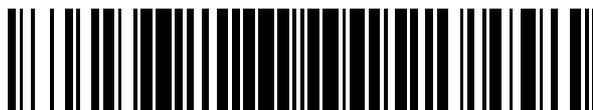


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 990**

51 Int. Cl.:
H02P 27/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06842156 .9**
- 96 Fecha de presentación: **13.12.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1964257**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.09.2008**

54 Título: **Procedimiento de control de un ondulator de tensión polifásica**

30 Prioridad:
22.12.2005 FR 0513142

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.04.2012

73 Titular/es:
**VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR
2, RUE ANDRE BOULLE
94046 CRETEIL, FR**

72 Inventor/es:
**VILAIN, Jean-Paul y
HOBRAICHE, Julien**

74 Agente/Representante:
Linage González, Rafael

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 2 377 990 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de control de un ondulator de tensión polifásica

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un procedimiento de gobierno de un puente de potencia destinado a controlar una carga eléctrica que comprende varias fases, estando el puente de potencia destinado a conectarse a la carga eléctrica mediante varias ramas, al menos una por fase, y estando destinado a gobernarse mediante funciones de conmutación, determinando dichas funciones de conmutación vectores de control para controlar la carga, subdividiéndose dichos vectores de control en vectores de control de rueda libre y en vectores de control activos.

La presente invención encuentra aplicaciones particularmente ventajosas, pero no exclusivas, en los campos del sector del automóvil, del sector aeronáutico.

También se refiere a un dispositivo que pone en práctica dicho procedimiento de gobierno del puente de potencia.

Estado de la técnica

Generalmente, un puente de potencia de tensión polifásica se utiliza para el accionamiento de una carga eléctrica polifásica. Estas cargas eléctricas son por ejemplo máquinas reversibles tales como alternadores-motores de arranque. El puente se realiza aguas arriba de una fuente de alimentación continua y se conecta aguas abajo a los bobinados de fase de la carga polifásica. El puente de potencia se alimenta con energía por la fuente de alimentación continua en modo motor, y por el alternador-motor de arranque en modo alternador.

El puente de potencia comprende varias ramas de puente que comprenden, por ejemplo, cada una dos interruptores dotados de diodos de rueda libre. Este tipo de puente es un puente de dos niveles. El punto medio de cada par de interruptores de una misma rama de puente se conecta a un bobinado de fase de la carga. La lógica de control permite controlar los interruptores de una misma rama de puente.

Actualmente pueden generarse varias combinaciones de los interruptores de las ramas de puente a las que puede asociarse una representación vectorial de las tensiones de salida del ondulator que se denominarán vectores de control del puente de potencia. Estos vectores de control están compuestos por vectores activos y de vectores de rueda libre.

En el estado de la técnica, se conocen diferentes tipos de técnicas de gobierno de un ondulator polifásico, entre las cuales se encuentra el documento "A.M. Hava, R.J. Kerkman, y T.A. Lipo. A high performance generalized discontinuous pwm algorithm. IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 34(n.º 5), septiembre/octubre 1998". Este documento describe técnicas de gobierno, que utilizan concretamente estrategias de modulación por ancho de pulsos discontinuos, gobernando por un lado la parte aguas abajo del puente de potencia y por otro lado el propio puente.

Estas técnicas de gobierno bloquean por turnos una de las ramas de puente del puente de potencia a lo largo de un periodo eléctrico. Para ello, en función de la estrategia de modulación por ancho de pulsos empleada, se determina una cantidad de neutro para cada desfase tensión-corriente de una fase de la carga. Para cada fase de la carga, se determina una modulante y se traslada mediante adición de una cantidad de neutro. Con estas técnicas de gobierno, se bloquea una rama de puente cuando su modulante está saturada a +1 o -1.

Tales técnicas de gobierno presentan inconvenientes. En efecto, no es posible determinar la cantidad de neutro que debe añadirse a las modulantes, cuando el sistema no está en régimen permanente. Además, en régimen permanente, esta cantidad de neutro o bien se calcula en línea, lo que necesita un tiempo de cálculo bastante grande, o bien se presenta en tablas lo que conlleva un consumo importante de memoria.

Además, para estas técnicas de gobierno del estado de la técnica mencionado, se necesita el conocimiento del desfase tensión-corriente de la carga polifásica. Ahora bien, el cálculo o la medición de este desfase es muy complejo de poner en práctica.

Asimismo, la implantación digital de estas técnicas plantea problemas de realización. En efecto, durante su implantación debe tenerse en cuenta por un lado los numerosos puntos de funcionamiento de la carga polifásica (por ejemplo, motor, alternador, motor de arranque a diferentes velocidades y par de un alternador-motor de arranque) para aplicar una cantidad de neutro óptima correspondiente; y por otro lado estrategias diferentes correspondientes a cada cantidad de neutro aplicada. El algoritmo que permite realizar la implantación digital es por tanto largo y complicado de poner en práctica.

Por otro lado, actualmente según el documento "Folker Renken. Analytical Calculation of the DC-Link Capacitor Current for Pulsed Three-Phase Inverters. Proceedings of E. P. E. Power Electronics and Motion Control, Riga,

Latvia, 2004", para estabilizar la tensión en el lado aguas arriba del puente de potencia, dicho puente comprende aguas arriba un condensador de desacoplamiento. Este condensador de desacoplamiento permite filtrar la corriente de entrada del puente de potencia, corriente que experimenta fuertes discontinuidades. Este condensador de desacoplamiento tiene una gran capacidad para mantener constante la tensión de entrada del puente de potencia y para evitar efectos de oscilaciones. El tamaño físico del condensador de desacoplamiento es muy importante. Además, un condensador de desacoplamiento de este tipo presenta problemas de volumen ocupado para aplicaciones en un espacio limitado.

La corriente eficaz en el condensador de desacoplamiento representa la ondulación de la corriente de fuente alrededor de su valor medio. En el estado de la técnica se observa que la corriente de fuente da con frecuencia saltos alrededor del valor cero provocando así ondulaciones importantes.

Por el documento EP0911950A también se conoce un convertidor de ataque para motor de gran potencia que comprende una etapa de conversión de potencia en tres niveles de salida de tipo con bloqueo por el neutro (denominado NPC para "Neutral Point Clamped" en inglés) y un banco de condensadores de corriente continua montados en serie que está acoplado en paralelo a la etapa de conversión de potencia NPC. El convertidor también comprende un controlador que selecciona estados de conmutación de la etapa de conversión de potencia NPC y que controla un equilibrado de tensión de neutro del banco de condensadores por medio de una modulación vectorial y de cálculos predictivos de carga.

Descripción de la invención

La invención tiene por objetivo remediar los inconvenientes de las técnicas expuestas anteriormente. Para ello, la invención propone modificar las técnicas de gobierno del ondulator existentes con el objetivo de minimizar las pérdidas por conmutación en las ramas de puente del puente de potencia, reducir la corriente eficaz en la capacidad de filtrado y por consiguiente estabilizar la tensión aguas arriba del puente de potencia al tiempo que se conserva el gobierno de la carga polifásica aguas abajo del puente de potencia.

Según un primer aspecto, la invención se refiere a un procedimiento de gobierno de un puente de potencia, tal como se define en la reivindicación 1 adjunta.

Según la invención, un método de producción de funciones de conmutación comprende una etapa de comparación de modulantes trasladadas una cantidad de neutro con una portadora, estando asociada una modulante a cada rama de puente, definiendo dicha comparación funciones de conmutación para gobernar dicho puente. Por tanto, un método de comparación de modulantes trasladadas con una portadora permite definir fácil y rápidamente la evolución de las funciones de conmutación que gobernarán el ondulator. Es además un método que puede usarse en procesadores de señales dedicados al control de la máquina eléctrica.

Según modos de realización no limitativos, el procedimiento según la invención comprende las siguientes características complementarias:

- La selección de un método de producción de funciones de conmutación se basa en una colocación de un vector de tensión de consigna en una zona de un campo del plano definido por vectores de control, determinándose el vector de tensión de consigna a partir de consignas de tensión escalares. Por tanto, dividiendo el hexágono en varias subpartes, se elige siempre un método óptimo de los dos anteriores al tiempo que se garantiza una generación de media del vector de tensión de consigna necesario para el buen gobierno de la carga eléctrica aguas abajo.

- El campo del plano se divide en una primera y una segunda zonas y se selecciona el primer método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna está colocado en la primera zona, y se selecciona el segundo método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna está colocado en la segunda zona. Por tanto, dividiendo el hexágono sólo en dos partes la localización del vector de tensión de consigna en las zonas es sencilla.

- El campo del plano se divide en una primera, una segunda y una tercera zonas y se selecciona el primer método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna está colocado en la primera zona. Por tanto, dividiendo el hexágono en tres, la detección de la zona en la que se encuentra el vector de tensión de consigna es ligeramente más compleja pero la reducción de las pérdidas por conmutación es más importante.

- El campo del plano se divide en una primera, una segunda y una tercera zonas y se selecciona el segundo método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna está colocado en la segunda zona o tercera zona.

- El método de producción de funciones de conmutación es el primer método de producción de funciones de conmutación y la portadora es una simple portadora. Por tanto, la simple portadora es sencilla de poner en práctica y en general está presente de manera nativa en los procesadores dedicados de control de máquina eléctrica.

- 5 - El método de producción de funciones de conmutación es el segundo método de producción de funciones de conmutación y la portadora es una doble portadora. Por tanto, la doble portadora permite cambiar el triángulo de descomposición del vector de tensión de consigna y puede, en determinadas zonas del hexágono, conducir a no usar los vectores de rueda libre. La consecuencia directa es la reducción de la ondulación de la corriente de fuente alrededor de su valor medio y por consiguiente la reducción de la corriente eficaz en el condensador de desacoplamiento.
- 10 - Una doble portadora comprende dos simples portadoras y se compara al menos una modulante con una única de las portadoras de la doble portadora.
- 15 - Una portadora simple es un triángulo isósceles que comprende un vértice que se encuentra a un valor máximo y una base que se encuentra a un valor mínimo. Por tanto, una forma de onda de tipo portadora triangular isósceles garantiza el centrado de los pulsos de control alrededor del semiperiodo de corte lo que se conoce para disminuir la tasa de distorsión armónica de las corrientes de fase en la carga.
- 20 - La determinación de una modulante se realiza según una estrategia de intersección. Por tanto, el cálculo de las modulantes mediante una estrategia de tipo de intersección es el más natural ya que entonces hay una relación sencilla, fácilmente realizable en un procesador de señales.
- 25 - La determinación de una modulante se realiza según una estrategia de baricentro. Un gran número de variadores actuales ya calculan las modulantes de esta manera. Entonces puede de manera natural y rápida adaptar el procedimiento a lo que existe en la lógica de control existente.
- 30 - Un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de bloquear una rama de puente durante todo un periodo de corte del puente de potencia. Por tanto, el bloqueo de una rama de puente permite ganar las pérdidas por conmutación inducida en el mismo si se había llevado a conmutar a lo largo del periodo de corte. Eligiendo, en determinadas zonas, la rama de puente bloqueable en la que la corriente es máxima en valor absoluto se realiza una elección óptima que permite tener una ganancia máxima en cuanto a pérdidas por conmutación.
- 35 - El campo del plano se define en un sistema de referencia estático, estando dicho sistema de referencia estático subdividido en sectores angulares y un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de determinar una rama de puente que va a bloquearse en un estado alto o un estado bajo en función de la posición del vector de tensión de consigna en uno de los sectores angulares.
- 40 - Por tanto,
- si el vector de tensión de consigna está en un primer sector angular entonces la primera rama se bloquea en el estado alto,
 - si el vector de tensión de consigna está en un segundo sector angular entonces la tercera rama se bloquea en el estado bajo,
 - si el vector de tensión de consigna está en un tercer sector angular entonces la segunda rama se bloquea en el estado alto,
 - si el vector de tensión de consigna está en un cuarto sector angular entonces la primera rama se bloquea en el estado bajo,
 - si el vector de tensión de consigna está en un quinto sector angular entonces la tercera rama se bloquea en el estado alto,
 - si el vector de tensión de consigna está en un sexto sector angular entonces la segunda rama se bloquea en el estado bajo.
- 55 - La segunda zona determina triángulos interiores y un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de determinar una rama que va a bloquearse en un estado alto o un estado bajo en función de la posición del vector de tensión de consigna en uno de los triángulos interiores.
- 60 - Por tanto
- si el vector de tensión de consigna está en un primer triángulo interior entonces la primera rama se bloquea en el estado alto,
 - si el vector de tensión de consigna está en un segundo triángulo interior entonces la tercera rama se bloquea en el estado bajo,
- 65

- si el vector de tensión de consigna está en un tercer triángulo interior entonces la segunda rama se bloquea en el estado alto,
- 5 - si el vector de tensión de consigna está en un cuarto triángulo interior entonces la primera rama se bloquea en el estado bajo,
- si el vector de tensión de consigna está en un quinto triángulo interior entonces la tercera rama se bloquea en el estado alto,
- 10 - si el vector de tensión de consigna está en un sexto triángulo interior entonces la segunda rama se bloquea en el estado bajo.
- Un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de seleccionar al menos dos ramas de puente susceptibles de bloquearse en función de una relación de orden. Por tanto, puede elegirse entre dos ramas de puente que van a bloquearse y también podrá usarse un sistema de doble portadora para disminuir la corriente eficaz en el condensador de desacoplamiento.
- 15 - La relación de orden es una comparación entre las modulantes asociadas a las ramas de puente.
- 20 - Las ramas de puente seleccionadas corresponden a las ramas de puente que tienen la modulante más importante y la modulante menos importante.
- La rama de puente que va a bloquearse se elige de las ramas de puente seleccionadas y es la que comprende la corriente de fase más importante en valor absoluto de las corrientes de fase que corresponden respectivamente a una más grande de las modulantes y una más pequeña de las modulantes de las modulantes asociadas a las ramas de puente. Por tanto, el establecimiento de una relación de orden entre las modulantes y las comparaciones de corrientes en valor absoluto son cálculos elementales sencillos de poner en práctica en un procesador de señales. Permiten en efecto determinar con exactitud la rama de puente óptima que va a bloquearse para ahorrar el máximo de pérdidas por conmutación.
- 25 - Si la rama de puente que va a bloquearse es la que corresponde a la más grande de las modulantes, entonces la rama de puente se bloquea en el estado alto, y si la rama de puente que va a bloquearse es la que corresponde a la más pequeña de las modulantes, entonces la rama de puente se bloquea en el estado bajo.
- 30 - Un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de determinar una cantidad de neutro que va a añadirse a una modulante en función de un estado alto o bajo de una rama de puente que va a bloquearse.
- 35 - Por tanto,
- si una rama debe bloquearse en el estado alto entonces la cantidad de neutro es igual a un primer valor máximo menos la modulante asociada a dicha rama, y
- 40 - si la rama debe bloquearse en el estado bajo entonces la cantidad de neutro es igual a un segundo valor mínimo menos la modulante asociada a dicha rama.
- 45

Según un segundo aspecto, la invención se refiere a un dispositivo de gobierno de un puente de potencia tal como se define en la reivindicación 24 adjunta.

50 **Breve descripción de los dibujos**

- La invención se comprenderá mejor tras la lectura de la siguiente descripción y el examen de las figuras que la acompañan. Éstas se presentan a modo indicativo y en absoluto limitativo de la invención. Las figuras muestran:
- 55 figura 1a: una ilustración de medios que ponen en práctica el procedimiento, según la invención,
 - figura 1 b: una representación de un sistema de referencia estático usado en el procedimiento de la figura 1 a,
 - 60 figura 2a: una ilustración de las etapas, en un primer modo de realización, del procedimiento según la invención,
 - figura 2b: una representación de un sistema de referencia estático usado en el primer modo de realización de la figura 2a,
 - 65 figura 2c: una representación de una posición vectorial de un vector de tensión de consigna usado durante una etapa del primer modo de realización de la figura 2a,

figura 3a: una ilustración de las etapas, en un segundo modo de realización, del procedimiento según la invención,

5 figura 3b: una representación de un sistema de referencia estatórico usado en el segundo modo de realización de la figura 3a,

figura 4: una ilustración de la comparación entre las modulantes y una simple portadora de forma triangular, según el procedimiento de la invención, y

10 figura 5: una ilustración de la comparación entre la modulante y una doble portadora de forma triangular, según el procedimiento de la invención.

Descripción detallada de modos de realización de la invención

15 La figura 1a muestra un puente 1 de potencia polifásico conectado aguas arriba a un bus 2 continuo, aguas abajo a una carga 3 polifásica y controlada por vectores de control producidos por una lógica 4 de control. El puente 1 de potencia es un dispositivo eléctrico que está destinado a convertir una tensión continua en varias tensiones sinusoidales, una por fase cuando la carga asociada funciona en modo motor. Entonces se denomina ondulator. En modo alternador (generador), el puente de potencia convierte tensiones de fases sinusoidales en tensión continua para alimentar un consumidor tal como una batería. Entonces se denomina puente rectificador controlado. El puente 20 1 de potencia comprende varias ramas de puente (no representadas). Cada rama de puente está constituida por varios interruptores INT controlables electrónicamente.

25 Dicho de otro modo, el ondulator es un convertidor continuo-alterno. En el lado alterno se coloca una carga polifásica. En el lado continuo se encuentra el bus continuo. Debe proporcionarse energía a la carga polifásica, debe proceder del bus continuo (modo motor). En modo alternador, es la carga polifásica la que proporciona energía al bus continuo. La carga polifásica es por tanto una fuente de energía reversible de la cual una característica es una tensión continua en sus bornes.

30 Para el resto de la descripción, se toma como ejemplo no limitativo un puente de potencia trifásico de dos niveles, sabiendo que puede sustituirse por otros tipos de puentes de potencia existentes tales como en un ejemplo no limitativo un ondulator trifásico de tres niveles, teniendo éste entonces tres vectores de rueda libre disponibles.

35 En el resto de la descripción, se da el caso en el que el puente de potencia es un ondulator. Evidentemente, todo lo que se describe a continuación en la descripción para el ondulator también se aplica a un puente rectificador con la diferencia entre un ondulator y un puente rectificador que acaba de mencionarse anteriormente.

40 El ondulator 1 es entonces un ondulator trifásico que gobierna la carga 3. Comprende por tanto tres ramas de puente B1, B2, y B3. Cada rama de puente comprende en un ejemplo no limitativo dos interruptores INT bidireccionales de corriente dotados de diodos de rueda libre. Por ejemplo, la primera rama comprende los interruptores alto INT11, y bajo INT12, la segunda rama, los interruptores alto INT21, y bajo INT22, y la tercera rama los interruptores alto INT31, y bajo INT32.

45 El bus 2 continuo comprende una fuente 5 de tensión continua. Esta fuente 5 de tensión continua es, en un ejemplo preferido, una batería o una red rectificadora. Esta fuente 5 de tensión alimenta el ondulator 1. En el ejemplo de la figura 1a, se conectan dispositivos 6, que son concretamente líneas de conexiones y/o consumidores eléctricos, en serie y/o en paralelo a la fuente 5 de tensión. Estos consumidores eléctricos pueden ser, entre otros, en el caso de un vehículo automóvil, faros, una radio, una climatización, la lista no es exhaustiva.

50 El bus 2 continuo también comprende un condensador 7 de desacoplamiento conectado en paralelo a la fuente 5 de tensión. Este condensador 7 está situado preferiblemente lo más próximo posible al ondulator 1. Esto permite disminuir la inductancia de línea entre el condensador y los interruptores. Por tanto, se evita aumentar las sobretensiones en el momento de las conmutaciones de los interruptores y por tanto romper dichos interruptores.

55 El condensador 7 es preferiblemente de baja capacidad. Tal como se verá en detalle a continuación en la descripción, esto se debe a una estrategia doble portadora. La capacidad del condensador 7 disminuye preferiblemente el 25% con respecto a las capacidades de los condensadores de desacoplamiento del estado de la técnica. En un modo de realización no limitativo, la capacidad del condensador 7 es del orden de 500 microfaradios para una inductancia parásita de la línea de conexión del orden de 10 microhenrios y para una batería de 36 voltios, 60 18 miliohmios. La corriente en el condensador 7 representa la parte ondulatoria de la corriente de fuente. El condensador 7 tiene el papel de filtrar la corriente de fuente que entra en el ondulator 1. Esto permite a la fuente 5 de tensión entregar sólo el valor medio de dicha corriente de fuente al ondulator 1. Por tanto, debido a la baja capacidad del condensador así obtenido, no es necesario usar condensadores de gran capacidad volúmica tales como condensadores electroquímicos que representan una falta de fiabilidad concretamente en un entorno de alta temperatura o humedad. Además, esto evita así usar condensadores de tecnología costosa.

El equipo que combina el bus 2 continuo y el ondulator 1 está destinado a proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento de la carga 3. El ondulator 1 se usa para el accionamiento de la carga 3. La carga 3 puede ser en ejemplos no limitativos un motor asíncrono, síncrono, etc. El punto medio de cada par de interruptores de una misma rama de puente del ondulator 1 está conectado a una fase de la carga 3.

5 Tal como se verá en detalle a continuación, el ondulator 1 se gobierna en modulación por ancho de pulsos, actualmente denominada MAP o incluso PWM en inglés "Pulse Width Modulation", por la lógica 4 de control. Este tipo de control permite tener una alimentación con tensión de frecuencia variable y nivel de tensión variable. Por tanto puede adaptarse para cada condición particular de funcionamiento de la carga eléctrica (por ejemplo si está en modo alternador, debe proporcionarse una determinada potencia para alimentar consumidores, se necesitará un vector de tensión de norma dada, y girando a una velocidad dada), el valor de las corrientes en la carga así como sus frecuencias. Por consiguiente el gobierno en MAP permite gobernar la carga con precisión.

10 Para gobernar un ondulator polifásico, la lógica 4 de control define el estado abierto o cerrado del conjunto de los interruptores del ondulator 1. De manera no limitativa, la lógica 4 de control permite controlar de manera complementaria los interruptores de una misma rama de puente. Esto permite evitar poner en cortocircuito la fuente de alimentación.

15 El antagonismo de control de los interruptores de una misma rama de puente y el número finito de interruptores hacen que el número de configuraciones posibles de los interruptores de las ramas de puente sea finito.

20 Para el ondulator 1 trifásico de dos niveles, pueden generarse ocho configuraciones diferentes de los interruptores de las ramas de puente. En cada una de esas ocho configuraciones, puede asociarse una representación vectorial de las tensiones de salida del ondulator que se denominarán vectores de control del ondulator. Estos vectores de control también se denominan vector de salida del ondulator.

25 El vector de control es una representación matemática que traduce la resultante de las tensiones reales aplicadas a la carga 3. Entre esas configuraciones, seis son estados activos $\vec{V} 1$ a $\vec{V} 6$ correspondientes a una amplitud del vector de control fija y se distinguen por la fase y dos $\vec{V} 0$ y $\vec{V} 7$ son estados denominados de "rueda libre" para los que la amplitud del vector de control es nula y su fase ($\varphi = \text{arcotangente } y/x$) no está definida. Se observará que la fase de los vectores activos se define como que es el ángulo orientado entre el eje alfa de un sistema de referencia estático (definido en detalle a continuación) y el vector activo correspondiente. Por tanto, para $\vec{V} 1$, la fase vale 0, la fase de $\vec{V} 2$ vale 60° , etc.

30 En un modo de realización no limitativo, un vector de control producido por la lógica 4 de control comprende tantas funciones de conmutación SC como fases comprende la carga 3. En el caso del ejemplo tomado de un ondulator trifásico de dos niveles, controlado de manera complementaria, se tienen tres funciones de conmutación SC para un vector de control.

35 Los vectores de control producidos por la lógica 4 de control pueden representarse en un sistema de referencia estático ilustrado en la figura 1 b. El sistema de referencia estático es un sistema de referencias de ejes (α , β) fijados unidos al estator. El eje α es horizontal y el eje β es vertical. El eje α está a 90 grados del eje β . En un ejemplo preferido, el vector de control $\vec{V} 1$ se sitúa en el eje α .

40 El extremo de los vectores de control activos $\vec{V} 1$ a $\vec{V} 6$ forman un hexágono. El centro del hexágono está conectado a cada uno de sus vértices por un vector de control activo. En un modo de realización no limitativo, los vectores de control activos $\vec{V} 1$ a $\vec{V} 6$ están a 60 grados unos de otros. Por tanto, el hexágono se descompone en seis sectores activos SH, estando formado cada sector activo por dos vectores activos adyacentes y tiene su centro en el centro del hexágono.

45 En un ejemplo, el primer sector SH 1 está representado por los vectores de control $\vec{V} 1$ y $\vec{V} 2$ y así sucesivamente hasta el sexto sector SH6 que está representado por los vectores de control $\vec{V} 6$ y $\vec{V} 1$, comprendiendo cada uno de los vectores tres funciones de conmutación SC en el ejemplo tomado.

50 Los vectores de control de rueda libre $\vec{V} 0$ y $\vec{V} 7$, que tienen una amplitud nula, se sitúan en la intersección del eje α y del eje β . La intersección del eje α y del eje β es el centro del sistema de referencia estático que también es el centro del hexágono.

Por tanto, en un ejemplo, las funciones de conmutación SC de dichos vectores se representan en la tabla siguiente.

Se obtiene una correspondencia entre las combinaciones de las funciones de conmutación SC y los vectores de control asociados.

Vector	SC1	SC2	SC3
\vec{V}_0	0	0	0
\vec{V}_1	1	0	0
\vec{V}_2	1	1	0
\vec{V}_3	0	1	0
\vec{V}_4	0	1	1
\vec{V}_5	0	0	1
\vec{V}_6	1	0	1
\vec{V}_7	1	1	1

5 Correspondiendo "0" a una orden de cierre del interruptor bajo de una rama de puente y a una orden de apertura del interruptor alto de la misma rama de puente; y correspondiendo "1" a una orden de apertura del interruptor bajo de una rama de puente y a una orden de cierre del interruptor alto de la misma rama de puente.

10 Por ejemplo, si SC1 = 1, SC2 = 0 y SC3 = 0; el interruptor alto INT11 de la primera rama B1 se cierra, el interruptor bajo INT12 de la primera rama B1 se abre, el interruptor alto INT21 de la segunda rama B2 se abre, el interruptor bajo INT22 de la segunda rama B2 se cierra, y finalmente el interruptor alto INT31 de la tercera rama B3 se abre y el interruptor bajo INT32 de la tercera rama se cierra.

15 La lógica 4 de control, que permite controlar los interruptores del ondulator, se realiza con frecuencia en forma de circuito integrado. En un ejemplo, figura 1a, esta lógica 4 de control comprende:

- un microprocesador 8,

20 - una memoria 9 de programa,

- y una interfaz 10 de entrada-salida, estando el microprocesador 8, la memoria 9 y la interfaz 10 de entrada-salida interconectados por un bus 11.

25 En la práctica, cuando se asigna una acción a un dispositivo, ésta se realiza por un microprocesador del dispositivo controlado por códigos de instrucciones registrados en una memoria de programa del dispositivo. La lógica 4 de control es un dispositivo de este tipo.

30 La memoria 9 de programa se divide en varias zonas, correspondiendo cada zona a códigos de instrucciones para realizar una función del dispositivo. La memoria 9 comprende por tanto:

- una zona 12 que comprende códigos de instrucciones para la puesta en práctica de la adquisición de las consignas de tensión escalares,

35 - una zona 13 que comprende códigos de instrucciones para realizar un cálculo de modulantes en función de la estrategia elegida (de baricentro o de intersección), tal como se observará con más detalle a continuación,

- una zona 14 que comprende códigos de instrucciones para determinar un vector de tensión de consigna \vec{V}^* en función de consignas de tensión escalares $V1^*$, $V2^*$, $V3^*$ que son las tensiones que se desea aplicar a la carga 3,

40 - una zona 15 que comprende códigos de instrucciones para determinar la posición vectorial del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en el hexágono formado por los vectores de controles activos,

- una zona 16 que comprende códigos de instrucciones para determinar una cantidad de neutro,

45 - una zona 17 que comprende códigos de instrucciones para realizar una comparación entre una portadora o una doble portadora, una portadora que permite generar pulsos de ancho variable en función de una o varias modulantes y las modulantes trasladadas la cantidad de neutro determinada, y

- una zona 18 que comprende códigos de instrucciones para realizar una elección de vectores de control \vec{V}_0 a \vec{V}_7

a partir de esta comparación y una aplicación de dichos vectores de control al ondulator 1.

Por otro lado, además de la descomposición en sectores activos SH tal como se observó anteriormente, el hexágono se subdivide en N zonas, siendo N un número entero. Tal como se observará con detalle a continuación, con el fin de eliminar lo máximo posible el uso de los vectores de rueda libre, se descompone el vector de tensión de consigna \vec{V}^* en las zonas apropiadas. Se elige de manera simplificada una sucesión de vectores de control que controlan el ondulator 1 al tiempo que se reducen las pérdidas por conmutación en este último y también reduciendo la corriente eficaz en el condensador 7 de desacoplamiento así como las ondulaciones de la fuente de tensión.

10 Descomposición del hexágono en 2 zonas (N = 2)

La figura 2a muestra un procedimiento de funcionamiento de los medios ilustrados en la figura 1a, cuando N = 2. En este caso, el hexágono comprende:

- 15 - una primera zona que es un hexágono interno H1 o incluso zona interna hexagonal, y
- una segunda zona que es una corona hexagonal H2 que rodea a la primera zona de hexágono interno tal como se ilustra en la figura 2b o incluso zona de corona hexagonal.

20 Por otro lado, el sistema de referencia estático puede subdividirse en sectores angulares SA. Cada sector angular tiene su vértice en el centro del sistema de referencia estático y forma un ángulo de 60°. Cada uno de los vectores de control activos corta en dos partes iguales a cada uno de los sectores angulares. El sistema de referencia estático comprende seis sectores angulares SA. El primer sector angular SA1 se corta en dos partes iguales por el vector de control \vec{V}_1 y así sucesivamente hasta el sexto sector angular SA6 que se corta por el vector de control \vec{V}_6 .

El procedimiento para determinar los órdenes de control del ondulator cuando N=2 se realiza de la siguiente manera tal como se ilustra en la figura 2a.

30 En una primera etapa 20), la lógica 4 de control adquiere las tres consignas de tensiones escalares V1*, V2* y V3* de cada una de las tres ramas del ondulator B1, B2, B3. Estas tres consignas de tensiones escalares V1*, V2* y V3* son las tensiones que van a aplicarse a la carga 3. Estas tres consignas de tensiones escalares V1*, V2* y V3* pueden medirse o calcularse por la lógica 4 de control.

35 Estas consignas pueden calcularse por tanto de manera interna por la lógica de control (gestión por ejemplo del bucle de regulación de las corrientes de fase de la carga en la lógica de control). También puede tenerse una lógica de control de supervisión que proporciona las tensiones de consigna a la lógica 4 de control por medio de una conexión en serie, en paralelo o CAN. Entonces la lógica 4 de control tendrá que medir las informaciones proporcionadas por el supervisor.

40 En una segunda etapa 21), la lógica 4 de control determina para cada rama de puente del ondulator 1, una modulante correspondiente mod1, mod2 y mod3. La lógica 4 de control puede determinar las modulantes de las tres ramas de puente de varias maneras (estrategia de intersección o estrategia de baricentro no limitativas) tal como se observará en detalle a continuación, siendo dichas modulantes función de las consignas de tensión escalares. Se observará que una modulante representa un valor normalizado con respecto a la tensión de bus continuo de la consigna de tensión escalar de una rama de puente del ondulator. La intersección modulante-triángulo proporcionará los órdenes de control en MAP de la rama de puente tal como se observará en detalle a continuación.

50 Estrategia de intersección

En un primer modo de realización no limitativo, la lógica de control puede calcular las modulantes según una estrategia de intersección. En este caso, la lógica 4 de control mide o estima la tensión del bus continuo U_{DC}, preferiblemente cerca del ondulator 1 para obtener la tensión real disponible en los bornes de dicho ondulator 1. La lógica 4 de control determina la modulante de cada fase de la carga 3. La modulante se asocia a cada rama de puente. Esta modulante es en un ejemplo no limitativo un valor normalizado de una consigna de tensión escalar con respecto a la tensión de fuente U_{DC}. Por tanto, para cada una de las tres consignas de tensiones escalares V1*, V2* y V3*, la lógica 4 de control determina respectivamente las tres modulantes mod1, mod2 y mod3.

60 Por tanto, la normalización se realiza de la siguiente manera:

$$\text{mod} = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{U_{DC}} V^* + \text{Min}$$

Siendo Max el valor más elevado alcanzado por una portadora triangular que va a definirse a continuación.

5 Siendo Min el valor más bajo alcanzado por la portadora triangular.

Lo que da un valor Min = -1 y Max = 1:

$$\text{mod} = \frac{2.V^*}{U_{DC}} - 1$$

10

Por tanto,

$$\text{mod1} = \frac{2.V1^*}{U_{DC}} - 1$$

$$\text{mod2} = \frac{2.V2^*}{U_{DC}} - 1$$

$$\text{mod3} = \frac{2.V3^*}{U_{DC}} - 1$$

15 Por tanto en este caso la tensión Vs aplicada en la salida de una rama de puente es igual al control de la rama de puente multiplicada por la tensión continua U_{DC}.

Por tanto, para cada una de las tres consignas de tensiones escalares V1*, V2* y V3*, la lógica 4 de control determina respectivamente las tres modulantes mod1, mod2 y mod3.

20

Estrategia de baricentro

25 En un segundo modo de realización no limitativo, la lógica 4 de control puede determinar las modulantes mod1, mod2 y mod3 según una estrategia de baricentro. Según esta estrategia, se usan dos vectores de control activos y los dos vectores de rueda libre en un periodo de control del ondulator 1 para descomponer el vector de tensión de consigna \vec{V}^* . Para ello, la lógica 4 de control aplica en primer lugar la etapa 22, antes de determinar las tres modulantes mod1, mod2 y mod3 en la etapa 21. Se observará que el periodo de control del ondulator representa el intervalo de tiempo en el que va a controlarse una apertura y un cierre del interruptor alto de la rama de puente (el control del interruptor es complementario). También se habla de periodo de corte.

30

En primer lugar, la lógica 4 de control determina a partir de las tres consignas de tensiones escalares V1*, V2* y V3* un vector de tensión de consigna \vec{V}^* . La lógica 4 de control puede determinar el vector de tensión de consigna \vec{V}^* según una transformación de "Clarke" conocida por el experto en la técnica. En este caso, la lógica 4 de control calcula las dos componentes V*x y V*y del vector de tensión de consigna \vec{V}^* según las siguientes fórmulas:

35

$$V^* x = \frac{2}{3} (V1^* - \frac{1}{2} \times V2^* - \frac{1}{2} \times V3^*) \quad y$$

$$V^* y = \frac{2}{3} (\frac{1}{2} \sqrt{3} \times V2^* - \frac{1}{2} \sqrt{3} \times V3^*) \quad .$$

40 Se observará que evidentemente pueden usarse otras transformaciones tales como la transformación de "Concordia" conocida por el experto en la técnica. Se diferencia por el factor de normalización.

En la etapa 22, la lógica 4 de control determina la posición vectorial del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en el hexágono formado por los vectores de control $\vec{V} 0$ a $\vec{V} 7$ y más particularmente la posición del vector de tensión consigna en uno de los sectores activos SH.

5 Este vector de tensión de consigna \vec{V}^* se encuentra en todo momento en uno de los seis sectores activos SH del hexágono.

10 Por tanto, para determinar su posición, se calcula la fase del vector de tensión de consigna que es igual a $\text{atan}(V^*y/V^*x)$. A continuación, se compara este valor con la fase de los vectores tensión activos. Por ejemplo si $0 <$ la fase del vector de tensión de consigna $< 60^\circ$ entonces el vector de tensión de consigna se encuentra en el primer sector.

15 A continuación, se descompone el vector de tensión de consigna \vec{V}^* en los dos vectores de control activos adyacentes que componen el sector activo SH en el que se encuentra, tal como se ilustra en la figura 2c.

En un ejemplo, el vector de tensión de consigna \vec{V}^* se descompone en los dos vectores de control activos adyacentes $\vec{V} 1$ y $\vec{V} 2$ que componen el sector activo SH1 en el que se encuentra ilustrado en la figura 2c.

20 Esta descomposición permite determinar coeficientes t_i y t_j tales que

$$\vec{V}^* = \left(\frac{t_i}{T_s} \times \vec{V}_i\right) + \left(\frac{t_j}{T_s} \times \vec{V}_j\right).$$

25 Donde T_s es el periodo según el cual se controla el ondulator. Y t_i y t_j corresponden a los tiempos de aplicaciones de los vectores de control activos \vec{V}_i y \vec{V}_j adyacentes a lo largo del periodo T_s , definiendo dichos vectores de control activos el sector activo SH en el que se encuentra el vector de tensión de consigna \vec{V}^* tal como se observó anteriormente. El sector activo SHN se define por los vectores de control activos adyacentes \vec{V}_N y \vec{V}_{N+1} , $i =$ de 1 a 5, y el sector activo SH6 se define por los vectores de control activos adyacentes \vec{V}_6 y \vec{V}_1 .

30 Una vez que se conocen los tiempos de aplicaciones t_i y t_j , es decir después de la descomposición del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en el sector activo SH del hexágono en el que se encuentra, la lógica 4 de control determina las tres modulantes mod1, mod2 y mod3 para el sector activo SH en cuestión en función de los tiempos de aplicaciones de los vectores de control y del periodo de control del ondulator 1 mediante la siguiente tabla:

	Sector SH1	Sector SH2	Sector SH3
mod1	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_1 + t_2 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_2 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_0/2) + \text{Min}$
mod2	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_2 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_3 + t_2 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_3 + t_4 + t_0/2) + \text{Min}$
mod3	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_4 + t_0/2) + \text{Min}$
	Sector SH4	Sector SH5	Sector SH6
mod1	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_6 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_1 + t_6 + t_0/2) + \text{Min}$
mod2	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_4 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_0/2) + \text{Min}$
mod3	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_5 + t_4 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_5 + t_6 + t_0/2) + \text{Min}$	$(\text{Max} - \text{Min})/T_s \cdot (t_6 + t_0/2) + \text{Min}$

35 La siguiente tabla se aplica para $\text{Min} = -1$ y $\text{Max} = 1$.

	Sector SH1	Sector SH2	Sector SH3
mod1	$2/T_s \cdot (t_1 + t_2 + t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_2 + t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_0/2) - 1$
mod2	$2/T_s \cdot (t_2 + t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_3 + t_2 + t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_3 + t_4 + t_0/2) - 1$
mod3	$2/T_s \cdot (t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_4 + t_0/2) - 1$
	Sector SH4	Sector SH5	Sector SH6
mod1	$2/T_s \cdot (t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_6 + t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_1 + t_6 + t_0/2) - 1$
mod2	$2/T_s \cdot (t_4 + t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_0/2) - 1$	$2/T_s \cdot (t_0/2) - 1$

mod3	$2/Ts*(t5 + t4 + t0/2) - 1$	$2/Ts*(t5 + t6 + t0/2) - 1$	$2/Ts*(t6 + t0/2) - 1$
------	-----------------------------	-----------------------------	------------------------

El tiempo t_0 representa el tiempo de aplicación de los vectores de rueda libre \vec{V}_0 y \vec{V}_7 . El tiempo de aplicación t_0 se determina según el sector activo SH en el que se encuentra el vector de tensión de consigna \vec{V}^* . Cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* se encuentra en el primer sector activo SH 1 entonces $t_0 = T_s - t_1 - t_2$. Cuando está en el segundo sector activo SH2 entonces $t_0 = T_s - t_2 - t_3$. Y así sucesivamente hasta el sexto sector activo SH6 en el que $t_0 = T_s - t_6 - t_1$.

Evidentemente, pueden usarse otras estrategias en el cálculo de modulantes.

Tras haber determinado las modulantes de cada rama de puente según una estrategia de intersección o de baricentro, tal como se describió anteriormente,

En una tercera etapa), se determina la rama de puente que va a bloquearse con respecto a la posición del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en el hexágono y más particularmente la posición sectorial del vector de tensión de consigna en uno de los sectores angulares SA del sistema de referencia estático. Esta tercera etapa también se realiza por la lógica 4 de control en la etapa 22.

Se observará que el vector de tensión de consigna \vec{V}^* se encuentra en todo momento en uno de los sectores angulares SA y en una de las zonas H1 o H2 del hexágono.

La posición sectorial del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en el sistema de referencia estático determina el estado alto o el estado bajo de la rama de puente que va a bloquearse.

Se observará que por bloqueo de una rama de puente se entiende el mantenimiento de dicha rama de puente en un estado dado. Dicho de otro modo, los estados de los interruptores de dicha rama de puente permanecen sin cambios. No hay conmutación de la rama.

El estado alto o el estado bajo, de una rama de puente, define cuál de los dos interruptores de dicha rama de puente es pasante. Este estado alto y este estado bajo se definen en general por comodidad. En un modo de realización no limitativo, se define el estado alto cuando los interruptores situados en alto de cada rama de puente del ondulator están cerrados. Y se define el estado bajo cuando esos mismos interruptores están abiertos. El hecho de conocer el estado de uno de los dos interruptores de una rama de puente, informa automáticamente sobre el estado del otro interruptor de dicha rama de puente, ya que su funcionamiento es aquí complementario.

La rama de puente que va a bloquearse es función de la posición sectorial del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en los sectores angulares SA del sistema de referencia estático, de la siguiente manera:

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el primer sector angular SA1 entonces la primera rama B1 se bloquea en el estado alto,

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el segundo sector angular SA2 entonces la tercera rama B3 se bloquea en el estado bajo,

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el tercer sector angular SA3 entonces la segunda rama B2 se bloquea en el estado alto,

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el cuarto sector angular SA4 entonces la primera rama B1 se bloquea en el estado bajo,

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el quinto sector angular SA5 entonces la tercera rama B3 se bloquea en el estado alto,

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el sexto sector angular SA6 entonces la segunda rama B2 se bloquea en el estado bajo.

En una cuarta etapa 30 ó 40), se determina si el vector consigna \vec{V}^* se encuentra en la zona interna hexagonal H1

o la zona de corona hexagonal H2.

En un ejemplo no limitativo, puede realizarse de la siguiente manera:

Zonas	Prueba en las modulantes
H1	$((\text{Max}+5.\text{Min})/6 \leq \text{mod}_1 \leq (5.\text{Max}+\text{Min})/6)$ y $((\text{Max}+5.\text{Min})/6 \leq \text{mod}_2 \leq (5.\text{Max}+\text{Min})/6)$ y $((\text{Max}+5.\text{Min})/6 \leq \text{mod}_3 \leq (5.\text{Max}+\text{Min})/6)$
H2	$((\text{mod}_1 > (5.\text{Max}+\text{Min})/6) \text{ o } (\text{mod}_1 < (\text{Max}+5.\text{Min})/6))$ o $((\text{mod}_2 > (5.\text{Max}+\text{Min})/6) \text{ o } (\text{mod}_2 < (\text{Max}+5.\text{Min})/6))$ o $((\text{mod}_3 > (5.\text{Max}+\text{Min})/6) \text{ o } (\text{mod}_3 < (\text{Max}+5.\text{Min})/6))$

5

Con Max = +1 y Min = -1, se obtiene:

Zonas	Prueba en las modulantes
H1	$(-2/3 \leq \text{mod}_1 \leq 2/3)$ y $(-2/3 \leq \text{mod}_2 \leq 2/3)$ y $(-2/3 \leq \text{mod}_3 \leq 2/3)$
H2	$((\text{mod}_1 > 2/3) \text{ o } (\text{mod}_1 < -2/3))$ o $((\text{mod}_2 > 2/3) \text{ o } (\text{mod}_2 < -2/3))$ o $((\text{mod}_3 > 2/3) \text{ o } (\text{mod}_3 < -2/3))$

10

Cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la zona del hexágono interno H1 entonces la lógica 4 de control aplica las etapas 30 a 34. Y cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la zona de la corona hexagonal H2 entonces la lógica 4 de control aplica las etapas 40 a 44.

Zona interna hexagonal H1: comparación de simple portadora

15

Por tanto, cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la zona del hexágono interno H1, se realizan las siguientes etapas.

20

En una quinta etapa (31), la lógica 4 de control determina una cantidad de neutro V_{n0} que va a inyectarse a las modulantes mod1, mod2 y mod3, en función de la posición del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en los sectores angulares SA del sistema de referencia estático.

25

Cuando la rama de puente Bj va a bloquearse en el estado alto entonces la lógica de control determina una cantidad de neutro $V_{n0} = \text{Max} - \text{mod}_j$. Cuando la rama de puente Bj va a bloquearse en el estado bajo entonces la lógica de control determina una cantidad de neutro $V_{n0} = \text{Min} - \text{mod}_j$. En este ejemplo, se toma Max = +1 y Min = -1.

30

En una sexta etapa (32), la lógica 4 de control traslada las modulantes mod1, mod2 y mod3 esta cantidad de neutro V_{n0} determinada. Esta traslación es una adición de la cantidad de neutro V_{n0} a las modulantes mod1, mod2 y mod3.

35

Por tanto, por ejemplo si la primera rama B1 debe bloquearse en el estado alto, entonces la cantidad de neutro V_{n0} que va a añadirse a las tres modulantes mod1, mod2 y mod3 es igual a $1 - \text{mod}_1$. Se obtiene por tanto para mod1, el valor +1, para mod2, el valor mod2 +1 - mod1, y para mod3, el valor mod3 +1 - mod1.

40

En una séptima etapa (33), la lógica 4 de control determina al menos una portadora. Esta portadora es una señal cuyo periodo es el periodo del microprocesador 8 de manera que puede ajustarse la frecuencia de conmutación de los interruptores de las ramas de puente del ondulator 1, por ejemplo a 50 microsegundos para una frecuencia de conmutación de 20 kHz. La lógica 4 de control también puede determinar tantas portadoras como ramas de puente existen. En este caso, se compara cada modulante de una rama de puente con la portadora correspondiente. Por tanto se modifica la sucesión de los vectores de control aplicados a nivel de la orden y de los tiempos de aplicación sin modificar el tiempo de aplicación total de cada uno de los vectores.

En el ejemplo tomado, la lógica 4 de control determina una única portadora para las tres ramas de puente. Esta

portadora es un triángulo de manera que se respeta una linealidad entre una modulante y el valor medio del pulso generado en la rama correspondiente a lo largo del periodo T_s de control del ondulator 1. Por tanto, el periodo T_s de esta portadora es el periodo del microprocesador 8.

5 En el ejemplo tomado en la figura 4, este triángulo se toma entre un primer valor máximo Max, en este caso igual a 1, y un segundo valor mínimo Min, en este caso igual a -1 respectivamente para el vértice y la base.

10 En una primera variante no limitativa esta portadora es un triángulo isósceles. Esto permite centrar los pulsos a lo largo de la mitad del periodo de corte. Por tanto, se reducen las distorsiones armónicas de las corrientes de fase. Por consiguiente, el gobierno de la carga es más fino.

Además, de manera no limitativa, el vértice se dirige hacia arriba, es decir que el vértice se encuentra en el primer valor máximo $Max = +1$, y la base se encuentra en el segundo valor mínimo $Min = -1$.

15 En una segunda variante, esta portadora puede ser un triángulo cualquiera que permite modificar, si no el ancho del pulso, la posición del pulso en el periodo del microprocesador 8.

20 En otra variante, la portadora puede ser una sucesión de triángulos cuyo periodo es el periodo del microprocesador 8. Esto corresponde de hecho a un muestreo regular de la modulante.

A continuación, la lógica 4 de control compara la portadora con las tres modulantes mod1, mod2, mod3 trasladadas la cantidad de neutro V_{n0} . En la figura 4 se facilita un ejemplo de comparación y se describirá a continuación en la descripción (véase el párrafo de comparación con una simple portadora descrito a continuación para más detalles).

25 En función de esta comparación, la lógica 4 de control determina, en una octava etapa 34), las órdenes de control SC (más particularmente las combinaciones de las órdenes de control que determinan una sucesión de vectores de control) que van a aplicarse para cada una de las tres ramas de puente del ondulator 1. Estas órdenes de control SC son funciones de conmutación de los interruptores de las ramas de puente.

30 Esta técnica del movimiento de la cantidad de neutro V_{n0} permite por tanto reducir las solicitaciones del ondulator 1 en cuanto a pérdidas, realizando una sencilla intersección entre las nuevas modulantes trasladadas. Esta reducción de las solicitaciones del ondulator 1 limita las pérdidas por conmutación. En efecto, esta técnica permite bloquear una rama de puente.

35 Se observará que en el hexágono interno H1, el vector de tensión de consigna \vec{V}^* tiene una norma baja, el valor medio de la corriente de fuente es poco importante y el uso obligatorio de un vector de rueda libre no penaliza en absoluto al valor eficaz de la corriente en el condensador de filtrado.

40 Zona de corona hexagonal H2: comparación con una doble portadora

Cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la zona de corona hexagonal H2, se realizan las siguientes etapas.

45 En las etapas 41 y 42, la lógica 4 de control aplica el mismo método que el de las etapas 31 y 32, para determinar la cantidad de neutro que va a añadirse a las modulantes independientemente de las zonas H en las que se encuentra el vector de tensión de consigna \vec{V}^* .

50 En una séptima etapa 43), la lógica 4 de control determina una doble portadora. Esta doble portadora está formada por dos señales cuyo periodo es el periodo del microprocesador 8.

55 En el ejemplo tomado en la figura 5, esta doble portadora comprende una primera portadora en forma de triángulo cuyo vértice se encuentra en un primer valor máximo Max y una segunda portadora en forma de triángulo cuyo vértice se encuentra en un segundo valor mínimo Min, estando los vértices de los triángulos primero y segundo en la vertical uno del otro. En una primera variante no limitativa, la primera portadora y la segunda portadora son triángulos isósceles. El periodo de estas dos portadoras es el periodo de control del ondulator 1.

En otra variante, estas dos portadoras pueden estar formadas por dos triángulos cualesquiera que permiten modificar, si no el ancho del pulso, la posición del pulso en el periodo de control del ondulator.

60 Además, en otra variante, estas dos portadoras pueden ser una sucesión de triángulos.

Tal como se describirá con más detalle en la figura 5, la lógica 4 de control compara entonces cada una de las modulantes que no corresponden a la rama bloqueada en una sola de las dos portadoras (véase el párrafo de comparación con una doble portadora descrito a continuación para más detalle).

5 En función de esta comparación, la lógica 4 de control determina, en una octava etapa 44), las órdenes de control SC (más particularmente las combinaciones de las órdenes de control que determinan una sucesión de vectores de control) para cada una de las tres ramas de puente del ondulator 1. Estas órdenes de control SC son funciones de conmutación de los interruptores de las ramas de puente.

La lógica 4 de control aplica en el ondulator la sucesión de vectores de control, que representan las órdenes de control, determinadas en la etapa 44.

10 El uso de doble portadora permite evitar usar los vectores de rueda libre permitiendo así disminuir el valor eficaz de la corriente en el condensador de filtrado.

15 Se observará que limitándose a $N=2$, no es necesario medir la corriente en las fases de la máquina, se ahorra entonces varios sensores de corriente. Además, la localización del vector de tensión de consigna en el hexágono es más sencilla. Esta simplificación del algoritmo repercute sobre una elección no óptima de la rama de puente que va a bloquearse y por tanto una reducción menos pronunciada de las ganancias en cuanto a pérdidas por conmutaciones con respecto al caso $N=3$.

20 Descomposición del hexágono en 3 zonas ($N = 3$)

25 La figura 3a muestra un procedimiento, según la invención, de funcionamiento de los medios ilustrados en la figura 1a, cuando $N = 3$. El hecho de aumentar N permite disminuir adicionalmente las pérdidas por conmutación realizando una elección óptima de la rama que va a bloquearse en función de la posición de un vector de corriente \vec{I} que representa las corrientes de fase en la carga 3.

En este caso, el hexágono comprende tres zonas tal como se ilustra en la figura 3b.

- Una primera zona, que es un hexágono interno H1 que está rodeado por una corona hexagonal.

30 - Una segunda zona H3 que está compuesta por la intersección de la corona con los triángulos equiláteros formados uniendo vértices del hexágono. Esta segunda zona H3 es una reunión de triángulos. En el ejemplo de la figura 3b, la segunda zona está formada por seis triángulos interiores TI, siendo un triángulo interior TIi el atravesado por el vector de control \vec{V}_i , con i de 1 a 6.

35 - Una tercera zona H4 que es el complemento de la segunda zona en la corona hexagonal. Esta tercera zona H4 es una reunión de triángulos. En el ejemplo de la figura 3b, la tercera zona está formada por seis triángulos exteriores TE. La base de un triángulo exterior TEi está formada por el segmento que une los extremos de los vectores de control \vec{V}_i y \vec{V}_{i+1} , con i de 1 a 5. Y la base del triángulo exterior TE6 está formada por el segmento que une los extremos de los vectores de control \vec{V}_6 y \vec{V}_1 .

40 El procedimiento para determinar las órdenes de control del ondulator cuando $N=3$ se realiza de la siguiente manera tal como se ilustra en la figura 3a.

45 En una primera etapa 50), la lógica 4 de control adquiere las tres consignas de tensiones escalares $V1^*$, $V2^*$ y $V3^*$ de cada una de las tres ramas del ondulator. En un ejemplo no limitativo estas tres consignas de tensiones escalares $V1^*$, $V2^*$ y $V3^*$ son las tensiones que van a aplicarse a la carga 3.

50 En una segunda etapa 51), la lógica 4 de control determina para cada rama de puente del ondulator 1 la modulante correspondiente y ello por medio de la estrategia de intersección o de baricentro tal como se describieron anteriormente en el ejemplo en el que $N=2$.

55 En una tercera etapa, la lógica 4 de control determina a partir de las tres consignas de tensiones escalares $V1^*$, $V2^*$ y $V3^*$ un vector de tensión de consigna \vec{V}^* usando por ejemplo la transformación de Clarke tal como se describió anteriormente en el ejemplo en el que $N=2$.

En una cuarta etapa 52), la lógica de control determina la posición del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en el hexágono. Este vector de tensión de consigna \vec{V}^* se encuentra en todo momento en una de las tres zonas del hexágono H1, H3, H4.

60 En un ejemplo no limitativo, puede realizarse de la siguiente manera:

Zonas		Prueba en las modulantes
H3	T11	$(\text{mod}_1 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_2 < (\text{Max} + \text{Min}) / 2)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_3 < (\text{Max} + \text{Min}) / 2)$
	T12	$(\text{mod}_3 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + \text{Min}) / 2 < \text{mod}_2 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + \text{Min}) / 2 < \text{mod}_1 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
	T13	$(\text{mod}_2 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_3 < (\text{Max} + \text{Min}) / 2)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_1 < (\text{Max} + \text{Min}) / 2)$
	T14	$(\text{mod}_1 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + \text{Min}) / 2 < \text{mod}_3 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + \text{Min}) / 2 < \text{mod}_2 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
	T15	$(\text{mod}_3 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_1 < (\text{Max} + \text{Min}) / 2)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_2 < (\text{Max} + \text{Min}) / 2)$
	T16	$(\text{mod}_2 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + \text{Min}) / 2 < \text{mod}_1 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + \text{Min}) / 2 < \text{mod}_3 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
H4	TE1	$(\text{mod}_1 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_2 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $(\text{mod}_3 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
	TE2	$(\text{mod}_2 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_1 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $(\text{mod}_3 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
	TE3	$(\text{mod}_2 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_3 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $(\text{mod}_1 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
	TE4	$(\text{mod}_3 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_2 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $(\text{mod}_1 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
	TE5	$(\text{mod}_3 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_1 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $(\text{mod}_2 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
	TE6	$(\text{mod}_1 > (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 < \text{mod}_3 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $(\text{mod}_2 < (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$
H1	H1	$((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 \leq \text{mod}_1 \leq (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y $((\text{Max} + 5 \cdot \text{Min}) / 6 \leq \text{mod}_2 \leq (5 \cdot \text{Max} + \text{Min}) / 6)$ y

		$((Max+5.Min)/6 \leq mod_3 \leq (5.Max+Min)/6)$
--	--	---

Con Max = +1 y Min = -1, se obtiene:

Zonas		Prueba en las modulantes
H3	TI1	$(mod_1 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_2 < 0) \text{ y } (-2/3 < mod_3 < 0)$
	TI2	$(mod_3 < -2/3) \text{ y } (0 < mod_2 < 2/3) \text{ y } (0 < mod_1 < 2/3)$
	TI3	$(mod_2 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_3 < 0) \text{ y } (-2/3 < mod_1 < 0)$
	TI4	$(mod_1 < -2/3) \text{ y } (0 < mod_3 < 2/3) \text{ y } (0 < mod_2 < 2/3)$
	TI5	$(mod_3 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_1 < 0) \text{ y } (-2/3 < mod_2 < 0)$
	TI6	$(mod_2 < -2/3) \text{ y } (0 < mod_1 < 2/3) \text{ y } (0 < mod_3 < 2/3)$
H4	TE1	$(mod_1 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_2 < 2/3) \text{ y } (mod_3 < -2/3)$
	TE2	$(mod_2 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_1 < 2/3) \text{ y } (mod_3 < -2/3)$
	TE3	$(mod_2 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_3 < 2/3) \text{ y } (mod_1 < -2/3)$
	TE4	$(mod_3 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_2 < 2/3) \text{ y } (mod_1 < -2/3)$
	TE5	$(mod_3 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_1 < 2/3) \text{ y } (mod_2 < -2/3)$
	TE6	$(mod_1 > 2/3) \text{ y } (-2/3 < mod_3 < 2/3) \text{ y } (mod_2 < -2/3)$
H1	H1	$(-2/3 \leq mod_1 \leq 2/3) \text{ y } (-2/3 \leq mod_2 \leq 2/3) \text{ y } (-2/3 \leq mod_3 \leq 2/3)$

5 Cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la primera zona del hexágono H1 entonces la lógica 4 de control aplica las etapas 70 a 75. Cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la segunda zona H3 del hexágono entonces la lógica 4 de control aplica las etapas 60 a 64. Y cuando el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la tercera zona H4 del hexágono entonces la lógica 4 de control aplica las etapas 80 a 85.

10 Segunda zona H3: comparación de doble portadora

En las etapas 60 a 64, el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en la segunda zona H3. En este caso, en una quinta etapa (61), la lógica 4 de control determina la rama de puente que va a bloquearse. Es función de la posición del vector de tensión de consigna \vec{V}^* en uno de los seis triángulos interiores TIi:

15 - si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el triángulo interior TI1 entonces la primera rama B1 se bloquea en el estado alto,

20 - si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el triángulo interior TI2 entonces la tercera rama B3 se bloquea en el estado bajo,

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el triángulo interior TI3 entonces la segunda rama B2 se bloquea en el estado alto,

25 - si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el triángulo interior TI4 entonces la primera rama B1 se bloquea en el estado bajo,

30 - si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el triángulo interior TI5 entonces la tercera rama B3 se bloquea en el estado alto,

- si el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está en el triángulo interior TI6 entonces la segunda rama B2 se bloquea en el estado bajo.

35 En una sexta etapa, la lógica 4 de control determina una cantidad de neutro V_{n0} que va a inyectarse a las modulantes mod1, mod2 y mod3, en función de la posición del vector de tensión de consigna \vec{V}^* . Cuando va a bloquearse la rama de puente Bj en el estado alto entonces la lógica de control determina una cantidad de neutro $V_{n0} = Max - mod_j$. Y cuando va a bloquearse la rama de puente Bj en el estado bajo entonces la lógica de control determina una cantidad de neutro $V_{n0} = Min - mod_j$. Esta etapa también se realiza durante la etapa 61 indicada en la figura 3a. En el ejemplo tomado, Max = +1 y Min = -1.

40 En una séptima etapa (62), la lógica 4 de control traslada las modulantes mod1, mod2 y mod3 mediante adición de esta cantidad de neutro V_{n0} determinada.

5 En una octava etapa 63), la lógica de control determina la doble portadora. En el ejemplo no limitativo de la figura 5, esta doble portadora comprende una primera portadora 91 en forma de triángulo isósceles cuyo vértice se dirige hacia arriba y una segunda portadora 92 en forma de triángulo isósceles cuyo vértice se dirige hacia abajo, estando los vértices de los triángulos primero y segundo en la vertical uno del otro.

La lógica 4 de control compara cada una de las modulantes que no corresponden a la rama bloqueada con una única de las dos portadoras.

10 En función de esta comparación, la lógica 4 de control determina, en una novena etapa 64), las órdenes de control de las tres ramas de puente del ondulator. La lógica 4 de control aplica en el ondulator la sucesión de vectores de control resultante de esas órdenes de control, determinadas en la etapa 64.

Primera zona H1: comparación de simple portadora, tercera zona H4: comparación de doble portadora

15 Cuando el vector de tensión consigna \vec{V}^* está en la primera zona H1 o la tercera zona H4 entonces la lógica 4 de control aplica los mismos métodos (de 71 a 73, y de 81 a 83) para determinar la rama de puente que va a bloquearse, ilustrados en la figura 3a.

20 En las etapas 70 a 75 u 80 a 85, el vector de tensión de consigna \vec{V}^* está respectivamente en la primera zona H 1 o la tercera zona H4 del hexágono. En este caso, la lógica 4 de control determina la rama de puente que va a bloquearse a partir de un vector de corriente \vec{I} . El bloqueo de una rama de puente va a permitir disminuir las pérdidas por conmutación en los interruptores.

25 Para ello, en la etapa 71 u 81 de la figura 3a, en una primera variante de realización no limitativa, la lógica 4 de control selecciona en primer lugar dos ramas de puente, de las tres, susceptibles de bloquearse en función de una relación de orden entre las tres modulantes mod1, mod2, mod3 de las tres ramas de puente, siendo esta relación de orden en un ejemplo no limitativo una comparación. Por tanto, las dos ramas de puente seleccionadas son la rama de puente que tiene la modulante mod_M más importante y la rama de puente que tiene la modulante mod_m menos importante según la comparación de las tres modulantes, no pudiendo bloquearse la rama de puente que corresponde a la modulante intermedia sin bloquear otra rama y por tanto hacer imposible la generación en media del vector de tensión de consigna \vec{V}^* ya que sólo estarían disponibles un único vector de control activo y un único vector de rueda libre.

35 En una segunda variante de realización no limitativa, la lógica 4 de control selecciona las dos ramas de puente susceptibles de bloquearse en función de una comparación entre las tres consignas de tensiones escalares V1*, V2* y V3* ya que independientemente del método de cálculo de las modulantes (en este caso, de intersección o de baricentro), la relación de orden entre las tres modulantes es la misma que entre las tres consignas de tensión escalares debido a la relación que existe entre una modulante y la consigna de tensión escalar correspondiente. Las dos ramas de puente seleccionadas son la rama de puente que tiene la consigna de tensión escalar más importante y la rama de puente que tiene la consigna de tensión escalar menos importante.

Para el resto de las etapas, se trata del contexto de la primera variante.

45 La lógica 4 de control, en la etapa 72 u 82, elige la rama de puente que va a bloquearse de las dos ramas seleccionadas anteriormente. Determina, por un lado, la corriente de fase I_M, para la rama de puente que tiene la modulante mod_M más importante, y por otro lado la corriente de fase I_m, para la rama de puente que tiene la modulante mod_m menos importante. Para determinar la rama de puente que se bloqueará, la lógica 4 de control compara los valores absolutos de esas corrientes de fase I_M e I_m. Bloquea la rama de puente cuyo valor absoluto de la corriente de fase es el más importante en valor absoluto. Si corresponde a la rama de puente que tiene la modulante más importante mod_M, entonces la rama se bloquea en el estado alto. Si corresponde a la rama de puente que tiene la modulante menos importante mod_m, entonces la rama se bloquea en el estado bajo.

55 En la etapa 73 u 83, la lógica 4 de control determina una cantidad de neutro V_{n0} que va a inyectarse a las modulantes mod1, mod2 y mod3, en función del resultado de la comparación.

60 En el caso en el que el valor absoluto de la corriente de fase I_m de la modulante mod_m más pequeña es superior al valor absoluto de la corriente de fase I_M de la modulante mod_M más grande, entonces la lógica 4 de control determina una cantidad de neutro V_{n0} que es igual a un segundo valor mínimo Min menos la modulante mod_m más pequeña. La cantidad de neutro V_{n0} = Min - mod_m. En el ejemplo tomado no limitativo, el segundo valor mínimo Min es igual a -1.

En el caso contrario, la lógica 4 de control determina una cantidad de neutro V_{n0} que es igual a un primer valor

máximo Max menos la modulante mod_M más grande. La cantidad de neutro $V_{n0} = \text{Max} - \text{mod}_M$. En el ejemplo tomado no limitativo, el primer valor máximo Max es igual a +1.

5 Las modulantes mod_1 , mod_2 y mod_3 se trasladan mediante adición de esta cantidad de neutro determinada de manera que se bloquea una rama.

Por otro lado, según una primera variante no limitativa, si el valor absoluto de la corriente de fase $|I_m|$ de la modulante mod_m más pequeña es igual al valor absoluto de la corriente de fase $|I_M|$ de la modulante mod_M más grande entonces la cantidad de neutro v_{n0} es igual a $-1 - \text{mod}_m$. La figura 3a ilustra esta primera variante.

10 Según una segunda variante no limitativa, si el valor absoluto de la corriente de fase $|I_m|$ de la modulante mod_m más pequeña es igual al valor absoluto de la corriente de fase $|I_M|$ de la modulante mod_M más grande entonces la cantidad de neutro v_{n0} es igual a $1 - \text{mod}_M$.

15 En la etapa 74 u 84, la lógica 4 de control compara las modulantes trasladadas con un sistema de portadora respectivamente simple o doble.

20 En lo que se refiere al sistema de simple portadora (véase el párrafo de comparación con una simple portadora a continuación para más detalle), la lógica 4 de control compara la portadora con las tres modulantes trasladadas. En función de esta comparación, la lógica 4 de control determina, en la etapa 75, las órdenes de control de las tres ramas de puente del ondulator.

25 La lógica 4 de control aplica en el ondulator la sucesión de vectores de control, que representan las órdenes de control, determinados en la etapa 75, de manera que se genera en media el vector de tensión de consigna \vec{V}^* que va a aplicarse a la carga 3 por dicho ondulator 1 para controlar dicha carga.

30 En lo que se refiere al sistema de doble portadora (véase el párrafo de comparación con una doble portadora a continuación para más detalle), la lógica 4 de control compara las portadoras con las dos modulantes trasladadas correspondientes a las ramas que conmutan (que deben cambiar de estado), una por rama.

En función de esta comparación, la lógica 4 de control determina, en la etapa 85, las órdenes de control o funciones de conmutación SC de las tres ramas de puente del ondulator, de manera que se genera en media el vector de tensión de consigna \vec{V}^* que va a aplicarse a la carga 3 por dicho ondulator 1 para controlar dicha carga.

35 La lógica 4 de control aplica en el ondulator la sucesión de vectores de control, que representan las órdenes de control SC, determinadas en la etapa 85.

Estas órdenes de controles son funciones de conmutación SC de los interruptores de las ramas de puente.

40 Se observará que para $N=3$, el conocimiento de las corrientes de fase permite realizar una elección óptima de la rama de puente que va a bloquearse en las zonas H1 y H4. En los triángulos interiores, se fuerza la rama de puente que va a bloquearse sin considerar el valor de las corrientes de fase. No obstante, esto permite usar el sistema de doble portadora y por tanto reducir la corriente eficaz en el condensador de desacoplamiento.

45 Comparación con una simple portadora

Este párrafo describe de manera detallada el uso de una simple portadora para determinar las órdenes de controles que van a enviarse a las ramas de puente del ondulator. Esta simple portadora es una señal cuyo periodo es el periodo de corte. La lógica 4 de control también puede determinar tantas simples portadoras como ramas de puente existen. En este caso, cada modulante de una rama de puente se compara con la simple portadora correspondiente. Estas simples portadoras pueden ser diferentes unas de otras.

50 En el ejemplo de la figura 4, la lógica 4 de control determina una única simple portadora para las tres ramas de puente. Esta simple 90 portadora es un triángulo de manera que se respeta una linealidad entre una modulante y el valor medio del pulso generado en la rama correspondiente a lo largo del periodo T_s de control del ondulator 1. En el ejemplo tomado en la figura 4, este triángulo se toma entre un primer valor máximo Max, aquí igual a 1, y un segundo valor mínimo Min, aquí igual a -1 respectivamente para el vértice y la base. En un modo de realización no limitativo, esta simple 90 portadora es un triángulo isósceles. Además, de manera no limitativa, el vértice se dirige hacia arriba, es decir que el vértice se encuentra en el primer valor máximo $\text{Max} = +1$, y la base se encuentra en el segundo valor mínimo $\text{Min} = -1$.

En otro modo, esta portadora 90 puede ser un triángulo cualquiera que permite modificar, si no el ancho de los pulsos, la posición de dichos pulsos en el periodo de corte o incluso la polaridad de dichos pulsos (vértice dirigido hacia abajo).

En otro modo, la portadora 90 también puede ser una sucesión de triángulos cuyo periodo es el periodo de corte T_s del ondulator 1.

5 Esta portadora 90 también puede ser un triángulo cuyo vértice se dirige hacia abajo, es decir que el vértice se encuentra en el segundo valor mínimo $\text{Min} = -1$, y la base se encuentra en el primer valor máximo $\text{Max} = +1$.

10 Se observará que el periodo de corte T_s no es forzosamente constante durante el uso del ondulator de manera que se amplía el espectro de las tensiones de salida del ondulator 1, debido a ello también el periodo de la portadora. Esta ampliación de espectro permite modificar el ruido acústico generado por la carga polifásica 3.

La figura 4 muestra la comparación entre la simple portadora 90 y las tres modulantes mod1, mod2 y mod3 trasladadas la cantidad de neutro V_{n0} .

15 En la figura 4, el primer cronograma presenta un eje cuya abscisa representa el tiempo y la ordenada valores normalizados de tensión, y los otros tres cronogramas presentan un eje cuya abscisa representa el tiempo y la ordenada las funciones de conmutación SC de cada una de las tres ramas de puente B1, B2 y B3 respectivamente.

20 En el ejemplo de la figura 4, la modulante mod1 se calcula para la rama de puente B1, la modulante mod2 se calcula para la rama de puente B2 y la modulante mod3 se calcula para la rama de puente B3.

25 La modulante mod3 es, en el ejemplo de la figura 4, la modulante menos importante de las tres modulantes y la modulante mod1 es la más importante. La más grande de las modulantes mod_M es igual a la modulante mod1. En este caso, la lógica 4 de control bloquea la rama de puente B1 ya que la corriente I_1 es superior a la corriente I_3 en valor absoluto. Debido a ello, la cantidad de neutro que va a añadirse a las tres modulantes es $V_{n0} = 1 - \text{mod1}$. La rama de puente B1 bloqueada en el estado alto tiene su modulante trasladada que vale +1.

30 La rama de puente B1 bloqueada en el estado alto presenta en la intersección con la portadora triangular 90 no un intervalo de tiempo (en el vértice de la portadora, en la intersección de la portadora triangular y de la modulante $\text{mod1} + V_{n0}$), sino más bien una intersección puntual, tal como se muestra en la figura 4. Por tanto la rama de puente B1 no cambia de estado.

35 La comparación entre la portadora 90 y las modulantes trasladadas permiten definir la sucesión de las órdenes de control SC que van a aplicarse en el ondulator. Por tanto la intersección entre las modulantes trasladadas y la portadora 90 determina un control de tipo por pulsos (frente ascendente: el interruptor alto se cierra, el interruptor bajo se abre; y frente descendente: el interruptor alto se abre y el interruptor bajo se cierra) en cada una de las ramas de puente B2 y B3 que van a conmutarse. Debido a ello, la lógica 4 de control controla el ondulator mediante una sucesión de vectores de control.

40 Por tanto, en el instante t_0 , la rama de puente B1 se bloquea en el estado alto, su modulante trasladada la cantidad de neutro V_{n0} presenta una recta horizontal en +1. En este instante t_0 , las modulantes trasladadas de las ramas de puente B2 y B3 se encuentran fuera de la portadora 90, es decir no presentan intersección con dicha portadora y se sitúan en el exterior de la superficie del triángulo formado por la portadora. Los interruptores de esas dos ramas de puente están en el estado alto. En este intervalo, las funciones de conmutación correspondientes valen +1. Estas dos ramas permanecen por tanto en el estado alto. Por tanto no cambian de estado.

50 En el instante t_1 , la modulante $\text{mod3} + V_{n0}$ entra en contacto con uno de los lados de la portadora 90. La lógica 4 de control envía a la rama de puente B3 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B3. La rama de puente B3 cambia de estado y pasa por tanto al estado bajo.

En el instante t_2 , la modulante $\text{mod2} + V_{n0}$ entra en contacto con uno de los lados de la portadora 90. La lógica 4 de control envía a la rama de puente B2 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B2. La rama de puente B2 cambia por tanto de estado y pasa al estado bajo.

55 En el intervalo de t_2 a t_3 , la modulante $\text{mod2} + V_{n0}$ se encuentra en el triángulo de la portadora 90, es decir no presenta intersección con dicha portadora y se sitúa en el interior de la superficie del triángulo formado por la portadora. Durante todo este periodo la rama de puente B2 permanece en el estado bajo.

60 En el instante t_3 , la modulante $\text{mod2} + V_{n0}$ entra de nuevo en contacto con otro de los lados de la portadora 90. A partir de este instante, la lógica 4 de control envía a la rama de puente B2 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B2 en el estado alto.

En el intervalo de t_1 a t_4 , la modulante $\text{mod3} + V_{n0}$ se encuentra en el triángulo de la portadora 90. Durante todo este periodo la rama de puente B3 permanece en el estado bajo.

65 En el instante t_4 , la modulante $\text{mod3} + V_{n0}$ entra de nuevo en contacto con otro de los lados de la portadora 90. A

partir de este instante, la lógica 4 de control envía a la rama de puente B3 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B3 en el estado alto.

Comparación con una doble portadora

5 Este párrafo describe de manera detallada el uso de una doble portadora para determinar las órdenes de controles que van a enviarse a las ramas de puente del ondulator. En el ejemplo de la figura 5, esta doble portadora está compuesta por una primera portadora 91 en forma de triángulo isósceles cuyo vértice y base se encuentran respectivamente en un primer valor máximo $Max=+1$ y en un segundo valor mínimo $Min=-1$ y por una segunda portadora 92 en forma de triángulo isósceles cuya base y vértice se encuentran respectivamente en un primer valor máximo $Max=+1$ y en un segundo valor mínimo $Min=-1$.

15 La figura 5 muestra la comparación entre la doble portadora 91, 92 y las tres modulantes mod1, mod2 y mod3 trasladadas la cantidad de neutro V_{n0} . En el ejemplo de la figura 5, la modulante mod1 se calcula para la rama de puente B1, la modulante mod2 se calcula para la rama de puente B2 y la modulante mod3 se calcula para la rama de puente B3. La modulante mod3 es, en el ejemplo de la figura 5, la modulante menos importante de las tres modulantes. Una rama de puente está bloqueada, aquí la primera rama B1 y no cambia de estado durante el periodo del microprocesador. Por tanto, la comparación de su modulante asociada con la o las portadoras no define ningún cambio de estado para esta rama. Se comparan las modulantes de las otras dos ramas de puente B2 y B3 restantes cada una con una portadora diferente, una portadora 91 de tipo triangular cuyo vértice y base se encuentran respectivamente en un primer valor máximo $Max=+1$ y en un segundo valor mínimo $Min=-1$ y otra portadora 92 de tipo triangular cuya base y vértice se encuentran respectivamente en un primer valor máximo $Max=+1$ y en un segundo valor mínimo $Min=-1$.

25 Puede asociarse indiferentemente a una modulante, relativa a una rama que conmuta, una portadora u otra sin modificar el resultado buscado. En el ejemplo de la figura 5, la lógica 4 de control modula la rama B2 con la portadora 91 y la otra rama B3 de puente que conmuta con la portadora 92. Estas elecciones podrían evidentemente haberse invertido.

30 En el caso del ejemplo de la figura 5, la lógica 4 de control bloquea la rama de puente B1 en el estado alto. Debido a ello, la cantidad de neutro que va a añadirse a las tres modulantes es $V_{n0} = 1 - mod1$. La rama de puente B1 bloqueada tiene su modulante trasladada que vale $+1$.

35 La modulante trasladada de la rama de puente B1 bloqueada presenta en la intersección con la portadora triangular cuyo vértice se dirige hacia arriba no un intervalo de tiempo, sino más bien una intersección puntual, tal como se muestra en la figura 5. Por tanto la rama de puente B1 no cambia de estado.

40 Se observará que independientemente de la portadora usada, la intersección entre la portadora y la modulante trasladada sólo es puntual y por consiguiente la rama correspondiente permanece siempre bloqueada.

En este ejemplo de la figura 5, se compara la rama de puente B2 con la portadora 91 mientras que se compara la rama de puente B3 con la portadora 92.

45 En el instante t_0 , la modulante trasladada de la rama de puente B2 se encuentra fuera de la portadora 91, en este caso, la rama de puente B2 está en el estado alto. La modulante trasladada de la rama de puente B3 se encuentra fuera de la portadora 92 triangular cuyo vértice se dirige hacia abajo. En este caso, la rama de puente B3 está en el estado bajo.

50 En el instante t_1 , la modulante mod2 + V_{n0} entra en contacto con uno de los lados de la portadora 91. La lógica 4 de control envía a la rama de puente B2 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B2. La rama de puente B2 pasa al estado bajo.

55 En el instante t_2 , la modulante mod3 + V_{n0} entra en contacto con uno de los lados de la portadora 92. La lógica 4 de control envía a la rama de puente B3 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B3. La rama de puente B3 pasa al estado alto.

En el intervalo de t_2 a t_3 , la modulante mod3 + V_{n0} se encuentra en el triángulo de la portadora 92. Durante todo este periodo la rama de puente B3 permanece en el estado alto.

60 En el instante t_3 , la modulante mod3 + V_{n0} entra de nuevo en contacto con otro de los lados de la portadora 92. A partir de este instante, la lógica 4 de control envía a la rama de puente B3 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B3 al estado bajo.

65 En el intervalo de t_1 a t_4 , la modulante mod2 + V_{n0} se encuentra en el triángulo de la portadora 91. Durante todo este periodo la rama de puente B2 permanece en el estado bajo.

En el instante t_4 , la modulante $\text{mod}2 + V_{n0}$ entra de nuevo en contacto con otro de los lados de la portadora 91. A partir de este instante, la lógica 4 de control envía a la rama de puente B2 una orden de control SC. Esta orden de control conmuta la rama de puente B2 al estado alto.

- 5 Se observará que esta técnica del movimiento de la cantidad de neutro V_{n0} permite reducir las solicitaciones del ondulator 1 en cuanto a pérdidas (ya que siempre hay una rama bloqueada y se ahorra por ello las pérdidas por conmutación en esa rama), realizando una simple intersección entre las nuevas modulantes trasladadas. Esta reducción de las solicitaciones del ondulator 1 limita las pérdidas por conmutación. Esto es válido para la simple portadora o la doble portadora.
- 10 Finalmente, el uso de una doble portadora permite reducir aún más la corriente eficaz en la capacidad de filtrado y por consiguiente estabilizar la tensión U_{dc} aguas arriba del ondulator y por tanto reducir el tamaño del condensador 7 de desacoplamiento en el lado continuo ya que ya no se usa vector de rueda libre.
- 15 Se observará que el establecimiento de las órdenes de controles SC mediante el método de intersección entre una modulante y una portadora triangular conlleva que las órdenes de controles SC del ondulator sean de todo o nada. Por otro lado, en función del valor de la modulante, el ancho de los pulsos resultantes es variable. Por tanto, hay una modulación de ancho de pulsos y por tanto un control del ondulator mediante MAP. Es lo que se ha observado en las figura 4 y 5.
- 20 Se observará que en todos los casos en los que se realiza una comparación con una doble portadora, puede evidentemente, en su lugar, realizarse una comparación con una simple portadora, pero esto es menos interesante, concretamente para reducir la corriente eficaz en el condensador.
- 25 Por otro lado, en los casos en los que se realiza una comparación con una simple portadora (zona H1 para $N=2$ ó 3), también puede, en su lugar, realizarse una comparación con una doble portadora. No obstante, siempre se tendrá un vector de rueda libre usado.
- 30 Finalmente, el procedimiento de la invención descrito funciona tanto en régimen permanente como en régimen dinámico. En efecto, funciona en régimen dinámico porque no se interesa a la evolución temporal de las corrientes de fase. Sólo se consideran en un instante. Por tanto, se funciona aquí en discreto.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia destinado a controlar una carga (3) eléctrica que comprende varias fases, estando el puente (1) de potencia destinado a conectarse a la carga (3) eléctrica mediante varias ramas (B1,..., B3), al menos una por fase, y estando destinado a controlarse mediante funciones de conmutación (SC1, SC2, SC3), determinando dichas funciones de conmutación vectores de control ($\vec{V}_0, \dots, \vec{V}_7$) para controlar la carga, subdividiéndose dichos vectores de control ($\vec{V}_0, \dots, \vec{V}_7$) en vectores de control de rueda libre (\vec{V}_0, \vec{V}_7) y en vectores de control activos ($\vec{V}_1, \dots, \vec{V}_6$),
- 5
- 10 comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- seleccionar un primer método de producción de funciones de conmutación que produce un número reducido de combinación de funciones de conmutación correspondientes a vectores de control de rueda libre (\vec{V}_0, \vec{V}_7) o un segundo método de producción de funciones de conmutación que produce únicamente combinaciones de funciones de conmutación correspondientes a vectores de control activos ($\vec{V}_1, \dots, \vec{V}_6$), estando definidos dichos métodos en función de un vector de tensión de consigna dado (\vec{V}^*) y que comprende una etapa de determinación de una modulante (mod₁, mod₂, mod₃) asociada a cada rama del puente a partir de consignas de tensión escalares (V1*, V2*, V3*), y
 - aplicar dicho método seleccionado para producir una sucesión de vectores de controles a partir de las combinaciones de funciones de conmutación producidas,
- 15
- 20
- 25 caracterizado porque un método de producción de funciones de conmutación comprende una etapa de comparación de modulantes trasladadas una cantidad de neutro con una portadora, estando asociada una modulante a cada rama de puente, definiendo dicha comparación funciones de conmutación (SC) para controlar dicho puente.
- 30
2. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación 1, caracterizado porque la selección de un método de producción de funciones de conmutación se basa en una colocación de un vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) en una zona (H) de un campo del plano definido por vectores de control ($\vec{V}_0, \dots, \vec{V}_7$), determinándose el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) a partir de consignas de tensión escalares (V1*, V2*, V3*).
- 35
3. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación anterior, caracterizado porque el campo del plano se divide en una primera y una segunda zonas (H1, H2) y porque se selecciona el primer método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está colocado en la primera zona (H1), y porque se selecciona el segundo método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está colocado en la segunda zona (H2).
- 40
4. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación 2, caracterizado porque el campo del plano se divide en una primera (H1), una segunda (H3) y una tercera (H4) zonas y porque se selecciona el primer método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está colocado en la primera zona (H1).
- 45
5. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación 2 ó 4, caracterizado porque el campo del plano se divide en una primera (H1), una segunda (H3) y una tercera (H4) zonas y porque se selecciona el segundo método de producción de funciones de conmutación si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está colocado en la segunda zona (H3) o la tercera zona (H4).
- 50
6. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el método de producción de funciones de conmutación es el primer método de producción de funciones de conmutación y la portadora es una simple portadora.
- 55
7. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el método de producción de funciones de conmutación es el segundo método de producción de funciones de conmutación y la portadora es una doble portadora.

8. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado porque una doble portadora comprende dos simples portadoras (91, 92) y porque se compara al menos una modulante con una única de las portadoras de la doble portadora.
- 5 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores 6 a 8, caracterizado porque una simple portadora es un triángulo isósceles que comprende un vértice que se encuentra a un valor máximo (Max) y una base que se encuentra a un valor mínimo (Min).
- 10 10. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la determinación de una modulante se realiza según una estrategia de intersección.
- 15 11. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la determinación de una modulante se realiza según una estrategia de baricentro.
12. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de bloquear una rama de puente durante todo un periodo de corte (T_s) del puente (1) de potencia.
- 20 13. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una de las reivindicaciones anteriores 3 a 12 excepto las reivindicaciones 4 y 5, caracterizado porque el campo del plano se define en un sistema de referencia estatístico, estando dicho sistema de referencia estatístico subdividido en sectores angulares (SA) y porque un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de determinar una rama de puente que va a bloquearse en un estado alto o un estado bajo en función de la posición del vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) en uno de los sectores angulares (SA).
- 25 14. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado porque:
- 30 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un primer sector angular (SA1) entonces la primera rama (B1) se bloquea en el estado alto,
- si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un segundo sector angular (SA2) entonces la tercera rama (B3) se bloquea en el estado bajo,
- 35 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un tercer sector angular (SA3) entonces la segunda rama (B2) se bloquea en el estado alto,
- 40 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un cuarto sector angular (SA4) entonces la primera rama (B1) se bloquea en el estado bajo,
- si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un quinto sector angular (SA5) entonces la tercera rama (B3) se bloquea en el estado alto,
- 45 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un sexto sector angular (SA6) entonces la segunda rama (B2) se bloquea en el estado bajo.
- 50 15. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una de las reivindicaciones anteriores 4 a 12, caracterizado porque la segunda zona (H3) determina triángulos interiores (Tli) y porque un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de determinar una rama que va a bloquearse en un estado alto o un estado bajo en función de la posición del vector de tensión de consigna en uno de los triángulos interiores (Tli).
- 55 16. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación anterior, caracterizado porque:

- si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un primer triángulo interior (TI1) entonces la primera rama (B1) se bloquea en el estado alto,
 - 5 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un segundo triángulo interior (TI2) entonces la tercera rama (B3) se bloquea en el estado bajo,
 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un tercer triángulo interior (TI3) entonces la segunda rama (B2) se bloquea en el estado alto,
 - 10 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un cuarto triángulo interior (TI4) entonces la primera rama (B1) se bloquea en el estado bajo,
 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un quinto triángulo interior (TI5) entonces la tercera rama (B3) se bloquea en el estado alto,
 - 15 - si el vector de tensión de consigna (\vec{V}^*) está en un sexto triángulo interior (TI6) entonces la segunda rama (B2) se bloquea en el estado bajo.
17. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una de las reivindicaciones anteriores 4 a 13, caracterizado porque un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de seleccionar al menos dos ramas de puente susceptibles de bloquearse en función de una relación de orden.
 - 20 18. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación anterior, caracterizado porque la relación de orden es una comparación entre las modulantes (mod1, mod2, mod3) asociadas a las ramas (B1, B2, B3) de puente.
 - 25 19. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación anterior, caracterizado porque las ramas de puente seleccionadas corresponden a las ramas de puente que tienen la modulante más importante (mod_M) y la modulante menos importante (mod_m).
 - 30 20. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una de las reivindicaciones anteriores 17 a 19, caracterizado porque la rama de puente que va a bloquearse se elige de las ramas de puente seleccionadas y es la que comprende la corriente de fase (I_M, I_m) más importante en valor absoluto de las corrientes de fase que corresponden respectivamente a la más grande de las modulantes (mod_M) y la más pequeña de las modulantes (mod_m) de las modulantes (mod1, mod2, mod3) asociadas a las ramas de puente (B1, B2, B3).
 - 35 21. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación anterior, caracterizado porque si la rama de puente que va a bloquearse es la que corresponde a la más grande de las modulantes, entonces la rama de puente se bloquea en el estado alto, y si la rama de puente que va a bloquearse es la que corresponde a la más pequeña de las modulantes, entonces la rama de puente se bloquea en el estado bajo.
 - 40 22. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 21, caracterizado porque un método de producción de funciones de conmutación comprende además una etapa de determinar una cantidad de neutro (V_{n0}) que debe añadirse a una modulante en función de un estado alto o bajo de una rama de puente que va a bloquearse.
 - 45 23. Procedimiento de gobierno de un puente (1) de potencia según la reivindicación anterior, caracterizado porque:
 - si una rama (B_j) debe bloquearse en el estado alto entonces la cantidad de neutro (v_{n0}) es igual a un primer valor máximo (Max) menos la modulante asociada a dicha rama (v_{n0} = Max - mod_j), y
 - 50 - si la rama (B_j) debe bloquearse en el estado bajo entonces la cantidad de neutro (v_{n0}) es igual a un segundo valor mínimo (Min) menos la modulante asociada a dicha rama (v_{n0} = Min - mod_j).
 - 55

24. Dispositivo de gobierno de un puente (1) de potencia destinado a controlar una carga (3) eléctrica que comprende varias fases, estando el puente (1) de potencia destinado a conectarse a la carga (3) eléctrica mediante varias ramas (B1,..., B3), al menos una por fase, y estando destinado a controlarse mediante funciones de conmutación (SC1, SC2, SC3), determinando dichas funciones de conmutación vectores de control ($\vec{V}_0, \dots, \vec{V}_7$) para controlar la carga, subdividiéndose dichos vectores de control ($\vec{V}_0, \dots, \vec{V}_7$) en vectores de control de rueda libre (\vec{V}_0, \vec{V}_7) y en vectores de control activos ($\vec{V}_1, \dots, \vec{V}_6$),

comprendiendo este dispositivo medios dispuestos para:

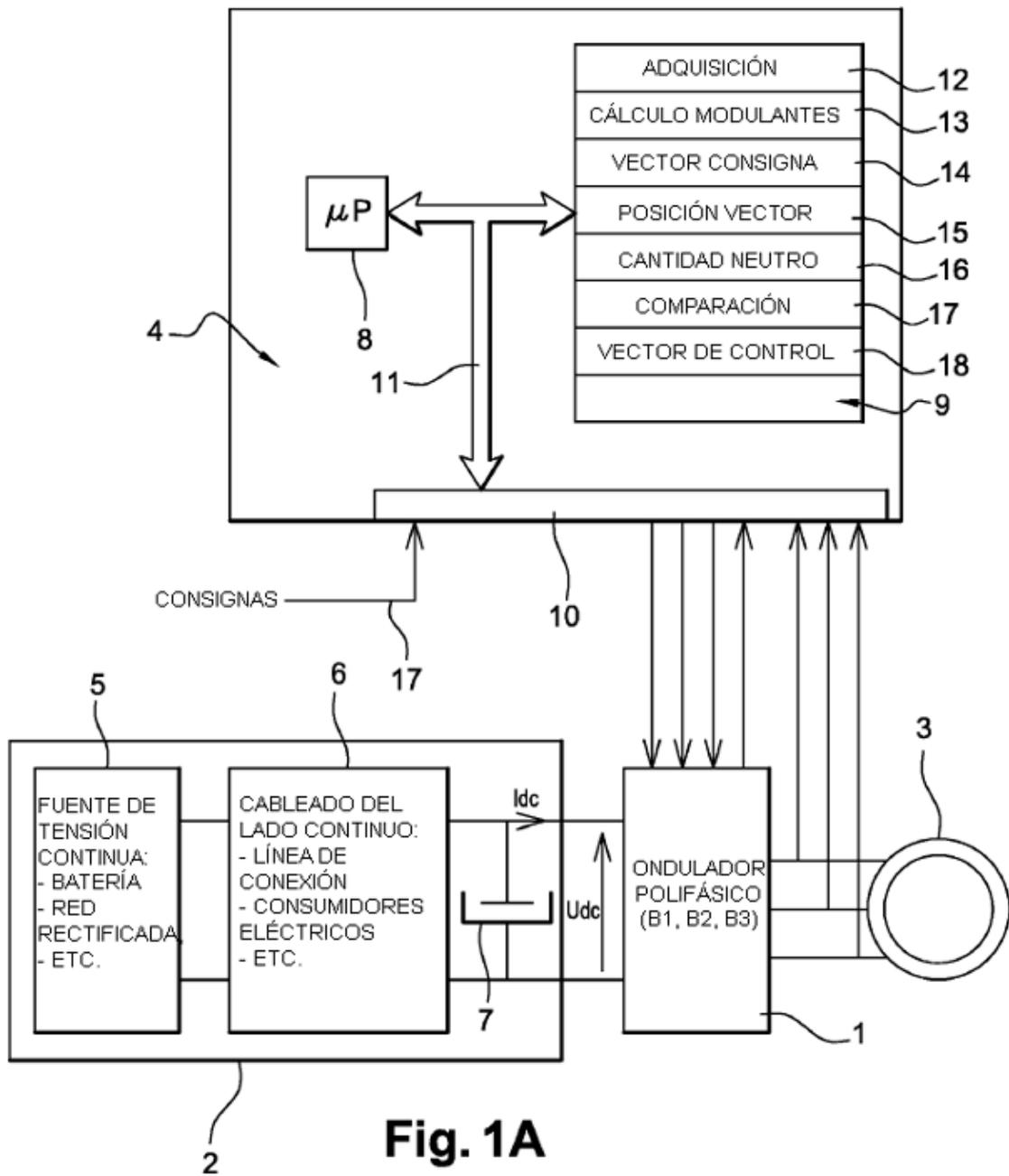
10 - seleccionar un primer método de producción de funciones de conmutación que produce un número reducido de combinación de funciones de conmutación correspondientes a vectores de control de rueda libre (\vec{V}_0, \vec{V}_7) o un segundo método de producción de funciones de conmutación que produce únicamente combinaciones de funciones de conmutación correspondientes a vectores de control activos ($\vec{V}_1, \dots, \vec{V}_6$), estando definidos dichos métodos en función de un vector de tensión de consigna dado (\vec{V}^*) y que comprende una etapa de determinación de una modulante (mod_1, mod_2, mod_3) asociada a cada rama del puente a partir de consignas de tensión escalares ($V1^*, V2^*, V3^*$), y

15 - aplicar dicho método seleccionado para producir una sucesión de vectores de controles a partir de las combinaciones de funciones de conmutación producidas,

20 caracterizado porque este dispositivo comprende medios dispuestos para

25 - comparar modulantes trasladadas una cantidad de neutro con una portadora, estando asociada una modulante a cada rama de puente,

- definir funciones de conmutación (SC) para controlar dicho puente.



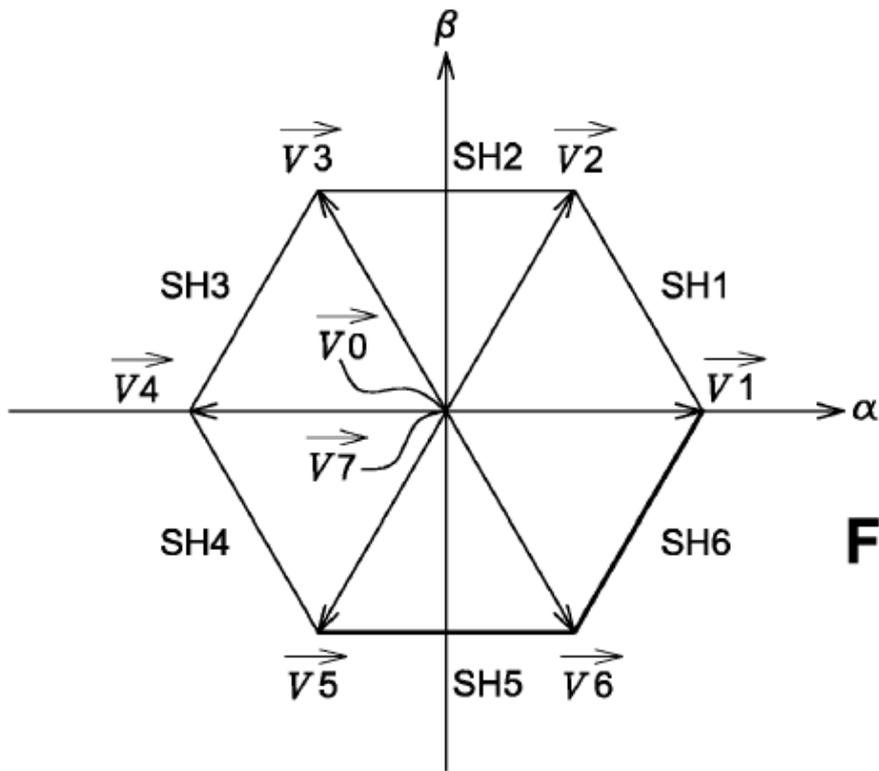


Fig. 1b

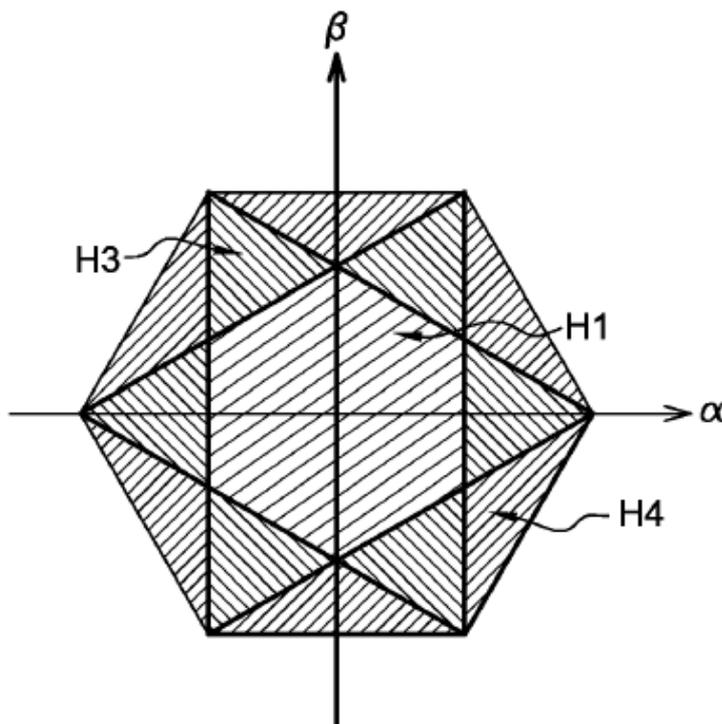


Fig. 3b

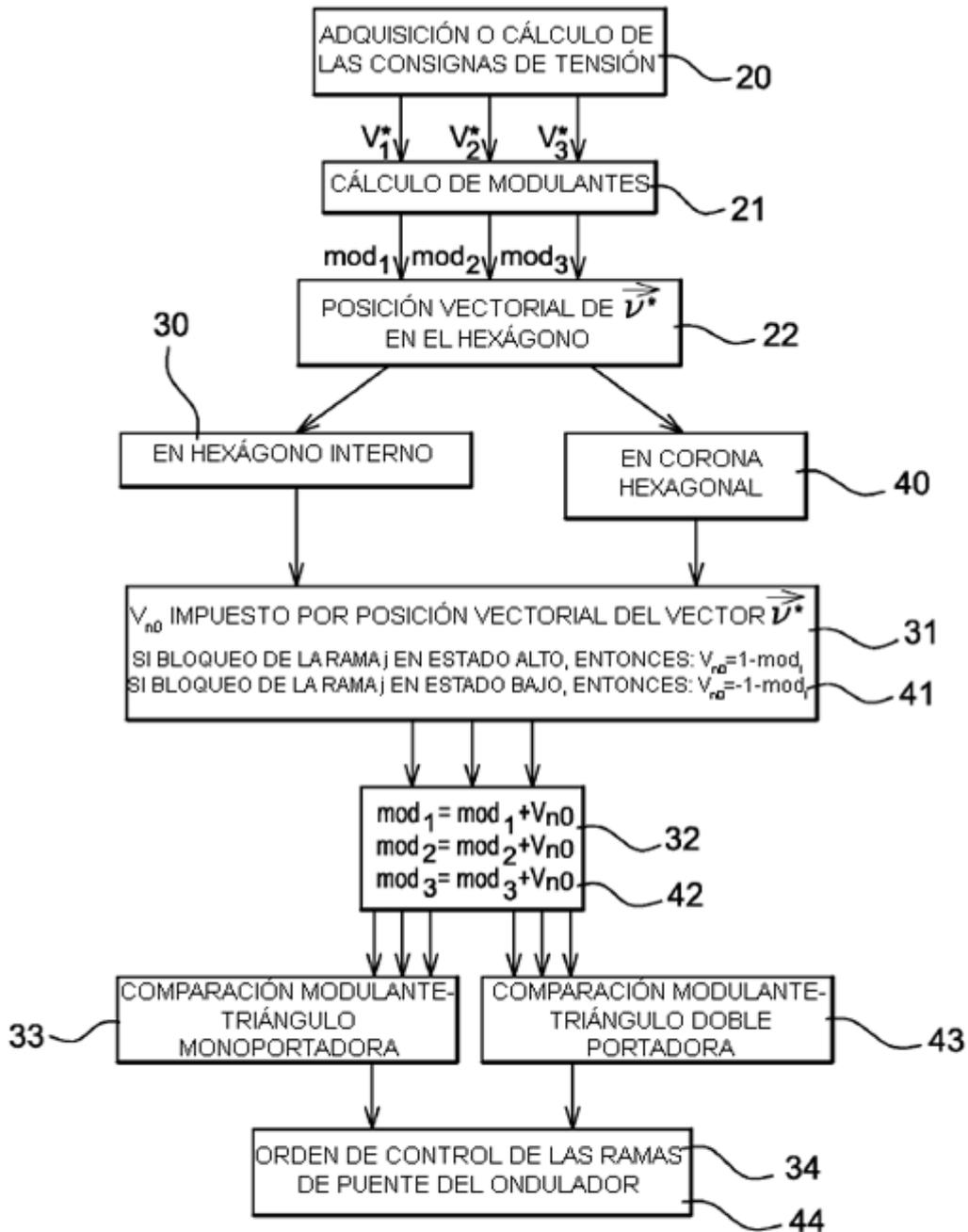


Fig. 2a

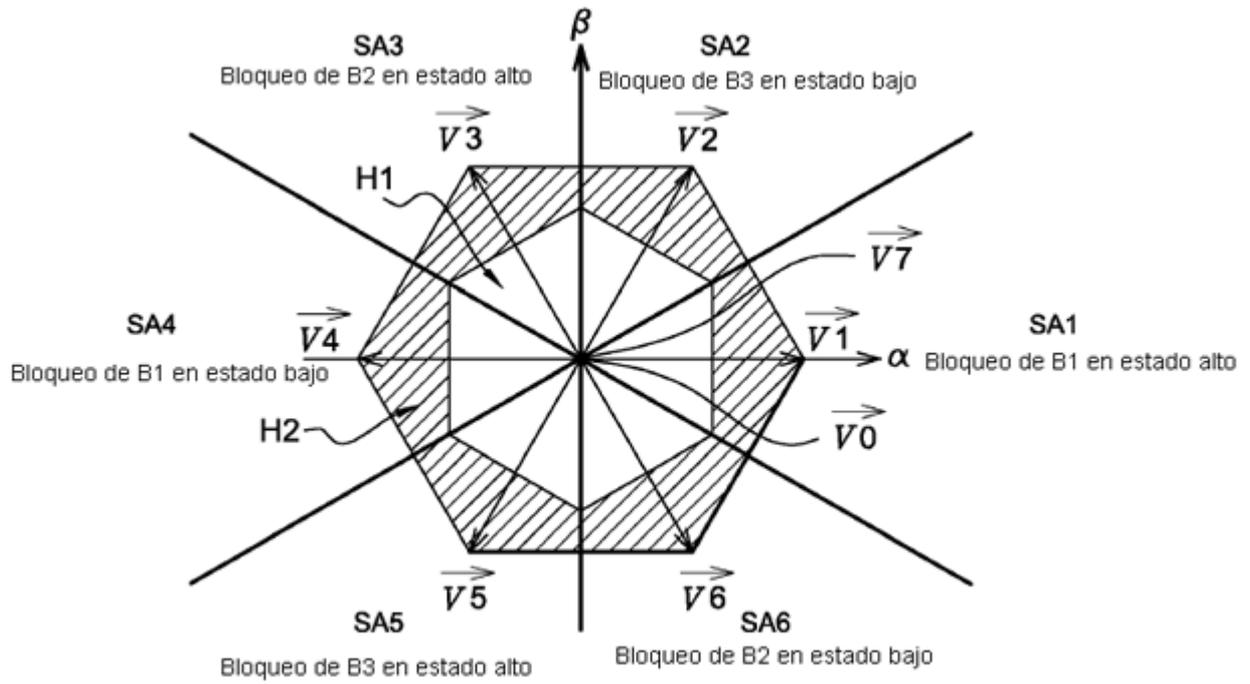


Fig. 2b

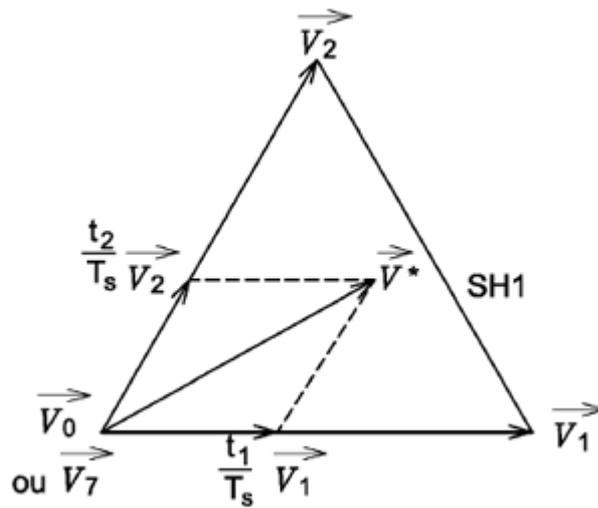


Fig. 2c

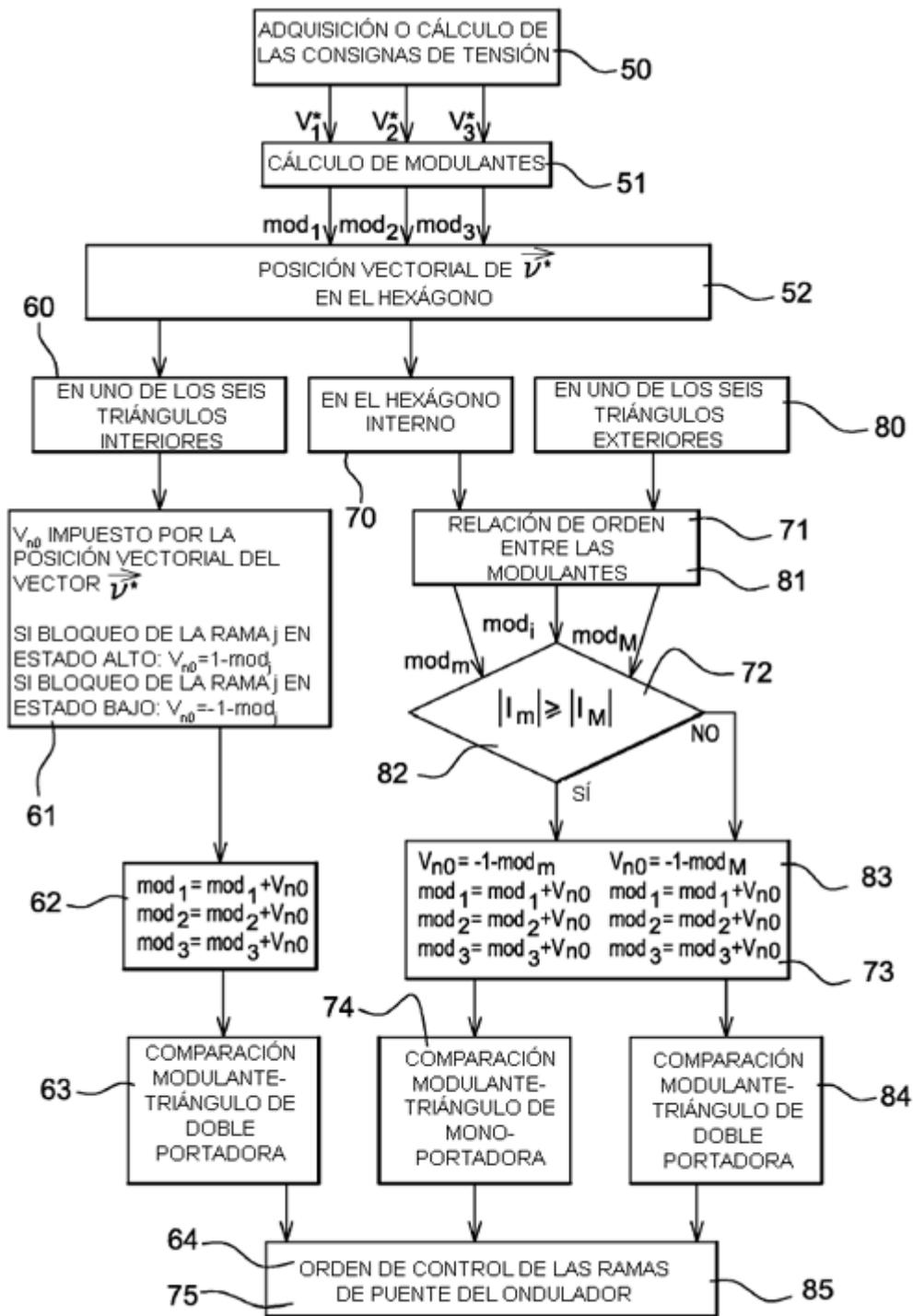


Fig. 3A

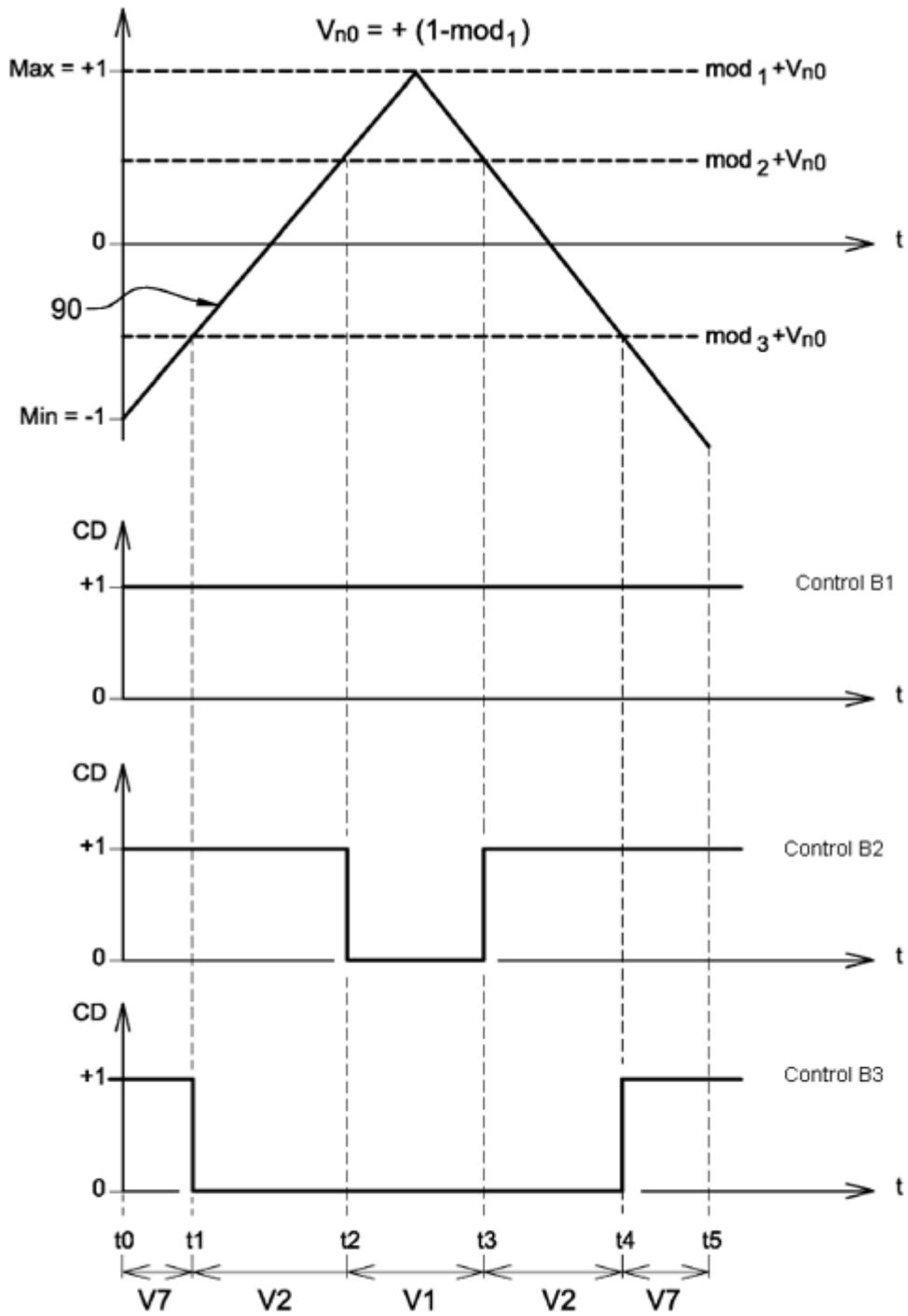


Fig. 4

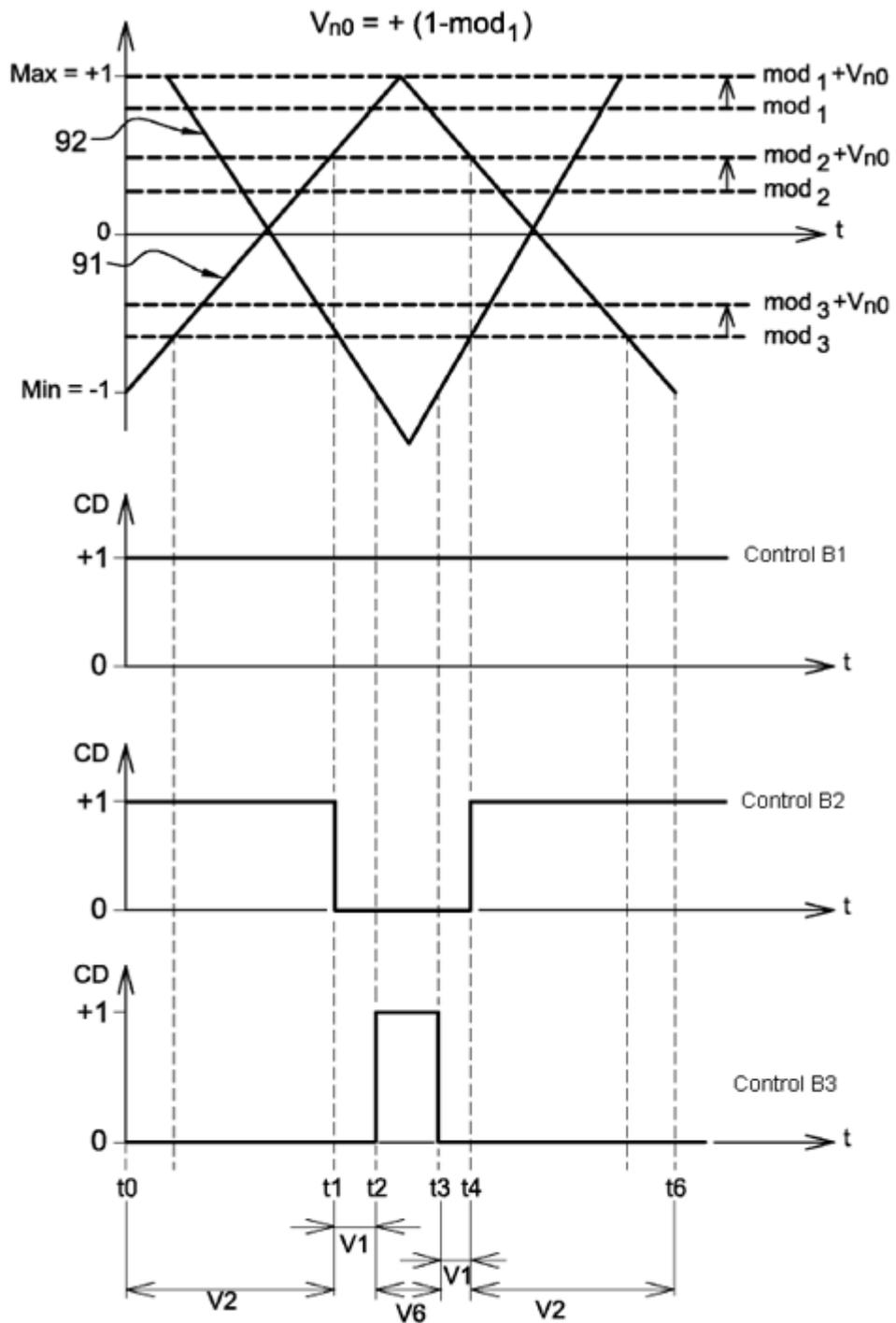


Fig. 5