

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 291**

51 Int. Cl.:
H02M 7/49

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06828679 .8**

96 Fecha de presentación: **08.12.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **2100367**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.09.2009**

54 Título: **DISPOSITIVO PARA LA TRANSFORMACIÓN DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.11.2011

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:
**DOMMASCHK, Mike;
DORN, Jörg;
EULER, Ingo;
LANG, Jörg;
SÖRANGR, Dag;
TU, Quoc-Buu y
WÜRFLINGER, Klaus**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

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).

ES 2 369 291 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la transformación de una corriente eléctrica

La invención se refiere a un dispositivo para la transformación de una corriente eléctrica con al menos un módulo de fases, que presenta una conexión de tensión alterna y al menos una conexión de tensión continua, en el que entre cada conexión de tensión continua está configurada al menos una inductividad así como entre cada conexión de tensión alterna está configurada una derivación del módulo de fases, y en el que cada derivación del módulo de fases dispone de un circuito en serie formado por submódulos, que presentan en cada caso un acumulador de energía y al menos un semiconductor de potencia, con medios de regulación para la regulación del dispositivo.

Un dispositivo de este tipo se conoce ya, por ejemplo, a partir del artículo de A. Lesnicar y R. Marquardt "An Innovative Modular Multilevel Converter Topology Suitable for a Wide Power Range", que fue publicado en Powertech 2003. Allí se publica un rectificador de corriente, que está previsto para una conexión en una red de tensión alterna. El rectificador de corriente presenta para cada fase de la red de tensión alterna a conectar con él un módulo de fases, en el que cada módulo de fases dispone de una conexión de tensión alterna así como de dos conexiones de tensión continua. Entre cada conexión de tensión continua y la conexión de tensión alterna se extienden derivaciones del módulo de fases, de manera que se prepara un llamado circuito de puente de 6 impulsos. Las derivaciones del módulo están constituidas por un circuito en serie de submódulos, que están constituidos, respectivamente, por dos semiconductores de potencia que se pueden desconectar, en paralelo con los cuales están conectados en cada caso unos diodos de marcha libre en sentido opuesto. Los semiconductores de potencia que se pueden desconectar y los diodos de marcha libre están conectados en serie, de manera que en paralelo con dicho circuito en serie está previsto un condensador. Dichos componentes de los submódulos están conectados entre sí de tal forma que en la salida de dos polos de cada submódulo o bien la tensión del condensador o la tensión caen a cero.

El control de los semiconductores de potencia que se pueden desconectar se realiza por medio de la llamada modulación de la anchura del impulso. Los medios de regulación para el control de los semiconductores de potencia presentan sensores de medición para la detección de corrientes con la obtención de valores de la corriente. Los valores de la corriente son alimentados a una unidad de control central, que presenta una interfaz de entrada y una interfaz de salida. Entre la interfaz de entrada y la interfaz de salida está previsto un módulo, es decir, un programa de software. El modulador presenta, entre otras cosas, una unidad de selección así como un generador de la anchura del impulso. El generador de la anchura del impulso genera las señales de control para los submódulos individuales. Los semiconductores de potencia que se pueden desconectar son transferidos a través de las señales de control generadas por medio del generador de la anchura del impulso desde una posición de transición, en la que se posibilita un flujo de corriente a través de los semiconductores de potencia que se pueden desconectar, hasta una posición de bloqueo, en la que se interrumpe un flujo de corriente a través de los semiconductores de potencia que se pueden desconectar. En este caso, cada submódulo presenta un sensor de submódulo para la detección de una tensión que cae en el condensador.

Se conocen otras contribuciones al procedimiento de control para una llamada topología de rectificador de corriente de niveles múltiples de R. Marquardt. A. Lesnicar, J. Hildinger, "Modulares Stromrichterkonzept für Netzkupplungsanwendung bei hohen Spannungen", publicado en la Conferencia ETG celebrada en Bad Nauenheim, Alemania 2002, de A. Lesnicar, R. Marquardt, "A new modular voltage source inverter topology", EPE'03 Toulouse, Francia 2003 y de R. Marquardt, A. Lesnicar "New Concept for High Voltage – Modular Multilevel Converter", Conferencia PESC 2004 celebrada en Aachen, Alemania.

Se conoce a partir del documento EP1927183 (DE 10 2005 045 090.3) que cae bajo el Artículo (5463) EPÜ un procedimiento para el control de un rectificador de corriente de varias fases con acumuladores de energía distribuidos. El dispositivo publicado presenta de la misma manera una topología de rectificador de corriente de niveles múltiples con módulos de fases, que disponen de una conexión de tensión alterna dispuesta simétricamente en el centro de cada módulo de fases y dos conexiones de tensión continua. Cada módulo de fases está compuesto por dos derivaciones de módulos de fases, que se extienden entre la conexión de tensión alterna y una de las conexiones de tensión continua. Cada derivación de módulo de fases comprende de nuevo un circuito en serie formado por submódulos, de manera que cada submódulo está constituido por semiconductores de potencia que se pueden desconectar y por diodos de marcha libre que están conectados antiparalelos a éstos. Además, cada submódulo dispone de un condensador unipolar. Para la regulación de los semiconductores de potencia sirven unos medios de regulación, que están instalados para el ajuste de corrientes de derivación, que circulan entre los módulos de fases. A través del control de las corrientes de derivación se pueden atenuar activamente, por ejemplo, las oscilaciones de la corriente y se pueden evitar puntos de funcionamiento con frecuencias de salida más pequeñas. Además, se puede realizar una carga uniforme de todos los conmutadores de semiconductores que se pueden desconectar así como una simetría de tensiones fuertemente asimétricas.

Los submódulos de los módulos de fases generan en cada caso tensiones de salida discretas, de manera que en el caso de relaciones desiguales de la tensión entre los módulos de fases se pueden provocar corrientes circulares

entre los módulos de fases individuales. Estas corrientes circulares dependen, además de la frecuencia de conmutación, con la que se conectan los semiconductores de potencia, de la relación entre las tensiones aplicadas y las inductancias dentro de la trayectoria de la corriente. En el caso de frecuencias de conmutación bajas por debajo de 200 Hz, las corrientes circulares, en el caso de inductancias pequeñas, apenas se pueden dominar con la técnica de regulación y no inevitables.

El documento DE 43 41 868 A1 describe un convertidor con módulos de fases, que presentan, respectivamente, dos conexiones de tensión continua así como una conexión de tensión alterna. Entre la conexión de tensión alterna y cada conexión de tensión continua se extiende una válvula de corriente o derivación del módulo de fases, que está constituida por un circuito en serie de semiconductores de potencia que se pueden desconectar, de manera que en paralelo con cada semiconductor de potencia que se puede desconectar está conectado en el lado opuesto un diodo de marcha libre. Además, cada módulo de fases presenta una bobina de reactancia.

El documento DE 224 56 80 publica un convertidor conectado en la red, que presenta tres convertidores individuales conectados en paralelo, que están acoplados entre sí a través de líneas de conexión. En estas líneas de conexión están dispuestas unas inductancias. Una corriente que fluye entre los convertidores individuales se designa como corriente circular.

El documento DE 33 35 222 A1 describe un procedimiento para la activación de un convertidor

El cometido de la invención es preparar un dispositivo del tipo mencionado al principio, con el que se pueden controlar y reducir selectivamente las corrientes circulares.

Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención porque la inductancia está seleccionada tan grande que a través de los medios de regulación se posibilita una regulación de corrientes circulares, que en el caso de relaciones desiguales de la tensión entre los módulos de fases circulan a través y entre los módulos de fases. De acuerdo con la invención, cada módulo de fases presenta al menos una inductancia. Las inductancias están instaladas de tal forma que se posibilita una regulación selectiva de las corrientes circulares a través de los medios de regulación. Con otras palabras, las inductancias están adaptadas a las condiciones presentes en cada caso, como la tensión continua existente, la tensión alterna existente, y similares. La regulación predetermina valores teóricos deseados de la tensión circular, que se acoplan durante la regulación de la derivación del módulo de fases asociada como valor teórico, por ejemplo a otras tensiones teóricas de la derivación del módulo de fases respectivo y de esta manera proporcionan una corriente circular deseada. En este caso, la regulación presenta de manera más ventajosa una unidad de regulación de la corriente y para cada derivación del módulo de fases presenta una unidad de activación asociada. La unidad de regulación de la corriente no sólo está conectada a través de la unidad de control, sino directamente con los submódulos de la derivación respectiva del módulo de fases. En este caso, la unidad de regulación de la corriente genera, por ejemplo, un valor teórico de la tensión de derivación, que se suministra a la unidad de activación. La unidad de activación proporciona señales de control, que son alimentadas a los semiconductores de potencia que se pueden desconectar de los submódulos, de manera que en los submódulos de la derivación del módulo de fases asociada cae una tensión general, que corresponde lo más exactamente posible a la tensión teórica de la derivación. El acoplamiento de los valores teóricos de la tensión circular a las otras tensiones teóricas de la derivación respectiva del módulo de fases se lleva a cabo a través de la unidad de regulación de la corriente, que combina dichos valores teóricos linealmente entre sí, es decir, a través de la formación de sumas y/o de la formación de la diferencia. El resultado de esta combinación lineal son valores teóricos de la tensión de derivación, que están asociados en cada caso a una derivación del módulo de fases.

Puesto que cada derivación del módulo de fases presenta una inductancia igual, se proporciona una simetría necesaria desde el punto de vista de la técnica de regulación.

De manera más ventajosa, cada derivación del módulo de fases está conectada a través de una inductancia con la conexión de tensión alterna. De acuerdo con este desarrollo conveniente de la invención, la conexión de tensión alterna está dispuesta entre dos inductancias.

De acuerdo con otro desarrollo conveniente a este respecto, las inductancias del módulo de fases están acopladas entre sí. A través del acoplamiento se eleva la inductancia general, de manera que las inductancias individuales se pueden reducir de manera correspondiente en su dimensionado, es decir, la inductancia. De esta manera se ahorran costes. Con otras palabras, se pueden emplear válvulas de estrangulamiento o bobinas más pequeñas en el módulo de fases. La inductancia general conseguida a través del acoplamiento solamente actúa, además, sobre las corrientes circulares y en todo caso sobre las porciones de la corriente continua de las corrientes de derivación del módulo de fases. En cambio, la inductancia para las corrientes de fases del lado de la corriente alterna se reduce a través del acoplamiento de las inductancias.

El acoplamiento de las inductancias se puede realizar a través del aire, a través de un núcleo de hierro o similar.

Otras ventajas y configuraciones son objeto de la descripción siguiente de ejemplos de realización de la invención con referencia a las figuras del dibujo, en las que los mismos signos de referencia remiten a componentes que

actúan de la misma manera, y en las que:

La figura 1 muestra un ejemplo de realización de un dispositivo de acuerdo con la invención en una representación esquemática.

La figura 2 muestra una representación equivalente de un submódulo de un dispositivo según la figura 1.

5 La figura 3 muestra el dispositivo según la figura 1 con inductividades acopladas.

La figura 4 muestra una representación ampliada del acoplamiento de las inductividades.

La figura 5 muestra la estructura de los medios de regulación del dispositivo de acuerdo con la figura 1 y

La figura 6 ilustra el acoplamiento de valores teóricos de la tensión circular a otros valores teóricos de los medios de regulación.

10 La figura 1 muestra un ejemplo de realización del dispositivo 1 de acuerdo con la invención, que está compuesto por tres módulos de fases 2a, 2b y 2c. Cada módulo de fases 2a, 2b y 2c está conectado con una línea de tensión continua positiva p así como con una línea de tensión continua negativa n, de manera que cada módulo de fases 2a, 2b, 2c presenta dos conexiones de tensión continua. Además, para cada módulo de fases 2a, 2b, y 2c está prevista en cada caso una conexión de tensión alterna 3₁, 3₂, 3₃. Las conexiones de tensión alterna 3₁, 3₂, 3₃ están conectadas a través de un transformador 4 con una red de tensión alterna 5 trifásica 5. En las fases de la red de tensión alterna 5, las tensiones de las fases U₁, U₂ y U₃ caen, de manera que circulan las corrientes de la red In₁, In₂ e In₃. La corriente de fases del lado de la tensión alterna de cada módulo de fases se designa con I₁, I₂ e I₃. La corriente de tensión alterna es I_d. Entre cada una de las conexiones de tensión alterna 3₁, 3₂ o 3₃ y la línea de tensión continua positiva p se extienden derivaciones del módulo de fase 6p₁, 6p₂ y 6p₃. Entre cada conexión de tensión alterna 3₁, 3₂, 3₃ y la línea de tensión continua positiva n están configuradas las derivaciones del módulo de fases 6n₁, 6n₂ y 6n₃. Cada derivación del módulo de fases 6p₁, 6p₂, 6p₃, 6n₁, 6n₂ y 6n₃ está constituida por un circuito en serie de submódulos no representados en detalle en la figura 1 y por una inductividad, que se designa con L_{kr} en la figura 1.

25 En la figura 2 se representa más exactamente el circuito en serie de los submódulos 7 y en particular la estructura de los submódulos a través de un esquema eléctrico equivalente, de manera que se ha seleccionado en la figura 2 solamente la derivación del módulo de fases 6p₁. No obstante, las derivaciones restantes del módulo de fases están constituidas de forma idéntica. Se puede reconocer que cada submódulo 7 presenta dos semiconductores de potencia T1 y T2 desconectables, que están conectados en serie. Los semiconductores de potencia que se pueden desconectar son, por ejemplo, los llamados IGBTs, GTOs, IGCTs o similares. Éstos son conocidos por el técnico como tales, de manera que en este lugar se puede suprimir una representación detallada. Antiparalelo a cada semiconductor de potencia T1, T2 desconectable está conectado un diodo de marcha libre D1, D2. En paralelo con el circuito en serie de los semiconductores de potencia T1, T2 desconectables o bien de los diodos de marcha libre D1 y D2 está conectado un condensador 8 como acumulador de energía. Cada condensador 8 está cargado unipolarmente. En los terminales de conexión bipolares X1 y X2 de cada submódulo 7 se pueden generar ahora dos estados de tensión. Si se genera desde una unidad de activación 9, por ejemplo, una señal de activación, con la que se transfiere el semiconductor de potencia T2 desconectable a su posición de paso, en la que se posibilita el flujo de corriente a través de los semiconductores de potencia T2, la tensión cae a cero en los terminales X1, X2 del submódulo 7. En este caso, el semiconductor de potencia T1 desconectable se encuentra en su posición de bloqueo, en la que está interrumpido un flujo de corriente a través de los semiconductores de potencia T1 desconectables. Esto impide la descarga del condensador 8. En cambio, si se transfiere el semiconductor de potencia T1 desconectable a su posición de paso, pero se transfiere el semiconductor de potencia desconectable T2 a su posición de bloqueo, se aplica en los terminales X1, X2 del submódulo 7 la tensión completa del condensador U_c.

45 El ejemplo de realización del dispositivo de acuerdo con la invención según las figuras 1 y 2 se designa también, por decirlo así, como rectificador de corrientes de niveles múltiples. Un rectificador de corriente de niveles múltiples de este tipo es adecuado, por ejemplo, para el accionamiento de máquinas eléctricas, como por ejemplo motores o similares. Además, un rectificador de corriente de niveles múltiples de este tipo es adecuado también para un empleo en la zona de la distribución y de la transmisión de energía. Así, por ejemplo, el dispositivo de acuerdo con la invención sirve como acoplamiento corto, que está constituido por dos rectificadores de corriente conectados entre sí en el lado de la tensión continua, de manera que los rectificadores de corriente están conectados en cada caso con una red de tensión alterna. Tales acoplamientos cortos se emplean para el intercambio de energía entre dos redes de distribución de energía, de manera que las redes de distribución de la energía presentan, por ejemplo, una frecuencia, posición de las fases, tratamiento de la punta de la estrella o similares diferentes. Además, se contemplan aplicaciones en el campo de la compensación de la potencia ciega, tal como FACTS (Flexible AC Transmission Systems). Con tales rectificadores de corriente de niveles múltiples es concebible también la transmisión de corriente continua de alta tensión sobre trayectos largos.

Las inductividades L_{kr} sirven para la limitación de las corrientes que fluyen a través del módulo de fases respectivo y, por lo tanto, para la protección de los semiconductores de potencia T1, T2 desconectables y de los diodos de marcha libre D1 y D2 de los submódulos 7 contra sobrecorrientes. No obstante, la inductividad respectiva se selecciona en el marco de la invención tan grande que se posibilita una regulación activa de las corrientes circulares, que fluyen entre los módulos de fases. Por lo tanto, en el marco de la invención son necesarias inductividades que son mayores que aquéllas que son suficientes para una protección pura de los semiconductores de potencia. Además, una distribución simétrica de las inductividades sobre las derivaciones del módulo de fases es ventajosa con respecto a la regulación.

La figura 3 muestra el dispositivo según la figura 1, en la que, sin embargo, las inductividades L_{kr} de un módulo de fases están acopladas entre sí. En virtud de este acoplamiento, las inductividades con tensiones nominales iguales y en las mismas condiciones de aplicación pueden ser menores que en el ejemplo de realización según la figura 1. Con otras palabras, el acoplamiento abre la posibilidad de la reducción de las válvulas de estrangulamiento o bobinas necesarias para la formación en lo que se refiere a su tamaño de construcción y el resto de la configuración. Si se parte de un factor de acoplamiento K para el acoplamiento magnético, resulta para la inductividad efectiva de una derivación del módulo de fases en la rectificación de la corriente circular L_K :

$$L_{kr} = L_L \cdot 1 + K,$$

en la que L_K corresponde en suma a la inductividad de las inductividades individuales acopladas entre sí. Las corrientes de derivación del módulo de fases comprenden, además de las corrientes circulares, porciones de corriente continua y corrientes de fases I1, I2 y I3 que fluyen entre las conexiones de tensión alterna 3₁, 3₂, 3₃ y la red de tensión alterna conectada. Resulta una inductividad elevada solamente para las porciones de corriente continua y las corrientes circulares. No obstante, la inductividad L_{CONV} para las corrientes de fases I1, I2 e I3 se reduce a través del acoplamiento según

$$L_{CONV} = L_L \cdot (1 - K)$$

De esta manera, se pueden reducir corrientes circulares y se pueden alimentar a una regulación activa. El acoplamiento se puede realizar a través del aire, pero también a través de un núcleo de hierro o similar. En el caso de bobinas de aire, se pueden establecer factores de acoplamiento hasta 20 %. Además de la atenuación de las corrientes circulares, las inductividades acopladas se ocupan también de una distribución mejorada de las corrientes de fases en porciones iguales sobre las derivaciones del módulo de fases del mismo módulo de fases.

El figura 5 ilustra la estructura de los medios de regulación. Los medios de regulación comprenden una unidad de regulación de la corriente 10 así como unidades de activación 9p₁, 9p₂, 9p₃ y 9n₁, 9n₂ y 9n₃. Cada una de las unidades de activación está asociada a una derivación del módulo de fases 6p₁, 6p₂, 6p₃, 6n₁, 6n₂ o 6n₃. La unidad de activación 9p₁ está conectada, por ejemplo, con cada submódulo 7 de la derivación del módulo de fases 6p₁ y genera las señales de control para los semiconductores de potencia T1, T2 desconectables. En el submódulo 7 está previsto un sensor de tensión del submódulo no representado en las figuras. El sensor de tensión del submódulo sirve para la detección de la tensión del condensador, que cae en el condensador 8 como acumulador de energía del submódulo 7, con la obtención de un valor de la tensión del condensador U_c . El valor de la tensión del condensador U_c es suministrado a la unidad de activación respectiva, aquí 9p₁. La unidad de activación 9p₁ recibe de esta manera los valores de la tensión del condensador de todos los submódulos 7 de la designación del módulo de fases 6p₁ asociado a ella y los suma para la obtención de un valor real de la energía de derivación o aquí el valor real de la tensión de derivación $U_{c\sum p1}$, que está asociado igualmente a la derivación del módulo de fases 6p₁. Este valor real de la tensión de derivación $U_{c\sum p1}$ es alimentado a la unidad de regulación de la corriente 10.

Por lo demás, la unidad de regulación de la corriente 10 está conectada con diferentes sensores de medición no representados en las figuras. Así, por ejemplo, los convertidores de corriente dispuestos en el lado de la tensión alterna de los módulos de fases 2a, 2b, 2c sirven para la generación y para la alimentación de valores de medición de la corriente de fases I1, I2, I3 y los convertidores de corriente dispuestos en cada módulo de fases sirven para la generación y alimentación de corrientes de derivación del módulo de fases I_{zwg} así como un convertidor de corriente dispuesto en el circuito de tensión continua del rectificador de corriente sirve para la preparación de valores de medición de la corriente continua I_d . Los convertidores de tensión de la red de corriente alterna preparan valores de medición de la tensión de la red U_1 , U_2 , U_3 y los convertidores de tensión continua preparan valores de medición de la tensión continua positiva U_{dp} y valores de medición de la tensión continua negativa U_{dn} , de manera que los valores de la tensión continua positiva U_{dp} , corresponden a una tensión continua que cae entre la conexión de la tensión continua positiva p y la toma de tierra y los valores de la tensión continua negativa U_{dn} corresponden a una tensión que cae entre la conexión de la tensión continua negativa y la toma de tierra.

A la unidad de regulación de la corriente 10 se alimentan, demás, valores teóricos. En el ejemplo de realización mostrado en la figura 11, a la unidad de regulación 10 se alimenta un valor teórico de la corriente efectiva I_{pref} así como un valor teórico de la corriente ciega I_{qref} . Además, se aplica un valor teórico de la tensión continua U_{dref} en la entrada de la unidad de regulación de la corriente 10. En lugar de un valor teórico de la tensión continua U_{dref} es

posible también la utilización de un valor teórico de la corriente continua I_{dref} en el marco de la invención.

Los valores teóricos I_{pref} , I_{gref} y U_{dref} así como dichos valores de medición entran en interacción mutua empleando diferentes reguladores, de manera que para cada unidad de activación $9p1$, $9p2$, $9p3$, $9n1$, $9n2$, $9n3$ se genera un valor teórico de la tensión de derivación U_{p1ref} , U_{p2ref} , U_{p3ref} , U_{n1ref} , U_{n2ref} , U_{n3ref} . Cada unidad de activación 9 genera señales de control para los submódulos 7 asociados a ella, de manera que la tensión U_{p1} , U_{p2} , U_{p3} , U_{n1} , U_{n2} , U_{n3} que cae en el circuito en serie de los submódulos corresponden la mayor medida posible al valor teórico de la tensión de derivación U_{p1ref} , U_{p2ref} , U_{p3ref} , U_{n1ref} , U_{n2ref} , U_{n3ref} .

La unidad de regulación de la corriente 10 forma a partir de sus valores de entrada valores teóricos de la tensión de derivación U_{p1ref} , U_{p2ref} , U_{p3ref} , U_{n1ref} , U_{n2ref} , U_{n3ref} adecuados.

La figura 6 muestra que, por ejemplo, el valor teórico de la tensión de derivación U_{pref} se calcula a través de la combinación lineal de un valor teórico de la tensión de las fases de la red U_{netz1} , de un valor teórico intermedio de la tensión continua U_{dc} , de un valor teórico de la tensión continua U_{dc} , de un valor teórico de la tensión de simetría U_{asym} y de un valor teórico de la tensión de compensación U_{balp1} . Esto se realiza para cada una de las derivaciones del módulo de fases $6p1$, $6p2$, $6p3$, $6n1$, $6n2$, $6n3$ de manera independiente entre sí. Con los valores teóricos intermedios de la tensión de derivación U_{zswg} se pueden ajustar de forma selectiva las corrientes circulares, en conexión con las inductividades de derivación ajustadas. También los valores teóricos de la tensión de compensación U_{bal} sirven para la compensación de asimetrías con respecto a las energías acumuladas en las derivaciones del módulo de fases $6p1$, $6p2$, $6p3$, $6n1$, $6n2$, $6n3$.

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo (1) para la transformación de una corriente eléctrica con módulos de fases (2a, 2b, 2c), que presentan, respectivamente, una conexión de tensión alterna (3₁, 3₂, 3₃) y al menos una conexión de tensión continua (p, n), en el que entre cada conexión de tensión continua (p, n) está configurada al menos una inductividad (L_{kr}) y entre cada conexión de tensión alterna (3₁, 3₂, 3₃) está configurada una derivación del módulo de fases (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3) y en el que cada derivación del módulo de fases (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3) dispone de un circuito en serie formado por submódulos (7), que presentan en cada caso un acumulador de energía (8) y al menos un semiconductor de potencia (T₁, T₂) con medios de regulación (10; 9p1, 9p2, 9p3, 9n1, 9n2, 9n3) para la regulación del dispositivo, caracterizado porque las inductividades (L_{kr}) están seleccionadas tan grandes que a través de los medios de regulación (10; 9p1, 9p2, 9p3, 9n1, 9n2, 9n3) se posibilita una regulación de corrientes circulares, que, si las tensiones entre los módulos (2a, 2b, 2c) son desiguales, fluyen sobre los módulos de fases (2a, 2b, 2c) y entre los módulos de fases (2a, 2b, 2c).
- 2.- Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la derivación del módulo de fases (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3) está conectada a través de una inductividad (L_{kr}) con la conexión de tensión alterna (3₁, 3₂, 3₃).
- 3.- Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque las inductividades (L_{kr}) de un módulo de fases (2a, 2b, 2c) están acopladas entre sí.
- 4.- Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque las inductividades (L_{kr}) están acopladas entre sí a través del aire.
- 5.- Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque las inductividades (L_{kr}) están acopladas entre sí a través de un núcleo de hierro.

FIG 1

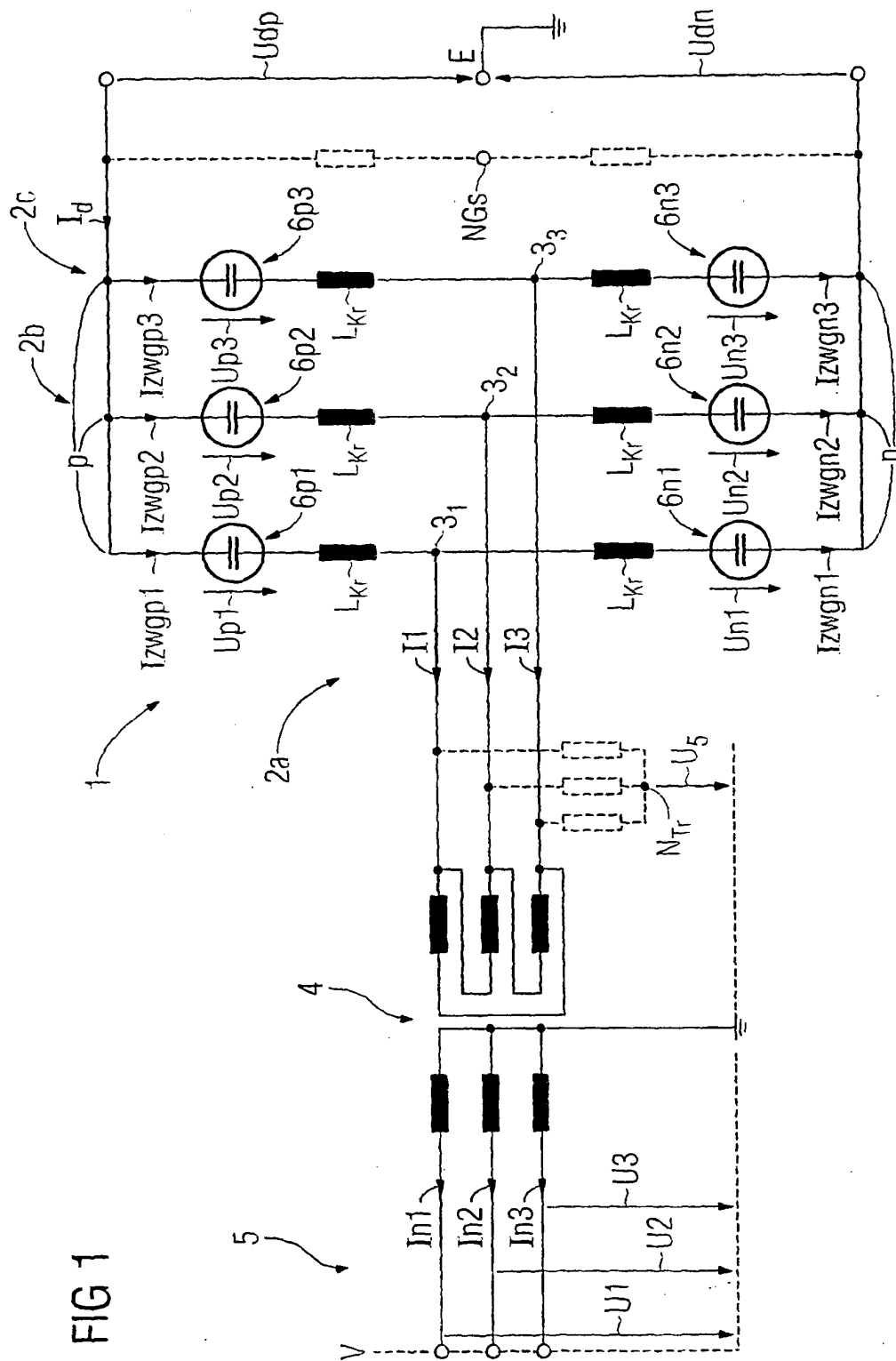


FIG 2

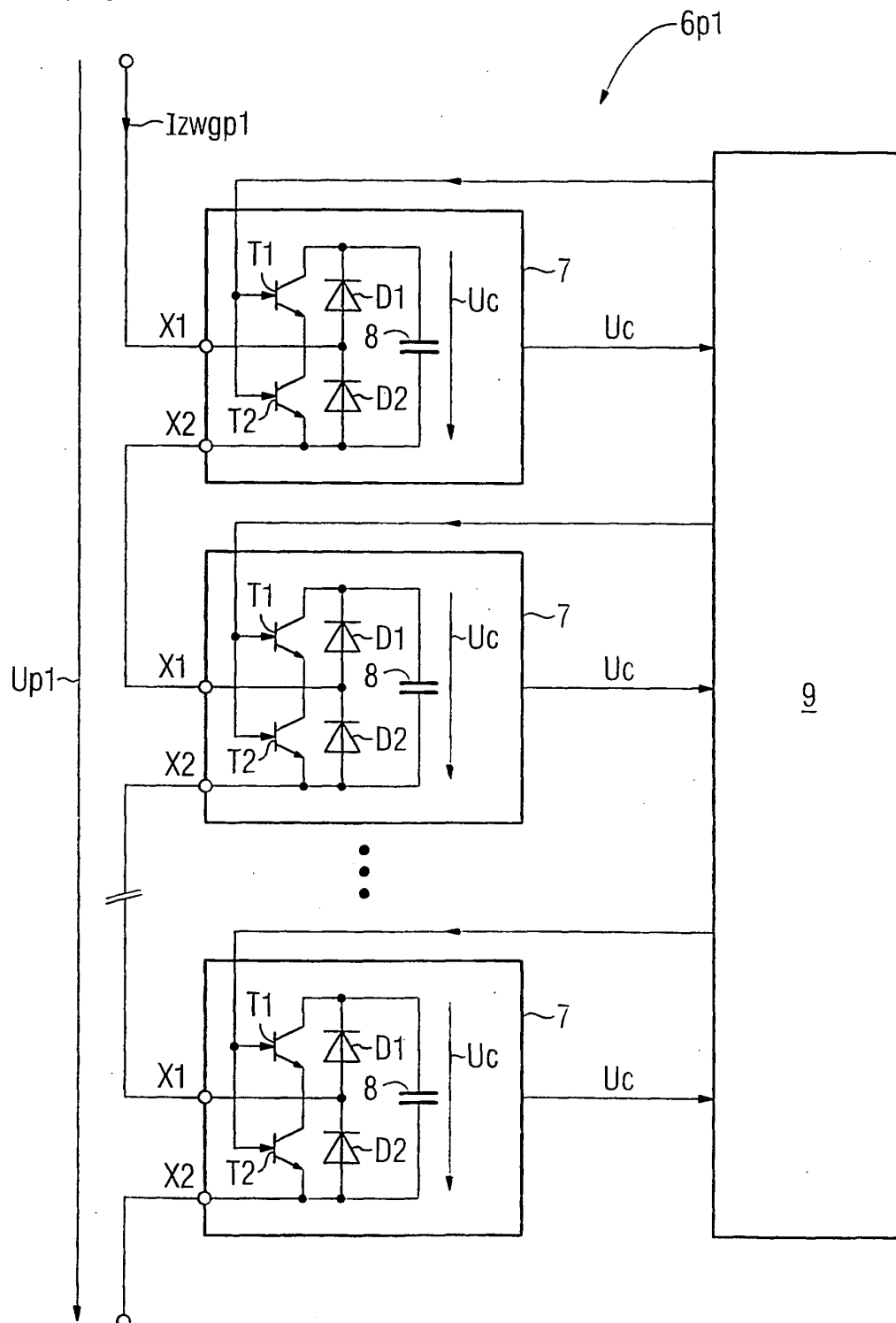


FIG 3

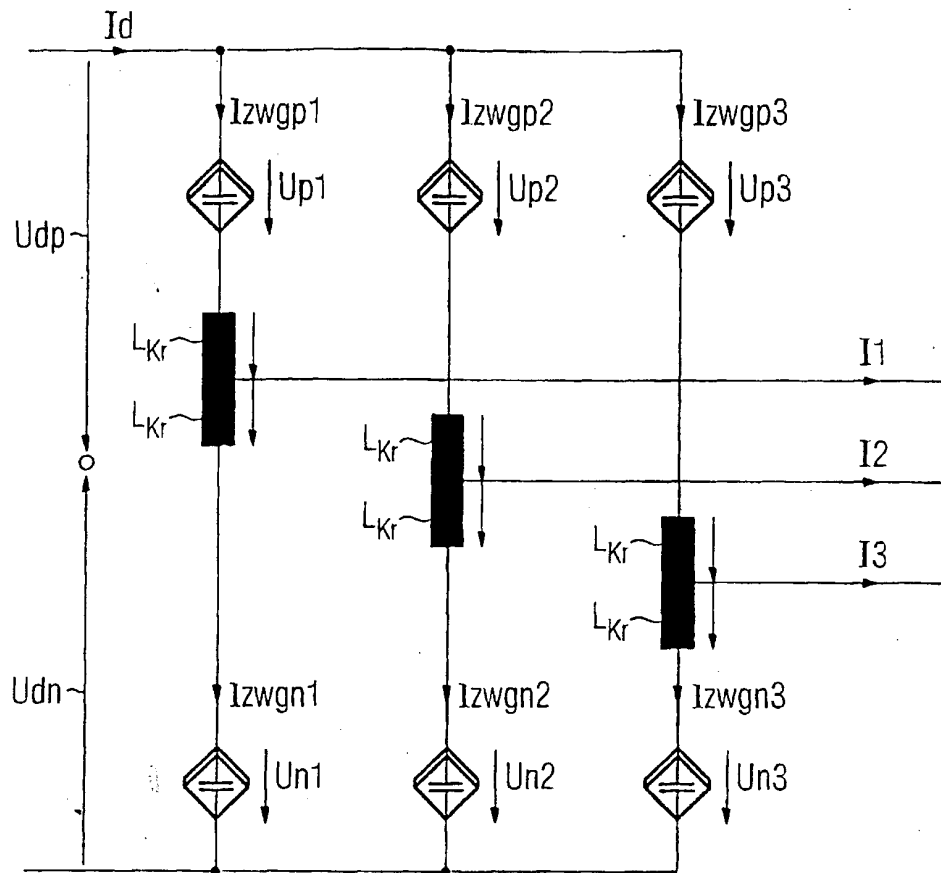


FIG 4

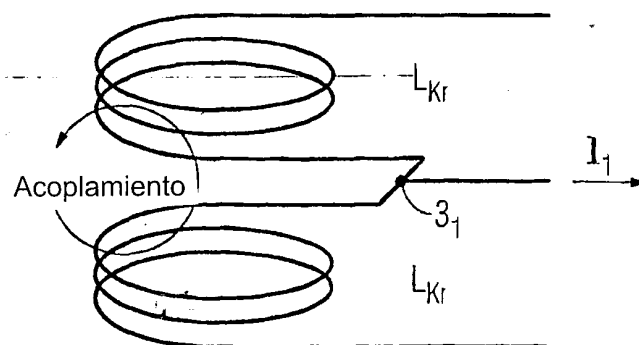


FIG 5

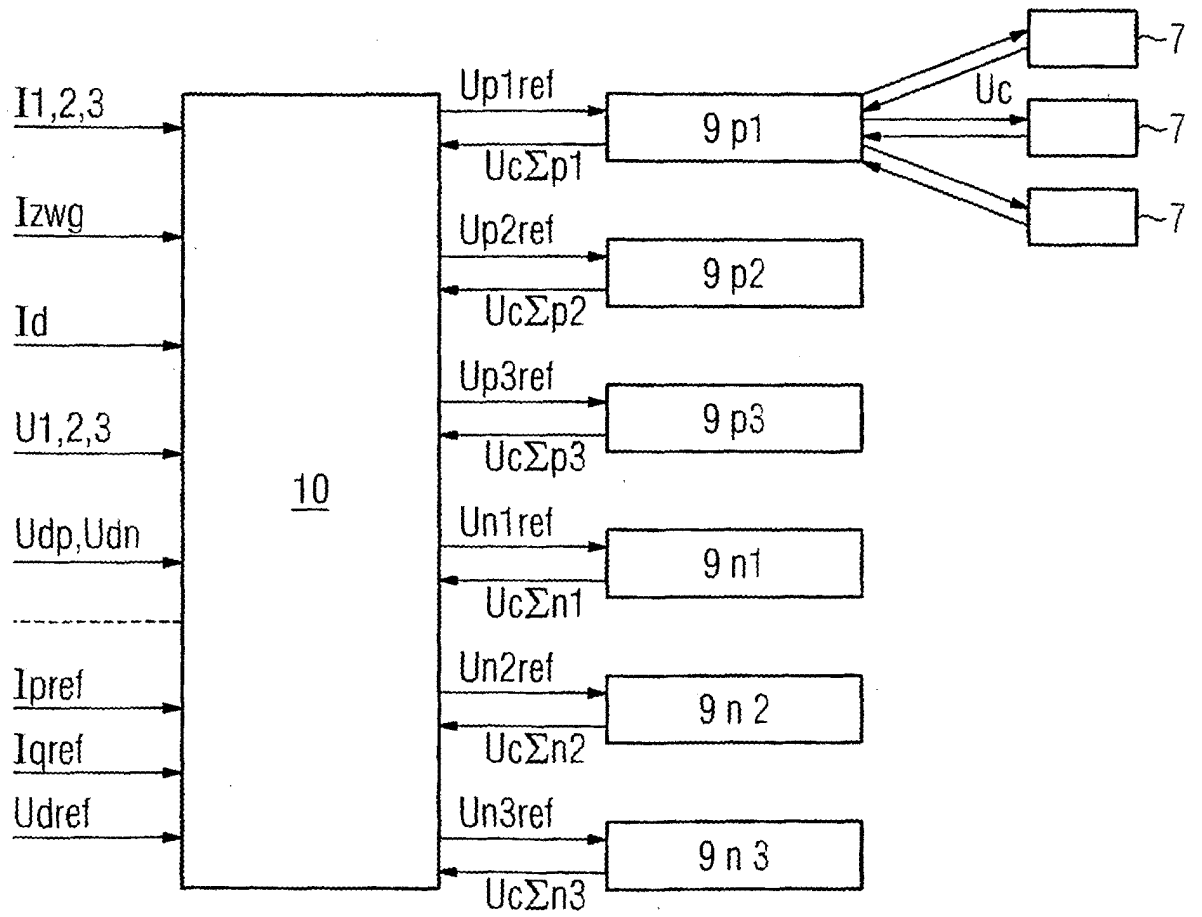


FIG 6

