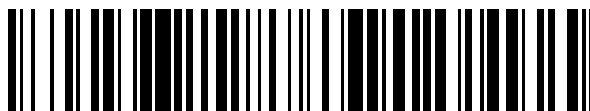


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 707 331**

51 Int. Cl.:

G01R 31/34 (2006.01)

H02M 1/32 (2007.01)

G01R 31/02 (2006.01)

G01R 31/04 (2006.01)

H02M 7/48 (2007.01)

H02P 6/12 (2006.01)

H02M 7/5387 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2014** **E 14180789 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018** **EP 2843430**

54 Título: **Método para detectar el estado de un cable de alimentación en un sistema inversor**

30 Prioridad:

02.09.2013 KR 20130104839

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

03.04.2019

73 Titular/es:

LSIS CO., LTD. (100.0%)
1026-6, Hogye-Dong Dongan-gu, Anyang-si
Gyeonggi-do 431-080, KR

72 Inventor/es:

KANG, YONG JIN

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 707 331 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

Método para detectar el estado de un cable de alimentación en un sistema inversor

5 Antecedentes

La presente descripción se refiere a un sistema inversor, y más particularmente, a un método para detectar el estado de un cable de alimentación en un sistema inversor que puede detectar la desconexión de un cable de alto voltaje que conecta un inversor a un motor.

Un sistema inversor que es un controlador de un motor usado para un vehículo respetuoso con el medio ambiente es una subunidad eléctrica/electrónica (ESA) o componente eléctrico/electrónico que desempeña un papel de conversión de energía de corriente directa (CD) de alto voltaje en corriente alterna (CA) o energía de CD para controlar un motor. Por lo tanto, el sistema inversor es un componente importante que pertenece al motor eléctrico de un vehículo.

Como tal, un motor de tipo imán permanente se aplica al vehículo respetuoso con el medio ambiente como una unidad de accionamiento. El motor aplicado al vehículo respetuoso con el medio ambiente como la unidad de accionamiento se acciona por una corriente de fase que se transmite a través de un primer cable de alimentación de alto voltaje desde un inversor que convierte un voltaje de CD en un voltaje de tres fases por una señal de modulación de ancho de pulso (PWM) de un controlador.

Además, el inversor convierte un voltaje de enlace de CD transmitido a través de un segundo cable de alimentación de alto voltaje en un voltaje de tres fases mediante la apertura/cierre de un relé principal.

Por lo tanto, si se separa cualquiera del primer cable de alimentación que conecta el inversor al motor y el segundo cable de alimentación que conecta la batería de alto voltaje al inversor, el motor no opera continuamente y se introduce un alto voltaje/corriente en un sistema, de manera que se produce una limitación vital que daña todo el sistema inversor.

La Figura 1 representa un dispositivo para detectar la separación de un cable de alimentación en un sistema inversor de acuerdo con una técnica relacionada.

Con referencia a la Figura 1, el dispositivo para detectar la separación del cable de alimentación de acuerdo con la técnica relacionada incluye un cable de alimentación 10, un conector 20, y un sensor 30 que se forma entre el cable de alimentación 10 y el conector 20 y que transmite una señal de acuerdo con si el cable de alimentación 10 se separa del conector 20.

El sensor 30 se conecta a (una porción de contacto) entre el cable de alimentación 10 y el conector 20, y transmite una señal digital a un controlador de acuerdo con si el cable de alimentación 10 se conecta al conector 20.

Es decir, un sensor que comprueba si el cable de alimentación 10 se separa, típicamente se instala en el cable de alimentación 10 o en el conector 20 como un hardware separado, y comprueba si el cable de alimentación 10 se separa en tiempo real mediante el uso de la salida de señal digital proveniente del sensor.

Sin embargo, ya que el dispositivo para detectar la separación del cable de alimentación como se describió anteriormente detecta si se separa el cable de alimentación, mediante el uso de hardware, hay restricciones de dinero y espacio.

Además, es más probable que el dispositivo para detectar la separación del cable de alimentación como se describió anteriormente lleve a cabo un mal funcionamiento debido a un factor externo tal como la vibración y esto funciona como un factor que amenaza la seguridad del conductor.

Recientemente, se ha proporcionado un método para detectar la desconexión del cable de alimentación mediante el uso de software.

La Figura 2 representa un cambio en la corriente cuando un cable de alimentación general se ha desconectado.

Con referencia a la Figura 2, cuando un cable de alimentación está desconectado, un flujo de corriente varía, en cuyo caso, cuando dos o más fases están desconectadas, las corrientes de tres fases todas se vuelven ceros, y cuando solamente una fase está desconectada, solamente la corriente de una fase desconectada (fase v en la Figura 2) se vuelve cero. Por lo tanto, la desconexión se determina de acuerdo con si existe una diferencia grande entre la magnitud de una corriente por un cierto tiempo y un valor de instrucción o si la magnitud de la corriente es cero.

El documento US 2006/186914 A1 describe un método para detectar una pérdida de una fase en una máquina de

campo rotatorio multifase, el método comprende proporcionar una primera corriente eléctrica en los devanados de la máquina para hacer que el vector de corriente asuma una primera posición del vector de corriente, sensar una primera corriente en al menos un devanado de fase seleccionado de la máquina, comparar la primera corriente sensada en el al menos un devanado de fase seleccionado con una primera corriente calculada para el devanado de fase seleccionado, y detectar que se ha producido un primer fallo de fase si la primera corriente calculada y la primera corriente sensada difieren en más de un valor predeterminado.

El documento JP2011072078 A describe una unidad de control que calcula la fase de corriente inyectada en el motor como una fase de inyección de corriente en función de una fase del rotor [theta] del motor. Además, la unidad de control inyecta una corriente de alta frecuencia, que no es menor que una frecuencia prescrita bajo la condición de fuera de sincronización del motor, al motor en base a la fase de inyección de corriente en el momento de una parada del motor. Además, la unidad de control determina una fase abierta del motor en base a un valor de corriente de cada fase del motor después de la inyección de la corriente de alta frecuencia.

El documento EP 2 003 041 A2 describe, en un controlador del motor, en el caso que se detecte la ocurrencia de un fallo del flujo de corriente eléctrica en cualquier fase de un motor, un valor de comando de corriente eléctrica de fase que cambia de acuerdo con una curva secante o una curva de cosecante con una línea asintótica en un ángulo de rotación predeterminado que corresponde a la fase en la que se calcula el fallo del flujo de corriente eléctrica. El valor de comando de corriente eléctrica de fase calculado se limita de tal manera que se sitúa dentro de un intervalo predeterminado. En el caso de que exista un ángulo de rotación del motor en un intervalo en el que el valor de comando de corriente eléctrica de fase se limita, se inhibe la ejecución de una detección de anomalía de un sistema de control que utiliza una desviación de corriente eléctrica de un sistema de coordenadas d/q.

El documento EP 1 873 002 A1 describe proporcionar un dispositivo de control de un vehículo eléctrico que es capaz de detectar incluso un estado en el que sólo una fase de un motor de inducción está desconectada en un sistema donde una pluralidad de motores de inducción se conectan en paralelo entre sí y se dirigen por un dispositivo inversor controlado por vectores. El dispositivo de control del vehículo eléctrico de acuerdo con la presente invención incluye una unidad de cálculo de torque para calcular el torque del motor de inducción en base a una corriente en el eje q, una corriente en el eje d, un comando de voltaje en el eje q, un comando de voltaje en el eje d, y una frecuencia angular del inversor, que se obtienen por una unidad de control de vectores señal de detección de un vector, una unidad de cálculo de intervalo de variación de torque que calcula el intervalo de variación de torque desde un valor máximo a un valor mínimo de un resultado de cálculo de torque en un intervalo de tiempo predeterminado en base al resultado de cálculo de torque, y un comparador que suministra una señal de detección de desconexión cuando el intervalo de variación de torque excede el valor de referencia del intervalo de variación de torque.

El documento US 5 689 170 A describe un bloque de generación de PWM que implementa conversión de dos fases/tres fases de corriente de torque y corriente de excitación y, en base al torque de tres fases convertido y a las corrientes de excitación y una corriente de tres fases para accionar y controlar el motor de accionamiento, se genera una señal PWM. Un estimador de corriente de torque recibe la misma corriente de tres fases que la de la entrada de corriente de tres fases al bloque de generación de PWM, e implementa una conversión de tres fases/dos fases de una corriente de tres fases, mediante el uso de una salida de ángulo de fase de la microcomputadora para calcular y generar valores de estimación del torque y de las corrientes de excitación. Un primer comparador compara el valor absoluto de amplitud y el ángulo de fase de la corriente primaria del motor y la frecuencia primaria del motor que se generan respectivamente desde la microcomputadora con aquellos que se generan respectivamente de un bloque de control a prueba de fallas. El primer comparador genera una señal a prueba de fallas cuando detecta diferencias entre los valores comparados. Un segundo comparador compara los valores de estimación del torque y las corrientes de excitación que se obtienen del estimador de torque con el torque y las corrientes de excitación que se generan del bloque de control a prueba de fallas, respectivamente. El segundo comparador genera una señal a prueba de fallas cuando detecta diferencias entre las señales comparadas de esta manera.

Sin embargo, ya que el método descrito anteriormente detecta solamente la magnitud de una corriente, existe una posibilidad de mal funcionamiento a una velocidad del motor y un periodo de muestreo.

Resumen

La invención proporciona un método para detectar los estados de los cables de alimentación en un sistema inversor de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Las modificaciones ventajosas adicionales se definen por las reivindicaciones dependientes. Las modalidades proporcionan un método para detectar el estado de un cable de alimentación en un sistema inversor que puede detectar el estado del cable de alimentación usando el tamaño del vector espacial de una corriente además de la magnitud de la corriente.

Las tareas técnicas a cumplir con las modalidades presentadas no se limitan a las tareas técnicas mencionadas anteriormente y otras tareas técnicas no mencionadas podrán entenderse claramente por un experto en la técnica a partir de las siguientes descripciones.

En una modalidad, un método para detectar los estados de los cables de alimentación en un sistema inversor que suministra energía generada desde un inversor a un motor mediante el uso de los cables de alimentación de tres fases incluye: calcular la ubicación de un vector espacial de corriente durante un primer período cuando llega el primer período; usar la ubicación calculada del vector espacial de corriente para el primer período para calcular la ubicación predicha del vector espacial de corriente durante un segundo período; calcular la ubicación real del vector espacial de corriente durante el segundo período cuando llega el segundo período; comparar la ubicación predicha calculada con la ubicación real; y detectar los estados de los cables de alimentación de tres fases de acuerdo con un resultado de comparación.

El cálculo de la ubicación del vector espacial de corriente para el primer período o el cálculo de la ubicación real del vector espacial de corriente durante el segundo período puede incluir: obtener los valores de corriente de tres fases suministrados al motor por un periodo correspondiente; usar los valores de corriente de tres fases obtenidos para calcular la corriente en el eje d y la corriente en el eje q del sistema de coordenadas del estator; y usar la relación de una corriente en el eje q calculada a una corriente en el eje d calculada y una función arcotangente para calcular la ubicación del vector espacial de corriente.

El cálculo de la ubicación predicha del vector espacial de corriente para el segundo período incluye: obtener la velocidad de rotación del motor; usar la velocidad de rotación del motor para calcular la velocidad de rotación del vector espacial de corriente; y puede incluir además usar el tiempo de muestreo entre el primer período y el segundo período y la velocidad de rotación calculada del vector espacial de corriente para calcular la ubicación predicha del vector espacial de corriente para el segundo período.

La comparación de la ubicación predicha calculada con la ubicación real incluye determinar si la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real es mayor que un valor de referencia preestablecido.

La detección de los estados de los cables de alimentación de tres fases puede incluir: comprobar los valores de corriente de tres fases obtenidos durante el segundo período cuando la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real es mayor que el valor de referencia preestablecido; y detectar que dos o más de los cables de alimentación de tres fases están desconectados cuando se verifican todos los valores de corriente de las tres fases.

La detección de los estados de los cables de alimentación de tres fases incluye: comprobar la ubicación real del vector espacial de corriente durante el segundo período cuando la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real es mayor que el valor de referencia preestablecido; y determinar cuál de los cables de alimentación de tres fases está desconectado cuando se verifica que todos los valores de corriente de tres fases son cero.

La determinación de cuál de los cables de alimentación de tres fases está desconectado puede incluir: detectar que el cable de alimentación de fase u de los cables de alimentación de tres fases se desconecta cuando la ubicación real del vector espacial de corriente durante el segundo período es de 90° o -90° ; y detectar que el cable de alimentación de fase v de los cables de alimentación de tres fases se desconecta cuando la ubicación real del vector espacial de corriente durante el segundo período es de -30° o 150° ; y detectar que el cable de alimentación de fase w de los cables de alimentación de tres fases se desconecta cuando la ubicación real del vector espacial de corriente durante el segundo período es de 30° o -150° .

De acuerdo con una modalidad, detectando el estado de los cables de alimentación conectados a un motor mediante el uso del tamaño del vector espacial de corriente en lugar de la magnitud de la corriente, es posible disminuir sorprendentemente la probabilidad de error de detección causada por la detección de tamaños para operaciones de muestreo repetitivas, y detectando rápidamente si los cables de alimentación están desconectados, es posible evitar otros accidentes graves.

Los detalles de una o más modalidades se exponen en los dibujos acompañantes y la descripción más abajo. Otras características serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 representa un dispositivo para detectar la separación de un cable de alimentación en un sistema inversor de acuerdo con una técnica relacionada. La Figura 2 representa un cambio en la corriente cuando un cable de alimentación general se ha desconectado.

La Figura 3 es un diagrama esquemático de un sistema inversor de acuerdo con una modalidad.

La Figura 4 representa el vector espacial de las corrientes de tres fases de acuerdo con una modalidad.

La Figura 5 representa el vector espacial de corrientes de tres fases que varía cuando un cable de fase u de los cables de alimentación se ha desconectado de acuerdo con una modalidad.

La Figura 6 representa el vector espacial de corrientes de tres fases que varía cuando un cable de fase v de los cables de alimentación se ha desconectado de acuerdo con una modalidad.

La Figura 7 representa el vector espacial de corrientes de tres fases que varía cuando un cable de fase w de los cables de alimentación se ha desconectado de acuerdo con una modalidad.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método para detectar el estado de un cable de alimentación en un sistema

inversor de acuerdo con una modalidad.

Descripción detallada de las modalidades

5 A continuación solamente se ilustra el principio de la presente invención. Por lo tanto, un experto en la técnica puede inventar varios dispositivos que implementan el principio de la presente invención y se incluyen en los conceptos y alcance de la presente invención, aunque no se muestren o describan claramente en la descripción. Además, todos los términos condicionales y modalidades enumeradas en la descripción, en principio, pretenden abarcar solamente el propósito de comprender los conceptos de la presente invención y por lo tanto debería entenderse que la presente
10 invención no se limita a las modalidades y el estado se enumera particularmente.

Además, debe entenderse que todas las descripciones detalladas que enumeran modalidades específicas así como también el principio, vista y modalidades de la presente invención pretenden incluir sus equilibrios estructurales y funcionales. Además, tales equivalentes deben entenderse como que incluyen equivalentes actualmente conocidos
15 así como también equivalentes a desarrollar en el futuro, específicamente, todos los elementos inventados para llevar a cabo la misma función independientemente de sus estructuras. La invención se define por la reivindicación independiente. Las modalidades adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

20 La Figura 3 es un diagrama esquemático de un sistema inversor

Con referencia a la Figura 3, un sistema inversor incluye un inversor 110, cables de alimentación de tres fases 120 que suministran, a un motor, una salida de energía a través del inversor 110, un sensor que obtiene información sobre el estado de funcionamiento del motor, y una unidad de control 140 que controla el funcionamiento del inversor 110, que detecta la desconexión de los cables de tres fases 120 y detener el funcionamiento del inversor 110.

25 El inversor 110 se dispone en un vehículo eléctrico y por lo tanto convierte la energía de corriente directa (DC) generada a partir de una batería (no se muestra) dispuesta en el vehículo eléctrico, en energía de corriente alterna de tres fases (CA).

30 En este caso, la batería es una batería de alto voltaje y puede formarse como un conjunto de una pluralidad de celdas unitarias.

Para mantener un voltaje constante, la pluralidad de celdas unitarias puede manejarse mediante un sistema de manejo de la batería (no se muestra) y la batería puede emitir un voltaje constante mediante el control del sistema de manejo de la batería.
35

Además, la salida de energía mediante la descarga de la batería se transmite a un capacitor en el inversor 110.

40 En este caso, se forma un relé entre la batería y el inversor 110, y la energía suministrada al inversor 110 puede controlarse mediante el funcionamiento del relé.

Es decir, cuando el relé realiza una operación ENCENDIDO, la energía de la batería puede suministrarse al inversor 110, y cuando el relé realiza una operación APAGADO, se puede cortar un suministro de energía al inversor 110.

45 El inversor 110 convierte la energía de CD suministrada a la batería en energía de CA y suministra la energía de CA al motor.

En este caso, la energía de CA convertida por el inversor 110 puede ser una energía de tres fases.

50 El inversor 110 incluye el capacitor descrito anteriormente y una pluralidad de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) que llevan a cabo el cambio de modulación de ancho de pulso (PWM) de acuerdo con una señal de control aplicada desde la unidad de control 140 que se describe más abajo, la energía de la conversión de fase se suministra desde la batería y se suministra la energía convertida en fase al motor.

55 El motor puede incluir un estator que no rota y es fijo, y un rotor que rota. El motor recibe energía de CA suministrada a través del inversor 110.

60 El motor puede ser, por ejemplo, un motor de tres fases, y cuando se aplica energía de CA de voltaje variable/frecuencia variable a cada fase a la bobina de un estator que tiene cada fase, la velocidad de rotación del rotor varía en dependencia de una frecuencia aplicada.

El motor puede incluir un motor de inducción, un motor de CD sin escobillas (BLDC), o un motor de reluctancia.

65 Un engranaje de accionamiento (no se muestra) puede disponerse en un lado del motor. El engranaje de accionamiento convierte la energía rotacional del motor de acuerdo con una relación de engranajes. La salida de energía rotacional desde el engranaje de accionamiento se transmite a una rueda frontal y/o a una rueda trasera

para permitir que un vehículo eléctrico se mueva.

Los cables de alimentación 120 se disponen entre el inversor 110 y el motor. Los cables de alimentación pueden ser cables de tres fases y por lo tanto incluyen un cable de fase u, un cable de fase v, y un cable de fase w.

El sensor 130 obtiene información sobre el estado de accionamiento del motor. En este caso, la Figura 3 muestra que el sensor 130 es un sensor de velocidad. Es decir, el sensor 130 se dispone en un lado del motor y detecta una velocidad de rotación cuando el motor rota.

Además, cuando se detecta la velocidad de rotación del motor, el sensor 130 transmite una velocidad de rotación detectada a la unidad de control 140.

Además, el sensor 130 puede incluir un sensor de corriente.

Es decir, el sensor 130 puede incluir un sensor de corriente que se dispone en cada línea de salida de los cables de alimentación de tres fases 120 dispuestos entre el inversor 110 y el motor y obtiene corrientes de tres fases.

Por lo tanto, el sensor 130 detecta valores de corriente de tres fases (un valor de corriente de fase u, un valor de corriente de fase v, y un valor de corriente de fase w) suministrados al motor, y la velocidad de rotación del motor y transmite valores detectados a la unidad de control 140.

La unidad de control 140 controla las operaciones generales del inversor 110.

Por ejemplo, la unidad de control 140 usa las corrientes (corrientes de tres fases) suministradas al motor para calcular un valor para operar el motor, y generar una señal de conmutación para el control del inversor (por ejemplo, el control de conmutación del IGBT que configura el inversor) de acuerdo con un valor calculado.

Por lo tanto, el inversor 110 realiza selectivamente la operación de ENCENDIDO/APAGADO de acuerdo con una señal de conmutación generada a través de la unidad de control 140 y convierte la energía de CD suministrada de la batería en energía de CA.

La unidad de control 140 usa tres valores de fase transmitidos a través del sensor 130 y una velocidad de rotación para detectar los estados de los cables de alimentación 120.

Además, cuando los cables de alimentación 120 tienen un problema (por ejemplo, desconexión, separación o falla en la conexión), la unidad de control 140 puede afectar significativamente la ejecución del vehículo eléctrico debido a que la energía de CA convertida a través del inversor 110 no se suministra al motor.

Por lo tanto, la unidad de control 140 detecta si los cables de alimentación 120 están desconectados, y cuando se detecta que los cables de alimentación 120 están desconectados, la unidad de control 140 corta un suministro de energía de CA al motor.

La operación de detección de la desconexión de los cables de alimentación 120 realizados por la unidad de control 140 se describe más abajo en detalle.

La Figura 4 representa el vector espacial de las corrientes de tres fases de acuerdo con una modalidad, la Figura 5 representa el vector espacial de las corrientes de tres fases que varía cuando un cable en fase u de los cables de alimentación se ha desconectado de acuerdo con una modalidad, la Figura 6 representa el vector espacial de las corrientes de tres fases que varía cuando un cable de la fase v de los cables de alimentación se ha desconectado de acuerdo con una modalidad, y la Figura 7 representa el vector espacial de las corrientes de tres fases que varía cuando un cable de fase w de los cables de alimentación se ha desconectado de acuerdo con una modalidad.

La operación de detectar la desconexión de los cables de alimentación 120 realizados por la unidad de control 140 se describe con referencia a las Figuras 4 a la 7.

En primer lugar, se describe la relación entre la velocidad de un motor y la velocidad del vector espacial de una corriente.

Cuando se suministran corrientes de tres fases al motor a través de los cables de alimentación 120, el motor tiene un torque y por lo tanto rota.

En este caso, cuando el motor es un motor síncrono, la velocidad de rotación del vector espacial de una corriente es la misma que la del motor, y cuando el motor es un motor asíncrono, la velocidad de rotación del vector espacial de corriente es bastante diferente a la del motor.

Por lo tanto, cuando se conoce la velocidad de rotación del motor, es posible obtener la velocidad del vector espacial

de corriente también.

En este ejemplo, el vector espacial se refiere a un vector de corriente en un sistema de coordenadas 3D.

5 Es decir, con referencia a la Figura 4, los enrollados de tres fases que tienen una diferencia mecánica de 120° entre sí se disponen en el motor, y corrientes de tres fases que tienen una diferencia de fase eléctrica de 120° entre sí fluyen en los enrollados de tres fases. Después, un campo magnético se forma por las corrientes de tres fases que fluyen, y el campo magnético se denomina como un vector espacial.

10 En este caso, cuando las corrientes normales de tres fases continúan fluyendo, el vector espacial de las corrientes rota.

Sin embargo, cuando las corrientes de tres fases fluyen normalmente, el vector espacial de las corrientes no rota pero varía para aparecer alternativamente en ubicaciones específicas (que pueden denominarse como ángulos).

15 En otras palabras, cuando se asume que la ubicación de un vector espacial de corriente obtenido en el N-ésimo muestreo es como se muestra en la Figura 4, la ubicación de un vector espacial de corriente N+1-ésimo cuando el flujo de corrientes de tres fases normal rota en una dirección de flecha en la Figura 4. En este caso, la velocidad de rotación del vector espacial se ve afectada por la velocidad de rotación del motor. Por ejemplo, cuando la ubicación de un vector espacial de corriente N-ésima es 20° y la velocidad de rotación del motor es A, la ubicación del vector espacial de corriente del periodo N+1-ésimo rota en la dirección de flecha al reflejar la diferencia de tiempo entre el periodo de N-ésimo y el periodo N+1-ésimo y la velocidad de rotación del motor.

20 Sin embargo, cuando las corrientes de tres fases fluyen normalmente (es decir, los cables de alimentación están desconectados), no se realiza la rotación del vector espacial de corriente que corresponde a un ángulo reflejado. Por lo tanto, en un caso normal, la ubicación del vector espacial de corriente para el periodo actual y la ubicación del vector espacial de corriente para el siguiente periodo tienen un cierto espacio de acuerdo con la velocidad del motor y un tiempo de muestreo, pero en un caso anormal, no hay asociación entre la ubicación del vector espacial de corriente para el periodo actual y la ubicación del vector espacial de corriente para el siguiente periodo.

25 Por lo tanto, la unidad de control 140 calcula la ubicación del vector espacial de corriente para el periodo actual, y predice donde se ubica el vector espacial de corriente para el siguiente periodo, de acuerdo con la ubicación del vector espacial de corriente para un periodo actual calculado. Un método de predicción puede realizarse mediante el uso de un tiempo de muestreo y la velocidad del motor.

30 Las descripciones relacionadas se proporcionan más abajo en detalle.

35 En primer lugar, la unidad de control 140 usa tres valores de fase obtenidos a través del sensor 130 para calcular la corriente en el eje d y la corriente en el eje q de un sistema de coordenadas del estator.

40 Un método para calcular la corriente i_d en el eje d y la corriente i_q en el eje q de corriente es el siguiente.

Para calcular la corriente en el eje d y la corriente en el eje q, primero se encuentra un vector i_{dq} .

45 El vector i_{dq} puede calcularse mediante la Ecuación 1 a continuación:

<Ecuación 1>

$$50 \quad i_{dq} = i_d + ji_q = \frac{2}{3}(i_a + a \cdot i_b + a^2 \cdot i_c)$$

$$55 \quad a = 1 \angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

60 Por lo tanto, la corriente i_d en el eje d y la corriente i_q en el eje q pueden encontrarse a partir del vector i_{dq} por la Ecuación 2 a continuación:

<Ecuación 2>

$$i_d = \operatorname{Re} \left[\frac{2}{3} (i_a + a \cdot i_b + a^2 \cdot i_c) \right]$$

$$i_q = \operatorname{Im} \left[\frac{2}{3} (i_a + a \cdot i_b + a^2 \cdot i_c) \right]$$

Es decir, mediante las Ecuaciones 1 y 2, es posible calcular cada una de la corriente en el eje d y la corriente en el eje q del sistema de coordenadas del estator a partir de las corrientes de tres fases Ia, Ib e Ic.

Además, cuando se calcula la corriente en el eje d y la corriente en el eje q, es posible calcular la ubicación del vector espacial de corriente mediante el uso de la corriente en el eje d y la corriente en el eje q calculadas.

En otras palabras, la ubicación del vector espacial de corriente puede calcularse mediante el uso de la relación del valor de corriente en el eje q del sistema de coordenadas del estator con respecto al valor de corriente en el eje d y una función de la arcotangente.

La ubicación del vector espacial de corriente puede calcularse por la Ecuación 3 a continuación:

<Ecuación 3>

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{i_q}{i_d} \right)$$

En base a las ecuaciones 1 a 3 anteriores, la unidad de control 140 calcula la ubicación del vector espacial de corriente cada cierto período N, N+1, o N+2

En este ejemplo, la ubicación del vector espacial de corriente para el período N-ésimo puede ser la siguiente:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{i_q [N]}{i_d [N]} \right)$$

Además, la ubicación del vector espacial de corriente para el período N+1-ésimo puede ser la siguiente:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{i_q [N+1]}{i_d [N+1]} \right)$$

En este caso, la ubicación del vector espacial de corriente varía a través de la rotación de acuerdo con la velocidad del motor.

Por lo tanto, cuando se conoce la ubicación del vector espacial de corriente para el periodo actual, es posible predecir la ubicación del vector espacial de corriente para el siguiente período en función de un tiempo de muestreo (la diferencia de tiempo entre el periodo N+1-ésimo y el periodo N-ésimo).

Es decir, la unidad de control 140 puede calcular la velocidad de rotación del vector espacial de corriente de acuerdo con la velocidad del motor. La velocidad de rotación del vector espacial de corriente puede calcularse de acuerdo con el tipo del motor, y como se describió anteriormente, cuando el motor es el motor síncrono, la velocidad de rotación del vector espacial de corriente es la misma que la velocidad del motor, y cuando el motor es el motor asíncrono, la velocidad de rotación del vector espacial de corriente es bastante diferente de la velocidad del motor.

Por lo tanto, la unidad de control 140 puede usar el tipo de motor y la velocidad del motor para calcular la velocidad de rotación del vector espacial de corriente.

En consecuencia, la unidad de control 140 puede usar la ubicación del vector espacial de corriente para el periodo actual N, y la velocidad de rotación del vector espacial de corriente para el periodo actual N obtenido a partir de la velocidad de un rotor (velocidad del motor) para predecir la ubicación del vector espacial de corriente para el próximo período N+1.

La ubicación del vector espacial de corriente para el siguiente período puede predecirse por la Ecuación 4 a continuación:

<Ecuación 4>

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{i_q [N]}{i_d [N]} \right) + \omega_m \cdot T_s$$

donde ω_m es la velocidad de rotación del vector espacial de corriente y T_s es un tiempo de muestreo.

Luego, cuando el próximo período N+1 llega, la unidad de control 140 calcula la ubicación del vector espacial de corriente de acuerdo con un periodo correspondiente.

La ubicación del vector espacial de corriente para el periodo correspondiente N+1 puede calcularse por las Ecuaciones 1 a 3 anteriores.

Además, cuando se calcula la ubicación real del vector espacial de corriente para el próximo período, la unidad de control 140 compara la ubicación predicha del vector espacial de corriente para el siguiente período con la ubicación real calculada del vector espacial de corriente para el próximo período y comprueba si existe una diferencia entre la ubicación prevista y la ubicación real.

En este caso, ya que lo que la ubicación predicha es la misma que la ubicación real representa que las corrientes de tres fases fluyen normalmente, la unidad de control 140 será capaz de confirmar que los cables de alimentación 120 están conectados normalmente.

Sin embargo, cuando existe una diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real, la unidad de control 140 comprueba si la diferencia está dentro de o fuera de un límite de error. El límite de error puede determinarse mediante el cálculo de las diferencias en la ubicación que puede aparecer a través de varios experimentos, y puede designarse como un valor de referencia. Por ejemplo, el límite de error puede establecerse en 10°.

Después, cuando la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real está dentro del límite de error, la unidad de control 140 determina que los cables de alimentación 120 están normalmente conectados.

Sin embargo, cuando la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real está fuera del límite de error, la unidad de control 140 determina que los cables de alimentación 120 están conectados de manera anormal (por ejemplo, desconectados).

Luego, la unidad de control 140 informa que los cables de alimentación 120 tienen un error, y corta un suministro de energía hacia o desde el inversor 110 de manera correspondiente.

En este caso, la unidad de control 140 usa la ubicación real calculada para comprobar cuál de los cables de alimentación 120 tiene un error.

Con este fin, la unidad de control 140 comprueba los valores de corriente de tres fases obtenidos a través del sensor 130. Además, cuando se comprueba que todos los valores de corriente de tres fases son cero, la unidad de control 140 determina que dos o más de los tres cables de fase tienen errores. Es decir, cuando dos o más de los cables de tres fases están en un estado desconectado, todos los valores de corriente de las tres fases se convierten en ceros, en cuyo caso la unidad de control 140 puede usar los valores de corriente de tres fases para comprobar si dos o más cables tienen errores.

Además, cuando todos los valores de corriente de tres fases no son ceros, la unidad de control 140 verifica de acuerdo con el estado de cambio de la ubicación real del vector espacial de corriente si uno de los cables de alimentación de tres fases tiene un error.

En este caso, cuando uno de los cables de alimentación está desconectado, solamente un valor de corriente que corresponde a una fase desconectada se convierte en cero, en cuyo caso, hay un cambio regular en la ubicación del vector espacial de corriente.

Es decir, en un estado donde las corrientes de tres fases normalmente fluyen, el vector espacial de corriente rota para corresponder con la velocidad de rotación del motor como se muestra en la Figura 4.

Sin embargo, cuando cualquiera de las corrientes de tres fases no fluye, el vector espacial de corriente no rota y varía para aparecer alternativamente en dos ubicaciones.

En otras palabras, cuando el cable de fase u de los cables de alimentación se desconecta tal como se muestra en la Figura 5, el vector espacial de corriente aparece alternativamente en 90° y -90° .

Por lo tanto, la unidad de control 140 comprueba la ubicación del vector espacial de corriente, y cuando la ubicación del vector espacial de corriente varía para que aparezca alternativamente en 90° y -90° como se muestra en la Figura 5, la unidad de control 140 determina que el cable en fase u de los cables de alimentación está desconectado.

Además, cuando el cable de fase v de los cables de alimentación se desconecta como se muestra en la Figura 6, el vector espacial de corriente varía para que aparezca alternativamente en -30° y 150° .

Por lo tanto, la unidad de control 140 comprueba la ubicación del vector espacial de corriente, y cuando la ubicación del vector espacial de corriente varía para que aparezca alternativamente en -30° y 150° como se muestra en la Figura 6, la unidad de control 140 determina que el cable de fase v de los cables de alimentación está desconectado.

Además, cuando el cable de fase w de los cables de alimentación se desconecta como se muestra en la Figura 7, el vector espacial de corriente varía para que aparezca alternativamente en -150° y 30° .

Por lo tanto, la unidad de control 140 comprueba la ubicación del vector espacial de corriente, y cuando la ubicación del vector espacial de corriente varía para aparecer alternativamente en -150° y 30° como se muestra en la Figura 7, la unidad de control 140 determina que el cable de fase w de los cables de alimentación está desconectado.

Como se describió anteriormente, de acuerdo con una modalidad, mediante la detección del estado de los cables de alimentación conectados a un motor mediante el uso del tamaño del vector espacial de corriente en lugar de la magnitud de la corriente, es posible disminuir considerablemente la probabilidad de error de detección causada por la detección de tamaños para operaciones de muestreo repetitivas, y al detectar rápidamente si los cables de alimentación están desconectados, es posible evitar accidentes graves.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método para detectar los estados de los cables de alimentación en un sistema inversor de acuerdo con una modalidad.

Con referencia a la Figura 8, la unidad de control 140 calcula primero la ubicación del vector espacial de corriente durante el período de corriente (período N-ésimo, de aquí en adelante denominado como un 'primer período') en la etapa S101.

El vector espacial de corriente puede calcularse por las Ecuaciones 1 a 3 anteriores.

Si se calcula la ubicación del vector espacial de corriente para el primer período, la unidad de control 140 calcula la ubicación predicha del vector espacial de corriente durante el siguiente período (N+1-ésimo período, de aquí en adelante denominado como un segundo período) en la etapa S102.

Es decir, la unidad de control usa la velocidad de un motor para calcular la velocidad de rotación del vector espacial de corriente, y usa un tiempo de muestreo (la diferencia de tiempo entre el primer período y el segundo período) y la velocidad de rotación del vector espacial de corriente para calcular la ubicación predicha del vector espacial de corriente que aparecerá durante el segundo período.

Luego, cuando el segundo período llega, la unidad de control 140 calcula la ubicación real del vector espacial de corriente para el segundo período en la etapa S103.

Cuando se calcula la ubicación real del vector espacial de corriente para el segundo período, la unidad de control 140 determina si la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real es mayor que un valor de referencia preestablecido en la etapa S104. Es decir, la unidad de control 140 determina si la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real está fuera de un límite de error que se obtiene a través de varios experimentos.

Cuando la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real es menor que el valor de referencia preestablecido como resultado en la etapa S104, la unidad de control 140 considera que los cables de alimentación están conectados normalmente, y regresa a la etapa S102.

Sin embargo, cuando la diferencia entre la ubicación predicha y la ubicación real es mayor que el valor de referencia preestablecido como resultado en la etapa S104, la unidad de control 140 detecta que los cables de alimentación tienen errores, y verifican que de los cables de alimentación de tres fases tienen un error en las etapas S105 a S112.

Con este fin, la unidad de control 140 determina primero si los valores de corriente de tres fases obtenidos para calcular la ubicación del vector espacial de corriente son todos ceros en la etapa S105.

Luego, cuando todos los valores de corriente de tres fases son ceros como resultado en la etapa S105, se determina

que al menos dos de los cables de alimentación están desconectados en la etapa S106.

Sin embargo, cuando todos los valores de corriente de tres fases no son ceros, la unidad de control 140 determina si la ubicación del vector espacial de corriente durante el segundo período es de 90° o -90° en la etapa S107.

5 Luego, cuando la ubicación del vector espacial de corriente durante el segundo período es de 90° o -90° como resultado de la determinación en la etapa S107, la unidad de control 140 detecta que el cable de fase u de los cables de alimentación está desconectado en la etapa S108.

10 Además, cuando la ubicación del vector espacial de corriente para el segundo período no es de 90° o -90° como resultado de la determinación en la etapa S107, se determina si la ubicación del vector espacial de corriente durante el segundo período es de -30° o 150° en la etapa S109.

15 Luego, cuando la ubicación del vector espacial de corriente durante el segundo período es de -30° o 150° como resultado de la determinación en la etapa S109, la unidad de control 140 detecta que el cable de fase v de los cables de alimentación está desconectado en la etapa S110.

20 Además, cuando la ubicación del vector espacial de corriente para el segundo período no es -30° o 150° como resultado de la determinación en la etapa S109, se determina si la ubicación del vector espacial de corriente durante el segundo período es de 30° o -150° en la etapa S111.

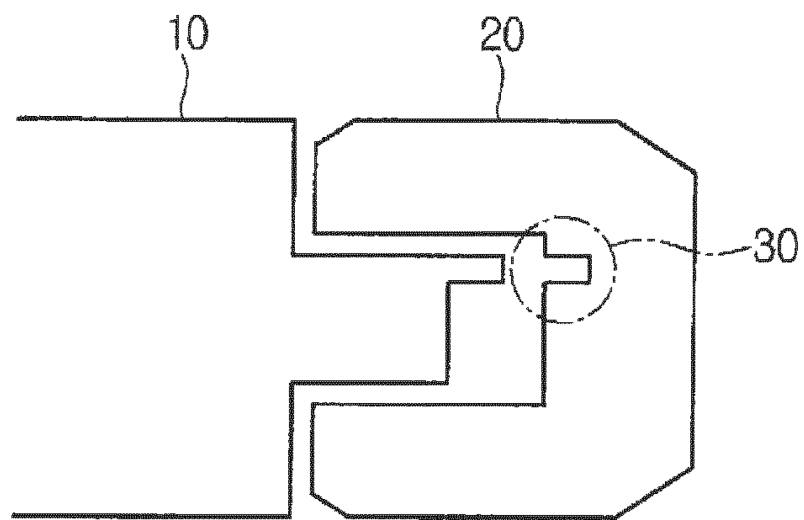
25 Luego, cuando la ubicación del vector espacial de corriente durante el segundo período es de 30° o -150° como resultado de la determinación en la etapa S111, la unidad de control 140 detecta que el cable de fase w de los cables de alimentación está desconectado en la etapa S112.

30 De acuerdo con una modalidad, al detectar los estados de los cables de alimentación conectados a un motor mediante el uso del tamaño del vector espacial de corriente en lugar de la magnitud de la corriente, es posible disminuir considerablemente una probabilidad de error de detección causada por la detección de tamaños para operaciones de muestreo repetitivas, y al detectar rápidamente si los cables de alimentación están desconectados, es posible evitar accidentes graves.

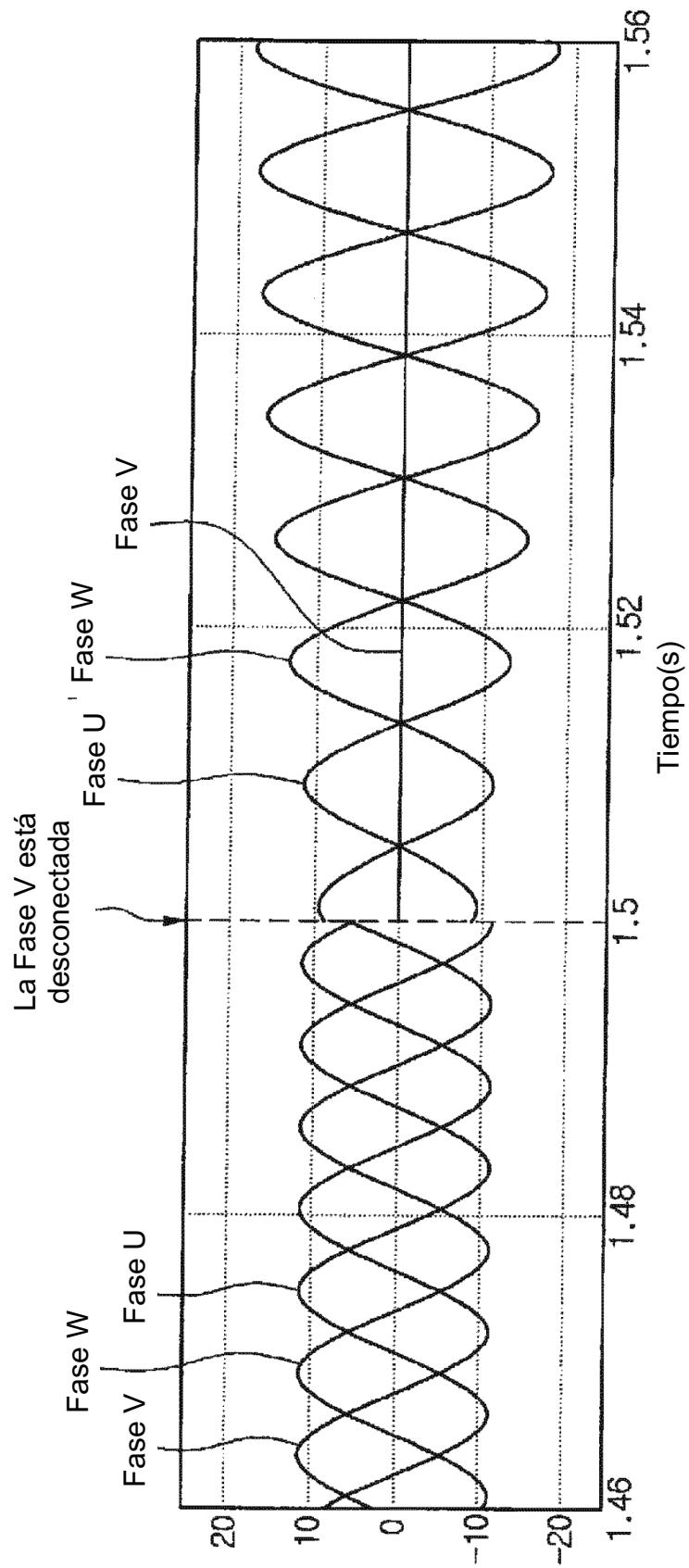
REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar los estados de los cables de alimentación en un sistema inversor que suministra energía generada a partir de un inversor (110) a un motor mediante el uso de los cables de alimentación de tres fases (120), el método comprende:
 5 calcular una primera ubicación de un vector espacial de corriente para un periodo actual (S101) calculando una velocidad de rotación del vector espacial de corriente usando una velocidad del motor;
 predecir una segunda ubicación del vector espacial de corriente durante un segundo período (S102) basado en la velocidad de rotación y la primera ubicación;
 10 calcular una tercera ubicación del vector espacial de corriente cuando llega al siguiente período (S103);
 comparar la segunda ubicación con la tercera ubicación (S104);
 verificar la tercera ubicación cuando la diferencia entre la segunda ubicación y la tercera ubicación es mayor que un valor de referencia preestablecido;
 15 determinar que un cable de fase u de los cables de alimentación de tres fases se desconecta cuando la tercera ubicación se ubica de forma alterna en un primer ángulo y un segundo ángulo (S107,S108);
 determinar que un cable de fase v de los cables de alimentación de tres fases está desconectado cuando la tercera ubicación se ubica de forma alterna en un tercer ángulo y en un cuarto ángulo (S109,S110); y
 determinar que un cable de fase w de los cables de alimentación de tres fases se desconecta cuando la tercera ubicación se ubica de manera alterna en un quinto ángulo y en un sexto ángulo (S111,S112).
 20
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde calcular la primera ubicación o la tercera ubicación comprende:
 obtener los valores de corriente de tres fases suministrados al motor;
 usar los valores de corriente de tres fases obtenidos para calcular la corriente en el eje d y la corriente en el eje q del sistema de coordenadas de un estator; y
 25 usar la relación de una corriente en el eje q calculada con una corriente en el eje d calculada y una función arcotangente para calcular la primera ubicación o la tercera ubicación del vector espacial de corriente.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la predicción de la segunda ubicación comprende:
 30 usar el tiempo de muestreo entre el periodo actual y el próximo período y la velocidad de rotación calculada del vector espacial de corriente para calcular la segunda ubicación del vector espacial de corriente para el siguiente período.
4. El método de una reivindicación 1 a 3, que comprende además:
 verificar los valores de corriente de tres fases obtenidos para el siguiente período cuando la diferencia entre la segunda ubicación y la tercera ubicación es mayor que el valor de referencia preestablecido; y
 detectar que dos o más de los cables de alimentación de tres fases están desconectados cuando se verifican todos los valores de corriente de las tres fases.
 40
5. El método de una reivindicación 1 a 4, en donde el primer ángulo entre un eje u y el vector espacial de corriente es 90° , en donde el vector espacial de corriente se basa en valores de corriente en un eje v y en un eje w;
 en donde el segundo ángulo entre el eje u y el vector espacial de corriente es -90° , en donde el vector espacial de corriente se basa en valores de corriente del eje v y del eje w;
 45 en donde el tercer ángulo entre el eje u y el vector espacial de corriente es 150° , en donde el vector espacial de corriente se basa en valores de corriente del eje v y del eje u;
 en donde el cuarto ángulo entre el eje u y el vector espacial de corriente es -30° , en donde el vector espacial de corriente se basa en valores de corriente del eje v y del eje u;
 en donde el quinto ángulo entre el eje u y el vector espacial de corriente es 30° , en donde el vector espacial de corriente se basa en valores de corriente del eje u y del eje w; y
 50 en donde el sexto ángulo entre el eje u y el vector espacial de corriente es -150° , en donde el vector espacial de corriente se basa en valores de corriente del eje u y del eje w.

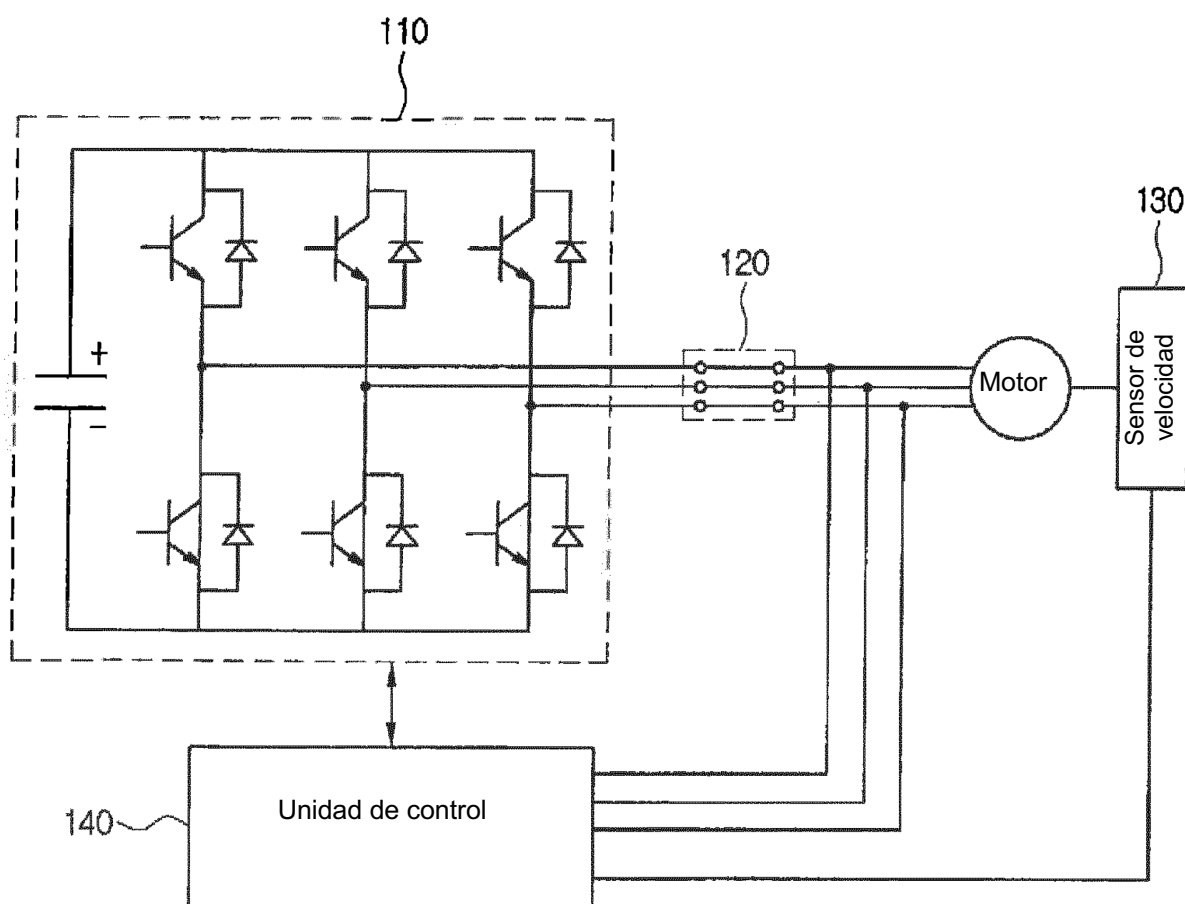
[Figura 1]



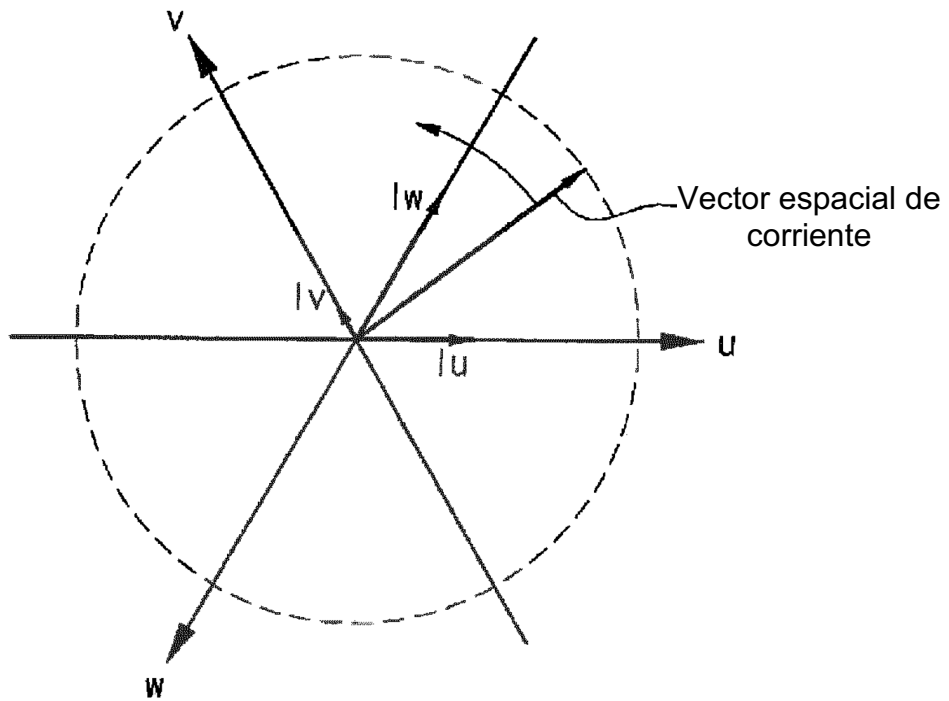
[Figura 2]



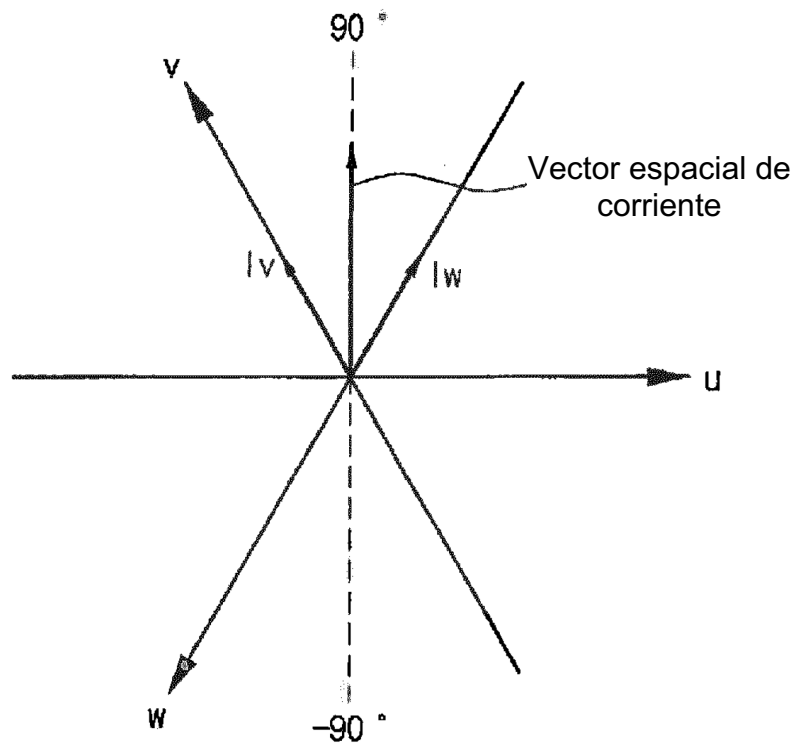
[Figura 3]



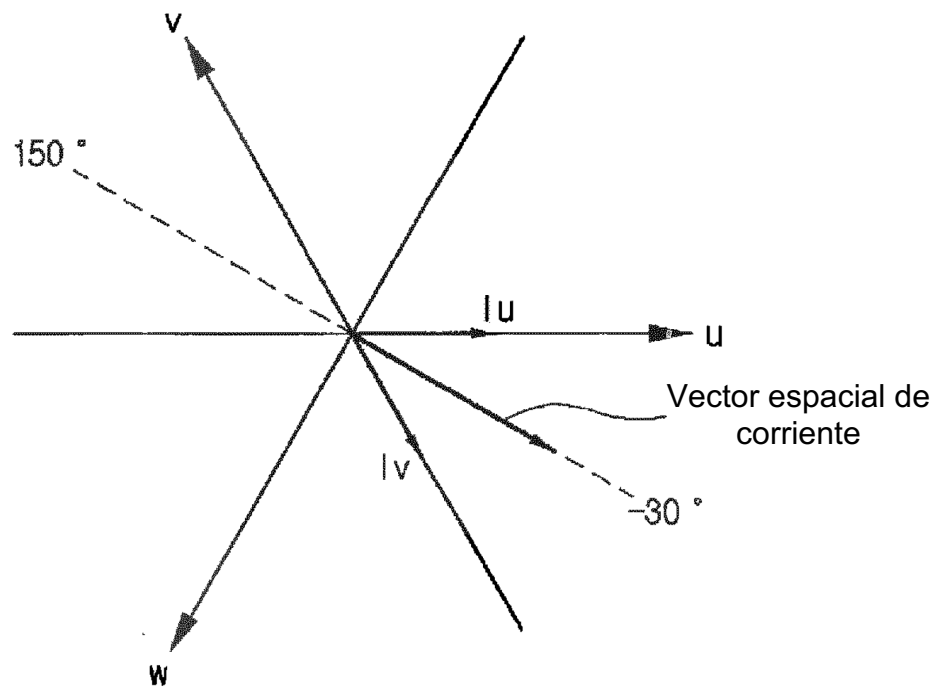
[Figura 4]



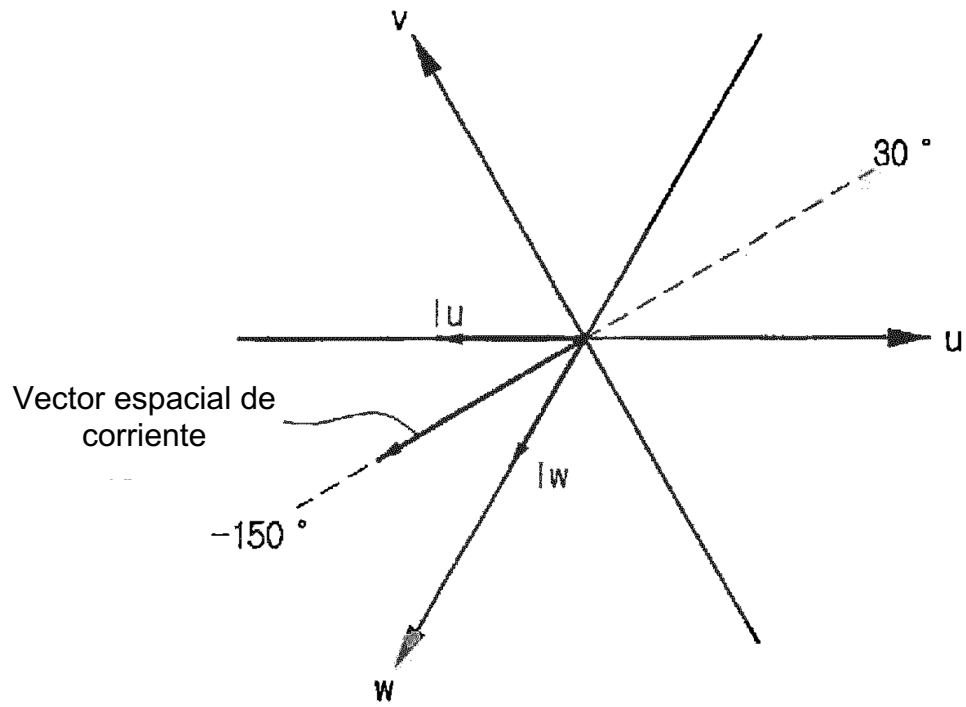
[Figura 5]



[Figura 6]



[Figura 7]



[Figura 8]

