

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 399**

51 Int. Cl.:

H02P 21/14 (2006.01)

H02P 6/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.10.2015 PCT/EP2015/074612**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2016 WO16066546**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2015 E 15788357 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 3172829**

54 Título: **Procedimiento para determinar una frecuencia de rotor y/o un ángulo de rotor de un rotor de un motor de reluctancia variable, dispositivo de control y disposición de accionamiento**

30 Prioridad:

31.10.2014 EP 14191318

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

29.06.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SINNER, HARALD y
WEIGEL, THILO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 674 399 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

Procedimiento para determinar una frecuencia de rotor y/o un ángulo de rotor de un rotor de un motor de reluctancia variable, dispositivo de control y disposición de accionamiento.

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para determinar una frecuencia de rotor y/o un ángulo de rotor de un rotor de un motor de reluctancia variable. Además de esto la presente invención hace referencia a un dispositivo de control para un convertidor de un motor de reluctancia variable. Por último la presente invención hace referencia a una disposición de accionamiento.

10 El interés se centra de forma evidente en los motores de reluctancia variable, en particular en los motores de reluctancia variable síncronos sin jaula de amortiguación. Los motores de reluctancia variable síncronos de este tipo sin jaula de amortiguación presentan, siempre que se operen con orientación de campo en un convertidor de frecuencia, un grado de eficacia muy alto en especial también en el rango de carga parcial al mismo tiempo que presentan una elevada disponibilidad dinámica. Al contrario que en los motores asíncronos, no existe ninguna constante del rotor en el tiempo que "perturbe" la estructura del flujo dinámico, con lo que el motor de reluctancia variable síncrono ofrece la ventaja de funcionar de forma extremadamente eficiente energéticamente en rangos de carga parcial y con flujos bajos, pero al mismo tiempo ofrecen una buena capacidad de magnetizarse rápidamente cualquier demanda de momentos de carga elevados. La ventaja en el grado de eficacia la consigue el motor de reluctancia variable en primer lugar mediante la eliminación de las pérdidas por rotor, ya que el mismo rota de forma estacionaria sincrónicamente con el campo de giro del estator y no posee ningún tipo de devanado. En comparación con un motor de reluctancia variable de excitación permanente son atractivos sobre todo los costes de producción mucho más ventajosos del motor así como el posible ahorro de costes a la hora de proteger el convertidor.

15 Los dispositivos de control, que presentan por ejemplo unos procesadores de señales potentes, ofrecen hoy en día la posibilidad de modelar las alinealidades características para el motor de reluctancia variable y abordar los complicados algoritmos resultantes. No solo por este motivo se explica el interés actual de la industria por aprovechar las ventajas del motor de reluctancia variable síncrona en unas aplicaciones apropiadas. Uno de los campos de aplicación favorecidos son por ejemplo accionamientos para bombas o ventiladores. Los mismos se accionan normalmente con regulación del número de revoluciones y poseen unos tiempos de recorrido extendidos, con lo que se obtiene un elevado potencial de ahorro de energía. Los motores de reluctancia variable de este tipo están configurados por motivos de costes en la mayoría de los casos sin un sensor, que pueda medir la situación del número de revoluciones y/o de conmutación. En especial en el caso de los ventiladores es necesario conectarse al motor de reluctancia variable que está girando, y así "capturar" el accionamiento y volver a la potencia de alimentación prefijada. Al conectarse al motor de reluctancia variable síncrono que gira o rota el convertidor debe posicionarse de forma correcta en cuanto a giro y a su con relación a la posición del rotor. Al contrario que en los motores síncronos con excitación permanente el rotor solo se compone de hierro (y aire), con lo que no es posible la evaluación habitual del número de revoluciones y de la fase mediante la medición de la fuerza del motor eléctrico.

25 Para la conexión a motores asíncronos que giran y a motores síncronos con excitación permanente sin sensor del número de revoluciones y de la posición existen diversos procedimientos. En los motores asíncronos es suficiente la identificación del número de revoluciones, ya que la fase no es ningún parámetro del motor. Para ello puede aplicarse por ejemplo una corriente con una frecuencia de búsqueda variable prefijada. La búsqueda comienza normalmente a una frecuencia máxima y progresa hasta el cero. El número de revoluciones a identificar del motor se encuentra en el punto de tensión máxima. Asimismo puede usarse un modelo de motor completo, por ejemplo en forma de un modelo observacional. Los mismos tienen un gran rango de captación y se estabilizan a la frecuencia del motor, cuando se alimentan con la tensión real del motor. En los motores síncronos con excitación permanente es necesario determinar el número de revoluciones y la fase. Para ello puede medirse por ejemplo la fuerza del motor eléctrico, que refleja el número de revoluciones y las fases del rotor. Además de esto puede utilizarse un procedimiento de pulsos de prueba, en el que se genera una secuencia de vectores de cero y bloques de pulsos y se evalúan las corrientes pulsantes inducidas.

35 Alternativamente a los procedimientos aquí descritos, en el caso de un motor de reluctancia variable síncrono sería también posible un procedimiento en el que, como en el caso de un motor asíncrono, se utilicen modelos observacionales que posean un gran rango de captación y se estabilicen en fase y ángulo a partir de un valor inicial prefijado.

40 Para ello la publicación "Control sin sensores de motores de reluctancia variable en condiciones operacionales arbitrarias incluyendo paradas" (del inglés "Sensorless control of reluctance machines at arbitrary operating conditions including standstill") de M. Schroedel et al., Transacciones IEEE sobre electrónica de potencia (del inglés IEEE transactions on power electronics), vol. 9, nº 2, 1994, describe un procedimiento para determinar un ángulo del rotor de un motor de reluctancia variable. Para ello pueden ponerse a disposición diferentes vectores de tensión, para determinar las reactancias en los ejes d y q.

El objeto de la presente invención consiste en ofrecer una solución de cómo puede operarse un motor de reluctancia variable de forma más fiable.

5 Este objeto es resuelto mediante un procedimiento, a través de un dispositivo de control y mediante una disposición de accionamiento. Unos modos de realización ventajosos de la presente invención son el objeto de las reivindicaciones dependientes.

Un procedimiento conforme a la invención se usa para determinar una frecuencia del rotor y/o un ángulo del rotor de un motor de reluctancia variable, en donde el motor de reluctancia variable presenta un estator con un devanado de estator y el rotor un núcleo de rotor magnéticamente anisótropo. El procedimiento comprende la aplicación de una secuencia temporal de pulsos de tensión al devanado del estator, la determinación de la secuencia de respuestas temporal resultante de la corriente eléctrica que fluye en el devanado de estator, que se obtiene mediante una secuencia de un flujo magnético generada como consecuencia de los pulsos de tensión en interacción con el núcleo de rotor magnéticamente anisótropo, y la determinación de la frecuencia del rotor y/o del ángulo del rotor en base a la secuencia de respuestas temporal determinada de la corriente eléctrica mediante un dispositivo de control. Además de esto para aplicar la secuencia temporal de pulsos de tensión con un convertidor de frecuencia, en una repetición secuencial, se entregan respectivamente alternativamente un valor de tensión con un valor fijo y un sentido fijo y un bloque de pulsos.

El motor de reluctancia variable está configurado en particular como motor de reluctancia variable síncrono sin jaula de amortiguación. El estator del motor de reluctancia variable presenta en particular un devanado de corriente alterna trifásica. El rotor se compone de una estructura magnéticamente anisotrópica, y en particular el rotor puede presentar unos elementos de barrera de flujo correspondientes, es decir unas zonas llenas de aire, que están dispuestas de tal manera que se obtenga una conductancia magnética dependiente del sentido.

Al devanado del estator se le aplica una secuencia temporal de pulsos de tensión. Por ejemplo para ello puede entregarse mediante un convertidor de frecuencia, en una repetición secuencial, respectivamente alternativamente un valor de tensión con un valor fijo y un sentido fijo y un bloque de pulsos. Como consecuencia de la tensión eléctrica se configura un flujo magnético variable en el tiempo. Este flujo magnético variable en el tiempo conduce a continuación, como consecuencia del núcleo de rotor magnéticamente anisótropo, a una secuencia de respuestas de la corriente en función del ángulo del rotor. La misma está modulada en particular con la información del ángulo de la posición del rotor o del ángulo del rotor.

Esto se basa en el conocimiento de que en el caso de la anisotropía magnética existente del núcleo de rotor un vector espacial de flujo, que progresa con relación al rotor siguiendo una trayectoria circular, conduce en general a una trayectoria elíptica distorsionada de un vector espacial de corriente o vector de corriente. Este vector espacial de corriente puede determinarse en base al desarrollo en el tiempo de la intensidad de la corriente eléctrica. El desarrollo en el tiempo de la intensidad de la corriente eléctrica puede detectarse por ejemplo con un sensor de corriente. El dispositivo de control puede estar diseñado por ejemplo para, en base a la corriente eléctrica medida, determinar el vector espacial de corriente. En base a la geometría del núcleo de rotor y/o de la intensidad de la corriente eléctrica determinada pueden determinarse después las frecuencias de rotor del rotor y/o el ángulo del rotor.

Además de esto se determina la frecuencia del rotor y/o del ángulo del rotor en base a la secuencia de una componente de fase negativa de la corriente eléctrica, que describe la parte de la corriente eléctrica que varía en función del ángulo del rotor. Asimismo para determinar la frecuencia del rotor y/o del ángulo del rotor se determina una componente de fase positiva de la corriente eléctrica, la cual describe la parte de la corriente eléctrica en la que no ocurren cambios en función de una variación del ángulo del rotor.

La trayectoria elíptica de la trayectoria de la corriente, que se obtiene en coordenadas del rotor, se obtiene a partir de la superposición de una componente de fase positiva y una componente de fase negativa. La componente de fase positiva de la corriente está dirigida siempre en el sentido del flujo. La componente de fase negativa de la corriente contiene la información del ángulo del rotor y hace posible por ello determinar la frecuencia del rotor y/o el ángulo del rotor.

En relación con el estator, y con ello desde el punto de vista del vector de flujo que es estacionario en relación al estator, la componente de fase positiva de la corriente aparece como un vector de variables constantes o un desplazamiento de compensación (del inglés offset) en el sentido del flujo. La componente de fase negativa de la corriente aparece como un vector giratorio, y gira con una frecuencia doble del rotor en el sentido de giro del ángulo del rotor que progresa sobre una trayectoria circular. La superposición de ambas componentes desemboca en una trayectoria circular con un desplazamiento de compensación. El desplazamiento de compensación depende junto a los parámetros del motor de la amplitud de activación y puede o bien calcularse, con los parámetros del motor conocidos, o medirse si los parámetros del motor son desconocidos. Con el desplazamiento de compensación conocido puede determinarse de esta manera, a partir de la secuencia medida de la corriente tras descontar el

desplazamiento de compensación, el ángulo del rotor y/o la frecuencia del rotor a partir de la secuencia remanente de la componente de fase negativa.

5 En una forma de realización se procesa, para determinar la frecuencia del rotor y/o el ángulo del rotor, una fase y/o una frecuencia de la corriente eléctrica mediante un bucle de control de fase del dispositivo de control. Un bucle de control de fase de este tipo recibe el nombre de phase-locked-loop (PLL). La alta calidad de la señal a la salida del bucle de control de fase hace posible con ello la determinación directa de la frecuencia del rotor y/o del ángulo del rotor con una alta calidad.

10 En otra forma de realización el dispositivo de control contiene al menos un contador y/o un detector, en un detector de pico, mediante el cual se determina un número de máximos de la corriente eléctrica determinada y/o un intervalo de tiempo entre al menos dos máximos adyacentes del desarrollo en el tiempo de la corriente eléctrica. Un contador (o counter del inglés) correspondiente puede usarse también para determinar el tiempo entre los pasos por cero de corriente de la corriente eléctrica. En base a la posición temporal de los máximos puede determinarse por ejemplo el ángulo del motor. En base al intervalo entre al menos dos máximos adyacentes puede establecerse de forma sencilla la frecuencia del rotor o el número de revoluciones del rotor.

15 En una forma de realización se determinan la frecuencia del rotor y/o el ángulo del rotor con el rotor estacionario o con un rotor que rote con relación al estator. El procedimiento destaca porque la frecuencia del rotor y/o el ángulo del rotor pueden deducirse tanto con el rotor estacionario como con el rotor girando. De esta manera pueden determinarse la frecuencia del rotor y/o el ángulo del rotor con independencia del estado operacional real del motor de reluctancia variable.

20 En una conformación se conecta al motor de reluctancia variable un convertidor en función de la frecuencia del rotor y/ del ángulo del rotor determinados. En base a la frecuencia del rotor determinada y/o al ángulo del rotor determinado puede realizarse la conexión del convertidor al motor de reluctancia variable rotatorio. De esta manera puede conectarse eléctricamente de forma sencilla y fiable, con el número de revoluciones y la fase correctos, al motor de reluctancia variable.

25 Un dispositivo de control conforme a la invención para un convertidor de un motor de reluctancia variable está diseñado para llevar a cabo un procedimiento conforme a la invención. Un dispositivo de control de este tipo puede comprender por ejemplo un procesador de señal correspondiente. En el dispositivo de control puede desarrollarse un código de regulación correspondiente. De este modo puede ponerse a disposición, de forma sencilla y económica, un dispositivo de control para un convertidor de un motor de reluctancia variable.

30 Una disposición de accionamiento conforme a la invención comprende un motor de reluctancia variable, un convertidor que está conectado al motor de reluctancia variable y un dispositivo de control conforme a la invención para controlar el convertidor. El motor de reluctancia variable está configurado por ejemplo como motor de reluctancia variable síncrono sin jaula de amortiguación. El convertidor puede estar configurado en particular como convertidor de frecuencia. Una disposición de accionamiento de este tipo puede utilizarse por ejemplo para bombas
35 o para ventiladores.

Las formas de realización preferidas, presentadas haciendo referencia al procedimiento conforme a la invención, y sus ventajas son válidas de forma correspondiente para el dispositivo de control conforme a la invención y para la disposición de accionamiento conforme a la invención.

40 Se deducen otras características de la invención de las reivindicaciones, de las figuras y de la descripción de las figuras. Todas las características y combinaciones de características anteriormente citadas en la descripción así como las características y combinaciones de características citadas a continuación en la descripción de las figuras y/o mostradas de forma exclusiva en las figuras pueden utilizarse, no solo en la combinación respectivamente expuesta, sino también en otras combinaciones o de forma exclusiva.

45 A continuación se explica con más detalle la invención en base a un ejemplo de realización preferido así como haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Aquí muestran:

la fig. 1 un sistema de coordenadas del rotor de un motor de reluctancia variable, en el que se han representado un vector de corriente y un vector de flujo así como sus trayectorias;

la fig. 2 un sistema de coordenadas del estator del motor de reluctancia variable, en el que se han representado el vector de corriente y el vector de flujo así como sus trayectorias;

50 la fig. 3 el sistema de coordenadas del estator, en el que se han incluido valores de medición para la corriente eléctrica;

la fig. 4 el sistema de coordenadas del estator y el sistema de coordenadas del rotor del motor de reluctancia variable;

la fig. 5 un dispositivo de evaluación de una disposición de accionamiento;

5 la fig. 6 la disposición de accionamiento con el motor de reluctancia variable, un convertidor, un dispositivo de medición y el dispositivo de control; y

la fig. 7 la disposición de accionamiento conforme a la fig. 6 en otra forma de realización.

Se pretenden determinar de forma visible una frecuencia del rotor f y/o un ángulo del rotor ϕ de un motor de reluctancia variable 2. El motor de reluctancia variable 2 está formado en particular como motor de reluctancia variable síncrono sin jaula de amortiguación. El motor de reluctancia variable 2 presenta un estator no representado de forma visible con unos devanados del estator 10 correspondientes. Además de esto el motor de reluctancia variable 2 presenta un rotor no representado aquí, que presenta un núcleo de rotor, que está configurado de forma magnéticamente anisótropo. El núcleo de rotor puede estar formado por un núcleo de chapa y unos elementos de barrera de flujo correspondientes – es decir zonas o escotaduras llenas de aire, con lo que se obtiene la conformación magnéticamente anisótropa. En base a la frecuencia del rotor f determinada y/o en base al ángulo del rotor ϕ determinado puede conectarse en particular un convertidor 6 con el motor de reluctancia variable 2 rotatorio, con el número de revoluciones y la fase correctos.

En la fig. 1 se muestra un sistema de coordenadas del rotor, que presenta el eje d y el eje q . En el sistema de coordenadas del rotor se han representado unas variables físicas del motor de reluctancia variable 2 como un vector en el plano complejo. El eje d muestra la parte real del sistema de coordenadas del rotor y el sentido de la conductancia magnética grande. El eje q muestra la parte imaginaria del sistema de coordenadas del rotor y en el sentido de la conductancia magnética pequeña. En el presente ejemplo de realización el rotor rota con la frecuencia ω . En el sistema de coordenadas del rotor se ha dibujado un flujo magnético ϕ como vector de flujo. El vector de flujo se considera que es estacionario en relación al estator. En el sistema de coordenadas del rotor aparece el flujo ϕ o el vector de flujo, en el caso de considerarse idealmente lineal, girando a la frecuencia $-\omega$ sobre una trayectoria circular.

Mediante el flujo ϕ se produce en el devanado del estator 10 una corriente eléctrica I . El rotor del motor de reluctancia variable 2 o su núcleo de rotor presenta una anisotropía magnética, por lo que el rotor presenta una conductancia magnética en función del sentido. A causa de esta característica un flujo ϕ considerado en progresión sobre una trayectoria circular con relación al rotor produce una trayectoria correspondiente de un vector de corriente, que describe la corriente eléctrica I . La banda de la corriente I o del vector de corriente se obtiene de la conformación geométrica o de la anisotropía magnética del núcleo de rotor. En el presente ejemplo de realización se obtiene, según se contempla el sistema de rotor, una trayectoria elíptica del vector de corriente.

La fig. 2 muestra a continuación los desarrollos conforme a la fig. 1 desde la perspectiva del vector de flujo, es decir en el sistema de coordenadas del estator. El sistema de coordenadas del estator presenta el eje α y el eje β . El eje α muestra la parte real y el eje β muestra la parte imaginaria del sistema de coordenadas del estator. El vector de flujo o el flujo ϕ aparece de forma visible estacionario. El vector de corriente, que describe la corriente eléctrica I , puede descomponerse en una componente de fase positiva I_0 y una componente de fase negativa I' . La componente de fase positiva I_0 está en fase con el flujo ϕ . La componente de fase negativa I' gira en el sentido del rotor que gira a la frecuencia doble 2ω . La variación en el tiempo de la corriente eléctrica I se obtiene a partir de la variación en el tiempo de la componente de fase negativa I' .

La figura 3 muestra una secuencia de valores de medición 5 para la corriente eléctrica I en el sistema de coordenadas del estator. En el motor de reluctancia variable 2 se produce el flujo ϕ por ejemplo como cadenas de pulsos secuenciales de alta frecuencia $\{\phi_k\}$ con sentido constante. En el presente caso se usa la notación entre corchetes para describir una secuencia. Para ello se entrega con un convertidor de frecuencia en una repetición secuencial, respectivamente de forma alternativa, un valor de tensión con un valor fijo y un sentido fijo y un bloque de pulsos $\{U_k, Z_k\}$. Con la tensión aplicada U_k se estructura el vector de flujo, y en el ciclo siguiente se descompone de nuevo el vector de flujo con el bloque de pulsos Z_k aplicado. En una repetición secuencial se lanza por lo tanto de esta manera la cadena de cuasi-pulsos necesaria para el flujo $\{Z_k\}$ en el motor.

En base a los valores de medición 5 se muestra una reproducción de la cadena de pulsos de la corriente del estator $\{I_k\}$. Los valores de medición 5 forman en el sistema de coordenadas del estator una trayectoria circular con un desplazamiento de compensación I_0 hacia el origen O . El desplazamiento de compensación es el resultado de la componente de fase positiva I_0 de la corriente eléctrica I_k . La trayectoria circular contenida es el resultado de la componente de fase indirecta I' y contiene la información del ángulo del rotor ω . En el caso de la componente de

fase positiva I_0 conocida o del desplazamiento de compensación puede determinarse de esta manera, a partir de los valores de medición 5 de la corriente $\{I_k\}$ después de sustraer I_0 , el ángulo del rotor φ y/o la frecuencia del rotor f .

5 El desplazamiento de compensación puede o bien calcularse previamente con los parámetros del motor conocidos o, si no se conocen los parámetros del motor, determinarse previamente mediante un promediado aritmético de los valores de medición 5. Alternativamente puede realizarse una determinación previa mediante la formación del valor medio entre el valor mínimo y el valor máximo de los valores de medición 5.

10 La fig. 4 muestra una representación del vector espacial del motor de reluctancia variable 2. La representación del vector espacial comprende el sistema de coordenadas del estator y el sistema de coordenadas del rotor que rota con relación al sistema de coordenadas de estator. Aquí puede reconocerse que mediante la secuencia de pulsos de tensión $\{U_k, Z_k\}$ se genera un flujo ϕ o un vector de flujo, que es estacionario en relación al estator y presenta un sentido fijo con relación al eje α . Mediante los pulsos de tensión $\{U_k, Z_k\}$ se obtiene una secuencia de vectores de corriente $\{I_k\}$, cuyos valores I_k, I_{k+1}, I_{k+2} están situados sobre un círculo con desplazamiento de compensación. La secuencia de la componente de fase negativa $\{I'_k\} = \{I_k\} - I_0$, que se obtiene después de sustraer de $\{I_k\}$ la compensación I_0 y se ha dibujado en la representación gráfica mediante la unión de los vectores de I_0 para los valores I_k , contiene como se muestra la información del doble del ángulo del rotor φ , y respectivamente, la información del doble de la frecuencia del rotor f .

15 La fig. 5 muestra una representación esquemática de un dispositivo de evaluación 3 para determinar la frecuencia del rotor f y/o de un ángulo del rotor φ . Al dispositivo de evaluación 3 se alimenta la secuencia de respuestas temporal de la corriente eléctrica $\{I_k\}$, que se detecta por ejemplo con un sensor de corriente 7. Además de esto se sustrae de la corriente eléctrica $\{I_k\}$ el desplazamiento de compensación I_0 . De este modo se alimenta la secuencia de la componente de fase negativa $\{I'_k\}$ de la corriente eléctrica $\{I_k\}$ a un bucle de control de fase 4. El bucle de control de fase 4 se sincroniza en particular con la frecuencia de la señal de tensión $\{U_k\}$. Con un dispositivo 11 puede determinarse el perfil angular del desarrollo en el tiempo de la componente de fase negativa $\{I'_k\}$. Además de esto se añade al perfil angular un ángulo de compensación π . Además se lleva a cabo con el dispositivo 2 una disminución del ángulo de corriente y de la frecuencia de corriente en un factor 2. Con el bucle de control de fase 4 pueden determinarse la frecuencia del rotor f y el ángulo del rotor φ .

20 La fig. 6 muestra una disposición de accionamiento 1 en una primera forma de realización. La disposición de accionamiento 1 comprende el motor de reluctancia variable 2. Además de esto la disposición de accionamiento 1 comprende el dispositivo de control 3. La disposición de accionamiento 1 comprende además el convertidor 6, que está configurado en particular como convertidor de frecuencia. El convertidor 6 está conectado eléctricamente al devanado del estator 11. En el presente ejemplo de realización el devanado del estator 1 presenta tres fases. En el devanado del estator 11 se aplican a continuación los pulsos de tensión U_k . Los mismos producen la corriente eléctrica I en el devanado del estator 10, que se detecta mediante el sensor de corriente 7.

25 La fig. 7 muestra la disposición de accionamiento 1 en otra forma de realización. En lugar del bucle de control de fase 4 está previsto un contador 8 correspondiente, que puede determinar el tiempo entre los pasos por cero del desarrollo en el tiempo de la corriente eléctrica I y, de este modo, puede determinar la frecuencia del rotor f . Asimismo está previsto un detector 9, en particular un detector de Máximos / Mínimos, que puede detectar el ángulo del rotor φ o la fase en base a los valores máximos de la corriente eléctrica I .

30 Con las disposiciones de accionamiento 1 conforme a las figs. 6 y 7 pueden determinarse de forma fiable la frecuencia del rotor f y el ángulo del rotor φ . Por ejemplo con una frecuencia de la tensión U_k que sea de 1 kHz, con un periodo de identificación de 50 ms, puede determinarse una frecuencia del rotor f de entre 0 Hz y aprox. ± 100 Hz. Con una frecuencia mayor puede aumentarse el rendimiento.

35 A causa de la baja energía de la señal, el procedimiento para determinar la frecuencia del rotor f y el ángulo del rotor φ casi no produce ruidos y carece de par de giro. Además de esto el convertidor 6 puede conectarse, con el número de revoluciones y la fase correctos, al motor de reluctancia variable 2 que está rotando.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar una frecuencia de rotor (f) y/o un ángulo de rotor (φ) de un rotor de un motor de reluctancia variable (2), en donde el motor de reluctancia variable (2) presenta un estator con un devanado de estator (10) y el rotor con un núcleo de rotor magnéticamente anisótropo, mediante
- 5 - la aplicación de una secuencia temporal de pulsos de tensión (U_k) en el devanado del estator (10),
- la determinación de una respuesta de pulsos secuenciales de una corriente eléctrica (I_k) que fluye en el devanado de estator (10), la cual se produce como consecuencia de los pulsos de tensión (U_k) y de un flujo (ϕ_k) obtenido secuencialmente de los mismos como consecuencia del núcleo de rotor magnéticamente anisótropo, y
- 10 - la determinación de la frecuencia del rotor (f) y/o del ángulo del rotor (φ) en base a la respuesta de pulsos secuenciales de la corriente eléctrica (I_k) mediante un dispositivo de evaluación (3),
- caracterizado porque
- para aplicar la secuencia temporal de pulsos de tensión (U_k) con un convertidor de frecuencia, en una repetición secuencial, se entregan respectivamente alternativamente un valor de tensión con un valor fijo y un sentido fijo y un bloque de pulsos,
- 15- se determina la frecuencia del rotor (f) y/o del ángulo del rotor (φ) en base a la secuencia de una componente de fase negativa (I'_k) de la corriente eléctrica (I_k), que describe la parte de la corriente eléctrica (I_k) que varía en función del ángulo del rotor (φ), y
- para determinar la frecuencia del rotor (f) y/o el ángulo del rotor (φ) se determina una componente de fase positiva (I_o) de la corriente eléctrica (I_k), la cual describe la parte de la corriente eléctrica (I_k) en la que no ocurren cambios en
- 20 función de una variación del ángulo del rotor (φ).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en base a una geometría del núcleo de rotor se determinan adicionalmente la frecuencia de rotor (f) y/o el ángulo del rotor (φ).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se procesa, para determinar la frecuencia del rotor (f) y/o el ángulo del rotor (φ), una fase y/o una frecuencia del desarrollo en el tiempo de la corriente eléctrica (I_k) mediante un bucle de control de fase (4) del dispositivo de control (3).
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el dispositivo de control (3) contiene al menos un contador (8) y/o un detector (9), mediante el cual se determina un número de máximos de la corriente eléctrica (I_k) determinada y/o un intervalo de tiempo entre al menos dos máximos adyacentes del desarrollo en el tiempo de la corriente eléctrica (I_k).
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se determinan la frecuencia del rotor (f) y/o el ángulo del rotor (φ) con el rotor estacionario o con un rotor que rote con relación al estator.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se conecta al motor de reluctancia variable (2) un convertidor (6) en función de la frecuencia del rotor (f) y/o del ángulo del rotor (φ) determinados.
- 35 7. Dispositivo de control (3) para un convertidor (6) de un motor de reluctancia variable (2), que está diseñado para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6.
8. Disposición de accionamiento (1) con un motor de reluctancia variable (2), un convertidor (6) que está conectado eléctricamente al motor de reluctancia variable (2) y un dispositivo de control (3) según la reivindicación 7 para controlar el convertidor (6).

FIG 1

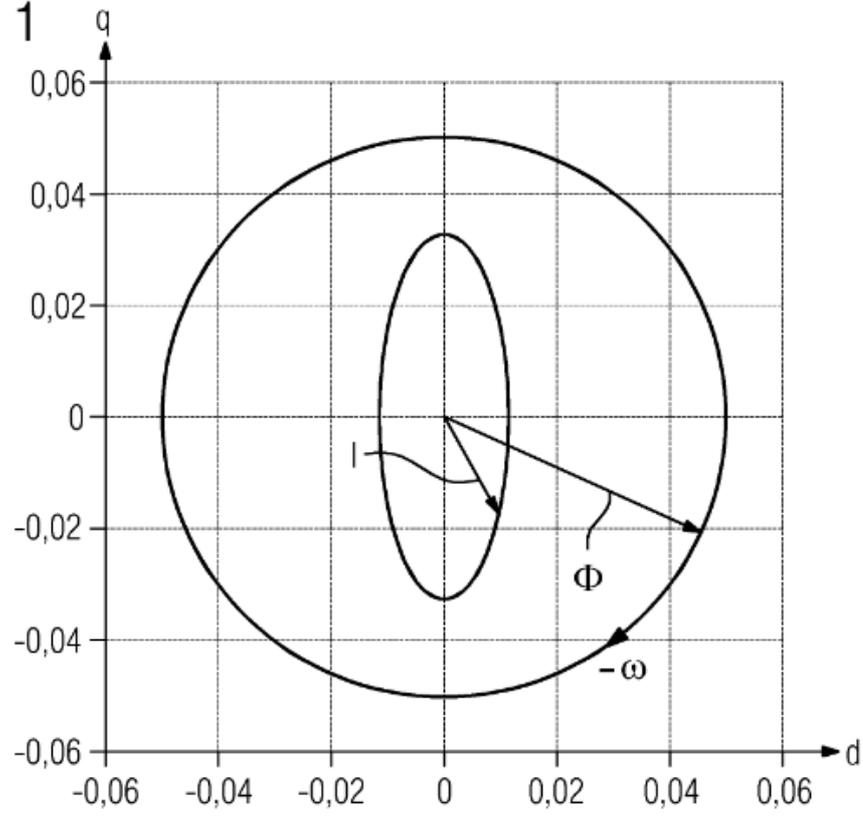


FIG 2

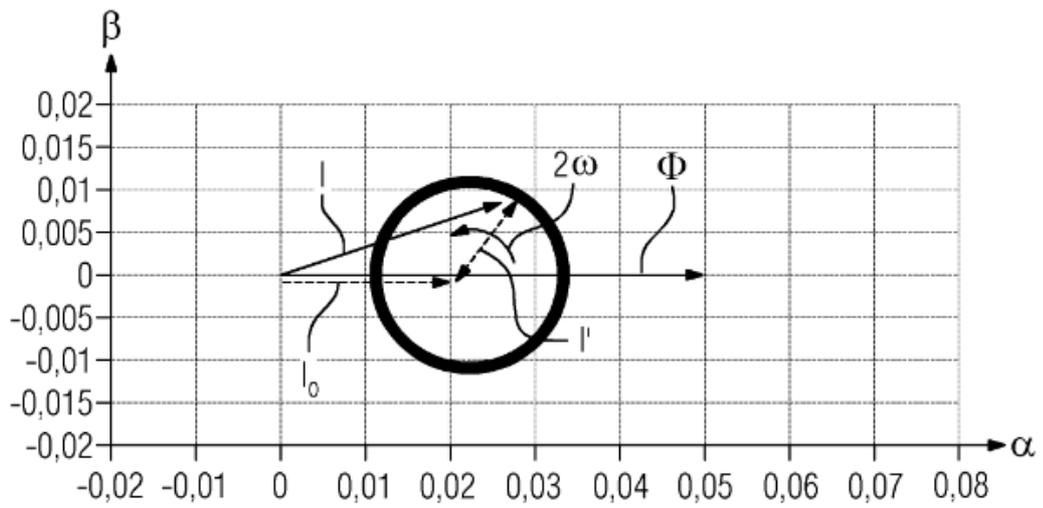


FIG 3

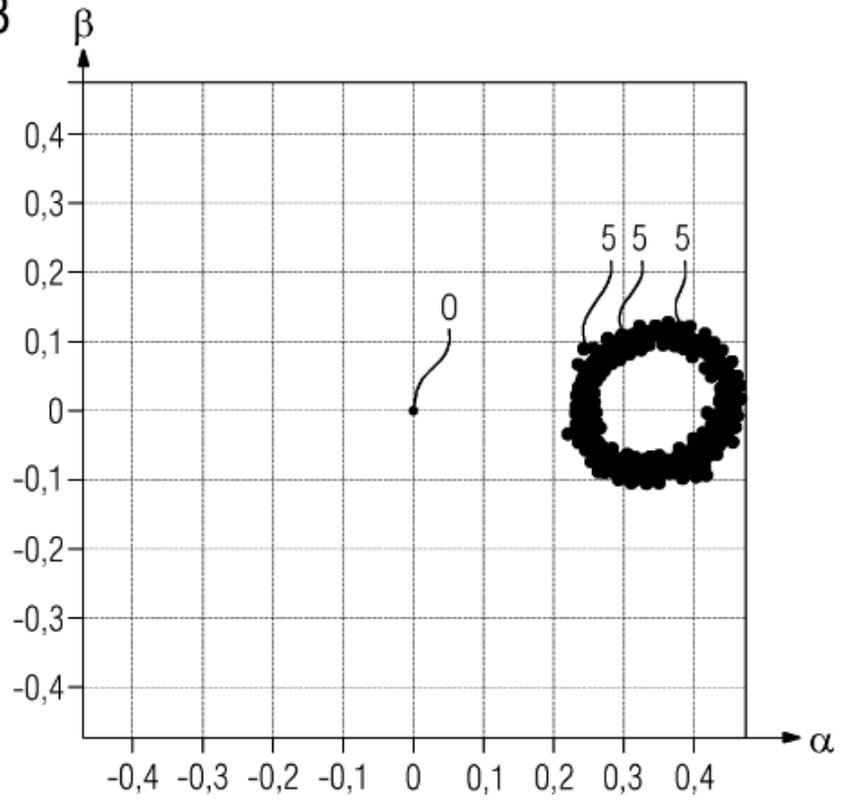


FIG 4

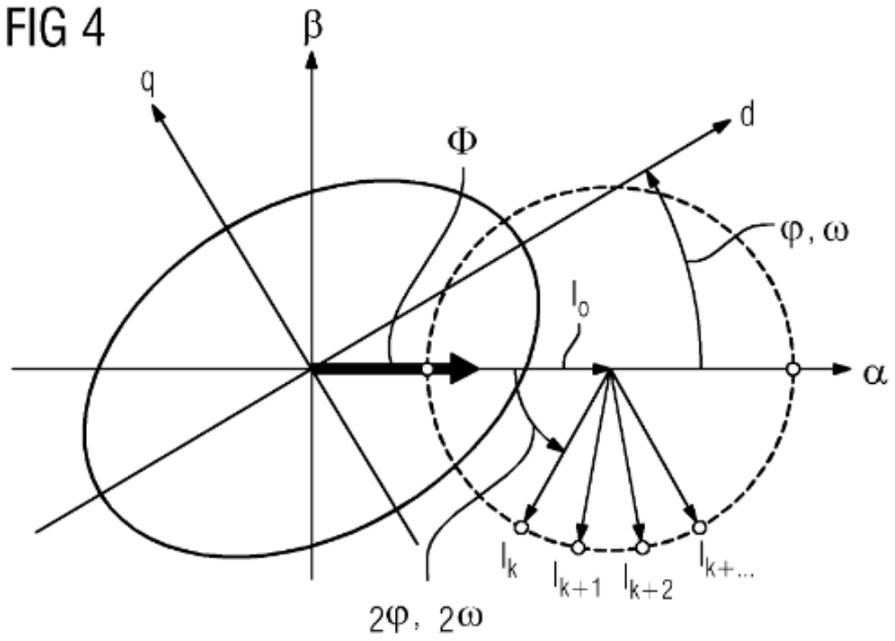


FIG 5

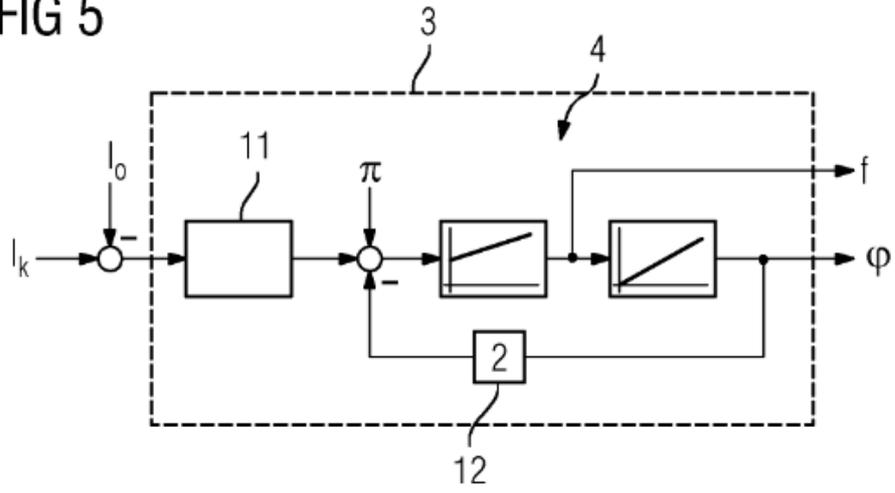


FIG 6

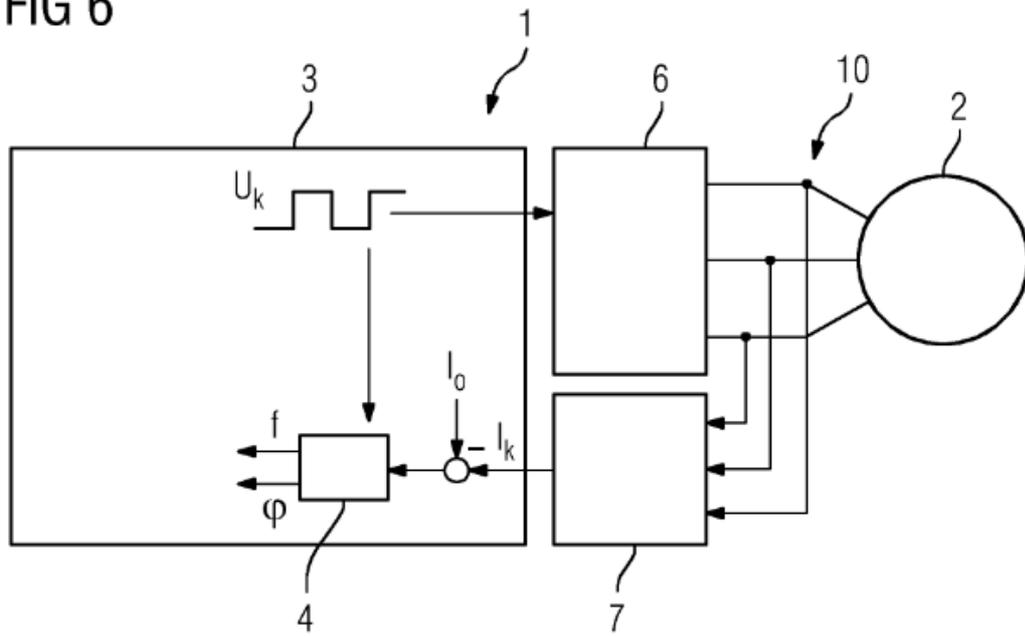


FIG 7

