

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 323**

51 Int. Cl.:

F24F 11/00 (2008.01)
G05B 19/00 (2006.01)
H02P 23/14 (2006.01)
H02P 23/12 (2006.01)
H02P 6/00 (2006.01)
H02P 6/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2012** E 12198700 (2)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019** EP 2711646

54 Título: **Método y aparato para controlar un motor síncrono de imán permanente de un dispositivo de aire acondicionado**

30 Prioridad:

24.09.2012 CN 201210357984

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

19.05.2020

73 Titular/es:

HISENSE (SHANDONG) AIR-CONDITIONING CO., LTD. (100.0%)
No. 151 Zhuzhou Road
266100 Qingdao Shandong, CN

72 Inventor/es:

ZHANG, YONGLIANG;
WANG, ZHIGANG;
ZHAO, KEKE;
YIN, XIANXIN;
WANG, WEIJIE y
LIU, YONG

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 761 323 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para controlar un motor síncrono de imán permanente de un dispositivo de aire acondicionado

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a las tecnologías del aire acondicionado, y en particular a un dispositivo de aire acondicionado y a un método y aparato para controlar un motor síncrono de imán permanente del mismo.

Técnica anterior

10 En la actualidad es ampliamente aplicado el dispositivo de aire acondicionado de frecuencia invertida de CC. La mayoría de los compresores de los acondicionadores de aire de frecuencia invertida de CC adoptan un motor síncrono de imán permanente, y en la actualidad, en la industria se usa generalmente la tecnología de control vectorial sin sensor para realizar un control del accionamiento de este motor.

En el método de control vectorial sin sensor los parámetros del motor del compresor (por ejemplo, un valor de la resistencia del estator del motor, un flujo magnético permanente, etc) son adoptados generalmente para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente actual.

15 No obstante, el inventor de la invención encuentra que los parámetros del motor adoptados en el método de control vectorial sin sensor se obtienen generalmente desconectados. En el actual proceso operativo del motor síncrono de imán permanente, debido a las influencias de estados tales como la corriente o la temperatura ambiente, los valores actuales de los parámetros del motor durante la operación del motor síncrono de imán permanente pueden ser cambiados, y la diferencia entre los parámetros del motor obtenidos desconectado y los parámetros cambiados es amplia en situaciones de un cambio de temperatura extrema y una operación de baja frecuencia. En el caso en que
20 la diferencia sea comparativamente grande, si los parámetros del motor obtenidos desconectado son todavía usados para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente, la estimación del error de posición del motor síncrono de imán permanente se hará demasiado grande y hará que la eficiencia de la energía de operación de la operación del motor del dispositivo de aire acondicionado se reduzca y aumente el ruido. Si las condiciones de trabajo son muy malas, el motor del dispositivo de aire acondicionado puede pararse anormalmente.

25 El documento US2007085508 expone un método de estimación de la posición del polo magnético en un motor síncrono a partir de un voltaje ordenado aplicado al motor, una corriente generada a partir del voltaje ordenado y los parámetros. Para estimar la posición sustancialmente coincidente con una verdadera posición del polo magnético, se aplica al motor un voltaje de coincidencia de fase que tiene una coincidencia de fase con la posición del polo magnético estimada previamente obtenida. El voltaje de coincidencia de fase tiene una frecuencia armónica mayor que la del
30 voltaje ordenado. Una corriente de coincidencia de fase generada a partir del voltaje de coincidencia de fase es detectada desde el motor. Se corrige un valor de al menos uno de los parámetros de modo que una diferencia de fase entre el voltaje de coincidencia de fase y la corriente de coincidencia de fase sea sustancialmente cero. Se calcula una posición estimada del polo magnético a partir del voltaje ordenado, la corriente generada y el parámetro que tiene el valor corregido.

35 El documento US2007085508 expone las siguientes características de la reivindicación independiente 1:

Un dispositivo que comprende: un módulo de almacenamiento de parámetros que almacena los parámetros iniciales del motor escritos previamente; un módulo de control principal que obtiene los parámetros iniciales del motor a partir del módulo de almacenamiento de parámetros; y la transmisión de una orden de operación del motor y los parámetros
40 parámetros iniciales del motor durante el control de la operación del dispositivo; un medio de control del motor síncrono de imán permanente que controla un motor síncrono de imán permanente para comenzar a operar basándose en los parámetros iniciales del motor transmitidos por el módulo de control principal después de recibir la orden de operación del motor transmitida por el módulo de control principal; y después de comenzar la operación del motor síncrono de imán permanente, estima un error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en una corriente muestreada y una velocidad de rotación muestreada del motor síncrono de imán permanente; estima
45 los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición del rotor; y controla la operación continua del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales del motor.

Compendio de la invención

50 Las realizaciones de la invención proporcionan un dispositivo de aire acondicionado y un método para controlar un motor síncrono de imán permanente del mismo para mejorar la eficiencia de la energía de la operación del motor del dispositivo de aire acondicionado y reducir el ruido de la operación del motor.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se define un dispositivo de aire acondicionado en la reivindicación independiente 1.

En donde el medio de control del motor síncrono de imán permanente comprende: un módulo de recogida de información del motor para muestrear y recoger la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente después del comienzo de la operación del motor síncrono de imán permanente; un módulo de control del motor para controlar el motor síncrono de imán permanente para comenzar a operar basándose en los parámetros
 5 iniciales del motor después de recibir la instrucción de operación del motor; y después de comenzar la operación del motor síncrono de imán permanente, estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente muestreadas y recogidas por el módulo de recogida de información; estimar los parámetros actuales del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición del rotor; y controlar la operación continua del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales del motor.

En donde el módulo de control del motor comprende una unidad de control del motor para controlar que el motor síncrono de imán permanente comience a operar basándose en los parámetros iniciales del motor del motor síncrono de imán permanente; una unidad de estimación del error del ángulo de posición del rotor para estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas por el módulo de recogida de información; y transmitir el error estimado del ángulo de posición del rotor; una unidad de estimación del parámetro actual del motor para recibir el error estimado del ángulo de posición por la unidad de estimación del error de posición del rotor y estimar los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición del rotor estimado por la unidad de estimación del error de posición del rotor; y transmitir los parámetros actuales del motor estimados a la unidad de control del motor; controlando la unidad de control del motor la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales del motor estimados después de recibir los parámetros actuales del motor estimados por la unidad de estimación del parámetro actual del motor.

En donde, la unidad de estimación del error del ángulo de posición del rotor se usa para, cada vez que se alcance un período fijado, estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas por el módulo de recogida de información; y transmitir el error estimado del ángulo de posición del rotor.

En donde, la unidad de estimación de los parámetros actuales del motor que estima los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición del rotor estimado por la unidad de estimación del error del ángulo de posición del motor es específicamente como sigue:

30 la unidad de estimación del parámetro actual del motor que juzga el valor de $\hat{\theta}_e$;

si $\hat{\theta}_e$ es menor que un límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i + \Delta R$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta \phi_m$;

si $\hat{\theta}_e$ es menor o igual a un límite superior fijado, y es mayor o igual al límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i$;

la unidad de estimación del parámetro actual del motor que usa R_{i+1} como el valor estimado de la resistencia actual del estator del motor \hat{R} , y usa ϕ_m^{i+1} como el valor estimado del flujo magnético del motor actual $\hat{\phi}_m$,

35 en donde R_{i+1} es el valor estimado de la resistencia del estator del motor en el período $(i+1)$ -ésimo, ϕ_m^{i+1} es el valor estimado del valor del flujo magnético en el período $(i+1)$ -ésimo, R_i es el valor estimado de la resistencia del estator del

motor en el período i -ésimo, ϕ_m^i es el valor estimado del flujo magnético del motor en el período i -ésimo, ΔR es un valor ajustado de la resistencia fijado previamente, y $\Delta \phi_m$ es un valor ajustado del flujo magnético fijado previamente.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se define un método en la reivindicación independiente 6.

40 En donde, la estimación del error del ángulo de posición $\hat{\theta}_e$ del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose la corriente vectorial $i_{\gamma\delta}$ y la velocidad de rotación angular ω incluye determinar $\hat{\theta}_e$ basándose en la siguiente Fórmula 1:

$$\hat{\theta}_e \approx -p \left[\frac{(R_i - R_0) i_\gamma - (\phi_m^i - \phi_m^0 + \omega \phi_m^0)}{\phi_m^0} \right] / \left(K_{p\theta} + \frac{K_{l\theta}}{p} \right) \quad (\text{Fórmula 1})$$

en donde en la Fórmula 1 i es los períodos de estimación; R_i es el valor estimado de la resistencia del estator del motor

en el período i -ésimo, cuando $i=0$, R_i es el valor de la resistencia del estator del motor R_0 ; ϕ_m^i es el valor del flujo

magnético estimado del motor en el período i -ésimo, cuando $i = 0$, ϕ_m^i es el valor del flujo magnético del estator del

5 motor inicial ϕ_m^0 ; i_γ es un componente de la corriente real de i_γ ; p es un factor diferencial; $K_{p\theta}$ y $K_{l\theta}$ son parámetros fijados; y

la estimación de los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición del motor incluye:

si $\hat{\theta}_e$ es mayor que un límite superior fijado, el valor estimado de la resistencia del estator del motor en el período

10 $(i+1)$ -ésimo $R_{i+1} = R_i - \Delta R$, y el valor estimado del flujo magnético del motor en el período $(i+1)$ -ésimo $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta \phi_m$; en donde ΔR es un valor ajustado de la resistencia fijado previamente y $\Delta \phi_m$ es un valor ajustado del flujo magnético fijado previamente;

si $\hat{\theta}_e$ es menor que un límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i + \Delta R$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta \phi_m$;

si $\hat{\theta}_e$ es menor o igual al límite superior fijado, y es mayor o igual que el límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i$ y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i$;

15 usando R_{i+1} como el valor estimado de la resistencia del estator del motor actual \hat{R} , y usando ϕ_m^{i+1} como el valor estimado del flujo magnético del motor actual $\hat{\phi}_m$.

En donde, el ΔR se fija basándose en la siguiente Fórmula 2:

$$\Delta R = dR \times T_s \quad (\text{Fórmula 2})$$

el $\Delta \phi_m$ se fija basándose en la siguiente Fórmula 3:

20
$$\Delta \phi_m = d\phi_m \times T_s \quad (\text{Fórmula 3})$$

en donde T_s es el período fijado, y dR y $d\phi_m$ son unos parámetros fijados.

25 En donde la estimación del error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en una corriente y velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente; y la estimación de los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición del rotor estimado son específicamente como sigue:

estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente, y estimar los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición del rotor cada vez que el período fijado se haya conseguido.

30 En las soluciones técnicas de las realizaciones de la invención, el dispositivo de aire acondicionado, en el proceso de control de la operación del motor síncrono de imán permanente del compresor, estima el error del ángulo de posición del rotor en la información de retroalimentación de la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente. Además, cuanto menor sea el error del ángulo de posición del rotor del motor, mayor será la eficiencia energética del motor síncrono de imán permanente, y menor será el ruido del rotor. Por lo tanto, se puede determinar

35 si los parámetros actuales del motor usados para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente están

5 basados apropiadamente en el error del ángulo de posición del rotor. Si los parámetros del motor no son apropiados, los parámetros del motor se ajustarán apropiadamente. Esto es, la operación del motor síncrono de imán permanente se controla usando los parámetros actuales del motor estimados para conseguir el objetivo de reducir el error del ángulo de posición del rotor, y así mejorar la eficiencia energética de la operación del motor del dispositivo de aire acondicionado y reducir el ruido de la operación del motor.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques de la estructura interna del dispositivo de aire acondicionado de una realización de la presente invención;

10 la Figura 2 es un diagrama de flujos del método para controlar el motor síncrono de imán permanente de una realización de la invención;

la Figura 3 es un diagrama de flujos del método para estimar los parámetros del motor y controlar la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros del motor estimados de una realización de la invención;

la Figura 4 es un diagrama esquemático del modelo del observador de una realización de la invención;

15 la Figura 5 es un diagrama de bloques de la estructura interna del aparato para controlar el motor síncrono de imán permanente de una realización de la invención.

Descripción detallada

20 El inventor de la invención, basándose en el análisis de los motivos por los que la eficiencia energética del motor se reduce y el ruido se hace grande en el anterior dispositivo de aire acondicionado, considera que en el proceso operativo del motor síncrono de imán permanente del dispositivo de aire acondicionado, se puede estimar el error de posición del rotor del rotor del motor síncrono de imán permanente, los parámetros del motor del motor síncrono de imán permanente en el actual proceso operativo pueden así ser estimados basándose en el error estimado de posición del rotor, y la operación del motor síncrono de imán permanente es por lo tanto controlada basándose en los parámetros del motor estimados que más de acuerdo están con el actual estado operativo para así mejorar la eficiencia energética del motor del dispositivo de aire acondicionado y reducir el ruido de la operación del motor.

25 Las soluciones técnicas específicas de las realizaciones de la invención se describen con detalle a continuación con referencia a las figuras anejas. La estructura interna del dispositivo de aire acondicionado proporcionada por la realización de la invención, como se muestra en la Figura 1, comprende un módulo 101 de control principal, un módulo 102 de almacenamiento de parámetros, y un medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente.

30 En donde el módulo 101 de control principal puede estar específicamente hecho de una CPU (Unidad de Procesamiento Central) un DSP (Procesador de Señales Digitales), un FPGA (Disposición de Puertas de Campo Programable), un microcomputador de un único microcircuito, un microcontrolador, etc. Por ejemplo, el módulo 101 de control principal incluye un microcircuito upd0524A (Nippon Electric Company).

35 El módulo 101 de control principal se usa para recibir instrucciones de usuario y controlar las operaciones de los respectivos componentes en el dispositivo de aire acondicionado basándose en las instrucciones de usuario para así realizar las diversas funciones del dispositivo de aire acondicionado, por ejemplo la función de refrigeración, la función de calentamiento, etc.

40 El módulo 102 de almacenamiento de parámetros se usa para almacenar los parámetros iniciales del motor escritos previamente. Específicamente, el módulo 102 de almacenamiento de parámetros puede ser un dispositivo de almacenamiento no volátil, por ejemplo, un EEPROM (Memoria ROM Borrable Programable Eléctricamente), un FLASH, etc. Los parámetros iniciales del motor están escritos en el módulo 102 de almacenamiento de parámetros previamente como valores fijados del parámetro.

45 El módulo 101 de control principal puede controlar la operación o parada del motor síncrono de imán permanente del compresor por medio del medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente en el proceso de conseguir las diversas funciones del dispositivo de aire acondicionado, es decir, el módulo 101 de control principal envía una instrucción de operación del motor y los parámetros iniciales del motor al medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente en el proceso de controlar la operación del dispositivo de aire acondicionado después de obtener los parámetros iniciales del motor del módulo 102 de almacenamiento de parámetros, y el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente controlan el motor síncrono de imán permanente del compresor para operar después de recibir la instrucción de operación del motor enviada por el módulo 101 de control principal. Si el módulo 50 101 de control principal transmite una instrucción de parada del motor al medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente, el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente controla el motor síncrono de imán permanente del compresor para parar la operación después de recibir la instrucción de parada del motor transmitida por el módulo 101 de control principal.

El módulo 101 de control principal y el módulo 102 de almacenamiento de parámetros pueden comunicarse entre sí por medio de una barra colectora en serie, por ejemplo, una barra colectora IIC (Circuitos Inter Integrados), y el módulo 101 de control principal y el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente pueden comunicarse entre sí por medio de una barra colectora en paralelo o en serie, por ejemplo una barra colectora SCI (Interfaz de Comunicación en Serie).

El diagrama de fluidos del método para controlar el motor por el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente, mostrado en la Figura 2, comprende los siguientes pasos:

S201: control de la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros iniciales del motor.

El medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente controla el motor síncrono de imán permanente para comenzar a operar basándose en los parámetros iniciales del motor transmitidos por el módulo 101 de control después de recibir la instrucción de operación del motor enviada por el módulo 101 de control principal.

S202: estimación del error del ángulo de la posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas del motor síncrono de imán permanente después del comienzo de la operación del motor síncrono de imán permanente.

Para ser específico, el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente, después de controlar el motor síncrono de imán permanente para empezar a operar, muestrea la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente, y estima el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas del motor síncrono de imán permanente.

S203: estimación de los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición del rotor.

Como el error de la resistencia del estator del motor y el error del flujo magnético del motor en los parámetros del motor tienen un efecto importante sobre el control de la operación del motor síncrono de imán permanente, la estimación de los parámetros actuales del motor principalmente incluye la estimación del valor de la resistencia actual del estator del motor y el valor del flujo magnético del motor actual, es decir, los parámetros actuales del motor

estimados incluyen un valor \hat{R} estimado de la resistencia del estator del motor actual y valor estimado $\hat{\phi}_m$ del flujo magnético actual del motor.

Después de la estimación por el medios 103 de control del motor síncrono de imán permanente del error del ángulo de la posición del rotor del motor síncrono de imán permanente, los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente estimados basándose en el error del ángulo de posición del rotor incluyen un valor \hat{R} estimado

de la resistencia del estator del motor actual y valor estimado $\hat{\phi}_m$ del flujo magnético actual del motor.

S204: control de la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros estimados del motor actuales.

Particularmente, el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente sustituye los parámetros iniciales del motor por los parámetros actuales del motor, es decir, sustituyendo el valor inicial R_0 de la resistencia del estator del

motor por el valor estimado \hat{R} y sustituyendo el valor inicial del flujo magnético ϕ^0_m por el valor estimado $\hat{\phi}_m$, para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente usando los parámetros actuales del motor estimados. Esto es, calculando un voltaje vectorial basándose en los parámetros actuales del motor estimados, después convirtiendo el voltaje vectorial en voltajes trifásicos, y aplicando los voltajes trifásicos calculados al motor trifásico del motor síncrono de imán permanente respectivamente para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente. El método para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente usando los parámetros actuales del motor estimados es el mismo que el método para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente usando los parámetros del motor fijados en la técnica anterior, y por lo tanto aquí se omiten bs detalles.

En la aplicación práctica, después del comienzo de la operación del motor síncrono de imán permanente, la estimación de los parámetros actuales del motor por el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente puede ser hecha periódicamente. Es decir, cada vez que se alcanza un período de ajuste T_s , la estimación de los parámetros del motor se realiza basándose en el anterior método en los pasos S202-S203. A continuación, la operación del motor síncrono de imán permanente es controlada usando los parámetros del motor estimados, como el diagrama de flujos específico mostrado en la Figura 3.

S301: control de la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros iniciales del motor, los períodos de estimación $i=0$.

En particular, los parámetros iniciales del motor obtenidos por el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente desde el módulo 101 de control principal puede incluir un valor R_0 y un valor del flujo magnético inicial del

motor ϕ_m^0 .

5 El medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente calcula el voltaje vectorial $V_{\gamma\delta}$ del motor basándose en los parámetros iniciales del motor y la velocidad de rotación deseada del motor para controlar la operación del

motor síncrono de imán permanente. Generalmente hablando, después de convertir el voltaje vectorial $V_{\gamma\delta}$ calculado en voltajes trifásicos, los voltajes trifásicos se aplican a los motores trifásicos del compresor respectivamente para

10 controlar la operación del motor síncrono de imán permanente. Como el cálculo del voltaje vectorial $V_{\gamma\delta}$ basándose en los parámetros iniciales del motor y la velocidad de rotación deseada del motor y el método para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en el voltaje vectorial son los mismos que los de la técnica anterior y son bien conocidos por los expertos en la técnica, por lo que por claridad se omiten los detalles.

S302: estimación del error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente muestreada y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente cuando se alcanza el período fijado T_s .

15 Para ser específico, el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente estiman el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas del motor síncrono de imán permanente cada vez que se alcanza el período fijado T_s por el temporizador.

20 El método para muestrear la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente es bien conocido por los expertos en la técnica y por lo tanto aquí no se más introducen detalles. El ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente puede ser estimado basándose en la corriente y la velocidad de rotación

muestreadas del motor síncrono de imán permanente. Particularmente, la corriente vectorial $i_{\gamma\delta}$ del motor síncrono de imán permanente y la velocidad angular de rotación ω del motor síncrono de imán permanente puede ser determinada por la corriente y la velocidad de rotación muestreadas del motor síncrono de imán permanente. Como

25 el método para determinar $i_{\gamma\delta}$ y ω por la corriente y la velocidad de rotación muestreadas del motor síncrono de imán permanente es bien conocido por los expertos en la técnica, por lo tanto aquí no se introducen más detalles.

En donde la corriente vectorial $i_{\gamma\delta}$ incluye un componente i_γ de un eje γ y un componente de corriente i_δ de un eje δ , es decir, $i_{\gamma\delta} = i_\gamma + j i_\delta$. El error del ángulo de posición $\hat{\theta}_e$ del rotor del motor síncrono de imán permanente puede ser estimado basándose en $i_{\gamma\delta}$ y ω . Por ejemplo, $\hat{\theta}_e$ puede ser estimada basándose en la Fórmula 1:

$$\hat{\theta}_e \approx -p \left[\frac{(R_i - R_0) i_\gamma - (\phi_m^i - \phi_m^0 + \omega \phi_m^0)}{\phi_m^0} \right] \bigg/ \left(K_{p\theta} + \frac{K_{\theta 0}}{p} \right) \quad (\text{Fórmula 1})$$

30 en la Fórmula 1, R_i es el valor estimado de la resistencia del estator del motor en el período i -ésimo; cuando $i=0$, R_i es

el valor inicial R_0 de la resistencia del estator del motor, ϕ_m^i es el valor estimado del flujo magnético en el período

i -ésimo; cuando $i=0$, ϕ_m^i es el valor ϕ_m^0 del flujo magnético inicial del motor, i_γ es un componente real de la corriente

de $i_{\gamma\delta}$; p es un factor diferencial, es decir, $p=d/dt$; $K_{p\theta}$ y $K_{\theta 0}$ son parámetros fijados. Por ejemplo, $K_{p\theta}$ puede ser fijado en 0,15, y $K_{\theta 0}$ puede ser fijado en 0,009.

35 De hecho, la anterior fórmula de estimación, es decir la Fórmula 1, es un método para estimar $\hat{\theta}_e$ omitiendo el efecto del componente de corriente imaginario i_δ de $i_{\gamma\delta}$ en $\hat{\theta}_e$ para simplificar el cálculo. Los expertos en la técnica pueden estimar $\hat{\theta}_e$ con otras fórmulas basándose en los contenidos expuestos por la invención. A continuación, en caso de

no apartarse del principio básico de estimación del error del ángulo de posición $\hat{\theta}_e$ del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y en la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente como en la invención, todos los otros métodos de estimación deberían también ser considerados como estando dentro del alcance de protección de la invención.

- 5 S303: estimación de los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición del rotor.

Específicamente, el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente estima los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición $\hat{\theta}_e$ del rotor como sigue:

- 10 si $\hat{\theta}_e$ es mayor que un límite superior fijado, el valor estimado de la resistencia del estator del motor en el período $(i+1)$ -ésimo $R_{i+1} = R_i - \Delta R$, y el valor estimado del flujo magnético del motor en el período $(i+1)$ -ésimo es $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i - \Delta \phi_m$; en donde ΔR es un valor ajustado de la resistencia fijado previamente, y $\Delta \phi_m$ es un valor ajustado del flujo magnético fijado previamente;

si $\hat{\theta}_e$ es menor que un límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i + \Delta R$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta \phi_m$;

- 15 si $\hat{\theta}_e$ es menor o igual al límite superior fijado, y es mayor o igual al límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i$;

usando R_{i+1} como el valor estimado de la resistencia del estator del motor actual \hat{R} , y usando ϕ_m^{i+1} como el valor estimado actual del flujo magnético del motor $\hat{\phi}_m$.

Los expertos en la técnica pueden fijar el anterior límite superior y el límite inferior de acuerdo con las condiciones actuales, por ejemplo el límite superior puede ser fijado en 0,02 y el límite inferior puede ser fijado en 0,02.

- 20 Los anteriores ΔR y $\Delta \phi_m$ pueden ser fijados basándose en las siguientes Fórmulas 2 y 3:

$$\Delta R = dR \times T_s \quad (\text{Fórmula 2})$$

$$\Delta \phi_m = d\phi_m \times T_s, \quad (\text{Fórmula 3})$$

en donde dR y $d\phi_m$ son parámetros fijados, los cuales son fijados por los expertos en la técnica de acuerdo con las condiciones actuales, por ejemplo se puede fijar $dR = 0,01\Omega/\text{segundo}$, y $d\phi_m = 0,001\text{Wb}/\text{segundo}$.

- 25 S304: controla la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales del motor, añadiendo los períodos de estimación en 1, por ejemplo, $i = i+1$, y después vuelve al paso S302.

Para ser específico, el medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente controla la operación continua del motor síncrono de imán permanente basándose en el valor estimado de la resistencia \hat{R} y el valor estimado actual

- 30 del flujo magnético $\hat{\phi}_m$ del motor, es decir, el voltaje vectorial del motor calculado basándose en los parámetros actuales del motor y la velocidad de rotación deseada del motor, y a continuación la operación del motor síncrono de imán permanente es controlada basándose en el voltaje vectorial calculado. El método para calcular el voltaje vectorial del motor basándose en los parámetros actuales estimados del motor y la velocidad de rotación deseada del motor puede ser la misma como en el método para calcular el voltaje vectorial del motor basándose en los parámetros iniciales del motor y la velocidad de rotación deseada del motor en la técnica anterior, es decir, el voltaje vectorial se calcula sustituyendo los parámetros iniciales del motor por los parámetros estimados actuales del motor, y por lo tanto aquí se omiten detalles.

La anterior fórmula de estimación, es decir la Fórmula 1, puede ser deducida refiriéndose al modelo del observador como se muestra en la Figura 4. Se puede ver desde el modelo del observador mostrado en la Figura 4 que la

deducción del voltaje vectorial $\mathbf{V}_{\gamma\delta}$ del motor síncrono de imán permanente es como sigue:

$$v_{\gamma\delta} = \hat{R}i_{\gamma\delta} + (p + j\hat{\omega})\hat{\lambda}_{\gamma\delta} + j\hat{\omega}\hat{\phi}_m + (\alpha - j\hat{\omega})\Delta\lambda_{\gamma\delta} \quad (\text{Fórmula 4})$$

en donde

$$\Delta\lambda_{\gamma\delta} = \hat{\lambda}_{\gamma\delta} - (L_d i_\gamma + jL_q i_\delta) \quad (\text{Fórmula 5})$$

$$\hat{\lambda}_{\gamma\delta} = \hat{L}_d \hat{i}_\gamma + j\hat{L}_q \hat{i}_\delta \quad (\text{Fórmula 6})$$

$$\lambda_{\gamma\delta} = (L_d i_\gamma + jL_q i_\delta) + \frac{L_q - L_d}{2} (i_\gamma - j i_\delta) (1 - e^{-j2\theta_e}) \quad (\text{Fórmula 7})$$

la siguiente fórmula puede ser deducida basándose en las anteriores Fórmulas 4-7:

$$\Delta\lambda_{\gamma\delta} = \frac{p + j\hat{\omega}}{p + \alpha} \left\{ \hat{\phi}_m (1 - e^{-j\theta_e}) - \frac{L_q - L_d}{2} (i_\gamma - j i_\delta) (1 - e^{-j2\theta_e}) \right\} - \frac{j\hat{\omega}(\hat{\phi}_m - \phi_m) + (\hat{R} - R)i_{\gamma\delta}}{(p + \alpha)} \quad (\text{Fórmula 8})$$

la siguiente fórmula puede además ser deducida basándose en el modelo del observador mostrado en la Figura 4:

$$\hat{\theta}_e = -\frac{1}{\hat{\phi}_m} \frac{p + \alpha}{p + \hat{\omega}} \left\{ \text{Im}(\Delta\lambda_{\gamma\delta}) - \hat{\omega} \text{Re}(\Delta\lambda_{\gamma\delta}) \right\} \quad (\text{Fórmula 9})$$

como $\frac{L_q - L_d}{2} (i_\gamma - j i_\delta) (1 - e^{-j2\theta_e})$ es mucho menor que $\hat{\phi}_m (1 - e^{-j\theta_e})$, puede no ser tenido en cuenta, y después de no ser tenido en cuenta, se puede deducir la siguiente fórmula (aquí se omite el proceso de deducción específico):

$$\hat{\theta}_e = -\frac{1}{\hat{\phi}_m} \frac{p + \alpha}{p + \hat{\omega}} \left\{ \text{Im}(\Delta\lambda_{\gamma\delta}) - \hat{\omega} \text{Re}(\Delta\lambda_{\gamma\delta}) \right\} \quad (\text{Fórmula 10})$$

$$\approx \frac{\phi_m}{\hat{\phi}_m} \theta_e - \frac{\hat{\omega}(\hat{R} - R)i_\gamma - (\hat{R} - R)i_\delta - \hat{\omega}(\hat{\phi}_m - \phi_m)}{\hat{\phi}_m (p + \hat{\omega})}$$

En la Figura 10 se puede ver que para hacer que los errores de los ángulos $\hat{\theta}_e$ y $\hat{\theta}_e$ se aproximen a 0 para así mejorar la eficiencia energética del motor y reducir el ruido de la operación del motor, se requiere que sean ajustados el valor estimado \hat{R} de la resistencia del estator y el valor $\hat{\phi}_m$. Basándose en este principio se puede obtener la anterior fórmula de estimación de la Fórmula 1.

Los significados de los respectivos parámetros o símbolos en las anteriores Fórmulas 4-10 son como sigue:

α : la frecuencia angular de corte del observador;

L_d L_q : las inductancias del eje d y del eje q del motor síncrono de imán permanente;

ϕ_m : el flujo magnético del motor del motor síncrono de imán permanente;

P : el factor diferencial, $p = d/dt$;

$\hat{\omega}$: la frecuencia de la velocidad angular síncrona del eje $\gamma\delta$ del motor síncrono de imán permanente:

$\hat{\cdot}$: el símbolo del valor estimado.

5 El diagrama de bloques de la estructura del medio 103 de control del motor síncrono de imán permanente proporcionados por la realización de la invención, como se muestra en la Figura 5, comprende: un módulo 501 de control y un módulo 502 de recogida de información del motor.

El módulo 501 de control del motor controla el motor síncrono de imán permanente que comience a operar basándose en los parámetros iniciales del motor transmitidos por el módulo 101 de control principal después de recibir la instrucción de operación del motor transmitida por el módulo 101 de control principal.

10 El módulo 502 de recogida de información del motor se usa para muestrear y recoger la información de la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente durante la operación del motor síncrono de imán permanente.

15 El módulo 501 de control del motor, durante la operación del motor síncrono de imán permanente, estima el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la información de la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente recogida por el módulo 502 de recogida de información del motor; estima los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición estimado del rotor; y controla la operación continua del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales estimados del motor.

20 El módulo 501 de control del motor puede específicamente ser una CPU, un DSP, una FPGA, un microcomputador de un único microcircuito, un microcontrolador, etc poner en práctica su algoritmo interno o función lógica. Por ejemplo, el módulo 501 de control del motor puede ser un microcircuito upd78f16f41 NEC.

El módulo 501 de control del motor comprende específicamente una unidad 511 de control del motor, una unidad 512 de estimación del error del ángulo de posición del rotor, y una unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor.

25 La unidad 511 de control del motor se usa para controlar que el motor síncrono de imán permanente comience a operar basándose en los parámetros iniciales del motor transmitidos por el módulo 101 de control principal después de recibir la instrucción de operación del motor transmitida por el módulo 101 de control principal. Los parámetros

30 iniciales del motor específicamente incluyen un valor inicial R_0 de la resistencia del estator del motor y un valor ϕ^0_m del flujo magnético inicial del motor. Particularmente, la unidad 511 de control calcula el voltaje vectorial del motor basándose en los parámetros iniciales del motor y la velocidad de rotación deseada del motor, y controla la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en el voltaje vectorial calculado.

La unidad 512 de estimación del error del ángulo de posición del rotor se usa para estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas por el módulo 502 de recogida de información del motor, y transmitir el error del ángulo de posición del rotor estimado a la unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor.

35 Para ser específico, con respecto al período fijado T_s del temporizador, la unidad 512 de estimación del error de la posición del rotor obtiene la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas a partir del módulo 502 de recogida de información del motor y estima el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación obtenidas, y a continuación transmite el error estimado del ángulo de posición del rotor a la unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor cada vez que se alcanza el período fijado T_s del temporizador.

40 El método para estimar por la unidad 512 de estimación del error del ángulo de posición del rotor el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente es el mismo que el método en el anterior paso S302, es decir la corriente vectorial $\hat{i}_{\gamma\delta}$ y la velocidad angular de rotación $\hat{\omega}$ del motor síncrono de imán permanente puede ser determinada basándose

45 en la corriente y velocidad de rotación recogidas del motor síncrono de imán permanente; y el error del ángulo $\hat{\theta}_e$ de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente puede ser estimado basándose en $\hat{i}_{\gamma\delta}$ y $\hat{\omega}$. Para ser específico, el error del ángulo $\hat{\theta}_e$ de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente puede ser estimado basándose en la anterior Fórmula 1.

50 La unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor se usa para recibir el error del ángulo de posición del rotor estimado por la unidad 512 de estimación del error de posición del rotor y estimando los parámetros actuales del motor

del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición estimado por la unidad 512 de estimación del ángulo de posición del rotor; y transmitir los parámetros actuales del motor a la unidad 511 de control del motor.

5 El método para estimar los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo $\hat{\theta}_e$ de posición estimado del rotor del motor síncrono de imán permanente por la unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor puede ser el mismo que el método del anterior paso S303.

Particularmente, los parámetros actuales del motor estimados del motor síncrono de imán permanente incluyen un valor estimado \hat{R} de la resistencia del estator del motor y un valor estimado $\hat{\phi}_m$;

la unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor que juzga el valor de $\hat{\theta}_e$;

10 si $\hat{\theta}_e$ es menor que un límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i + \Delta R$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta\phi_m$;

si $\hat{\theta}_e$ es menor o igual a un límite superior fijado, y es mayor o igual al límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i$;

la unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor que usa R_{i+1} como el valor \hat{R} estimado de la resistencia actual del estator del motor, y usa ϕ_m^{i+1} como el valor estimado del flujo magnético actual del motor $\hat{\phi}_m$.

15 R_{i+1} es el valor estimado de la resistencia del estator del motor en el período $(i+1)$ -ésimo, ϕ_m^{i+1} es el valor estimado del flujo magnético del motor en el período $(i+1)$ -ésimo, R_i es el valor estimado de la resistencia del estator del motor en el período i -ésimo, ϕ_m^i es el valor del flujo magnético del motor estimado en el período i -ésimo, ΔR es un valor ajustado de la resistencia fijado previamente, y $\Delta\phi_m$ es un valor ajustado del flujo magnético fijado previamente.

20 La unidad 511 de control del motor controla la operación continua del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales del motor estimados después de recibir los parámetros actuales del motor estimados por la unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor. Para ser específico, la unidad 511 de control del motor calcula el voltaje vectorial del motor basándose en los parámetros actuales del motor estimados por la unidad 513 de estimación del parámetro actual del motor y la velocidad de rotación deseada del motor, y controla la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en el voltaje vectorial calculado.

25 En las soluciones técnicas de las realizaciones de la invención, el dispositivo de aire acondicionado, en el proceso de control de la operación del motor síncrono de imán permanente del compresor, estima el error del ángulo de posición del rotor basándose en la información de retroalimentación de la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente. Además, cuanto menor sea el error del ángulo de posición del rotor del motor, mayor será la eficiencia energética del motor síncrono de imán permanente, y menor será el ruido del rotor. Por lo tanto, se puede determinar si los parámetros actuales del motor usados para controlar la operación del motor síncrono de imán permanente están basados apropiadamente en el error del ángulo de posición del rotor estimado. Si los parámetros del motor no son apropiados, los parámetros del motor se ajustarán apropiadamente. Esto es, la operación del motor síncrono de imán permanente es controlado usando los parámetros actuales del motor estimados para conseguir el objetivo de reducir el error del ángulo de posición del rotor, y así mejorar la eficiencia energética de la operación del motor del dispositivo de aire acondicionado y reducir el ruido de la operación del motor. Por ejemplo, cuando el error del ángulo de posición del rotor es demasiado grande, la resistencia del estator en los parámetros actuales del motor se ajusta para que sea menor, y el flujo magnético del motor en los parámetros actuales del motor se ajusta para ser menor, y cuando el error del ángulo de posición del rotor es demasiado pequeño, la resistencia del estator en los parámetros actuales del motor se ajustan para ser mayores y el flujo magnético del motor en los parámetros actuales del motor se ajusta para que sea mayor.

40 Además, el dispositivo de aire acondicionado de la realización de la invención facilita más la reparación y el mantenimiento después de la venta del producto. En donde, el dispositivo de aire acondicionado puede ser una serie de productos del dispositivo de aire acondicionado y puede usar compresores de modelos diferentes, es decir, motores síncronos de imán permanente de los diferentes modelos.

Con respecto al método para controlar el motor síncrono de imán permanente en la técnica anterior se requiere escribir los parámetros iniciales del motor que corresponden al motor del modelo particular en el módulo de almacenamiento de parámetros del dispositivo de aire acondicionado con respecto a los motores síncronos de imán permanente de los diferentes modelos. Si los parámetros iniciales del motor escritos en el módulo de almacenamiento de los parámetros de un dispositivo de aire acondicionado no se corresponden con el motor instalado en dicho dispositivo de aire acondicionado, puede ser que el motor funcione ineficientemente o que incluso se dañe. Además, en caso de que el módulo de almacenamiento de parámetros en el dispositivo de aire acondicionado resulte dañado, el personal de mantenimiento debe primeramente averiguar el modelo del motor instalado en un dispositivo de aire acondicionado, y después buscar un módulo de almacenamiento de parámetros que corresponda al motor de este modelo para realizar la sustitución, lo cual hace que el trabajo de reparación y mantenimiento sea más fácil e inconveniente. Las diferencias entre los parámetros del motor de cuatro tipos de compresores se muestran en la Tabla 1 que viene a continuación.

Tabla 1

Número de serie	Items	Compresor A	Compresor B	Compresor C	Compresor D
1	Resistencia R del estator	4500	6500	3700	7270
2	Valor constante L_d de la inductancia del eje D	77	164	96	45
3	Valor constante L_d de la inductancia del eje Q	110	200	196	83
4	Flujo magnético permanente ϕ_m	113	153	108	104

De acuerdo con las soluciones técnicas de las realizaciones de la invención, después del comienzo del motor, los parámetros se ajustarán y se estimarán automáticamente basándose en la información muestreada y recogida. Los parámetros estimados del motor están más cerca de los parámetros reales del motor. Por lo tanto, incluso si el error de los parámetros iniciales del motor es comparativamente grande, después de varios períodos de ajuste, los parámetros estimados del motor se aproximarán gradualmente a los parámetros reales del motor, y los parámetros iniciales del motor ya no tendrán efecto sobre la operación del motor. Por lo tanto, incluso si el error de los parámetros iniciales del motor escritos en el módulo de almacenamiento de parámetros es comparativamente grande, el motor no será obligado a operar ineficientemente o incluso a ser dañado, y el motor mantiene todavía comparativamente una alta eficiencia energética y comparativamente un ruido bajo. Es decir, con respecto a los motores de diferentes modelos, los valores iniciales de los parámetros escritos en el dispositivo de aire acondicionado pueden ser los mismos. Por ejemplo, los cuatro tipos diferentes de compresores mostrados en la tabla anterior pueden usar los mismos parámetros iniciales, por ejemplo, usando un conjunto de parámetros del motor de un valor de la resistencia entre el máximo y el mínimo de la resistencia del estator y un flujo magnético permanente entre el máximo y el mínimo del flujo magnético permanente, es decir, los parámetros del compresor A, para servir como los parámetros iniciales del motor para ser escritos en el módulo de almacenamiento de parámetros. Todos los dispositivos de aire acondicionado en los que estos cuatro tipos diferentes de compresores están instalados pueden usar el mismo módulo de almacenamiento de parámetros en lugar de módulos de almacenamiento de parámetros diferente de parámetros iniciales de motor diferentes. Por lo tanto, así se facilita en gran medida la gestión del dispositivo de aire acondicionado y la reparación del dispositivo de aire acondicionado.

Los expertos en la técnica pueden comprender que todos o partes de los pasos en los métodos en las anteriores realizaciones pueden conseguirse instruyendo el soporte físico por un programa, y el programa puede ser almacenado en un medio de almacenamiento legible, por ejemplo un ROM/RAM, un disco, un disco óptico, etc.

El anterior contenido es solamente las realizaciones preferidas de la invención. Se debería mencionar que los expertos en la técnica pueden hacer algunas mejoras y modificaciones no apartándose del principio de la invención, y estas mejoras y modificaciones deberían también ser consideradas como estando dentro del alcance de la protección de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de aire acondicionado, que comprende:

un módulo (102) de almacenamiento de parámetros que almacena los parámetros iniciales del motor escritos previamente;

5 un módulo (101) de control principal que obtiene los parámetros iniciales del motor a partir del módulo de almacenamiento de parámetros; y que transmite una instrucción de operación del motor y los parámetros iniciales del motor durante el control de la operación del dispositivo de aire acondicionado;

un medio (103) de control del motor síncrono de imán permanente para comenzar a operar basándose en los parámetros iniciales del motor transmitidos por el módulo (101) de control principal después de recibir la instrucción de operación del motor transmitida por el módulo de control principal; y después del comienzo de la operación del motor síncrono de imán permanente, estimar un error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en una corriente muestreada y una velocidad de rotación muestreada del motor síncrono de imán permanente; estimar los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición estimado del rotor, y controlar la operación continua del motor síncrono de imán permanente del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros estimados actuales del motor, caracterizado por que los parámetros iniciales del motor incluyen un valor R_0 de la resistencia inicial del estator del

10 motor y un valor ϕ^0_m del flujo magnético inicial del motor; y los parámetros estimados actuales del motor incluyen un valor estimado \hat{R} del resistencia del estator del motor y un valor estimado $\hat{\phi}_m$ del flujo magnético actual del motor, y en donde una unidad (512) de estimación del error del ángulo de posición del rotor que estima el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas por un módulo (502) de recogida de información del motor es específicamente como sigue:

la unidad (512) de estimación del error del ángulo de posición del rotor determina una corriente vectorial $\hat{i}_{\gamma\delta}$ y una velocidad de rotación angular ω del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente; y estimar el error del ángulo de posición $\hat{\theta}_e$ del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en $\hat{i}_{\gamma\delta}$ y ω .

2. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el medio de control del motor síncrono de imán permanente comprende:

El módulo (502) de recogida de información del motor que muestrea y recoge la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente después del comienzo de la operación del motor síncrono de imán permanente;

un módulo (501) de control del motor que controla el motor síncrono de imán permanente para comenzar a operar basándose en los parámetros iniciales del motor después de recibir la instrucción de operación del motor; y después del comienzo de la operación del motor síncrono de imán permanente, estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación del motor síncrono de imán permanente muestreadas y recogidas por el módulo de recogida de información del motor;

estimar los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error de posición estimado del rotor en los parámetros actuales del motor estimados.

3. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que el módulo de control del motor comprende:

40 una unidad (511) de control del motor que controla el motor síncrono de imán permanente para comenzar a operar basándose en los parámetros iniciales del motor del motor del motor síncrono de imán permanente;

una unidad (512) de estimación del error del ángulo de posición del rotor que estima el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas por el módulo de recogida de información del motor; y transmitir el error del ángulo de posición estimado del rotor:

una unidad (513) de estimación del parámetro actual del motor que recibe el error del ángulo de posición del motor estimado por la unidad de estimación del error del ángulo de posición del rotor y que estima los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición estimado por la unidad de estimación del error del ángulo de posición del rotor; y

transmitir los parámetros estimados actuales del motor a la unidad de control del motor;

controlando la unidad de control del motor la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales del motor estimados después de recibir los parámetros actuales del motor estimados por la unidad de estimación del parámetro actual del motor.

5 4. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que la unidad de estimación del error del ángulo de posición del rotor se usa para, cada vez que se alcanza un período fijado estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas por el módulo de recogida de información del motor; y transmitir el error estimado del ángulo de posición del rotor.

10 5. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la unidad de estimación del parámetro actual del motor que estima los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición del rotor por la unidad de estimación del error del ángulo de posición del rotor es específicamente como sigue:

la unidad de estimación del parámetro actual del motor que juzga el valor de $\hat{\theta}_e$;

15 si $\hat{\theta}_e$ es menor que un límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i + \Delta R$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta\phi_m$;

si $\hat{\theta}_e$ es menor o igual a un límite superior fijado, y es mayor o igual al límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i$;

la unidad de estimación del parámetro actual del motor usando R_{i+1} como el valor \hat{R} estimado de la resistencia actual

del estator del motor, y usando ϕ_m^{i+1} como el valor estimado del flujo magnético actual del motor $\hat{\phi}_m$,

20 en donde R_{i+1} es el valor estimado de la resistencia del estator del motor en el período $(i+1)$ -ésimo, ϕ_m^{i+1} es el valor estimado del flujo magnético del motor en el período $(i+1)$ -ésimo, R_i es el valor estimado de la resistencia del estator del

motor en el período i -ésimo, ϕ_m^i es el valor estimado del flujo magnético del motor en el período i -ésimo, ΔR es un valor ajustado de la resistencia fijado previamente, y $\Delta\phi_m$ es un valor ajustado del flujo magnético fijado previamente.

6. Un método para controlar un motor síncrono de imán permanente, que comprende:

25 estimar un error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en una corriente y velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente después del comienzo de la operación del motor síncrono de imán permanente (S202);

estimar los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición estimado del rotor (S203);

30 controlar la operación del motor síncrono de imán permanente basándose en los parámetros actuales del motor estimados (S204),

caracterizado por que antes de la operación del motor síncrono de imán permanente, el método comprende además:

obtener los parámetros iniciales del motor del motor síncrono de imán permanente, y controlar el motor síncrono de imán permanente para comenzar a operar usando los parámetros iniciales del motor (S201),

35 en donde los parámetros iniciales del motor y el valor inicial R_0 de la resistencia del estator del motor y un valor ϕ_m^0 del flujo magnético inicial del motor; y

los parámetros actuales del motor estimados incluyen un valor estimado \hat{R} de la resistencia actual del estator del motor y un valor estimado $\hat{\phi}_m$ del flujo magnético actual del motor y la estimación del error del ángulo de posición del

rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en una corriente y una velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente comprende:

5 determinar una corriente vectorial $\hat{i}_{\gamma\delta}$ y una velocidad angular de rotación ω del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y una velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente;

estimar el error del ángulo de posición $\hat{\theta}_e$ del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente vectorial $\hat{i}_{\gamma\delta}$ y la velocidad de rotación angular ω .

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que la estimación del error del ángulo de posición $\hat{\theta}_e$ del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente vectorial $\hat{i}_{\gamma\delta}$ y la velocidad de rotación angular ω incluye:

determinar $\hat{\theta}_e$ basándose en la siguiente Fórmula 1:

$$\hat{\theta}_e \approx -p \left[\frac{(R_i - R_0) i_\gamma - (\phi_m^i - \phi_m^0 + \omega \phi_m^0)}{\phi_m^0} \right] / \left(K_{p\theta} + \frac{K_{l\theta}}{p} \right) \quad (\text{Fórmula 1})$$

en donde en la Fórmula 1 i es los períodos de estimación; R_i es el valor de la resistencia del estator del motor estimado

en el período i -ésimo, cuando $i=0$, R_i es el valor de la resistencia inicial del estator del motor R_0 ; ϕ_m^i es el valor del flujo magnético del motor estimado en el período i -ésimo, cuando $i=0$, ϕ_m^i es el valor del flujo magnético del estator del motor inicial ϕ_m^0 ; i_γ es un componente de la corriente real de $\hat{i}_{\gamma\delta}$; p es un factor diferencial; $K_{p\theta}$ y $K_{l\theta}$ son parámetros fijados; y

la estimación de los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición del motor incluye:

20 si $\hat{\theta}_e$ es mayor que un límite superior fijado, el valor de la resistencia del estator del motor estimado en el período $(i+1)$ -ésimo $R_{i+1} = R_i - \Delta R$, y el valor estimado del flujo magnético del motor en el período $(i+1)$ -ésimo $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta\phi_m$; en donde ΔR es un valor ajustado de la resistencia fijado previamente y

$\Delta\phi_m$ es un valor ajustado del flujo magnético fijado previamente;

si $\hat{\theta}_e$ es menor que un límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i + \Delta R$, y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i + \Delta\phi_m$;

25 si $\hat{\theta}_e$ es menor o igual al límite superior fijado, y es mayor o igual que el límite inferior fijado, $R_{i+1} = R_i$ y $\phi_m^{i+1} = \phi_m^i$;

usando R_{i+1} como el valor estimado de la resistencia del estator del motor actual \hat{R} , y usando ϕ_m^{i+1} como el valor estimado del flujo magnético del motor actual $\hat{\phi}_m$.

8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que ΔR se fija basándose en la siguiente Fórmula 2:

30
$$\Delta R = dR \times T_s \quad (\text{Fórmula 2})$$

el $\Delta\phi_m$ se fija basándose en la siguiente Fórmula 3:

$$\Delta\phi_m = d\phi_m \times T_s \quad (\text{Fórmula 3})$$

en donde T_s es el período fijado, y dR y $d\phi_m$ son unos parámetros fijados.

5 9. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-8, caracterizado por que la estimación del error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en una corriente y velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente; y que estima los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error del ángulo de posición estimado del rotor son específicamente como sigue:

10 estimar el error del ángulo de posición del rotor del motor síncrono de imán permanente basándose en la corriente y la velocidad de rotación muestreadas y recogidas del motor síncrono de imán permanente, y estimar los parámetros actuales del motor del motor síncrono de imán permanente basándose en el error estimado del ángulo de posición del motor cada vez que se alcanza el período fijado.

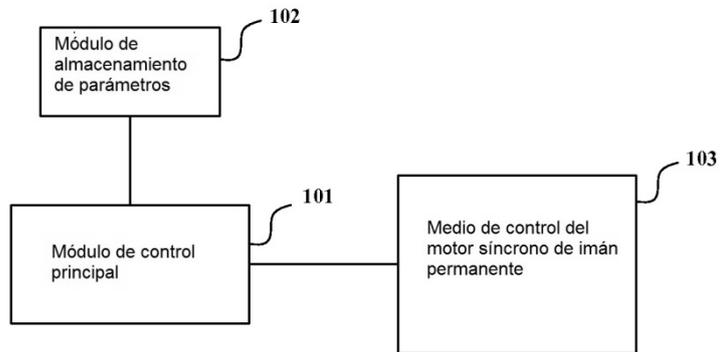


FIG. 1

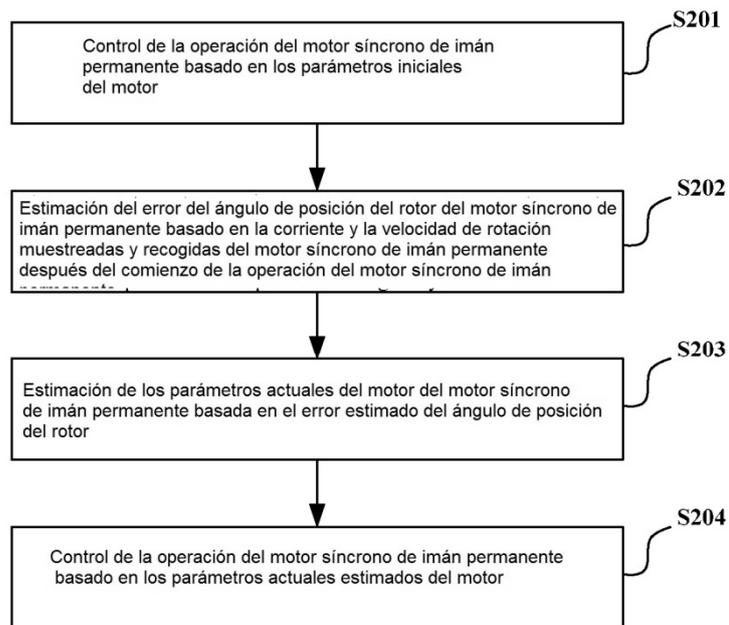


FIG. 2

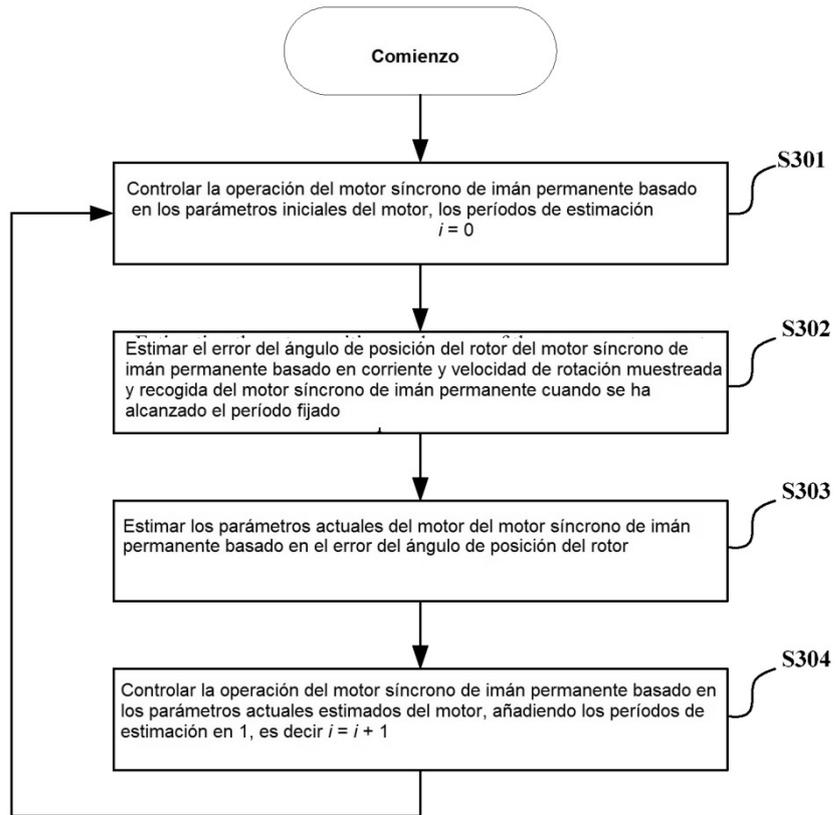


FIG. 3

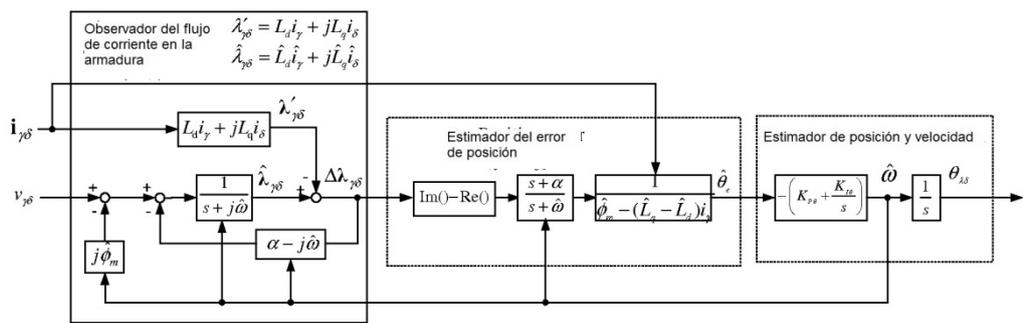


FIG. 4

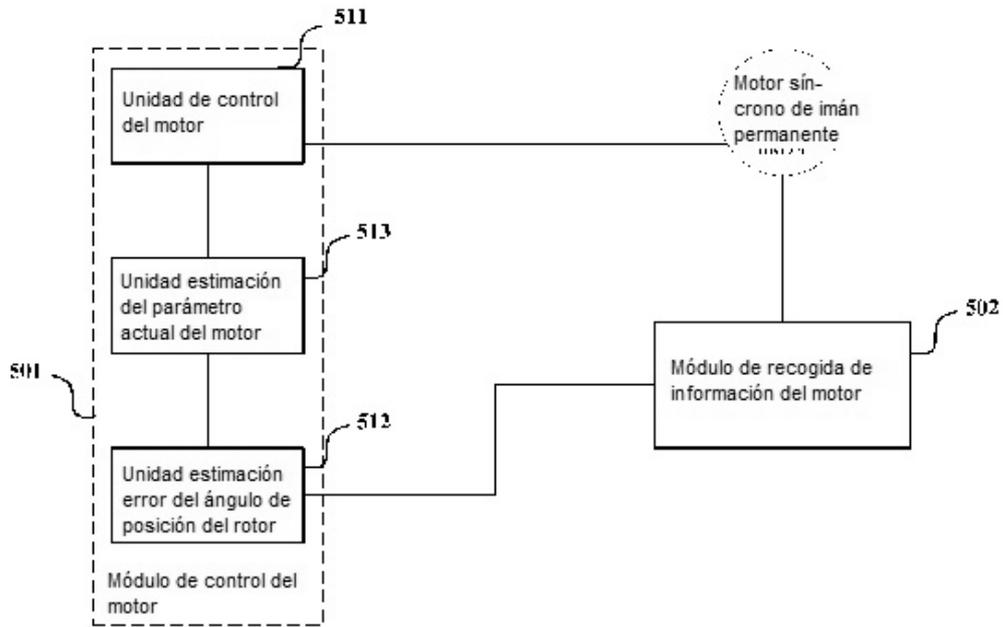


FIG. 5