compensar de manera sencilla un comportamiento diferenciador de la red de corriente trifásica. De esta manera, se consigue reducir aún más el efecto de fluctuaciones rápidas de tensión.

Además, el objetivo se consigue mediante un programa de ordenador del tipo descrito anteriormente, cuyo procesamiento hace que el dispositivo de control ejecute un procedimiento operativo según la invención. El programa de ordenador puede estar almacenado de forma legible por máquina en un soporte de datos. El soporte de datos puede estar realizado especialmente como soporte de datos móvil.

Además, el objetivo se consigue mediante un dispositivo de control del tipo mencionado al principio, realizado de tal forma que durante el funcionamiento ejecuta un procedimiento operativo según la invención.

En muchos casos, el dispositivo de control está realizado como control programable por software. En este caso, el dispositivo de control está programado con un programa de ordenador según la invención.

En el convertidor multinivel según la invención está previsto que el dispositivo de control está realizado de tal forma que durante el funcionamiento ejecuta un procedimiento operativo según la invención.

50

Más ventajas y detalles resultan de la siguiente descripción de ejemplos de realización en relación con los dibujos. Muestran en una representación básica:

la Figura 1 esquemáticamente un sistema de corriente trifásica y

la Figura 2 un procedimiento operativo para un convertidor multinivel.

- 5 Según la Figura 1, una red de corriente trifásica 1 presenta varias fases 2 a 4. En la Figura 1 están representadas tres fases 2 a 4 de este tipo. Sin embargo, el número de fases 2 a 4 también podría ser mayor, por ejemplo cinco. La red de corriente trifásica 1 es alimentada desde un punto de alimentación 5. El punto de alimentación 5 puede ser por ejemplo un transformador de corriente trifásica. A la red de corriente trifásica 1 está conectada una carga 6. La carga 6 puede estar realizada por ejemplo como horno de arco voltaico de corriente trifásica o como otra carga fuertemente no lineal.

10

En caso de hacer funcionar la carga 6 sin más en la red de corriente trifásica 7, la consecuencia serían fuertes reacciones en la red. Por lo tanto, en paralelo a la carga 6 está conectado un compensador de potencia reactiva 7. El compensador de potencia reactiva 7 está realizado según la invención como convertidor multinivel 7.

- 15 El convertidor multinivel 7 presenta un número de conductores de convertidor 8 a 10. Cada conductor de convertidor 8 a 10 presenta una conexión en serie de fuentes de tensión que se pueden invertir individualmente. El número de fuentes de tensión por conductor de convertidor 8 a 10 se puede elegir según las necesidades. Generalmente, se sitúa entre 10 y 100. En cualquier caso, es notablemente superior a dos. La estructura básica de los conductores de convertidor 8 a 10 ya se ha descrito en detalle en el documento US6,075,350A que ya se ha mencionado, de modo que se puede prescindir de descripciones detalladas en cuanto a la estructura de los conductores de convertidor 8 a 20 10 individuales.

Según la Figura 1, cada conductor de convertidor 8 a 10 está conectado respectivamente a dos de las fases 2 a 4. Por lo tanto, los conductores de convertidor 8 a 10 están conectados en conexión triangular a las fases 2 a 4 de la red de corriente trifásica 1. Alternativamente, los conductores de convertidor 8 a 10 podrían estar conectados en conexión estelar a las fases 2 a 4 de la red de corriente trifásica 1.

- 25 El convertidor multinivel 7 presenta además un dispositivo de control 11. El dispositivo de control 11 recibe señales de estado U2 a U4, IL2 a IL4 de la red de corriente trifásica 1. A base de las señales de estado U2 a U4, IL2 a IL4 suministradas de la red de corriente trifásica 1 determina un estado de excitación A para los conductores de convertidor 8 a 10. El estado de excitación A comprende para cada fuente de tensión individual de cada conductor de convertidor 8 a 10 respectivamente el estado de excitación individual binario (+/-) o ternario +(0/-) de estos.

- 30 El dispositivo de control 11 puede estar realizado según la técnica de conmutación. En este caso, el modo de acción del dispositivo de control 11 está determinado por su realización según la técnica de conmutación. Generalmente, sin embargo, el dispositivo de control 11 está realizado como dispositivo de control 11 programable por software. En este caso, el modo de acción del dispositivo de control 11 está determinado por un programa de ordenador 12 con el que está programado el dispositivo de control 11.

- 35 El programa de ordenador 12 comprende un código de máquina 13 que puede ser procesado directamente por el dispositivo de control 11. El procesamiento del código de máquina 13 por el dispositivo de control 11 hace que el dispositivo de control 11 ejecute un procedimiento operativo que está determinado por el código de máquina 13.

- 40 El programa de ordenador 12 se puede suministrar de manera discrecional al dispositivo de control 11. Por ejemplo, el programa de ordenador 12 puede depositarse en el dispositivo de control 11 ya durante la fabricación del dispositivo de control 11. Alternativamente, es posible que el programa de ordenador 12 del dispositivo de control 11 se suministre a través de una red informática - por ejemplo la World Wide Web. A su vez, alternativamente, es posible almacenar el programa de ordenador 12 en una forma legible por máquina en un soporte de datos 14 móvil y suministrarlo al dispositivo de control 11 de esta manera. El soporte de datos 14 móvil puede estar realizado a discreción. Sólo como ejemplo, en la Figura 1 está representada esquemáticamente una tarjeta de memoria USB. 45 Alternativamente, el soporte de datos 14 móvil podría estar realizado por ejemplo como tarjeta de memoria SD o como CD-ROM.

Independientemente de si el dispositivo de control 11 está realizado según la técnica de conmutación o si ejecuta el programa de ordenador 11, realiza un procedimiento operativo que se describe en detalle en relación con la Figura 2.

- 50 Según la Figura 2, al dispositivo de control 11 se suministran valores de tensión de fase U2 a U4 y valores de corriente de fase IL2 a IL4. Los valores de tensión de fase U2 a U4 son característicos de las tensiones de fase presentes en las fases 2 a 4. Se pueden tomar por ejemplo por medio de sensores de tensión 15 correspondientes.

- En principio, la toma se puede realizar en cualquier punto de la red de corriente trifásica 1. Preferentemente, la toma se realiza cerca del punto de alimentación 5. Los valores de corriente de fase IL2 a IL4 son característicos para las corrientes de fase que fluyen en las fases 2 a 4. Se pueden registrar por ejemplo mediante sensores de corriente 16 correspondientes. Preferentemente, los sensores de corriente 16 están dispuestos en aquella parte de la red de corriente trifásica 1 por la que se alimenta exclusivamente la carga 6.
- Según la representación de las figuras 1 y 2, al dispositivo de control 11 se suministran directamente los valores de tensión de fase U2 a U4 y los valores de corriente de fase IL2 a IL4. Alternativamente, sin embargo, es posible convertir los valores de tensión de fase U2 a U4 y los valores de corriente de fase IL2 a IL4 en un sistema ortogonal de dos componentes. Esta conversión es generalmente conocida por los expertos y, por tanto, no precisa descripción detallada.
- El dispositivo de control 11 realiza al menos cinco caminos de señales 17 que desembocan todos en un punto nodal 18 común. A continuación, los caminos de señales 17 se especifican respectivamente con una letra a a e para su distinción. Respectivamente la misma letra a a e se usa también como suplemento para los distintos elementos de los caminos de señales 17 correspondientes, cuando conviene.
- En el primer camino de señales 17a, en un bloque de asociación 19a (sin pronunciar: en el llamado cosistema) se realiza por componentes una multiplicación de los valores de tensión de fase U2 a U4 por el valor de corriente de fase IL2 a IL4 correspondiente. Además, se determina la suma de los productos. La señal de salida del bloque de asociación 19a es una componente activa w. La componente activa w es una magnitud escalar que es característica para la corriente activa que fluye en total en la red de corriente trifásica 1.
- Por ejemplo, si los valores de tensión de fase U2 a U4 y los valores de corriente de fase IL2 a IL4 se convierten en un sistema ortogonal de dos componentes y si en el sistema de dos componentes los valores de tensión de fase de allí están designados por u1, u2 y los valores de corriente de fase de allí están designados por i1, i2, la componente activa w resultante es  $w = u1 \cdot i1 + u2 \cdot i2$ .
- La componente activa w se filtra en un filtro 20a con una característica de filtrado. Generalmente se realiza un filtrado pasabajos. Sin embargo, también son posibles otras características de filtrado, por ejemplo un filtrado pasabanda o un filtrado eliminador de banda.
- La componente activa w filtrada se suministra a un bloque de multiplicación 21a al que se suministran además los valores de tensión de fase U2 a U4. En el bloque de multiplicación 21a, los valores de tensión de fase U2 a U4 se multiplican por la componente activa w filtrada. Los valores de tensión de fase U2 a U4 multiplicados por la componente activa w filtrada se suministran a través de un bloque de ponderación 22a al punto nodal 18. En el bloque de ponderación 22a se realiza una ponderación con un factor de ponderación ga.
- Opcionalmente, después del bloque de ponderación 22a puede estar dispuesto un filtro de adaptación 26a. Si existe, el filtro de adaptación 26a realiza un filtrado que presenta cerca de la frecuencia de red (habitualmente 50 Hz o 60 Hz) un comportamiento integrador.
- El segundo camino de señales 17b está estructurado de manera similar que el primer camino de señales 17a. A diferencia del primer camino de señales 17a, delante del bloque de procesamiento 19b del segundo camino de señales 17b, sin embargo, está dispuesto un inversor de sentido de giro 23b. El inversor de sentido de giro 23b invierte el sentido de giro de los valores de tensión de fase U2 a U4. Por lo tanto, se determina el llamado contrasistema. La señal de salida w' del bloque de asociación corresponde por tanto a una componente activa w' ficticia. También aquí se trata de una magnitud escalar. Esta corresponde - con respecto a la red de corriente trifásica 1 invertida - a una potencia activa ficticia. En el sistema de dos componentes ortogonal descrito anteriormente, por ejemplo, la componente activa ficticia w' sería  $w' = u1 \cdot i1 - u2 \cdot i2$ .
- El tercer camino de señales 17c está estructurado de manera similar que el segundo camino de señales 17b. Como inversor de sentido de giro 23c se puede utilizar, dado el caso, el del segundo camino de señales 17b. La diferencia del tercer camino de señales 17c con respecto al segundo camino de señales 17b consiste en la manera en la que en el bloque de vinculación 19c del tercer camino de señales 17c se produce la vinculación. Es que la señal de salida b' del tercer bloque de vinculación 19c corresponde - en cuanto a la red de corriente trifásica 1 invertida - a una potencia reactiva ficticia. En el sistema de dos componentes ortogonal descrito anteriormente, por ejemplo, la señal de salida b' resultante sería  $b' = u1 \cdot i2 + u2 \cdot i1$ .
- Las dos señales de salida w', b' del segundo y del tercer bloque de vinculación 19b, 19c son componentes asimétricas. Son características de una distribución de las corrientes activas y reactivas, que fluyen en total por la red de corriente trifásica 1, entre las fases 2 a 4 de la red de corriente trifásica 1.

5 El cuarto camino de señales 17d presenta un bloque de simetría 27. Al bloque de simetría 27 se suministran las componentes asimétricas  $w'$ ,  $b'$  y los valores de tensión de fase U2 a U4. El bloque de simetría 27 determina una corriente nula 10 que igualmente se suministra al punto nodal 18. La corriente nula 10 es la misma para todas las fases 2 a 4. Se determina de tal forma que simetriza un posible flujo de potencia reactiva asimétrico del convertidor multinivel 7, que resultaría sin la corriente nula 10. Especialmente, en el sistema de dos componentes ortogonal, descrito anteriormente, la corriente nula 10 resultante sería

$$I_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{u_1 \cdot b' + u_2 \cdot w'}{u_1^2 + u_2^2}$$

10 La realización del bloque de simetría 27 es conocida de por sí por los expertos. Es conocida por ejemplo en una forma estática como llamado circuito de Steinmetz. Sólo como ejemplo, se remite al estudio científico "Koordinatentransformationen für Mehrgrößen-Regelsysteme zur Kompensation und Symmetrierung von Drehstromnetzen" con W. Meusel und H. Waldmann, Siemens Área de Investigación y Desarrollo, tomo 6 (1977), núm. 1, páginas 29 a 38, editorial Springer-Verlag 1977.

15 A través del quinto camino de señales 17e se suministran los valores de corriente de fase IL2 a IL4 al punto nodal 17. Sin embargo, a diferencia de los demás valores suministrados al punto nodal 18, los valores de corriente de fase IL2 a IL4 se suministran al punto nodal 18 con prefijo negativo.

20 En el punto nodal 18, las señales suministradas al punto nodal 18 se suman por componentes - es decir, de forma separada para cada fase 2 a 4. La señal de salida del punto nodal 18 corresponde a un requerimiento de corriente teórica para los distintos conductores de convertidor 8 a 10 del convertidor multinivel 7. Se suministra a un transformador 24 que a partir de la misma determina los valores de tensión de los conductores de convertidor 8 a 10. Los valores de tensión corresponden en su conjunto a un estado de control teórico de los conductores de convertidor 8 a 10. Se suministran a los conductores de convertidor 8 a 10, de manera que estos son excitados correspondientemente. La determinación el estado de control teórico con el requerimiento de corriente teórica dado es conocido por los expertos. Se puede realizar de la misma manera que en el documento US6,075,350A mencionado al principio.

25 A causa de la formación de sumas por componentes en el punto nodal 18, el requerimiento de corriente teórica para los distintos conductores de convertidor 8 a 10 del convertidor multinivel 7 está determinado de tal forma que no sólo se compensan la armónica y las componentes de potencia reactiva, sino que además, la potencia activa se distribuye homogéneamente entre las fases 2 a 4 de la red de corriente trifásica 1.

30 Las características de filtrado de los filtros 20a a 20c se pueden determinar independientemente entre sí. Generalmente, las características de filtrado de los filtros 20b y 20c son idénticas unas a otras. Preferentemente, las características de filtrado de los filtros 20b, 20c para las componentes asimétricas  $w'$ ,  $b'$  están determinadas de tal forma que aumentan la reducción de fluctuaciones rápidas de tensión - existente ya también sin el filtrado. La concepción correspondiente de los filtros es conocida por los expertos. Por ejemplo, los filtros 20a a 20 c pueden contener - alternativamente o (de manera preferible) adicionalmente - a un filtrado pasabanda, una característica inversa a la curva de sensibilidad del ojo conocida por los expertos.

40 La característica de filtrado del filtro 20a para la componente activa  $w$  puede estar determinada de la misma manera que las características de filtrado para los filtros 20b, 20c. Alternativamente, puede ser distinta a la característica de filtrado de los filtros 20, 20c. De esta manera, es posible especialmente una optimización independiente de un estado de carga L del convertidor multinivel 7 de la distribución del estado de carga L entre los distintos conductores de convertidor 8 a 10.

45 En una forma de realización adicional de la presente invención, además es posible suministrar al dispositivo de control 11 una información sobre el estado de carga L de los conductores de convertidor 8 a 10. En este caso, por ejemplo en un bloque de evaluación 25 puede realizarse una evaluación del estado de carga L. En el marco de esta evaluación puede determinarse por ejemplo - de forma unitaria para los filtros 20a a 20c y/o los bloques de ponderación 22a a 22c, o bien, de forma independiente para cada uno de estos componentes 20a a 20c, 22a a 22c - un factor de adaptación  $a$ . A base del factor de adaptación  $a$  puede realizarse una adaptación de las características de filtrado de los filtros 20a a 20c y/o de los factores de ponderación  $g$  a  $g_c$ .

50 Es posible determinar para cada uno de los filtros 20a a 20c y cada uno de los bloques de ponderación 22a a 22c respectivamente un factor de adaptación  $a$  propio. Alternativamente, es posible que el factor de adaptación  $a$  actúe sólo sobre algunos de los componentes 20a a 20c, 22a a 22c. También es posible que el factor de adaptación  $a$  actúe de manera idéntica o distinta sobre varios de los componentes 20a a 20c, 22a a 22c. El efecto puede ser continuo - con o sin histéresis - o escalonado. También es posible una conmutación entre diferentes coeficientes de

filtrado, bloques de parámetros etc.

- 5 La realización descrita anteriormente es completamente suficiente si el número de fases 2 a 4 de la red de corriente trifásica 1 es exactamente tres. Si el número de fases 2 a 4 de la red de corriente trifásica 1 es superior a tres - por ejemplo, cinco -, puede ser necesario determinar otras componentes asimétricas. En este caso, - adicionalmente a los caminos de señales 17a a 17e -, para cada componente asimétrica adicional que ha de ser determinada debe existir un camino de señales 17 adicional correspondiente. La concepción de los caminos de señales adicionales correspondientes es similar a la de los caminos de señales 17b y 17c.

- 10 La presente invención presenta muchas ventajas. Especialmente, se produce una regulación sencilla, robusta, fiable y rápida del convertidor multinivel 7 y los consumidores "no tranquilos" y asimétricos se reducen a un efecto reducido de fluctuaciones rápidas de tensión. Mediante el procedimiento según la invención resulta una compensación muy rápida a la vez que se evitan sobreexcitaciones en el convertidor multinivel 7. Además, se produce una carga simétrica de la red de corriente trifásica 1. Además, se puede tener en consideración el estado de carga L del convertidor multinivel 7. Los procedimientos de cálculo necesarios para ello son conocidos por los expertos, de manera que pueden ser implementados fácilmente.

- 15 La descripción que antecede sirve exclusivamente para explicar la presente invención. El alcance de protección de la presente invención, en cambio, está determinado exclusivamente por las reivindicaciones juntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento operativo para un convertidor multinivel (7) que presenta un número de conductores de convertidor (8 a 10) conectados en conexión en estrella o en triángulo a las fases (2 a 4) de una red de corriente trifásica (1),
- 5 - en el que a base de valores de tensión de fase (U2 a U4) y valores de corriente de fase (IL2 a IL4) se determinan una componente activa (w) y al menos dos componentes asimétricas (w', b')
- en el que la componente de corriente activa (w) es característica para la corriente activa que fluye en total en la red de corriente trifásica (1) y las al menos dos componentes asimétricas (w', b') son características para una distribución de las corrientes activas y reactivas, que fluyen en total, entre las fases (2 a 4),
- 10 - en el que la componente activa (w) y las al menos dos componentes asimétricas (w', b') se filtran con respectivamente una característica de filtrado,
- en el que los valores de tensión de fase (U2 a U4) se multiplican respectivamente por la componente activa (w) filtrada y las al menos dos componentes asimétricas (w', b') filtradas,
- en el que los valores de tensión de fase (U2 a U4) multiplicados se multiplican respectivamente por un factor de ponderación (ga a gc) correspondiente,
- 15 - en el que a base de las componentes asimétricas (w', b') y los valores de tensión de fase (U2 a U4) se determina una corriente nula (I0),
- en el que la corriente nula (I0) se determina de tal forma que en un sistema de dos componentes correspondiente a las fases (2 a 4) de la red de corriente trifásica (1) corresponde a la relación

$$I_0 = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{u_1 \cdot b' + u_2 \cdot w'}{u_1^2 + u_2^2}$$

- 20 en la que u1 y u2 son los valores de tensión de fase del sistema de dos componentes, y b' y w' son las componentes asimétricas,
- en el que los valores de tensión de fase (U2 a U4) multiplicados, ponderados con los factores de ponderación (ga a gc), y la corriente nula (I0) se sustraen de los valores de tensión de fase (I2 a I4) y
- 25 - en el que a base de los valores de corriente de fase (IL2 a IL4) modificados de esta manera se determina un estado de excitación (A) para los conductores de convertidor (8 a 10), y los conductores de convertidor (8 a 10) son excitados conforme al estado de excitación (A) determinado.
2. Procedimiento operativo según la reivindicación 1, caracterizado porque las características de filtrado para las al menos dos componentes asimétricas (w', b') se diferencian de la característica de filtrado para la componente activa.
3. Procedimiento operativo según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque al menos uno de los valores de tensión de fase (U2 a U4) multiplicados y/o la corriente nula (I) antes de la conexión a los valores de corriente de fase (I2 a I4) se filtran por medio de un filtro de adaptación (26a a 26d) correspondiente que cerca de la frecuencia de red presenta un comportamiento integrador.
- 30
4. Programa de ordenador que comprende un código de máquina (13) que puede ser procesado directamente por un dispositivo de control (11) para los conductores de convertidor (8a 10) de un convertidor multinivel (7) y cuyo procesamiento por el dispositivo de control (11) hace que el dispositivo de control (11) ejecuta un procedimiento operativo según las reivindicaciones 1, 2 o 3.
- 35
5. Programa de ordenador según la reivindicación 4, caracterizado porque está almacenado en forma legible por máquina en un soporte de datos (14).
6. Dispositivo de control para un número de conductores de convertidor (8 a 10) de un convertidor multinivel (7) conectados en conexión en estrella o en triángulo a las fases (2 a 4) de una red de corriente trifásica (1), caracterizado porque el dispositivo de control está realizado de tal forma que durante la operación ejecuta un procedimiento operativo según las reivindicaciones 1, 2 o 3.
- 40



7. Dispositivo de control según la reivindicación 6, caracterizado porque el dispositivo de control (11) está realizado como unidad de control (11) programable por software y porque el dispositivo de control (11) está programado con un programa de ordenador (12) según la reivindicación 4.

8. Convertidor multinivel,

- 5
- presentando el convertidor multinivel un número de conductores de convertidor (8 a 10) conectados en conexión en estrella o en triángulo a las fases (2 a 4) de una red de corriente trifásica (1),
  - presentando el convertidor multinivel una unidad de control (11),
  - estando realizado el dispositivo de control (11) según la reivindicación 6 o 7.

FIG 1

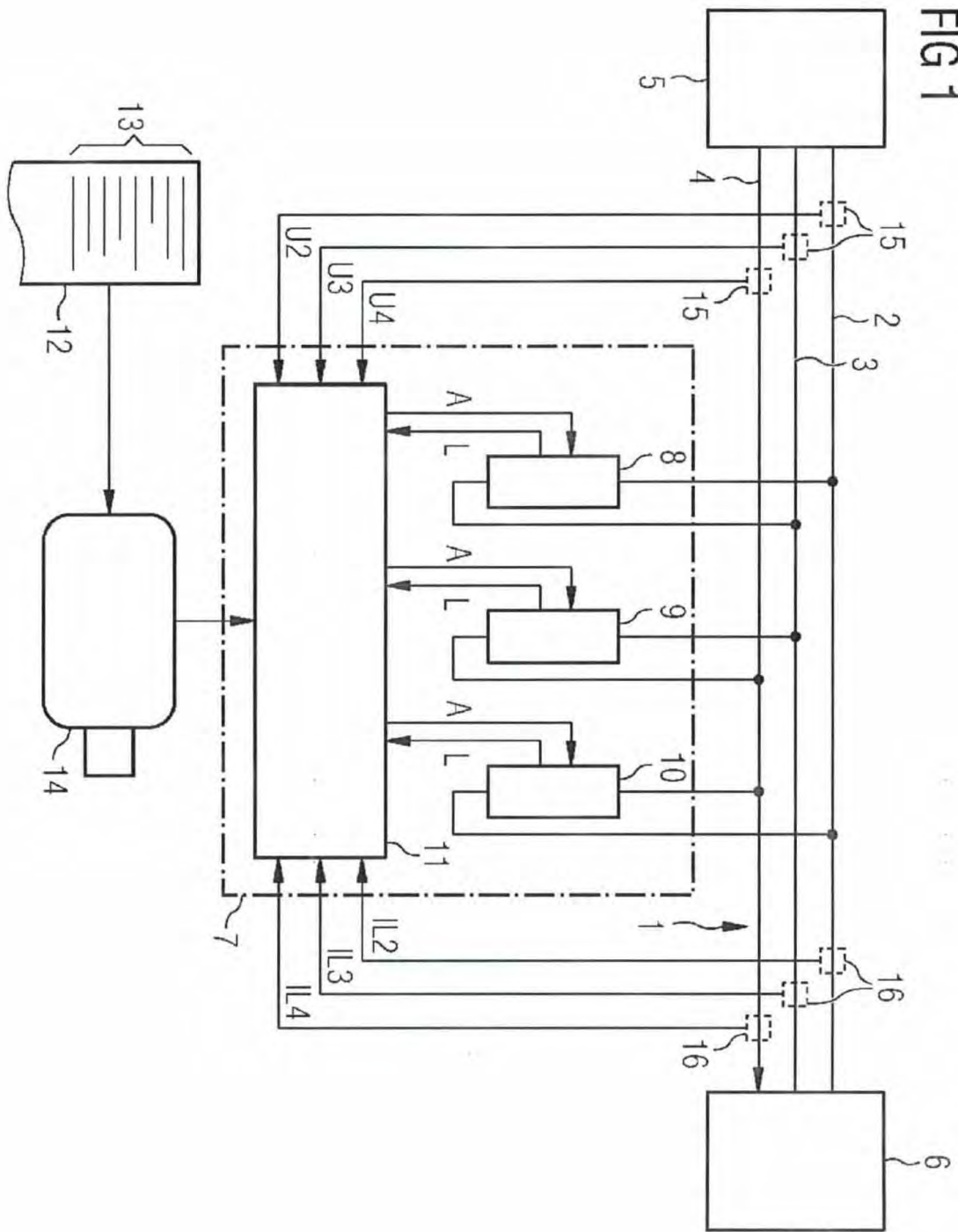


FIG 2

