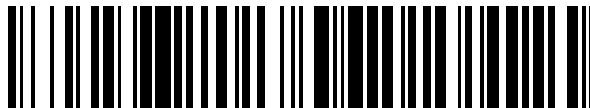


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 799**

51 Int. Cl.:

H02M 5/12 (2006.01)

H02P 13/06 (2006.01)

H01F 29/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2013 E 13711852 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2837091**

54 Título: **Transformador de regulación**

30 Prioridad:

10.04.2012 DE 102012103048

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

01.07.2016

73 Titular/es:

**MASCHINENFABRIK REINHAUSEN GMBH
(100.0%)
Falkensteinstrasse 8
93059 Regensburg, DE**

72 Inventor/es:

**VON BLOH, JOCHEN;
DOHNAL, DIETER y
VIERECK, KARSTEN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 575 799 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

Transformador de regulación

5 La invención concierne a un transformador de regulación, denominado más exactamente un transformador desfasador.

10 Un transformador desfasador, también transformador de regulación transversal, es un transformador de potencia especial que, en el ámbito de redes eléctricas de corriente alterna, sirve para controlar deliberadamente el flujo de carga eléctrica. En contraste con la utilización usual de transformadores, a saber, la conversión de tensiones alternas en diferentes niveles de tensión, los transformadores desfasadores, como su nombre indica, sirven de desfasadores para influir deliberadamente en la potencia a través de una línea eléctrica. Cuando, por ejemplo, entre dos instalaciones de distribución o estaciones transformadoras están tendidas varias líneas en diferentes trayectos, puede influirse por medio de transformadores desfasadores en cómo se distribuye la potencia transportada. Se da un caso de aplicación típico es cuando las líneas existentes presentan diferentes capacidades de transporte.

Un transformador desfasador de este tipo, su estructura y sus posibilidades de regulación están representados en detalle en el libro de texto Krämer: On-Load Tap Changers for Power Transformers, 2000, página 196 y siguientes.

20 El transformador desfasador mostrado con elevada potencia de paso está dividido en dos partes y consta de un transformador en serie y un transformador excitador para la regulación propiamente dicha ("transformador en derivación"), a través del cual puede ajustarse un determinado desfase por medio de un interruptor de escalones. En la corriente alterna trifásica usualmente utilizada están presentes para cada conductor exterior tanto un transformador en serie como también un transformador excitador, es decir, un transformador de regulación. Un ejemplo de transformador desfasador se muestra también en Karady G. et al.: "Integrated PWM and Transformer Switching Technique for AC Voltage Regulation", IEEE-APEC 1994, XP 10118467.

25 Por medio del transformador de regulación se deriva por fase, a través del interruptor de escalones, una tensión que se desplaza 90° contra tierra con respecto a la tensión del conductor exterior y que conduce a una tensión desfasada, a través del transformador en serie explicado, por medio de una suma vectorial.

Esta clase de influencia sobre la carga, típica para un transformador desfasador, se designa también regulación transversal, en contraposición a la regulación longitudinal de un transformador estándar.

35 El flujo de carga a través del transformador desfasador puede realizarse en este caso también en ambas direcciones.

La zona de ajuste del ángulo de fase es diferente según el diseño. Ésta se encuentra de manera típica en el rango de $\pm 10^\circ$ y puede ascender a 30° en realizaciones especiales. En este caso, son posibles diferentes variantes de circuito, de las cuales se muestra una como ejemplo en la página 197 del libro de texto arriba indicado.

Junto a la regulación transversal de 90° son conocidos también otros métodos que se designan como regulación oblicua de 60° o 30° .

45 El procedimiento de regulación oblicua de 60° consiste en que la tensión de excitación necesaria se genera por medio de una parte de devanado de la columna próxima de un núcleo de transformador y ésta se suma vectorialmente a la tensión del devanado principal. El grado de desfase puede ajustarse en este caso también por medio de un interruptor de escalones.

50 Los conexionados de este tipo de los devanados se realizan usualmente en el interior de la cuba del transformador, dado que no está prevista en general una conmutación del tipo de funcionamiento del transformador. Están previstos solamente dispositivos de cambio de embornado con los que puede modificarse el conexionado del devanado en el estado sin tensión.

55 Por tanto, los transformadores de regulación conocidos con sus conexionados interiores de devanados de transformador permiten solamente, condicionado por la construcción, la fijación en una clase de funcionamiento concreta del transformador – como, por ejemplo, una aplicación como desfasador o, en el caso más sencillo, como regulador longitudinal conocido para la regulación de tensión de una red de suministro de energía. En los transformadores de regulación conocidos no está prevista una clase de funcionamiento cambiante y ésta sólo puede materializarse con un coste extremadamente elevado durante el funcionamiento en curso de un transformador, dado que no pueden controlarse los elementos de conmutación de modo que, con una solicitud mínima de los trayectos de conmutación, pueda realizarse una conmutación del funcionamiento del transformador.

60 Por consiguiente, el problema de la invención es indicar un transformador de regulación en el que, de manera

sencilla, con sólo unos pocos elementos de conmutación, pueda ajustarse una conmutación de funcionamiento entre, por un lado, funcionamiento de regulación longitudinal, es decir, regulación de tensión y, por otro lado, funcionamiento de desfaseador, es decir, giro de la posición de fase de la tensión de entrada y de salida del mismo transformador.

5 Este problema se resuelve por medio de un transformador de regulación con elementos de conmutación de semiconductor con las características de las dos reivindicaciones de patentes paralelas. La reivindicación 1 concierne en este caso a un transformador de regulación con devanado principal y devanado de regulación, y la
10 reivindicación 2 se refiere a un devanado de este tipo con escalón grande adicionalmente conmutable y contraconmutable.

La idea inventiva general en ambas formas de realización consiste en desarrollar adicionalmente un transformador de regulación con elementos de conmutación de semiconductor por medio de líneas de conexión eléctrica
15 adicionales y elementos de conmutación de semiconductor adicionales destinados a conectar estas líneas de tal modo que dicho transformador pueda verse de manera sencilla para la funcionalidad como regulador longitudinal y también como desfaseador, es decir, regulador oblicuo.

Un transformador de regulación modular con elementos de conmutación de semiconductor es ya conocido en principio por la publicación Demirci, Torrey, Degeneff, Schaeffer, Frazer: "A new approach to solid-state on load tap
20 changing transformers", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 13, N° 3, julio de 1998. Este transformador puede utilizarse para la regulación longitudinal y se explicará más abajo una vez más.

La invención se explicará aún con más detalle a continuación, a modo de ejemplo, con ayuda de unos dibujos.

25 Muestran:

- La figura 1, un transformador de regulación conocido actuando como regulador longitudinal;
- La figura 2, un primer transformador de regulación según la invención como regulador oblicuo de 60° y 27
escalones;
- La figura 3, un segundo transformador de regulación según la invención como regulador oblicuo de 60° con
30 escalón grande lineal;
- La figura 4, la representación mostrada en la figura 2 ampliada con algunos símbolos de referencia; y
- La figura 5, un diagrama vectorial de un ejemplo de transformador de regulación según la invención de acuerdo con las figuras 2 y 4.

35 La figura 1 muestra un transformador trifásico conocido a regular como el que ya se ha propuesto, que consta de un devanado de tensión inferior 1 y un devanado de tensión superior 2, aquí con tres devanados parciales separados W1...W3, en los que se conecta un interruptor de escalones modular que consta aquí de tres módulos individuales M1, M2, M3.

40 Todas las fases están estructuradas de forma idéntica.

El primer módulo M1 comprende el primer devanado parcial W1 y, a ambos lados del mismo, dos vías de puenteo que comprenden respectivamente un circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductor. Entre
45 los dos respectivos elementos de conmutación conectados en serie está prevista una toma central.

Los elementos de conmutación de semiconductor individuales están representados aquí, como también en las siguientes figuras, sólo esquemáticamente como interruptores sencillos. En la práctica, comprenden pares de
50 tiristores conectados en paralelo, IGBTs u otros elementos de conmutación de semiconductor. Asimismo, pueden comprender un respectivo circuito en serie o en paralelo de varios elementos de conmutación de semiconductor individuales de este tipo.

Una toma central está eléctricamente unida con el punto neutro 3. La otra toma central está unida con una toma central de un segundo módulo M2. Este segundo módulo M2 está estructurado de forma idéntica; comprende también un devanado parcial W2 y los dos circuitos en serie de dos respectivos elementos de conmutación de
55 semiconductor. Asimismo, entre los respectivos circuitos en serie están previstas nuevamente unas tomas centrales. El conexionado de una de las tomas centrales ya se ha explicado con el primer módulo M1; por su parte, la segunda toma central está unida con una toma central de un tercer módulo M3.

Este tercer módulo M3 está estructurado de nuevo de forma idéntica. Comprende de nuevo un devanado parcial W3 y los dos circuitos en serie de elementos de conmutación de semiconductor, así como las tomas centrales que están
60 entre ellos. Por tanto, la toma central no mencionada aún hasta ahora del tercer y, aquí, último módulo M3 está eléctricamente unida con el extremo del devanado de tensión superior 2.

Los tres módulos M1...M3 aquí descritos se diferencian solamente por las dimensiones de los respectivos

devanados parciales W1...W3.

El devanado parcial W2 en el segundo módulo M2 presenta, por ejemplo, un número de espiras tres veces mayor que el del devanado parcial W1 en el primer módulo M1. El devanado parcial W3 en el tercer módulo M3 presenta, por ejemplo, un número de espiras seis o nueve veces mayor que el del devanado parcial W1 en el primer módulo M1.

Este transformador de regulación aquí mostrado trabaja como un regulador longitudinal convencional para regular la tensión con un total de 21 escalones de tensión. Las tensiones parciales individuales son el resultado de la conexión, contraconexión y puenteo diferentes de las distintas partes de devanado W1...W3.

La figura 2 muestra un primer transformador de regulación según la invención como regulador oblicuo de 60° con 27 escalones de tensión alcanzables. Adicionalmente, están previstas aquí unas respectivas líneas de conexión eléctricas L1 y L2. En cada una de las líneas de conexión L1 está previsto un elemento de conmutación electrónico S1. Cada una de las líneas de conexión L1 une en este caso la toma central del módulo M3 de cada fase con el extremo del devanado principal 2 de la respectiva fase contigua. Una línea de conexión adicional L2, en la que está previsto un respectivo elemento de conmutación electrónico adicional S2, une esta respectiva toma central del módulo M3 con el extremo del devanado principal 2 de la fase propia.

Por tanto, los extremos de los devanados principales 2 de las tres fases están unidos uno con otro por medio de las líneas de conexión L1 casi como una "línea anular"; los elementos de conmutación S1 y S2 de cada fase que se encuentran en esta "línea anular" establecen la conexión eléctrica según su posición de conmutación – alternativamente, la conexión eléctrica a la respectiva toma central del correspondiente módulo M3 de la correspondiente fase.

La instalación de fase del vector de tensión a sumar se proporciona previamente por la columna vecina del transformador, es decir, la fase contigua de éste. Resulta de ello un ángulo de fase de 60°.

La figura 3 muestra un segundo transformador de regulación según la invención como regulador oblicuo de 60° con escalón grande lineal. El escalón grande se forma en este caso respectivamente por el devanado parcial W3 de cada fase, que es conmutable o contraconmutable por el respectivo módulo M3 con relación al devanado principal 2. En otras palabras: el módulo M3 activa aquí el escalón grande y no interviene en la regulación de tensión propiamente dicha, que, en este ejemplo, se materializa por los módulos M2 y M1. Asimismo, están previstas aquí unas respectivas líneas de conexión eléctricas L1 y L2. En cada una de las líneas de conexión L1 está previsto, de manera completamente análoga al primer ejemplo de realización, un elemento de conmutación S1 electrónico. Cada una de las líneas de conexión L1 une aquí la toma central del módulo M2 de cada fase con las tomas centrales del módulo M3 de las respectivas otras fases – en vez de unirla con el respectivo extremo del devanado principal como se describe más arriba. La línea de conexión adicional L2, en la que aquí también está previsto un respectivo elemento de conmutación electrónico adicional S2, une esta respectiva toma central del módulo M2 con la toma central del respectivo módulo M3 de la fase propia. Por tanto, las tomas centrales de los módulos M3 de las tres fases están unidas aquí eléctricamente una con otra por medio de las líneas de conexión L1, de nuevo casi como una "línea anular"; los elementos de conmutación S1 y S2 de cada fase que se encuentran en esta "línea anular" establecen la unión eléctrica según su posición de conmutación.

En la figura 4, que representa en principio la forma de realización ya explicada en la figura 2, se han complementado los símbolos de referencia para las tensiones totales U_a , U_b y U_c existentes en las fases individuales, así como para la tensión U_2 , que disminuye a través del devanado principal 2, y además para las tensiones U_{U2} , U_{V2} , U_{W2} que disminuyen respectivamente a través de la parte de regulación que se compone en cada fase de los correspondientes módulos M1...M3.

La figura 5 muestra un diagrama vectorial que ilustra el desfase. Están representadas aquí la tensión U_{V2} , que, como tensión de regulación, resulta de las tensiones parciales sobre los devanados parciales W1, W2 y W3, y también la tensión U_2 , que está identificada en la figura 4. Como resultado, se proporciona una tensión desfasada $U_a = U_2 + U_{V2}$. En este caso, φ indica el ángulo de giro de fase, es decir, el ángulo en el cual se desplaza la posición de fase de U_2 .

En total, el transformador de regulación mostrado con la topología descrita permite una variación rápida de las relaciones de las espiras en el transformador y, por tanto, una modificación rápida de la relación de multiplicación del transformador. Una de las condiciones previas es, en este caso, el registro de la posición de fase de corriente y tensión para poder activar los interruptores de semiconductor en el momento correcto. Por medio de la ampliación según la invención con las líneas descritas L1 y L2 y los interruptores S1 y S2 insertados en éstas en cada fase, que casi funcionan como un inversor, y el uso de las informaciones ya existentes en el controlador del interruptor de escalones de semiconductor con respecto a la posición de fase de las corrientes, también de la fase contigua, se puede realizar, durante el funcionamiento en curso del transformador de regulación, una conmutación del

conexión del devanado principal y el devanado de regulación, de modo que pueda conmutarse entre el funcionamiento de regulación longitudinal (regulación de tensión) y el funcionamiento de desfasador (giro de la posición de fase de la tensión de entrada y de salida) del mismo transformador.

- 5 Los elementos de conmutación de semiconductor individuales están representados aquí sólo esquemáticamente como interruptores sencillos. En la práctica, comprenden pares de tiristores conectados en paralelo, IGBTs u otros elementos de conmutación de semiconductor. Pueden comprender también un respectivo circuito en serie o en paralelo de varios elementos de conmutación de semiconductor individuales de este tipo.

REIVINDICACIONES

1. Transformador de regulación para regular la tensión con elementos de conmutación de semiconductor con un devanado principal (2) y un devanado de regulación con varios devanados parciales (W1, W2, W3) para cada fase, en el que están previstos varios módulos (M1, M2, M3) por fase, en el que cada módulo (M1, M2, M3) comprende un respectivo devanado parcial (W1, W2, W3) del devanado de regulación, así como, a ambos lados del mismo, dos vías de puenteo, en el que cada vía de puenteo comprende un respectivo circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductor, en el que entre los dos respectivos elementos de conmutación conectados en serie de cada vía de puenteo está prevista una toma central, en el que los devanados parciales (W1, W2, W3) poseen diferentes números de espiras, en el que una de las dos tomas centrales de cada módulo (M1, M2, M3) está unida con una toma central de los módulos adyacentes y en el que la toma central remanente del primer módulo (M1) está eléctricamente unida con la derivación de carga (4) y la toma central remanente del último módulo (M3) está eléctricamente unida con el extremo del devanado principal (2) del transformador de regulación, **caracterizado por que** en cada fase está prevista una línea de conexión adicional (L1), estando insertado en cada una de las líneas de conexión (L1) un elemento de conmutación electrónico (S1), por que cada una de las líneas de conexión (L1) conecta eléctricamente la toma central del último módulo (M3) de la fase correspondiente con el extremo del devanado principal (2) de la respectiva fase contigua, por que en cada fase está prevista una línea de conexión (L2) adicional en la que está inserto un respectivo elemento de conmutación electrónico (S2) adicional, y por que cada una de estas líneas de conexión adicionales (L2) conecta la respectiva toma principal del último módulo (M3) con el extremo del devanado principal (2) de la fase propia.
2. Transformador de regulación para regular la tensión con elementos de conmutación de semiconductor con un devanado principal (2), un devanado de escalón grande (W3) y un devanado de regulación con varios devanados parciales (W1, W2) para cada fase, en el que están previstos varios módulos (M1, M2, M3) por fase, en el que un último módulo (M3) comprende el devanado de escalón grande (W3) y, a ambos lados de éste, dos vías de puenteo, en el que unos módulos adicionales (M1, M2) comprenden un respectivo devanado parcial (W1, W2) del devanado de regulación, así como, a ambos lados de éste, dos vías de puenteo, en el que cada vía de puenteo comprende un respectivo circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductor, en el que está prevista una toma central entre los dos respectivos elementos de conmutación conectados en serie de cada vía de puenteo, en el que los devanados parciales (W1, W2) poseen diferentes números de espiras, en el que una de las dos tomas centrales de cada módulo (M1, M2, M3) está unida con una toma central de los módulos adyacentes, y en el que la toma central remanente del primer módulo (M1) está eléctricamente unida con la derivación de carga (4) y la toma central remanente del último módulo (M3) está eléctricamente unida con el extremo del devanado principal (2) del transformador de regulación, **caracterizado por que** en cada fase está prevista una línea de conexión adicional (L1), estando insertado en cada una de las líneas de conexión (L1) un elemento de conmutación electrónico (S1), por que cada una de las líneas de conexión (L1) une la toma central del segundo módulo (M2) de cada fase con las tomas centrales del último módulo (M3) de las respectivas otras fases, por que en cada fase está prevista una línea de conexión (L2) adicional en la que está insertado un elemento de conmutación electrónico adicional (S2), y por que la línea de conexión adicional (L2) une la respectiva toma central del segundo módulo (M2) con la toma central del respectivo último módulo (M3) de la fase propia.
3. Transformador de regulación según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** los elementos de conmutación electrónicos (S1, S2) son respectivamente pares de tiristores conectados antiparalelos, IGBTs u otros elementos de conmutación de semiconductor o comprenden cada uno de ellos un circuito en serie o en paralelo de varios elementos de conmutación de semiconductor individuales de este tipo.

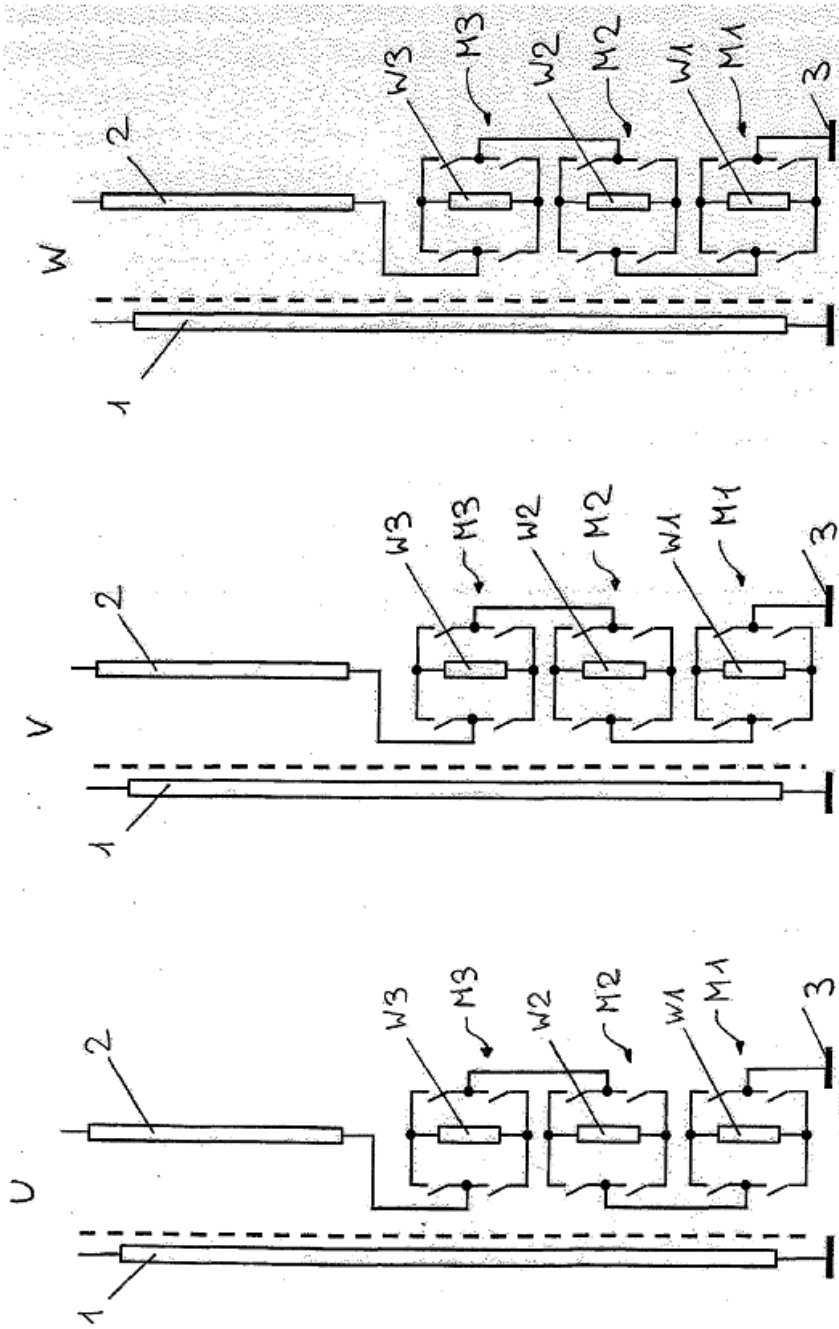
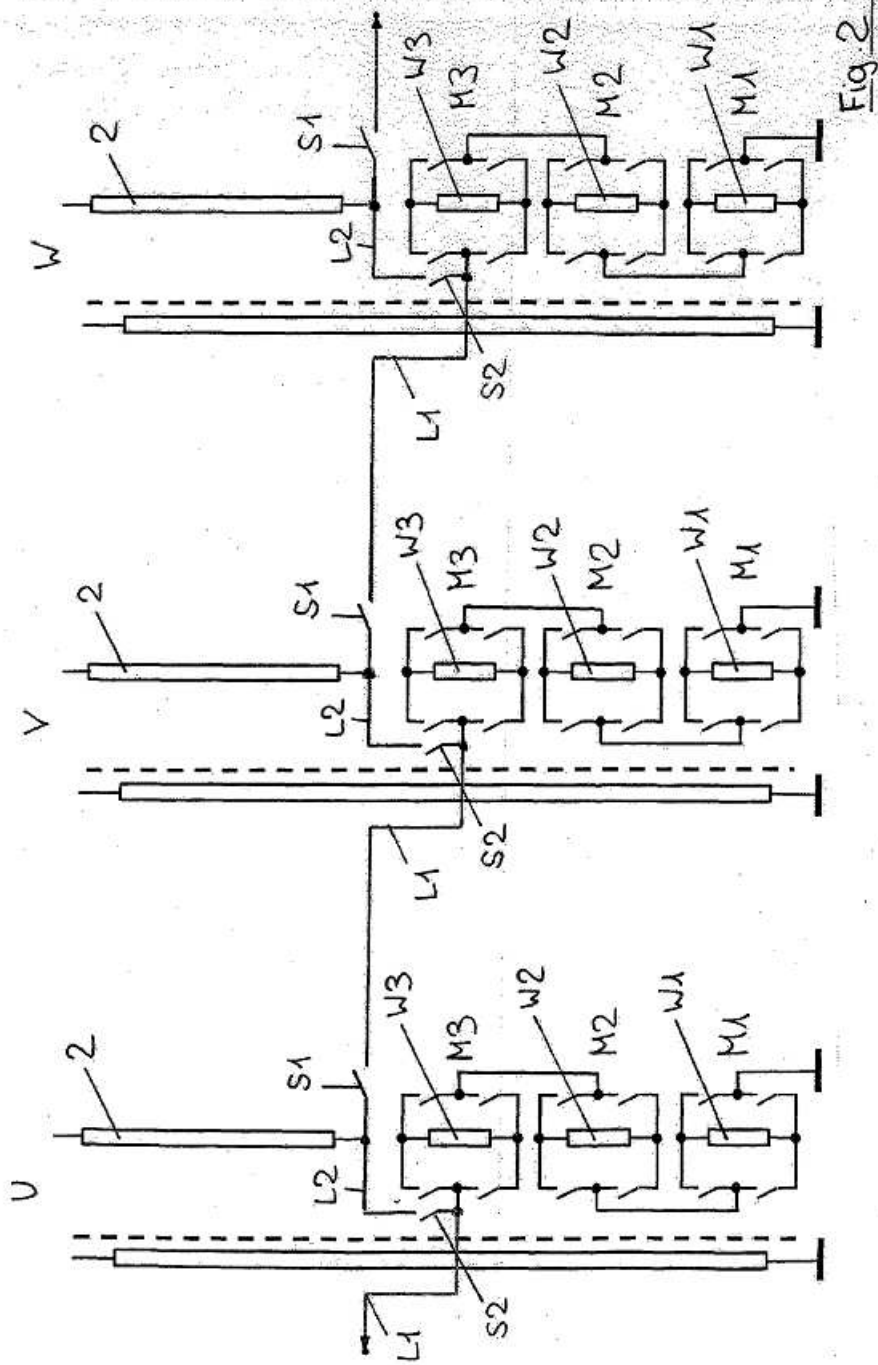


Fig.1

Estado de la técnica



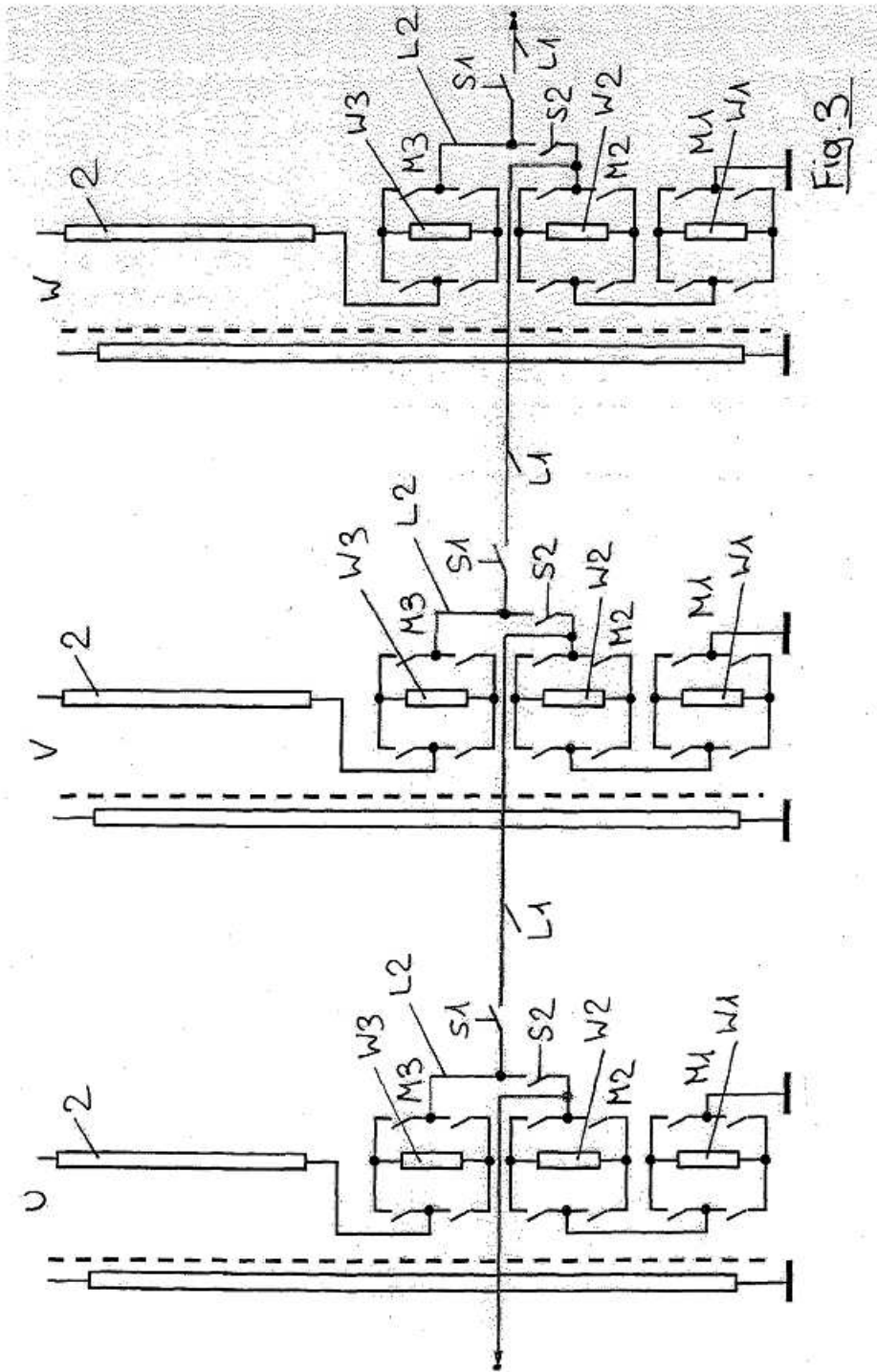


Fig. 3

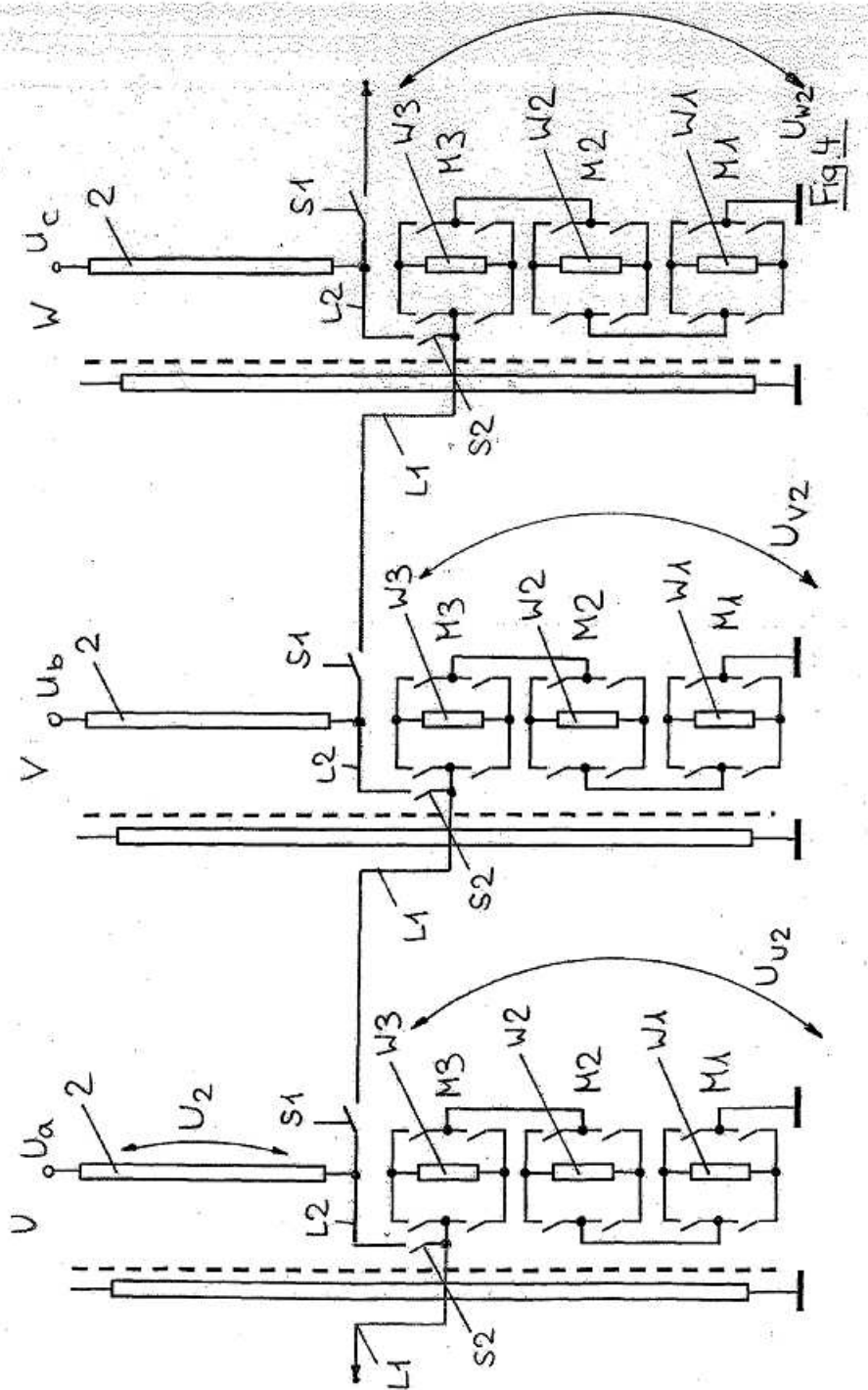


Fig 4

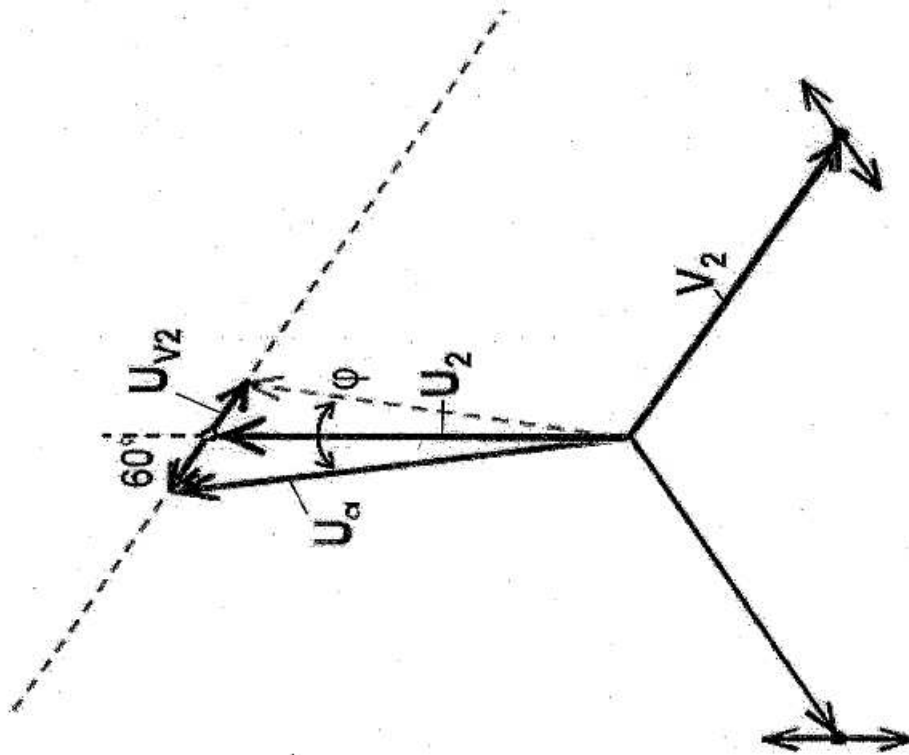


Fig. 5