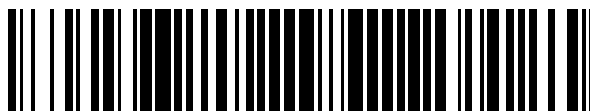


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 867**

51 Int. Cl.:

H02M 7/08

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2007 PCT/EP2007/050392**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2017 WO07080195**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2007 E 07703907 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 1974451**

54 Título: **Dispositivo de rectificación de una tensión alterna trifásica**

30 Prioridad:

16.01.2006 FR 0600376

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

09.02.2018

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade
Nord
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

BLANCHERY, FRANCIS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 653 867 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

Dispositivo de rectificación de una tensión alterna trifásica

La invención se refiere a la conversión de energía eléctrica alterna (CA) en energía de continua (CC). Un dispositivo de rectificación de una tensión alterna trifásica incluye un autotransformador alimentado con tensión trifásica. Pueden utilizarse autotransformadores para reducir el peso y el volumen si no hay limitación de aislamiento entre los potenciales del lado de la red de alimentación y los potenciales del lado de la utilización.

La conversión alterna/continua a partir de una tensión de la red de alimentación en trifásica utiliza unos puentes rectificadores; en teoría sería suficiente un único puente de dos veces tres diodos para hacer la rectificación de la tensión trifásica en tensión continua; pero en la práctica la utilización de un único puente alimentado por la red trifásica produce una corriente continua afectada por una oscilación residual demasiado grande, que no es aceptable para muchas aplicaciones. Además, la rectificación provoca una reinyección de corrientes en la red, teniendo estas corrientes unas frecuencias armónicas de la frecuencia de la corriente alterna de alimentación. Estas reinyecciones de armónicos no son aceptables si son demasiado grandes.

Para reducir las ondulaciones residuales de la tensión continua y los armónicos de la corriente reinyectados en la red, ya se ha propuesto aumentar el número de fases de la corriente de alimentación y el número de puentes rectificadores. De ese modo, típicamente, se puede transformar el sistema trifásico, en el que las tres fases están separadas 120° , en tres sistemas trifásicos incluyendo cada uno tres fases separadas 120° . Los tres sistemas están desfasados cada uno 40° relativamente entre ellos. Se utilizan tres puentes de seis diodos, estando alimentado cada puente por una de estas redes. Estos convertidores CA/CC de dieciocho diodos se denominan también convertidores de 18 impulsos. Las ondulaciones residuales se reducen, también las reinyecciones de armónicos. Las nueve fases se producen a partir de un autotransformador. Una realización de ese tipo se describe por ejemplo en la patente US 5.124.904. Este autotransformador incluye un núcleo magnético de tres ramas y en cada rama magnética un bobinado principal. Los tres bobinados principales se conectan en triángulo y se ha constatado que una parte importante de la potencia de la alimentación transita por el circuito magnético del autotransformador.

Con el fin de reducir la potencia que transita por el circuito magnético del autotransformador se puede implementar un autotransformador cuyos bobinados primarios se conectan en estrella y suministran a la salida siempre tres sistemas trifásicos. El primer sistema de salida está en fase con los sistemas de entrada y los otros dos sistemas de salida están simétricamente desfasados 20° con relación al primer sistema. La reducción de potencia que transita en el circuito magnético se debe esencialmente al hecho de que el primer sistema de salida está en fase con el primer sistema de entrada. El primer sistema de salida puede por tanto utilizar directamente los arrollamientos primarios del autotransformador. Como consecuencia la potencia suministrada por el primer sistema no transita por el circuito magnético. La reducción de potencia que transita en el circuito magnético se debe igualmente al reducido desfase (20°) de los otros dos sistemas de salida. La reducción de potencia que transita en el circuito magnético permite reducir la masa del circuito magnético.

Esta realización presenta sin embargo el inconveniente de aumentar las ondulaciones residuales de la tensión continua (modo diferencial y modo común) suministrada a la salida de un puente rectificador conectado a los sistemas de salida del autotransformador.

Para paliar este problema, se han conectado aguas arriba del puente rectificador unas autoinductancias de alisado. Más precisamente, el dispositivo de rectificación incluye un puente de rectificación apropiado para cada sistema y una autoinductancia para cada salida de cada puente. Para los tres sistemas de salida, se tienen por tanto seis autoinductancias. Las autoinductancias se montan en dos circuitos magnéticos recibiendo uno las tres autoinductancias conectadas a las salidas positivas de los puentes de rectificación y recibiendo el otro las tres autoinductancias conectadas a las salidas negativas de los puentes de rectificación. Se ha constatado sin embargo que la masa global de una realización de ese tipo es superior a la que utiliza un autotransformador con tres sistemas de salida regularmente repartidos a 40° . En efecto, el dispositivo que utiliza un autotransformador a 40° no necesita autoinductancias de alisado.

La invención se dirige a paliar los problemas citados más arriba proponiendo una mejora de los medios de alisado con el fin de reducir la masa de un dispositivo que implementa un autotransformador que suministra tres sistemas desfasados solamente 20° . La invención presenta un interés particular cuando la potencia suministrada por los diferentes sistemas de salida no está equilibrada, lo que es el caso con un autotransformador a 20° pero por supuesto la invención no está limitada a un dispositivo que implemente este autotransformador particular. La invención puede implementarse para alisar la tensión de salida de cualquier autotransformador que suministre varios sistemas trifásicos.

Con este fin, la invención tiene por objeto un dispositivo de rectificación de una tensión alterna trifásica que incluye un autotransformador alimentado con tensión trifásica y que suministra varios sistemas trifásicos, comprendiendo cada sistema tres fases desfasadas 120° entre ellas, unos medios de rectificación de los sistemas trifásicos, caracterizado porque los medios de rectificación incluyen, apropiados para cada sistema, un puente de rectificación y unos medios de alisado y porque los medios de alisado asociados a cada sistema son independientes entre sí.

La invención se comprenderá mejor y surgirán otras ventajas con la lectura de la descripción detallada de un modo de realización dado a título de ejemplo, descripción ilustrada por el dibujo adjunto en el que:

la figura 1 representa un esquema de un dispositivo de rectificación de acuerdo con la invención;

la figura 2 representa una vista de principio simplificada de los medios de alisado;

5 la figura 3 representa una vista de principio simplificada de un transformador de tres ramas magnéticas destinado a una utilización trifásica;

la figura 4 representa una composición vectorial que permite definir las características de un autotransformador elevador de tensión, utilizable para implementar la invención.

Por razones de claridad, los mismos elementos llevarán las mismas referencias en las diferentes figuras.

10 El dispositivo de rectificación representado en la figura 1 incluye un autotransformador AT alimentado con tensión alterna trifásica de 115 V o 230 V. El autotransformador AT suministra tres sistemas S1, S2 y S3 trifásicos. Cada sistema comprende tres fases desfasadas 120° entre sí. El dispositivo incluye apropiados para cada sistema, un puente de rectificación, respectivamente P1, P2 y P3, así como unos medios de alisado, respectivamente L1, L2 y L3. El puente P1, P2 y P3 de rectificación y los medios L1, L2 y L3 de alisado forman unos medios R de rectificación
15 del dispositivo.

Para cada sistema S1, S2 o S3, los medios de alisado L1, L2 o L3 incluyen una salida positiva, respectivamente L1+, L2+ y L3+ y una salida negativa, respectivamente L1-, L2- y L3-. Las salidas positivas L1+, L2+ y L3+ de cada uno de los medios de alisado se conectan entre sí para formar una salida positiva R+ de los medios de rectificación. Las salidas negativas L1-, L2- y L3- de cada uno de los medios de alisado se conectan entre sí para formar una salida
20 negativa R- de los medios de rectificación. Entre las salidas R+ y R- se conectan dos condensadores C1 y C2 en serie. El punto común de los dos condensadores C1 y C2 se une a una masa del dispositivo. Los medios de alisado L1, L2 y L3 asociados a los condensadores C1 y C2 permiten limitar principalmente la tensión en modo común, e igualmente la tensión en modo diferencial entre las dos salidas R+ y R-. El dispositivo está destinado a alimentar una carga Ch conectada entre las salidas R+ y R-.

25 Ventajosamente, los medios de alisado L1, L2 y L3 incluyen cada uno dos bobinados acoplados sobre un único circuito magnético respectivamente M1, M2 y M3. Por supuesto que los circuitos magnéticos M1, M2 y M3 son independientes entre sí. Los bobinados llevan las referencias L11 y L12 para los medios de alisado L1, L21 y L22 para los medios de alisado L2 y finalmente L31 y L32 para los medios de alisado L3. Los dos bobinados L11 y L12 de los medios de alisado L1 se representan a título de ejemplo en la figura 2. Los medios de alisado L1, L2 y L3 son
30 independientes entre sí y en particular en sus entradas. De ese modo, a través de cada uno de los medios de alisado L1, L2 o L3 no transita más que la corriente apropiada de cada puente de rectificación P1, P2 o P3. La corriente que circula en cada bobinado, por ejemplo L11 y L12 de un mismo medio de alisado es igual y no se alcanza la saturación. Esta disposición permite reducir la masa de los circuitos magnéticos M1, M2 y M3. En cada circuito magnético, por ejemplo M1, el sentido del arrollamiento de cada bobinado L11 y L12 se define de manera que anule los amperi-vueltas de las dos bobinas. En la figura 1, el sentido del arrollamiento está simbolizado por
35 unos puntos representados en la proximidad de la primera espira de cada bobinado y por una forma en Z en cada circuito magnético. Dicho de otra manera los dos bobinados de cada medio de alisado se conectan en modo común. Los medios de alisado no filtran principalmente más que la tensión en modo común. El valor de autoinducción de los medios de alisado se reduce y el filtrado de la tensión en modo diferencial se asegura por la autoinducción de fuga de los medios de alisado. La definición de los medios de alisado se realiza de manera que se obtenga un valor de autoinducción de fuga suficiente.

Ventajosamente, para cada sistema S1, S2 y S3, el puente de rectificación asociado, respectivamente P1, P2 y P3 incluye una salida positiva, respectivamente P1+, P2+ y P3+, y una salida negativa, respectivamente P1-, P2-, P3-. Para cada puente de rectificación, la salida positiva se conecta a una entrada positiva de los medios de alisado.
45 Igualmente, para cada puente de rectificación, la salida negativa se conecta a una entrada negativa de los medios de alisado.

Ventajosamente, la entrada positiva de los medios de alisado L1, L2 y L3 está formada por un primer borne de la primera bobina, respectivamente L11, L21, L31, y la entrada negativa de los medios de alisado está formada por un primer borne de la segunda bobina, respectivamente L12, L22, L32. Un segundo borne de la primera bobina forma la salida positiva respectivamente L1+, L2+ y L3+ de los medios de alisado L1, L2 y L3 y un segundo borne de la segunda bobina forma la salida negativa, respectivamente L1-, L2- y L3- de los medios de alisado L1, L2 y L3.
50

En la figura 3, se recuerda el principio clásico de un transformador trifásico formado por unos bobinados dispuestos alrededor de las ramas de un triple circuito magnético cerrado. El triple circuito magnético cerrado incluye un núcleo ferromagnético con una rama central M1 para recibir los bobinados correspondientes a una primera fase, y dos ramas laterales M2 y M3, unidas a la rama central de un lado y otro de esta última, para recibir los bobinados de una segunda y una tercera fase respectivamente. La rama central M1 y una de las ramas laterales forman un primer circuito magnético cerrado; la rama central y la otra rama lateral forman un segundo circuito magnético cerrado; las dos ramas laterales M2 y M3 forman un tercer circuito magnético cerrado.
55

Se enrollan varios bobinados en cada rama, formando ciertos de ellos primarios de transformador y formando otros los secundarios. El montaje es idéntico para las tres ramas, es decir que los bobinados juegan el mismo papel en las diferentes ramas incluyendo el mismo número de espiras y los mismos sentidos de arrollamiento.

Como esquema simplificado se ha representado en la figura 1 un bobinado principal respectivo B10, B20, B30 y un bobinado auxiliar respectivo S1, S2, S3 en cada rama del núcleo magnético. Los bobinados de una misma rama magnética son recorridos por el mismo flujo magnético. Para mayor comodidad de representación, los bobinados auxiliares se representan al lado de los bobinados principales, aunque en realidad los dos bobinados se disponen en un mismo sitio (uno alrededor del otro, incluso las capas de uno intercaladas entre las capas del otro) para ser atravesados exactamente por el mismo flujo magnético.

En el esquema de conexión más simple que se pueda imaginar, transformando una tensión trifásica en otra tensión trifásica, los bobinados principales podrían ser unos arrollamientos primarios de un transformador y los bobinados auxiliares serían unos arrollamientos secundarios. Los bobinados primarios podrían conectarse en triángulo o en estrella, para recibir la tensión trifásica a convertir. Los bobinados secundarios se conectarían así o bien en triángulo o bien en estrella para producir una tensión trifásica. Los flujos magnéticos que circulan en las tres ramas son idénticos pero desfasados 120° relativamente entre ellos. En la realización de un transformador que convierte una tensión trifásica en una tensión de nueve fases, el montaje es más complejo y utiliza además un gran número de bobinados como se verá, pero se conserva el principio de un circuito magnético de tres ramas simétricas en el que los flujos magnéticos de las diferentes ramas están desfasados 120° relativamente entre ellos y en el que los bobinados de una misma rama están todos recorridos por el mismo flujo magnético.

En los bornes de un bobinado secundario de una rama magnética aparece una tensión en fase con la tensión en los bornes del bobinado primario de la misma rama. La tensión generada en el bobinado secundario depende

- del valor de la tensión en los bornes del primario asociado,
- de la relación entre el número de espiras del primario y el secundario,
- y del sentido de rotación de la corriente en el arrollamiento del bobinado secundario con relación al sentido de la corriente en el bobinado primario (la fase de la tensión se invierte si los sentidos están invertidos).

Para transformar con aislamiento entre potenciales del primario y potenciales del secundario, los bornes de los bobinados secundarios no se unen a los bornes de los bobinados primarios o a otros elementos del circuito del lado del primario. Para un autotransformador (transformador sin aislamiento), los bornes de los bobinados secundarios pueden unirse a los bornes de los bobinados primarios o a las tomas intermedias formadas en los bobinados primarios. La invención se refiere a los autotransformadores.

Se explicará ahora el principio de representación vectorial que permite describir el funcionamiento de un transformador más complejo y principalmente de un autotransformador capaz de proporcionar nueve fases secundarias a partir de tres fases de alimentación primaria.

La fase y la amplitud de la tensión (tensión simple presente en un punto del circuito o tensión diferencial presente entre dos puntos del circuito) puede representarse por un vector cuya longitud representa la amplitud de la tensión alterna (simple o diferencial) y cuya orientación representa la fase de 0° a 360° de esta tensión alterna.

Para la constitución de un autotransformador capaz de producir nueve fases a partir de tres fases separadas 120° , se buscan unas composiciones de vectores que, a partir de tres fases de inicio, permiten fabricar las nueve fases buscadas.

Los vectores utilizados en esta composición se obtienen por un lado a partir de puntos que representan los bornes de bobinados principales o auxiliares y por otro lado a partir de puntos que representan las tomas intermedias de estos bobinados. La tensión obtenida entre dos tomas intermedias de un bobinado principal está en fase con la tensión del bobinado principal (los vectores son por tanto colineales); su amplitud es una fracción de la tensión en los bornes del bobinado principal, siendo esta fracción función de la relación entre el número de espiras de arrollamiento situadas entre las tomas intermedias y el número de espiras total del bobinado principal; la longitud relativa del vector que representa la tensión entre dos tomas intermedias de un bobinado se determina por esta relación del número de espiras.

Según el mismo principio, la tensión obtenida en los bornes de un bobinado auxiliar asociado al bobinado principal (es decir recorrido por el mismo flujo magnético, por tanto enrollado en el mismo sitio sobre una misma rama magnética) está en fase con la tensión en los bornes del bobinado principal (los vectores son por tanto paralelos) y su amplitud se determina igualmente por la relación entre el número de espiras del bobinado auxiliar y el número de espiras del bobinado principal; la longitud del vector que representa la tensión del bobinado auxiliar es por tanto, relativamente la longitud del vector que representa la tensión en el bobinado principal, en la relación de los números de espiras.

En la presente solicitud de patente, se utilizará la denominación "bobinado principal" para designar un bobinado que tiene dos extremos y unas tomas intermedias, no significando esta denominación por tanto que el bobinado principal sea necesariamente un bobinado primario del autotransformador. En efecto, en ciertas realizaciones (transformador

reductor de tensión) el bobinado principal será efectivamente un bobinado primario en el sentido de que está directamente alimentado por una tensión a convertir; sin embargo en otras realizaciones (transformador elevador) el bobinado principal no será un bobinado primario puesto que la alimentación trifásica a convertir no se aplicará entre los dos extremos de este bobinado.

La figura 4 representa una composición vectorial que permite conducir a la presente invención, en el caso de un autotransformador elevador de tensión. El autotransformador tiene tres bobinados principales B10, B20, B30 conectados en un montaje en estrella. Los tres bobinados principales B10, B20, B30 tienen un borne común N que forma el neutro del autotransformador. La alimentación trifásica del autotransformador se aplica a tres puntos de entrada K''1, K''2, K''3 perteneciendo cada uno a uno de los tres bobinados principales, respectivamente B10, B20, B30.

Por comodidad, en lo que sigue, las mismas letras (por ejemplo K''1, K''2 y K''3) designarán a la vez los bornes de un bobinado (en las figuras que representan unos bobinados), y los extremos del vector que representa la tensión en los bornes de su bobinado (en las figuras que representan las composiciones vectoriales).

La alimentación trifásica procede de una red de distribución de potencia alterna a una frecuencia que depende de las aplicaciones. En la aeronáutica, en la que la invención es particularmente interesante porque son grandes las limitaciones de peso, de volumen y de supresión de armónicos en ellas, la frecuencia es frecuentemente de 400 Hz y puede ser también de 800 Hz.

Para la composición vectorial, se elige el punto N, origen. Las tensiones simples de entrada y de salida del autotransformador se referencian con relación a este punto. De ese modo, el vector NK''1 representa la amplitud y la fase de la tensión simple presente en el borne K''1 de la alimentación trifásica. Si se supone que la alimentación trifásica aplicada en K''1, K''2 y K''3, está bien equilibrada, el punto neutro N representa el punto de referencia en el que la suma vectorial de las tensiones NK''1, NK''2, NK''3 es nula. Los vectores NK''2 y NK''3, de la misma amplitud que el vector NK''1, están orientados respectivamente a +120° y -120° del vector de referencia NK''1. Para simplificar la notación vectorial, en todo lo que sigue la primera letra de un vector se considera como el origen del vector y la segunda letra es el extremo del vector; de ese modo, NK''1 representa el vector que parte de N y que va hasta K''1 y no el inverso.

En la figura 4, se ha elegido como referencia de fase, la fase de la tensión simple NK''1 (dirección horizontal). Los ángulos se miden en el sentido horario. La dirección del vector NK''2 está a +120° y la del vector NK''3 está a +240°.

Cada uno de los bobinados principales B10, B20 y B30 incluye un primer y un segundo bornes. Los primeros bornes están conectados en N. Los segundos bornes se denominan respectivamente K'''1, K'''2 y K'''3. Cada bobinado principal B10, B20 y B30 incluye tres tomas intermedias, K1, K'1 y K''1 para el bobinado B10, K2, K'2 y K''2 para el bobinado B20 así como K3, K'3 y K''3 para el bobinado B30. En el modo de realización representado en la figura 4 (elevador de tensión), las tres tensiones trifásicas de entrada se aplican a las tomas K''1, K''2 y K''3. Las tres primeras tensiones de salida están en fase con las tensiones trifásicas de entrada y se disponen en los segundos bornes K'''1, K'''2 y K'''3 de los bobinados principales B10, B20 y B30. Un coeficiente k representa la relación entre la amplitud Va' de la tensión de las nueve fases de salida y la amplitud Va de las tres tensiones trifásicas de entrada.

$$Va' = Va \times k.$$

Las tomas intermedias K1, K2 y K3 pueden utilizarse para aplicar unas tensiones trifásicas de entrada diferentes a las previstas sobre las tomas K''1, K''2 y K''3. Esta disposición presenta por ejemplo un interés en el sector aeronáutico.

En los aviones de tamaño grande tales como los aviones de transporte de decenas o centenares de pasajeros, la alimentación eléctrica se convierte en un elemento muy importante en la concepción general del aparato. En efecto los aparatos eléctricos colocados a bordo y que sirven o bien para el funcionamiento del aparato o bien para los servicios a bordo son cada vez más numerosos y consumen cada vez más energía.

Esta energía se produce por unos alternadores acoplados a los motores del avión y los alternadores proporcionan normalmente una tensión trifásica de 115 voltios eficaces entre neutro y fase, a una frecuencia de 400 Hz. Esta tensión se transporta al interior del avión mediante unos cables eléctricos cuya sección es proporcional al cuadrado del valor de la corriente que debe poder ser transportada por estos cables. Típicamente, se puede tener necesidad de varios centenares de metros de cables capaces de transformar varios kilovatios. Lo que da como resultado un peso muy grande de cobre o de aluminio a instalar en el avión.

Ha surgido en consecuencia que podría ser preferible concebir ahora unos aviones en los que la energía transportada circula bajo 230 voltios al menos, con el fin de dividir sustancialmente por 4 la sección de los cables que transportan la energía. Los alternadores de dichos aviones se diseñarían por tanto para proporcionar directamente una alimentación trifásica de 400 Hz a 800 Hz y 230 voltios eficaces entre neutro y fase. Además, estos aviones modernos van a estar equipados ahora con una red de distribución de energía eléctrica continua, típicamente a 540 voltios (más o menos 270 voltios con relación a la estructura metálica del avión). El interés de la distribución de energía continua es permitir, por medio de onduladores de frecuencia variable, realizar un mando

individual de velocidad de ciertos motores síncronos o asíncronos presentes en el aparato (compresores, climatizadores, bombas de carburante, etc.).

Por otro lado, los aviones deben consumir energía eléctrica cuando están inmovilizados en tierra en un aeropuerto, motores parados. Esta energía es necesaria para asegurar unas funciones de iluminación, climatización, mantenimiento, arranque, etc.

Se conectan por tanto, por medio de un conector trifásico accesible en el exterior del avión, a unos grupos generadores de energía eléctrica colocados en tierra, administrados por los aeropuertos. Los grupos generadores proporcionan todos ellos energía trifásica a 115 voltios eficaces puesto que la mayor parte de los aviones están equipados para funcionar con 115 voltios eficaces. Se puede imaginar que en el futuro los aeropuertos se equipen con unos grupos que proporcionen 115 voltios y 230 voltios, o que se prevean unos grupos especiales que proporcionen 230 voltios para el caso en el que se sitúe un avión equipado con 230 voltios. Pero esto implica un coste que los aeropuertos no desean asumir y esta solución no puede plantearse más que a muy largo plazo cuando el número de aviones equipados con 230 voltios será muy significativo.

En lo inmediato, la solución es prever en el avión un transformador trifásico colocado entre un conector de alimentación exterior (destinado a conectarse al generador en tierra) y la red de suministro de energía a 230 voltios del avión. Este transformador añade un peso y un volumen suplementario únicamente por esta razón de logística de los aeropuertos.

Para paliar este problema, un autotransformador de acuerdo con la invención puede alimentarse o bien a 115 V por las tomas K1, K2 y K3 o bien a 230 V por las tomas K''1, K''2 y K''3.

Las otras seis tensiones de salida se reparten por pares simétricamente desfasadas a 20° con relación a las tres primeras tensiones de salida. Con el fin de producirlas, el autotransformador incluye para cada rama magnética M1, M2 y M3 dos bobinados auxiliares X1 e Y1 para la rama M1, X2 e Y2 para la rama M2 así como X3 e Y3 para la rama M3. La primera tensión de salida A1 está desfasada en -20° con relación a la tensión K''1 y se obtiene de la manera siguiente: un primer borne del bobinado auxiliar Y2 se conecta a la toma K'1 y el segundo borne del bobinado auxiliar Y2 forma el punto A1. Igualmente, la segunda tensión de salida B1 está desfasada en +20° con relación a la tensión K''1 y se obtiene conectando un primer borne del bobinado auxiliar X3 a la toma K'1. El segundo borne del bobinado auxiliar Y2 forma el punto B1.

Se hace de manera similar para obtener las últimas tensiones de salida. Las tensiones A2 y B2 están desfasadas respectivamente en -20° y +20° con relación a la tensión K''2 y las tensiones A3 y B3 están desfasadas respectivamente en -20° y +20° con relación a la tensión K''3. La tensión A2 se obtiene conectando un primer borne del bobinado auxiliar Y3 a la toma K'2. El segundo borne del bobinado auxiliar Y3 forma el punto A2. La tensión B2 se obtiene conectando un primer borne del bobinado auxiliar X1 a la toma K'2. El segundo borne del bobinado auxiliar X1 forma el punto B2. La tensión A3 se obtiene conectando un primer borne del bobinado auxiliar Y1 a la toma K'3. El segundo borne del bobinado auxiliar Y3 forma el punto A3. La tensión B3 se obtiene conectando un primer borne del bobinado auxiliar X2 a la toma K'3. El segundo borne del bobinado auxiliar X2 forma el punto B3.

Los puntos K''1, K''2 y K''3 forman el primer sistema de salida trifásico. Los puntos A1, A2 y A3 forman el segundo sistema de salida trifásico. Los puntos B1, B2 y B3 forman el tercer sistema de salida trifásico.

Las longitudes de los vectores representados en la figura 2 permiten definir los números de espiras de los diferentes bobinados. Inicialmente para el bobinado principal B10, la relación k entre las amplitudes de las tensiones de entrada Va y de salida Va' permite definir la relación entre el número N total de espiras del arrollamiento B10 y el número n'1 de espiras entre los puntos N y K'1:

$$N = n'1 \times k$$

El número n1 de espiras entre los puntos N y K1 se define de la misma manera. Por ejemplo, si el autotransformador está alimentado o bien a 230 V por las tomas K''1, K''2 y K''3 o bien a 115 V por las tomas K1, K2 y K3 se tendrá:

$$N = n1 \times 2k.$$

El número n'1 de espiras entre el borne N y la toma K'1 así como el número de espiras de los bobinados auxiliares puede definirse por construcción geométrica en la figura 2 o incluso por cálculo trigonométrico.

Con el fin de asegurar la simetría del autotransformador, los números de espiras de los otros bobinados principales B20 y B30 se definen de la misma manera cambiando las referencias 1 por 2 o 3 a las determinaciones que anteceden. Por la misma razón, todos los bobinados auxiliares tienen el mismo número de espiras. La simetría del autotransformador permite asegurar la reversibilidad y permite no introducir desfase entre la corriente y la tensión en la alimentación.

Los sentidos de arrollamiento de los diferentes bobinados en su núcleo magnético respectivo vienen dados por la orientación de los vectores representados en la figura 4 en la proximidad de la primera espira de cada bobinado.

Como recordatorio, para los bobinados principales, los puntos que indican las primeras espiras se han representado para cada toma intermedia.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de rectificación de una tensión alterna trifásica que incluye un autotransformador (AT) alimentado con tensión trifásica y que suministra varios sistemas (S1, S2, S3) trifásicos, comprendiendo cada sistema tres fases desfasadas 120° entre sí, unos medios (R) de rectificación de los sistemas (S1, S2, S3) trifásicos, **caracterizado porque** los medios (R) de rectificación incluyen, apropiados para cada sistema, un puente (P1, P2, P3) de rectificación y unos medios (L1, L2, L3) de alisado y **porque** los medios (L1, L2, L3) de alisado asociados a cada sistema (S1, S2, S3) son idénticos entre sí.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, para cada sistema (S1, S2, S3), los medios (L1, L2, L3) de alisado incluyen una salida positiva (L1+, L2+, L3+) y una salida negativa (L1-, L2-, L3-), **porque** las salidas positivas (L1+, L2+, L3+) de cada uno de los medios (L1, L2, L3) de alisado se conectan entre sí para formar una salida positiva (R+) de los medios (R) de rectificación y **porque** las salidas negativas (L1-, L2-, L3-) de cada uno de los medios (L1, L2, L3) de alisado se conectan entre sí para formar una salida negativa (R-) de los medios (R) de rectificación.
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios (L1, L2, L3) de alisado de cada sistema incluyen dos bobinados (L11, L12; L21, L22; L31, L32) acoplados a un único circuito magnético (M1, M2, M3).
4. Dispositivo según la reivindicación 3, **caracterizado porque** los circuitos magnéticos (M1, M2, M3) de cada uno de los medios de alisado son independientes entre sí.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado porque** los dos bobinados (L11, L12; L21, L22; L31, L32) de cada medio (L1, L2, L3) de alisado están conectados en modo común.
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, **caracterizado porque** para cada sistema, el puente (P1, P2, P3) de rectificación incluye una salida positiva (P1+, P2+, P3+), y una salida negativa (P1-, P2-, P3-), **porque** la salida positiva (P1+, P2+, P3+) del puente (P1, P2, P3) de rectificación está conectada a una entrada positiva de los medios (L1, L2, L3) de alisado y **porque** la salida negativa (P1-, P2-, P3-) del puente (P1, P2, P3) de rectificación está conectada a una entrada negativa de los medios (L1, L2, L3) de alisado.
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4 tomadas en combinación con la reivindicación 6, **caracterizado porque** la entrada positiva de los medios (L1, L2, L3) de alisado está formada por un primer borne de la primera bobina (L11, L21, L31), **porque** la entrada negativa de los medios de alisado está formada por un primer borne de la segunda bobina (L12, L22, L32), **porque** un segundo borne de la primera bobina (L11, L21, L31) forma la salida positiva (L1+, L2+, L3+) de los medios (L1, L2, L3) de alisado y **porque** un segundo borne de la segunda bobina forma la salida negativa (L1-, L2-, L3-) de los medios (L1, L2, L3) de alisado.

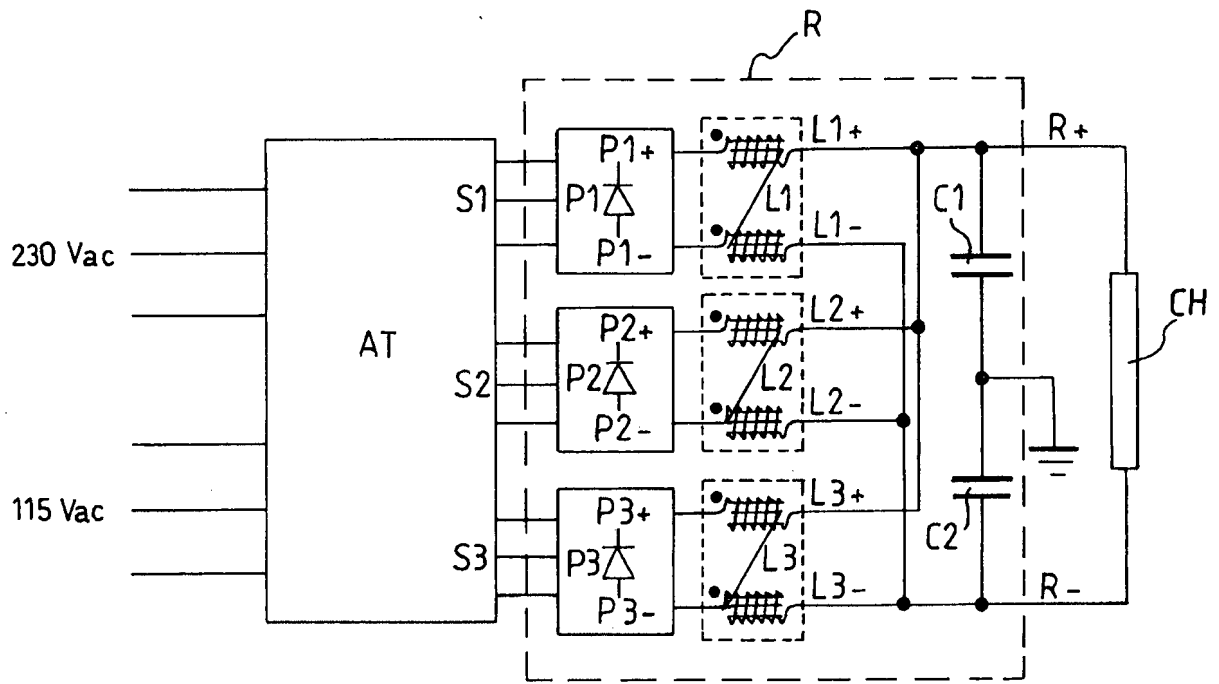


FIG.1

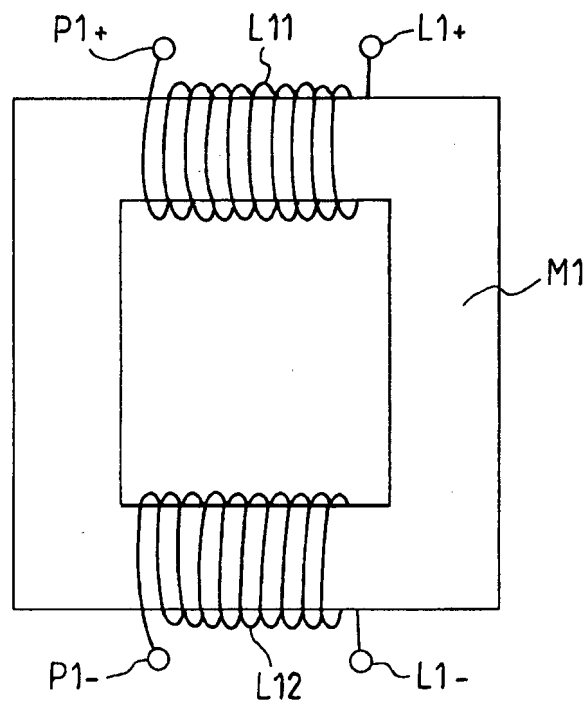


FIG.2

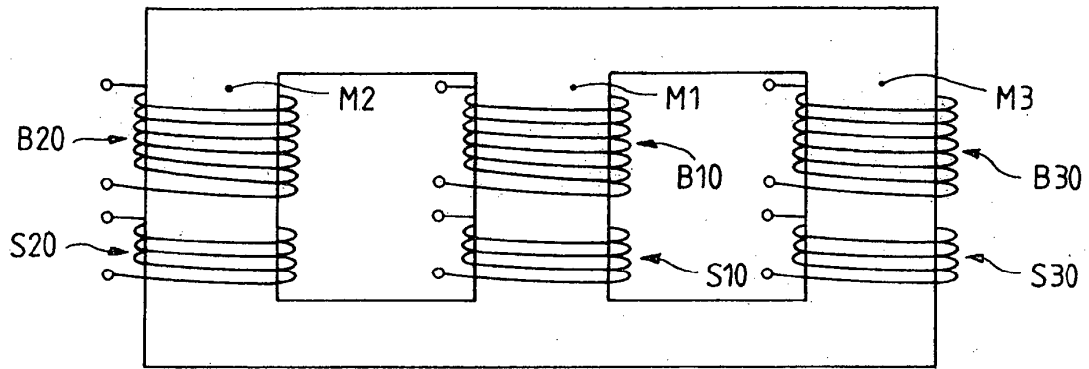


FIG. 3

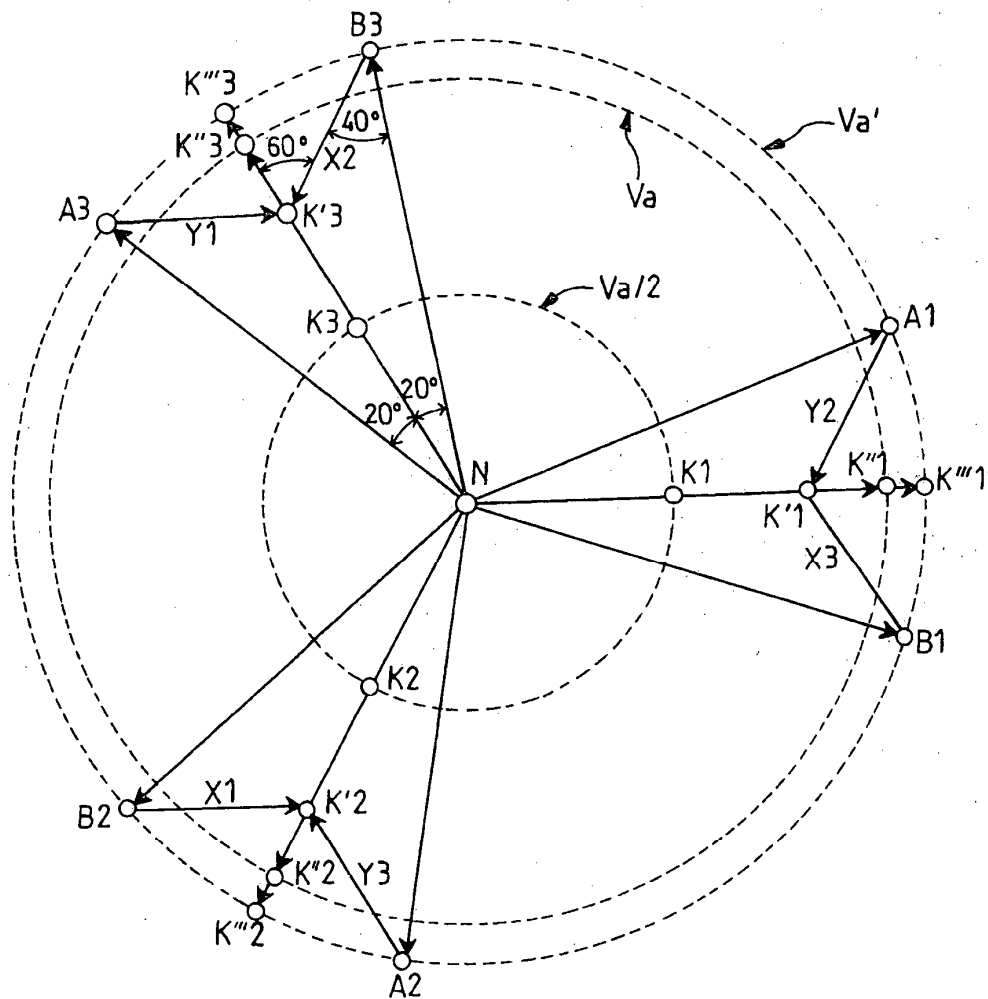


FIG. 4