

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 513**

51 Int. Cl.:

H02M 3/158	(2006.01)
H02P 21/04	(2006.01)
B60L 15/02	(2006.01)
H02P 31/00	(2006.01)
H02P 21/36	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.01.2013 PCT/GB2013/050019**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013 WO13104896**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2013 E 13700345 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 2803136**

54 Título: **Método y aparato para hacer funcionar un sistema de accionamiento eléctrico**

30 Prioridad:

12.01.2012 GB 201200537
16.05.2012 EP 12168324

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.10.2020

73 Titular/es:

MBDA UK LIMITED (100.0%)
Six Hills Way, Stevenage
Hertfordshire SG1 2DA, GB

72 Inventor/es:

LYNN, DAVID, MARK y
KIRKLAND, LEONARD, JAMES

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 788 513 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 hacer funcionar un sistema de accionamiento eléctrico

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de accionamiento eléctrico y en particular a métodos y aparatos para hacer funcionar sistemas de accionamiento eléctrico que incluyen un motor eléctrico. Las realizaciones ejemplares de la invención se refieren a métodos y aparatos para probar un sistema de accionamiento eléctrico.

10

Antecedentes de la invención

El control de un motor síncrono lineal se describe en la solicitud de patente US 2011/0156619.

15 El control de un sistema de frenado regenerativo en un vehículo eléctrico se describe en la patente US 5.583.406.

A menudo se requieren pruebas periódicas de un motor eléctrico durante toda su vida útil para garantizar que se pueda extraer toda su corriente nominal y que todos sus circuitos de accionamiento estén intactos y funcionen correctamente. Algunos servoaccionadores usan motores eléctricos en forma de accionadores eléctricos para convertir energía eléctrica en movimiento mecánico (traslacional o rotacional); por ejemplo, un accionador eléctrico puede conectarse a un tornillo de bola, un brazo de palanca o un mecanismo de cardán. En algunas aplicaciones, es difícil probar las partes eléctricas del tren de transmisión debido a restricciones mecánicas. Ese es el caso, entre otros, en el que no es conveniente el accionamiento mediante un servomotor eléctrico durante la prueba, por ejemplo, porque el movimiento mecánico que produciría el motor durante la prueba eléctrica accionaría un mecanismo único de cualquier tipo, activando, a modo de ejemplo, un mecanismo de bloqueo o desbloqueo irreversible. Si no se puede utilizar corriente nominal completa debido a tales restricciones, solo se pueden realizar pruebas limitadas en tal sistema.

20

Por ejemplo, las aletas de algunos misiles son accionadas por un sistema electromecánico que utiliza un motor de CC sin escobillas alimentado por una batería térmica. Las aletas de los misiles se bloquean mecánicamente cerca de su posición cero hasta un punto poco después del lanzamiento. Durante la secuencia de lanzamiento del misil, antes del desbloqueo de aleta, se requiere que el misil pruebe la activación de la batería térmica de accionador. Los sistemas de la técnica anterior han hecho eso accionando las aletas haciendo frente a un mecanismo de bloqueo de aleta, lo que hace que sea extraída una gran cantidad de corriente, demostrando así que la batería funciona correctamente. Del mismo modo, también pueden requerirse pruebas de potencia del sistema de accionamiento de motor durante las secuencias de prueba incorporadas, que pueden ser, por ejemplo, con una fuente de alimentación externa. En diseños de misiles de la técnica anterior, el mecanismo de bloqueo es un mecanismo de bloqueo pirotécnico, que puede soportar las aletas accionadas durante la prueba. Sin embargo, sería preferible proporcionar un mecanismo de bloqueo con un diseño simple de pasador de seguridad, que sería menos costoso y más fiable; sin embargo, si se usara un pasador de seguridad, no se podría probar el funcionamiento correcto de la activación de la batería térmica y del sistema de accionamiento de motor al accionar los motores haciendo frente al mecanismo, ya que eso podría cortar el pasador de bloqueo. En su lugar, las corrientes utilizadas serían mucho menores que la corriente nominal completa, para reducir el par proporcionado a un nivel lo suficientemente bajo como para evitar el corte del pasador.

30

35

40

Por lo tanto, se necesita un método y un aparato para hacer funcionar un sistema de accionamiento eléctrico que permita probar sus circuitos de accionamiento a una corriente nominal completa sin accionar ningún mecanismo dispuesto para ser accionado por el motor eléctrico durante el uso normal (es decir, sin prueba).

45

Además de probar aplicaciones, hay otras situaciones en las que sería ventajoso hacer funcionar un sistema de accionamiento eléctrico sin producir un par en el motor.

50

Breve descripción de la invención

Un primer aspecto de la invención proporciona un método para hacer funcionar un sistema de accionamiento eléctrico, según la reivindicación 1.

55

Los flujos pueden alinearse controlando una corriente. El motor puede incluir un inducido y los flujos pueden alinearse controlando una corriente que circula en el inducido. El inducido puede consistir en o incluir devanados de inducido y la corriente controlada puede ser una corriente que circula por los devanados de inducido. El inducido puede montarse en el estator. El inducido puede montarse en el rotor.

60

El motor puede comprender un devanado inductor y/o un imán permanente o varios imanes permanentes, que pueden configurarse para producir el flujo de campo principal en el motor. El devanado inductor, o alternativamente el o los imanes permanentes, pueden montarse en el estator, si el inducido está en el rotor. El devanado inductor o, alternativamente, el o los imanes permanentes, pueden montarse en el rotor, si el inducido está en el estator.

65

La alineación del flujo de estator con el flujo de rotor permite que la corriente circule en el inducido sin inducir un par en el rotor. Los flujos pueden alinearse dentro de 10 grados, preferiblemente dentro de 5 grados, aún más preferiblemente dentro de 2 grados o dentro de 1 grado. De manera ventajosa, se usa un circuito de retroalimentación para minimizar la desalineación de los flujos.

5 El método puede ser, por ejemplo, un método para probar el sistema de accionamiento eléctrico. La invención permite que el sistema de accionamiento eléctrico soporte corriente nominal completa para seguir produciendo poco o ningún par, aumentando así la corriente que puede probarse durante procedimientos de prueba de accionamiento eléctrico, en comparación con los procedimientos de la técnica anterior.

10 Se conoce establecer o variar el par de un motor controlando la alimentación de corriente del motor, en una técnica conocida como control por campo orientado (FOC) o control vectorial. Sin embargo, puede entenderse que la invención implica la utilización de FOC o técnicas similares para eliminar el par, al tiempo que permite la prueba u otra operación utilizando el accionamiento eléctrico.

15 Los flujos de estator y rotor pueden alinearse controlando una tensión a través del inducido. La magnitud y orientación del flujo producido por la corriente en el inducido pueden determinarse controlando una tensión a través del inducido. El método puede incluir monitorizar la tensión y/o una corriente correspondiente a la tensión. La tensión puede tener 3 o más fases, puede ser, por ejemplo, una alimentación de 3 fases, 6 fases o 12 fases. El método puede incluir la etapa de monitorizar al menos 2 de las fases de la tensión y/o de la corriente. El método puede incluir la etapa de calcular una corriente de inducido de eje directo a partir de las al menos 2 fases monitorizadas. La corriente de inducido de eje directo puede controlarse para que no sea cero. El método puede incluir la etapa de calcular la corriente de inducido de eje en cuadratura a partir de las al menos 2 fases monitorizadas. La corriente de eje en cuadratura puede controlarse para que sea cero.

25 El método puede incluir representar el motor como un motor equivalente que tiene dos fases de inducido. Las dos fases pueden definirse con referencia a la alineación del rotor. Las dos fases pueden ser una fase de eje directo y una fase de eje en cuadratura.

30 El método puede incluir la etapa de controlar la corriente de eje directo de acuerdo con un perfil de demanda de corriente, por ejemplo, un punto de ajuste en rampa.

El método puede incluir detectar cualquier rotación del rotor y compensar esa rotación ajustando la corriente de eje directo y/o la corriente de eje en cuadratura para producir un par de compensación. La rotación puede detectarse utilizando un codificador rotatorio. La rotación se puede detectar monitorizando la posición angular del rotor, monitorizando la primera derivada de esa posición con respecto al tiempo, monitorizando la segunda derivada de esa posición con respecto al tiempo o monitorizando cualquier combinación de esos parámetros.

40 El método puede incluir la etapa de calcular una demanda de tensión trifásica que genere la corriente de eje directo y la corriente de eje en cuadratura demandadas, utilizando, por ejemplo, una unidad de control por campo orientado. El método puede incluir la etapa de alimentar la tensión trifásica calculada a un sistema de modulación de ancho de pulso configurado para construir y aplicar las tensiones de fase calculadas. Las tensiones pueden aplicarse al motor utilizando un inversor.

45 El método puede incluir además la etapa de proporcionar al motor una corriente de eje en cuadratura distinta de cero. La corriente de eje en cuadratura distinta de cero se puede alimentar con la intención de producir un par en el rotor. Puede ser ventajoso alimentar una corriente de este tipo para comprobar que la ausencia de movimiento del rotor se debe al control de las corrientes y no a un simple fallo del motor.

50 El método puede incluir probar un inversor asociado con el motor eléctrico, utilizando cualquiera de las etapas descritas anteriormente.

El método puede comprender las etapas de:

- 55
- 1) monitorizar la posición de rotor y la corriente en el inducido en al menos dos (de, por ejemplo, 3) fases;
 - 2) transformar la corriente monitorizada en componentes de corriente de eje directo y de eje en cuadratura, en relación con un marco de referencia alineado con la posición de rotor monitorizada;
 - 3) comparar los componentes de corriente de eje directo y de eje en cuadratura con valores objetivo para aquellos componentes;
 - 60 4) calcular las tensiones de eje directo y de eje en cuadratura necesarias para producir los valores objetivo de componentes de corriente;
 - 5) transformar las tensiones calculadas de eje directo y de eje en cuadratura de vuelta al marco de referencia original;
 - 6) aplicar las tensiones calculadas transformadas al motor;
 - 7) opcionalmente, hacer una pausa; y
 - 65 8) repetir desde (1).

Un segundo aspecto de la invención proporciona un aparato según la reivindicación 10.

5 El sistema de control también está configurado para alinear, en un modo de funcionamiento alternativo, los flujos de estator y de rotor de manera que se produzca un par en el rotor. En el modo de funcionamiento alternativo, los flujos de estator y de rotor pueden alinearse perpendicularmente o de manera sustancialmente perpendicular.

10 El motor eléctrico puede estar comprendido en un servoaccionador. El motor eléctrico puede estar configurado para producir movimiento mecánico para accionar un mecanismo. El mecanismo puede ser un mecanismo de bloqueo o de desbloqueo. El mecanismo puede estar configurado para ser alterado de manera irreversible por el accionamiento; por ejemplo, el mecanismo puede ser un pasador de seguridad que es cortado por el accionamiento.

15 El motor eléctrico puede estar configurado para accionar la liberación de las aletas de un misil. El motor eléctrico puede estar configurado para desbloquear un mecanismo de bloqueo dispuesto para restringir las aletas del misil durante el lanzamiento del misil. El mecanismo de bloqueo puede ser, por ejemplo, un pasador de seguridad y el motor eléctrico puede estar configurado para romper el pasador de seguridad durante el accionamiento después del lanzamiento del misil.

20 El rotor puede comprender un imán permanente, que puede estar montado en el interior o en la superficie. El rotor puede no incluir devanados. El rotor puede consistir en uno o más imanes permanentes. El estator puede comprender un imán permanente. El estator puede no comprender devanados.

El rotor puede ser un rotor de 2 polos. El rotor puede tener 4 polos o más.

25 El rotor puede ser, por ejemplo, un motor de corriente continua. El motor puede ser un motor sin escobillas. El motor puede ser un motor de CC sin escobillas. El motor puede ser un motor síncrono.

El motor puede tener 3 fases o más.

30 Naturalmente, se apreciará que las características descritas en relación con un aspecto de la presente invención pueden incorporarse en otros aspectos de la presente invención. Por ejemplo, el método de la invención puede incorporar cualquiera de las características descritas con referencia al sistema de la invención y viceversa.

35 Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describen realizaciones ejemplares de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, de los cuales:

40 La figura 1 es un diagrama esquemático del sistema de un aparato, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención, para probar un motor eléctrico

La figura 2 es un organigrama que muestra un método ejemplar para hacer funcionar el aparato de la figura 1, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención; y

45 La figura 3 es un gráfico de (a) orientación de aleta en grados, y (b) corriente del motor en amperios frente al tiempo en milisegundos, durante una secuencia de prueba utilizando el aparato de la figura 1.

Por comodidad y ahorro, se usan los mismos números de referencia en las diferentes figuras para indicar elementos idénticos o similares a los motores mostrados.

50 Descripción detallada

En una realización ejemplar de la invención, un algoritmo de accionamiento de motor usa FOC para extraer corriente completa a través de un motor de corriente continua sin escobillas sin generar par. El algoritmo de accionamiento de motor FOC representa un motor trifásico como un dispositivo bifásico equivalente, con corrientes de inducido aplicadas al rotor. Esto permite un control independiente, por un lado, de las corrientes en alineación directa con el flujo de campo (es decir, en el eje directo) y, por otro lado, de las corrientes en cuadratura con el flujo de campo (es decir, en el eje en cuadratura). Al alinear deliberadamente el flujo de inducido con el flujo de campo, en lugar de compensarlo en 90°, como es habitual en accionamientos de motor, puede circular una corriente alta en el motor al tiempo que induce poco par de rotor, si es que hay.

60 Además, en este ejemplo, se utiliza un circuito de posición y control de velocidad con un punto de ajuste cero para controlar la corriente de eje en cuadratura. Cualquier rotación del motor que se detecte, se compensa para el uso de las corrientes de eje en cuadratura, lo que reduce aún más el par residual inducido por las altas corrientes de eje directo y, por tanto, reduce aún más el movimiento del rotor.

65 Esta realización ejemplar se describe a continuación con más detalle.

Con referencia a la figura 1, un sistema de accionamiento eléctrico 10 según una realización de la invención, incorpora un sistema de control que comprende un controlador de corriente de eje directo 30 y un controlador de corriente de eje en cuadratura 40. Un controlador 20 configurado para proporcionar una función de punto de ajuste proporciona un perfil de demanda de corriente. En este ejemplo, el perfil de demanda de corriente es un punto de ajuste en rampa, es decir, un punto de ajuste de demanda de corriente instantánea que aumenta linealmente de cero a una corriente nominal completa antes de volver rápidamente a cero. El perfil de demanda de corriente es la demanda de corriente que se utiliza para probar el inversor 65 y el motor 70. El perfil de demanda de corriente se aplica al controlador de corriente de eje directo 30.

Aunque tanto las corrientes de eje directo como las corrientes de eje en cuadratura son controladas por circuitos de retroalimentación (desde el inversor 65 al controlador de corriente de eje directo 30 y al controlador de corriente de eje en cuadratura 40, respectivamente), se utiliza retroalimentación de posición para calcular únicamente la demanda de corriente de eje en cuadratura. La posición de rotación del árbol 80 del motor 70 se monitoriza usando un codificador de árbol 90. La información de posición pasa del codificador de árbol 90 a un controlador de posición 100, que calcula un valor de demanda de corriente de eje en cuadratura, con el objetivo de mantener el árbol de motor 80 estacionario. El controlador de posición 100 calcula el valor de demanda de corriente de eje en cuadratura y lo aplica al controlador de corriente de eje en cuadratura 40.

El inversor 65 y el motor 70 tienen una construcción trifásica. Las fases de motor se convierten en una representación de eje directo y de eje en cuadratura de 2 fases utilizando las transformaciones estándar de Clarke y Park (véase, por ejemplo, Modern Power Electronics y AC Drives, págs. 56 a 59, Bimal K Bose, Prentice Hall 2002. ISBN 0-13- 016743-6). Después se implementa control de retroalimentación individual de las corrientes de eje directo y de eje en cuadratura. Los controladores de corriente 30, 40 proporcionan puntos de ajuste de demanda de tensión a una unidad de control por campo orientado 50, que asigna los puntos de ajuste de demanda de tensión nuevamente a una representación trifásica usando las transformaciones inversas adecuadas. Las demandas de tensión trifásica se alimentan a un sistema de modulación de ancho de pulso 60, que luego construye y aplica las tensiones de fase demandadas usando el inversor 65.

La figura 2 muestra una visión general de este método ejemplar para hacer funcionar el sistema de accionamiento eléctrico. El dibujo muestra las siguientes etapas:

- Etapas 300: Monitorizar la posición de rotor y la corriente en al menos dos (de, por ejemplo, 3) fases.
- Etapas 310: Transformar la corriente monitorizada en componentes de corriente de eje directo y de eje en cuadratura, en relación con un marco de referencia alineado con la posición de rotor monitorizada 80.
- Etapas 320: Comparar los componentes de corriente de eje directo y de eje en cuadratura con los valores objetivo para esos componentes.
- Etapas 330: Calcular las tensiones de eje directo y de eje en cuadratura a través del motor 70 necesarias para producir los valores objetivo de componente de corriente.
- Etapas 340: Transformar las tensiones de eje directo y de eje en cuadratura calculadas nuevamente al marco de referencia original.
- Etapas 350: Aplicar la tensión calculada transformada al motor 70.
- Etapas 360: Hacer una pausa.
- Etapas 370: Repetir desde la etapa 300.

Se construyó un sistema de prueba de acuerdo con el diseño de sistema de la figura 1. El sistema de prueba aplicó la demanda de corriente de eje directo en rampa 20 y luego, después de un retardo de tiempo, aplicó una demanda de corriente de eje en cuadratura similar. (La demanda de corriente de eje en cuadratura se aplicó para comprobar que ni el inversor 65 ni el motor 70 estaban realmente apagados). El motor 70 se conectó a un mecanismo de accionamiento que proporcionaba un engranaje 100:1 y una carga de resorte de torsión.

La figura 3 muestra la corriente de motor (gráfico inferior) y el movimiento de mecanismo (gráfico superior) resultantes. Se puede ver que la demanda de corriente de eje directo en rampa tiene efecto en el período de tiempo de aproximadamente 8 a 14 ms. La corriente de motor aumenta de cero a 25 amperios, sin embargo, el mecanismo se mueve solo aproximadamente 0,02°. Por lo tanto, se demuestra que la circuitería de accionamiento eléctrico es funcional y se demuestra su capacidad para alimentar corriente nominal completa.

A los 65 ms, se impuso la demanda de corriente de eje en cuadratura más pequeña y se restableció a cero 2 ms más tarde. La demanda de eje directo se mantuvo en cero. Durante este período de tiempo, la corriente de motor aumentó a alrededor de 4 amperios y se observó un movimiento de 0,2°. Cuando la demanda de corriente de eje en cuadratura volvió a cero, se observó un pico de corriente a medida que la energía almacenada en el resorte de torsión era devuelta a la fuente de alimentación mediante la acción del generador. La posición del mecanismo mostró una disminución de oscilaciones.

Por lo tanto, se muestra que el uso deliberado de corriente de inducido de motor para producir flujo a lo largo del eje directo permite que pasen grandes corrientes a través del motor sin crear un par electromagnético significativo.

5 En otra realización ejemplar de la invención, el aparato se usa para probar un motor 70 conectado a un mecanismo cerrado mediante un pasador de seguridad. Se puede tener la seguridad de que la fuente de alimentación y el accionamiento de motor están operativos y pueden extraer la corriente nominal completa sin romper el pasador de seguridad. La posibilidad de llevar a cabo la prueba permite usar el cierre mediante pasador de seguridad en aplicaciones en las que un funcionamiento fiable es esencial, y en las que anteriormente se hubiera preferido un cierre pirotécnico. Un mecanismo de pasador de seguridad es significativamente más barato que un cierre pirotécnico.

10 Por lo tanto, las realizaciones ejemplares de la invención permiten realizar, por ejemplo, pruebas de circuito de accionamiento y pruebas de batería a lo largo de su vida útil, permitiendo verificar o probar el funcionamiento adecuado de fuentes de energía eléctrica y circuitería, sin generar un par o fuerza no deseable dentro de los mecanismos. En realizaciones ejemplares de la invención en las que un elemento que está diseñado para que lo rompa el motor en uso, por ejemplo, un pasador de seguridad utilizado para restringir un mecanismo, se usa para proporcionar una posición cero o de cierre, esta invención mejora la cobertura de secuencias de prueba, ya que puede probarse la circuitería del inversor y el motor a la corriente nominal completa sin romper el pasador de seguridad. Esta posibilidad puede eliminar la necesidad de desmontar parcialmente un mecanismo antes de la prueba, reduciendo el mantenimiento a lo largo de la vida útil y los costes de prueba, o permitir pruebas más completas *in situ* de sistemas de accionamiento eléctricos.

20 Si bien la presente invención se ha descrito e ilustrado con referencia a realizaciones particulares, los expertos en la materia apreciarán que la invención se presta a muchas variaciones diferentes que no se ilustran específicamente aquí.

25 Cuando en la descripción anterior se mencionan números enteros o elementos que tienen equivalentes conocidos, obvios o previsibles, tales equivalentes se incorporan aquí como si se establecieran individualmente. Debe hacerse referencia a las reivindicaciones para determinar el verdadero ámbito de aplicación de la presente invención, que debe realizarse de manera que incluya cualquiera de tales equivalentes. El lector también apreciará que los números enteros o características de la invención que se describen como preferibles, ventajosos, convenientes o similares son opcionales y no limitan el ámbito de aplicación de las reivindicaciones independientes. Además, debe entenderse que tales números enteros o características opcionales, aunque pueden ser beneficiosos en algunas realizaciones de la invención, pueden no aparecer en otras realizaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para probar un sistema de accionamiento eléctrico que incluye un motor eléctrico (70) que tiene un estator, un rotor (80) y un inducido, y que se puede representar con dos fases de inducido, caracterizado por que el motor eléctrico está configurado para producir movimiento mecánico para accionar un mecanismo de bloqueo o desbloqueo y el método comprende las etapas de:
- 10 1) accionar el motor (70) de acuerdo con un perfil de demanda de corriente de eje directo distinto de cero, requiriendo dicho perfil accionar el motor a una corriente nominal completa o casi completa para producir una corriente de eje directo en el inducido y/o una corriente de eje en cuadratura en el inducido;
- 2) alinear flujo producido por el estator con flujo producido por el rotor (80);
- 3) monitorizar la posición de rotor (80); y
- 15 4) controlar la corriente de eje directo en el inducido y/o la corriente de eje en cuadratura en el inducido para evitar o minimizar la rotación del rotor (80),
- 15 permitir que el sistema de accionamiento eléctrico soporte corriente nominal completa o casi completa para seguir produciendo poco o ningún par y sin romper el mecanismo de bloqueo o de desbloqueo.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en el que los flujos se alinean controlando una corriente que circula en el inducido o controlando una tensión a través del inducido.
3. Método según la reivindicación 2, en el que el motor (70) tiene 3 o más fases y el método incluye la etapa de monitorizar al menos 2 fases respectivas de una corriente en el inducido.
- 25 4. Método según la reivindicación 3, que incluye la etapa de calcular una corriente de inducido de eje directo y/o una corriente de inducido de eje en cuadratura a partir de al menos 2 fases monitorizadas y la posición de rotor.
- 30 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye controlar la corriente de eje directo de acuerdo con un perfil de demanda de corriente distinto de cero y/o controlar la corriente de eje en cuadratura para que no sea cero.
6. Método según la reivindicación 5, en el que dicho perfil de demanda de corriente diferente de cero comprende una demanda de corriente nominal completa o casi completa.
- 35 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa de monitorización comprende detectar cualquier rotación del rotor (80) y dicha etapa de control comprende compensar esa rotación ajustando la corriente de eje directo y/o la corriente de eje en cuadratura.
- 40 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye calcular una demanda de tensión trifásica que genera la corriente de eje directo demandada y/o la corriente de eje en cuadratura demandada.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de:
- 45 1) monitorizar la posición de rotor y la corriente en el inducido en al menos dos fases;
- 2) transformar la corriente monitorizada en componentes de corriente de eje directo y de eje en cuadratura, en relación con un marco de referencia alineado con la posición de rotor monitorizada;
- 3) comparar los componentes de corriente de eje directo y de eje en cuadratura con valores objetivo para aquellos componentes;
- 50 4) calcular tensiones de eje directo y de eje en cuadratura a través del inducido necesarias para producir los valores objetivo de componentes de corriente;
- 5) transformar las tensiones calculadas de eje directo y de eje en cuadratura de vuelta al marco de referencia original;
- 6) aplicar las tensiones calculadas transformadas al inducido;
- 7) opcionalmente, hacer una pausa; y
- 55 8) repetir desde (1).
10. Aparato para probar un sistema de accionamiento eléctrico (10) que incluye un motor eléctrico (70) que comprende un estator y un rotor (80), caracterizado por que el motor (70) está configurado para producir movimiento mecánico para accionar un mecanismo de bloqueo o de desbloqueo, y el sistema de accionamiento eléctrico (10) incluye un sistema de control configurado para alinear flujo producido por el estator con flujo producido por el rotor (80), comprendiendo el sistema de accionamiento (10):
- 60 a) un monitor de rotor (90) para monitorizar la posición de rotor (80);
- 65 b) un controlador de corriente de eje directo (30) configurado para accionar el motor (70) de acuerdo con un perfil de demanda de corriente distinto de cero a fin de producir una corriente de eje directo en el inducido y/o

una corriente de eje en cuadratura en el inducido, requiriendo dicho perfil accionar el motor (70) a una corriente nominal completa o casi completa;

c) un controlador de corriente de eje en cuadratura (40); y

5 d) un circuito de retroalimentación para controlar la corriente de eje directo en el inducido y/o la corriente de eje en cuadratura en el inducido a fin de evitar o minimizar la rotación del rotor (80), permitiendo que el sistema de accionamiento eléctrico (10) soporte corriente nominal completa o casi completa para seguir produciendo poco o ningún par y sin romper el mecanismo de bloqueo o de desbloqueo.

10 11. Aparato según la reivindicación 10, en el que el monitor de rotor (90) está configurado para detectar cualquier rotación del rotor (80) y el circuito de retroalimentación está conectado para recibir una salida del monitor de rotor (90) y para producir una corriente de eje en cuadratura para compensar esa rotación.

15 12. Aparato según la reivindicación 10, en el que el sistema de control también está configurado para alinear, en un modo alternativo de funcionamiento, los flujos de estator y rotor de manera que se produzca un par en el rotor (80).

13. Método o aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el motor (70) comprende un motor de CC sin escobillas.

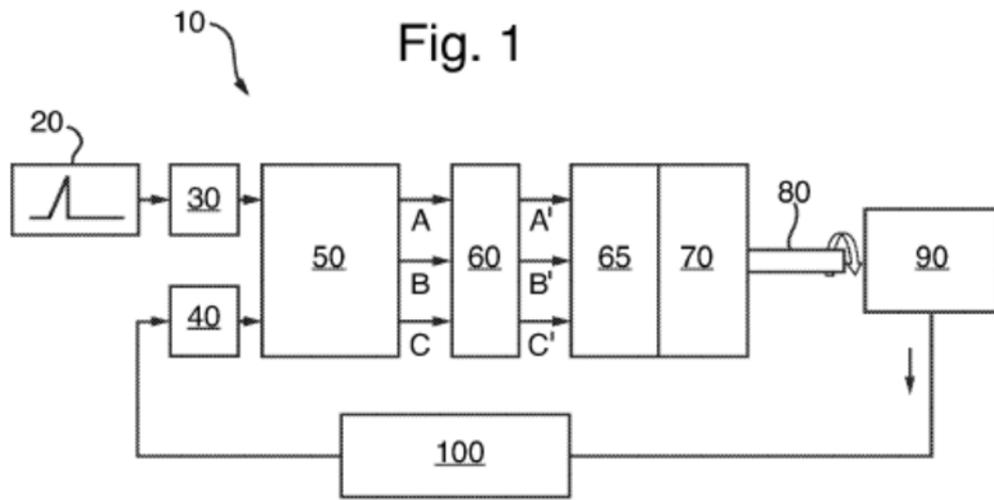


Fig. 3

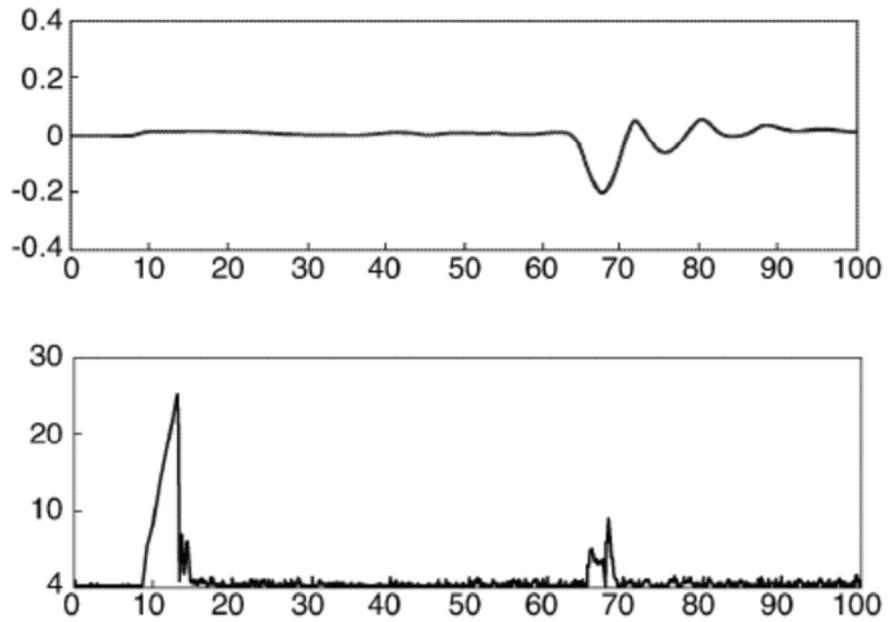


Fig. 2

