

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 903**

51 Int. Cl.:

H02M 7/48	(2007.01)
H02P 21/00	(2006.01)
H02P 27/04	(2006.01)
G01R 1/20	(2006.01)
G01R 19/00	(2006.01)
H02P 21/12	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.03.2014 PCT/JP2014/055438**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14136761**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.03.2014 E 14760062 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 2966767**

54 Título: **Controlador de convertidor de potencia**

30 Prioridad:

05.03.2013 JP 2013043011

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

08.05.2019

73 Titular/es:

**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
Umeda Center Building 4-12, Nakazaki-Nishi 2-
chome, Kita-ku, Osaka-shi
Osaka 530-8323, JP**

72 Inventor/es:

**NAKAGAWA, MICHIHIRO;
KITANO, NOBUKI y
KOBAYASHI, NAOTO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 711 903 T3

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

DESCRIPCIÓN

Controlador de convertidor de potencia

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a la tecnología para controlar un convertidor de potencia y, en particular, a la tecnología para detectar corriente que fluye a través de un convertidor de potencia que convierte corriente alterna trifásica en corriente continua.

Antecedentes de la técnica

10 Con respecto a un inversor que recibe tensión CC y produce tensión CA trifásica, la tecnología para detectar corriente de línea de cada fase que fluye entre el inversor y una carga, y controlar el funcionamiento de la carga según la corriente de línea se conoce.

La corriente trifásica fluye entre el inversor y la carga y, por consiguiente, si la corriente de línea de dos fases se detecta, la corriente de línea de la otra fase se determina de manera no ambigua. Al menos dos sensores, cada uno de los cuales detecta corriente de línea, son, por lo tanto, en general, necesarios.

15 El uso de múltiples sensores, sin embargo, lleva a un coste alto. Con el fin de resolver el presente problema, existe la tecnología de proveer un sensor a al menos uno de un par de buses CC para suministrar tensión CC al inversor para detectar corriente (de aquí en adelante, se hará referencia a esta como "corriente de enlace CC") que fluye a través del sensor como la corriente de línea de una fase. De manera específica, a qué fase de la corriente de línea corresponde la corriente de enlace CC se determina tomando en consideración un patrón de conmutación usado por el inversor mientras la corriente de enlace CC fluye.

20 En la presente tecnología, con el fin de determinar a qué fase de la corriente de línea corresponde la corriente de enlace CC, un patrón de conmutación tiene que mantenerse durante el tiempo requerido para detectar la corriente de enlace CC.

25 La corriente de enlace CC se conmuta en trayectos de corriente en el inversor debido a la conmutación del inversor y luego se genera la sobreoscilación. Hay un tiempo de encendido de un dispositivo de conmutación para llevar a cabo la conmutación del inversor. El tiempo para la conversión A/D se requiere además para manejar valores de la corriente de enlace CC como datos.

30 Es decir, el tiempo durante para el cual un patrón de conmutación tiene que mantenerse para asociar la corriente de enlace CC a la corriente de línea de una fase tiene que ser al menos más largo que el tiempo total del tiempo para la sobreoscilación de la corriente de enlace CC, el tiempo para la conversión A/D y el tiempo para el encendido del dispositivo de conmutación. Aún otro factor como, por ejemplo, el tiempo muerto de conmutación, puede tener que considerarse.

Hay, por lo tanto, una cantidad mínima de tiempo requerida para mantener un patrón de conmutación para medir la corriente de enlace CC para detectarla como corriente de línea. De aquí en adelante, se hace referencia al presente valor como un límite de tiempo mínimo.

35 Un aumento obligatorio, solamente, en el tiempo durante el cual un patrón de conmutación se usa para obtener la corriente de línea obviamente provoca la distorsión de la tensión de salida del inversor y además provoca la distorsión de la corriente de línea producida desde el inversor.

40 El patrón de conmutación del inversor, en especial, un inversor de origen de tensión, puede determinarse mediante el uso del así llamado método con un lugar geométrico circular (o un método de aproximación circular). El método con un lugar geométrico circular (de aquí en adelante, "el método de lugar geométrico circular") se conoce a partir del Documento de Patente 1 y de los Documentos de No Patente 1 a 3, por ejemplo. En el método de lugar geométrico circular, el flujo magnético en la carga se controla cada ciclo de control predeterminado.

Además, los Documentos de Patente 2 a 5 también se enumeran como documentos de la técnica anterior para describir problemas más adelante.

45 Además, el documento de patente 6 describe un método de modulación por ancho de pulsos que tiene las etapas de operar una segunda señal de instrucción de modo que cada una de las diferencias entre dos o tres señales de instrucciones arbitrarias en tres primeras señales de instrucción pueden convertirse en más que el valor predeterminado, y moderarse en el ancho de pulsos según la segunda señal de instrucción.

50 El documento de patente 7 describe un método de control de lazo abierto o lazo cerrado para un convertidor que suministra un motor eléctrico. Un vector espacial de corriente se adquiere como corriente de motor. La tensión del motor, en particular, un vector espacial de tensión, se establece y un vector espacial de tensión inducida se determina, el cual se reenvía a un elemento de integración. Un vector espacial de flujo se genera, cuya posición angular es perpendicular al vector espacial de tensión. Además, la cantidad del vector espacial de flujo corresponde

a un valor nominal predefinido y a una diferencia del resultado de integración en el prospecto de flujo por consiguiente producido se usa como realimentación en el elemento de integración.

El documento de patente 8 describe un método para la estimación sin sensores de una velocidad de rotor y posición de una máquina síncrona de imán permanente.

- 5 El documento de no patente 4 describe una fuente de tensión orientada por flujo de estátor y un control de velocidad variable basados en la medición de enlace CC. Hay comandos de tensión d-q generados. En la estructura de referencia orientada por flujo de estátor, el lazo de torque y un lazo de flujo se encuentran cerrados. Las señales de realimentación de torque electromagnético y flujo de estátor se derivan de la tensión de enlace CC, corriente de enlace CC y estados de conmutación de inversor.

10 Documentos de la Técnica Anterior

Documentos de Patentes

Documento de Patente 1: Patente japonesa No. 3289281

Documento de Patente 2: Publicación Abierta a Inspección Pública de Solicitud de Patente Japonesa No. 11-4594

Documento de Patente 3: Patente Japonesa N. 3664040

- 15 Documento de Patente 4: Patente Japonesa No. 4643404

Documento de Patente 5: Publicación Abierta a Inspección Pública de Solicitud de Patente Japonesa No. 2011-234428

Documento de Patente 6: US 2004/1311 A1

Documento de Patente D7: US 2011/068722 A1

- 20 Documento de Patente D8: EP 1 944 860 A1

Documentos de No Patente

Documento de No Patente 1: Ohyama y otros cuatro, "A Novel Current Control Technique for Voltage Source Inverter in Field Oriented Control", *Institute of Electrical Engineers of Japan Transactions B*, Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón, 1985, Vol. 105, No. 11, p. 901-908

- 25 Documento de No Patente 2: Daijyo y otros tres, "On the Magnetic Noise of an Induction Motor Driven by PWM Inverter", *the Institute of Electrical Engineers of Japan Transactions D*, Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón, 1988, Vol. 108, No. 3, p. 237-244

Documento de No Patente 3: Daijyo y otros tres, "On PWM Patterns and Harmonic Analysis of a General Purpose Inverter for Induction Motor Drives", *the Institute of Electrical Engineers of Japan Transactions D*, Instituto de Ingenieros Eléctricos de Japón, 1989, Vol. 109, No. 11, p. 809-816

- 30 Documento de No Patente 4: Yanhong Xue y otros: "A stator flux-oriented voltage source variable-speed drive based on DC link measurement", XP00026404

Documento de No Patente 4: Yanhong Xue y otros: "A stator flux-oriented voltage source variable-speed drive based on DC link measurement", XP00026404

Compendio de la invención

Problemas a resolver por la invención

- 35 El Documento de Patente 1 y los Documentos de No Patente 1 a 3 enumerados más arriba no tienen la perspectiva del límite de tiempo mínimo mencionado más arriba y, por consiguiente, no describen el mantenimiento del patrón de conmutación para detectar la corriente de línea para el límite de tiempo mínimo o más largo mientras el flujo magnético se mantiene a lo largo del ciclo de control en un caso donde el método de lugar geométrico circular se usa.

- 40 Los Documentos de Patente 2 a 5 describen la tecnología para mantener el patrón de conmutación para detectar la corriente de línea para el límite de tiempo mínimo o más largo mientras se mantiene la tensión de salida del inversor a lo largo del ciclo de control en un caso donde se usan los así llamados vectores de tensión. Dichos documentos, sin embargo, no tienen la perspectiva de control que usa integrales en el tiempo de los vectores de tensión y, por consiguiente, no describen o sugieren tecnología que sea directamente aplicable al método de lugar geométrico circular.
- 45

Es un objeto de la presente solicitud proveer tecnología para mantener, en el control mediante el uso del método de lugar geométrico circular, el patrón de conmutación para detectar corriente de fase o corriente de línea para el límite de tiempo mínimo o más largo mientras se mantiene el flujo magnético a lo largo del ciclo de control.

Medios para resolver los problemas

El presente objeto se resuelve por las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones ventajosas de la invención.

5 El primer aspecto de un controlador de convertidor de potencia según la presente invención es un controlador de convertidor de potencia (6) para controlar, cada ciclo predeterminado (T_0), un convertidor de potencia (3) que aplica tensión trifásica (V_u, V_v, V_w) a una carga inductiva (5) para suministrar corriente trifásica (I_u, I_v, I_w) a la carga inductiva.

10 El convertidor de potencia incluye tres trayectos de corriente. Cada uno de los trayectos de corriente tiene un nodo (P_u, P_v, P_w) y un par de conmutadores ($4_{up}, 4_{un}$), ($4_{vp}, 4_{vn}$), ($4_{wp}, 4_{wn}$) conectados en serie mediante el nodo entre un par de buses CC (LL, LH) en uno de los cuales puede detectarse corriente, y la corriente trifásica se produce desde los tres nodos según los estados de conducción/no conducción de los tres pares de conmutadores. Los estados de conducción/no conducción se basan en múltiples patrones de conmutación.

15 Los vectores de tensión (V_0 a V_7) correspondientes a los patrones de conmutación se clasifican en un par de vectores de tensión cero (V_0, V_7) y seis vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) diferentes de los vectores de tensión cero. Un primer vector (V_0) de los vectores de tensión cero corresponde a un patrón de conmutación en el cual la carga inductiva se conecta solamente a un primer bus (LH) de los buses CC, y un segundo vector (V_7) de los vectores de tensión cero corresponde a un patrón de conmutación en el cual la carga inductiva se conecta solamente a un segundo bus (LL) de los buses CC. Los vectores de tensión distintos de cero se muestran con los vectores de tensión cero como puntos iniciales que se ubicarán cada ángulo de $\pi/3$ en un plano complejo. Cada dos de los vectores de tensión distintos de cero que se ubican para formar un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo corresponden a los patrones de conmutación que son comunes en uno de los trayectos de corriente y diferentes en los otros dos de los trayectos de corriente. Cada dos de los vectores de tensión distintos de cero que se ubican para formar un ángulo de π en el plano complejo corresponden a los patrones de conmutación que son diferentes en los tres trayectos de corriente.

25 El controlador de convertidor de potencia incluye un generador de comando de diferencia (62), un generador de comando de vector (63, 64, 65, 66), un generador de señal de conmutación (67) y una unidad de cálculo de corriente de fase (61).

30 El generador de comando de diferencia (62) genera un comando de diferencia ($\Delta\Psi(\theta)$) equivalente a una integral en el tiempo de la tensión trifásica aplicada a la carga inductiva en uno de los ciclos predeterminados en el plano complejo.

El generador de comando de vector genera múltiples comandos de vector ($[I^*]$) que son, respectivamente, integrales en el tiempo de los vectores de tensión y componen el comando de diferencia.

35 El generador de señal de conmutación genera señales de conmutación ($G_{up}, G_{vp}, G_{wp}, G_{un}, G_{vn}, G_{wn}$) para controlar los estados de conducción/no conducción de los tres pares de conmutadores según los comandos de vector.

La unidad de cálculo de corriente de fase detecta la corriente (I_d) que fluye a través de los buses CC para obtener un valor estimado para la corriente trifásica según la corriente y los comandos de vector.

40 Al menos dos de los comandos de vector que son integrales en el tiempo de diferentes vectores de los vectores de tensión distintos de cero tienen magnitudes mayores que o iguales a un valor predeterminado (T_{\min}) que corresponde a una cantidad de tiempo mínima requerida para mantener los patrones de conmutación con el fin de que la unidad de cálculo de corriente de fase detecte la corriente.

Además, en el primer aspecto, el generador de comando de vector incluye un generador de vector original (63), un generador de vector de corrección (64), un generador de vector de compensación (65) y una unidad de integración de vectores (66).

45 El generador de vector original genera, cada ciclo predeterminado (T_0), vectores originales ($\tau_0.V_0, \tau_7.V_7, \tau_4.V_4, \tau_6.V_6$) incluido un par de vectores distintos de cero originales ($\tau_4.V_4, \tau_6.V_6$).

El generador de vector de corrección genera un par de vectores de corrección ($\tau_4'.V_4, \tau_6'.V_6$), ($\tau_4'a.V_4, \tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'b.V_4, \tau_2'b.V_2$), ($\tau_6'b.V_6, \tau_5'b.V_5$) cada ciclo predeterminado (T_0).

50 El generador de vector de compensación genera un par de vectores de compensación ($\tau_4''.V_4, \tau_6''.V_6$), ($\tau_3'a.V_3, \tau_1'a.V_1$), ($\tau_5'b.V_5, \tau_1'b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2, \tau_3''b.V_3$) cada ciclo predeterminado (T_0).

La unidad de integración de vectores integra el par de vectores de corrección, el par de vectores de compensación y al menos uno de los vectores sin valor ($\tau_0.V_0, \tau_7.V_7$) para producir los comandos de vector.

El par de los vectores distintos de cero originales son, cada uno, un integral en el tiempo del vector de tensión distinto de cero, forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo, y componen una mitad del comando de diferencia ($\Delta\Psi(\theta)$).

- 5 El par de los vectores de corrección son, cada uno, un integral en el tiempo del vector de tensión distinto de cero, cada uno tiene una magnitud mayor que o igual al valor predeterminado (T_{\min}), y corresponden a vectores mutuamente diferentes de los vectores de tensión distintos de cero.

Uno de los vectores de tensión distintos de cero correspondiente a uno del par de vectores de corrección ($\tau_4'.V_4$), ($\tau_6'.V_6$), ($\tau_4'a.V_4$), ($\tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'b.V_4$), ($\tau_6'b.V_6$) y uno de los vectores de tensión distintos de cero correspondiente a uno de los vectores distintos de cero originales ($\tau_4.V_4$), ($\tau_6.V_6$) concuerdan entre sí.

- 10 El par de los vectores de compensación son, cada uno, un integral en el tiempo del vector de tensión distinto de cero, corresponden a vectores mutuamente diferentes de los vectores de tensión distintos de cero, y componen el comando de diferencia junto con el par de los vectores de corrección.

Los vectores sin valor son, cada uno, un integral en el tiempo del vector de tensión cero (V_0), (V_7), y no tienen magnitudes.

- 15 El segundo aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención es el segundo aspecto y, en los comandos de vector, los vectores sin valor se usan en un punto de tiempo inicial (t_s) y/o en un punto de tiempo final (t_e) del ciclo predeterminado.

- 20 En los comandos de vector, una diferencia entre el número de conmutadores que conducen entre los nodos y uno de los buses CC en los patrones de conmutación correspondientes a los vectores de tensión (V_0), (V_7) correspondientes a los vectores sin valor y el número de conmutadores que conducen entre los nodos y el bus de los buses CC en los patrones de conmutación correspondientes a los vectores de tensión (V_4), (V_6) correspondientes a los comandos de vector usados inmediatamente después de los vectores sin valor es uno.

- 25 El tercer aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención es el tercer aspecto, y cada uno de los vectores de tensión distintos de cero (V_4 , V_6) correspondientes a los vectores de corrección y cada uno de los vectores de tensión distintos de cero (V_4 , V_6) correspondientes a los vectores distintos de cero originales concuerdan entre sí.

El par de los vectores de compensación ($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_6''.V_6$, $\tau_2''.V_2$), ($\tau_2''.V_2$, $\tau_3''.V_3$), ($\tau_3''.V_3$, $\tau_1''.V_1$), ($\tau_1''.V_1$, $\tau_5''.V_5$), ($\tau_5''.V_5$, $\tau_4''.V_4$) forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo.

- 30 Un primer vector ($\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''.V_3$), ($\tau_5''.V_5$) del par de los vectores de compensación se usa antes de un segundo vector ($\tau_4''.V_4$), ($\tau_2''.V_2$), ($\tau_1''.V_1$) del par de los vectores de compensación. Un primer número, un segundo número y un tercer número descritos más adelante tienen las siguientes relaciones: el primer número es mayor que el segundo número en un caso donde el tercer número es tres, el primer número es más pequeño que el segundo número en un caso donde el tercer número es cero, y el primer número es igual al tercer número en un caso donde el tercer número es uno o dos.

- 35 El primer número denota el número de conmutadores que conducen entre los nodos y uno de los buses CC en uno de los patrones de conmutación correspondientes a uno de los vectores de tensión (V_6), (V_3), (V_5) correspondientes al primero de los vectores de compensación.

- 40 El segundo número denota el número de conmutadores que conducen entre los nodos y uno de los buses CC en uno de los patrones de conmutación correspondientes a uno de los vectores de tensión (V_4), (V_2), (V_1) correspondientes al segundo de los vectores de compensación.

El tercer número denota el número de conmutadores que conducen entre los nodos y uno de los buses CC en uno de los patrones de conmutación correspondientes a uno de los vectores de tensión (V_7), (V_6), (V_4) correspondientes uno de los comandos de vector ($\tau_7''.V_7$), ($\tau_7a''.V_7$), ($\tau_0a''.V_0$), ($\tau_6'.V_6$), ($\tau_4'.V_4$), ($\tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'a.V_4$) usados inmediatamente antes del primero de los vectores de compensación.

- 45 El cuarto aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención es el tercer aspecto, y las siguientes relaciones se satisfacen en un caso donde la suma de magnitudes ($\tau_4 + \tau_6$) del par de los vectores distintos de cero originales es más pequeño que o igual a una mitad ($T_{\min}/2$) del valor predeterminado.

Los vectores de corrección ($\tau_4'b.V_4$, $\tau_2'b.V_2$), ($\tau_6'b.V_6$, $\tau_5'b.V_5$) corresponden a un par de los vectores de tensión distintos de cero que forman un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo.

- 50 Los vectores de compensación ($\tau_5''b.V_5$, $\tau_1''b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2$, $\tau_3''b.V_3$) corresponden a un par de los vectores de tensión distintos de cero que forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo.

Uno (V_2), (V_5) de los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a uno ($\tau_2''b.V_2$), ($\tau_5''b.V_5$) del par de los vectores de corrección usados más adelante y a uno (V_5), (V_2) de los vectores de tensión distintos de cero

correspondientes a uno (τ_5 "b.V5), (τ_2 "b.V2) del par de los vectores de compensación usados anteriormente forman un ángulo de π en el plano complejo.

5 En el cuarto aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención, el par de los vectores de corrección tiene, cada uno, de manera deseable, una magnitud igual al valor predeterminado ($T_{\text{mín}}$). Uno (τ_1 "b.V1), (τ_3 "b.V3) del par de los vectores de compensación usados más adelante tiene una magnitud ($T_{\text{mín}} - 2(\tau_4 + \tau_6)$) obtenida mediante la resta de dos veces la suma de las magnitudes ($\tau_4 + \tau_6$) del par de los vectores distintos de cero originales del valor predeterminado ($T_{\text{mín}}$).

En los comandos de vector en uno de los ciclos predeterminados, los vectores sin valor no se interponen, de manera más deseable, entre el par de los vectores de compensación y el par de los vectores de corrección.

10 En el primero a cuarto aspectos del controlador de convertidor de potencia según la presente invención, los vectores distintos de cero originales que tienen, cada uno, una magnitud mayor que o igual al valor predeterminado ($T_{\text{mín}}$) se usan, de manera deseable, como los vectores de corrección.

15 En el segundo al cuarto aspectos del controlador de convertidor de potencia según la presente invención, los vectores originales se usan, de manera deseable, en el punto de tiempo inicial (t_s) y el punto de tiempo final (t_e) del ciclo predeterminado, y además incluyen un par de los vectores sin valor (τ_0 .V0), (τ_7 .V7) que son iguales entre sí. En los comandos de vector, uno del par de los vectores sin valor incluidos en los vectores originales se usa al menos en el punto de tiempo inicial (t_s) del ciclo predeterminado.

Efectos de la invención

20 Según el primer aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención, al controlar el convertidor de potencia, la corriente de cada fase que fluye del convertidor de potencia a la carga inductiva se estima a partir de la corriente que fluye a través de los buses CC sin afectar el lugar geométrico del flujo magnético general.

25 Además, en el controlador de convertidor de potencia según la presente invención, se hace que las magnitudes de al menos dos de los comandos de vector correspondientes a diferentes vectores de los vectores de tensión distintos de cero sean mayores que o iguales al valor predeterminado.

Según el segundo aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención, el número de tiempos de conmutación se reduce.

Según el tercer aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención, el número de tiempos de conmutación se reduce más.

30 Según el cuarto aspecto del controlador de convertidor de potencia según la presente invención, la desviación de flujo magnético se reduce en comparación con un aspecto en el cual el número de tiempos de conmutación se minimiza.

Los objetos, características, aspectos y ventajas de la presente invención se convertirán más aparentes a partir de la siguiente descripción detallada y los dibujos anexos.

35 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques que describe un controlador de convertidor de potencia según cada realización;

la Figura 2 es un diagrama de vector que muestra vectores de tensión usados en cada realización;

40 la Figura 3 es un diagrama de vector que muestra un vector de flujo magnético que indica el flujo magnético giratorio y un lugar geométrico que se muestra, de esta manera, en un plano complejo;

la Figura 4 es un diagrama de vector que muestra un comando de diferencia;

la Figura 5 es un diagrama de vector que muestra vectores originales y vectores de flujo magnético usados en un ciclo predeterminado;

45 la Figura 6 es un diagrama de vector que muestra vectores originales y vectores de flujo magnético usados en el ciclo predeterminado;

la Figura 7 es un diagrama de vector que muestra vectores originales, vectores de corrección y un vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado en una primera realización;

la Figura 8 es un diagrama de vector que muestra un par de vectores de compensación y el vector de compensación compuesto de aquel en la primera realización;

- las Figuras 9 y 10 son diagramas de vector que muestran el vector de compensación compuesto y un par de vectores de compensación que componen el vector de compensación compuesto en la primera realización;
- la Figura 11 es un diagrama de vector que muestra vectores originales, vectores de corrección y un vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado en la primera realización;
- 5 las Figuras 12 a 14 son diagramas de vector que muestran el vector de compensación compuesto y un par de vectores de compensación que componen el vector de compensación compuesto en la primera realización;
- la Figura 15 es un diagrama de vector que muestra vectores originales, vectores de corrección y un vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado en la primera realización;
- 10 las Figuras 16 a 18 son diagramas de vector que muestran el vector de compensación compuesto y un par de vectores de compensación que componen el vector de compensación compuesto en la primera realización;
- la Figura 19 es un diagrama de vector que muestra vectores originales, vectores de corrección y un vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado en la primera realización;
- las Figuras 20 a 22 son diagramas de vector que muestran el vector de compensación compuesto y un par de vectores de compensación que componen el vector de compensación compuesto en la primera realización;
- 15 la Figura 23 es un diagrama de vector que muestra vectores originales, vectores de corrección y un vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado en la primera realización;
- las Figuras 24 a 26 son diagramas de vector que muestran el vector de compensación compuesto y un par de vectores de compensación que componen el vector de compensación compuesto en la primera realización;
- 20 la Figura 27 es un diagrama de vector que muestra vectores originales, vectores de corrección y un vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado en la primera realización;
- las Figuras 28 a 30 son diagramas de vector que muestran el vector de compensación compuesto y un par de vectores de compensación que componen el vector de compensación compuesto en la primera realización;
- la Figura 31 es un diagrama de vector que muestra vectores originales a los cuales una segunda realización es aplicable;
- 25 la Figura 32 es un diagrama de vector que muestra comandos de vector usados en la segunda realización junto con vectores originales y los comandos de vector usados en la primera realización;
- la Figura 33 es un diagrama de vector que muestra vectores originales y un lugar geométrico ideal de un punto terminal de un vector de flujo magnético;
- 30 la Figura 34 es un diagrama de vector que muestra vectores de corrección usados en la segunda realización junto con los vectores de corrección usados en la primera realización;
- la Figura 35 es un diagrama de vector que muestra vectores de compensación usados en la segunda realización junto con los vectores de compensación usados en la primera realización;
- las Figuras 36 a 38 son diagramas de tiempo que muestran las longitudes de tiempos durante los cuales los vectores de tensión se usan; y
- 35 la Figura 39 es un diagrama de vector que muestra comandos de vector usados en la segunda realización junto con vectores originales y los comandos de vector usados en la primera realización.

Descripción de las realizaciones

Conceptos básicos

- 40 Con anterioridad a la descripción de detalles de las realizaciones, los conceptos básicos que sustentan dichas realizaciones se describen. Los conceptos básicos pueden, obviamente, entenderse como una realización de la presente invención.

- 45 La Figura 1 es un diagrama de bloques que describe un controlador de convertidor de potencia según las realizaciones descritas más abajo. Un inversor 3, que es un convertidor de potencia, incluye tres trayectos de corriente que se conectan en paralelo entre sí entre un par de buses CC LH y LL. La tensión CC E se aplica a lo largo de los buses CC LH y LL, y un potencial del bus CC LH es más alto que un potencial del bus CC LL.

Los tres trayectos de corriente tienen nodos respectivos Pu, Pv y Pw. El trayecto de corriente que tiene el nodo Pu incluye un par de conmutadores 4up y 4un que se conectan en serie mediante el nodo Pu entre los buses CC LH y LL. El trayecto de corriente que tiene el nodo Pv incluye un par de conmutadores 4vp y 4vn que se conectan en serie

mediante el nodo Pv entre los buses CC LH y LL. El trayecto de corriente que tiene el nodo Pw incluye un par de conmutadores 4wp y 4wn que se conectan en serie mediante el nodo Pw entre los buses CC LH y LL. Los conmutadores 4up, 4vp y 4wp se disponen, respectivamente, más cerca del bus DC bus LH que lo que se encuentran los conmutadores 4un, 4vn y 4wn.

- 5 El inversor 3 aplica tensión Vu, Vv y Vw de los nodos Pu, Pv y Pw a una carga inductiva 5 según la apertura y el cierre (estados de conducción/no conducción) de los conmutadores 4up, 4vp, 4wp, 4un, 4vn y 4wn para suministrar corriente lu, lv e lw a la carga inductiva 5. La corriente lu, lv e lw es una corriente de línea trifásica, y la tensión Vu, Vv y Vw es una tensión de fase trifásica. La carga inductiva 5 es una carga trifásica, y es un motor, por ejemplo. En el motor, el flujo magnético giratorio correspondiente a un vector de flujo magnético descrito más adelante se forma (es preciso ver, por ejemplo, el Documento de No Patente 3).

10 En aras de la simplicidad, la descripción se realiza más abajo tomando un caso donde la carga inductiva 5 tiene la así llamada bobina trifásica conectada en Y como un ejemplo. Corriente de fase, por consiguiente, tiene el mismo significado que corriente de línea. Además, en un caso donde la carga inductiva 5 tiene una bobina trifásica conectada en delta, la corriente de fase se calcula fácilmente a partir de la corriente de línea y, por consiguiente, la descripción de aquella se omite en la presente memoria.

15 La corriente de enlace CC Id que fluye a través del bus CC LL es corriente continua, y fluye en una dirección lejos del inversor 3. Como un método para detectar la corriente de enlace CC Id, se conocen un método para medir la caída de tensión en un elemento de resistencia, y un método que usa un transformador de corriente para la medición. La corriente de enlace CC Id también fluye a través del bus CC LH en una dirección hacia el inversor 3. Un medio para detectar la corriente de enlace CC Id puede proveerse al bus CC LL o LH.

20 Un controlador de inversor 6, que es un controlador de convertidor de potencia, produce señales de conmutación Gup, Gvp, Gwp, Gun, Gvn y Gwn para controlar, respectivamente, la apertura y el cierre de los conmutadores 4up, 4vp, 4wp, 4un, 4vn y 4wn para controlar el inversor 3. Es decir, un patrón de conmutación del inversor 3 se determina directamente por las señales de conmutación Gup, Gvp, Gwp, Gun, Gvn y Gwn.

25 De manera más específica, el controlador de inversor 6 incluye una unidad de cálculo de corriente de fase 61, un generador de comando de diferencia 62, un generador de vector original 63, un generador de vector de corrección 64, un generador de vector de compensación 65, una unidad de integración de vectores 66 y un generador de señal de conmutación 67.

30 La unidad de cálculo de corriente de fase 61 detecta la corriente de enlace CC Id y lleva a cabo el cálculo según la corriente de enlace CC Id y los comandos de vector $[\tau V]^*$ para obtener un valor estimado para la corriente trifásica lu, lv e lw. Una marca \square se usa en la presente memoria como una expresión para aclarar que una marca comprendida entre las marcas \square tiene el significado de en su conjunto, y no representa el producto de τ y V (lo mismo es aplicable de aquí en adelante).

35 Los comandos de vector $[\tau V]^*$ incluyen información sobre el patrón de conmutación del inversor 3 y el tiempo durante el cual el patrón de conmutación se usa, según se describe más adelante. Los detalles de un método para calcular la corriente de fase a partir de la información y la corriente de enlace CC Id se omiten en la presente memoria dado que se conocen.

40 El generador de señales de conmutación 67 genera las señales de conmutación Gup, Gvp, Gwp, Gun, Gvn y Gwn según los comandos de vector $[\tau V]^*$, de manera más específica, según el patrón de conmutación y el tiempo durante el cual el patrón de conmutación se usa incluidos en los comandos de vector $[\tau V]^*$. Los detalles de un método para generar las señales de conmutación se omiten en la presente memoria dado que también se conocen.

45 El generador de comando de diferencia 62 genera un comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ según la corriente lu, lv e lw (estrictamente, este es un valor estimado para aquel, pero el valor estimado se usa, de aquí en adelante, de manera intercambiable con un valor real en aras de la simplicidad) y un comando de corriente I*, que es un valor de comando para la corriente lu, lv e lw.

El generador de comando de diferencia 62 puede usar un comando de velocidad en lugar de una entrada de la corriente lu, lv e lw y el comando de corriente I*. En el presente caso, una salida de control de velocidad se usa como el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$. La corriente lu, lv e lw se usa como información para el control de vector sin sensores, por ejemplo.

50 El comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ concuerda con un valor de comando para un cambio de un vector de flujo magnético en un ciclo en el cual el controlador de inversor 6 controla el inversor 3. Los detalles se describen en orden más abajo.

55 Los vectores de tensión se describen primero. La Figura 2 es un diagrama de vector que muestra vectores de tensión usados en los conceptos básicos y cada realización. Como se conoce, los vectores de tensión se muestran en el plano complejo. El inversor 3 funciona para corresponder a tres fases, a saber, una fase U, una fase V y una fase W, y la tensión E o tensión 0 se aplica, idealmente, a lo largo del bus CC LL y los nodos Pu, Pv y Pw. Con

respecto a un valor numérico de tres dígitos que determina cada vector de tensión, 1 o 0 en el lugar de los números cuatro se usa según la tensión E o 0 aplicada al nodo Pu, 0 o 1 en el lugar de los números dos se usa según la tensión E o 0 aplicada al nodo Pv, y 1 o 0 en el lugar de los uno se usa según la tensión E o 0 aplicada al nodo Pw. Además, el valor de tres dígitos se comprende como un número binario, y un valor obtenido mediante la conversión del número binario en un número decimal se usa como el número del vector de tensión.

Un vector de tensión V0 correspondiente a la aplicación de la tensión 0 a cada uno de los nodos Pu, Pv y Pw, y un vector de tensión V7 correspondiente a la aplicación de la tensión E a cada uno de los nodos Pu, Pv y Pw no tienen magnitudes en la Figura 2. Comúnmente se hace referencia a dichos vectores de tensión V0 y V7 como vectores de tensión cero. El vector de tensión cero V0 corresponde a la conexión de la carga inductiva 5 solamente al bus CC LL y el vector de tensión cero V7 corresponde a la conexión de la carga inductiva 5 solamente al bus CC LH.

En la presente memoria, se hace referencia a los vectores de tensión V1 a V6 diferentes de los vectores de tensión cero como vectores de tensión distintos de cero. Los vectores de tensión distintos de cero V1 a V6 se muestran en el plano complejo para satisfacer las siguientes relaciones:

(i) Los vectores de tensión distintos de cero se muestran con los vectores de tensión cero como puntos iniciales que se ubicarán cada ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo;

(ii) Cada dos de los vectores de tensión distintos de cero que se ubican para formar un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo corresponden a los patrones de conmutación que son comunes en uno de los trayectos de corriente y diferentes en los otros dos de los trayectos de corriente; y

(iii) Cada dos de los vectores de tensión distintos de cero que se ubican para formar un ángulo de π en el plano complejo corresponden a los patrones de conmutación que son diferentes en los tres trayectos de corriente.

Cuando la relación (i) se describe tomando un ejemplo, el vector de tensión V5 se ubica para formar un ángulo de $\pi/3$ con respecto a cada uno de los vectores de tensión V1 y V4 que se muestran adyacentes al vector de tensión V5.

Cuando la relación (ii) se describe tomando un ejemplo, los vectores de tensión V4 y V2 se ubican para formar un ángulo de $2\pi/3$, y corresponden a los patrones de conmutación que son comunes en el trayecto de corriente de la fase W (los valores en los lugares de los uno de los valores numéricos de tres dígitos que determinan los vectores de tensión son 0 en común) y diferentes en el trayecto de corriente de la fase V (los valores en los lugares de los dos de los valores numéricos de tres dígitos mencionados más arriba son 0 y 1, y son diferentes) y diferentes en el trayecto de corriente de la fase U (los valores en los lugares de los cuatro de los valores numéricos de tres dígitos mencionados más arriba son 1 y 0 y son diferentes).

Cuando la relación (iii) se describe tomando un ejemplo, los vectores de tensión V4 y V3 se ubican para formar un ángulo de π , y son diferentes en valores numéricos en todos los tres lugares que determinan los vectores de tensión.

Aquí, el vector de tensión cero V0 y los vectores de tensión distintos de cero V1, V2 y V4 corresponden a los patrones de conmutación que son comunes en dos de los trayectos de corriente (los valores en dos lugares de los valores numéricos de tres dígitos que determinan los vectores de tensión son 0 en común) y diferentes en el otro de los trayectos de corriente. El vector de tensión cero V7 y los vectores de tensión distintos de cero V3, V5 y V6 corresponden a los patrones de conmutación que son comunes en dos de los trayectos de corriente (los valores en dos lugares de los valores numéricos de tres dígitos que determinan los vectores de tensión son 1 en común) y diferentes en el otro de los trayectos de corriente.

Cuando el vector de tensión se conmuta, es deseable usar los vectores de tensión correspondientes a los patrones de conmutación que son comunes en dos de los trayectos de corriente antes y después de la conmutación para reducir una pérdida de conmutación. Por ejemplo, después de que se usa el vector de tensión V4, es deseable usar cualquiera de los vectores de tensión V0, V5 y V6 desde la perspectiva de reducción de la pérdida de conmutación. Ello es para reducir el número de tiempos de conmutación.

Aquí, dado que la tensión CC E se ingresa en el inversor 3 a través de los buses CC LH y LL, los vectores de tensión distintos de cero tienen, cada uno, una magnitud de $V(2/3)E$. Variaciones del vector de flujo magnético que indican el flujo magnético giratorio vinculado a una bobina del motor se expresan como integrales en el tiempo de los vectores de tensión distintos de cero.

Con el fin de asociar los integrales en el tiempo con las magnitudes de los vectores de tensión distintos de cero, la descripción se incluye más abajo suponiendo que los vectores de tensión distintos de cero tienen, cada uno, una magnitud de 1. En otras palabras, la descripción se realiza suponiendo que $E = V(3/2)$ se satisface.

La Figura 3 es un diagrama de vector que muestra un vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ que indica el flujo magnético giratorio y un lugar geométrico de un punto terminal de aquel en el plano complejo. Desde la perspectiva de hacer que el flujo magnético giratorio sea sinusoidal, el lugar geométrico es idealmente circular. El lugar geométrico del

vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$, sin embargo, es poligonal dado que el control real sobre el inversor 3 se basa en los vectores de tensión mencionados más arriba.

En la Figura 3, los números en círculos añadidos a los respectivos lados del polígono son los números de los vectores de tensión. Los integrales en el tiempo de los vectores de tensión indicados por los números se muestran a sus lados.

Como se comprende a partir de la Figura 3, el plano complejo se divide en un ángulo θ en áreas establecidas cada ángulo de $\pi/3$. El ángulo θ se define, en la presente memoria, como un ángulo que el vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ forma en una dirección en sentido horario con respecto a un vector compuesto obtenido mediante la composición de los vectores de tensión $V1$ y $V5$ ($0 \leq \theta < 2\pi$).

En método de lugar geométrico circular, normalmente, los vectores de tensión distintos de cero usados en cada una de las áreas se encuentran limitados como se muestra más abajo. Ello se debe a que es deseable que el lugar geométrico del punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ sea circular en el plano complejo según se describe más arriba.

$0 \leq \theta \leq \pi/3$: los vectores de tensión distintos de cero $V4$ y $V6$;

$\pi/3 \leq \theta \leq 2\pi/3$: los vectores de tensión distintos de cero $V6$ y $V2$;

$2\pi/3 \leq \theta \leq \pi$: los vectores de tensión distintos de cero $V2$ y $V3$;

$\pi \leq \theta \leq 4\pi/3$: los vectores de tensión distintos de cero $V3$ y $V1$;

$4\pi/3 \leq \theta \leq 5\pi/3$: los vectores de tensión distintos de cero $V1$ y $V5$; y

$5\pi/3 \leq \theta \leq 2\pi$: los vectores de tensión distintos de cero $V5$ y $V4$.

El control sobre el flujo magnético en dichas áreas es similar cada ángulo de $\pi/3$ con respecto al ángulo θ y, por consiguiente, la siguiente descripción que incluye aquello en cada una de las realizaciones se lleva a cabo tomando solamente un caso donde $0 \leq \theta \leq \pi/3$ se satisface como un ejemplo. Ello se debe a que la descripción en el presente caso se aplica a las otras áreas desplazando el criterio del ángulo θ solo en un ángulo de $\pi/3$.

La Figura 4 es un diagrama de vector que muestra un comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta(te))$. Los vectores de flujo magnético $\Psi(\theta(ts))$ y $\Psi(\theta(te))$ indican, respectivamente, vectores de flujo magnético $\Psi(\theta)$ en un punto de tiempo inicial ts y un punto de tiempo final te ($= ts + T0$) de un ciclo predeterminado $T0$, al cual un ciclo de control $T0$ del inversor 3 se aplica. El comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta(te))$ concuerda con un vector que señala del punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta(ts))$ al punto terminal del flujo magnético $\Psi(\theta(te))$. El vector es equivalente a un integral en el tiempo de la tensión trifásica Vu , Vv y Vw en un ciclo predeterminado en el plano complejo, y el propio comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta(te))$ no requiere obtener el par de los propios puntos terminales de los vectores de flujo magnético mencionados más arriba.

Desde la perspectiva de hacer que el flujo magnético giratorio sea sinusoidal, es deseable ubicar los puntos terminales de los vectores de flujo magnético $\Psi(\theta(ts))$ y $\Psi(\theta(te))$ en una circunferencia llevando a cabo un control apropiado en el ciclo predeterminado $T0$. Es, por lo tanto, deseable obtener múltiples vectores (a los que, de aquí en adelante, también se hace referencia como vectores de elementos) que componen el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta(te))$ en el ciclo predeterminado $T0$.

La Figura 4 muestra los vectores de elementos (a los que, de aquí en adelante, también se hace referencia como "vectores originales") usados en el método de lugar geométrico circular como siempre. Los vectores de elementos se muestran como integrales en el tiempo de los vectores de tensión y, en aras de la simplicidad, la descripción se lleva a cabo suponiendo que los vectores de tensión distintos de cero tienen, cada uno, una magnitud de 1 según se describe más arriba. La magnitud (longitud) del vector de elementos correspondiente a cada uno de los vectores de tensión indica el tiempo durante el cual el vector de tensión se mantiene de manera continua. Además, la dirección (dirección del punto inicial al punto terminal: lo mismo se aplica de aquí en adelante) del vector de elementos correspondiente a cada uno de los vectores de tensión concuerda con la dirección del vector de tensión correspondiente. Los vectores de elementos (a los que, de aquí en adelante, también se hace referencia como vectores sin valor) correspondientes a los vectores de tensión cero $V0$ y $V7$ (de manera específica, siendo los integrales en el tiempo de los vectores de tensión cero), como excepciones, no tienen magnitudes dado que los vectores de tensión cero $V0$ y $V7$ no tienen magnitudes y direcciones como se muestra en la Figura 2.

La Figura 4 muestra un caso donde los vectores originales mantienen, de manera secuencial, en el ciclo predeterminado $T0$, el vector de tensión cero $V0$ durante el tiempo $\tau0$, el vector de tensión distinto de cero $V4$ durante el tiempo $\tau4$, el vector de tensión distinto de cero $V6$ durante el tiempo $\tau6$, el vector de tensión cero $V7$ durante el tiempo $\tau7$, el vector de tensión distinto de cero $V6$ durante el tiempo $\tau6$, el vector de tensión distinto de cero $V4$ durante el tiempo $\tau4$, y el vector de tensión cero $V0$ durante el tiempo $\tau0$.

Según se describe más arriba, dado que los vectores de elementos se muestran como los integrales en el tiempo de los vectores de tensión, el vector de elementos obtenido manteniendo el vector de tensión distinto de cero V_4 durante el tiempo τ_4 se muestra, por ejemplo, por el producto $\tau_4.V_4$ del vector de tensión distinto de cero V_4 y el tiempo τ_4 . Los otros vectores de elementos se muestran en una manera similar. Dado que los vectores de tensión distintos de cero tienen, cada uno, una magnitud de 1, las longitudes (magnitudes) de los vectores de elementos que son los integrales en el tiempo de los vectores de tensión distintos de cero indican los tiempos durante los cuales los vectores de tensión distintos de cero se mantienen.

Los vectores de tensión distintos de cero V_4 y V_6 forman un ángulo de $\pi/3$ y, por consiguiente, los tiempos τ_0 , τ_4 , τ_6 y τ_7 se establecen en los vectores originales por las siguientes fórmulas (es preciso notar que la descripción es en el caso donde $0 \leq \theta \leq \pi/3$ se satisface según se describe más arriba). Se advierte que el ángulo θ puede ser el ángulo $\theta(ts)$ o $\theta(te)$. Ello se debe a que la longitud T_0 del ciclo predeterminado T_0 se selecciona para que sea extremadamente más corta que el ciclo del flujo magnético giratorio.

$$\begin{aligned} \tau_4 &= K_s \cdot \text{sen}(\pi/3 - \theta) \cdot T_0/2; \\ \tau_6 &= K_s \cdot \text{sen}(\theta) \cdot T_0/2; \text{ y} \\ 2 \cdot \tau_0 + \tau_7 &= T_0 - 2 \cdot \tau_4 - 2 \cdot \tau_6 \dots (1) \end{aligned}$$

Por ejemplo, las siguientes fórmulas se satisfacen.

$$\begin{aligned} \tau_0 &= (T_0/2 - \tau_4 - \tau_6)/2; \text{ y} \\ \tau_7 &= \tau_0 \times 2 \dots (2) \end{aligned}$$

Se nota que un factor de control de tensión K_s se introduce en las fórmulas (1). El factor de control de tensión K_s se define por la siguiente fórmula mediante la introducción de un valor eficaz V_i de tensión de línea aplicada a la bobina trifásica conectada en Y en la carga inductiva 5.

$$K_s = V_2(V_i/E) \dots (3)$$

La descripción continúa haciendo referencia otra vez a la Figura 1. El generador de vector original 63 genera vectores originales $[\tau V]$. Cuando la descripción se realiza en línea con la Figura 4 descrita más arriba, los vectores originales $[\tau V]$ incluyen vectores de elementos $\tau_0.V_0$, $\tau_4.V_4$, $\tau_6.V_6$, $\tau_7.V_7$, $\tau_6.V_6$, $\tau_4.V_4$ y $\tau_0.V_0$. Como es aparente a partir de la Figura 4 y las fórmulas (1), un par de los vectores de elementos $\tau_4.V_4$ y $\tau_6.V_6$ de los vectores originales $[\tau V]$ correspondientes a los vectores de tensión distintos de cero V_4 y V_6 que aparecen primero compone una mitad del comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta(te))$. Según se describe más arriba, se hace referencia a un par de vectores originales que componen la mitad del comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$, y que corresponden a diferentes vectores de tensión distintos de cero (que forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo) como vectores distintos de cero originales. La Figura 4 muestra los vectores distintos de cero originales $\tau_4.V_4$ y $\tau_6.V_6$ como ejemplos.

Se nota que los vectores de elementos correspondientes a los vectores de tensión cero V_0 y V_7 no contribuyen directamente a la composición del comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$. Como se comprende de las fórmulas (1), los tiempos τ_0 y τ_7 durante los cuales los vectores de tensión cero V_0 y V_7 se mantienen pueden determinarse según los tiempos τ_4 y τ_6 durante los cuales los vectores de elementos (a los que, de aquí en adelante, también se hace referencia como vectores de elementos distintos de cero: los vectores distintos de cero originales son los vectores originales y son los vectores de elementos distintos de cero) correspondientes a los vectores de tensión distintos de cero se mantienen.

Aquí, los vectores de elementos distintos de cero corresponden a los vectores de tensión distintos de cero, pero las magnitudes de los vectores de elementos distintos de cero son cero cuando los tiempos durante los cuales los vectores de tensión distintos de cero se mantienen son cero. Por el contrario, las magnitudes de los vectores sin valor son siempre cero independientemente de los tiempos durante los cuales los vectores de tensión cero se mantienen.

El generador de vector de corrección 64 genera un par de vectores de corrección $[\tau V]'$ cada ciclo predeterminado T_0 , y el generador de vector de compensación 65 genera un par de vectores de compensación $[\tau V]''$ cada ciclo predeterminado T_0 . A continuación se describen los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de compensación $[\tau V]''$ con el uso de las Figuras 5 y 6.

Las Figuras 5 y 6 son, cada una, un diagrama de vector que muestra los vectores originales (los vectores distintos de cero originales se muestran por flechas punteadas) usados en el ciclo predeterminado T_0 y los vectores de elementos (los vectores de elementos distintos de cero se muestran por flechas continuas) usados en los conceptos básicos. La Figura 5 muestra un caso donde el tiempo τ_4 que se muestra por la magnitud del vector distinto de cero original $\tau_4.V_4$ es más corto que un límite de tiempo mínimo predeterminado $T_{\text{mín}}$. La Figura 6 muestra un caso donde los tiempos τ_4 y τ_6 que se muestran, respectivamente, por las magnitudes de los vectores distintos de cero originales $\tau_4.V_4$ y $\tau_6.V_6$ son, cada uno, más cortos que el límite de tiempo mínimo $T_{\text{mín}}$.

5 Dado que la corriente I_u, I_v e I_w es la corriente trifásica, la corriente de enlace CC I_d que fluye cuando cada uno de al menos dos vectores de tensión distintos de cero mutuamente diferentes (excluidos dos vectores de tensión distintos de cero ubicados para formar un ángulo de π en el plano complejo, excepcionalmente) se usa se requiere para calcular la corriente de cada fase. En otras palabras, en el ciclo predeterminado T_0 , las magnitudes de los al menos dos vectores de elementos distintos de cero mutuamente diferentes (excluidos aquellos correspondientes a los dos vectores de tensión distintos de cero ubicados para formar un ángulo de π en el plano complejo, excepcionalmente) tienen, cada uno, que ser mayores que o iguales a la longitud que indica el límite de tiempo mínimo T_{\min} en el plano complejo en el cual el vector de flujo magnético se muestra.

10 La descripción se realiza suponiendo que las longitudes de los vectores de tensión distintos de cero son, cada una, 1, según se describe más arriba, y un signo T_{\min} se usa como la longitud que indica el límite de tiempo mínimo T_{\min} en las Figuras 5 y 6.

15 Dado que la longitud (correspondiente al tiempo τ_4) del vector de elementos $\tau_4.V_4$ es más corta que la longitud T_{\min} en la Figura 5, y la longitud (correspondiente al tiempo τ_6) del vector de elementos $\tau_6.V_6$ también es más corta que la longitud T_{\min} en la Figura 6, la corriente I_u, I_v e I_w no puede estimarse a partir de los vectores originales en ninguno de los casos.

Para resolver el presente problema, los vectores de elementos $\tau_4'.V_4$ y $\tau_6'.V_6$ que tienen, cada uno, una magnitud mayor que o igual a la longitud T_{\min} se introducen como el par de vectores de corrección. Las siguientes fórmulas se satisfacen en la presente memoria.

$$T_{\min} \leq \tau_4', T_{\min} \leq \tau_6' \dots (4)$$

20 $T_{\min} \leq \tau_6$ se satisface en la Figura 5 y, por consiguiente, $\tau_6' = \tau_6$ se usa. Ello significa que el vector distinto de cero original $\tau_6.V_6$ se usa como el vector de corrección $\tau_6'.V_6$.

Según se describe más arriba, en un período en el cual el par de vectores de corrección se usa, la corriente de enlace CC I_d puede medirse de manera exacta y, por consiguiente, la corriente I_u, I_v e I_w puede calcularse cada ciclo predeterminado T_0 .

25 El par de vectores de corrección corresponde a vectores de tensión distintos de cero V_4 y V_6 diferentes entre sí, y los vectores de tensión distintos de cero V_4 y V_6 son unos correspondientes a los vectores distintos de cero originales. Dicha relación no es, obviamente, esencial en la presente realización, y solo se requiere que los vectores de corrección correspondan a diferentes vectores de tensión distintos de cero que tengan, cada uno, una magnitud mayor que o igual a la longitud T_{\min} .

30 En un caso donde el vector de tensión cero V_0 se usa, sin embargo, es deseable usar cualquiera de los vectores de tensión V_1, V_2 y V_4 como el vector de tensión distinto de cero usado inmediatamente antes o después del vector de tensión cero V_0 desde la perspectiva de reducción de la pérdida de conmutación. Por otro lado, el uso de los vectores de tensión V_1 y V_2 no es deseable desde la perspectiva de la obtención de un vector cercano al comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ (porque el área que satisface $0 \leq \theta \leq \pi/3$ se describe en la presente memoria). Por lo tanto, en el caso donde el vector de tensión cero V_0 se usa, es deseable usar el vector de tensión V_4 como el vector de tensión distinto de cero usado inmediatamente antes o después del vector de tensión cero V_0 . De manera similar, en un caso donde el vector de tensión cero V_7 se usa, es deseable usar el vector de tensión V_6 como el vector de tensión distinto de cero usado inmediatamente antes o después del vector de tensión cero V_7 (la primera cuestión: se hace referencia a ella más adelante).

40 En cada uno de los casos de las Figuras 5 y 6, los vectores de tensión $V_0, V_4, V_6, V_7, V_6, V_4$ y V_0 se usan en el presente orden según los vectores originales. Ello es deseable desde la perspectiva de la reducción de la pérdida de conmutación descrita más arriba. Por lo tanto, después de que se usa el vector de tensión V_0 en el punto de tiempo inicial del ciclo predeterminado T_0 , los vectores de elementos $\tau_4'.V_4$ y $\tau_6'.V_6$ se usan en el presente orden como los vectores de corrección. Se nota que los tiempos τ_0'' y τ_7'' durante los cuales los vectores de tensión V_0 y V_7 se mantienen son altamente flexibles según se describe más adelante.

45 Dado que los vectores de corrección se usan, los vectores originales ya no pueden mantenerse en el ciclo predeterminado T_0 . Los vectores de compensación son, por lo tanto, necesarios. En otras palabras, los vectores de compensación son vectores de elementos que componen el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ junto con el par de vectores de corrección. En el control sobre el inversor 3, los vectores de compensación también son vectores de elementos distintos de cero correspondientes a un par de vectores de tensión diferentes entre sí.

50 Los vectores de compensación $\tau_6'.V_6$ y $\tau_4'.V_4$ se usan en las Figuras 5 y 6. No hay necesidad de medir, de manera exacta, la corriente de enlace CC I_d dado que los vectores de corrección ya se han usado en el ciclo predeterminado T_0 . Los tiempos τ_4 y τ_6 pueden, por consiguiente, tener cualquier relación en magnitud con el límite de tiempo mínimo T_{\min} . En un caso especial de la relación mencionada más arriba, uno de los tiempos τ_4 y τ_6 puede ser cero.

Con el fin de controlar el inversor 3 cada ciclo predeterminado T_0 , la siguiente fórmula (5) tiene que satisfacerse, de manera adicional. Un caso donde un vector sin valor $\tau_0 \cdot V_0$ se usa en cada uno del punto de tiempo inicial y el punto de tiempo final del ciclo predeterminado T_0 en el cual los vectores de corrección y los vectores de compensación se usan se muestra en la presente memoria.

$$5 \quad T_0 = 2 \cdot \tau_0 + \tau_7 + 2 \cdot \tau_4 + 2 \cdot \tau_6 \\ = 2 \cdot \tau_0'' + \tau_7'' + \tau_4' + \tau_6' + \tau_4'' + \tau_6'' \dots (5)$$

Por ejemplo, el vector sin valor $\tau_0 \cdot V_0$ usado en los vectores originales puede usarse como el vector sin valor $\tau_0'' \cdot V_0$ usado en el punto de tiempo inicial del ciclo predeterminado T_0 en aras de la simplicidad. En el presente caso, la siguiente fórmula (6) tiene que satisfacerse.

$$10 \quad \tau_0 + \tau_7 + 2 \cdot \tau_4 + 2 \cdot \tau_6 = \tau_0'' + \tau_7'' + \tau_4' + \tau_6' + \tau_4'' + \tau_6'' \dots (6)$$

Los vectores relacionados con la composición del comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ no son los vectores sin valor sino los vectores de elementos distintos de cero. Si la fórmula (5) o (6) se satisfacen, respectivamente, para la suma de tiempos ($2 \cdot \tau_0'' + \tau_7''$) o ($\tau_0'' + \tau_7''$), los tiempos τ_0'' y τ_7'' pueden establecerse libremente.

15 La descripción continúa haciendo referencia otra vez a la Figura 1. Según la descripción realizada con el uso de las Figuras 5 y 6, 63 solo se requiere que el generador de vector original produzca el par de vectores distintos de cero originales de los vectores originales $[\tau V]$.

Por otro lado, los vectores de compensación se establecen para componer el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ junto con el par de vectores de corrección mientras las relaciones de las fórmulas (5) y (6) se satisfacen. El generador de vector de compensación 65, por consiguiente, recibe los vectores de corrección $[\tau V]'$ y el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$.

20 Por el contrario, solo se requiere que el generador de vector de corrección 64 reciba el par de vectores distintos de cero originales, y no se requiere que reciba el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$. Uno del par recibido de vectores distintos de cero originales, cuando tiene una magnitud mayor que o igual a la longitud T_{\min} , solo se requiere que se produzca como uno de los vectores de corrección $[\tau V]'$ como está. Los vectores de corrección $[\tau V]'$ pueden generarse según los vectores de tensión distintos de cero seleccionados independientemente de los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores distintos de cero originales, al menos uno de los cuales tiene una magnitud más pequeña que la longitud T_{\min} .

30 Con el fin de aproximar el lugar geométrico del punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ a un círculo para hacer que el flujo magnético giratorio sea sinusoidal, además, es deseable que los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores originales y los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores de corrección concuerden entre sí.

También es deseable que el orden en el cual los vectores de corrección $[\tau V]'$ se usan y el orden en el cual los vectores originales $[\tau V]$ se usan concuerden entre sí desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación para, de esta manera, reducir la pérdida de conmutación.

35 En la segunda realización descrita más adelante, sin embargo, un caso donde los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores originales y los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores de corrección no concuerdan entre sí se introduce desde otra perspectiva.

40 La unidad de integración de vectores 66 recibe los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de compensación $[\tau V]''$, establece al menos un vector sin valor, e integra dichos vectores para producir los comandos de vector $[\tau V]^*$. Cuando la descripción se realiza en línea con las Figuras 5 y 6, los vectores sin valor $\tau_7'' \cdot V_7$ y $\tau_0'' \cdot V_0$ se establecen, y los vectores $\tau_0'' \cdot V_0$, $\tau_4' \cdot V_4$, $\tau_6' \cdot V_6$, $\tau_7'' \cdot V_7$, $\tau_6'' \cdot V_6$, $\tau_4'' \cdot V_4$ y $\tau_0'' \cdot V_0$ y la información sobre el orden de los vectores se producen como los comandos de vector $[\tau V]^*$. El orden de los vectores de tensión y un tiempo, cada uno de los cuales se mantiene en el ciclo predeterminado T_0 , se determinan de forma única por los comandos de vector $[\tau V]^*$.

45 Los tiempos durante los cuales los vectores de tensión cero V_0 y V_7 se mantienen son, obviamente, flexibles, según se describe más arriba y, por consiguiente, no hay necesidad de establecer cada uno de los tiempos durante los cuales el vector de tensión cero V_0 usado en el punto de tiempo inicial del ciclo predeterminado T_0 se mantiene y el tiempo durante el cual el vector de tensión cero V_0 usado en el ciclo predeterminado T_0 se mantiene en el tiempo τ_0'' . Por ejemplo, uno de los tiempos puede establecerse en cero, o ambos tiempos pueden establecerse en cero (la segunda cuestión: se hace referencia a ella más adelante). En el último caso, sin embargo, el tiempo τ_7'' se convierte en inflexible.

50 Al menos dos de los vectores de corrección (integrales en el tiempo de vectores de tensión distintos de cero) $[\tau V]'$, dado que se incluyen en los comandos de vector $[\tau V]^*$, correspondientes a diferentes vectores de tensión distintos de cero, tienen, cada uno, una magnitud mayor que o igual a la longitud T_{\min} . El comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ se obtiene en el ciclo predeterminado T_0 por la composición de los comandos de vector $[\tau V]^*$.

Según se describe más arriba, cuando el inversor 3 se controla según el lugar geométrico del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$, la corriente I_u , I_v e I_w que fluye del inversor 3 a la carga inductiva 5 puede calcularse en cada fase a partir de la corriente de enlace CC I_d que fluye a través del bus CC LL sin afectar el lugar geométrico del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ como un conjunto comprendido en el tiempo más largo que o igual al ciclo predeterminado T_0 .

- 5 Efectos similares pueden obtenerse en las realizaciones descritas más abajo dado que se basan en la tecnología descrita en los conceptos básicos.

El generador de vector original 63, el generador de vector de corrección 64, el generador de vector de compensación 65 y la unidad de integración de vectores 66 pueden, de manera conjunta, comprenderse como un generador de comando de vector que genera los comandos de vector $[\tau V]^*$.

- 10 El generador de comando de vector incluye un microordenador y una memoria. El microordenador lleva a cabo etapas de procesamiento (en otras palabras, procedimientos) escritos en un programa. La memoria mencionada más arriba incluye una o más de varias memorias como, por ejemplo, una memoria de solo lectura (ROM, por sus siglas en inglés), una memoria de acceso aleatorio (RAM, por sus siglas en inglés), una memoria permanente reescribible (una ROM programable borrable (EPROM, por sus siglas en inglés) y una unidad de disco duro. La memoria provee una área de trabajo para almacenar una variedad de información, datos y similares, almacenar un programa ejecutado por el microordenador, y ejecutar el programa.
- 15

Aquí, el microordenador puede comprenderse como uno que funciona como varios medios correspondientes a las etapas de procesamiento escritas en el programa, o puede comprenderse como uno que logra varias funciones correspondientes a las etapas de procesamiento.

- 20 Por ejemplo, el microordenador puede comprenderse como uno que funciona como varios medios correspondientes al generador de vector original 63, generador de vector de corrección 64, generador de vector de compensación 65 y unidad de integración de vectores 66.

- 25 El generador de comando de vector puede lograr, obviamente, algunos o todos del generador de vector original 63, generador de vector de corrección 64, generador de vector de compensación 65 y unidad de integración de vectores 66 mediante hardware.

Primera realización

En la primera realización, la tecnología para reducir el número de tiempos de conmutación para, por consiguiente, reducir la pérdida de conmutación se introduce.

- 30 Las Figuras 5 y 6 muestran, cada una, un caso donde los vectores de compensación $\tau^6.V6$ y $\tau^4.V4$ se usan como los vectores de compensación $[\tau V]''$ como un ejemplo. Sin embargo, los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores de compensación $[\tau V]''$ y los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores distintos de cero originales de los vectores originales $[\tau V]$ no siempre tienen que coincidir entre sí. Ello se debe a que, si el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ puede obtenerse por la composición de los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de compensación $[\tau V]''$, el lugar geométrico del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ en su conjunto comprendido en el tiempo que es más largo que el ciclo predeterminado T_0 no se ve afectado.
- 35

Con el fin de describir esto en detalle, un vector obtenido por la composición de un par de vectores de compensación $[\tau V]''$ se trata, de aquí en adelante, como un vector de compensación compuesto V_p .

- 40 Además, para facilitar la descripción en la presente realización, en la siguiente descripción, como un ejemplo, un caso donde, como una premisa, el vector sin valor $\tau^0.V0$ se usa en cada uno del punto de tiempo inicial y punto de tiempo final del ciclo predeterminado T_0 como los vectores originales $[\tau V]$, y el vector sin valor $\tau^0.V0$ se usa en cada uno del punto de tiempo inicial y punto de tiempo final del ciclo predeterminado T_0 en los comandos de vector $[\tau V]^*$. Dicha limitación no tiene efecto en el método para reducir el número de tiempos de conmutación.

- 45 Ello se debe a los siguientes motivos: el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ se compone solo por los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de compensación $[\tau V]''$ de los comandos de vector $[\tau V]^*$; y, si uno de los vectores distintos de cero originales tiene una magnitud más pequeña que la longitud T_{\min} , el tiempo total durante el cual solo los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de compensación $[\tau V]''$ se usan es más corto, en general, que el ciclo predeterminado T_0 y, por consiguiente, los comandos de vector $[\tau V]^*$ siempre incluyen los vectores sin valor.

Incluso cuando dicha premisa se usa, la flexibilidad permanece sobre si el vector sin valor $\tau^7.V7$ se usa entre los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de compensación $[\tau V]''$ en los comandos de vector $[\tau V]^*$.

- 50 Por otro lado, desde la perspectiva de la reducción del número de los tiempos de conmutación, es deseable que los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de tensión distintos de cero correspondientes a los vectores distintos de cero originales concuerden entre sí, incluido el orden en el cual los vectores de tensión distintos de cero se usan. Según se describe más arriba, solo el caso donde $0 \leq \theta \leq \pi/3$ se satisface se describe en la presente memoria, y a continuación se describe un caso donde los vectores de

corrección $\tau'4.V4$ y $\tau'6.V6$ correspondientes a los vectores de tensión distintos de cero $V4$ y $V6$ se usan en el presente orden a partir del punto de tiempo inicial del ciclo predeterminado $T0$.

5 La Figura 7 es un diagrama de vector que muestra los vectores originales (que se muestran en líneas punteadas), los vectores de corrección y el vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado $T0$. Un caso donde el vector de compensación compuesto Vp cae dentro de una área triangular formada por los vectores de tensión $V4$ y $V6$ y un segmento de línea que conecta cada punto terminal de los vectores de tensión $V4$ y $V6$ en la Figura 2 se muestra en la presente memoria como un ejemplo. En dicho caso, las relaciones de fórmulas (7) se satisfacen.

$$2.\tau4 - \tau'4 \geq 0, 2.\tau6 - \tau'6 \geq 0... (7)$$

10 Las Figuras 8 a 10 son, cada una, un diagrama de vector que muestra el vector de compensación compuesto Vp y un par de vectores de compensación que componen el vector de compensación compuesto Vp .

La Figura 8 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto Vp se compone por vectores de compensación $\tau'6.V6$ y $\tau'4.V4$ que corresponden, respectivamente, a dos vectores de tensión distintos de cero $V6$ y $V4$.

15 La Figura 9 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto Vp se compone por vectores de compensación $\tau'5.V5$ y $\tau'6.V6$ que corresponden, respectivamente, a dos vectores de tensión distintos de cero $V5$ y $V6$.

La Figura 10 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto Vp se compone por vectores de compensación $\tau'4.V4$ y $\tau'2.V2$ que corresponden, respectivamente, a dos vectores de tensión distintos de cero $V4$ y $V2$.

20 En cada uno de los casos que se muestran en las Figuras 8, 9 y 10, obviamente, el orden en el cual los vectores de compensación se usan puede cambiarse. Un aspecto que puede reducir el número de tiempos de conmutación al máximo de entre un total de seis aspectos se describe.

25 Primero, en el aspecto que se muestra en la Figura 8, en la transición entre el par de vectores de compensación $\tau'6.V6$ y $\tau'4.V4$, el estado de conducción/no conducción de los conmutadores $4vp$ y $4vn$ del inversor 3 se cambian y, por consiguiente, la conmutación de los dos elementos (el cambio siempre se lleva a cabo en pares y, por consiguiente, el número de tiempos en los que dos elementos correspondientes a la misma fase se conmutan se cuenta, de aquí en adelante, como el número de tiempos de conmutación) es necesaria. Ello es comprensible a partir del hecho de que los vectores de tensión distintos de cero $V4$ y $V6$ forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo que se muestra en la Figura 2.

30 A continuación, en el aspecto que se muestra en la Figura 9, en el cambio entre el par de vectores de compensación $\tau'5.V5$ y $\tau'6.V6$, el estado de conducción/no conducción de los conmutadores $4vp$, $4vn$, $4wp$ y $4wn$ del inversor 3 se intercambian y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces. Ello es comprensible a partir del hecho de que los vectores de tensión distintos de cero $V5$ y $V6$ forman un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo.

35 De manera similar, en el aspecto que se muestra en la Figura 10, en el cambio entre el par de vectores de compensación $\tau'4.V4$ y $\tau'2.V2$, el estado de conducción/no conducción de los conmutadores $4up$, $4un$, $4vp$ y $4vn$ del inversor 3 se intercambian y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces. Ello es comprensible a partir del hecho de que los vectores de tensión distintos de cero $V4$ y $V2$ forman un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo.

40 Se descubre, a partir de la descripción mencionada más arriba, que es deseable usar los vectores de compensación $\tau'6.V6$ y $\tau'4.V4$ como los vectores de compensación $[\tau V]$ en un caso donde el vector de compensación compuesto Vp es como se muestra en la Figura 7, a saber, un caso donde las relaciones de fórmulas (7) se satisfacen.

45 El orden en el cual los vectores de compensación $[\tau V]$ se usan se describe a continuación. En un caso donde los comandos de vector $[\tau V]^*$ adoptan el vector sin valor $\tau'7.V7$, que se usa inmediatamente después del vector de corrección $\tau'6.V6$ y, por consiguiente, se usa inmediatamente antes de uno de los vectores de compensación $[\tau V]$ usados en primer lugar. En el caso donde el vector sin valor $\tau'7.V7$ se usa, es, por lo tanto, deseable que el vector de tensión distinto de cero correspondiente a uno de los vectores de compensación $[\tau V]$ usados primero no sea los vectores de tensión distintos de cero $V1$, $V2$ y $V4$ sino los vectores de tensión distintos de cero $V3$, $V5$ y $V6$ para reducir el número de tiempos de conmutación.

Desde la presente perspectiva, es deseable usar los vectores de compensación $\tau'6.V6$ y $\tau'4.V4$ en el presente orden como se muestra en la Figura 8.

50 Un caso donde el vector sin valor $\tau'7.V7$ no se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$ se describe a continuación. En el presente caso, para reducir el número de tiempos de conmutación, es más deseable que el vector de tensión distinto de cero correspondiente a uno de los vectores de compensación $[\tau V]$ usados primero sea el vector de tensión distinto de cero $V6$, que es igual al vector de tensión distinto de cero $V6$ correspondiente al vector de corrección $\tau'6.V6$ usado más tarde.

Según se describe más arriba, los aspectos en los cuales uno de los vectores de compensación $[\tau V]''$ corresponde al vector de tensión distinto de cero $V6$ se muestran en las Figuras 8 y 9. Según se describe más arriba, sin embargo, el número de tiempos de conmutación en transición entre los vectores de compensación $[\tau V]''$ es más pequeño en el aspecto que se muestra en la Figura 8. Por lo tanto, es deseable usar los vectores de compensación $\tau 6''.V6$ y $\tau 4''.V4$ en el presente orden en el caso donde el vector sin valor $\tau 7''.V7$ no se usa en los comandos de vector $[\tau V]''$ como en el caso donde el vector sin valor $\tau 7''.V7$ se usa.

Es deseable usar el vector de compensación $\tau 4''.V4$ después del vector de compensación $\tau 6''.V6$ también porque el vector sin valor $\tau 0''.V0$ se usa inmediatamente después del vector de compensación $\tau 4''.V4$. Ello se debe a que el número de tiempos en los que el estado de conducción/no conducción se cambia es más pequeño por uno en transición entre el vector de tensión distinto de cero $V4$ correspondiente al vector de compensación $\tau 4''.V4$ y el vector de tensión cero $V0$ correspondiente al vector sin valor $\tau 0''.V0$ que en transición entre el vector de tensión distinto de cero $V6$ correspondiente al vector de compensación $\tau 6''.V6$ y el vector de tensión cero $V0$ correspondiente al vector sin valor $\tau 0''.V0$.

En un caso donde las fórmulas (7) se satisfacen, los tiempos $\tau 6''$ y $\tau 4''$ pueden determinarse por las fórmulas (8).

$$\tau 6'' = 2.\tau 6 - \tau 6', \tau 4'' = 2.\tau 4 - \tau 4' \dots (8)$$

La Figura 11 es un diagrama de vector que muestra los vectores originales (que se muestran en líneas punteadas), los vectores de corrección y el vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado $T0$. Un caso donde el vector de compensación compuesto Vp cae dentro de una área triangular formada por los vectores de tensión $V6$ y $V2$ y un segmento de línea que conecta cada uno de los puntos terminales de los vectores de tensión $V6$ y $V2$ en la Figura 2 se muestra en la presente memoria como un ejemplo. En dicho caso, las relaciones de fórmulas (9) se satisfacen.

$$2.\tau 4 - \tau 4' < 0, 2.\tau 6 - \tau 6' \geq 0, \text{ y}$$

$$|2.\tau 4 - \tau 4'| \leq |2.\tau 6 - \tau 6'| \dots (9)$$

Las Figuras 12 a 14 son, cada una, diagramas de vector que muestran un par de vectores de compensación y el vector de compensación compuesto Vp compuesto por aquellos.

La Figura 12 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto Vp se compone por vectores de compensación $\tau 3''.V3$ y $\tau 6''.V6$. La Figura 13 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto Vp se compone por vectores de compensación $\tau 6''.V6$ y $\tau 2''.V2$. La Figura 14 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto Vp se compone por vectores de compensación $\tau 4''.V4$ y $\tau 2''.V2$.

Como en la descripción que usa las Figuras 7 a 10, se descubre que el aspecto que puede reducir el número de tiempos de conmutación al máximo es el aspecto que se muestra en la Figura 13 independientemente de si el vector sin valor $\tau 7''.V7$ se usa en los comandos de vector $[\tau V]''$, a saber, es deseable usar los vectores de compensación $\tau 6''.V6$ y $\tau 2''.V2$ en el presente orden.

Ello se debe a que los vectores de tensión distintos de cero $V6$ y $V2$ forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo que se muestra en la Figura 2. Otra razón es que el cambio en conmutadores no se lleva a cabo entre los vectores de tensión distintos de cero $V6$, y, en transición entre el vector de tensión cero $V7$ y el vector de tensión distinto de cero $V6$, el estado de conducción/no conducción de solamente los conmutadores $4wn$ y $4wp$ se cambia y, por consiguiente, la conmutación se lleva a cabo solamente una vez. Incluso otra razón es que el número de tiempos en los que el estado de conducción/no conducción se cambia es más pequeño por uno en transición entre el vector de tensión distinto de cero $V2$ y el vector de tensión cero $V0$ que en transición entre el vector de tensión distinto de cero $V6$ y el vector de tensión cero $V0$.

En un caso donde las fórmulas (9) se satisfacen, los tiempos $\tau 6''$ y $\tau 2''$ pueden determinarse por las fórmulas (10).

$$\tau 2'' = |2.\tau 4 - \tau 4'|, \tau 6'' = |2.\tau 6 - \tau 6'| - \tau 2'' \dots (10)$$

La Figura 15 es un diagrama de vector que muestra los vectores originales (que se muestran en líneas punteadas), los vectores de corrección y el vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado $T0$. Un caso donde el vector de compensación compuesto Vp cae dentro de una área triangular formada por los vectores de tensión $V2$ y $V3$ y un segmento de línea que conecta cada uno de los puntos terminales de los vectores de tensión $V2$ y $V3$ en la Figura 2 se muestra en la presente memoria como un ejemplo. En dicho caso, las relaciones de fórmulas (11) se satisfacen.

$$2.\tau 4 - \tau 4' < 0, 2.\tau 6 - \tau 6' \geq 0, \text{ y}$$

$$|2.\tau 4 - \tau 4'| > |2.\tau 6 - \tau 6'| \dots (11)$$

Las Figuras 16 a 18 son, cada una, diagramas de vector que muestran un par de vectores de compensación y el vector de compensación compuesto Vp compuesto por aquellos.

La Figura 16 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_6'' \cdot V_6$ y $\tau_3'' \cdot V_3$. La Figura 17 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_1'' \cdot V_1$ y $\tau_2'' \cdot V_2$. La Figura 18 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_3'' \cdot V_3$ y $\tau_2'' \cdot V_2$.

5 Como en la descripción que usa las Figuras 7 a 10, se descubre que es deseable usar los vectores de compensación $\tau_3'' \cdot V_3$ y $\tau_2'' \cdot V_2$ como el aspecto que puede reducir el número de tiempos de conmutación al máximo. Ello se debe a que los vectores de tensión distintos de cero V_3 y V_2 forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo que se muestra en la Figura 2.

10 En el caso donde el vector sin valor $\tau_7'' \cdot V_7$ se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$, la descripción se lleva a cabo de la siguiente manera.

15 En el caso donde los vectores de compensación $\tau_3'' \cdot V_3$ y $\tau_2'' \cdot V_2$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión cero V_7 y el vector de tensión distinto de cero V_3 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{un} y 4_{up} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación una vez, y, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_2 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{vn} y 4_{vp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación una vez.

20 En un caso donde los vectores de compensación $\tau_2'' \cdot V_2$ y $\tau_3'' \cdot V_3$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión cero V_7 y el vector de tensión distinto de cero V_2 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{un} , 4_{up} , 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces. En transición entre el vector de tensión distinto de cero V_3 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{vn} , 4_{vp} , 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces.

Por lo tanto, en el caso donde el vector sin valor $\tau_7'' \cdot V_7$ se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$, desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación para, de esta manera, reducir la pérdida de conmutación, es deseable usar los vectores de compensación $\tau_3'' \cdot V_3$ y $\tau_2'' \cdot V_2$ en el presente orden.

25 A continuación, en el caso donde el vector sin valor $\tau_7'' \cdot V_7$ no se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$, la descripción se realiza de la siguiente manera.

30 En el caso donde los vectores de compensación $\tau_3'' \cdot V_3$ y $\tau_2'' \cdot V_2$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_6 y el vector de tensión distinto de cero V_3 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{un} , 4_{up} , 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces y, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_2 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{vn} y 4_{vp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación una vez.

35 En el caso donde los vectores de compensación $\tau_2'' \cdot V_2$ y $\tau_3'' \cdot V_3$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_6 y el vector de tensión distinto de cero V_2 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{un} y 4_{up} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación una vez. En transición entre el vector de tensión distinto de cero V_3 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{vn} , 4_{vp} , 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces.

Es decir, en el caso donde el vector sin valor $\tau_7'' \cdot V_7$ no se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$, el orden de los vectores de compensación $\tau_3'' \cdot V_3$ y $\tau_2'' \cdot V_2$ no tiene efecto en el número de tiempos de conmutación.

40 Por lo tanto, es deseable usar los vectores de compensación $\tau_3'' \cdot V_3$ y $\tau_2'' \cdot V_2$ en el presente orden independientemente de si el vector sin valor $\tau_7'' \cdot V_7$ se usa o no en los comandos de vector $[\tau V]^*$ desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación.

En el caso donde las fórmulas (11) se satisfacen, los tiempos τ_3'' y τ_2'' pueden determinarse por las fórmulas (12).

$$\tau_2'' = |2 \cdot \tau_6 - \tau_6'|, \tau_3'' = |2 \cdot \tau_4 - \tau_4'| - \tau_2'' \dots (12)$$

45 La Figura 19 es un diagrama de vector que muestra los vectores originales (que se muestran en líneas punteadas), los vectores de corrección y el vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado T_0 . Un caso donde el vector de compensación compuesto V_p cae dentro de una área triangular formada por los vectores de tensión V_3 y V_1 y un segmento de línea que conecta cada uno de los puntos terminales de los vectores de tensión V_3 y V_1 en la Figura 2 se muestra en la presente memoria como un ejemplo. En dicho caso, las relaciones de fórmulas (13) se satisfacen.

$$2 \cdot \tau_4 - \tau_4' < 0, 2 \cdot \tau_6 - \tau_6' < 0 \dots (13)$$

Las Figuras 20 a 22 son, cada una, diagramas de vector que muestran un par de vectores de compensación y el vector de compensación compuesto V_p compuesto por aquellos.

La Figura 20 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_3''.V_3$ y $\tau_1''.V_1$. La Figura 21 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_2''.V_2$ y $\tau_1''.V_1$. La Figura 22 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_5''.V_5$ y $\tau_3''.V_3$.

5 Como en la descripción que usa las Figuras 7 a 10, se descubre que es deseable usar los vectores de compensación $\tau_3''.V_3$ y $\tau_1''.V_1$ como el aspecto que puede reducir el número de tiempos de conmutación al máximo. Ello se debe a que los vectores de tensión distintos de cero V_3 y V_1 forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo que se muestra en la Figura 2.

10 En el caso donde el vector sin valor $\tau_7''.V_7$ se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$, la descripción se lleva a cabo de la siguiente manera.

15 En el caso donde los vectores de compensación $\tau_3''.V_3$ y $\tau_1''.V_1$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión cero V_7 y el vector de tensión distinto de cero V_3 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{un} y 4_{up} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación una vez, y, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_1 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación una vez.

20 En un caso donde los vectores de compensación $\tau_1''.V_1$ y $\tau_3''.V_3$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión cero V_7 y el vector de tensión distinto de cero V_1 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{un} , 4_{up} , 4_{vn} y 4_{vp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces. En transición entre el vector de tensión distinto de cero V_3 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{vn} , 4_{vp} , 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces.

Por lo tanto, en el caso donde el vector sin valor $\tau_7''.V_7$ se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$, desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación para, de esta manera, reducir, la pérdida de conmutación, es deseable usar los vectores de compensación $\tau_3''.V_3$ y $\tau_1''.V_1$ en el presente orden.

25 A continuación, en el caso donde el vector sin valor $\tau_7''.V_7$ no se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$, la descripción se lleva a cabo de la siguiente manera.

30 En el caso donde los vectores de compensación $\tau_3''.V_3$ y $\tau_1''.V_1$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_6 y el vector de tensión distinto de cero V_3 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{un} , 4_{up} , 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces, y, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_1 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación una vez.

35 En el caso donde los vectores de compensación $\tau_1''.V_1$ y $\tau_3''.V_3$ se usan en el presente orden, en transición entre el vector de tensión distinto de cero V_6 y el vector de tensión distinto de cero V_1 , el estado de conducción/no conducción de los seis conmutadores se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación tres veces. En transición entre el vector de tensión distinto de cero V_3 y el vector de tensión cero V_0 , el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4_{vn} , 4_{vp} , 4_{wn} y 4_{wp} se cambia, y es necesario llevar a cabo la conmutación dos veces.

40 Por lo tanto, es deseable usar los vectores de compensación $\tau_3''.V_3$ y $\tau_1''.V_1$ en el presente orden independientemente de si el vector sin valor $\tau_7''.V_7$ se usa o no en los comandos de vector $[\tau V]^*$ desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación.

En el caso donde las fórmulas (13) se satisfacen, los tiempos τ_3'' y τ_1'' pueden determinarse por las fórmulas (14).

$$\tau_1'' = |2.\tau_6 - \tau_6'|, \tau_3'' = |2.\tau_4 - \tau_4'|... (14)$$

45 La Figura 23 es un diagrama de vector que muestra los vectores originales (que se muestran en líneas punteadas), los vectores de corrección y el vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado T_0 . Un caso donde el vector de compensación compuesto V_p cae dentro de un área triangular formada por los vectores de tensión V_1 y V_5 y un segmento de línea que conecta cada uno de los puntos terminales de los vectores de tensión V_1 y V_5 en la Figura 2 se muestra en la presente memoria como un ejemplo. En dicho caso, las relaciones de fórmulas (15) se satisfacen.

$$2.\tau_4 - \tau_4' \geq 0, 2.\tau_6 - \tau_6' < 0, \text{ y}$$

50 $|2.\tau_4 - \tau_4'| \leq |2.\tau_6 - \tau_6'|... (15)$

Las Figuras 24 a 26 son, cada una, diagramas de vector que muestran un par de vectores de compensación y el vector de compensación compuesto V_p compuesto por aquellos.

La Figura 24 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_1''.V_1$ y $\tau_4''.V_4$. La Figura 25 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_5''.V_5$ y $\tau_1''.V_1$. La Figura 26 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_3''.V_3$ y $\tau_5''.V_5$.

- 5 Como en la descripción que usa las Figuras 19 a 22, es deseable usar los vectores de compensación $\tau_5''.V_5$ y $\tau_1''.V_1$ en el presente orden como el aspecto que puede reducir el número de tiempos de conmutación al máximo independientemente de si el vector sin valor $\tau_7''.V_7$ se usa en los comandos de vector $[\tau V]^*$.

En el caso donde las fórmulas (15) se satisfacen, los tiempos τ_5'' y τ_1'' pueden determinarse por las fórmulas (16).

$$\tau_5'' = |2.\tau_4 - \tau_4'|, \tau_1'' = |2.\tau_6 - \tau_6'| - \tau_5'' \dots (16)$$

- 10 La Figura 27 es un diagrama de vector que muestra los vectores originales (que se muestran en líneas punteadas), los vectores de corrección y el vector de compensación compuesto en el ciclo predeterminado T_0 . Un caso donde el vector de compensación compuesto V_p cae dentro de un área triangular formada por los vectores de tensión V_5 y V_4 y un segmento de línea que conecta cada uno de los puntos terminales de los vectores de tensión V_5 y V_4 en la Figura 2 se muestra en la presente memoria como un ejemplo. En dicho caso, las relaciones de fórmulas (17) se satisfacen.

$$2.\tau_4 - \tau_4' \geq 0, 2.\tau_6 - \tau_6' < 0, \text{ y}$$

$$|2.\tau_4 - \tau_4'| > |2.\tau_6 - \tau_6'| \dots (17)$$

Las Figuras 28 a 30 son, cada una, diagramas de vector que muestran un par de vectores de compensación y el vector de compensación compuesto V_p compuesto por aquellos.

- 20 La Figura 28 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_1''.V_1$ y $\tau_4''.V_4$. La Figura 29 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_5''.V_5$ y $\tau_6''.V_6$. La Figura 30 muestra un caso donde el vector de compensación compuesto V_p se compone por los vectores de compensación $\tau_5''.V_5$ y $\tau_4''.V_4$.

- 25 Como en la descripción que usa las Figuras 15 a 18, es deseable usar los vectores de compensación $\tau_5''.V_5$ y $\tau_4''.V_4$ en el presente orden como el aspecto que puede reducir el número de tiempos de conmutación al máximo independientemente de si el vector sin valor $\tau_7''.V_7$ se usa o no en los comandos de vector $[\tau V]^*$.

En el caso donde las fórmulas (17) se satisfacen, los tiempos τ_5'' y τ_4'' pueden determinarse por las fórmulas (18).

$$\tau_5'' = |2.\tau_6 - \tau_6'|, \tau_4'' = |2.\tau_4 - \tau_4'| - \tau_5'' \dots (18)$$

- 30 Con respecto al vector de compensación compuesto mencionado más arriba V_p , los vectores de corrección $[\tau V]'$ y los vectores de compensación $[\tau V]''$ que se desea usar en seis situaciones correspondientes a las fórmulas (7), (9), (11), (13), (15) y (17) pueden resumirse de la siguiente manera.

Primero, desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación en el punto de tiempo inicial y el punto de tiempo final del ciclo predeterminado T_0 , es deseable satisfacer las siguientes condiciones (a) y (b).

- 35 (a) En los comandos de vector $[\tau V]^*$, el vector sin valor se usa en un período inicial (un período que comienza en el punto de tiempo inicial t_s cuando la descripción se lleva a cabo en línea con la Figura 4) y/o un período final (un período que finaliza en el punto de tiempo final t_e cuando la descripción se lleva a cabo en línea con la Figura 4) del ciclo predeterminado T_0 . En la descripción mencionada más arriba, el vector sin valor $\tau_0''.V_0$ se usa en el período inicial y período final. Desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación, el punto de tiempo final de un ciclo predeterminado T_0 y el punto de tiempo inicial de otro ciclo predeterminado T_0 que sigue al ciclo predeterminado T_0 son adyacentes uno con respecto al otro, y los comandos de vector $[\tau V]^*$ en los cuales el vector sin valor se provee a solo uno del punto de tiempo inicial y el punto de tiempo final del ciclo predeterminado T_0 no tienen efecto en la conclusión.

- 45 (b) En los comandos de vector $[\tau V]^*$, una diferencia entre el número de conmutadores de conducción entre los nodos P_u , P_v y P_w y el bus CC LL (o el bus CC LH) en los patrones de conmutación correspondientes a los vectores de tensión cero correspondientes a los vectores sin valor y el número de conmutadores de conducción entre los nodos P_u , P_v y P_w y el bus CC LL (o el bus CC LH) en los patrones de conmutación correspondientes a los vectores de tensión correspondientes a los comandos de vector $[\tau V]^*$ usados inmediatamente después de los vectores sin valor es uno.

- 50 A continuación se describe la condición (b) mencionada más arriba en mayor detalle. Primero, en un patrón de conmutación correspondiente al vector de tensión cero V_0 correspondiente al vector sin valor $\tau_0''.V_0$, el número de conmutadores de conducción entre los nodos P_u , P_v y P_w y el bus CC LL es tres, y el número de conmutadores de conducción entre los nodos P_u , P_v y P_w y el bus CC LH es cero.

- El vector de corrección $[\tau V]$ usado inmediatamente después del vector sin valor $\tau 0''.V0$ es el vector de corrección $\tau 4''.V4$ en cada una de las seis situaciones mencionadas más arriba. En un patrón de conmutación correspondiente al vector de tensión $V4$ correspondiente al vector de corrección $\tau 4''.V4$, el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu , Pv y Pw y el bus CC LL es dos, y el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu , Pv y Pw y el bus CC LH es uno.
- Por consiguiente, el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu , Pv y Pw y el bus CC LL es tres para el vector sin valor $\tau 0''.V0$ y dos para el vector de corrección $\tau 4''.V4$, y la diferencia en número es uno. El número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu , Pv y Pw y el bus CC LH es cero para el vector sin valor $\tau 0''.V0$ y uno para el vector de corrección $\tau 4''.V4$, y la diferencia en número también es uno.
- Además, desde la perspectiva de la reducción del número de tiempos de conmutación en la transición entre el par de vectores de compensación $[\tau V]$ usados en los comandos de vector $[\tau V]^*$, es deseable satisfacer las siguientes condiciones (c) y (d).
- (c) Los vectores de compensación forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo.
- (d) Cuando se hace que un primer vector de compensación denote uno del par de vectores de compensación usados anteriormente, y un segundo vector de compensación denote el otro el par de vectores de compensación usados más tarde;
- y se hace que un primer número denote el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu , Pv y Pw y el bus CC LL (o el bus CC LH) en un patrón de conmutación correspondiente al vector de tensión correspondiente al primer vector de compensación;
- y se hace que un segundo número denote el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu , Pv y Pw y el bus CC LL (o el bus CC LH) en un patrón de conmutación correspondiente al vector de tensión correspondiente al segundo vector de compensación; y
- se hace que un tercer número denote el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu , Pv y Pw y el bus CC LL (o el bus CC LH) en un patrón de conmutación correspondiente al vector de tensión correspondiente al comando de vector usado inmediatamente antes del primer vector de compensación;
- (d-1) el primer número es mayor que el segundo número en un caso donde el tercer número es tres;
- (d-2) el primer número es más pequeño que el segundo número en un caso donde el tercer número es cero; y
- (d-3) el primer número es igual al tercer número en un caso donde el tercer número es uno o dos.
- A continuación se describe la condición (d) mencionada más arriba en mayor detalle.
- En el caso donde los comandos de vector $[\tau V]^*$ adoptan el vector sin valor $\tau 7''.V7$, el comando de vector usado inmediatamente antes del primer vector de compensación es el vector sin valor $\tau 7''.V7$. Por lo tanto, el tercer número es cero para el bus CC LL y tres para el bus CC LH, que corresponden, respectivamente, a las condiciones (d-2) y (d-1) mencionadas más arriba.
- En el caso donde los comandos de vector $[\tau V]^*$ no adoptan el vector sin valor $\tau 7''.V7$, el comando de vector usado inmediatamente antes del primer vector de compensación es el vector de corrección $\tau 6''.V6$. Por lo tanto, el tercer número es uno para el bus CC LL y dos para el bus CC LH, que corresponden, cada uno, a la condición (d-3) mencionada más arriba.
- En el caso donde las fórmulas (7) se satisfacen, el primer y segundo vectores de compensación son, respectivamente, los vectores de compensación $\tau 6''.V6$ y $\tau 4''.V4$. Por lo tanto, el primer número es uno para el bus CC LL y dos para el bus CC LH, y el segundo número es dos para el bus CC LL y uno para el bus CC LH.
- Por consiguiente, en un caso donde la condición (d-1) mencionada más arriba se examina para el bus CC LH, el primer número es dos y el segundo número es uno y, por consiguiente, la condición (d-1) mencionada más arriba se satisface.
- En un caso donde la condición (d-2) mencionada más arriba se examina para el bus CC LL, además, el primer número es uno y el segundo número es dos y, por consiguiente, la condición (d-2) mencionada más arriba se satisface.
- En un caso donde la condición (d-3) mencionada más arriba se examina para el bus CC LL, además, el tercer número es uno y el primer número también es uno y, por consiguiente, la condición (d-3) mencionada más arriba se satisface.

En un caso donde la condición (d-3) mencionada más arriba se examina para el bus CC LH, además, el tercer número es dos y el primer número también es dos y, por consiguiente, la condición (d-3) mencionada más arriba se satisface.

5 Según se describe más arriba, el aspecto deseado en el caso donde las fórmulas (7) se satisfacen satisface la condición (d).

10 En cada uno de los casos donde las fórmulas (9), (11), (13), (15) y (17) se satisfacen, el primer número es uno para el bus CC LL y dos para el bus CC LH, y el segundo número es dos para el bus CC LL y uno para el bus CC LH. Por consiguiente, los mismos primer y segundo números que aquellos obtenidos en el caso donde las fórmulas (7) se satisfacen se obtienen y, en cada uno de los casos donde las fórmulas (9), (11), (13), (15) y (17) se satisfacen, el aspecto deseado satisface la condición (d).

15 Además, en un caso donde el vector sin valor usado en el período inicial y/o el período final del ciclo predeterminado T0 corresponde al vector de tensión cero V7 en la condición (a), las condiciones (b), (c) y (d) mencionadas más arriba también se aplican. En el presente caso, los vectores de tensión correspondientes a los vectores usados en los comandos de vector $[\tau V]^*$ son los vectores V7, V6, V4, V0, V4, V6 y V7 en el presente orden desde el punto de tiempo inicial del ciclo predeterminado T0. Como con el vector sin valor $\tau 7.V7$ en los comandos de vector $[\tau V]^*$ descritos hasta el momento, pero hay flexibilidad sobre si el vector sin valor correspondiente al vector de tensión cero V0 se usa o no.

20 En un caso donde la condición (b) se examina, en un patrón de conmutación correspondiente al vector de tensión cero V7 correspondiente al vector sin valor $\tau 7.V7$, el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu, Pv y Pw y el bus CC LL es cero, y el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu, Pv y Pw y el bus CC LH es tres.

25 El vector de corrección $[\tau V]$ usado inmediatamente después del vector sin valor $\tau 7.V7$ es el vector de corrección $\tau 6.V6$ en cada una de las seis situaciones mencionadas más arriba (es preciso ver la primera cuestión que se muestra en los "conceptos básicos"). En un patrón de conmutación correspondiente al vector de tensión V6 correspondiente al vector de corrección $\tau 6.V6$, el número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu, Pv y Pw y el bus CC LL es uno, y el número de conmutadores de conducción entre el bus CC LH es dos.

30 El número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu, Pv y Pw y el bus CC LH es cero para el vector sin valor $\tau 7.V7$ y uno para el vector de corrección $\tau 6.V6$, y la diferencia en número es uno. El número de conmutadores de conducción entre los nodos Pu, Pv y Pw y el bus CC LH es tres para el vector sin valor $\tau 7.V7$ y dos para el vector de corrección $\tau 6.V6$, y la diferencia en número también es uno. Ello significa que la condición (b) se satisface.

Es obvio que la condición (c) también se satisface. Con respecto a la condición (d), la descripción puede llevarse a cabo de la siguiente manera.

35 En el caso donde los comandos de vector $[\tau V]^*$ adoptan el vector sin valor $\tau 0.V0$, el comando de vector usado inmediatamente antes del primer vector de compensación es el vector sin valor $\tau 0.V0$. Por lo tanto, el tercer número es tres para el bus CC LL y cero para el bus CC LH, que corresponden, respectivamente, a las condiciones (d-1) y (d-2) mencionadas más arriba.

40 En el caso donde los comandos de vector $[\tau V]^*$ no adoptan el vector sin valor $\tau 0.V0$, el comando de vector usado inmediatamente antes del primer vector de compensación es el vector de corrección $\tau 4.V4$. Por lo tanto, el tercer número es dos para el bus CC LL y uno para el bus CC LH, que corresponden, cada uno, a la condición (d-3) mencionada más arriba.

En el caso donde las fórmulas (7) se satisfacen, el primer y segundo vectores de compensación son, respectivamente, los vectores de compensación $\tau 4.V4$ y $\tau 6.V6$. Por lo tanto, el primer número es dos para el bus CC LL y uno para el bus CC LH, y el segundo número es uno para el bus CC LL y dos para el bus CC LH.

45 Por consiguiente, en un caso donde la condición (d-1) mencionada más arriba se examina para el bus CC LL, el primer número es dos y el segundo número es uno y, por consiguiente, la condición (d-1) mencionada más arriba se satisface.

En un caso donde la condición (d-2) mencionada más arriba se examina para el bus CC LH, además, el primer número es uno y el segundo número es dos y, por consiguiente, la condición (d-2) mencionada más arriba se satisface.

50 En un caso donde la condición (d-3) mencionada más arriba se examina para el bus CC LH, además, el tercer número es uno y el primer número también es uno y, por consiguiente, la condición (d-3) mencionada más arriba se satisface.

En un caso donde la condición (d-3) mencionada más arriba se examina para el bus CC LL, además, el tercer número es dos y el primer número también es dos y, por consiguiente, la condición (d-3) mencionada más arriba se satisface.

5 Según se describe más arriba, el aspecto deseado en el caso donde las fórmulas (7) se satisfacen satisface la condición (d). En cada uno de los casos donde las fórmulas (9), (11), (13), (15) y (17) se satisfacen, el primer número es uno para el bus CC LH y dos para el bus CC LL, y el segundo número es dos para el bus CC LH y uno para el bus CC LL. Por consiguiente, los mismos primer y segundo números que aquellos obtenidos en el caso donde las fórmulas (7) se satisfacen se obtienen y, en cada uno de los casos donde las fórmulas (9), (11), (13), (15) y (17) se satisfacen, el aspecto deseado satisface la condición (d).

10 Además, en el caso donde las fórmulas (7) se satisfacen, cada una de las fórmulas (9), (11), (13), (15) y (17) puede satisfacerse mediante el aumento de las magnitudes (las presentes magnitudes indican los tiempos τ_4' y τ_6' durante los cuales los vectores de tensión distintos de cero V_4 y V_6 se usan, respectivamente) de los vectores de corrección $\tau_4'.V_4$ y $\tau_6'.V_6$. Con el fin de acercar el lugar geométrico del punto terminal del vector $\Psi(\theta)$ a un círculo, además, es deseable que los tiempos τ_4' y τ_6' sean tan cortos como sea posible. Por ejemplo, en el caso donde las fórmulas (7) pueden satisfacerse, es deseable que el límite de tiempo mínimo T_{\min} se seleccione como cada uno de los tiempos τ_4' y τ_6' .

Segunda realización

20 El Documento de No Patente 2 describe que el ruido magnético aumenta con la desviación creciente del flujo magnético. En la segunda realización, la selección de los vectores de compensación $[\tau V]$ deseable desde la perspectiva de la reducción de la desviación (una diferencia entre un valor de comando y un valor real) del flujo magnético se describe.

En la segunda realización, la descripción se realiza tomando solo un caso donde $0 \leq \theta \leq \pi/3$ se satisface como un ejemplo como en la descripción realizada hasta el momento.

25 La Figura 31 es un diagrama de vector que muestra vectores originales a los cuales la segunda realización es aplicable. En los vectores originales a los cuales la segunda realización es aplicable, la suma de las magnitudes de un par de vectores distintos de cero originales correspondientes a diferentes vectores de tensión distintos de cero en el ciclo predeterminado T_0 se requiere que sea más pequeña que o igual a la mitad ($T_{\min}/2$) del límite de tiempo mínimo T_{\min} . Dado que $0 \leq \theta \leq \pi/3$ se satisface en la presente memoria, los vectores distintos de cero originales $\tau_4.V_4$ y $\tau_6.V_6$ se usan, y es necesario satisfacer la siguiente fórmula (19).

$$30 \quad \tau_4 + \tau_6 \leq T_{\min}/2 \dots (19)$$

Los vectores distintos de cero originales $\tau_4.V_4$ y $\tau_6.V_6$ se usan dos veces en los vectores originales, y la segunda realización es finalmente aplicable a un caso donde el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ (no se muestra) cae dentro de un triángulo equilátero en el cual cada lado tiene una longitud igual a la longitud T_{\min} .

35 Por otro lado, según se describe en los conceptos básicos, los vectores de corrección que tienen, cada uno, una magnitud mayor que o igual a la longitud T_{\min} se usan para obtener el valor estimado para la corriente I_u , I_v e I_w .

40 Es decir, un valor mínimo de la magnitud de cada uno de los vectores de corrección para obtener el valor estimado para la corriente I_u , I_v e I_w es la longitud T_{\min} . Los lugares geométricos de los comandos de vector caen, por consiguiente, dentro de un paralelogramo que tiene un vértice donde el punto inicial (una posición que se muestra como el vector sin valor $\tau_0.V_0$ en la Figura 31) del comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ se ubica y tiene un lado y una diagonal, cada uno de los cuales tiene una longitud igual a la longitud T_{\min} . En la Figura 31, el paralelogramo y el triángulo equilátero mencionados más arriba se muestran en las líneas finas.

45 Según se describe al final de la primera realización, es deseable que los tiempos τ_4' y τ_6' sean tan cortos como sea posible para acercar el lugar geométrico del punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ a un círculo. Por lo tanto, en la presente realización para reducir la desviación del flujo magnético, solo se requiere la descripción de un caso donde una fórmula (20) se satisface.

$$\tau_4' = \tau_6' = T_{\min} \dots (20)$$

Se descubre a partir de las fórmulas (19) y (20) que un caso al cual la presente realización se aplica es un caso donde las fórmulas (13) se satisfacen (es preciso ver la Figura 19).

50 La Figura 32 es un diagrama de vector que muestra los comandos de vector usados en la presente realización junto con los vectores originales y los comandos de vector usados en la primera realización. Los vectores originales se muestran por flechas finas, los comandos de vector usados en la primera realización se muestran en líneas punteadas y los comandos de vector usados en la presente realización se muestran en líneas gruesas.

Los comandos de vector $\tau_0^a.V_0$, $\tau_4^a.V_4$, $\tau_6^a.V_6$, $\tau_7^a.V_7$, $\tau_3^a.V_3$, $\tau_1^a.V_1$ y $\tau_0^a.V_0$ que se muestran en la Figura 32 corresponden, respectivamente, a los comandos de vector $\tau_0^b.V_0$, $\tau_4^b.V_4$, $\tau_6^b.V_6$, $\tau_7^b.V_7$, $\tau_3^b.V_3$, $\tau_1^b.V_1$ y $\tau_0^b.V_0$ usados en la primera realización (es preciso ver las Figuras 19 y 20).

5 Según se describe en la primera realización, el uso de dichos comandos de vector reducen el número de tiempos de conmutación para, por consiguiente, reducir la pérdida de conmutación.

Por otro lado, en la presente realización, los comandos de vector $\tau_0^b.V_0$, $\tau_4^b.V_4$, $\tau_2^b.V_2$, $\tau_7^b.V_7$, $\tau_5^b.V_5$, $\tau_1^b.V_1$ y $\tau_0^b.V_0$ se usan.

Además, la siguiente fórmula (21) se satisface a partir de la premisa de la fórmula (20).

$$\tau_4^a = \tau_6^a = \tau_4^b = \tau_2^b = T_{\text{mín}} \dots (21)$$

10 Supongamos que el tiempo durante el cual el vector de tensión cero V_0 se mantiene en el ciclo predeterminado T_0 normalmente difiere en el período inicial del ciclo predeterminado T_0 y el período final del ciclo predeterminado T_0 , a diferencia de la primera realización. Es decir, las fórmulas (22) no siempre se satisfacen.

$$\tau_0^a = \tau_0^b, \tau_0^b = \tau_0^c \dots (22)$$

15 A continuación se describe el uso de los comandos de vector de la presente realización que puede reducir la desviación del flujo magnético, de manera más específica, un integral en el tiempo (al que, de aquí en adelante, se hace referencia como un "integral de desviación de flujo magnético") de la desviación del flujo magnético en el ciclo predeterminado T_0 en comparación con los comandos de vector usados en la primera realización.

20 Con el fin de facilitar la descripción, los vectores originales y un lugar geométrico ideal $\Psi(\theta)^{\wedge}$ del punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ en el ciclo predeterminado T_0 se muestran en la Figura 33 en el diagrama de vector. Un vector que señala del punto inicial al punto terminal del lugar geométrico $\Psi(\theta)^{\wedge}$, que es un arco, concuerda con el comando de diferencia $\Delta\Psi(\theta)$ (es preciso ver la Figura 4).

El lugar geométrico $\Psi(\theta)^{\wedge}$ se divide en las siguientes áreas d_1 a d_5 que se tomarán.

Área d_1 : una área en la cual el vector de tensión cero usado en el período inicial del ciclo predeterminado T_0 se mantiene;

25 Área d_2 : una área, siguiendo al área d_1 , en la cual el vector de tensión distinto de cero se mantiene;

Área d_3 : una área, siguiendo al área d_2 , en la cual el vector de tensión distinto de cero diferente de aquel mantenido en el área d_2 se mantiene;

Área d_4 : una área, siguiendo al área d_3 , en la cual el vector de tensión cero diferente de aquel mantenido en el área d_1 se mantiene; y

30 Área d_5 : una área, siguiendo al área d_4 , diferente de las áreas d_1 a d_4 .

En un caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan, dichas áreas se comprenden de la siguiente manera:

Área d_1 : una área en la cual el vector de tensión cero V_0 usado en el período inicial del ciclo predeterminado T_0 se mantiene durante el tiempo τ_0^a ;

35 Área d_2 : una área, siguiendo al área d_1 , en la cual el vector de tensión distinto de cero V_4 se mantiene durante el tiempo τ_4^a ;

Área d_3 : una área, siguiendo al área d_2 , en la cual el vector de tensión distinto de cero V_6 se mantiene durante el tiempo τ_6^a ;

Área d_4 : una área, siguiendo al área d_3 , en la cual el vector de tensión cero V_7 se mantiene durante el tiempo τ_7^a ; y

40 Área d_5 : una área, siguiendo al área d_4 , en la cual el vector de tensión cero V_7 , los vectores de tensión distintos de cero V_3 y V_1 , y el vector de tensión cero V_0 se usan en el presente orden, y que corresponde al tiempo $(\tau_7^a - \tau_7^a + \tau_3^a + \tau_1^a + \tau_0^a)$.

En un caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan, dichas áreas se entienden de la siguiente manera:

45 Área d_1 : una área en la cual el vector de tensión cero V_0 usado en el período inicial del ciclo predeterminado T_0 se mantiene durante el tiempo τ_0^b ;

Área d2: una área, siguiendo al área d1, en la cual el vector de tensión distinto de cero V4 se mantiene durante el tiempo $\tau_4'b$;

Área d3: una área, siguiendo al área d2, en la cual el vector de tensión distinto de cero V2 se mantiene durante el tiempo $\tau_2'b$;

5 Área d4: una área, siguiendo al área d3, en la cual el vector de tensión cero V7 se mantiene durante el tiempo τ_7^a ; y

Área d5: una área, siguiendo al área d4, en la cual el vector de tensión cero V7, los vectores de tensión distintos de cero V5 y V1, y el vector de tensión cero V0 se usan en el presente orden, y que corresponde al tiempo $(\tau_7^b - \tau_7^a + \tau_5^b + \tau_1^b + \tau_0^b)$.

10 Se nota que la primera realización y la segunda realización no siempre concuerdan entre sí en los tiempos durante los cuales los vectores de tensión se mantienen en las áreas d1 a d5.

Sin embargo, con el fin de que el integral de desviación de flujo magnético de los comandos de vector en la segunda realización no sea más grande en comparación con el integral de desviación de flujo magnético de los comandos de vector en la primera realización en el área d1, es deseable que las áreas d1 en la primera y segunda realizaciones concuerden entre sí, a saber, la siguiente fórmula (23) se satisface.

15
$$\tau_0^a = \tau_0^b \dots (23)$$

En el presente caso, no solo las áreas d1 sino también los comandos de vector usados en las áreas d1 concuerdan entre sí y, por consiguiente, los integrales de desviación de flujo magnético en las áreas d1 concuerdan entre sí en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan y en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan.

20 Dado que la fórmula (21) se satisface, las áreas d2 concuerdan entre sí en los comandos de vector en la primera realización y en los comandos de vector en la segunda realización. Los vectores de corrección $\tau_4^a.V4$ y $\tau_4^b.V4$ corresponden al mismo vector de tensión distinto de cero V4. Por lo tanto, los integrales de desviación de flujo magnético en las áreas d2 concuerdan entre sí en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan y en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan.

25 La Figura 34 es un diagrama de vector que muestra los vectores de corrección $\tau_4^a.V4$, $\tau_4^b.V4$, $\tau_6^a.V6$ y $\tau_2^b.V2$ en un caso donde el punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ se encuentra en el área d3. Dado que la fórmula (21) se satisface, las mitades anteriores de las áreas d3 concuerdan entre sí en los comandos de vector en la primera realización y en los comandos de vector en la segunda realización.

30 Con el fin de comparar el integral de desviación de flujo magnético de los comandos de vector en la primera realización y el integral de desviación de flujo magnético de los comandos de vector en la segunda realización en el caso donde el punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ se encuentra en el área d3, la distancia entre los respectivos puntos en el vector de corrección $\tau_6^a.V6$ y $\tau_2^b.V2$ y un punto en el área d3 se comparan.

Habiéndose ya descrito en los "conceptos básicos", la magnitud (longitud) del vector de elementos correspondiente a cada uno de los vectores de tensión indica el tiempo durante el cual el vector de tensión se mantiene de manera continua. La distancia m_6 entre un punto (x_θ, y_θ) en un punto de tiempo t_p en un período durante el cual el punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ se encuentra en el área d3 y un punto (x_6, y_6) en el vector de elementos $\tau_6^a.V6$ en el punto de tiempo t_p se muestra por la siguiente fórmula (24). De manera similar, la distancia m_2 entre el punto (x_θ, y_θ) y un punto (x_2, y_2) en el vector de elementos $\tau_2^b.V2$ en el punto de tiempo t_p se muestra por la siguiente fórmula (25). Se nota que el eje x se establece para que sea paralelo al vector de tensión V4, y el eje y se establece para que sea perpendicular al eje x.

35
$$m_6 = [(x_\theta - x_6)^2 + (y_\theta - y_6)^2]^{1/2} \dots (24)$$

40
$$m_2 = [(x_\theta - x_2)^2 + (y_\theta - y_2)^2]^{1/2} \dots (25)$$

Las distancias m_6 y m_2 indican los valores absolutos de las desviaciones de flujo magnético en el punto de tiempo t_p en el período durante el cual los vectores de tensión distintos de cero V6 y V2 se usan.

45 Dado que las fórmulas (21) y (23) se satisfacen según se describe más arriba, el punto (x_6, y_6) en el vector de corrección $\tau_6^a.V6$ y el punto (x_2, y_2) en el vector de corrección $\tau_2^b.V2$ en el punto de tiempo t_p tienen la relación de las siguientes fórmulas (26).

$$y_2 = y_6, |x_6 - x_\theta| > |x_2 - x_\theta| \dots (26)$$

50 Por lo tanto, en el caso donde el punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ se encuentra en el área d3, la siguiente fórmula (27) siempre se satisface.

$$m_6 > m_2 \dots (27)$$

Por consiguiente, se descubre que el integral de desviación de flujo magnético de los comandos de vector en la segunda realización es más pequeño que el de los comandos de vector en la primera realización, en el área d3.

En el área d4, el vector de tensión cero V7 se mantiene durante el tiempo τ_7^a en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan y en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan. En la Figura 32, el punto que se muestra por el vector sin valor $\tau_7^b.V7$ es obviamente más cercano al punto terminal (el punto que se muestra por los vectores sin valor $\tau_0^a.V0$, $\tau_0^b.V0$ y $\tau_0.V0$ en la Figura 32) del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ que lo que está el punto que se muestra por el vector sin valor $\tau_7^a.V7$. El integral de desviación de flujo magnético en el área d4 es, por consiguiente, más pequeño en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan que en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan.

Además, en el área d4, el vector de tensión cero V7 se mantiene, y el comando de vector en la primera realización se ubica en un vértice del triángulo equilátero derecho que se muestra en la Figura 31. Dado que la fórmula (19) se satisface, el punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ siempre se encuentra en el triángulo equilátero izquierdo que se muestra en la Figura 31. Como resultado, el integral de desviación de flujo magnético aumenta con el tiempo creciente τ_7^a .

En el área d4, el comando de vector en la segunda realización se ubica en un vértice del triángulo equilátero derecho que se muestra en la Figura 31. Como resultado, el integral de desviación de flujo magnético aumenta con el tiempo creciente τ_7^a también en el presente caso. Por lo tanto, es deseable que el tiempo τ_7^a sea cero, y el área d4 no existe sustancialmente en cada uno de los comandos de vector en la primera realización y los comandos de vector en la segunda realización.

A continuación, se describe la desviación del flujo magnético cuando el punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ se encuentra en un punto (x_θ, y_θ) en el área d5.

La Figura 35 es un diagrama de vector que muestra los vectores de compensación $\tau_3^a.V3$, $\tau_1^a.V1$, $\tau_5^b.V5$ y $\tau_1^b.V1$ en el caso donde el punto terminal del vector de flujo magnético $\Psi(\theta)$ se encuentra en el área d5.

Los vectores de tensión V2 y V3 forman un ángulo de $\pi/3$, los vectores de tensión V1 y V3 forman un ángulo de $\pi/3$, y los vectores de tensión V2 y V5 forman un ángulo de π y, por consiguiente, se descubre con referencia a la Figura 32 que las siguientes fórmulas (28) a (30) se satisfacen y, por consiguiente, la siguiente fórmula (31) se satisface.

$$\tau_5^b = 2.\tau_4... (28)$$

$$\tau_1^b = T_{\text{mín}} - 2.\tau_6 - 2.\tau_4... (29)$$

$$\tau_1^a = T_{\text{mín}} - 2.\tau_6... (30)$$

$$\tau_1^a = \tau_5^b + \tau_1^b... (31)$$

Según se describe más arriba, en el área d4, el integral de desviación de flujo magnético se establece en cero mediante el establecimiento del tiempo τ_7^a en cero en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan. De manera similar, el integral de desviación de flujo magnético en el área d5 se convierte en más pequeño en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan que en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan mediante el establecimiento del tiempo τ_7^b en cero en el primer caso incluso si el tiempo τ_7^a se establece en cero en el último caso. Ello se debe a que la fórmula (31) se satisface, y la desviación del flujo magnético de los comandos de vector en la primera realización es mayor derivada del comando de vector $\tau_3^a.V3$. Desde la presente perspectiva, es deseable que la unidad de integración de vectores 66 integre los vectores de corrección $\tau_4^b.V4$ y $\tau_2^b.V2$ y los vectores de compensación $\tau_5^b.V5$ y $\tau_1^b.V1$ para obtener los comandos de vector sin interponer los vectores sin valor entre aquellos.

Las Figuras 36 a 38 son, cada una, un diagrama de tiempo que muestra las longitudes de tiempo durante las cuales los vectores de tensión se usan en el caso donde los comandos de vector se usan en el área d5 según la primera realización y la segunda realización. El diagrama de tiempo muestra, junto con los vectores de tensión, un gráfico que indica el estado de conducción/no conducción de los conmutadores 4up, 4vp y 4wp por H/L en las filas U, V y W, respectivamente.

En las secciones de la primera realización de las Figuras 36 a 38, los períodos durante los cuales los vectores de tensión V7, V3, V1 y V0 se usan corresponden, respectivamente, a los tiempos τ_7^a , τ_3^a , τ_1^a y τ_0^a . En las secciones de la segunda realización de las Figuras 36 a 38, los períodos durante los cuales los vectores de tensión V7, V5, V1 y V0 se usan corresponden, respectivamente, a los tiempos τ_7^b , τ_5^b , τ_1^b y τ_0^b (es preciso ver la segunda cuestión en los "conceptos básicos").

La Figura 36 muestra un caso donde los vectores de tensión cero V0 y V7 se asignan equitativamente, a saber, las siguientes fórmulas (32) se satisfacen.

$$\tau_7^a = \tau_0^a, \tau_7^b = \tau_0^b... (32)$$

La Figura 37 muestra un caso donde el vector de tensión cero V0 no se usa, a saber, la siguiente fórmula (33) se satisface.

$$\tau_0''a = \tau_0'''b = 0... (33)$$

5 La Figura 38 muestra un caso donde el vector de tensión cero V7 no se usa, a saber, la siguiente fórmula (34) se satisface.

$$\tau_7''a = \tau_7'''b = 0... (34)$$

A continuación, se describe la desviación del flujo magnético en el período durante el cual el vector de tensión distinto de cero V3 se mantiene durante el tiempo $\tau_3''a$ según el vector de compensación $\tau_3''a.V3$ en la primera realización.

10 En la Figura 35, la desviación de flujo magnético en la intersección de los vectores de compensación $\tau_3''a.V3$ y $\tau_1''a.V1$, a saber, un punto de tiempo t_q de transición del vector de tensión distinto de cero V3 al vector de tensión distinto de cero V1, en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan se muestra por la distancia m_3 . De manera similar, la desviación de flujo magnético en la intersección del vector sin valor $\tau_7''b.V7$ y el vector de compensación $\tau_5''b.V5$, a saber, el punto de tiempo t_r de transición del vector de tensión cero V7 al vector de tensión distinto de cero V5, en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan se muestra por la distancia m_5 .

20 Con referencia a las Figuras 31 y 32, una de las dos posiciones que indican el vector sin valor $\tau_0.V0$ se ubica en el vértice de uno de los dos triángulos equiláteros (el triángulo equilátero izquierdo en la Figura 31) que constituyen el paralelogramo, y la otra de las dos posiciones cae dentro del triángulo equilátero. Una fórmula (35), por lo tanto, se satisface.

$$m_3 > m_5...(35)$$

El punto de tiempo t_r se encuentra en o antes del punto de tiempo t_q . Ello se debe a que la fórmula (31) se satisface, y se aplica a cada uno de los casos de las Figuras 36 a 38.

25 La desviación del flujo magnético en el período durante el cual el vector de tensión distinto de cero V3 se mantiene según el vector de compensación $\tau_3''a.V3$ en la primera realización es mayor que o igual a la distancia m_3 . Por consiguiente, el integral de desviación de flujo magnético en el presente período en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan es más pequeño que o igual a aquel en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan.

30 Por ejemplo, un caso donde los puntos de tiempo t_q y t_r concuerdan entre sí se describe (correspondiente al caso que se muestra en la Figura 37). En el presente caso, la desviación del flujo magnético en el período durante el cual el vector de tensión distinto de cero V3 se mantiene según el vector de compensación $\tau_3''a.V3$ en la primera realización es mayor que la desviación del flujo magnético en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan en el mismo período (es preciso ver la fórmula (35)).

35 En y después de los puntos de tiempo t_q y t_r , el vector de compensación $\tau_1''a.V1$ se usa en la primera realización en el período durante el cual el vector de compensación $\tau_5''b.V5$ se usa en la segunda realización. En el presente período, el integral de desviación de flujo magnético es más pequeño en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan que en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan, a partir de la descripción similar a aquella realizada con respecto a las distancias m_2 y m_6 que se muestran en la Figura 34.

40 El vector de compensación $\tau_1''a.V1$ se usa entonces en la primera realización en el período durante el cual el vector de compensación $\tau_1''b.V1$ se usa en la segunda realización. En el presente período, la desviación de flujo magnético es igual en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan y en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan.

45 En el caso donde los puntos de tiempo t_q y t_r concuerdan entre sí según se describe más arriba, los tiempos $\tau_0''a$ y $\tau_0'''b$ son, cada uno, cero con referencia a la Figura 37. Por lo tanto, incluso en el caso donde los puntos de tiempo t_q y t_r concuerdan entre sí, el integral de desviación de flujo magnético de allí en adelante es más pequeño en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan que en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan.

50 En un caso donde el punto de tiempo t_r ocurre antes que el punto de tiempo t_q , los tiempos $\tau_0''a$ y $\tau_0'''b$ no son cero (los casos que se muestran en las Figuras 36 y 38). El vector de compensación $\tau_0'''b.V0$ se usa en la segunda realización en el período durante el cual el vector de sin valor $\tau_0''a.V0$ se usa en la primera realización. En el presente período, el integral de desviación de flujo magnético es, por consiguiente, más pequeño en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan que en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan.

- Como resultado, en cada una de las áreas d1 a d5, el integral de desviación de flujo magnético en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan es más pequeño que o igual a aquel en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan. Por lo tanto, el integral de desviación de flujo magnético es más pequeño en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan que en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan a lo largo del ciclo predeterminado T0.
- Además, en el período inicial y/o período final del ciclo predeterminado T0, el vector de tensión cero V7 puede usarse en lugar del vector de tensión cero V0 descrito hasta el momento. La Figura 39 es un diagrama de vector que muestra los comandos de vector en dicho caso, y muestra los comandos de vector en la primera realización en líneas punteadas y los comandos de vector en la segunda realización en líneas continuas (es preciso ver la primera cuestión en los "conceptos básicos").
- Según se describe más arriba, los comandos de vector en la segunda realización, que reducen el integral de desviación de flujo magnético más que los comandos de vector en la primera realización para reducir el número de tiempos de conmutación, pueden comprenderse como unos que satisfacen las siguientes condiciones (I), (II) y (III) bajo la premisa de la fórmula (19).
- (I) El par de vectores de corrección corresponde a un par de los vectores de tensión distintos de cero que forman un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo;
- (II) El par de vectores de compensación corresponde a un par de los vectores de tensión distintos de cero que forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo; y
- (III) El vector de tensión distinto de cero correspondiente a uno del par de vectores de corrección que se usa más adelante y el vector de tensión distinto de cero correspondiente a uno del par de vectores de compensación que se usa anteriormente forman un ángulo de π en el plano complejo.
- En un caso donde la condición (I) se examina para la Figura 32, los vectores de corrección $\tau_4^b.V_4$ y $\tau_2^b.V_2$ se usan, los cuales corresponden, respectivamente, a los vectores de tensión distintos de cero V4 y V2. Con referencia a la Figura 2, los vectores de tensión distintos de cero V4 y V2 forman un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo.
- En un caso donde la condición (I) se examina para la Figura 39, los vectores de corrección $\tau_6^b.V_6$ y $\tau_5^b.V_5$ se usan, los cuales corresponden, respectivamente, a los vectores de tensión distintos de cero V6 y V5. Con referencia a la Figura 2, los vectores de tensión distintos de cero V6 y V5 forman un ángulo de $2\pi/3$ en el plano complejo.
- En un caso donde la condición (II) se examina para la Figura 32, los vectores de compensación $\tau_5^b.V_5$ y $\tau_1^b.V_1$ se usan, los cuales corresponden, respectivamente, a los vectores de tensión distintos de cero V5 y V1. Con referencia a la Figura 2, los vectores de tensión distintos de cero V5 y V1 forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo.
- En un caso donde la condición (II) se examina para la Figura 39, los vectores de compensación $\tau_2^b.V_2$ y $\tau_3^b.V_3$ se usan, los cuales corresponden, respectivamente, a los vectores de tensión distintos de cero V2 y V3. Con referencia a la Figura 2, los vectores de tensión distintos de cero V2 y V3 forman un ángulo de $\pi/3$ en el plano complejo.
- En un caso donde la condición (III) se examina para la Figura 33, el vector de corrección usado más adelante es el vector de corrección $\tau_2^b.V_2$, y el vector de compensación usado anteriormente es el vector de compensación $\tau_5^b.V_5$. Estos corresponden a los vectores de tensión distintos de cero V2 y V5, respectivamente. Con referencia a la Figura 2, los vectores de tensión distintos de cero V2 y V5 forman un ángulo de π en el plano complejo.
- En un caso donde la condición (III) se examina para la Figura 39, el vector de corrección usado más adelante es el vector de corrección $\tau_5^b.V_5$, y el vector de compensación usado anteriormente es el vector de compensación $\tau_2^b.V_2$. Estos corresponden a los vectores de tensión distintos de cero V5 y V2, respectivamente, y forman un ángulo de π en el plano complejo.
- Además, desde la perspectiva de la reducción de la desviación del flujo magnético, es deseable satisfacer la fórmula (21) (es preciso ver la descripción realizada con respecto a la fórmula (20)). Por consiguiente, en el presente caso, las siguientes condiciones (IV) y (V) se añaden.
- (IV) El par de vectores de corrección tiene, cada uno de ellos, una magnitud correspondiente al límite de tiempo mínimo Tmín; y
- (V) Uno del par de los vectores de compensación que se usa más adelante tiene una magnitud obtenida mediante la resta de dos veces la suma de las magnitudes del par de vectores distintos de cero originales del límite de tiempo mínimo Tmín.
- La siguiente condición (VI) también se añade como resultado de la descripción realizada con respecto a las áreas d4 y d5.
- (VI) En los comandos de vector en un ciclo predeterminado T0, el vector sin valor no se interpone entre el par de vectores de compensación y el par de vectores de corrección.

La condición (V) se examina para la Figura 32, que se muestra por la fórmula (29). La condición (V) se examina para la Figura 39, que se muestra por la siguiente fórmula (36).

$$\tau_3^b = T_{\min} - 2.\tau_6 - 2.\tau_4 \dots (36)$$

5 Según se describe más arriba, cuando las condiciones (I), (II) y (III) se satisfacen, el integral de desviación de flujo magnético es más pequeño en el caso donde los comandos de vector en la segunda realización se usan que en el caso donde los comandos de vector en la primera realización se usan a lo largo del ciclo predeterminado T_0 .

Mientras la presente invención se ha descrito en detalle, la descripción anterior es, en todos los aspectos, ilustrativa y no restrictiva. Se comprenderá, por lo tanto, que numerosas modificaciones que no se han descrito pueden concebirse sin apartarse del alcance de la presente invención, según se define por las reivindicaciones anexas.

10

REIVINDICACIONES

1. Un controlador de convertidor de potencia (6) para controlar un convertidor de potencia (3) cada ciclo predeterminado (T_0), dicho convertidor de potencia aplicando tensión trifásica (V_u, V_v, V_w) a una carga inductiva (5) para suministrar corriente trifásica (I_u, I_v, I_w) a dicha carga inductiva (5),
- 5 dicho convertidor de potencia (3) incluyendo tres trayectos de corriente, cada uno de los cuales tiene un nodo (P_u, P_v, P_w) y un par de conmutadores ($(4_{up}, 4_{un}), (4_{vp}, 4_{vn}), (4_{wp}, 4_{wn})$) conectados en serie mediante dicho nodo (P_u, P_v, P_w) entre un par de buses CC (LL, LH),
- dicha corriente trifásica (I_u, I_v, I_w) produciéndose desde dichos tres nodos (P_u, P_v, P_w) según los estados de conducción/no conducción de dichos tres pares de conmutadores ($(4_{up}, 4_{un}), (4_{vp}, 4_{vn}), (4_{wp}, 4_{wn})$), dichos estados de conducción/no conducción basándose en múltiples patrones de conmutación,
- 10 vectores de tensión (V_0 a V_7) correspondientes a dichos patrones de conmutación, clasificados en un par de vectores de tensión cero (V_0, V_7) y seis vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) diferentes de dichos vectores de tensión cero, un primer vector (V_0) de dichos vectores de tensión cero (V_0, V_7) correspondiendo a un patrón de conmutación en el cual dicha carga inductiva (5) se conecta solo a un primer bus (LL) de dichos buses CC (LL, LH),
- 15 un segundo vector (V_7) de dichos vectores de tensión cero (V_0, V_7) correspondiendo a un patrón de conmutación en el cual dicha carga inductiva (5) se conecta solo a un segundo bus (LH) de dichos buses CC (LL, LH),
- dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) mostrándose con dichos vectores de tensión cero (V_0, V_7) como puntos iniciales que se ubicarán cada ángulo de $\pi/3$ en un plano complejo,
- 20 cada dos de los vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) que se ubican para formar un ángulo de $2\pi/3$ en dicho plano complejo correspondiendo a dichos patrones de conmutación que son comunes en uno de dichos trayectos de corriente y diferentes en los otros dos de dichos trayectos de corriente,
- cada dos de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) que se ubican para formar un ángulo de π en dicho plano complejo correspondiendo a dichos patrones de conmutación que son diferentes en dichos tres trayectos de corriente,
- 25 dicho controlador de convertidor de potencia (6) que comprende:
- un generador de comando de diferencia (62) genera un comando de diferencia ($\Delta\Psi(\theta)$) equivalente a una integral en el tiempo de dicha tensión trifásica (V_u, V_v, V_w) aplicada a dicha carga inductiva (5) en uno de dichos ciclos predeterminados en dicho plano complejo;
- 30 un generador de comando de vector (63, 64, 65, 66) que genera múltiples comandos de vector ($[\tau V]^*$) que son, respectivamente, integrales en el tiempo de dichos vectores de tensión (V_0 a V_7) y componen dicho comando de diferencia ($\Delta\Psi(\theta)$);
- un generador de señal de conmutación (67) que genera señales de conmutación ($G_{up}, G_{vp}, G_{wp}, G_{un}, G_{vn}, G_{wn}$) para controlar dichos estados de conducción/no conducción de dichos tres pares de conmutadores ($(4_{up}, 4_{un}), (4_{vp}, 4_{vn}), (4_{wp}, 4_{wn})$) según dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$); y
- 35 una unidad de cálculo de corriente de fase (61) que detecta corriente (I_d) que fluye a través de dichos buses CC (LL, LH) para obtener un valor estimado para dicha corriente trifásica (I_u, I_v, I_w) según dicha corriente (I_d) y dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$), en donde
- 40 al menos dos de dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$) que son integrales en el tiempo de diferentes vectores de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) tienen magnitudes mayores que o iguales a un valor predeterminado ($T_{mín}$) que corresponde a una cantidad de tiempo mínima requerida para mantener dichos patrones de conmutación con el fin de que dicha unidad de cálculo de corriente de fase (61) detecte dicha corriente (I_d);
- caracterizado por que
- dicho generador de comando de vector (63, 64, 65, 66) incluye:
- 45 un generador de vector original (63) que genera vectores originales ($\tau_0.V_0, \tau_7.V_7, \tau_4.V_4, \tau_6.V_6$) cada dicho ciclo predeterminado (T_0), los vectores originales ($\tau_0.V_0, \tau_7.V_7, \tau_4.V_4, \tau_6.V_6$) incluyendo un par de vectores distintos de cero originales ($\tau_4.V_4, \tau_6.V_6$);
- un generador de vector de corrección (64) que genera un par de vectores de corrección ($(\tau_4'.V_4, \tau_6'.V_6), (\tau_4'a.V_4, \tau_6'a.V_6), (\tau_4'b.V_4, \tau_2'b.V_2), (\tau_6'b.V_6, \tau_5'b.V_5)$) cada dicho ciclo predeterminado (T_0);
- 50 un generador de vector de compensación (65) que genera un par de vectores de compensación ($(\tau_4''.V_4, \tau_6''.V_6), (\tau_3''a.V_3, \tau_1''V_1), (\tau_5''b.V_5, \tau_1''b.V_1), (\tau_2''b.V_2, \tau_3''b.V_3)$) cada dicho ciclo predeterminado (T_0); y

una unidad de integración de vectores (66) que integra dicho par de dichos vectores de corrección (($\tau_4'.V_4$, $\tau_6'.V_6$), ($\tau_4'a.V_4$, $\tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'b.V_4$, $\tau_2'b.V_2$), ($\tau_6'b.V_6$, $\tau_5'b.V_5$)), dicho par de dichos vectores de compensación (($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''a.V_3$, $\tau_1''a.V_1$), ($\tau_5''b.V_5$, $\tau_1''b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2$, $\tau_3''b.V_3$)), y al menos uno de los vectores sin valor (($\tau_0.V_0$), ($\tau_7.V_7$)) para producir dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$), en donde

5 dicho par de dichos vectores distintos de cero originales ($\tau_4.V_4$, $\tau_6.V_6$) es, cada uno, un integral en el tiempo de dicho vector de tensión distinto de cero (V_1 a V_6), forman un ángulo de $\pi/3$ en dicho plano complejo, y componen una mitad de dicho comando de diferencia ($\Delta\Psi(\theta)$),

10 dicho par de dichos vectores de corrección (($\tau_4'.V_4$, $\tau_6'.V_6$), ($\tau_4'a.V_4$, $\tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'b.V_4$, $\tau_2'b.V_2$), ($\tau_6'b.V_6$, $\tau_5'b.V_5$)) es, cada uno de ellos, un integral en el tiempo de dicho vector de tensión distinto de cero (V_1 a V_6), cada uno de los cuales tiene una magnitud mayor que o igual a dicho valor predeterminado (T_{\min}), y corresponden a vectores mutuamente diferentes de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6),

15 uno de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) correspondiendo a uno de dicho par de dichos vectores de corrección (($\tau_4'.V_4$), ($\tau_6'.V_6$), ($\tau_4'a.V_4$), ($\tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'b.V_4$), ($\tau_6'b.V_6$)) y uno de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) correspondiente a uno de dichos vectores distintos de cero originales (($\tau_4.V_4$), ($\tau_6.V_6$)) concordando entre sí,

20 dicho par de dichos vectores de compensación (($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''a.V_3$, $\tau_1''a.V_1$), ($\tau_5''b.V_5$, $\tau_1''b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2$, $\tau_3''b.V_3$)) son, cada uno de ellos, un integral en el tiempo de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6), corresponden a vectores mutuamente diferentes de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6), y componen dicho comando de diferencia junto con dicho par de dichos vectores de corrección (($\tau_4'.V_4$, $\tau_6'.V_6$), ($\tau_4'a.V_4$, $\tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'b.V_4$, $\tau_2'b.V_2$), ($\tau_6'b.V_6$, $\tau_5'b.V_5$)), y

dichos vectores sin valor (($\tau_0.V_0$), ($\tau_7.V_7$)) son, cada uno, un integral en el tiempo de dicho vector de tensión cero (V_0), (V_7), y no tienen magnitudes.

2. El controlador de convertidor de potencia según la reivindicación 1, en donde

25 en dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$), dichos vectores sin valor (($\tau_0.V_0$), ($\tau_7.V_7$)) se usan en un punto de tiempo inicial (t_s) y/o un punto de tiempo final (t_e) de dicho ciclo predeterminado (T_0), y

30 en dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$), una diferencia entre el número de conmutadores que conducen entre dichos nodos (P_u , P_v , P_w) y uno de dichos buses CC (LL , LH) en dichos patrones de conmutación correspondiendo a dichos vectores de tensión (V_0 , V_7) correspondientes a dichos vectores sin valor (($\tau_0.V_0$), ($\tau_7.V_7$)) y el número de conmutadores que conducen entre dichos nodos (P_u , P_v , P_w) y dicho bus de dichos buses CC (LL , LH) en dichos patrones de conmutación correspondiendo a dichos vectores de tensión (V_4 a V_6) correspondientes a dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$) usados inmediatamente después de dichos vectores sin valor (($\tau_0.V_0$), ($\tau_7.V_7$)) es uno.

3. El controlador de convertidor de potencia según la reivindicación 2, en donde

35 cada uno de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_4 , V_6) correspondiendo a dichos vectores de corrección (($\tau_4'.V_4$, $\tau_6'.V_6$), ($\tau_4'a.V_4$, $\tau_6'a.V_6$), ($\tau_4'b.V_4$, $\tau_2'b.V_2$), ($\tau_6'b.V_6$, $\tau_5'b.V_5$)) y cada uno de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_4 , V_6) correspondiendo a dichos vectores distintos de cero originales ($\tau_4.V_4$, $\tau_6.V_6$) concuerdan entre sí,

dicho par de dichos vectores de compensación (($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_6''.V_6$, $\tau_2''.V_2$), ($\tau_2''.V_2$, $\tau_3''.V_3$), ($\tau_3''.V_3$, $\tau_1''.V_1$), ($\tau_1''.V_1$, $\tau_5''.V_5$), ($\tau_5''.V_5$, $\tau_4''.V_4$)) forman un ángulo de $\pi/3$ en dicho plano complejo,

40 un primer vector (($\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''.V_3$), ($\tau_5''.V_5$)) de dicho par de dichos vectores de compensación (($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''a.V_3$, $\tau_1''a.V_1$), ($\tau_5''b.V_5$, $\tau_1''b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2$, $\tau_3''b.V_3$)) se usa antes de un segundo vector (($\tau_4''.V_4$), ($\tau_2''.V_2$), ($\tau_1''.V_1$)) de dicho par de dichos vectores de compensación (($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''a.V_3$, $\tau_1''a.V_1$), ($\tau_5''b.V_5$, $\tau_1''b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2$, $\tau_3''b.V_3$)),

45 cuando se hace que un primer número denote el número de conmutadores que conducen entre dichos nodos (P_u , P_v , P_w) y dicho bus de dichos buses CC (LL , LH) en uno de dichos patrones de conmutación correspondientes a uno de dichos vectores de tensión ((V_6), (V_3), (V_5)) correspondientes a dicho primer vector de dichos vectores de compensación (($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''a.V_3$, $\tau_1''a.V_1$), ($\tau_5''b.V_5$, $\tau_1''b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2$, $\tau_3''b.V_3$)),

50 haciendo que un segundo número denote el número de conmutadores que conducen entre dichos nodos (P_u , P_v , P_w) y dicho bus de dichos buses CC (LL , LH) en uno de dichos patrones de conmutación correspondientes a uno de dichos vectores de tensión ((V_4), (V_2), (V_1)) correspondientes a dicho segundo vector de dichos vectores de compensación (($\tau_4''.V_4$, $\tau_6''.V_6$), ($\tau_3''a.V_3$, $\tau_1''a.V_1$), ($\tau_5''b.V_5$, $\tau_1''b.V_1$), ($\tau_2''b.V_2$, $\tau_3''b.V_3$)), y

haciendo que un tercer número denote el número de conmutadores que conducen entre dichos nodos y dicho bus de dichos buses CC en uno de dichos patrones de conmutación correspondientes a uno de dichos vectores de tensión (V_7), (V_6), (V_4) correspondientes a uno de dichos comandos de vector ($\tau_7''.V_7$), ($\tau_7a''.V_7$), ($\tau_0a''.V_0$), ($\tau_6'.V_6$),

$(\tau_4'.V_4)$, $(\tau_6'a.V_6)$, $(\tau_4'a.V_4)$ usados inmediatamente antes de dicho primer vector de dichos vectores de compensación ($(\tau_4''.V_4, \tau_6''.V_6)$, $(\tau_3"a.V_3, \tau_1"a.V_1)$, $(\tau_5"b.V_5, \tau_1"b.V_1)$, $(\tau_2"b.V_2, \tau_3"b.V_3)$),

dicho primer número es mayor que dicho segundo número en un caso donde dicho tercer número es tres,

dicho primer número es más pequeño que dicho segundo número en un caso donde dicho tercer número es cero, y

5 dicho primer número es igual a dicho tercer número en un caso donde dicho tercer número es uno o dos.

4. El controlador de convertidor de potencia según la reivindicación 2, en donde

en un caso donde la suma de magnitudes $(\tau_4 + \tau_6)$ de dicho par de vectores distintos de cero originales ($(\tau_4.V_4, \tau_6.V_6)$) es más pequeño que o igual a una mitad ($T_{\text{mín}}/2$) de dicho valor predeterminado,

10 dichos vectores de corrección ($(\tau_4'b.V_4, \tau_2'b.V_2)$, $(\tau_6'b.V_6, \tau_5'b.V_5)$) corresponden a un par de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) y forman un ángulo de $2\pi/3$ en dicho plano complejo,

dichos vectores de compensación ($(\tau_5"b.V_5, \tau_1"b.V_1)$, $(\tau_2"b.V_2, \tau_3"b.V_3)$) corresponden a un par de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) y forman un ángulo de $\pi/3$ en dicho plano complejo, y

15 uno ((V_2) , (V_5)) de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) correspondientes a uno ($(\tau_2'b.V_2)$, $(\tau_5'b.V_5)$) de dicho par de dichos vectores de corrección ($(\tau_4'.V_4, \tau_6'.V_6)$, $(\tau_4'a.V_4, \tau_6'a.V_6)$, $(\tau_4'b.V_4, \tau_2'b.V_2)$, $(\tau_6'b.V_6, \tau_5'b.V_5)$) usados más adelante y uno ((V_5) , (V_2)) de dichos vectores de tensión distintos de cero (V_1 a V_6) correspondientes a uno ($(\tau_5"b.V_5)$, $(\tau_2"b.V_2)$) de dicho par de dichos vectores de compensación ($(\tau_4''.V_4, \tau_6''.V_6)$, $(\tau_3"a.V_3, \tau_1"a.V_1)$, $(\tau_5"b.V_5, \tau_1"b.V_1)$, $(\tau_2"b.V_2, \tau_3"b.V_3)$) usados anteriormente forman un ángulo de π en dicho plano complejo.

5. El controlador de convertidor de potencia según la reivindicación 4, en donde

20 dicho par de dichos vectores de corrección ($(\tau_4'.V_4, \tau_6'.V_6)$, $(\tau_4'a.V_4, \tau_6'a.V_6)$, $(\tau_4'b.V_4, \tau_2'b.V_2)$, $(\tau_6'b.V_6, \tau_5'b.V_5)$) tienen, cada uno, una magnitud igual a dicho valor predeterminado ($T_{\text{mín}}$), y

25 uno ($(\tau_1"b.V_1)$, $(\tau_3"b.V_3)$) de dicho par de dichos vectores de compensación ($(\tau_4''.V_4, \tau_6''.V_6)$, $(\tau_3"a.V_3, \tau_1"a.V_1)$, $(\tau_5"b.V_5, \tau_1"b.V_1)$, $(\tau_2"b.V_2, \tau_3"b.V_3)$) usados más adelante tiene una magnitud ($T_{\text{mín}} - 2(\tau_4 + \tau_6)$) obtenida mediante la resta de dos veces la suma de las magnitudes $(\tau_4 + \tau_6)$ de dicho par de dichos vectores distintos de cero originales ($\tau_4.V_4, \tau_6.V_6$) de dicho valor predeterminado ($T_{\text{mín}}$).

6. El controlador de convertidor de potencia según la reivindicación 5, en donde

30 en dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$) en uno de dichos ciclos predeterminados (T_0), dichos vectores sin valor ($(\tau_0.V_0)$, $(\tau_7.V_7)$) no se interponen entre dicho par de dichos vectores de compensación ($(\tau_4''.V_4, \tau_6''.V_6)$, $(\tau_6".V_6, \tau_2".V_2)$, $(\tau_2".V_2, \tau_3".V_3)$, $(\tau_3".V_3, \tau_1".V_1)$, $(\tau_1".V_1, \tau_5".V_5)$, $(\tau_5".V_5, \tau_4".V_4)$) y dicho par de dichos vectores de corrección.

7. El controlador de convertidor de potencia según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde

dichos vectores distintos de cero originales ($(\tau_4.V_4, \tau_6.V_6)$) que tienen, cada uno, una magnitud mayor que o igual a dicho valor predeterminado ($T_{\text{mín}}$) se usan como dichos vectores de corrección ($(\tau_4'.V_4, \tau_6'.V_6)$, $(\tau_4'a.V_4, \tau_6'a.V_6)$, $(\tau_4'b.V_4, \tau_2'b.V_2)$, $(\tau_6'b.V_6, \tau_5'b.V_5)$).

35 8. El controlador de convertidor de potencia según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde

dichos vectores originales ($(\tau_0.V_0, \tau_7.V_7, \tau_4.V_4, \tau_6.V_6)$) se usan en dicho punto de tiempo inicial (t_s) y dicho punto de tiempo final (t_e) de dicho ciclo predeterminado (T_0), y además incluyen un par de dichos vectores sin valor ($(\tau_0.V_0)$, $(\tau_7.V_7)$) que son iguales entre sí, y

40 en dichos comandos de vector ($[\tau V]^*$), uno de dicho par de dichos vectores sin valor ($(\tau_0.V_0)$, $(\tau_7.V_7)$) incluidos en dichos vectores originales ($\tau_0.V_0, \tau_7.V_7, \tau_4.V_4, \tau_6.V_6$) se usa al menos en dicho punto de tiempo inicial (t_s) de dicho ciclo predeterminado (T_0).

FIG. 1

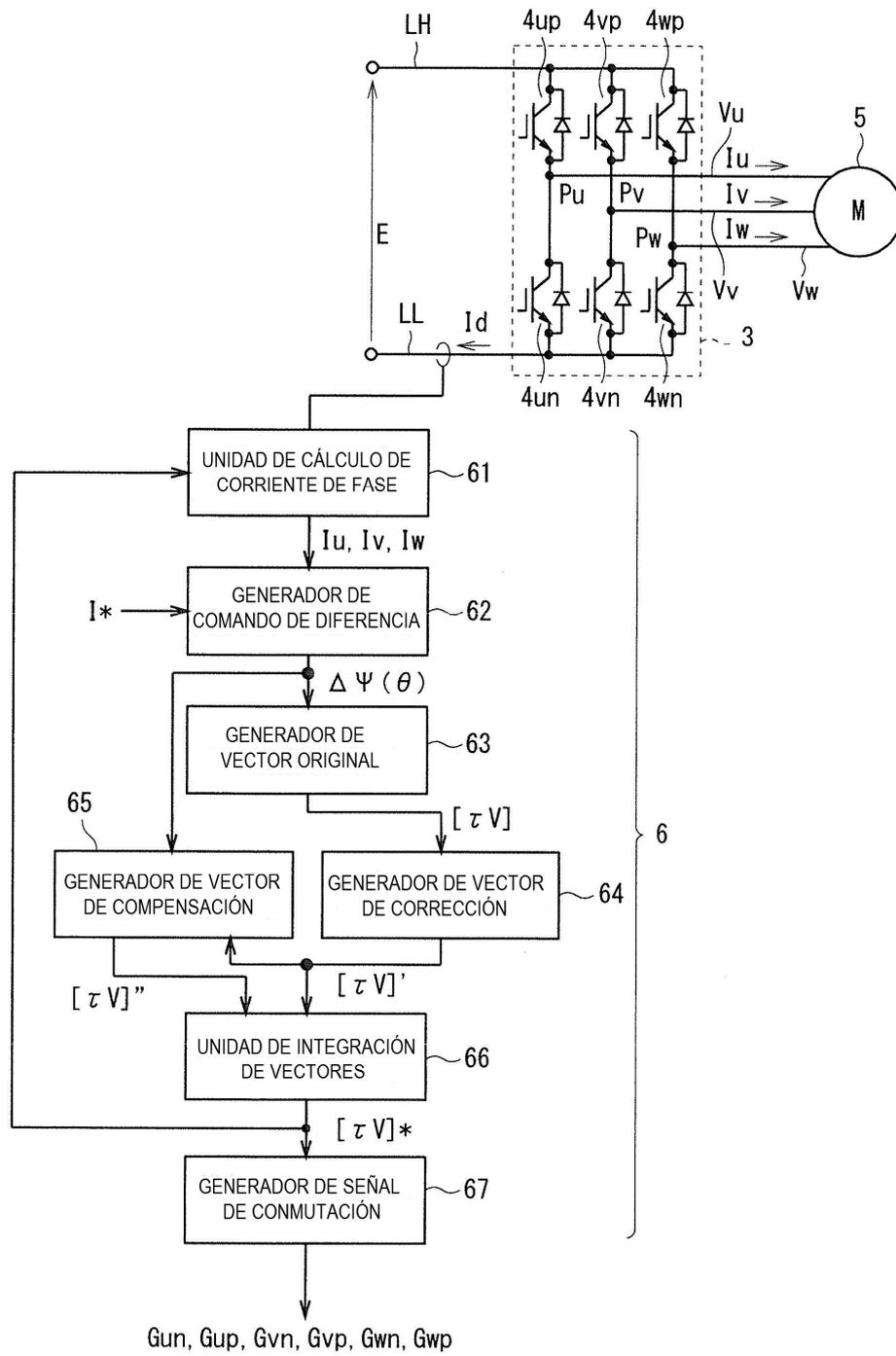


FIG. 2

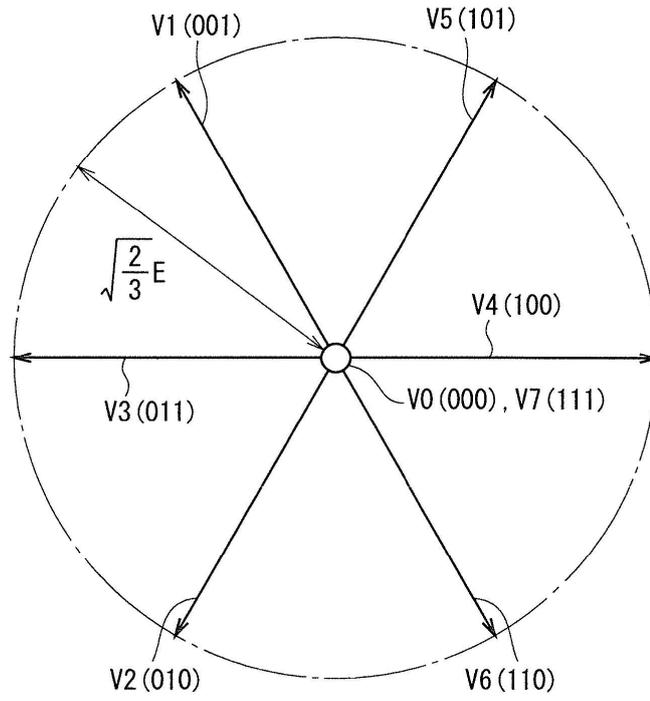


FIG. 4

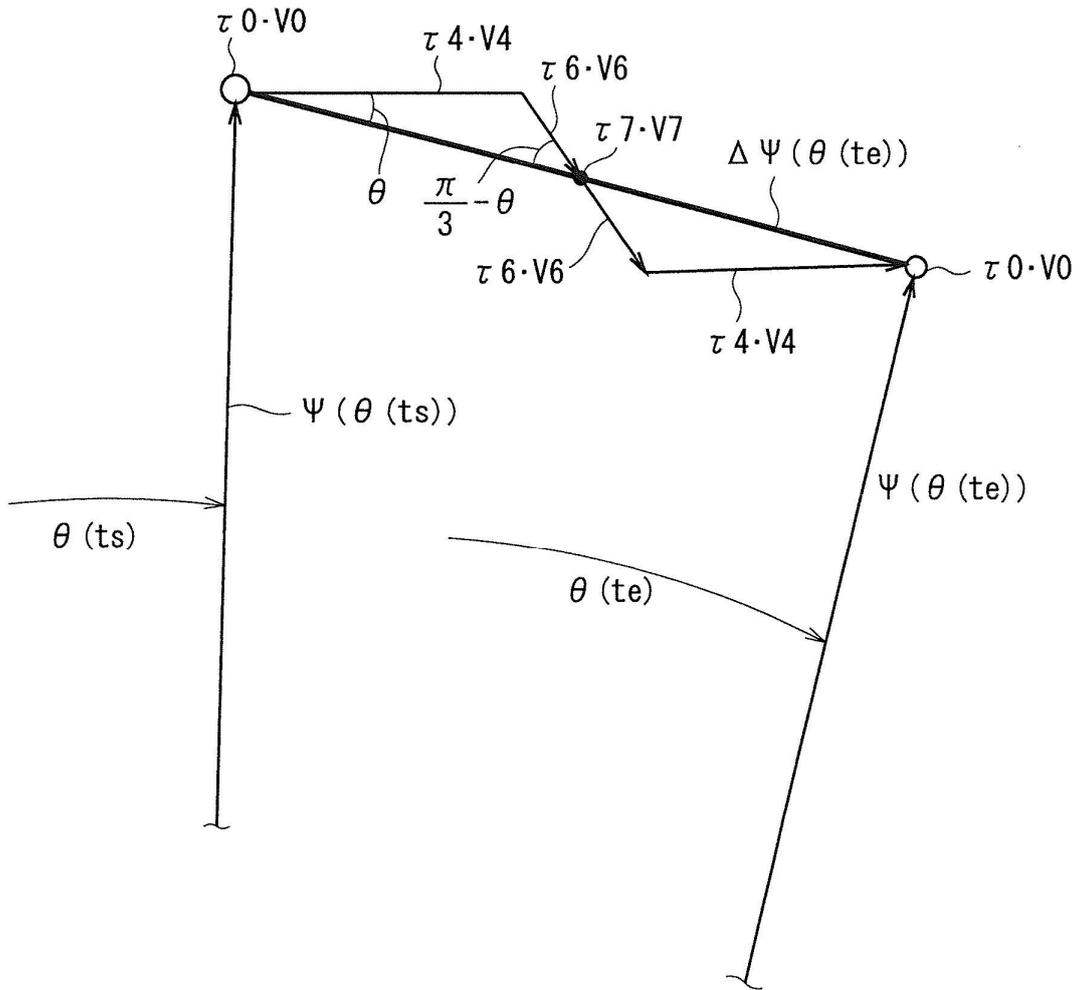


FIG. 5

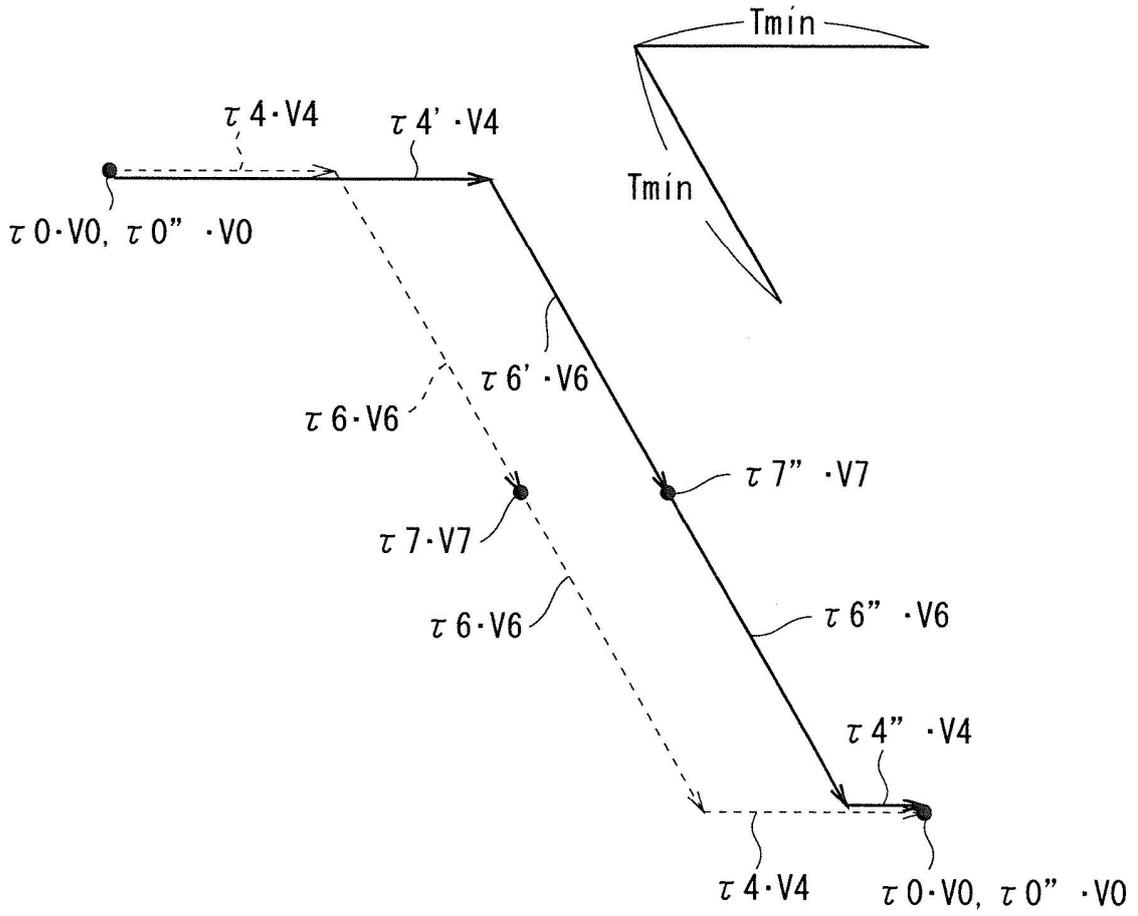


FIG. 6

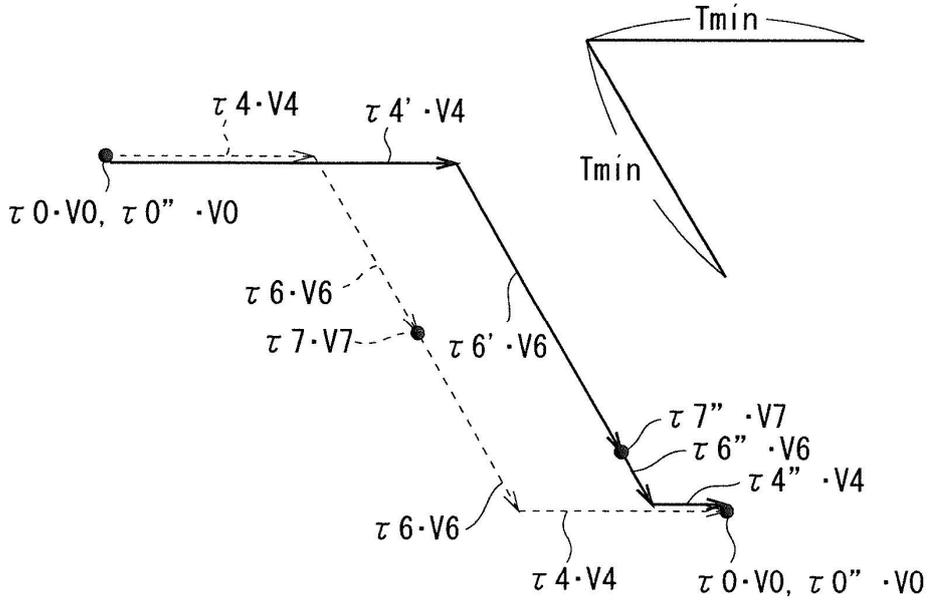


FIG. 7

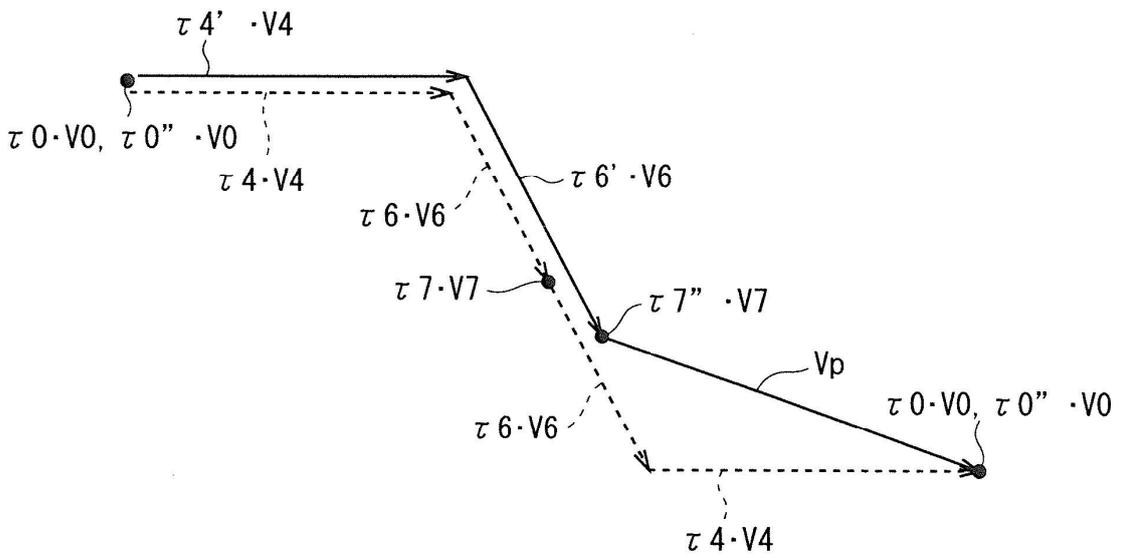


FIG. 8

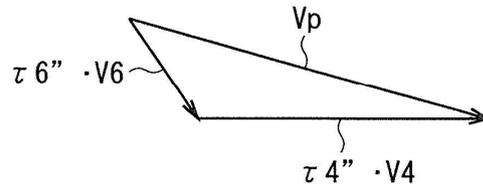


FIG. 9

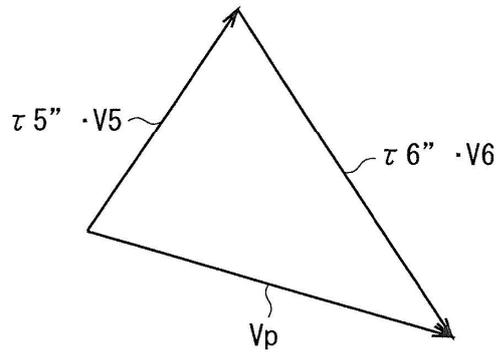


FIG. 10

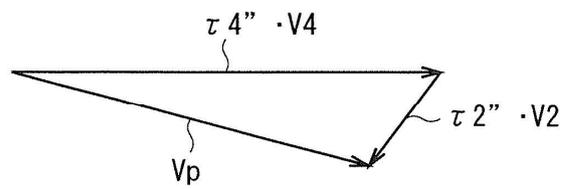


FIG. 11

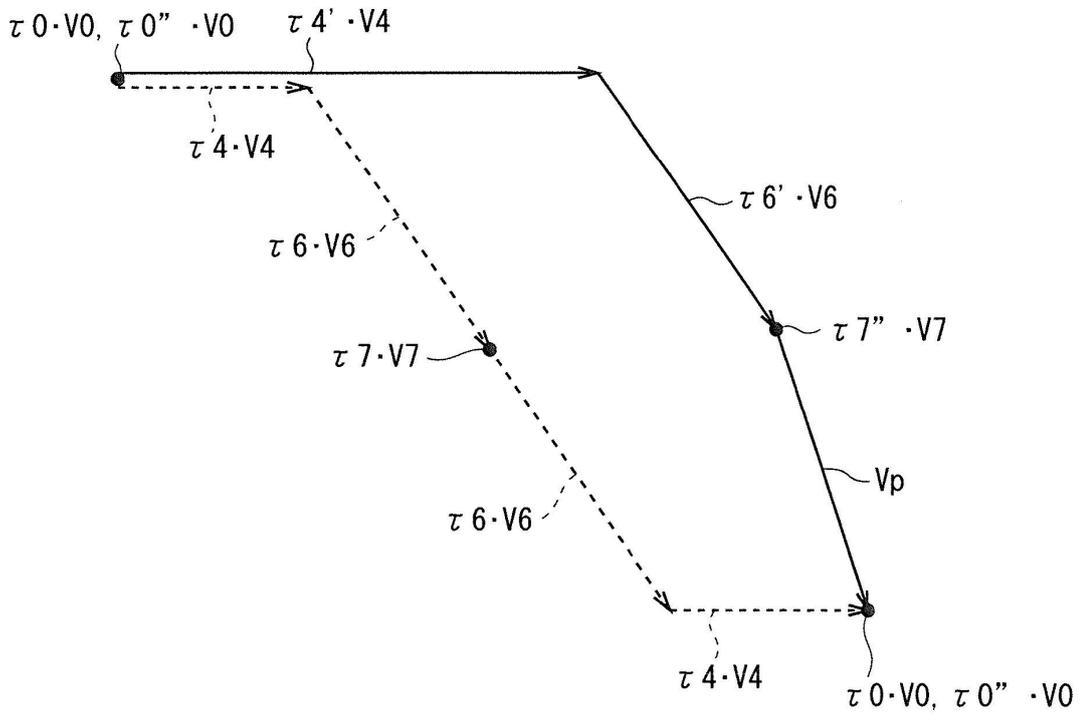


FIG. 12

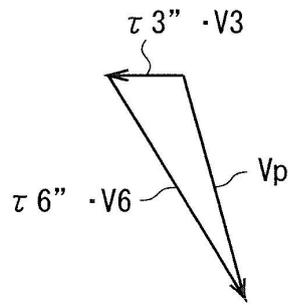


FIG. 13

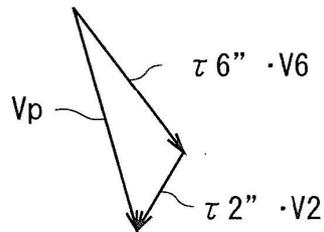


FIG. 14

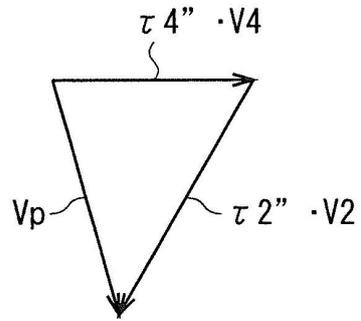


FIG. 15

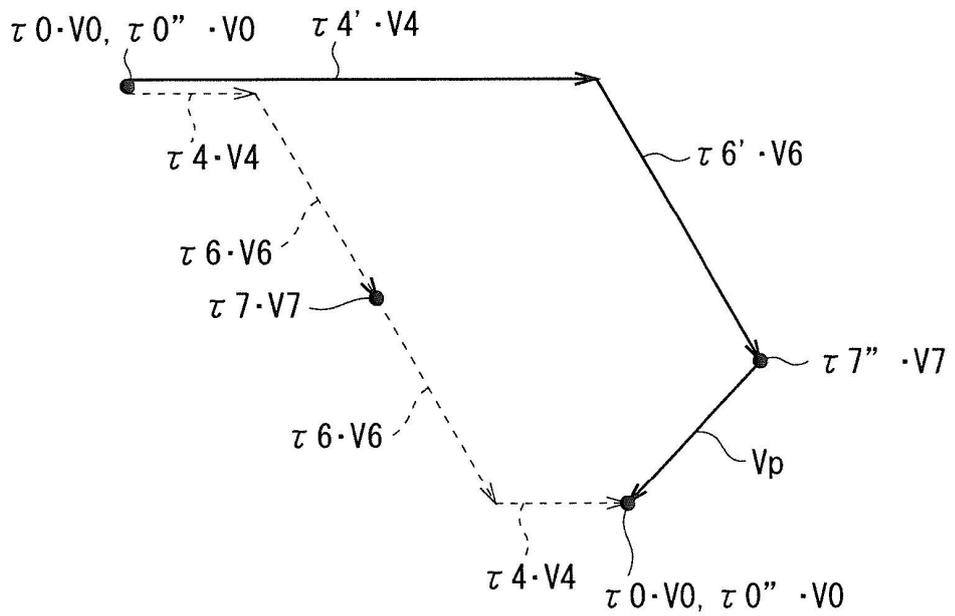


FIG. 16

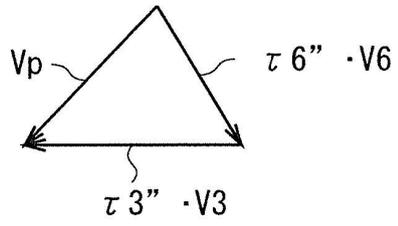


FIG. 17

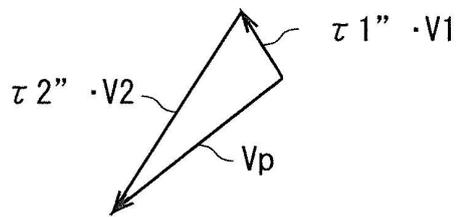


FIG. 18

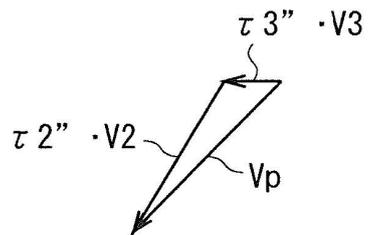


FIG. 19

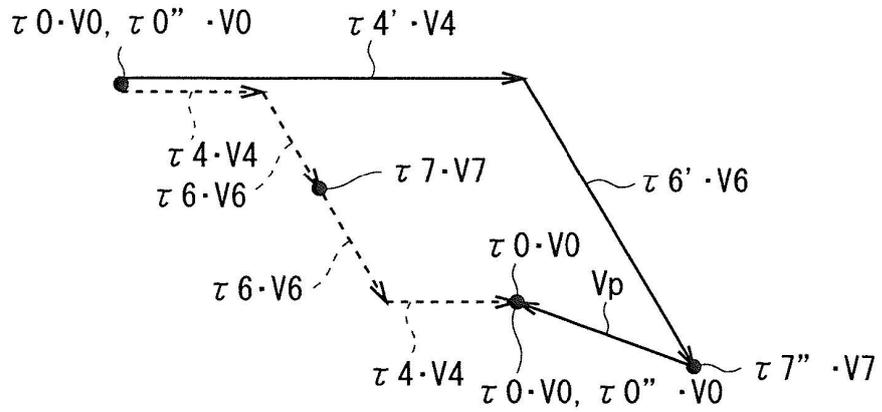


FIG. 20

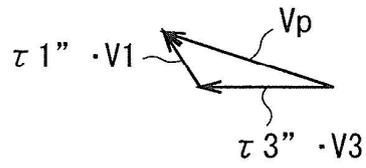


FIG. 21

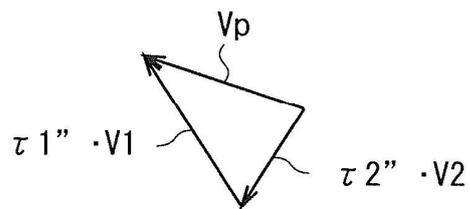


FIG. 22

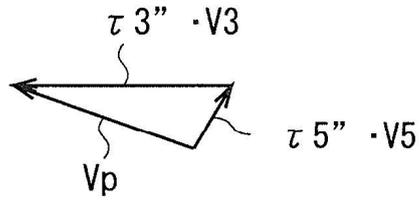
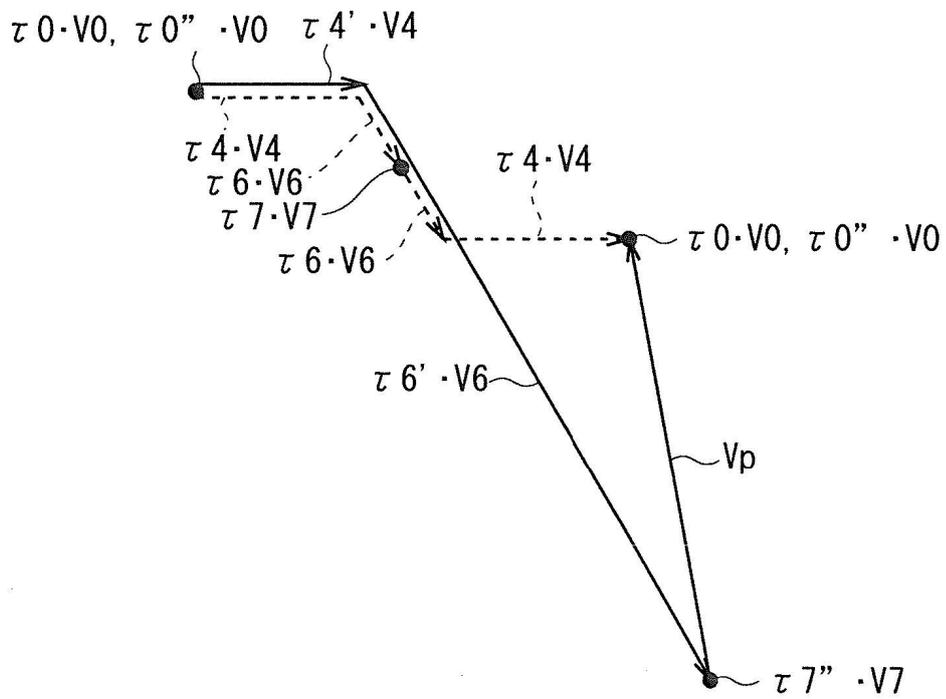
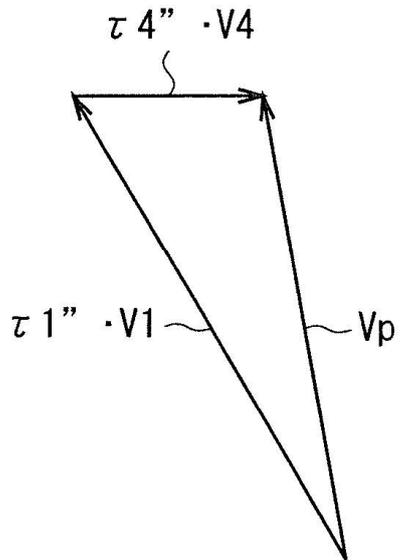


FIG. 23



F I G. 2 4



F I G. 2 5

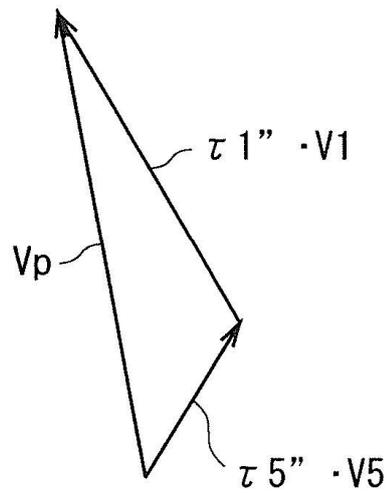


FIG. 26

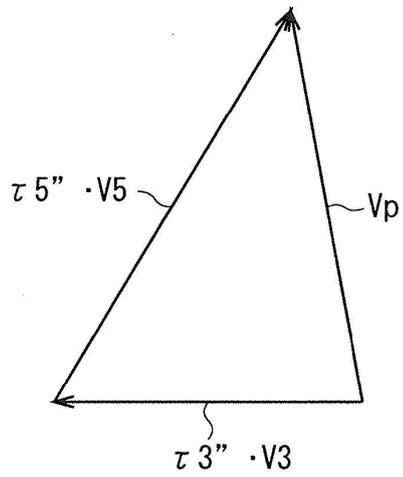


FIG. 27

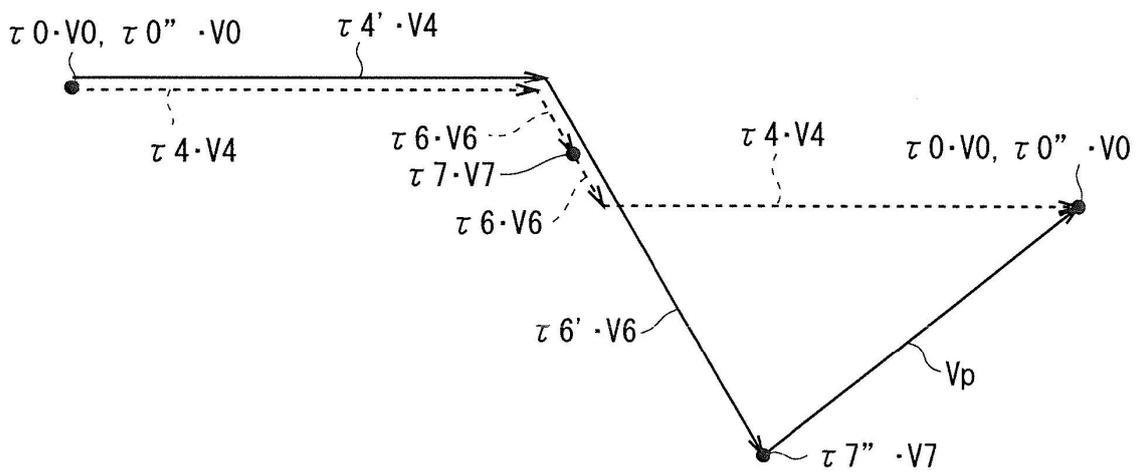


FIG. 28

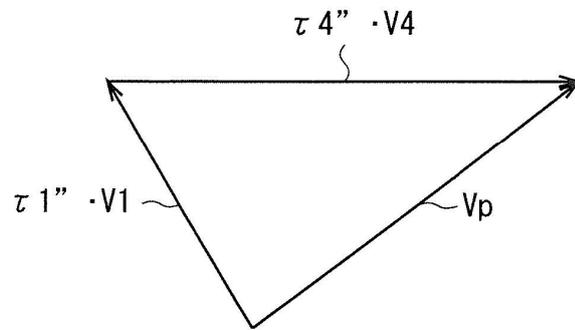


FIG. 29

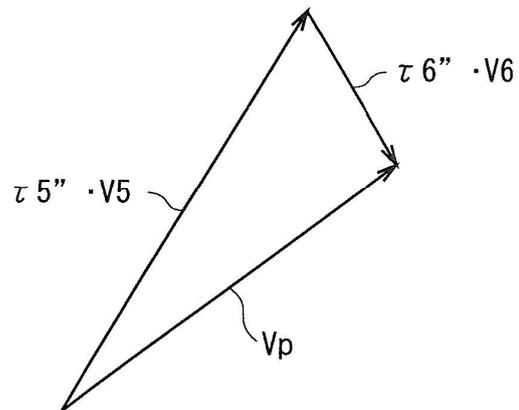


FIG. 30

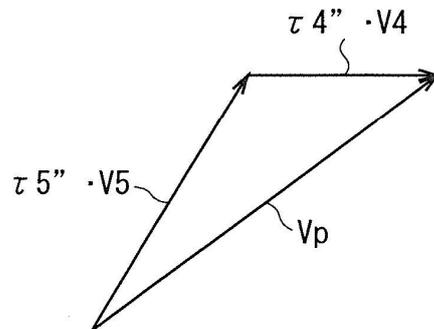


FIG. 31

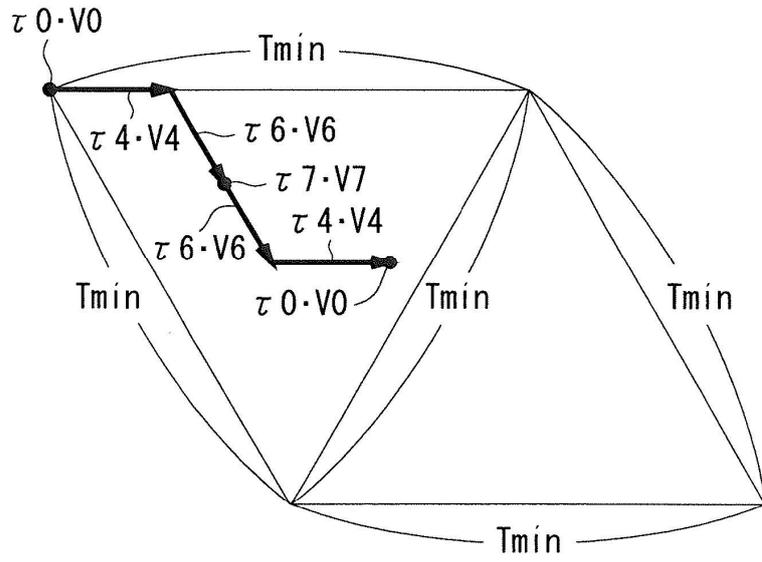


FIG. 32

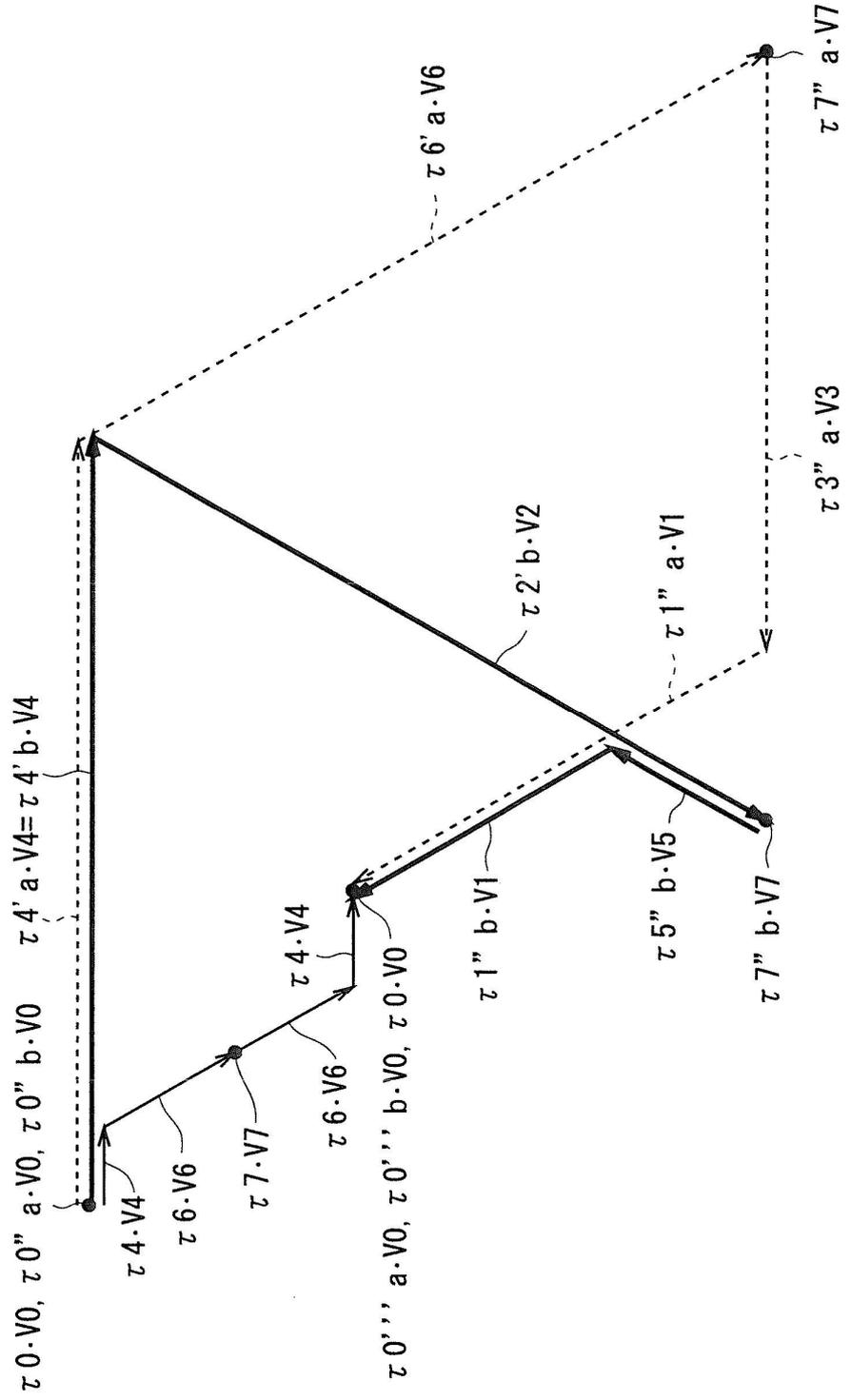


FIG. 33

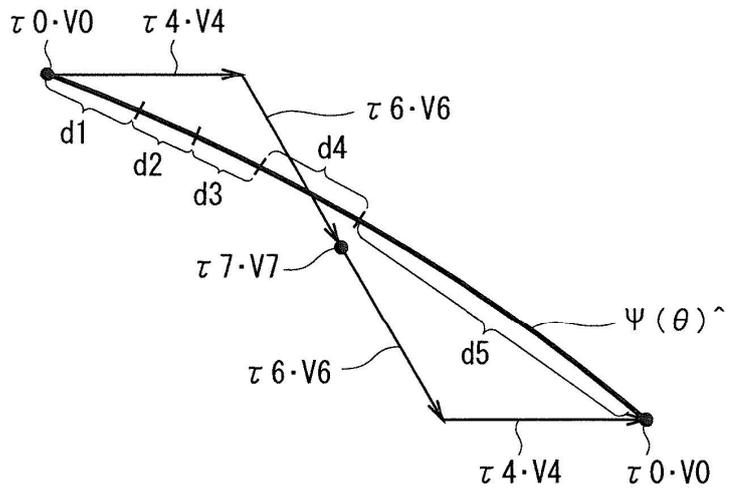


FIG. 34

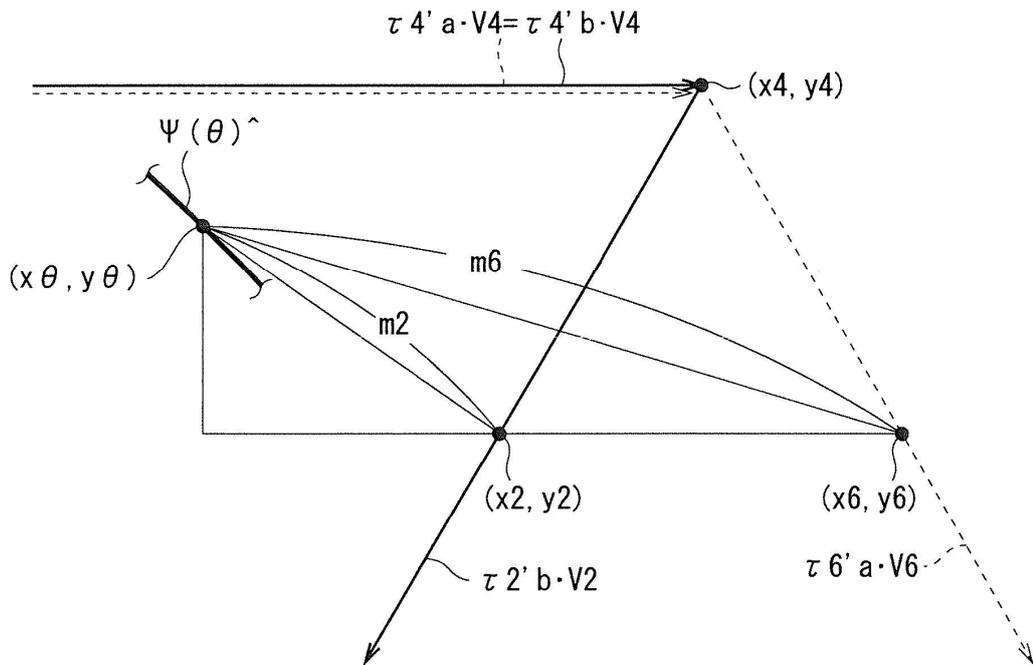


FIG. 35

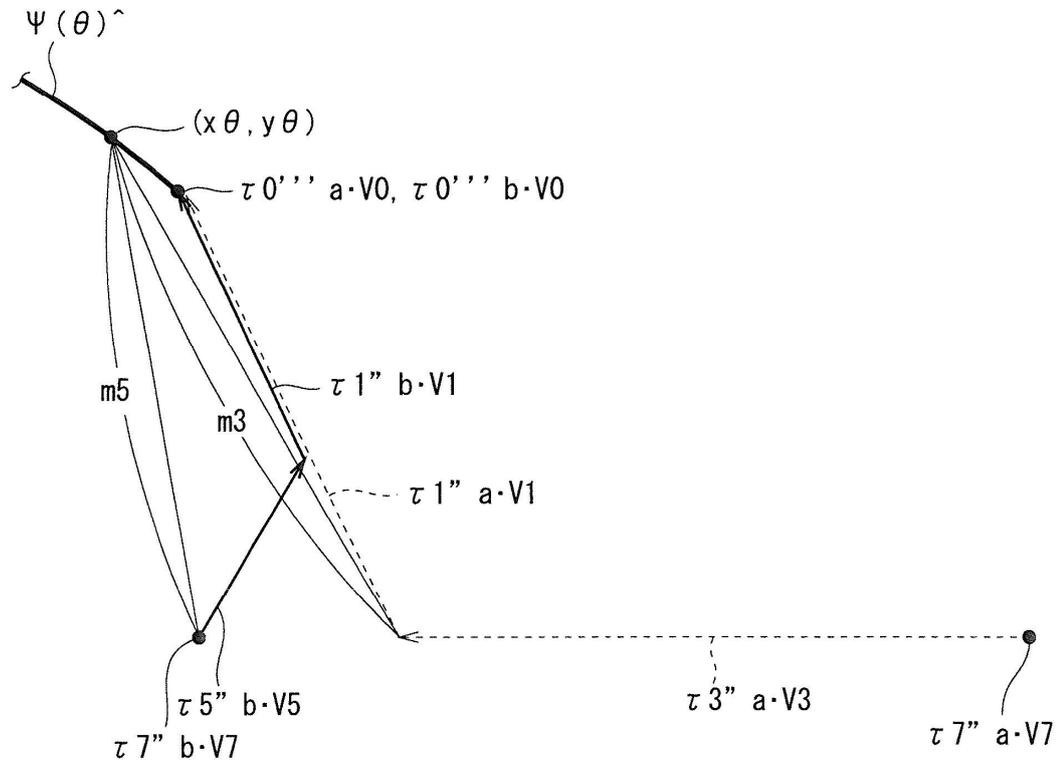


FIG. 36

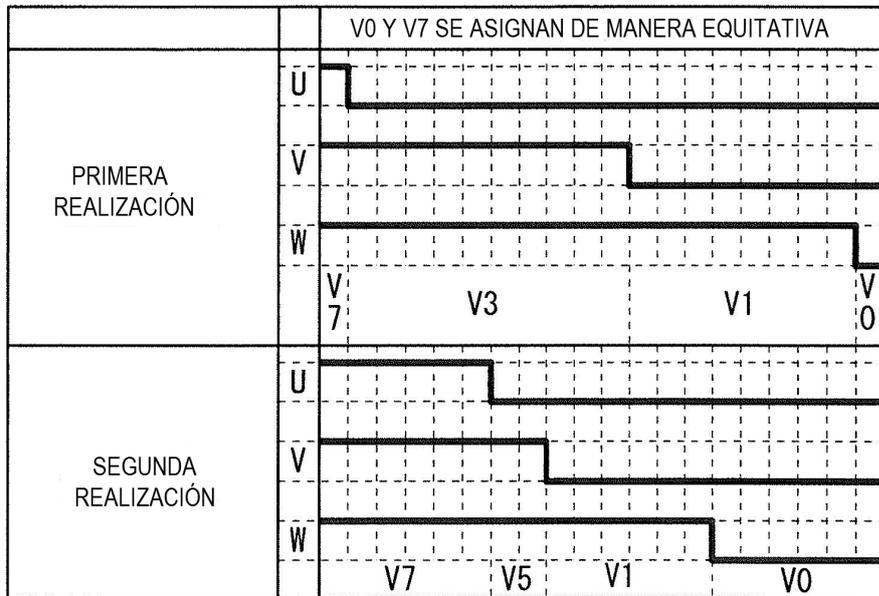


FIG. 37

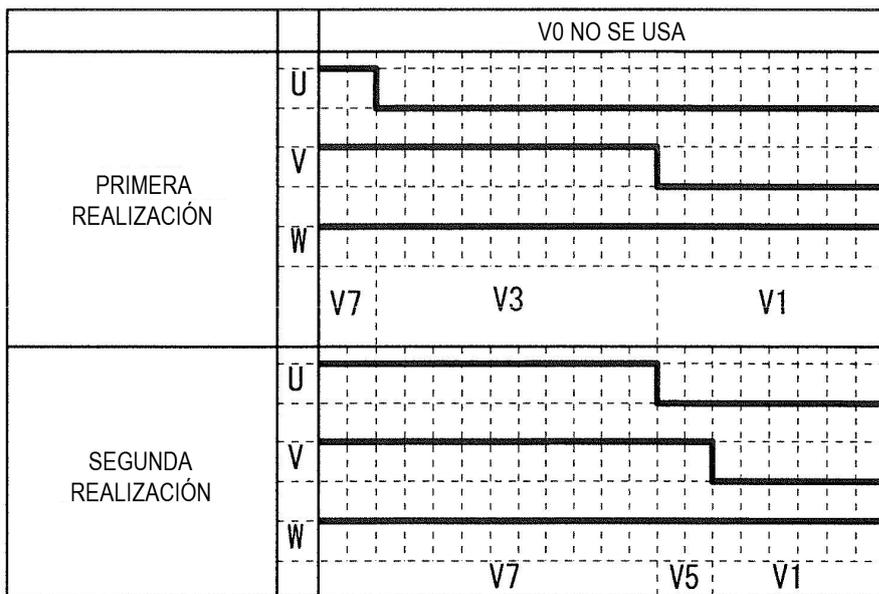


FIG. 38

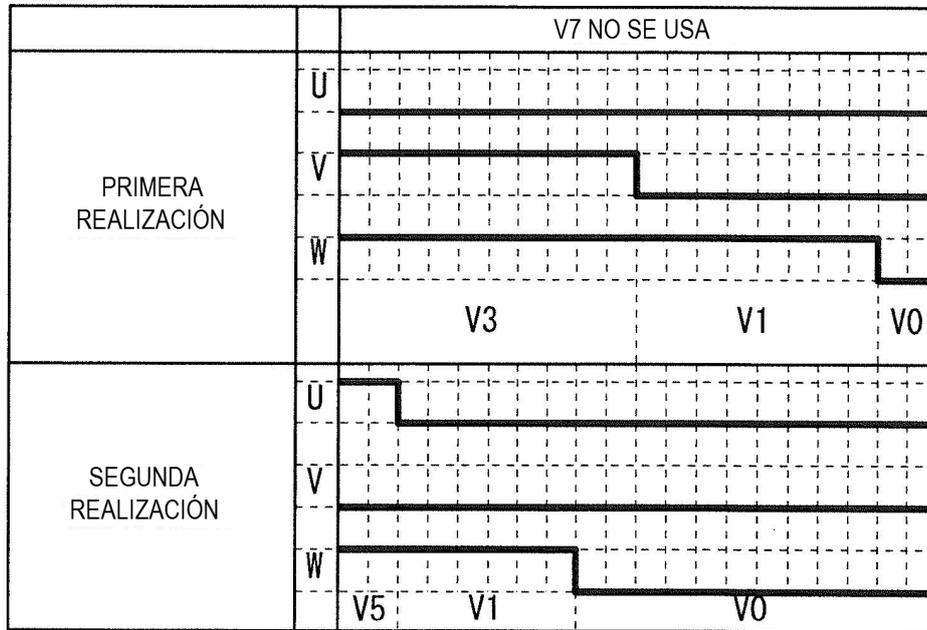


FIG. 39

