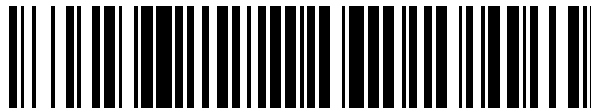


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 429**

51 Int. Cl.:

H02P 21/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2012** **E 12186763 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** **EP 2587663**

54 Título: **Aparato para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción**

30 Prioridad:

27.10.2011 KR 20110110753

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

08.04.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LEE, SUN WOO

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 753 429 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 para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción

5 Antecedentes de la divulgación

Campo de la divulgación

10 La presente descripción se refiere a una tecnología para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción, y más particularmente a un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción.

Discusión de la técnica relacionada

15 La información descrita en esta sección de Discusión de la técnica relacionada es solo para mejorar la comprensión de los antecedentes generales de la presente descripción y no debe tomarse como un reconocimiento o cualquier forma de sugerencia de que esta información forma la técnica anterior ya conocida por una persona experto en el arte.

20 En general, los vehículos que utilizan un motor como una fuente de energía como los vehículos eléctricos híbridos (HEV) y los vehículos eléctricos (EV) requieren un alto nivel de control preciso del par. Recientemente, un motor de inducción llama la atención como motor de accionamiento para HEV y EV a medida que aumenta el precio del motor de tipo imán permanente debido al aumento de precio de los metales de tierras raras.

25 Una técnica de ejecución de control de vectores en un motor eléctrico de corriente alterna mediante el uso de un inversor se ha utilizado ampliamente en un campo industrial.

El control de vectores directo o el control de vectores indirecto se ejecuta en el motor de inducción, y generalmente se realiza un control de vectores indirecto que tiene menos influencia en el cambio de parámetros del motor.

30 Sin embargo, en un motor de inducción que realiza un control de vectores indirecto, los cambios en la constante de tiempo del rotor causados por cambios en los factores externos (en particular, la temperatura) influyen en la generación del torque, y si los cambios en la generación del torque aumentan, se producen problemas donde el rendimiento de la aceleración, la calidad del viaje y la calidad de conducción cambian debido a factores externos. En relación con esto, se describe la tecnología en la que la constante de tiempo del rotor se estima en tiempo real para minimizar los cambios en la generación del torque. La Figura 1 es una vista configurativa que ilustra un aparato para
35 estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción según la técnica anterior.

En un sistema similar al anterior, un voltaje del eje d obtenido del parámetro del rotor puede ser una

40
$$v_{ds}^e = R_s i_{ds}^{e*} - \omega_e \sigma L_s i_{qs}^{e*}$$

diferencia se genera entre la velocidad de deslizamiento calculada y la velocidad de deslizamiento real para que la salida de un controlador de corriente (110) pueda ser

45
$$v_{ds}^{e*}$$

Aunque estos dos valores deben ser idénticos en los casos ideales, se genera una diferencia entre la velocidad de deslizamiento calculada y la velocidad de deslizamiento real para obtener la salida

50
$$(v_{ds}^{e*})$$

de un controlador de corriente (110) diferente de la salida calculada del eje d

55
$$(\hat{v}_{ds}^e),$$

si la constante de tiempo del rotor

$$(\tau_r)$$

60 se cambia por factores tales como la temperatura y similares.

Un derivado

$$(\Delta \tau_r)$$

de la constante de tiempo del rotor se obtiene usando la diferencia, y se corrige la constante de tiempo del rotor

65
$$(\hat{\tau}_r)$$

utilizada para el control reflejando un valor inicial

$$(\tau_{r0})$$

5 de la constante de tiempo del rotor.

Como se describió anteriormente, el aparato convencional para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción estima la constante de tiempo del rotor y minimiza la derivada del torque generado por el mismo.

10 Sin embargo, en el caso de que el voltaje del eje d se use como anteriormente, un cambio de voltaje real resultante del cambio en la constante de tiempo del rotor

$$(\tau_r)$$

15 es pequeño, lo que se debe al tamaño de una inductancia transitoria del estator

$$(\sigma L_s)$$

siendo pequeño. Además, como corriente del eje q

20

$$(i_{qs}^{e*})$$

se cambia por comando de torque, tamaño del voltaje del eje d

25

$$(v_{ds}^e)$$

en carga ligera es pequeño para que sea insuficiente para compensar los cambios en la constante de tiempo del rotor

30

$$(\tau_r)$$

Como se señaló a partir de lo anterior, el sistema así descrito es problemático porque el sistema puede aplicarse solo si una carga alcanza un nivel predeterminado, de modo que se está intentando un método donde el voltaje del eje d

35

$$(v_{ds}^e)$$

se multiplica por la velocidad o la corriente del eje d

$$(i_{ds}^{e*})$$

40 Sin embargo, a pesar del intento antes mencionado, el sistema convencional todavía tiene un problema en que los cambios en el tamaño del voltaje del eje d

$$(v_{ds}^e)$$

45 durante el funcionamiento a alta velocidad no son lo suficientemente grandes como para detectar los cambios de la constante de tiempo del rotor, de modo que no es fácil aplicar el método al motor de accionamiento EV/HEV utilizando en gran medida el funcionamiento a alta velocidad.

50 El documento KR20040084083 describe un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción que puede estimar una constante de tiempo del rotor en tiempo real durante la operación usando corriente magnetizada estándar y corriente magnetizada variable.

Resumen de la divulgación

55 Esta sección proporciona un resumen general de la descripción, y no es una descripción exhaustiva de su alcance completo o de todas sus características.

60 Los aspectos ejemplares de la presente descripción son resolver sustancialmente al menos los problemas y/o desventajas anteriores y proporcionar al menos las ventajas a continuación. Por consiguiente, un aspecto de la presente descripción proporciona un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción configurado para generar un nivel predeterminado de torque en todo momento al ser recibido con menos influencia del entorno circundante o las condiciones de operación.

65 La presente invención se define en la reivindicación 1.

En un aspecto general de la presente descripción, se proporciona un aparato para estimar la constante de tiempo del

5 rotor, el aparato que comprende: un controlador de corriente que recibe comandos de corriente del eje d y corriente del eje q para generar un comando de voltaje del eje q; un estimador que recibe los comandos de corriente del eje d y corriente del eje q para generar la estimación de voltaje del eje q; un controlador que genera un valor cambiado de la constante de tiempo del rotor, que es una diferencia entre el comando de voltaje del eje q y la estimación de voltaje del eje q; y un sumador que agrega el valor modificado de la constante de tiempo del rotor a una constante de tiempo del rotor para generar una constante de tiempo del rotor modificada.

10 En algunas modalidades ilustrativas, el controlador de corriente realiza un control de corriente usando la constante de tiempo del rotor modificada.

15 En algunas modalidades ilustrativas, el estimador usa una ecuación de voltaje del eje q para generar la estimación de voltaje del eje q.

20 En algunas modalidades ilustrativas, el controlador genera un valor cambiado de la constante de tiempo del rotor usando un control integral proporcional.

25 En algunas modalidades ilustrativas, el aparato comprende además un primer selector que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la temperatura del motor de inducción usando una primera tabla de referencia predeterminada.

30 En algunas modalidades ilustrativas, el aparato comprende además un segundo selector que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la corriente del eje d del motor de inducción usando una segunda tabla de referencia predeterminada.

35 En algunas modalidades ilustrativas, el aparato comprende además: un tercer selector que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la temperatura del motor de inducción usando una tercera tabla de referencia predeterminada; y un cuarto selector que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la corriente del eje d del motor de inducción usando una cuarta tabla de referencia predeterminada.

40 En algunas modalidades ilustrativas, las primera y tercera tablas de referencia se preparan usando los cambios en la constante de tiempo del rotor por el cambio de resistencia del rotor que cambia en respuesta a la temperatura de un estator del motor de inducción.

45 En algunas modalidades ilustrativas, las segunda y cuarta tablas de referencia se preparan usando cambios en la constante de tiempo del rotor por inductancia que cambia en respuesta al tamaño de la corriente del eje d.

50 En algunas modalidades ilustrativas, el aparato comprende además un combinador que genera una constante de tiempo del rotor final combinando, a una velocidad inferior a un nivel predeterminado, cualquier salida del primer, segundo y cuarto selectores con una salida del sumador en una relación predeterminada.

55 En algunas modalidades ilustrativas, el combinador genera la salida del sumador en la constante de tiempo del rotor final a una velocidad mayor que el nivel predeterminado.

60 El aparato para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción de acuerdo con las modalidades ilustrativas de la presente descripción tiene un efecto ventajoso porque se puede mantener un rendimiento de aceleración y una calidad de conducción similares en EV/HEV en todo momento usando una tabla de referencia en una sección de baja velocidad, y realizando una compensación de temperatura en una sección de intervalo de velocidad completa.

65 Otros aspectos ejemplares, ventajas y características destacadas de la descripción serán más evidentes para las personas con conocimientos ordinarios en la materia a partir de la siguiente descripción detallada, que, tomada en conjunto con los dibujos anexos, describe modalidades ilustrativas de la invención.

Se entiende que el término "vehículo" o "vehicular" u otro término similar como se usa en el presente documento incluye vehículos de motor en general, tales como automóviles de pasajeros, incluidos vehículos deportivos utilitarios (SUV), autobuses, camiones, varios vehículos comerciales, embarcaciones, incluyendo una variedad de embarcaciones y barcos, aeronaves y similares, e incluye vehículos híbridos, vehículos eléctricos, vehículos eléctricos híbridos enchufables, vehículos impulsados por hidrógeno y otros vehículos de combustible alternativo (por ejemplo, combustibles derivados de recursos distintos al petróleo). Como se menciona en este documento, un vehículo híbrido es un vehículo que tiene dos o más fuentes de energía, por ejemplo, tanto vehículos a gasolina como eléctricos.

Las características anteriores y otras de la invención se discuten más adelante.

65 Breve descripción de los dibujos

Las características anteriores y otras de la presente invención se describirán ahora en detalle con referencia a ciertas

modalidades ilustrativas de las mismas ilustradas en los dibujos adjuntos que se proporcionan a continuación a modo de ilustración solamente, y por lo tanto no son limitativas de la presente invención, y en donde:

La Figura 1 es una vista configurativa que ilustra un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor del motor de inducción de acuerdo con la técnica anterior;

5 La Figura 2 es una vista esquemática que ilustra la estimación de la constante de tiempo del rotor en respuesta a una temperatura del rotor de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

La Figura 3 es una vista esquemática que ilustra la estimación de la constante de tiempo del rotor en respuesta a la corriente del eje d de un rotor de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

10 La Figura 4 es una vista esquemática que ilustra la estimación de la constante de tiempo del rotor en respuesta a la temperatura del rotor y la corriente del eje d de un rotor de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

La Figura 5 es una vista esquemática que ilustra una tabla de referencia de la Figura 4 realizada en segunda dimensión;

15 La Figura 6 es una vista configurativa que ilustra un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor según una primera modalidad ilustrativa de la presente descripción;

Las Figuras 7a y 7b son gráficos que ilustran la medición de los cambios en el voltaje del eje d y el voltaje del eje q después de que se aplica un comando de torque máximo, en los casos en que las temperaturas del estator de un motor son altas y bajas, respectivamente, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

20 Las Figuras 8a y 8b son gráficos que ilustran la medición de los cambios en el voltaje del eje d y el voltaje del eje q después de que se aplican un comando de torque bajo y un comando de torque alto, respectivamente, en un caso en el que la temperatura del estator de un motor es alta según una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

La Figura 9 es una vista esquemática que ilustra un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor de un motor de inducción de acuerdo con una segunda modalidad ilustrativa de la presente descripción;

25 La Figura 10 es una vista esquemática que ilustra un método que realiza una combinación por un combinador de la Figura 9; y

La Figura 11 es una vista esquemática que ilustra un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor de un motor de inducción de acuerdo con un tercer ejemplo de realización de la presente descripción.

30 Las ventajas, los objetos y las características adicionales de la descripción se expondrán en parte en la descripción que sigue y, en parte, serán evidentes para los expertos en la materia al examinar lo siguiente o se pueden aprender de la práctica de la descripción. Los objetivos y otras ventajas de la descripción pueden realizarse y lograrse mediante la estructura particularmente señalada en la descripción escrita y las reivindicaciones de la misma, así como en los dibujos adjuntos.

35 Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada de la presente descripción son ejemplares y explicativas y están destinadas a proporcionar una explicación adicional de la descripción como se reivindica.

Descripción detallada

40 Al describir la presente descripción, se pueden omitir descripciones detalladas de construcciones o procesos conocidos en la técnica para evitar oscurecer la apreciación de la invención por parte de un experto en la técnica con detalles innecesarios con respecto a tales construcciones y funciones conocidas. En consecuencia, el significado de términos o palabras específicos utilizados en la descripción y las reivindicaciones no debe limitarse al sentido literal o comúnmente empleado, sino que debe interpretarse o puede ser diferente de acuerdo con la intención de un usuario o un operador y los usos habituales. Por lo tanto, la definición de los términos o palabras específicos debe basarse en los contenidos de la descripción.

50 Los sufijos 'módulo', 'unidad' y 'parte' pueden usarse para elementos con el fin de facilitar la descripción. No se pueden dar significados o roles significativos a los sufijos mismos y se entiende que el 'módulo', la 'unidad' y la 'parte' pueden usarse juntos o de manera intercambiable. Es decir, los términos "-er", "-or", "parte" y "módulo" descritos en la descripción significan unidades para procesar al menos una función y operación y pueden implementarse mediante componentes de hardware o componentes de software, y combinaciones de los mismos.

55 Como se usa en el presente documento, "ejemplar" significa simplemente un ejemplo, más que el mejor. También debe apreciarse que las características, capas y/o elementos representados en este documento se ilustran con dimensiones y/u orientaciones particulares entre sí con fines de simplicidad y facilidad de comprensión, y que las dimensiones y/u orientaciones reales pueden diferir sustancialmente de eso ilustrado. Es decir, en los dibujos, el tamaño y los tamaños relativos de capas, regiones y/u otros elementos pueden exagerarse o reducirse para mayor claridad. Los números similares se refieren a elementos similares en todas partes y se omitirán las explicaciones que se duplican entre sí.

60 Se entenderá que, aunque los términos primero, segundo, etc. pueden usarse en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos solo se usan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, una primera región/capa podría denominarse una segunda región/capa y, de manera similar, una segunda región/capa podría denominarse una primera región/capa sin apartarse de las

enseñanzas de la descripción.

La terminología utilizada en el presente documento tiene el propósito de describir realizaciones particulares solamente y no pretende ser limitante del concepto inventivo general. Como se usa en este documento, las formas singulares "un", "uno" y "el" están destinadas a incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

En caso de controlar un motor de inducción utilizando un control de vectores indirecto, si la temperatura del rotor cambia, la resistencia del rotor (R_r) cambia, lo que a su vez cambia la constante de tiempo del rotor, y el cambio de deslizamiento resultante afecta la generación del torque. Los motores industriales se usan generalmente para dispositivos que controlan la velocidad, y aunque el control del torque es relativamente menos importante, se debe tener en cuenta la influencia de la temperatura para el control del motor de inducción para EV/HEV, donde el control del torque se considera importante.

Además, en el caso de la conducción industrial de motores, la corriente del eje d se hace constante a una velocidad inferior a la velocidad nominal, mientras que la corriente del eje q se reduce en proporción inversa a una velocidad superior a la velocidad nominal. Sin embargo, en el caso de la conducción MTPA (torque máximo por amperio) para una mayor eficiencia, inductancia de excitación (L_m) cambia, porque la corriente también cambia en respuesta al comando de torque y la inductancia del rotor (L_r) también cambia, porque $L_r = L_m + L_{lr}$, por lo que la constante de tiempo del rotor también cambia. Debido a que estos cambios tienen características no lineales, es ventajoso usar una tabla de referencia como en la presente descripción.

Ahora, se describirán en detalle modalidades ilustrativas de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos.

La Figura 2 es una vista esquemática que ilustra la estimación de la constante de tiempo del rotor en respuesta a una temperatura del rotor de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;

Con referencia a la Figura 2, la estimación de la constante de tiempo del rotor de acuerdo con la presente descripción es estimar una constante de tiempo del rotor

$$(\tau_{r1})$$

en respuesta a la temperatura del rotor (T_{mot}). Es decir, después de leer la temperatura del rotor (T_{mot}), una constante de tiempo del rotor

$$(\tau_{r1})$$

apropiado para la temperatura del rotor se obtiene utilizando una tabla de referencia A.

En la Figura 2, la temperatura del rotor (T_{mot}) se recibe mediante la entrada de la tabla de referencia A.

Debido a que la temperatura del rotor es difícil de medir, la temperatura del estator de un motor relativamente fácil de medir se mide en la presente descripción.

La tabla de referencia A se prepara usando una constante de tiempo del rotor que cambia por el cambio de resistencia del rotor que cambia en respuesta a la temperatura del rotor. En un ejemplo no limitativo, la tabla de referencia A de {300 [ms], 270 [ms], 250 [ms], 240 [ms]} se puede hacer en base a las temperaturas del rotor de entrada {20 [°C], 40 [°C], 60 [°C], 80 [°C]}, y los valores no disponibles en la tabla se utilizan por interpolación lineal de los valores anteriores.

La Figura 3 es una vista esquemática que ilustra la estimación de la constante de tiempo del rotor en respuesta a la corriente del eje d de un rotor de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde se explica un método para extraer una constante de tiempo del rotor

$$(\tau_r)$$

utilizando el fenómeno de saturación de inductancia en respuesta a cambios en la corriente del eje d

$$(i_{ds}^{e*})$$

del motor.

La constante de tiempo del rotor

$$(\tau_r)$$

es proporcional a la inductancia del rotor (L_r), y la inductancia del rotor (L_r) se modifica su tamaño por el fenómeno de saturación, en un caso de tamaño de la corriente del eje d

$$(i_{ds}^{e*})$$

5 aumenta. Es decir, como la constante de tiempo del rotor

$$(\tau_r)$$

10 es cambiado por la corriente del eje d

$$(i_{ds}^{e*}),$$

15 se puede utilizar una tabla de referencia B para obtener la misma.

En la Figura 3, la corriente del eje d

$$(i_{ds}^{e*})$$

20 se usa como una entrada de la tabla de referencia B. La tabla de referencia B se prepara usando los cambios en la constante de tiempo del rotor en función de la inductancia que cambia en respuesta al tamaño de la corriente del eje d

$$(i_{ds}^{e*})$$

25 en un ejemplo no limitativo, se prepara una tabla de referencia B de {240 [ms], 200 [ms], 170 [ms], 150 [ms]} en función del tamaño de la corriente del eje d

$$(i_{ds}^{e*})$$

30 de entrada {30 [A], 60 [A], 90 [A], 120 [A]}, y los valores no disponibles en la tabla se utilizan por interpolación lineal de los valores anteriores.

La Figura 4 es una vista esquemática que ilustra la estimación de la constante de tiempo del rotor en respuesta a la temperatura del rotor y la corriente del eje d de un rotor de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde las tablas de referencia A y B se usan para estimar la constante de tiempo del rotor.

35 En la estimación de la constante de tiempo del rotor de acuerdo con la presente descripción como se muestra en la Figura 4, la constante de tiempo del rotor (τ_{r1}) obtenida usando la tabla de referencia A de la Figura 2 se refleja en la tabla de referencia B de la Figura 3. Usando este tipo de método, una constante de tiempo del rotor (τ_{r0}) finalmente reflejada por la temperatura del rotor (T_{mot}) y el tamaño de la corriente del eje d

$$40 \quad (i_{ds}^{e*})$$

puede obtenerse.

45 En este momento, si {120 [%], 100 [%], 85 [%], 75 [%]} de la tabla de referencia B de la Figura 3 se hacen usando porcentaje, se obtiene un valor del 100% usando la tabla de referencia A de la Figura 2, la estimación de la presente descripción también puede realizarse simplemente usando las tablas de referencia A y B.

50 La Figura 5 es una vista esquemática que ilustra una tabla de referencia de la Figura 4 realizada en segunda dimensión, donde la constante de tiempo del rotor puede estimarse en el mismo método que en la Figura 4.

55 La Figura 6 es una vista configurativa que ilustra un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor de acuerdo con una primera modalidad ilustrativa de la presente descripción. A diferencia del aparato de estimación convencional que usa el voltaje del eje d, el aparato para estimar la constante de tiempo del rotor en la Figura 6 es tal que el voltaje del eje q

$$(v_{qs}^e)$$

60 se usa para compensar la constante de tiempo del rotor

$$(\tau_r)$$

para obtener una constante de tiempo del rotor compensado

$$65 \quad (\hat{\tau}_r)$$

Con referencia a la Figura 6, el aparato para estimar la constante de tiempo del rotor incluye un controlador de corriente (10), un estimador de voltaje del eje q (20), un controlador (30) y un sumador (40).

5 El controlador de corriente (10) usa

$$\left(i_{ds}^{e*} \right)$$

y comando de corriente del eje q

$$\left(i_{qs}^{e*} \right)$$

10 para obtener comando de voltaje del eje q

$$\left(v_{qs}^{e*} \right)$$

15 Debería ser evidente para los expertos en la materia que el método para obtener el comando de voltaje usando el controlador de corriente (10) es bien conocido, de modo que no se proporcionará una explicación más detallada al respecto.

El estimador de voltaje del eje q (20) recibe el comando de corriente del eje d

20

$$\left(i_{ds}^{e*} \right)$$

y comando de corriente del eje q

25

$$\left(i_{qs}^{e*} \right),$$

y usa la ecuación de voltaje del eje q

$$\left(v_{qs}^e = R_s i_{qs}^{e*} - \omega_e \sigma L_s i_{ds}^{e*} \right)$$

30 para obtener una estimación de voltaje del eje q

$$\left(\hat{v}_{qs}^e \right)$$

35 El controlador (30) obtiene una diferencia entre la estimación de voltaje del eje q

$$\left(\hat{v}_{qs}^e \right)$$

y comando de voltaje del eje q

40

$$\left(v_{qs}^{e*} \right)$$

La estimación de voltaje del eje q

45

$$\left(\hat{v}_{qs}^e \right)$$

es un valor que utiliza un parámetro del rotor relativo a una temperatura particular, y aunque la estimación de voltaje del eje q

50

$$\left(\hat{v}_{qs}^e \right)$$

no tiene nada que ver con la temperatura del rotor, el comando de voltaje del eje q

55

$$\left(v_{qs}^{e*} \right)$$

se cambia por la temperatura debido al parámetro del rotor que cambia a la temperatura. Se puede obtener un torque predeterminado minimizando la diferencia entre los dos valores.

60

Para minimizar la diferencia entre los dos valores, el controlador (30) de acuerdo con la presente descripción puede ser, por ejemplo, un PIC (control integral proporcional).

Una entrada del controlador (30) es una diferencia entre la estimación de voltaje del eje q y el comando de voltaje del eje q, y una salida del controlador (30) es una derivada

65

$$\left(\Delta \tau \right)$$

de la constante de tiempo del rotor.

El sumador (40) es tal que la constante de tiempo del rotor

5
$$(\tau_{r0})$$

se agrega por la salida del controlador (30), que es una derivada

10
$$(\Delta \tau)$$

de la constante de tiempo del rotor para generar una constante de tiempo del rotor modificada

15
$$(\hat{\tau}_r)$$

Como se señaló de lo anterior, si la se genera la constante de tiempo del rotor

15 cambiada por el aparato para estimar la constante de tiempo del rotor, y el controlador de corriente (10) realiza un control de corriente en respuesta a la constante de tiempo del rotor cambiada, comando de voltaje del eje q

20
$$(v_{qs}^{e*})$$

se puede cambiar.

Por lo tanto, el controlador (30) cambia la constante de tiempo del rotor hasta que el comando de voltaje del eje q modificado es igual a la estimación de voltaje del eje q, por lo que se puede obtener un torque predeterminado.

25 Se puede observar en la primera modalidad ilustrativa de la presente descripción que, a diferencia del sistema convencional que estima la constante de tiempo del rotor usando voltaje del eje d, una inductancia del estator (L_s) que tiene un valor mayor que el de una inductancia transitoria

30
$$(\sigma L_s)$$

se usa para hacer una diferencia de voltaje en respuesta a la temperatura significativa

Además, en vista de la ecuación de voltaje del eje q de

35
$$(v_{qs}^e = R_s i_{qs}^{e*} - \omega_e \sigma L_s i_{ds}^{e*})$$
,

se recibe más influencia de la corriente del eje d

40
$$(i_{ds}^{e*})$$

y la corriente del eje d mantiene un nivel predeterminado incluso si la carga se hace menor, de modo que el aparato según la presente descripción está menos influenciado por la carga.

45 Las Figuras 7a y 7b son gráficos que ilustran la medición de cambios en el voltaje del eje d y el voltaje del eje q después de que se aplica un comando de torque máximo, en los casos en que las temperaturas del estator de un motor son respectivamente altas y bajas según una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

50 Con referencia a las Figuras, se puede observar que los cambios en los voltajes del eje d y del eje q son insignificantes a baja velocidad, y una diferencia de voltaje en respuesta a la temperatura es mayor al voltaje del eje q a alta velocidad, lo que significa que los cambios en la constante de tiempo del rotor tienen una mayor influencia en la salida de voltaje del eje q, y el uso del voltaje del eje q es más ventajoso en la compensación de temperatura de la constante de tiempo del rotor.

55 Las Figuras 8a y 8b son gráficos que ilustran la medición de los cambios en el voltaje del eje d y el voltaje del eje q después de un comando de torque bajo y un comando de torque alto, respectivamente, en un caso en el que la temperatura del estator de un motor es alta de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

60 Con referencia a las Figuras 8a y 8b, incluso si hay un cambio en la carga, el voltaje del eje q mantiene un nivel constante, de modo que, a diferencia del método convencional de usar el voltaje del eje d, es posible usar el aparato de acuerdo con la presente descripción en todos los intervalos de carga. Además, la precisión aumenta a medida que la velocidad aumenta porque el voltaje se usa en el aparato de estimación de acuerdo con la presente descripción.

65 La Figura 9 es una vista esquemática que ilustra un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor de un motor de inducción de acuerdo con una segunda modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde el aparato para estimar la constante de tiempo del rotor de la Figura 6 se acopla con la estimación de la constante de tiempo del rotor de las Figuras 2 a 4. Por lo tanto, aunque la Figura 9 ha ejemplificado el método de la Figura 4, debería ser evidente para los expertos en la materia que la presente descripción no está limitada a los mismos.

Con referencia a la Figura 9, el aparato para estimar la constante de tiempo del rotor incluye un controlador de corriente (10), un estimador de voltaje del eje q (20), un controlador (30), un sumador (40), un primer selector de tabla de referencia (50), un segundo selector de tabla de referencia (60) y un combinador (70).

5 Las operaciones del controlador de corriente (10), el estimador de voltaje del eje q (20), el controlador (30) y el sumador (40) ya se han proporcionado con referencia a la Figura 6, no habrá más detalles al respecto a continuación.

10 El primer selector de tabla de referencia (50) selecciona una constante de tiempo del rotor usando la tabla de referencia A basada en la temperatura del rotor como en la Figura 2, y el segundo selector de tabla de referencia (60) selecciona una constante de tiempo del rotor usando la tabla de referencia B basada en la corriente del motor del eje d como en la Figura 3, donde la constante de tiempo del rotor generada por el segundo selector de tabla de referencia (60) se ingresa al sumador (40).

15 El combinador (70) combina una salida (t_{i0}) del segundo selector de tabla de referencia (60) y una salida

$$\hat{(\tau_r)}$$

20 del sumador (40) en una relación predeterminada para generar una constante de tiempo del rotor final

$$(\tau_{r,ctrl})$$

para ser utilizado para el control. El tipo de combinación utilizado por el combinador (70) puede ser cambiable en función de las características de un motor.

25 La Figura 10 es una vista esquemática que ilustra un método que realiza una combinación por el combinador de la Figura 9. Con referencia a la Figura 9, el combinador (70) según la presente descripción ilustra un método en el que se realiza una combinación lineal a una velocidad menor que una velocidad particular

$$(\omega_{r,ref}),$$

30 y una salida del sumador (40) a una velocidad mayor que la velocidad particular

$$(\omega_{r,ref})$$

35 se considera como un resultado final. Sin embargo, la presente descripción no está limitada a los mismos.

Usando el método anterior, es posible controlar un error de torque relativo a la temperatura real del rotor dentro del 5%. La siguiente tabla muestra una diferencia de torque antes y después de la compensación, en un caso las velocidades se cambian respectivamente a una temperatura más baja (30 °C) y una temperatura más alta (80 °C), donde la unidad de cada error de torque es%.

40

[Table 1]

Abtredtórur 30 °C	Abtredtórur	-0,090	-0,037	-2,210	-8,066	-7,800	-9,688	-1,007	-1,007	-1,110	-1,442	-1,422
	Dættirbætur	0,066	0,115	0,059	1,366	1,664	1,033	0,119	0,026	-2,210	0,088	1,322
Abtredtórur 80 °C	Abtredtórur	-0,722	-0,444	-0,300	-2,220	-3,365	-2,279	-3,308	-4,419	-4,479	-6,615	-5,570
	Dættirbætur	0,148	0,095	0,075	0,221	1,001	0,015	0,119	0,026	0,060	0,088	1,775
												Margreypólur

Como se desprende de la tabla, el error de torque es mucho menor que el anterior a la compensación.

5 La Figura 11 es una vista esquemática que ilustra un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor de un motor de inducción de acuerdo con una tercera modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde un estimador (1) que usa voltaje del eje d y un estimador (2) que usa el voltaje del eje q está incluido.

El estimador (1) que usa voltaje del eje d tiene la misma configuración que el aparato de estimación de la Figura 1, y el estimador (2) que usa voltaje del eje q tiene la misma configuración que el aparato de estimación de la Figura 6.

10 El estimador (1) que usa voltaje del eje d es en gran medida eficiente a una velocidad más baja, y el estimador (2) que usa voltaje en el eje q es en gran medida eficiente a una velocidad más alta, como se explicó anteriormente, de modo que es posible mejorar el rendimiento de compensación de temperatura combinando las salidas de ambos estimadores (1 y 2) por el combinador (80). Las funciones de los elementos constituyentes en la Figura 11 ya se han proporcionado, de modo que no se darán más detalles al respecto.

15 La estimación de la constante de tiempo del rotor según la técnica anterior como una tecnología industrial carecía de consideración para el funcionamiento de un motor de inducción para conducir EV/HEV que funciona a un intervalo de velocidad que excede 2 ~ 3 veces la velocidad nominal. Es ventajoso usar el voltaje del eje q sobre el voltaje del eje d para un motor de inducción que se usa principalmente para operaciones de alta velocidad.

20 La presente descripción tiene una aplicabilidad industrial en que una tabla de referencia se usa en una sección de baja velocidad para compensar la temperatura para todas las secciones del intervalo de velocidad, por lo que se puede mantener un rendimiento de aceleración y una calidad de conducción similares en EV/HEV en todo momento.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para estimar la constante de tiempo del rotor configurado para uso en el control de torque de un motor de inducción, en un sistema de motor de inducción que incluye un rotor, el aparato caracterizado por: un controlador de corriente (10) que recibe comandos de corriente del eje d y del eje q para dar salida al comando de voltaje del eje q; un estimador (20) que recibe los comandos de corriente del eje d y del eje q para generar la estimación de voltaje del eje q; un controlador (30) que genera un valor cambiado de la constante de tiempo del rotor, que es una diferencia entre el comando de voltaje del eje q y la estimación de voltaje del eje q; y un sumador (40) que agrega el valor modificado de la constante de tiempo del rotor a una constante de tiempo del rotor para generar una constante de tiempo del rotor modificada.
2. El aparato de la reivindicación 1, caracterizado porque el controlador de corriente (30) realiza un control de corriente utilizando la constante de tiempo del rotor modificada.
3. El aparato de la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el estimador (20) usa una ecuación de voltaje del eje q para generar la estimación de voltaje del eje q.
4. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3, caracterizado porque el controlador (30) genera el valor cambiado de la constante de tiempo del rotor usando un control integral proporcional.
5. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, además caracterizado por un primer selector (50) que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la temperatura del motor de inducción usando una primera tabla de referencia predeterminada.
6. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, además caracterizado por un segundo selector (60) que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la corriente del eje d del motor de inducción usando una segunda tabla de referencia predeterminada.
7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, además caracterizado por: un tercer selector (70) que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la temperatura del motor de inducción usando una tercera tabla de referencia predeterminada; y un cuarto selector (80) que selecciona la constante de tiempo del rotor en respuesta a la corriente del eje d del motor de inducción usando una cuarta tabla de referencia predeterminada.
8. El aparato de la reivindicación 5 o 7, caracterizado porque las primera y tercera tablas de referencia se preparan usando cambios en la constante de tiempo del rotor por el cambio de resistencia del rotor que cambia en respuesta a la temperatura de un estator del motor de inducción.
9. El aparato de la reivindicación 6 o 7, caracterizado porque las segunda y cuarta tablas de referencia se preparan usando cambios en la constante de tiempo del rotor por inductancia que cambia en respuesta al tamaño de la corriente del eje d.
10. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones de 5 a 7, además caracterizado por un combinador (80) que genera una constante de tiempo del rotor final combinando, a una velocidad inferior a un nivel predeterminado, cualquier salida del primer, segundo y cuarto selectores con una salida del sumador en una relación predeterminada.
11. El aparato de la reivindicación 10, caracterizado porque el combinador (80) genera la salida del sumador en la constante de tiempo del rotor final a una velocidad superior al nivel predeterminado.

Figura 1

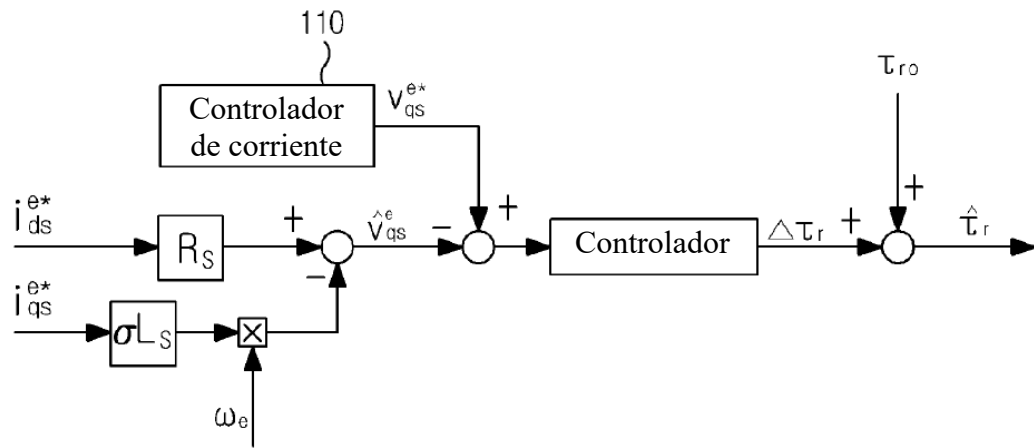


Figura 2

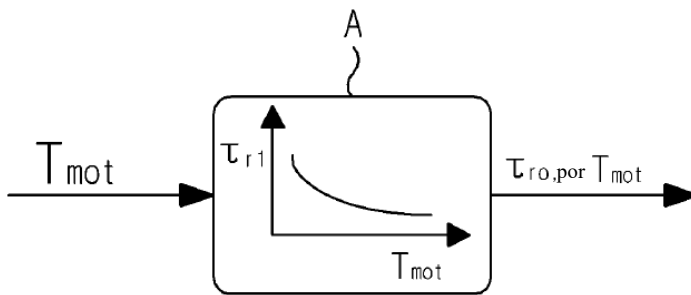


Figura 3

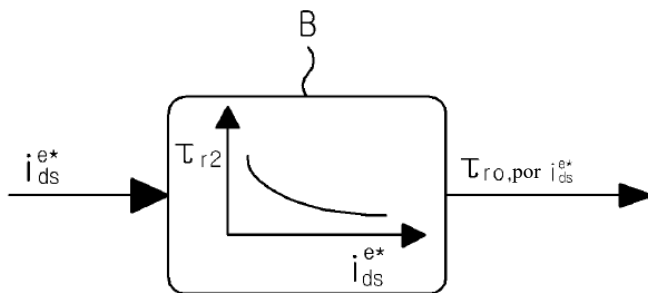


Figura 4

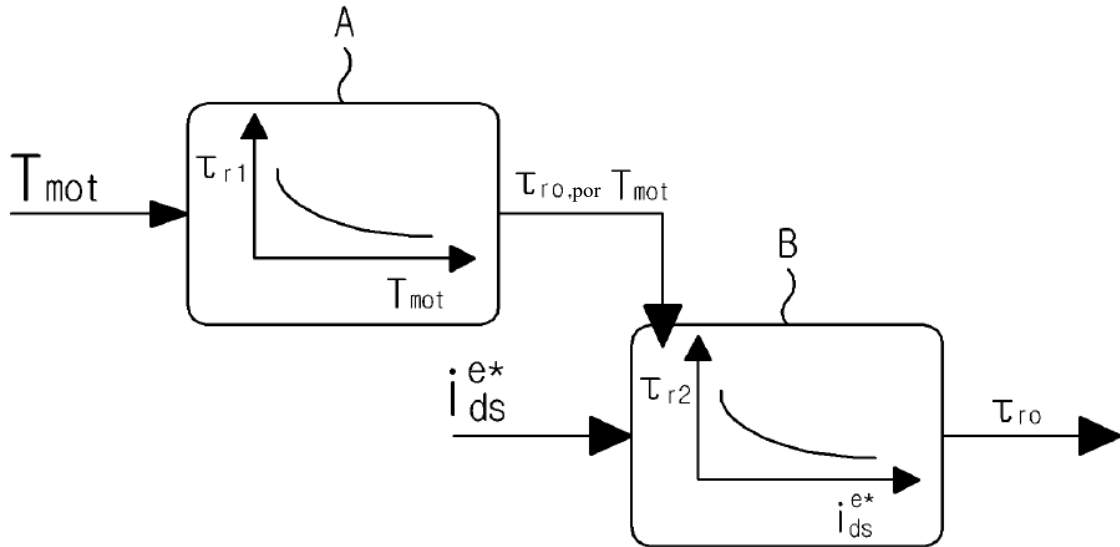


Figura 5

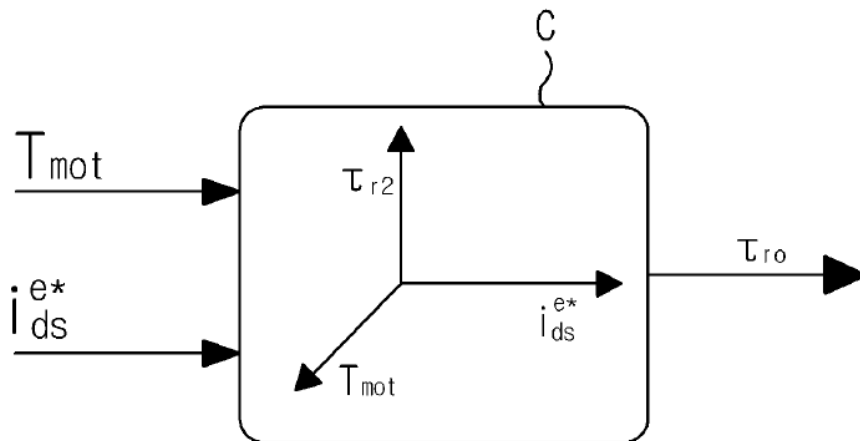


Figura 6

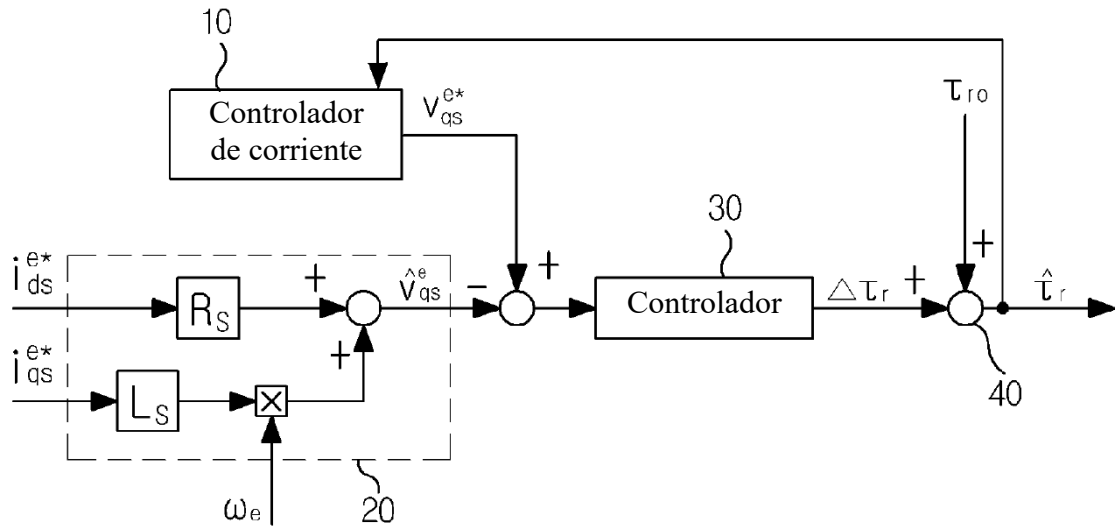


Figura 7A

Temperatura del estator Baja temperatura,
Torque Máximo

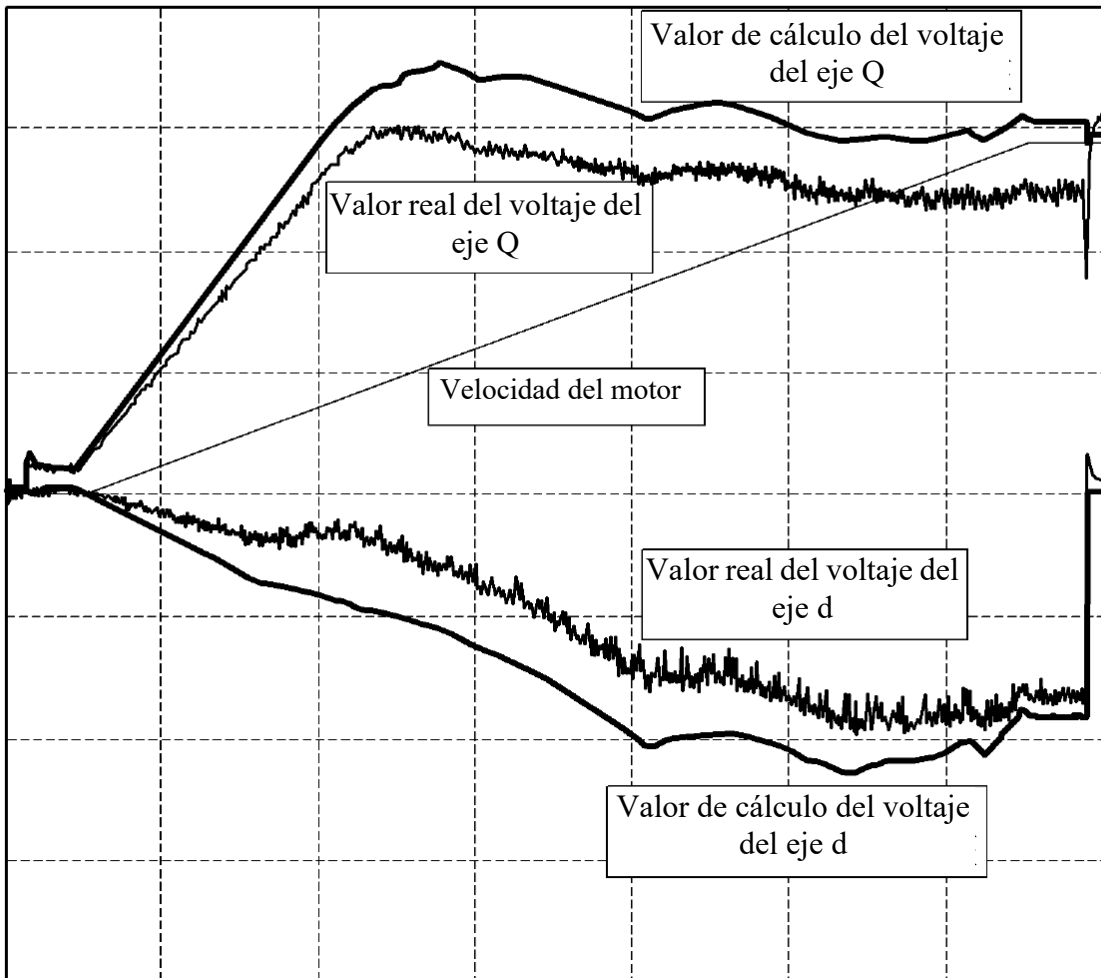


Figura 7B

Temperatura del estator Baja temperatura,
Torque Máximo

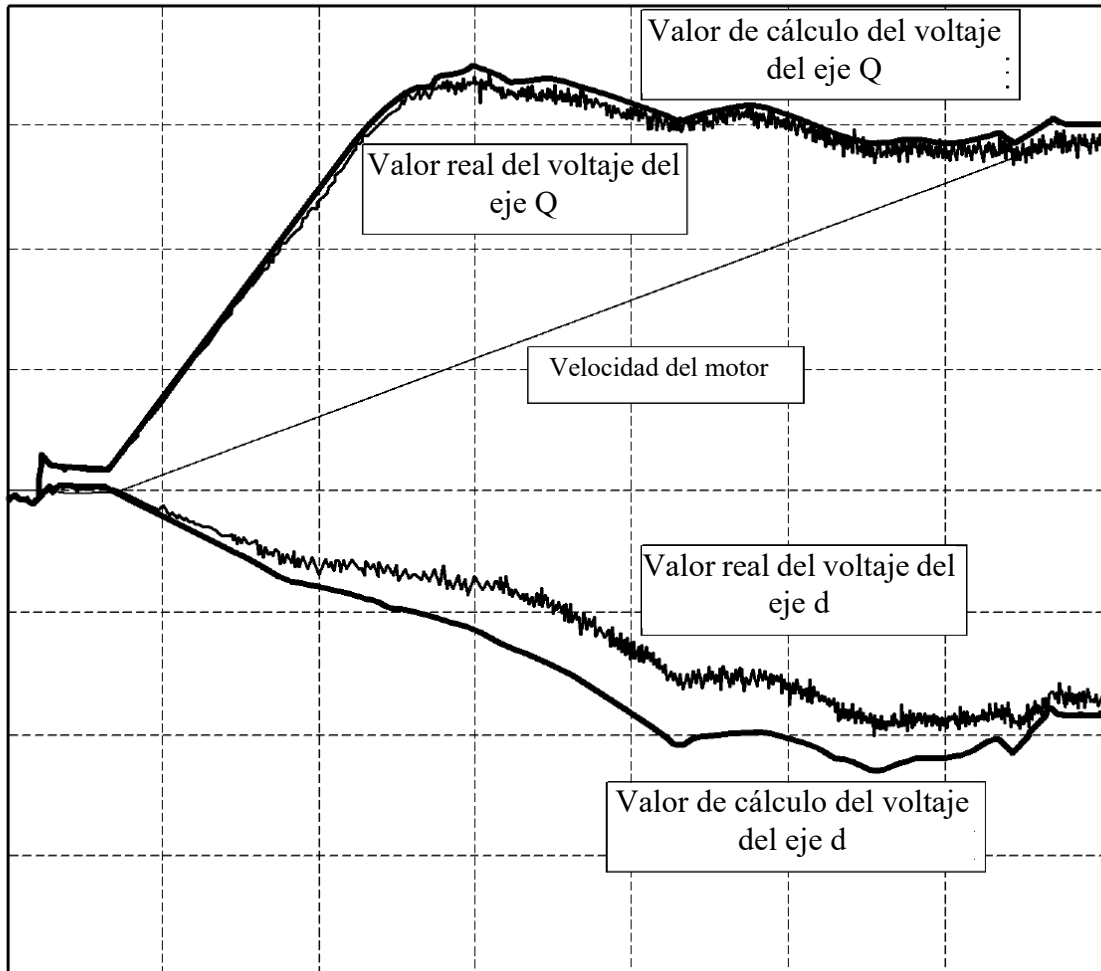


Figura 8A

Temperatura del estator Alta temperatura,
Torque Máximo

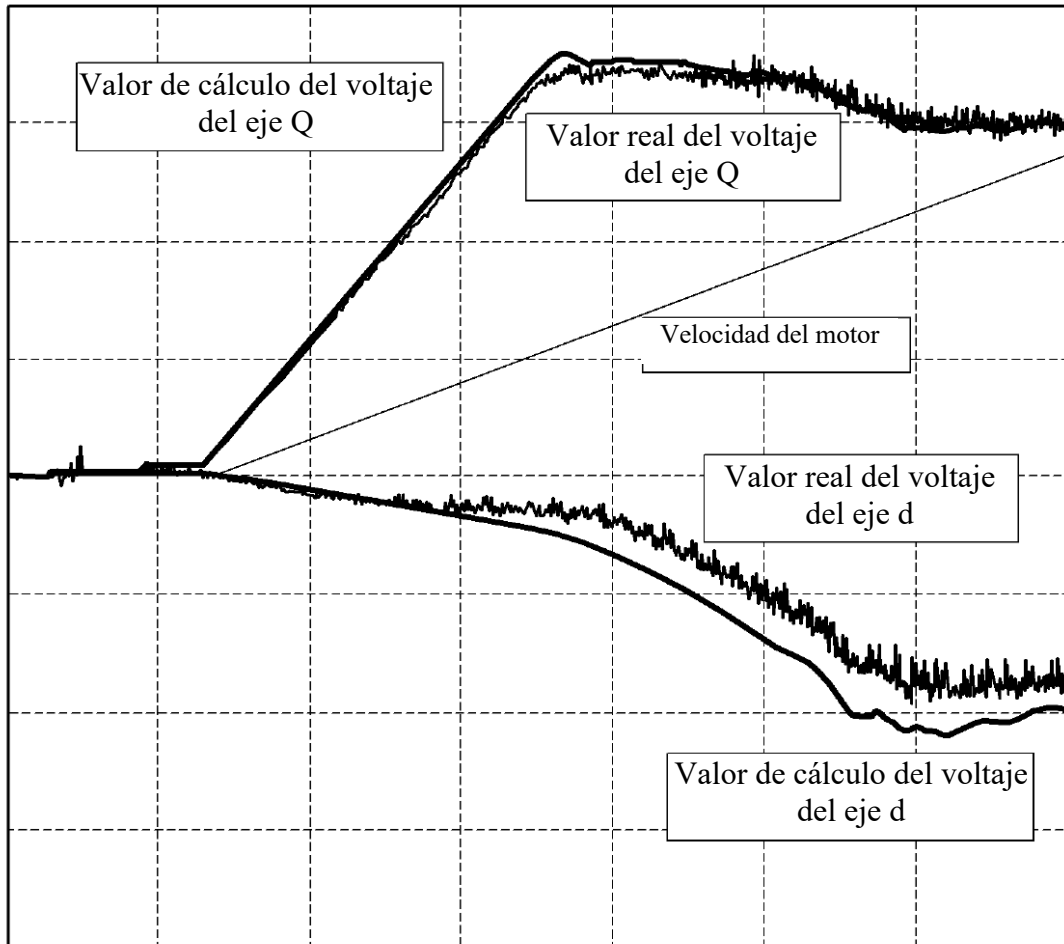


Figura 8B

Temperatura del estator Baja temperatura,
Torque Máximo

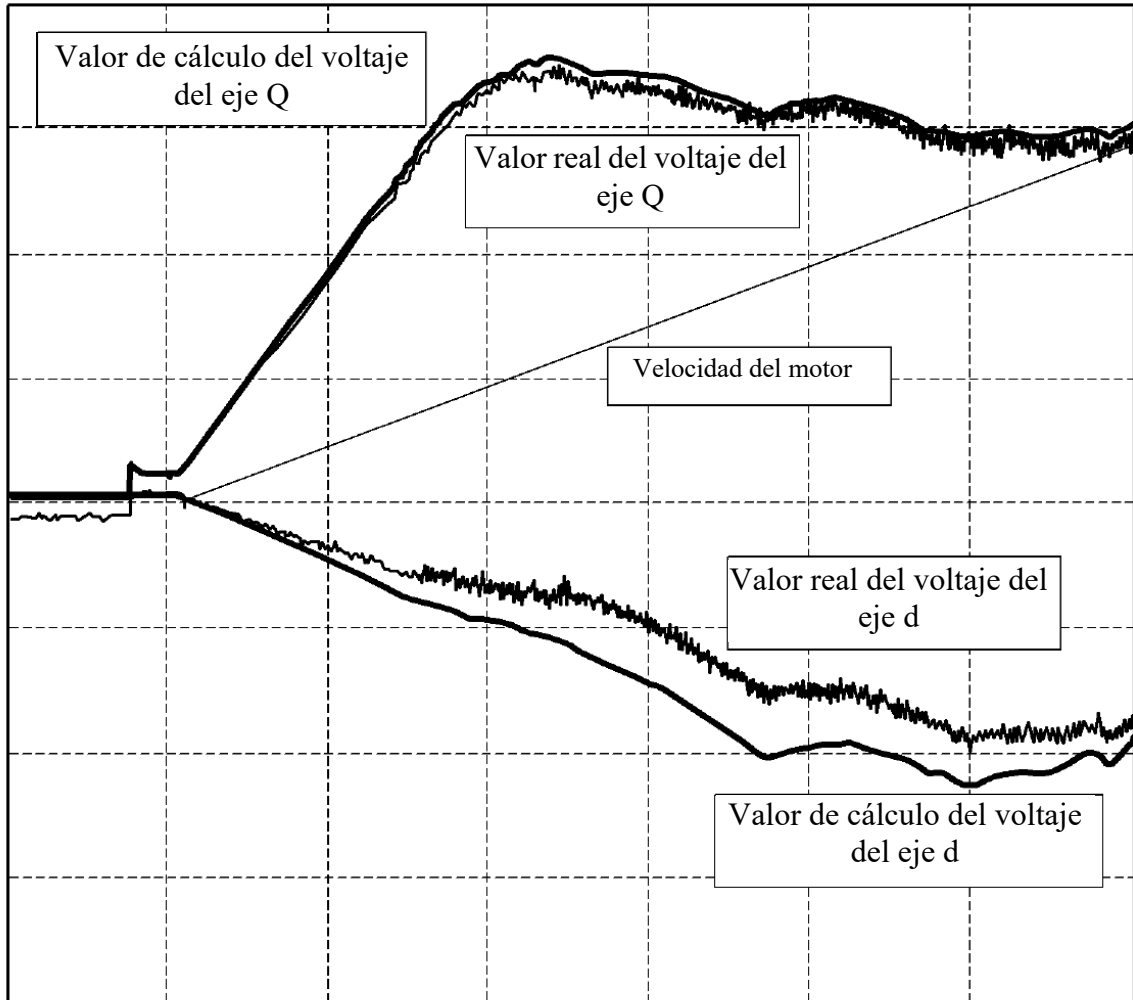


Figura 9

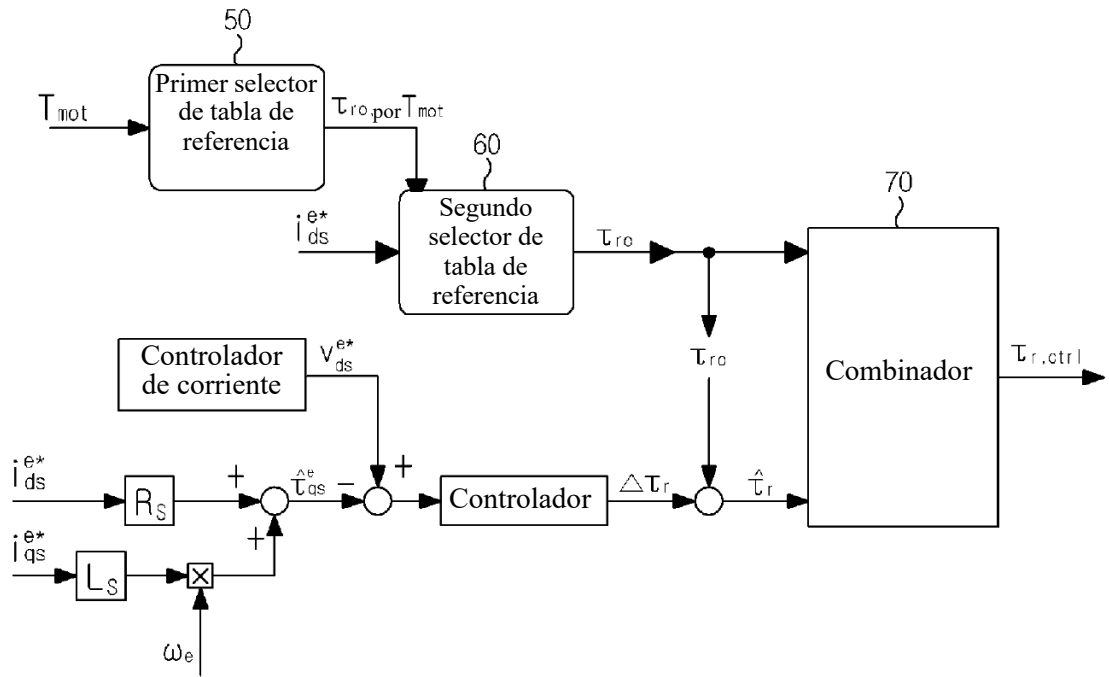


Figura 10

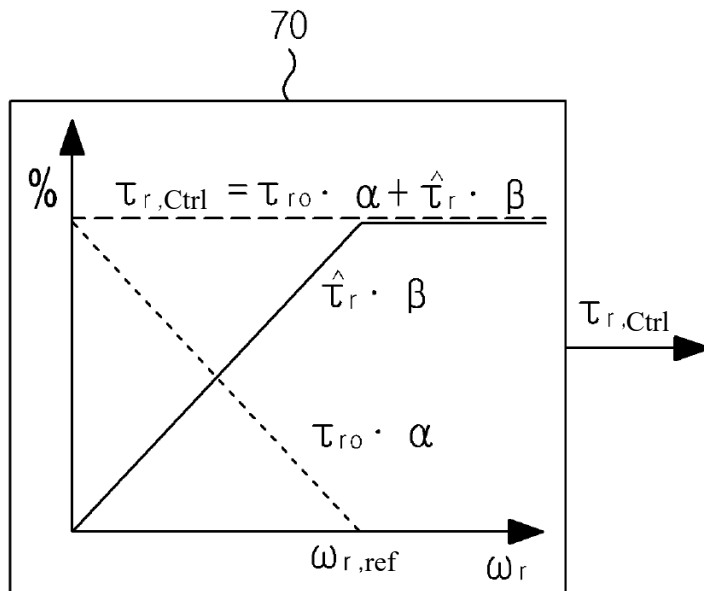


Figura 11

