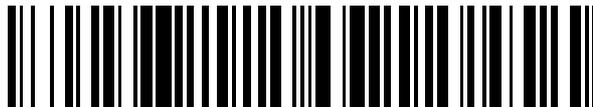


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 452 926**

51 Int. Cl.:

H02P 21/00 (2006.01)

H02P 27/04 (2006.01)

B60L 7/14 (2006.01)

H02M 7/155 (2006.01)

H02P 23/06 (2006.01)

B60L 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2007 E 07829463 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014 EP 2096751**

54 Título: **Aparato de control para vehículo eléctrico**

30 Prioridad:

02.11.2006 WO PCT/JP2006/321945

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

03.04.2014

73 Titular/es:

**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION (100.0%)
7-3, MARUNOUCHI 2-CHOME CHIYODA-KU
TOKYO 100-8310, JP**

72 Inventor/es:

**NEGORO, HIDETO y
KONO, MASAKI**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 452 926 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

Aparato de control para vehículo eléctrico

5 Campo técnico

La invención se refiere a un controlador para un vehículo eléctrico, cuya fuente de impulsión es un motor de CA accionado por un inversor de frecuencia variable y tensión variable (también denominado en lo que sigue inversor VVVF) sin utilizar un detector de velocidad, y en particular a una tecnología para detectar una estimación de velocidad anómala requerida en el control.

10

Antecedentes de la técnica

En los últimos años (véanse los documentos de patente 1 y 2, por ejemplo) se ha propuesto un método basado en inversor VVVF para controlar con precisión un motor de CA sin utilizar un detector de velocidad.

15 En este método de control de un motor de CA sin utilizar un detector de velocidad, para controlar el inversor VVVF se calcula una estimación de velocidad basándose, por ejemplo, en un valor de intensidad detectada. Sin embargo, cuando la estimación de velocidad calculada no es correcta debido a un fallo del detector de intensidad, rotura de cables u otros defectos, se produce frecuentemente una sobreintensidad si se deja sin corregir cualquiera de los defectos, pudiendo ocasionar la rotura de piezas del inversor VVVF. Por lo tanto, es necesario detectar rápidamente dicha estimación anómala de velocidad.

20

Documento 1 de patente: patente japonesa nº 3 732 784 (Figura 6, Ecuación 28)
Documento 2 de patente: publicación de solicitud de patente japonesa no examinada JP-A-2004-064 905 (Figura 1)

25

El funcionamiento de máquinas de tracción alimentadas por inversor in caso de emergencia o condiciones de impulsión anómalas de un vehículo sobre raíles es el objeto de varios documentos, tales como JP03285501, JP 01252173 y JP 61081102.

30 Descripción de la Invención

Problema que ha de resolver la Invención

35 Sin embargo, el método para impulsar y controlar un vehículo eléctrico y un aparato para controlarlo descritos en el documento 1 de patente están configurados para calcular una referencia de intensidad IL^* utilizando una referencia de potencia eficaz P^* y una tensión de CC Vdc, calcular una desviación entre la referencia de intensidad IL^* y un valor detectado de intensidad de cable aéreo IL y, cuando la desviación no se encuentra entre un límite inferior α y un límite superior β , determinar que la estimación de velocidad en cuestión es anómala.

40 La referencia de intensidad IL^* se determina dividiendo la referencia de potencia eficaz P^* por la tensión de CC Vdc. Por lo tanto, la referencia de intensidad IL^* no es, en un sentido exacto, la intensidad que fluye a través del cable aéreo, sino la entrada de corriente a inversor. En consecuencia, cuando para determinar la desviación se utilizan la intensidad de cable aéreo y la referencia de intensidad de cable aéreo, se determinan con relativa facilidad el límite inferior α y el límite superior β , pero resulta significativamente difícil determinar las constantes de configuración del límite inferior α y del límite superior β , ya que se calcula la desviación entre la intensidad que fluye a través del cable aéreo y la entrada de corriente a inversor.

45

Además, cuando se cambian el motor de CA o el inversor VVVF, también se debe cambiar la referencia de potencia eficaz P^* . Por consiguiente, también se necesita cambiar el límite inferior α y el límite superior β cuando se cambian el motor de CA o el inversor VVVF.

50

En el controlador de vehículo eléctrico descrito en el documento de patente 2, se utiliza un discriminador para discriminar la dirección de la corriente de entrada a inversor detectada por un detector de corriente, y el resultado se compara con una señal de mando de impulsión para detectar anomalías. Es muy posible que se detecte una acción anómala falsa.

55

Por ejemplo, inmediatamente después de haber apagado la señal de mando de impulsión en una operación de apagado de muesca o similar, fluye durante un breve período una pequeña cantidad de corriente de entrada a inversor. Se discriminan la corriente de entrada que fluye de este modo y la señal de mando de impulsión apagada, y probablemente se juzgue como una acción anómala.

60

65 Como ejemplo adicional, cuando el sistema de detección de anomalías antes descrito no detiene el inversor, pero una operación de protección realizada por otro medio de protección contra, por ejemplo, sobreintensidad o sobretensión detienen bruscamente el inversor, la corriente de entrada a inversor actúa transitoriamente en el inversor detenido bruscamente. Por tanto, fluye una corriente en dirección opuesta a la señal de mando de impulsión, lo que activa el sistema de detección de anomalías y da lugar a una falsa detección. Estas falsas detecciones disminuirán la fiabilidad del sistema.

La invención ha sido concebida para resolver los antedichos problemas. Un objeto de la invención es proporcionar un controlador para vehículo eléctrico que comprende un sistema de control configurado de manera sencilla que detecta el signo de la corriente de cable aéreo o el signo de la corriente de inversor para detectar una estimación de velocidad anómala, siendo el controlador capaz de determinar fácilmente constantes de configuración y de detectar una estimación de velocidad anómala sin cambiar las constantes de configuración, incluso cuando se cambian el motor de CA o el inversor de frecuencia variable y tensión variable.

Otro objeto de la invención es proporcionar un controlador para vehículo eléctrico que no detecte falsamente una estimación de velocidad anómala pero pueda detectar correctamente y con fiabilidad una estimación de velocidad anómala.

Medios para resolver el problema

La invención se define con detalle en la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes exponen realizaciones ventajosas de la invención.

Ventajas de la Invención

El controlador para vehículo eléctrico de la invención puede detectar una estimación de velocidad anómala, es decir, una anomalía en el medio de control del vector de velocidad sin sensor, con una configuración simple y de bajo costo, y evitar de antemano el fallo de piezas del aparato inversor a causa de una sobreintensidad.

Además, las constantes de configuración para juzgar la anomalía pueden ser configuradas fácilmente, por lo que se puede detectar una estimación de velocidad anómala sin cambiar las constantes de configuración incluso aunque se haya cambiado el motor de CA o el inversor de frecuencia variable y tensión variable.

Se puede proporcionar un controlador para vehículo eléctrico fiable que no detecte falsamente una estimación de velocidad anómala, sino que pueda detectar correctamente y de manera fiable una estimación de velocidad anómala.

Los objetos anteriores y otros, características y efectos ventajosos de la invención se harán evidentes a partir de la descripción detallada de las siguientes realizaciones y los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una primera realización;
 la Figura 2 muestra la configuración del medio de detección de acción incorrecta de la primera realización;
 la Figura 3 muestra la configuración del medio de parada de puerta en la primera realización;
 la Figura 4 explica el comportamiento de cada parámetro del medio de detección de acción incorrecta en un modo de alimentación en la primera realización;
 la Figura 5 explica el comportamiento de cada parámetro del medio de detección de acción incorrecta en un modo de alimentación en la primera realización;
 la Figura 6 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una segunda realización;
 la Figura 7 muestra la configuración del medio de estimación de corriente de cable aéreo en la segunda realización;
 la Figura 8 es un diagrama de configuración de circuito de un inversor VVVF utilizado en la invención;
 la Figura 9 muestra la configuración de un controlador de vehículo eléctrico de acuerdo con una tercera realización;
 la Figura 10 muestra la configuración del medio de detección de acción incorrecta en la tercera realización;
 la Figura 11 muestra la configuración del medio de parada de puerta en la tercera realización;
 la Figura 12 muestra la configuración del medio de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración en la tercera realización;
 la Figura 13 muestra la configuración del medio de elemento de tiempo de regeneración en la tercera realización;
 la Figura 14 muestra la configuración del medio la compensación de desviación en la tercera realización;
 la Figura 15 muestra la conmutación de modo de control en el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la tercera realización;
 la Figura 16 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una cuarta realización;
 la Figura 17 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una quinta realización; y
 la Figura 18 muestra la configuración de un controlador de vehículo eléctrico de acuerdo con una sexta realización.

Descripción de los números y signos de referencia

- 1 = cable aéreo
- 3 = reactancia de filtro de CC
- 4 = medio de detección de corriente de cable aéreo
- 5 5 = condensador de filtro
- 6 = inversor de frecuencia variable y tensión variable (inversor VVVF)
- 7 = motor de CA
- 8 = rueda
- 9 = raíl
- 10 10 = medio de detección de corriente
- 11 = medio de control vectorial de velocidad sin sensor
- 12 = medio de detección de funcionamiento incorrecto
- 13 = medio de parada de puerta
- 14 = medio de detección de regeneración incorrecta
- 15 15 = medio de detección de alimentación incorrecta
- 16 = medio de elemento de tiempo de detección de regeneración incorrecta
- 17 = medio de elemento de tiempo de detección de alimentación incorrecta
- 18 = medio de selección de detección de alimentación/regeneración
- 19 = medio de comparación en modo de alimentación
- 20 20 = medio de comparación significa en modo de regeneración
- 21 = condición de corriente de cable aéreo en modo de alimentación EPDPLVL (primera configuración de intensidad)
- 22 = condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración EPDBLVL (segunda configuración de intensidad)
- 25 23 = medio de estimación de corriente de cable aéreo
- 24 = medio de detección de tensión
- 25 = circuito (NOT) del inversor
- 26 = circuito de generación de señal de puerta
- 28 = multiplicador
- 30 28 = medio de estimación de corriente de entrada a condensador
- 29 = medio de estimación de corriente de entrada al inversor de CC
- 30 = sumador
- 31 = medio de detección de acción incorrecta
- 32 = medio de parada de puerta
- 35 33 = medio de comparación "si-mayor"
- 34 = medio de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración
- 35 = medio de elemento de tiempo de regeneración
- 36 = medio de multiplicación
- 37a = medio (NOT) de inversión
- 40 37b = medio (NOT) de inversión
- 38 = medio de biestable
- 39 = medio de conmutación
- 40 = medio (ONTD) de elemento de tiempo
- 41 = medio (ONTD) de elemento de tiempo
- 45 42 = medio de conmutación
- 43 = medio (ONTD) de elemento de tiempo variable
- 44 = medio de compensación de desviación
- 45 = medio de integración
- 46 = medio (ONTD) de elemento de tiempo
- 50 47 = medio de conmutación
- 48 = medio de división
- 49 = medio de sustracción
- 50 = medio de conmutación
- 51 = medio de cálculo de desviación
- 55 52 = medio de conmutación
- 53 = medio de detección de corriente de inversor
- 54 = medio de estimación de corriente de inversor

Mejor modo de llevar a cabo la Invención

60 A continuación se describirán realizaciones de la invención haciendo referencia a los dibujos.

En todos los dibujos, los mismos números de referencia representan las mismas partes o partes equivalentes.

Primera realización

65 A continuación se describirá un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una primera realización de la invención, haciendo referencia a las Figuras 1 a 5.

La Figura 1 muestra la configuración del controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la primera realización.

5 Aunque la primera forma de realización se describe haciendo referencia a un caso en el que, como ejemplo de motor de CA, se controla un motor de inducción, naturalmente se puede esperar el mismo efecto ventajoso cuando el motor de CA es un motor síncrono.

10 Además, aunque la primera realización se describe haciendo referencia a un controlador de un vehículo eléctrico que funciona de acuerdo con una orden P* de alimentación, el vehículo eléctrico también puede funcionar de acuerdo con una orden B* de frenado, como se describirá más adelante.

15 En la Figura. 1, un cable aéreo 1 está conectado al potencial positivo de un condensador 5 de filtro de CC a través de un pantógrafo 2 y un reactor 3 de filtro de CC. El potencial negativo del condensador 5 de filtro de CC está conectado a tierra en un raíl 9 por medio de una rueda 8. Además, un inversor 6 de frecuencia variable de tensión variable (también denominado en lo que sigue inversor VVVF) que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria está conectado en paralelo con el condensador 5 de filtro de CC. El inversor VVVF 6 aplica una tensión trifásica a un motor 7 de CA, que es un motor de inducción. El medio 10 de detección de corriente en el lado CA detecta intensidades de fase i_u e i_v generadas en el motor 7 de CA.

20 Aunque la Figura 1 muestra, como medio 10 de detección de corriente en el lado de CA, un detector que detecta la corriente que fluye a través de un circuito que conecta el inversor VVVF 6 con el motor 7 de CA mediante el uso de una CT o similar, para detectar las intensidades de fase se puede utilizar cualquier otro método conocido adecuado junto con una corriente que fluye a través del inversor VVVF 6, tal como una corriente de bus,.

25 Puesto que se cumple la siguiente relación: $i_u + i_v + i_w = 0$, se puede determinar la corriente de la fase w a partir de los dos corrientes de fase detectadas, las corrientes de fase u y de fase v .

30 Aunque el motor 7 de CA y la rueda 8 se representan como independientes entre sí para facilitar la ilustración, en la práctica el motor 7 de CA está conectado a la rueda 8 a través de un engranaje, y la rueda 8 está en contacto con el raíl 9.

35 Por otro lado, se proporcionan además el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo, en donde el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo detecta que fluye corriente a través del cable aéreo 1 y el reactor 3 de filtro de CC. El valor de la intensidad de corriente de cable aéreo I_s detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo es introducido al medio 12 de detección de acción incorrecta (que se describirá en detalle más adelante).

40 Ahora, se define la dirección positiva como la dirección en la cual el valor I_s de corriente de cable aéreo detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo fluye a través del cable aéreo 1 y el inversor VVVF 6 al motor 7 de CA (fluyendo en la dirección indicada por la flecha en la Figura 1). Durante el funcionamiento de alimentación, la corriente I_s de cable aéreo fluye en la dirección positiva (el signo del valor de la intensidad es positivo).

45 A la inversa, durante el funcionamiento de regeneración la corriente I_s de cable aéreo fluye desde el motor 7 de CA, a través del inversor VVVF 6, al cable aéreo 1 (el signo del valor de intensidad es negativo), lo que se denomina dirección negativa. Es decir, la corriente fluye en sentido opuesto al de la flecha de la Figura 1.

50 El medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor estima la velocidad de rotación del motor 7 de CA a partir de una orden de tensión de salida procedente del inversor VVVF 6 y una intensidad de salida desde el inversor VVVF 6, controla el inversor VVVF 6 basándose en la estimación, e impulsa y controla el motor 7 de CA. El sistema de control en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor se basa en un método de control vectorial de velocidad sin sensor mediante el cual se controlan la intensidad, la tensión y el flujo magnético del motor 7 de CA en un sistema de coordenadas con eje dq giratorio.

55 Dado que el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor es una tecnología existente, en la presente memoria se omitirá su descripción detallada.

A continuación se describirá el medio 12 de detección de acción incorrecta.

60 La Figura 2 muestra un ejemplo de la configuración del medio 12 de detección de acción incorrecta. En la Figura 2, el número 14 de referencia indica el medio de detección de regeneración incorrecta para detectar anomalías en el funcionamiento de alimentación, e incluye medio 19 de comparación en el modo de alimentación para comparar un valor de intensidad I_s de corriente de cable aéreo detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo con una condición 21 de corriente de cable aéreo en modo de alimentación EPDPLVL, que es un primer conjunto de niveles de intensidad para identificar regeneración incorrecta, y medio 16 de elemento de tiempo para detectar regeneración incorrecta (elemento de tiempo de alimentación) para aportar un elemento de tiempo de detección

correspondiente a un cierto período al resultado de detección procedente del medio 19 de comparación (retrasando el resultado de detección) y generar como salida el resultado de detección.

5 El número 15 de referencia indica el medio de detección de alimentación incorrecta para detectar anomalías en el funcionamiento de regeneración, e incluye medio 20 de comparación en el modo de regeneración para comparar un valor I_s de intensidad de corriente de cable aéreo detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo con una condición 22 de corriente de cable aéreo en modo de regeneración EPDBLVL, que es un segundo conjunto de niveles de intensidad para identificar alimentación incorrecta, y medio 17 de elemento de tiempo para detectar alimentación incorrecta (elemento de tiempo de regeneración) para aportar un elemento de tiempo de detección correspondiente a un cierto período al resultado de detección procedente del medio 20 de comparación (retrasando el resultado de detección) y generar como salida el resultado de detección.

15 El número 18 de referencia indica el medio de selección de detección de alimentación/regeneración para seleccionar, o bien el medio 14 de detección de regeneración incorrecta, o bien el medio 15 de detección de alimentación incorrecta, dependiendo de, o bien el funcionamiento en alimentación, o bien el funcionamiento en regeneración, basándose en la orden P^* de alimentación.

20 La orden P^* de alimentación se obtiene de un valor correspondiente a la posición del mando, que es un regulador de velocidad situado en un panel de control del vehículo eléctrico.

25 El medio 12 de detección de acción incorrecta así configurado aprovecha en principio, tal como se ha descrito más arriba, el hecho de que la corriente I_s de cable aéreo fluye en la dirección positiva (es decir, la intensidad I_s de corriente de cable aéreo tiene signo positivo) cuando el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor ordena el funcionamiento de alimentación normal.

30 Por otra parte, el medio 12 de detección de funcionamiento incorrecto aprovecha el hecho de que la corriente I_s de corriente de cable aéreo fluye en la dirección negativa (es decir, la intensidad I_s de corriente de cable aéreo tiene signo negativo) cuando el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor ordena el funcionamiento de regeneración normal.

35 Es decir, el medio 12 de detección de funcionamiento incorrecto juzga que se produce una anomalía cuando el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor ordena el funcionamiento de alimentación y la corriente I_s de cable aéreo no fluye en la dirección positiva, sino que lo hace en la dirección negativa, y detiene el inversor VVVF 6 haciendo uso del medio 13 de parada de puerta.

40 El medio 12 de detección de funcionamiento incorrecto juzga que se produce una anomalía cuando el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor ordena el funcionamiento de regeneración y la corriente I_s de cable aéreo no fluye en la dirección negativa, sino que lo hace en la dirección positiva, y detiene el inversor VVVF 6 haciendo uso del medio 13 de parada de puerta.

45 A continuación se describirá el funcionamiento del controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la primera realización así configurado.

50 Se describirá primeramente un método para juzgar si se produce anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor. El valor I_s de intensidad de corriente de cable aéreo detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo mostrado en la Figura 1 es introducido como entrada al medio 12 de detección de acción incorrecta.

55 La Figura 4 muestra el comportamiento de cada uno de los parámetros del medio 12 de detección de acción incorrecta en el modo de alimentación. El comportamiento se describirá a continuación haciendo referencia a las Figuras 2 y 4.

En primer lugar, puesto que en el modo de alimentación la orden P^* de alimentación es introducida como entrada al medio 12 de detección de acción incorrecta y al medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor, un contacto A está conectado a un contacto C en el medio 18 de selección de detección de alimentación/regeneración.

Tal como se muestra en la Figura 4, la corriente I_s de cable aéreo fluye en la dirección positiva durante el funcionamiento normal.

60 Puesto que la anomalía hace que la corriente I_s de cable aéreo fluya en la dirección negativa, el medio 19 de comparación en modo de alimentación compara esta intensidad I_s de corriente cable aéreo con la condición 21 de corriente de cable aéreo en modo de alimentación EPDPLVL, que es la primera configuración de intensidad. Por ejemplo, la condición 21 de corriente de cable aéreo en modo de alimentación EPDPLVL está fijada en -10 A, y el medio 19 de comparación en modo de alimentación detecta que la intensidad I_s de corriente cable aéreo es menor que -10 A (condición 21 de corriente de cable aéreo en modo de alimentación EPDPLVL).

5 Basándose en el resultado detectado, el medio 16 de elemento de tiempo de detección de regeneración incorrecta proporciona un elemento de tiempo de detección (retardo) correspondiente a un cierto período, a fin de evitar falsas detecciones debidas a, por ejemplo, una respuesta transitoria. Cuando la intensidad I_s de corriente de cable aéreo sigue siendo menor que la condición 21 de corriente de cable aéreo en modo de alimentación EPDPLVL incluso después de transcurrido el período correspondiente al elemento de tiempo (retardo), el medio 12 de detección de acción incorrecta genera como salida una señal EPD de acción incorrecta detectada hacia el medio 13 de parada de puerta.

10 El periodo de configuración del elemento de tiempo puede ser mayor o igual que el periodo correspondiente a la frecuencia resonante entre el reactor 3 de filtro de CC y el condensador 5 de filtro de CC con respecto a la respuesta de la intensidad I_s de corriente de cable aéreo.

15 A continuación se describirá un método para juzgar si se produce anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor en el modo de regeneración.

La Figura 5 muestra el comportamiento de cada uno de los parámetros del medio 12 de detección de acción incorrecta en el modo de regeneración. El comportamiento se describirá a continuación haciendo referencia a las Figuras 2 y 5.

20 En primer lugar, puesto que ninguna orden P^* de alimentación es introducida como entrada en el modo de regeneración, un contacto B está conectado al contacto C en el medio 18 de selección de detección de alimentación/regeneración.

25 Tal como se muestra en la Figura 5, la corriente I_s de cable aéreo fluye en la dirección negativa durante el funcionamiento normal. Puesto que la anomalía hace que la corriente I_s de cable aéreo fluya en la dirección positiva, el medio 20 de comparación en modo de regeneración compara esta intensidad I_s de corriente cable aéreo con la condición 22 de corriente de cable aéreo en modo de regeneración EPDBLVL, que es la segunda configuración de intensidad.

30 Por ejemplo, la condición 22 de corriente de cable aéreo en modo de regeneración EPDBLVL está fijada en +10 A, y el medio 20 de comparación en modo de regeneración detecta que la intensidad I_s de corriente cable aéreo es mayor que +10 A (condición 22 de corriente de cable aéreo en modo de regeneración EPDBLVL).

35 Basándose en el resultado detectado, el medio 17 de elemento de tiempo de detección de alimentación incorrecta proporciona un elemento de tiempo de detección (retardo) correspondiente a un cierto período, a fin de evitar falsas detecciones debidas a, por ejemplo, una respuesta transitoria. Cuando la intensidad I_s de corriente de cable aéreo sigue siendo mayor que la condición 22 de corriente de cable aéreo en modo de regeneración EPDBLVL incluso después de transcurrido el período correspondiente al elemento de tiempo (retardo), el medio 12 de detección de acción incorrecta genera como salida una señal EPD de acción incorrecta detectada hacia el medio 13 de parada de puerta.

40 El periodo de configuración del elemento de tiempo puede ser mayor o igual que el periodo correspondiente a la frecuencia resonante entre el reactor 3 de filtro de CC y el condensador 5 de filtro de CC con respecto a la respuesta de la intensidad I_s de corriente de cable aéreo.

45 Cuando el medio 12 de detección de acción incorrecta juzga, en función del signo positivo o negativo de la intensidad I_s de corriente cable aéreo, que ocurre una anomalía ($EPD=1$), se decide que se debe realizar una operación de protección, y el medio 13 de parada de puerta apaga una señal de puerta a todos los dispositivos de conmutación del inversor VVVF 6.

50 La Figura 3 muestra un ejemplo de la configuración del medio 13 de parada de puerta.

55 En la Figura 3, el medio 13 de parada de puerta ordena a un circuito 26 de generación de orden de señal de puerta que genere la señal de la puerta basándose en una orden de tensión calculada por el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor.

60 Cuando el medio 12 de detección de acción incorrecta juzga que ocurre una anomalía, la señal EPD se hace 1, y un circuito (NOT) 25 del inversor invierte la señal a cero. La señal resultante es introducida como entrada en un multiplicador 27 para apagar la señal de puerta (cero) a todos los dispositivos de conmutación del inversor VVVF 6.

Dado que el circuito 26 de generación de señal de puerta es una tecnología existente, en la presente memoria se omitirá su descripción detallada.

65 Tal como se ha descrito antes, el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización incluye el inversor VVVF (inversor de frecuencia variable y tensión variable) 6 que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria en base a la orden P^* de alimentación o la orden B^* de frenado,

que se describirá más adelante, el motor 7 de CA conectado al lado de CA del inversor VVVF 6, el condensador 5 de filtro conectado en paralelo al lado de CC del inversor VVVF 6, el medio 10 de detección de corriente para detectar información acerca de la corriente en el lado de CA del inversor VVVF 6, el medio 24 de detección de tensión para detectar información acerca de la tensión de CC a través del condensador 5 de filtro, y el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor para estimar la velocidad de giro del motor 7 de CA a partir de la orden de tensión de salida del inversor VVVF 6 y la corriente de salida del inversor VVVF 6 y controlar el inversor VVVF 6 basándose en la estimación.

El controlador incluye además el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo (medio de detección de intensidad de CC) para detectar la corriente que fluye a través del cable aéreo 1, el medio 12 de detección de acción incorrecta para determinar el signo de la intensidad de corriente de cable aéreo cuando el inversor VVVF 6 está en funcionamiento utilizando, o bien la orden P* de alimentación, o bien la orden B* de frenado, siendo detectada la corriente de cable aéreo (intensidad de CC) por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo (medio de detección de intensidad de CC), y una configuración de intensidades predeterminadas y detección de anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la intensidad de CC, y el medio 13 de parada de puerta para detener el variador VVVF 6 cuando el medio 12 de detección de acción incorrecta detecta anomalía.

El medio 12 de detección de acción incorrecta de acuerdo con la presente realización incluye el medio 14 de detección de regeneración incorrecta para comparar el valor de intensidad de corriente de cable aéreo (intensidad de CC) detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo con el primer conjunto de niveles de intensidad para determinar la regeneración incorrecta cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 en el modo de alimentación, el medio 15 de detección de alimentación incorrecta para comparar el valor de intensidad de corriente de cable aéreo (intensidad de CC) detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo con el segundo conjunto de niveles de intensidad para determinar la alimentación incorrecta cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 en el modo de regeneración, y el medio 15 de selección de detección de alimentación/regeneración para seleccionar el medio 14 de detección de regeneración incorrecta durante el funcionamiento con alimentación, mientras que se selecciona el medio 15 de detección de alimentación incorrecta durante el funcionamiento con regeneración basándose en la orden P* de alimentación (o la orden B* de frenado).

El medio 14 de detección de regeneración incorrecta de acuerdo con la presente realización incluye el medio 16 de elemento de tiempo de detección de regeneración incorrecta para permitir que transcurra un período de tiempo fijo después de que el valor de la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo 1 y es detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo se haya hecho menor que el primer nivel de intensidad, y el medio 15 de detección de alimentación incorrecta incluye el medio 17 de elemento de tiempo de detección de alimentación incorrecta para permitir que transcurra un período de tiempo fijo después de que el valor de la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo 1 y es detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo se haya hecho mayor que el segundo nivel de intensidad.

Tal como se ha descrito más arriba, de acuerdo con la presente realización, el proporcionar el medio de detección de acción incorrecta para detectar anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la corriente de cable aéreo detectada por el medio de detección de corriente de cable aéreo cuando se hace funcionar el inversor VVVF basándose en la orden P* de alimentación o la orden B* de frenado, y el detener el inversor VVVF cuando el medio de detección de acción incorrecta detecta anomalía, permiten detectar fácilmente anomalías en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor con una configuración significativamente simple y barata, y prevenir de antemano el fallo de piezas del aparato inversor debido a una sobreintensidad.

Además, las constantes de ajuste para determinar la anomalía pueden establecerse fácilmente, con lo cual se puede detectar una estimación de velocidad anómala sin cambiar las constantes de ajuste aunque se cambie el motor de CA o el inversor de frecuencia variable y tensión variable.

Además, el separar los procesos del modo de alimentación de los del modo de regeneración permite establecer diferentes condiciones, respectivamente, para los modos de alimentación y de regeneración, con lo cual se puede detectar una estimación anormal de velocidad en cada uno de los modos de alimentación y regeneración.

Además, el proporcionar el medio de elemento de tiempo de detección de regeneración incorrecta para permitir que transcurra un período de tiempo fijo después de que el valor de la intensidad de corriente de cable aéreo detectada por el medio de detección de corriente de cable aéreo se haya hecho menor que el primer conjunto de niveles de intensidad para determinar la regeneración incorrecta, y el medio de elemento de tiempo de detección de alimentación incorrecta para permitir que transcurra un período de tiempo fijo después de que el valor de la intensidad de corriente de cable aéreo detectada por el medio de detección de corriente de cable aéreo se haya hecho mayor que el segundo conjunto de niveles de intensidad para determinar la alimentación incorrecta, puede evitar falsas detecciones por parte del medio de detección de regeneración incorrecta y del medio de detección de alimentación incorrecta debidas a, por ejemplo, una respuesta transitoria.

Segunda realización

La Figura 6 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una segunda realización de la invención.

5 Las partes que son las mismas que las de la primera realización descrita anteriormente tienen los mismos números de referencia. Se omitirá la descripción de las partes iguales, y sólo se describirán las partes diferentes.

Aunque la segunda realización se describe también haciendo referencia a un controlador para vehículo eléctrico que funciona de acuerdo con la orden P* de alimentación, el vehículo eléctrico también puede funcionar de acuerdo con la orden B* de frenado.

La segunda realización se caracteriza porque se proporciona un medio 23 de estimación de intensidad de corriente de cable aéreo y una salida del mismo es introducida como entrada al medio 12 de detección de acción incorrecta, tal como se muestra en la Figura 6.

Por lo tanto, en la presente realización, se introduce como entrada al medio 12 de detección de acción incorrecta una estimación de intensidad de corriente de cable aéreo estimada (calculad) en el medio 23 de estimación de intensidad de corriente de cable aéreo, en lugar de un valor de intensidad de corriente de cable aéreo detectada.

En la primera realización, se introduce como entrada al medio 12 de detección de acción incorrecta un valor Is de intensidad de corriente cable aéreo detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo, y se juzga la anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor.

Por lo tanto, en la primera realización es necesario preparar el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo que detecte la corriente que fluye a través del cable aéreo 1, lo que da lugar desventajosamente a un incremento en el costo de fabricación del aparato y a la disminución de la fiabilidad del aparato debido al aumento del número de piezas.

En la segunda realización, tal como se muestra en la Figura 6, el medio 23 de estimación de intensidad de corriente de cable aéreo, que estima el valor de la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo 1, elimina la necesidad del medio 4 de detección de corriente de cable aéreo utilizado en la primera realización. Así, se pueden determinar anomalías en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor a un coste menor y sin reducción de la fiabilidad del aparato.

La Figura 7 muestra la configuración del medio 23 de estimación de intensidad de corriente de cable aéreo. Tal como se muestra en la Figura 7, el medio 23 de estimación de intensidad de corriente de cable aéreo incluye medio 28 de estimación de intensidad de corriente de entrada a condensador para estimar una intensidad Ic de corriente de entrada al condensador, medio 29 de estimación de corriente de entrada a inversor de CC para estimar una intensidad Idc de corriente de entrada al inversor de CC, y un sumador 30 que suma las intensidades Ic_s de corriente de entrada a condensador estimadas por el medio 28 de estimación de corriente de entrada a condensador y las intensidades Idc_s de corriente de entrada al inversor de CC estimadas por el medio 29 de estimación de corriente de entrada al inversor de CC.

El medio 28 de estimación de corriente de entrada a condensador para estimar la intensidad Ic de corriente de entrada a condensador en el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo deriva una tensión Vc de condensador con respecto al tiempo, siendo detectada la tensión Vc del condensador por el medio 24 de detección de tensión para detectar información sobre la tensión de CC a través del condensador 5 de filtro conectado en paralelo al lado de CC del inversor VVVF 6. El medio 28 de estimación de corriente de entrada a condensador multiplica además la derivada resultante por la capacitancia C del condensador de filtro para calcular las intensidades Ic_s de corriente de entrada a condensador estimadas, según la siguiente ecuación (1):

Ecuación (1)

$$Ic_s = C \frac{dVc}{dt} \quad \dots(1).$$

La derivación utilizada en la ecuación (1) puede ser difícil de realizar en un programa informático implementado en un microprocesador u otros componentes, o bien puede dar lugar a cálculos divergentes. Para abordar este problema, en la práctica se puede utilizar la siguiente ecuación (2).

Ecuación (2)

$$Ic_s = C \frac{s}{1+sT} Vc \quad \dots(2),$$

en donde $s = \frac{d}{dt}$ representa el laplaciano, y T representa una constante de tiempo.

5 La constante de tiempo T puede ser fijada en un valor similar a la frecuencia máxima de funcionamiento del inversor VVVF 6.

10 Por ejemplo, cuando la frecuencia máxima de funcionamiento del inversor VVVF 6 es 200 Hz, la constante de tiempo T de la ecuación (2) se puede calcular según con la siguiente ecuación (3). En este caso, la constante de tiempo T puede fijarse en aproximadamente 80 ms.

Ecuación (3)

$$15 \quad T = \frac{1}{2 \times \pi \times 200} = 79,6 \text{ ms} \quad \dots(3).$$

La configuración del inversor VVVF 6 incluye seis dispositivos de conmutación (Su, Sv, Sw, Sx, Sy y Sz), por ejemplo IGBTs (transistores bipolares de puerta aislada), tal como se muestra en la Figura 8, por ejemplo.

20 En el inversor VVVF 6, si se ponen en "encendido" dos dispositivos de conmutación para cada fase al mismo tiempo, la tensión de CC entra en cortocircuito y la corriente de cortocircuito daña los dispositivos de conmutación.

25 En el inversor VVVF 6 real, para evitar que se pongan en "encendido" al mismo tiempo dos dispositivos de conmutación para cada fase, se proporciona un período de prevención jerarquizada ("top-down") de cortocircuito (denominado también tiempo muerto) Td.

30 El medio 29 de estimación de corriente de entrada a inversor de CC para estimar la intensidad I_{dc} de corriente de entrada al inversor de CC en medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo utiliza los estados de los dispositivos de conmutación Su, Sv, Sw, Sx, Sy y Sz del inversor VVVF 6 mostrado en la Figura 8 y el valor detectado en el medio 10 de detección de corriente para detectar información sobre la corriente en el lado de CA del inversor VVVF 6, a fin de calcular las intensidades I_{dc_s} estimadas de corriente de entrada de CC al inversor según la siguiente ecuación (4):

Ecuación (4)

$$35 \quad \begin{aligned} I_{dc_s} &= I_u \times S_u + I_v \times S_v + I_w \times S_w \\ &= I_u \times S_u + I_v \times S_v + (-I_u - I_v) \times S_w \\ &= I_u \times (S_u - S_w) + I_v \times (S_v - S_w) \end{aligned} \quad \dots (4),$$

40 Dado que cada uno de Su, Sv y Sw es una función que muestra el estado del dispositivo de conmutación correspondiente, Su, Sv y Sw pueden definirse como ON o "encendido" (representado por +1) y OFF o "apagado" (representado por 0) en las siguientes condiciones:

45 Su, Sv y Sw = +1; cuando los dispositivos de conmutación Su, Sv y Sw en el lado positivo (P) son ON, o bien durante el período Td y cuando las intensidades de corriente de motor I_u, I_v e I_w y son menores de cero.

Su, Sv y Sv = 0: cuando los dispositivos de conmutación Su, Sv y Sw en el lado positivo (P) son OFF, o bien durante el período Td y cuando las intensidades de corriente de motor I_u, I_v e I_w son mayores que cero.

50 Aunque en la segunda realización se ha descrito el método para estimar la corriente de entrada de CC al inversor según la ecuación (4), naturalmente se puede calcular de manera alternativa la corriente de entrada de CC al inversor calculando la potencia del inversor y dividiendo la potencia del inversor por la tensión V_c del condensador, o bien mediante otro método de estimación distinto de la ecuación (4).

55 La acción y efectos del medio 12 de detección de acción incorrecta y los siguientes componentes, que son las acciones de detectar anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor utilizando el valor estimado de intensidad I_{s_s} de corriente de cable aéreo calculado por el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo son los mismos que en la primera realización. Por lo tanto, se omitirá la descripción de estas acciones y efectos.

60 Tal como se ha descrito antes, el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización incluye el inversor VVVF (inversor de frecuencia variable y tensión variable) 6 que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria en base a la orden P* de alimentación o la orden B* de frenado; el motor 7 de CA conectado al lado de CA del inversor VVVF 6; el condensador 7 de filtro conectado en paralelo al lado de CC del inversor VVVF 6; el medio 10 de detección de corriente para detectar información acerca de la corriente en el lado de CA del inversor VVVF 6; el medio 24 de detección de tensión para detectar información

acerca de la tensión de CC a través del condensador 5 de filtro; y el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor para estimar la velocidad de giro del motor 7 de CA a partir de la orden de tensión de salida del inversor VVVF 6 y la corriente de salida del inversor VVVF 6 y controlar el inversor VVVF 6 basándose en la estimación.

5 El controlador incluye además el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo (medio de estimación de intensidad de CC) para estimar la corriente que fluye a través del cable aéreo 1; el medio 12 de detección de acción incorrecta para determinar el signo del valor de la intensidad de CC estimada cuando el inversor VVVF 6 está en funcionamiento utilizando la orden P* de alimentación o bien la orden B* de frenado, siendo estimado el valor de intensidad de corriente de cable aéreo estimada (el valor de intensidad de CC estimado) por el medio 23 de
10 estimación de corriente de cable aéreo (medio de estimación de intensidad de CC); y una configuración de intensidades predeterminadas y detección de anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo del valor estimado de intensidad de corriente de cable aéreo (el valor de intensidad de CC estimado), y el medio 13 de parada de puerta para detener el variador VVVF 6 cuando el medio 12 de detección de acción incorrecta detecta anomalía.

15 El medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo de la presente realización incluye el medio 29 de estimación de corriente de entrada de CC al inversor para estimar la corriente de CC de entrada al inversor entregada a través del cable aéreo 1 al inversor VVVF en base a la información de corriente detectada por el medio 10 de detección de corriente y el estado de conmutación del inversor VVVF 6; el medio 28 de estimación de intensidad de corriente de
20 entrada a condensador para estimar la entrada de corriente de entrada al condensador entregada a través del cable aéreo 1 al condensador 5 de filtro; y el sumador 30 que suma el valor de intensidad de corriente estimado procedente del medio 29 de estimación de corriente de entrada al inversor de CC y el valor estimado de intensidad de corriente procedente del medio 28 de estimación de corriente de entrada a condensador, y entrega como entrada el valor resultante al medio 12 de detección de acción incorrecta.

25 El medio 12 de detección de acción incorrecta de la presente realización incluye el medio 14 de detección de regeneración incorrecta para comparar el valor estimado de intensidad de corriente de cable aéreo (valor estimado de intensidad de CC) estimado por el medio 23 medio de estimación de corriente de cable aéreo (medio de estimación de intensidad de CC) con el primer conjunto de niveles de intensidad para determinar la regeneración incorrecta cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 en el modo de alimentación; el medio 15 de detección de
30 alimentación incorrecta para comparar el valor estimado de intensidad de corriente de cable aéreo (valor estimado de intensidad de CC) con el segundo conjunto de niveles de intensidad para determinar la alimentación incorrecta cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 en el modo de regeneración; y el medio 18 medio de selección de detección de alimentación/regeneración para seleccionar el medio 14 de detección de regeneración incorrecta en el funcionamiento con alimentación, y a la inversa seleccionar el medio 15 de detección de alimentación incorrecta en
35 el funcionamiento con regeneración, en base a la orden de alimentación o a la orden de freno.

El medio 14 de detección de regeneración incorrecta de la presente realización incluye el medio 16 de elemento de tiempo de detección de regeneración incorrecta para permitir que transcurra un período de tiempo fijo después de
40 que el valor estimado de la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo 1, estimado por el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo se haya hecho menor que el primer nivel de intensidad; y el medio 15 de detección de alimentación incorrecta incluye el medio 17 de elemento de tiempo de detección de alimentación incorrecta para permitir que transcurra un período de tiempo fijo después de que el valor estimado de la intensidad de corriente de cable estimada por el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo se haya hecho mayor que
45 el segundo nivel de intensidad.

Por lo tanto la presente realización, que detecta anomalías en el control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo del valor estimado de intensidad de corriente de cable aéreo para detener el inversor VVVF, proporciona los mismos efectos ventajosos proporcionados en la primera realización, y se puede omitir el sensor para detectar la
50 corriente de cable aéreo (es decir, el medio de detección de corriente de cable aéreo), a diferencia de la primera forma de realización. Por lo tanto, es posible reducir el número de piezas y en consecuencia el coste, y mejorar la fiabilidad del sistema.

Tercera realización

55 La primera y la segunda realizaciones se han descrito haciendo referencia al caso en donde el funcionamiento del vehículo eléctrico se controla en base a la orden P* de alimentación. Las realizaciones tercera a sexta se describirán haciendo referencia a un caso en el cual el funcionamiento del vehículo eléctrico se controla en base a la orden B* de frenado.

60 La Figura 9 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una tercera realización de la invención.

En la Figura 9 el número 1 de referencia indica un cable aéreo. El número 2 de referencia indica un pantógrafo. El número 3 de referencia indica un reactor de filtro de CC. El número 4 de referencia indica medio de detección de corriente de cable aéreo. El número 5 de referencia indica un condensador de filtro. El número 6 de referencia indica un inversor VVVF. El número 7 de referencia indica un motor de CA, que es un motor de inducción.

65

El número 10 de referencia indica medio de detección de corriente en el lado de CA, y el medio 10 de detección de corriente detecta intensidades de fase i_u , i_v e i_w generadas en el motor 7 de CA (motor de inducción).

5 Aunque la Figura 9 muestra, como medio 10 de detección de corriente en el lado de CA, un detector que detecta una corriente que fluye a través de una línea cableada que conecta el inversor VVVF 6 con el motor 7 de CA mediante el uso de una CT o similar, para detectar las intensidades de fase se puede utilizar cualquier otro método conocido adecuado junto con una corriente que fluye a través del inversor VVVF 6, tal como una corriente de bus,.

10 El número 11 de referencia indica medio de control vectorial de velocidad sin sensor. El número 24 de referencia indica medio de detección de tensión. El número 31 de referencia Indica medio de detección de acción incorrecta. El número 32 de referencia indica medio de parada de puerta. El inversor VVVF 6, que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria, aplica un voltaje trifásico al motor 7 de CA (motor de inducción).

15 La presente realización difiere de la primera y segunda realizaciones descritas más arriba en que la presente realización el medio 31 de detección de acción incorrecta que recibe como entrada la orden B^* de frenado y tiene un medio 44 de compensación de desviación que sirve para compensar una desviación de la intensidad I_s de corriente de cable aéreo, y el medio 32 de parada de puerta que recibe la orden como entrada la orden B^* de frenado.

20 En la presente realización, sólo se detecta anomalía en la estimación de una velocidad de giro del motor 7 de CA en un modo de frenado.

25 El motivo de sólo detectar anomalía en la estimación de una velocidad en el modo de frenado en la presente realización reside, en el caso de un vehículo eléctrico, en determinar la dirección de giro del motor de inducción, que es un motor de CA, de forma tal que el motor de inducción gire en la dirección dictada por la orden de alimentación, que es una orden procedente del panel de operaciones, en el modo de alimentación.

30 Sin embargo, en el modo de frenado es necesario determinar el sentido de giro para lograr un frenado fiable y seguro, de tal manera que la salida de orden de tensión procedente del inversor VVVF 6 coincida con el sentido en que gira el motor 7 de CA.

35 No se puede determinar la velocidad de giro del motor 7 de CA cuando el inversor VVVF 6 no está en funcionamiento.

40 En el control vectorial de velocidad sin sensor de acuerdo con la presente realización, para estimar la velocidad de giro del motor 7 de CA a partir de la tensión y la intensidad de corriente generadas en el inversor VVVF 6 durante el funcionamiento, primeramente se realiza un estimación inicial de velocidad para detectar un estado de giro libre cuando arranca de nuevo el inversor VVVF 6, según cualquiera de los métodos conocidos descritos en los documentos JP-A-2003-309 996 y JP-A-2004-350 459.

La Figura 10 muestra la configuración del medio 31 de detección de acción incorrecta en la presente realización.

45 El medio 31 de detección de acción incorrecta recibe, como entradas, el valor I_s detectado de intensidad de corriente de cable aéreo detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo y la orden B^* de frenado, e incluye medio 33 de comparación "mayor", medio 34 de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración, medio 35 de elemento de tiempo de regeneración, y medio 44 de corrección de desviación.

50 La Figura 11 muestra la configuración del medio 32 de parada de puerta en la presente realización. La configuración y el funcionamiento del medio 32 de parada de puerta se describirán más adelante.

55 El medio 34 de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración del medio 31 de detección de acción incorrecta incluye medio 39 de conmutación, medio 40a de elemento de tiempo (ONTD), y medio 40b de elemento de tiempo (ONTD), tal como se muestra en la Figura 12. El medio 40a de elemento de tiempo (ONTD) establece un periodo de retardo de 400 ms.

"ONTD" significa "retardo de tiempo en encendido" (en inglés, ON Time Delay).

60 El medio 40b de elemento de tiempo (ONTD) establece un periodo de retardo de 1400 ms.

El medio 35 de elemento de tiempo de regeneración del medio 31 de detección de acción incorrecta incluye medio 41 de elemento de tiempo (ONTD), medio 42 de conmutación, y medio 43 de elemento de tiempo variable (ONTD), tal como se muestra en la Figura 13.

65 El medio 41 de elemento de tiempo (ONTD) establece un período de retardo de 400 milisegundos, y genera como salida una orden de encendido "ON" al medio 42 de conmutación, 400 ms después de que la orden B^* de frenado

haya sido puesta en encendido "ON".

El medio 42 de conmutación puede conmutar de 10 ms a 100 ms cuando recibe la salida de orden de encendido "ON" desde el medio 41 de elemento de tiempo (ONTD).

5 El medio 43 de elemento de tiempo variable (ONTD) puede retardar la salida de la señal EPD en la cuantía de la salida del medio 42 de conmutación (es decir, el período de 10 ms o 100 ms) después de que haya recibido como entrada una señal EPDB.

10 El medio 44 de compensación de desviación incluye medio 51 de cálculo de desviación y medio 49 de sustracción, tal como se muestra en la Figura 14.

15 El medio 51 de cálculo de desviación incluye medio 45 de integración, medio 46 de elemento de tiempo (ONTD), medio 47 de conmutación, medio 48 de división, medio 50 de conmutación y medio 52 de conmutación. El medio 49 de sustracción resta la desviación calculada en el medio 51 de cálculo de desviación, del valor I_s detectado de intensidad de corriente de cable aéreo que es introducido como entrada.

20 En la presente realización, se juzgan la alimentación incorrecta o la regeneración incorrecta en base al signo del valor I_s detectado de intensidad de corriente de cable aéreo detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo.

25 Por lo tanto, cuando el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo se ve afectado por una desviación o deriva debida a un componente innecesario de CC, no se pueden juzgar correctamente la alimentación incorrecta o la regeneración incorrecta. El medio 44 de compensación de desviación puede eliminar una desviación o deriva debida a un componente innecesario de CC en la corriente de cable aéreo detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo, para realizar un juicio adecuado de alimentación incorrecta o regeneración incorrecta.

30 El medio 44 de compensación de desviación de la presente realización se caracteriza porque la cantidad de desviación se calcula sólo para un período de tiempo fijo (100 ms) después de que se ha emitido la orden B* de frenado.

35 Por ejemplo, para compensar una desviación de corriente, se ha calculado una señal atenuada a baja frecuencia para un valor de corriente detectado, tal como se describe en el "Método para atenuar componente de CC de valor de corriente detectado mediante filtrado de paso alto de valor de corriente detectada" y el "Método para detectar corriente de motor de CA" descritos en el documento JP-B-6-068 503.

Sin embargo, los métodos de la técnica relacionada, son problemáticos porque el cálculo de la cantidad de desviación es complicado y se requiere tiempo para realizar el cálculo.

40 Para resolver los antedichos problemas, en el medio 44 de compensación de desviación, el medio 51 de cálculo de desviación puede calcular la cantidad de desviación en un corto período.

45 El medio 51 de cálculo de desviación utiliza el hecho de que existe un cierto retraso (retardo de tiempo) desde que se emite la orden B* de frenado hasta que el inversor VVVF arranca, a fin de detectar la cantidad de desviación durante un período de tiempo fijo (100 ms en la presente realización) después de que se ha emitido la orden B* de frenado.

50 En primer lugar, cuando se recibe como entrada la orden B* de frenado, el medio 50 de conmutación cambia al lado del valor I_s detectado de intensidad de corriente de cable aéreo. En consecuencia, se envía como entrada al medio 45 de integración el valor detectado I_s de intensidad de corriente de cable aéreo.

En general, dado que el inversor VVVF 6 no está en funcionamiento cuando se emite la orden B* de frenado, el valor detectado I_s de intensidad de corriente de cable aéreo debería ser cero.

55 Sin embargo, cuando el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo recibe una desviación o deriva, el valor detectado I_s de intensidad de corriente de cable aéreo no es cero incluso aunque el inversor VVVF 6 no esté en funcionamiento. El medio 45 de integración detecta el valor distinto de cero y lo acumula durante 100 ms después de que se ha emitido la orden B* de frenado.

60 El medio 47 de conmutación conmuta a "encendido" (ON) 100 ms después de que se ha emitido la orden B* de frenado, y el medio 52 de conmutación conmuta a "encendido" (ON) al mismo tiempo. La entrada al medio 45 de integración se hace cero, y el medio 45 de integración detiene su funcionamiento y contiene ahora la cantidad resultante calculada durante 100 ms después de que se ha emitido la orden B* de frenado.

65 La cantidad calculada en el medio 45 de integración durante 100 ms después de que se ha emitido la orden B* de frenado pasa a través del medio 47 de conmutación, es introducida como entrada en el medio 48 de división, y es

dividida por 0,1 (100 m), que es una constante predeterminada, en el medio 48 de división.

En este proceso, se pueden promediar la cantidad de desviación (o la cantidad de deriva).

5 El medio 49 de substracción resta la cantidad promediada de desviación calculada por el medio 48 de división a partir del valor detectado I_s de intensidad de corriente de cable aéreo detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo.

10 Como resultado, se puede restar la cantidad de desviación (o la cantidad de deriva) de la corriente de cable aéreo, y por tanto se puede eliminar el efecto adverso de la cantidad de desviación. Así, el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo no se verá afectado por la desviación.

15 El medio 44 de compensación de desviación elimina el efecto adverso de la desviación en el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo 4 cable aéreo que se aparta del valor I_s detectado de intensidad de corriente de cable aéreo detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo, y entrega como entrada el valor I_{s_of} resultante al medio 33 de comparación "mayor".

20 El medio 33 de comparación "mayor" compara la salida I_{s_of} del medio 44 de compensación de desviación con una salida de valor EPDBLV procedente del medio 34 de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración.

25 La salida de valor EPDBLV procedente del medio 34 de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración y la entrada al medio 33 de comparación "mayor" es cualquiera de tres tipos de constante fija (es decir, 5 A, 10 A y 50 A), tal como se muestra en la Figura 12.

La constante fija que cambia en particular, dentro de los tres tipos de constante fija, depende del período que haya transcurrido desde que se emitió la orden B* de frenado.

30 Cuando no se ha emitido orden B* de frenado (es decir, lo que en un vehículo eléctrico se denomina "modo inercial"), los medios 39a y 39b de conmutación eligen OFF, y se elige como EPDBLV la constante fija "5 A".

35 El período durante el cual se elige "5 A" consta de un período inercial durante el cual el inversor VVVF 6 no está en funcionamiento ((a) en la Figura 15), un período de 100 ms durante el cual la orden de frenado ha sido emitida pero el inversor VVVF 6 no está en funcionamiento ((b) en la Figura 15), y un período de 300 ms durante el cual la estimación de velocidad inicial para detectar el estado de funcionamiento libre se realiza en primer lugar según los métodos conocidos descritos en los documentos JP-A-2003-309 996 y JP-A-2004-350 459 cuando el inversor VVVF 6 arranca de nuevo.

40 El período (b) de la Figura 15 es un período de "corriente de cable aéreo = 0", y el período (c) de la Figura 15 es un período de "estimación de velocidad inicial" durante el cual fluye una pequeña cantidad de corriente.

45 Cada uno de estos períodos corresponde a un modo de control en el cual el inversor de VVVF 6 no está en funcionamiento, o bien el inversor de VVVF 6 está en funcionamiento pero sólo fluye una pequeña cantidad de corriente.

Por lo tanto, para detectar correctamente la alimentación incorrecta, es necesario fijar EPDBLV en un valor pequeño, y efectivamente se emplea en la realidad un procedimiento de este tipo.

50 Después de la estimación inicial de velocidad (es decir, 400 ms después de que se ha emitido la orden B* de frenado) y cuando el par del motor 7 de CA aumenta, el medio 39a de conmutación cambia a "encendido" (ON) y el medio 39b de conmutación sigue estando en "apagado" (OFF) tal como se muestra en la Figura 13. De este modo, se elige como EPDBLV la constante fija "10 A".

55 El período (d) de la Figura 15 corresponde a un período durante el cual el par del motor 7 de CA aumenta y la intensidad de corriente crece.

60 Desde el punto de vista del control, dado que este período (el período (d) de la Figura 15) corresponde a un período durante el cual el par aumenta, lo que constituye una operación transitoria, es probable que se produzca anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor.

Por tanto, es necesario fijar EPDBLV (el valor de salida del medio 34 de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración) a un valor pequeño, que sea detectado fácilmente.

65 Después, tal como se muestra en la Figura 12, 1400 ms después de que se ha emitido la orden B* de frenado, el medio 39b de conmutación cambia a "encendido" (ON), y se elige "50 A".

Desde el punto de vista del control, 1400 ms después de que se ha emitido la orden B* de frenado, el par del motor de CA ha aumentado y se ha estabilizado. Por tanto, la corriente está estabilizada, y el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor funciona de una manera estable.

5 Por lo tanto, cuando el medio de control vectorial de velocidad sin sensor muestra anomalía en este estado, se puede pensar que un fallo en el medio 10 de detección de corriente o cualquier otra razón puede producir bruscamente una corriente muy intensa, que cambia el signo del valor detectado de intensidad de corriente de cable aéreo de negativo a positivo. Por lo tanto, se puede elegir como EPDBLV el valor "50 A", que es bastante mayor que los valores utilizados en los estados (a) hasta (d) de la Figura 15.

10 El medio 33 de comparación "mayor" compara el valor de salida EPDBLV del medio 34 de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración con el valor I_{s_of} obtenido utilizando el medio 44 de compensación de desviación, para eliminar el efecto adverso de la desviación en el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo. Cuando I_{s_of} es mayor que EPDBLV, el medio 33 de comparación "mayor" produce
15 genera como salida EPDB, que es introducido como entrada en el medio 35 de elemento de tiempo de regeneración.

El medio 35 de elemento de tiempo de regeneración se caracteriza porque el período del elemento de tiempo en el medio 43 de elemento de tiempo variable (ONTD) se modifica dependiendo del tiempo en el cual se emite la orden B* de frenado, tal como se muestra en la Figura 13.

20 Después de que el medio 33 de comparación "mayor" haya generado como salida la EPBD y se haya introducido la EPBD como entrada en el medio 35 de elemento de tiempo de regeneración, que retrasa la temporización cuando la señal de EPD es emitida como salida durante un período determinado por el medio 43 de elemento de tiempo variable (ONTD) con el fin de evitar falsas detecciones.

25 El elemento de tiempo de "10 ms", que es el elemento de tiempo del lado "apagado" (OFF) en el medio 42 de conmutación, es elegido como elemento de tiempo en el medio 43 de elemento de tiempo variable (ONTD) después de haya sido introducido como entrada la orden B* de frenado, pero antes de que hayan transcurrido 400 ms.

30 Este valor corresponde al estado en el cual el inversor no está en funcionamiento o bien al estado en el cual se realiza la estimación inicial de la velocidad, es decir, después de que se haya introducido como entrada la orden B* de frenado, pero antes de que hayan transcurrido 400 ms, tal como se muestra en (b) o (c) de la Figura 15.

35 Por lo tanto, para detectar anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor durante la estimación inicial de velocidad, es necesario fijar el elemento de tiempo en el medio 43 de elemento de tiempo en la variable a un período suficientemente más corto que 300 ms. En este caso, se eligen 10 ms.

40 Después de transcurridos 400 ms desde la emisión de la orden B* de frenado, el medio 41 de elemento de tiempo emite una señal de "encendido" (ON), y el medio 42 de conmutación cambia a "encendido" (ON). El elemento de tiempo en el medio 43 de elemento de tiempo variable es ahora 100 ms.

45 Después de transcurridos 400 ms desde la emisión de la orden B* de frenado, el par del motor de CA aumenta y se implementa el estado de control cada unidad de tiempo de 1 segundo, tal como se muestra en (d) y (e) en la Figura 15. Así, se elige el periodo de 100 ms, que es mayor que el elemento de tiempo durante el periodo de la estimación inicial de velocidad. Por lo tanto, todavía es posible evitar falsas detecciones.

La salida de señal EPD desde el medio 35 de elemento de tiempo de regeneración es introducida como entrada al medio 32 de parada de puerta.

50 El medio 32 de parada de puerta recibe la señal de EPD indicativa de anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor, y actúa para detener el inversor VVVF 6.

La operación descrita en lo que antecede evita fallos adicionales en el aparato inversor.

55 El medio 32 de parada de puerta de la presente realización difiere del medio 13 de parada de puerta de la primera realización o la segunda realización descrito más arriba en que el medio 32 de parada de puerta incluye medio 38 de biestable tal como se muestra en la Figura 11. La tercera realización está caracterizada a este respecto.

60 Cuando el medio 32 de parada de puerta recibe la señal de EPD, que es la señal indicativa de anomalía en la operación de control del vehículo eléctrico (1 (señal de nivel "encendido (ON) en este caso), el medio 37b de inversión invierte a "cero" la señal de EPD, y se introduce como entrada a través del medio 38 de biestable al multiplicador 36, en donde la señal de tensión es multiplicada por el cero y se detiene la señal de puerta suministrada al inversor VVVF 6.

65 El funcionamiento básico del medio 32 de parada de puerta es el mismo que el del medio 13 de parada de puerta de la primera realización o la segunda realización.

Sin embargo, el medio 32 de parada de puerta de la presente realización, después de haber recibido la señal EPD y detectar anomalía, utiliza el medio 38 de biestable para retener la salida cero del medio 37b de inversión hasta que se ha puesto en "apagado" (OFF) la orden B* de frenado.

5

En consecuencia, el inversor permanece parado hasta que la orden B* de frenado se pone en "apagado" (OFF).

Incluso después de detenido el inversor, la activación de un freno mecánico accionado por aire permite al vehículo eléctrico realizar el frenado. Así no se producirán problemas en el funcionamiento del vehículo eléctrico.

10

Por lo tanto, cuando se detecta anomalía, resulta eficaz detener el inversor VVVF hasta se ha puesto en "apagado" (OFF) la orden B* de frenado, con vistas al funcionamiento seguro del vehículo eléctrico.

15

Cuando se ha puesto en "apagado" (OFF) la orden B* de frenado, la función de retención del medio 38 de biestable se libera de la siguiente manera: se pone en "apagado" (OFF) la orden B* de frenado y se introduce como entrada "cero", que es convertido en 1 en el medio 37a de inversión. Se desconecta el conmutador en el medio 38 de biestable, y se libera el biestable.

20

Tal como se ha descrito antes, el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización incluye el inversor VVVF (inversor de frecuencia variable y de voltaje variable) 6 que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria en base a la orden B* de frenado; el motor 7 de CA conectado al lado de CA del inversor VVVF 6; el condensador 5 de filtro conectado en paralelo al lado de CC del inversor VVVF 6; el medio 10 de detección de corriente para detectar información sobre la corriente en el lado de CA del inversor VVVF 6; el medio 24 de detección de tensión para detectar información sobre la tensión de CC a través del condensador 5 de filtro; y el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor para estimar la velocidad de giro del motor 7 de CA a partir de la orden de tensión de salida del inversor VVVF 6 y la corriente de salida del inversor VVVF 6, y controlar el inversor VVVF 6 en base a la estimación.

25

30

El controlador incluye además el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo (medio de detección de intensidad de CC) para detectar la corriente que fluye a través del cable aéreo 1; el medio 31 de detección de acción incorrecta para determinar el signo de la intensidad de corriente de cable aéreo cuando el inversor VVVF 6 está en funcionamiento utilizando la orden B* de frenado; la corriente de cable aéreo (intensidad de CC) detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo (medio de detección de intensidad de CC); y una configuración de intensidades predeterminadas y de detección de anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la intensidad de CC, y el medio 13 de parada de puerta para detener el variador VVVF 6 cuando el medio 31 de detección de acción incorrecta detecta anomalía.

35

40

El medio 31 de detección de acción incorrecta incluye el valor de la intensidad de corriente (intensidad de CC) que fluye a través del cable aéreo 1 y es detectado por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo (medio de detección de intensidad de CC) cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 en el modo de regeneración, el conjunto de niveles de intensidad para juzgar la alimentación incorrecta en el medio 34 de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración basado en la orden B* de frenado, el medio 33 de comparación de "mayor" para comparar el conjunto de niveles de intensidad, a fin de juzgar la alimentación incorrecta, con la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo 1.

45

50

Por tanto, de acuerdo con la presente realización, el proporcionar el medio de detección de acción incorrecta para detectar anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la corriente de cable aéreo detectada por el medio de detección de corriente de cable aéreo cuando el inversor VVVF está funcionando, el configurar el medio de detección de acción incorrecta para incluir el valor de intensidad de corriente de cable aéreo (intensidad de CC) detectado por el medio de detección de corriente de cable aéreo (medio de detección de intensidad de CC) cuando se hace funcionar el inversor VVVF en el modo de regeneración, el llevar a cabo el conjunto de niveles de intensidad para juzgar la alimentación incorrecta en el medio de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en modo de regeneración basado en la orden B* de frenado, y el medio 33 de comparación de "mayor" para comparar el conjunto de niveles de intensidad para juzgar la alimentación incorrecta con la corriente de cable aéreo, y detener el variador VVVF cuando el medio de detección de acción incorrecta detecta anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor, permiten detectar correctamente anomalías en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor con una configuración significativamente simple y barata.

55

60

Es posible, por lo tanto, prevenir de antemano de manera fiable el fallo de piezas del aparato inversor debido a una sobreintensidad.

65

El medio 31 de detección de acción incorrecta de la presente realización incluye además el medio 44 de compensación de desviación para compensar el componente de desviación de la corriente detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo (medio de detección de intensidad de CC).

Por lo tanto, el medio de compensación de desviación puede eliminar una desviación o deriva debida a un

componente de CC innecesario en la corriente de cable aéreo detectada por el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo para la determinación correcta de la alimentación incorrecta o la regeneración incorrecta.

Cuarta realización

5 La Figura 16 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una cuarta realización de la invención.

El controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización se describirá haciendo referencia a la Figura 16.

10 La presente realización se caracteriza porque el controlador para vehículo eléctrico está basado en la configuración del controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la tercera realización, pero incluye medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo para estimar la corriente que fluye a través del cable aéreo 1 y medio 24 de detección de tensión.

15 El medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo y el medio 24 de detección de tensión son los mismos que los descritos en la segunda realización, y la configuración y el funcionamiento del medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo han sido descritos con detalle en la segunda realización.

20 La configuración y el funcionamiento del medio 31 de detección de acción incorrecta y del medio 32 de parada de puerta han sido descritos con detalle en la tercera realización.

Es decir, la presente realización es la combinación de la tercera realización y la segunda realización.

25 Mientras que en la segunda realización el funcionamiento del vehículo eléctrico se controla basándose en la orden P* de alimentación tal como se muestra en la Figura 2, en la presente realización, tal como se muestra en la Figura 16, el funcionamiento del vehículo eléctrico se controla basándose en la orden B* de frenado.

30 El controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización incluye, tal como se muestra en la Figura 16, el inversor VVVF (inversor de frecuencia variable y tensión variable) 6 que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria basada en la orden B* de frenado; el motor 7 de CA conectado al lado de CA del inversor VVVF 6; el condensador 5 de filtro conectado en paralelo al lado de CC del inversor VVVF 6; el medio 10 de detección de corriente para detectar información sobre la corriente en el lado de CA del inversor VVVF 6; el medio 24 de detección de tensión para detectar información sobre la tensión de CC a través del condensador 5 de filtro; y el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor para estimar la velocidad de giro del motor 7 de CA a partir de la orden de tensión de salida del inversor VVVF 6 y la corriente de salida del inversor VVVF 6 y controlar el inversor VVVF 6 en base a la estimación.

40 El controlador incluye además el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo (medio de estimación de intensidad de CC) para estimar la corriente que fluye a través del cable aéreo 1; el medio 31 de detección de acción incorrecta para determinar el signo del valor estimado de la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo 1 (valor estimado de intensidad de CC) cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 mediante el uso de la orden de frenado, siendo estimado el valor estimado de la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo 1 (valor estimado de intensidad de CC) estimado por el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo (medio de estimación de intensidad de CC), y una configuración intensidades predeterminadas y detección de anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo del valor estimado de la intensidad de corriente que fluye a través del cable aéreo (valor estimado de intensidad de CC); y el medio 32 de parada de puerta para detener el inversor VVVF cuando el medio 31 de detección de acción incorrecta detecta anomalía.

50 Al igual que en la segunda realización descrita más arriba, el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo incluye el medio 29 de estimación de corriente de entrada de CC al inversor para estimar la corriente de entrada de CC al inversor entregada a través del cable aéreo 1 al inversor VVVF 6 en base a la información de corriente detectada por el medio 10 de detección de corriente y el estado de conmutación del inversor VVVF 6; el medio 28 de estimación de intensidad de corriente de entrada para estimar la entrada de corriente de entrada al condensador entregada a través del cable aéreo 1 al condensador 5 de filtro; y el sumador 30 que suma el valor estimado de intensidad de corriente procedente del medio 29 de estimación de corriente de entrada al inversor de CC y el valor estimado de intensidad de corriente procedente del medio 28 de estimación de corriente de entrada a condensador, y entrega como entrada el valor resultante al medio 31 de detección de acción incorrecta.

60 La configuración y el funcionamiento de cada uno del medio 31 de detección de acción incorrecta, medio 32 de parada de puerta, y otros componentes, son los mismos que los de la tercera realización descrita más arriba.

65 Tal como se ha descrito más arriba, de acuerdo con la presente realización, el proporcionar el medio de detección de acción incorrecta para detectar anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la corriente de cable aéreo estimada por el medio de estimación de corriente de cable aéreo cuando se hace funcionar el inversor VVVF en base a la orden de frenado, y detener el inversor VVVF cuando el medio de

detección de acción incorrecta detecta anomalía, permiten detectar fácilmente y de manera correcta anomalías en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor con una configuración significativamente simple y barata.

Es posible, por lo tanto, prevenir de antemano el fallo de piezas del aparato inversor debido a una sobreintensidad.

5

Quinta realización

La Figura 17 muestra la configuración de un controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con una quinta realización de la invención.

10

Se describirá el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización haciendo referencia a la Figura 17.

15

La presente realización se caracteriza porque el medio 4 de detección de corriente de cable aéreo es reemplazado por el medio 53 de detección de corriente de inversor en la configuración de la tercera realización mostrada en la Figura 9.

Las otras partes son las mismas que las de la tercera realización, y tienen los mismos números de referencia.

20

No se describirán las partes que tienen números de referencia iguales a los de la tercera realización.

La presente realización difiere de la tercera realización y se caracteriza porque se detecta la corriente I_{dc} de inversor para detectar anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor.

25

Es decir, el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización incluye, tal como se muestra en la Figura 17, el inversor de frecuencia variable y tensión variable (inversor VVVF) 6 que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria basándose en la orden B^* de frenado; el motor 7 de CA conectado al lado de CA del inversor VVVF 6; el condensador 5 de filtro conectado en paralelo al lado de CC del inversor VVVF 6; el medio 10 de detección de corriente para detectar información sobre la corriente en el lado de CA del inversor VVVF 6; el medio 24 de detección de tensión para detectar información sobre la tensión de CC a través del condensador 5 de filtro; y el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor para estimar la velocidad de giro del motor 7 de CA a partir de la orden de tensión de salida del inversor VVVF 6 y la corriente de salida del inversor VVVF 6, y controlar el inversor VVVF 6 en base a la estimación.

30

35

El controlador incluye además el medio 53 de detección de corriente de inversor (medio de detección de intensidad de CC) para detectar la corriente de inversor que fluye a través del inversor VVVF 6; el medio 31 de detección de acción incorrecta para determinar el signo de la corriente de inversor (intensidad de CC) cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 mediante el uso de la orden B^* de frenado, siendo la corriente de inversor (intensidad de CC) detectada por el medio 53 de detección de corriente de inversor (medio de detección de intensidad de CC), y una configuración de intensidades predeterminadas y detección de anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la corriente de inversor (intensidad de CC); y el medio 13 de parada de puerta para detener el variador VVVF 6 cuando el medio 31 de detección de acción incorrecta detecta anomalía.

40

45

Tal como se describe en la presente realización, se puede detectar anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor, al igual que en la tercera realización, detectando la intensidad I_{dc} de corriente de inversor en lugar de la intensidad I_s de corriente de cable aéreo.

50

Cuando se utiliza el medio 53 de detección de corriente del inversor para detectar la corriente de inversor, se puede incorporar y unir de antemano el medio 53 de detección de corriente de inversor al aparato inversor.

Por tanto, la unión se puede simplificar en comparación con el caso en el que se une el medio de detección de corriente de cable aéreo, de la tercera realización.

55

Además, el medio de detección se puede unir de forma estable al aparato inversor en previsión de, por ejemplo, la vibración del vehículo eléctrico.

60

Tal como se ha descrito más arriba, de acuerdo con la presente realización, el proporcionar el medio de detección de acción incorrecta para detectar anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la corriente de inversor detectada por el medio de detección de corriente de inversor cuando el inversor VVVF está en funcionamiento, y el detener el inversor cuando el medio de detección de acción incorrecta detecta anomalía, permiten detectar fácilmente y de manera correcta anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor con una configuración significativamente simple y barata.

65

Por lo tanto, es posible prevenir de antemano el fallo de piezas del aparato inversor debido a una sobreintensidad.

Sexta realización

La Figura 18 muestra la configuración de un controlador de vehículo eléctrico de acuerdo con una sexta realización de la invención.

5 Se describirá el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización haciendo referencia a la Figura 18.

La presente realización difiere de la cuarta realización en que el medio 23 de estimación de corriente de cable aéreo es reemplazado por el medio 54 de estimación de corriente de inversor.

10 Las otras partes son las mismas que las de la cuarta realización, y tienen los mismos números de referencia.

La presente realización difiere de la cuarta realización y se caracteriza porque se detecta anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor mediante la estimación de la corriente de inversor y el cálculo de I_{dc_s} (intensidad estimada de entrada de CC al inversor).

15 El valor estimado de intensidad I_{dc_s} de corriente de inversor (intensidad estimada de entrada de CC al inversor) se calcula según la Ecuación (4) de la segunda realización.

20 Es decir, el controlador para vehículo eléctrico de acuerdo con la presente realización incluye, tal como se muestra en la Figura 18, el inversor VVVF (inversor de frecuencia variable y tensión variable) 6 que convierte una corriente continua en una corriente alterna que tiene una frecuencia arbitraria basándose en la orden B* de frenado; el motor 7 de CA conectado al lado de CA del inversor VVVF 6; el condensador 5 de filtro conectado en paralelo al lado de CC del inversor VVVF 6; el medio 10 de detección de corriente para detectar información sobre la corriente en el lado de CA del inversor VVVF 6; el medio 24 de detección de tensión para detectar información sobre la tensión de CC a través del condensador 5 de filtro; y el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor para estimar la velocidad de giro del motor 7 de CA a partir de la orden de tensión de salida del inversor VVVF 6 y la corriente de salida del inversor VVVF 6, y controlar el inversor VVVF 6 en base a la estimación.

30 El controlador incluye además el medio 54 de estimación de corriente de inversor (medio de estimación de intensidad de CC) para estimar la corriente de inversor que fluye a través del inversor VVVF 6; el medio 31 de detección de acción incorrecta para determinar el signo de la corriente de inversor estimada (valor estimado de intensidad de CC) cuando se hace funcionar el inversor VVVF 6 mediante el uso de la orden B* de frenado, siendo estimado el valor estimado de corriente de inversor (valor estimado de intensidad de CC) por el medio 54 de estimación de intensidad de CC (medio de estimación de intensidad de CC), y una configuración de intensidades predeterminadas y detección de anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo del valor estimado de corriente de inversor (valor estimado de intensidad de CC); y el medio 32 de parada de puerta para detener el variador VVVF 6 cuando el medio 31 de detección de acción incorrecta detecta anomalía.

40 Tal como se describe en la presente realización, se puede detectar anomalía en el medio 11 de control vectorial de velocidad sin sensor, al igual que en la segunda y cuarta realizaciones, mediante la estimación del valor estimado I_{ds_s} de intensidad de corriente de inversor en lugar del valor estimado I_{s_s} de intensidad de corriente de cable aéreo.

45 En particular, en la presente realización, puesto que el medio 54 de estimación de corriente de inversor estima la intensidad I_{dc} de corriente de inversor, no es necesario calcular la Ecuación (1) o (2) descritas más arriba, a diferencia de la segunda y cuarta realizaciones. Por consiguiente, se puede reducir el factor de carga sobre el microprocesador y la cantidad de cálculo a realizar en el mismo.

50 Tal como se ha descrito más arriba, el proporcionar el medio de detección de acción incorrecta para detectar anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor a partir del signo de la corriente de inversor estimada por el medio de estimación de corriente de inversor cuando el inversor está en funcionamiento, y el detener el inversor cuando el medio de detección de acción incorrecta detecta anomalía, permiten detectar fácilmente y de manera correcta anomalía en el medio de control vectorial de velocidad sin sensor con una configuración significativamente simple y barata.

55 Por lo tanto, es posible prevenir de antemano el fallo de piezas del aparato inversor debido a una sobreintensidad.

Aplicabilidad industrial

60 La invención es aplicable a un controlador para un vehículo eléctrico que utiliza un motor de CA como fuente de impulsión y en particular utiliza medio de control vectorial de velocidad sin sensor junto con un inversor VVVF para controlar el motor de CA.

REIVINDICACIONES

1. Un controlador para vehículo eléctrico, que comprende:

- 5 - un inversor VVVF (inversor de frecuencia variable y tensión variable) (6) que convierte una corriente continua (CC) en una corriente alterna (CA) que tiene una frecuencia arbitraria, en base a una orden de alimentación o una orden de frenado;
- un motor (7) de CA conectado a un lado de CA del inversor VVVF (6);
- una reactancia (3) de filtro conectada en serie a un lado de CC del inversor VVVF (6);
- 10 - un condensador (5) de filtro conectado en paralelo a un lado de CC del inversor VVVF (6);
- medio (10) de detección de corriente para detectar una información de corriente en el lado de CA del inversor VVVF (6);
- medio (24) de detección de tensión para detectar una información de tensión de CC del condensador (5) de filtro; y
- 15 - medio (11) de control vectorial de velocidad sin sensor para estimar una velocidad de giro del motor (7) de CA a partir de una orden de tensión de salida del inversor VVVF (6) y una intensidad de salida desde el inversor VVVF (6) y controlar el inversor VVVF (6) en base al valor estimado;

caracterizado porque el controlador incluye:

- 20 - medio (4, 53) de detección de intensidad de CC formado por uno cualquiera de medio (4) de detección de corriente de cable aéreo para detectar la corriente que fluye a través de un cable aéreo (1) y medio (53) de detección de corriente de inversor para detectar una corriente de inversor que fluye a través del inversor VVVF (6);
- 25 - medio (31) de detección de acción incorrecta para determinar, cuando el inversor VVVF (6) está en funcionamiento, el signo de la intensidad de CC de acuerdo con una orden cualquiera de la orden de alimentación y la orden de frenado, una intensidad de CC cualquiera de la corriente que fluye a través del cable aéreo (1) y la corriente de inversor, que son detectadas por el medio (4, 53) de detección de intensidad de CC, y un valor fijado de intensidad predeterminada, y para detectar el hecho de que existe anomalía en el
- 30 medio (11) de control vectorial de velocidad sin sensor por dicho signo de la intensidad de CC; y
- medio (32) de parada de puerta para detener el inversor VVVF (6) cuando el medio (31) de detección de acción incorrecta detecta una anomalía; y
- en donde el medio (31) de detección de acción incorrecta incluye:
 - 35 - medio (14) de detección de regeneración incorrecta para comparar, cuando el inversor VVVF (6) está en funcionamiento con alimentación, un valor de una intensidad de CC cualquiera de la intensidad que fluye a través del cable aéreo (1) y la corriente de inversor, que son detectadas por uno cualquiera de los medios (4, 53) de detección de intensidad de CC del medio (4) de detección de corriente de cable aéreo y el medio (53) de detección de corriente de inversor, con un primer valor fijado de intensidad establecido para juzgar que está regenerado incorrectamente, y permitir cuando el primer valor fijado de intensidad es mayor, que se retrase una detección de regeneración incorrecta durante un cierto tiempo decidido por una frecuencia de resonancia de la reactancia (3) de filtro y el condensador (5) de filtro;
 - 40 - medio (15) de detección de alimentación incorrecta para comparar, cuando el inversor VVVF (6) está en un tiempo de funcionamiento con regeneración, un valor de una intensidad de CC cualquiera de la intensidad que fluye a través del cable aéreo (1) y la corriente de inversor, que es detectada por uno cualquiera de los medios (4, 53) de detección de intensidad de CC del medio (4) de detección de corriente de cable aéreo y el medio (53) de detección de corriente de inversor, con un segundo valor fijado de intensidad establecido para juzgar que está alimentado incorrectamente, y permitir cuando el segundo valor fijado de intensidad es menor, que se retrase una detección de alimentación incorrecta durante un cierto tiempo decidido por una frecuencia de resonancia de la reactancia (3) de filtro y el condensador (5) de filtro; y
 - 45 - medio (18) de selección de detección de alimentación/regeneración para seleccionar, en el tiempo de funcionamiento de alimentación, el medio (14) de detección de regeneración incorrecta, y seleccionar el medio (15) de detección de alimentación incorrecta en el tiempo de funcionamiento de regeneración en base a una orden cualquiera de la orden de alimentación y la orden de frenado.

2. El controlador según la reivindicación 1,

- 60 **caracterizado porque** el medio (31) de detección de acción incorrecta incluye medio (33) de comparación "si-mayor" para comparar, cuando el inversor VVVF (6) está en un tiempo de funcionamiento de regeneración, un valor de una intensidad de CC cualquiera de la corriente que fluye a través del cable aéreo (1) y la corriente de inversor, que son detectadas por uno cualquiera de los medios (4, 53) de detección de intensidad de CC, del medio (4) de detección de corriente de cable aéreo y el medio (53) de detección de corriente de inversor, un valor fijado de intensidad establecido en el medio (34) de ajuste de condición de corriente de cable aéreo en un tiempo de regeneración basado en la orden de frenado para juzgar que está alimentado incorrectamente, y una intensidad de CC cualquiera del valor fijado de intensidad establecido a fin de juzgar que está alimentado incorrectamente y una
- 65

cualquiera de la corriente que fluye a través del cable aéreo (1) y la corriente de inversor.

3. El controlador según la reivindicación 2,

- 5 **caracterizado porque** el medio (31) de detección de acción incorrecta incluye medio (44) de compensación de desviación para compensar un componente de desviación de la intensidad detectada por el medio (4,53) de detección de intensidad de CC; y **porque** el medio (44) de compensación de desviación calcula una cantidad de desviación hasta que se arranca el inversor VVVF (6) después de que se ha emitido la orden de alimentación o la orden de frenado.

FIG. 3

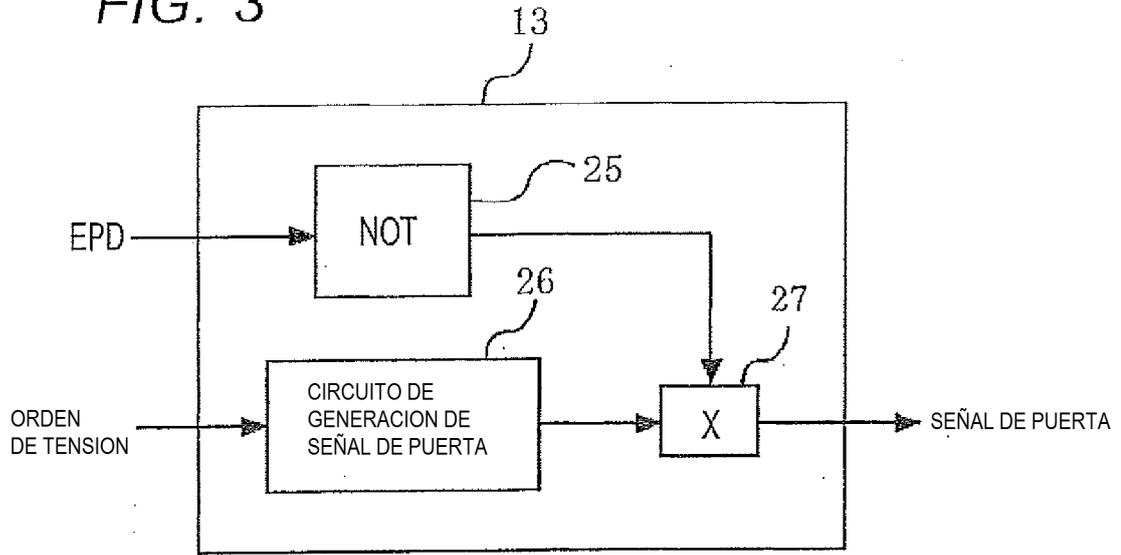


FIG. 4

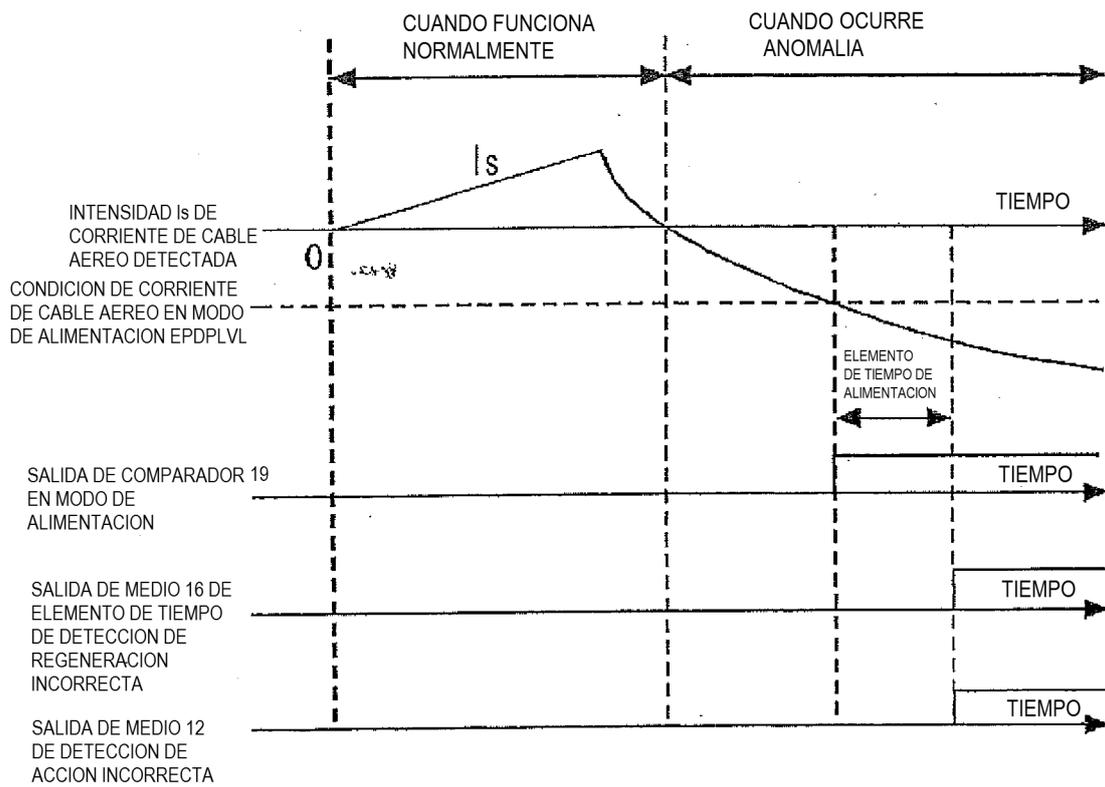


FIG. 5

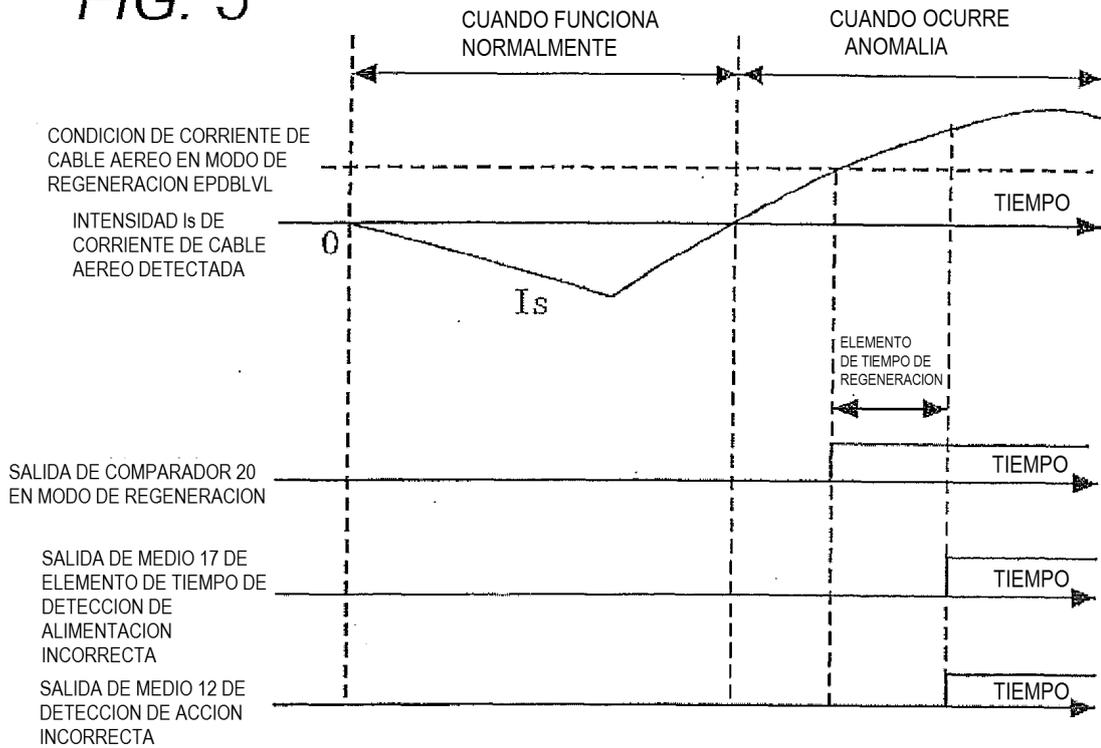


FIG. 6

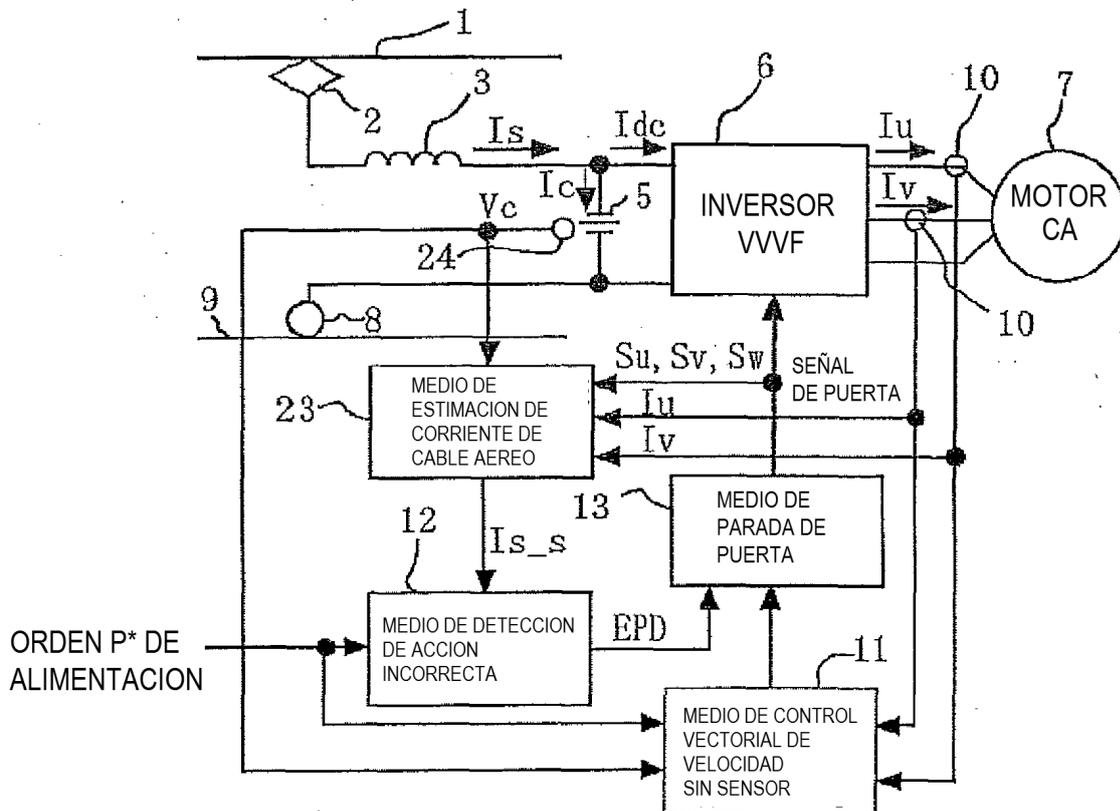


FIG. 7

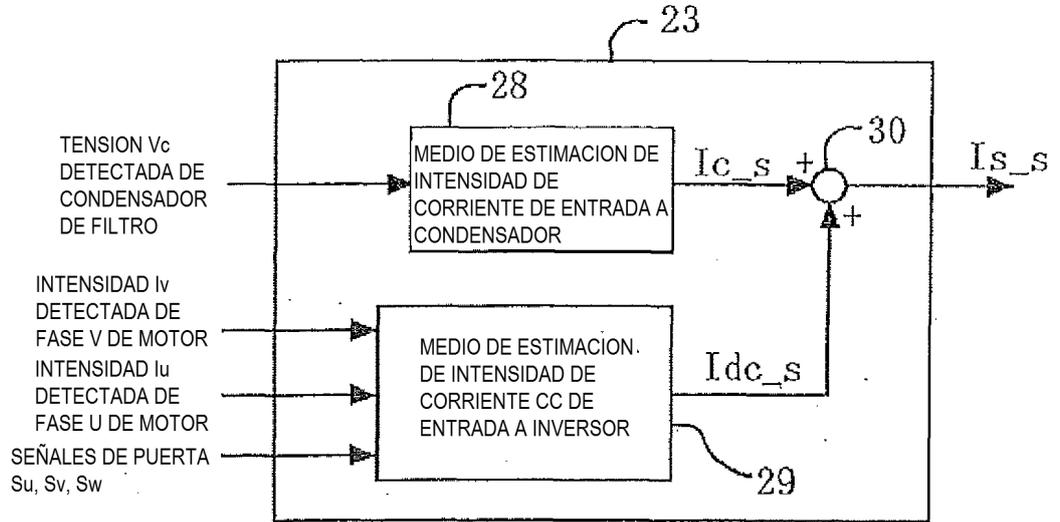


FIG. 8

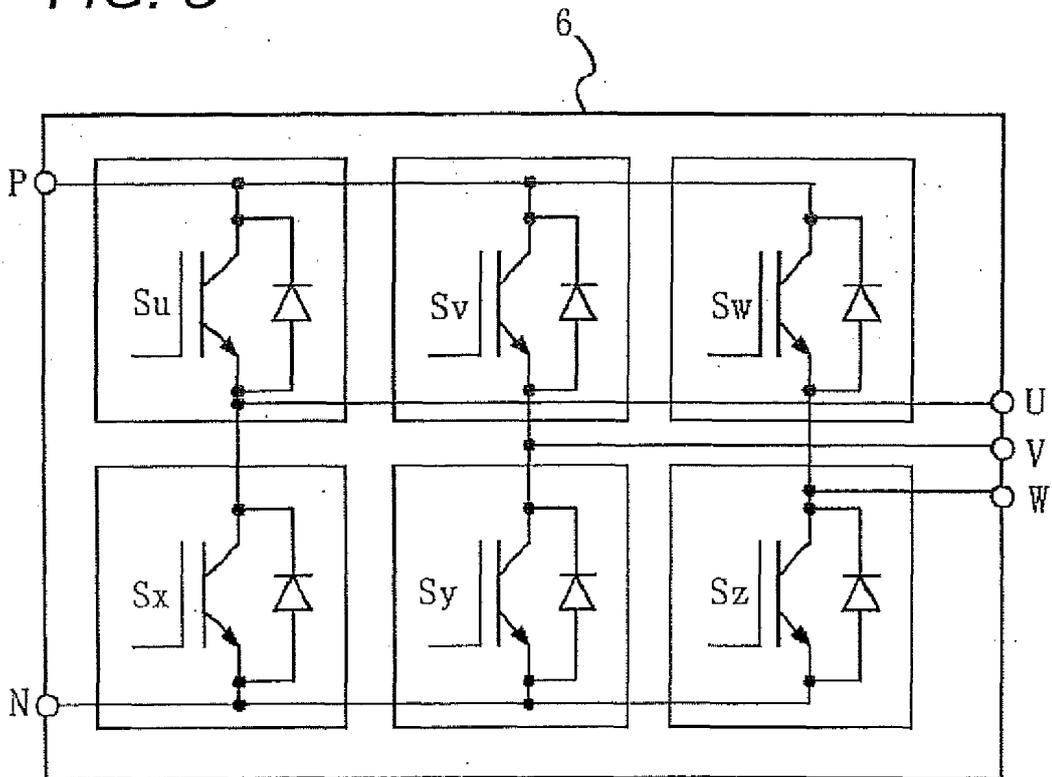


FIG. 12

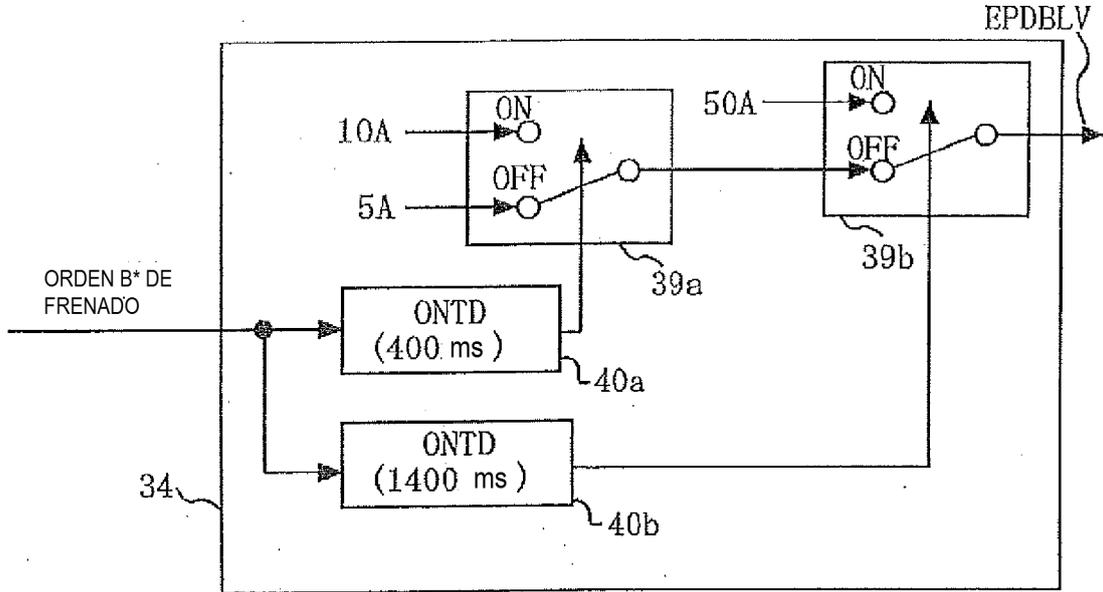


FIG. 13

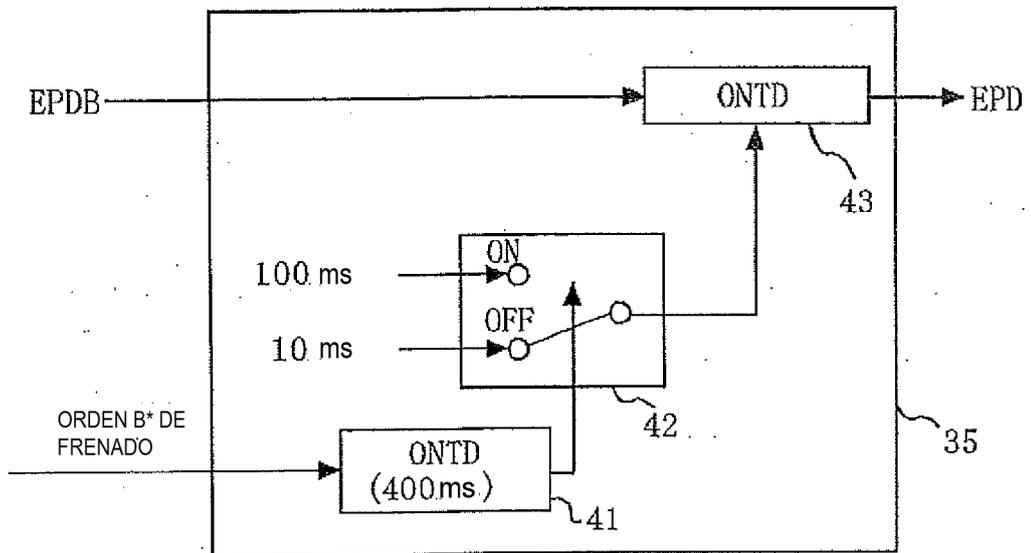


FIG. 14

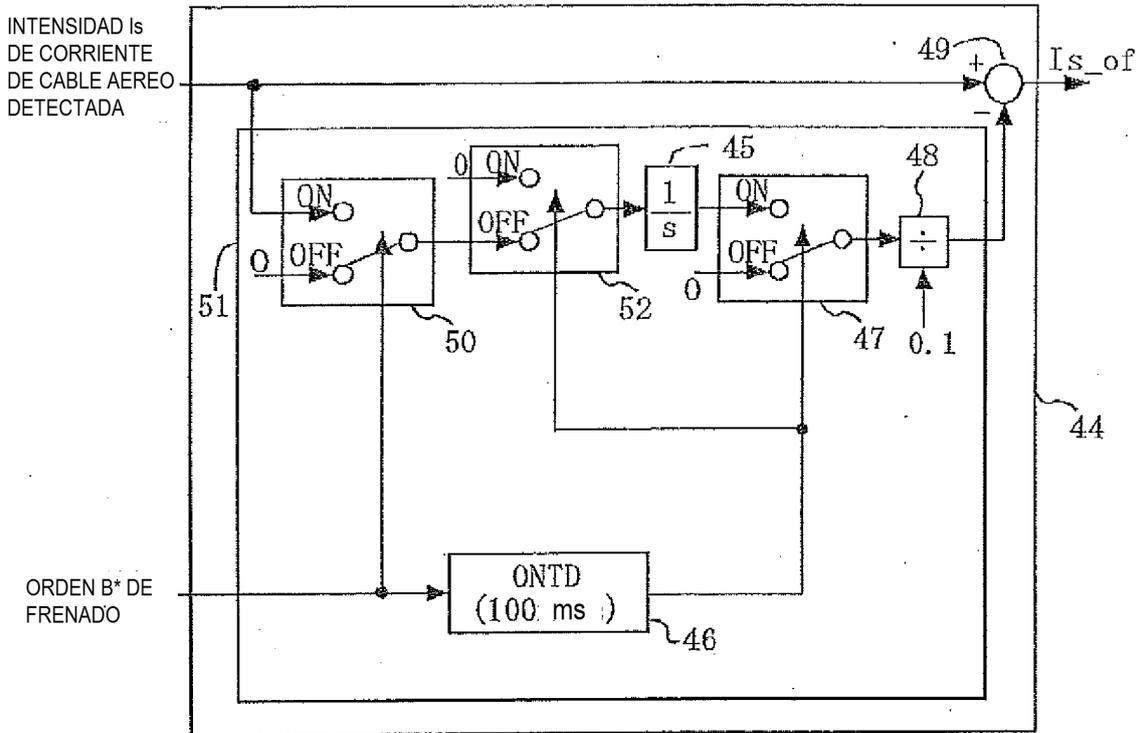


FIG. 15

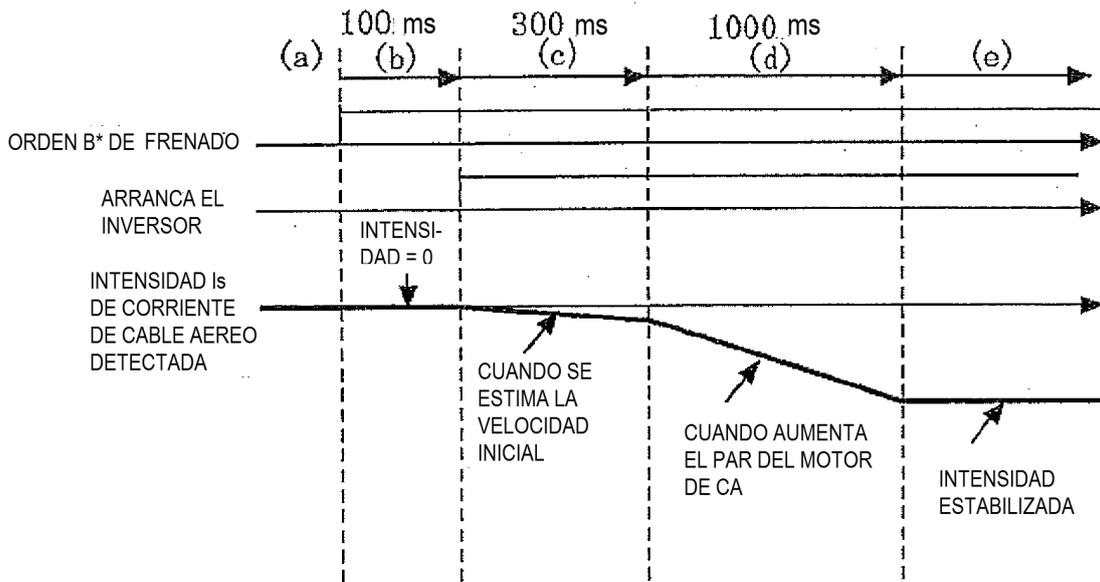


FIG. 16

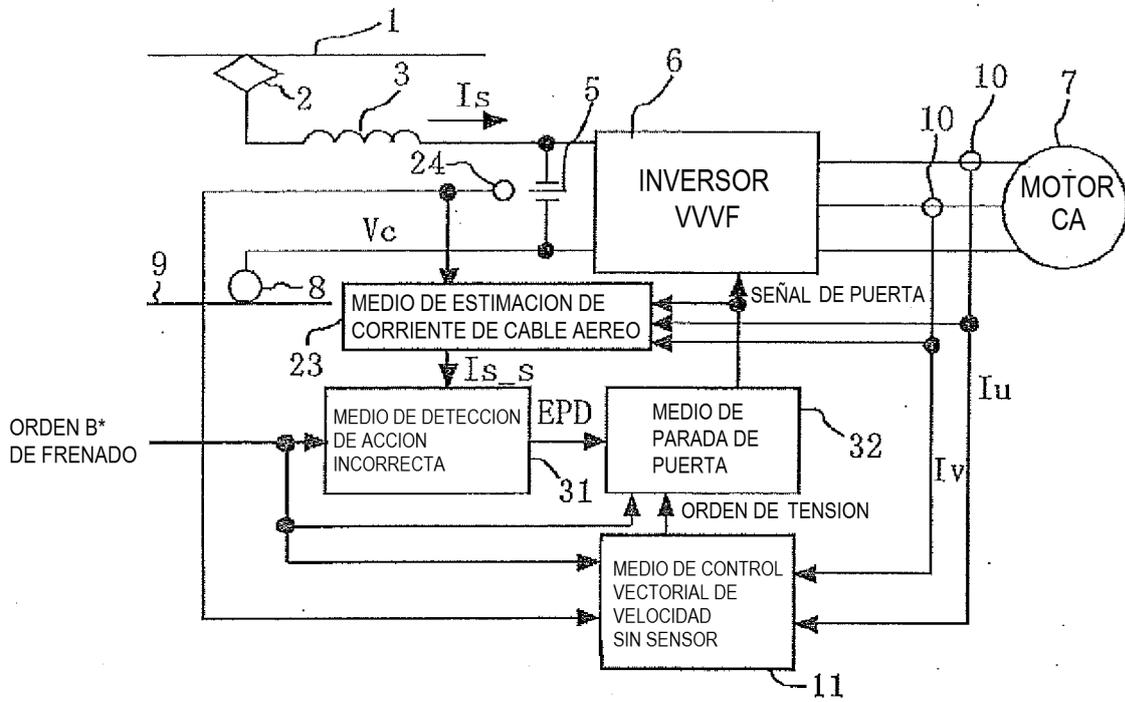


FIG. 17

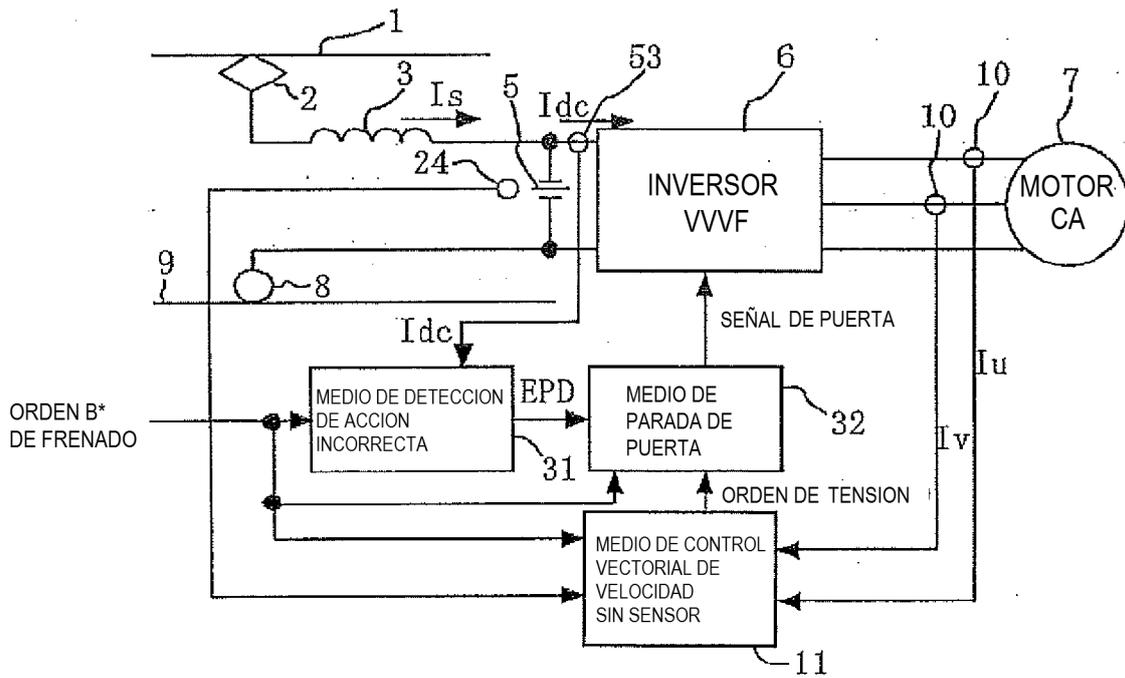


FIG. 18

