

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 909**

51 Int. Cl.:

B66B 1/30 (2006.01)

H02P 6/18 (2006.01)

H02P 6/20 (2006.01)

H02P 6/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2009 PCT/FI2009/000043**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2009 WO09130363**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2009 E 09733858 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2269297**

54 Título: **Determinación de la posición del rotor de una máquina eléctrica**

30 Prioridad:

24.04.2008 FI 20080318

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

07.08.2018

73 Titular/es:

**KONE CORPORATION (100.0%)
Kartanontie 1
00330 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**KAUPPINEN, TUUKKA y
STOLT, LAURI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 677 909 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

Determinación de la posición del rotor de una máquina eléctrica

5 El objeto de la presente invención es un convertidor de frecuencia como se define en el preámbulo de la reivindicación 1, un accionador eléctrico como se define en el preámbulo de la reivindicación 6 y un método para determinar la posición del rotor de una máquina eléctrica como se define en el preámbulo de la 8.

En la regulación de una máquina eléctrica, la posición del rotor se identifica de manera convencional con un codificador absoluto, tal como como un resolutor. Últimamente, también se han desarrollado diferentes identificaciones sin sensor de la posición, que se basan, por ejemplo, en la medición de la inductancia del circuito magnético de la máquina eléctrica, así como en la estimación de la tensión de alimentación del motor.

10 De los métodos de control de una máquina eléctrica, por ejemplo, los métodos de regulación de vectores generalmente requieren la identificación de la posición de inicio del rotor, especialmente en accionadores de máquina síncrona. Un error de posición que se produzca al comienzo del funcionamiento y a velocidades bajas puede dar como resultado un comportamiento no controlado del motor y, por tanto, una situación peligrosa.

15 Se conocen métodos de la técnica anterior en los que la posición de inicio entre el rotor y el estator se sincroniza suministrando corriente continua al devanado de estator y liberando el rotor magnetizado para que se mueva libremente, en cuyo caso el rotor intenta girar de acuerdo con la magnetización de estator. En este caso, un problema es la oscilación inicial del rotor que, de acuerdo con la aplicación, puede mermar la comodidad de accionamiento o incluso puede ser realmente peligrosa.

20 También se han desarrollado métodos en los que la posición de inicio del rotor se determina midiendo la variación de la inductancia del circuito magnético de la máquina eléctrica. Este tipo de método se presenta, por ejemplo, en la publicación "Peter B. Schmidt, Michael L. Gasperi, Glen Ray, Ajith H. Wijenayake: Initial Rotor Angle Detection Of A Non-Salient Pole Permanent Magnet Synchronous Machine" IEEE Industry Application Society, Encuentro Anual, Nueva Orleans, Louisiana, 5-9 de octubre de 1997. La publicación mencionada presenta una identificación de la posición del rotor de un motor de imán permanente, en la que una señal de tensión de tipo pulso con los valores
25 determinados del ángulo eléctrico del motor se suministra al devanado de estator del motor de imán permanente como una excitación, y las señales de respuesta de corriente producidas por las señales de tensión de tipo pulso suministradas se miden. La inductancia de la máquina eléctrica, en este caso puede determinarse a partir de las respuestas de corriente. Cuando la medición se repite con muchos valores diferentes suficientes de ángulo eléctrico, se puede determinar la variación de la inductancia. Dado que la variación de la inductancia se basa, entre otras cosas,
30 en fenómenos de saturación del circuito magnético causados por la magnetización de rotor, también se puede determinar, por tanto, la posición entre el rotor y el estator.

Un problema con la determinación antes mencionada de la posición de rotor es que las señales de tensión de tipo pulso y sus señales de respuesta de corriente producen un fuerte ruido molesto en la máquina eléctrica. El uso de una máquina eléctrica controlada de esta manera, por ejemplo, en edificios residenciales, puede, de hecho, ser molesto y
35 puede requerir aislamiento acústico de la máquina eléctrica. Pueden producirse problemas, por ejemplo, en sistemas de ascensor en los que la máquina de elevación se controla con el método mencionado anteriormente. Más en concreto, puede producirse un problema en sistemas de ascensor sin salas de máquinas, en las que la máquina de elevación está dispuesta en la caja de ascensor del edificio. Además, un problema en la determinación antes mencionada de la posición del rotor es que la medición de la inductancia debe realizarse suministrando una señal de
40 tensión de tipo pulso por separado con muchos valores diferentes del ángulo eléctrico para lograr una precisión suficiente, lo que prolonga la medición y al mismo tiempo la duración del ruido causado por la medición.

La publicación US 6401875 B1 presenta una identificación de la posición del rotor de un motor de imán permanente, en la que se suministra una señal de corriente al devanado de estator del motor de imán permanente por separado con una serie de valores diferentes del ángulo eléctrico, y se miden las señales de tensión de alimentación
45 correspondientes a las señales de corriente suministrada. En este caso, la inductancia de la máquina eléctrica se puede determinar a partir de las señales de tensión de alimentación. Cuando la medición se repite con muchos valores diferentes suficientes de ángulo eléctrico, se puede determinar la variación de la inductancia. Dado que la variación de la inductancia se basa, entre otras cosas, en fenómenos de saturación del circuito causados por la magnetización de rotor, también se puede determinar así la posición entre el rotor y el estator.

50 El propósito de esta invención es resolver los problemas presentados anteriormente en la descripción de la técnica anterior, así como los problemas revelados en la descripción de la invención que se da a continuación. En este caso, se describe una determinación de la posición del rotor de una máquina eléctrica que es más silenciosa y más rápida que la de la técnica anterior. Mediante la determinación de la posición del rotor de una máquina eléctrica de acuerdo con la invención, es posible determinar, por ejemplo, el ángulo de impulsión del rotor para controlar la máquina
55 eléctrica.

Un convertidor de frecuencia de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por el documento US 2006/043915 A1.

- 5 El convertidor de frecuencia de acuerdo con la invención se caracteriza por lo descrito en la reivindicación 1. El método de acuerdo con la invención para determinar la posición del rotor de una máquina eléctrica se caracteriza por lo que se describe en la reivindicación 4. Las características preferidas de la invención se caracterizan por las reivindicaciones dependientes. Algunas realizaciones de la invención también se tratan en la sección descriptiva de la presente solicitud.
- El convertidor de frecuencia de acuerdo con la invención puede ser, por ejemplo, un convertidor de frecuencia con un circuito intermedio de corriente, un convertidor de frecuencia con un circuito intermedio de tensión y un convertidor de matriz.
- 10 La máquina eléctrica de acuerdo con la invención puede ser, por ejemplo, un motor eléctrico o un generador. En este caso la máquina eléctrica puede ser, por ejemplo, una máquina síncrona con un devanado de rotor o magnetizada con imanes permanentes, o una máquina de corriente continua sin escobillas. La máquina eléctrica también puede ser, por ejemplo, un motor paso a paso o un motor de reluctancia. La máquina eléctrica puede ser giratoria o también se puede ajustar para que funcione de acuerdo con el principio de motor lineal.
- 15 En una realización de la invención, el accionador de motor está dispuesto para mover el dispositivo de transporte de un sistema de transporte. Este tipo de sistema de transporte puede ser, por ejemplo, un sistema de ascensor, un sistema de escaleras mecánicas, un sistema de pasillo móvil, un sistema de ascensor de accionamiento directo, un sistema de grúa o un sistema de vehículo. Si se monta un accionador de motor en el sistema de ascensor, la máquina eléctrica también puede comprender una polea de tracción conectada al cable de elevación o cadena de elevación del ascensor. La máquina eléctrica, en este caso, puede tener o no un engranaje.
- 20 El ángulo eléctrico de la máquina eléctrica se refiere al valor de ángulo determinado por la duración de ciclo del flujo magnético que gira en la máquina eléctrica. En una realización de la invención, la longitud de ciclo del flujo magnético corresponde aquí a un ángulo eléctrico de 360 grados en la máquina eléctrica.
- 25 En la invención, señal de excitación de electricidad alterna se refiere a una señal de electricidad alterna, básicamente continua en lo que se refiere a su onda fundamental, que se forma con relación al ángulo eléctrico de la máquina eléctrica y que cambia de acuerdo con el ángulo eléctrico. Este tipo de señal de excitación de electricidad alterna es, por ejemplo, una señal de tensión o una o señal de corriente esencialmente sinusoidal determinada como una función del ángulo eléctrico del motor. La señal de excitación de electricidad alterna, por tanto, cambia solo cuando cambia el valor del ángulo eléctrico; si el valor del ángulo eléctrico permanece constante, el valor de la señal de excitación de electricidad alterna también permanece sin cambios.
- 30 En la invención, señal de excitación eléctrica de tipo pulso se refiere a una señal que se forma en un modo parecido a un pulso básicamente con algún valor constante del ángulo eléctrico de la máquina eléctrica.
- En la invención, un parámetro eléctrico de la máquina eléctrica se refiere, por ejemplo, a la corriente, tensión y potencia de salida de la máquina eléctrica.
- 35 El convertidor de frecuencia de acuerdo con la invención comprende un puente de carga y también un control del puente de carga, para suministrar electricidad entre el puente de carga y una máquina eléctrica conectada al puente de carga. El convertidor de frecuencia también comprende una determinación de al menos un parámetro eléctrico de la máquina eléctrica antes mencionada, y también una determinación de la posición del rotor de la máquina eléctrica mencionada anteriormente. El puente de carga está dispuesto para suministrar una primera señal de excitación de electricidad alterna a la máquina eléctrica mencionada, formándose dicha primera señal de excitación de electricidad alterna con relación al ángulo eléctrico de la máquina eléctrica. El convertidor de frecuencia está dispuesto para determinar la primera señal de respuesta de electricidad alterna correspondiente a la primera señal de excitación de electricidad antes mencionada, y la posición del rotor se determina en función de la primera señal de respuesta de electricidad alterna.
- 40
- 45 En una realización de la invención, la señal de excitación de electricidad alterna está hecha para cambiar de acuerdo con el ángulo eléctrico, y el ángulo de impulsión del rotor se determina en función de la primera señal de respuesta de electricidad alterna.
- 50 El accionador eléctrico de acuerdo con la invención comprende una máquina eléctrica y también un convertidor de frecuencia conectado a la máquina eléctrica. La máquina eléctrica comprende un freno de maquinaria para impedir el movimiento del rotor, y el accionador eléctrico comprende un control del freno de maquinaria. El convertidor de frecuencia comprende un puente de carga y también un control del puente de carga para el suministro de electricidad entre el puente de carga y una máquina eléctrica conectada al puente de carga. El convertidor de frecuencia comprende una determinación de al menos un parámetro eléctrico de la máquina eléctrica antes mencionada. El convertidor de frecuencia también comprende una determinación de la posición del rotor de la mencionada máquina eléctrica. El freno de maquinaria de la máquina eléctrica mencionada se realiza durante la determinación de la posición del rotor controlada para impedir el movimiento del rotor, y el puente de carga está dispuesto para suministrar una primera señal de excitación de electricidad alterna a la máquina eléctrica antes mencionada, estando dicha primera señal de excitación de electricidad alterna formada con relación al ángulo eléctrico de la máquina eléctrica. El convertidor de frecuencia está dispuesto para determinar la primera señal de respuesta de electricidad alterna
- 55

correspondiente a la primera señal de excitación de electricidad alterna mencionada, y la posición del rotor se determina en función de la primera señal de respuesta de electricidad alterna.

5 En el método de acuerdo con la invención para determinar la posición del rotor de una máquina eléctrica, una primera señal de excitación de electricidad alterna se forma con relación al ángulo eléctrico de la máquina eléctrica; la primera señal de excitación de electricidad alterna se suministra a la máquina eléctrica; se determina una primera señal de respuesta de electricidad alterna que corresponde a la primera señal de excitación de electricidad alterna; y también se determina la posición del rotor en función de la primera señal de respuesta de electricidad alterna.

10 En una realización de la invención, la determinación de un parámetro eléctrico de la máquina eléctrica comprende un sensor de corriente. El sensor de corriente puede ser, por ejemplo, un transformador de corriente, un sensor Hall, un sensor magnetoresistivo o una resistencia de medición.

En una realización de la invención, la determinación de un parámetro eléctrico de la máquina eléctrica comprende un sensor de tensión. El sensor de tensión puede ser, por ejemplo, un transformador de medición, un optoaislador lineal o una resistencia de medición.

15 En una realización de la invención, una señal de tensión alterna está dispuesta para ser la señal de excitación de electricidad alterna y una señal de corriente alterna está dispuesta para ser la señal de respuesta de electricidad alterna.

En una segunda realización de la invención, una señal de corriente alterna está dispuesta para ser la señal de excitación de electricidad alterna y una señal de tensión alterna está dispuesta para ser la señal de respuesta de electricidad alterna.

20 Cuando la posición del rotor de la máquina eléctrica se determina en función de la primera señal de respuesta de electricidad alterna, el ruido de la máquina eléctrica causado por la determinación es más silencioso que en la técnica anterior porque, tal como se presenta en la invención, la primera señal de excitación de electricidad alterna, que es básicamente constante en lo que se refiere a su onda fundamental, no produce el mismo tipo de ruido perturbador en la máquina eléctrica que, por ejemplo, los métodos de la técnica anterior en los que las señales de corriente o las
25 señales de tensión de tipo pulso se suministran a la máquina eléctrica como señales de excitación. Tal como se presenta en la invención, dado que la primera señal de excitación de electricidad alterna se forma con relación al ángulo eléctrico de la máquina eléctrica, es posible medir la inductancia del circuito magnético en todos los intervalos de ángulo eléctrico de la máquina eléctrica con la primera señal de excitación de electricidad alterna, sin tener que repetirse la medición con muchos valores determinados independientes del ángulo eléctrico de la máquina eléctrica,
30 lo que acelera la medición.

35 Cuando unas señales de excitación electricidad alterna primera y segunda se suministran a la máquina eléctrica, estando dichas señales de excitación de electricidad alterna primera y segunda dispuestas para tener direcciones opuestas en sus direcciones de rotación, se puede compensar el desplazamiento de fase entre la señal de excitación de electricidad alterna y la señal de respuesta de electricidad alterna correspondiente que causa un error de medición, ya que el dígito de signo del desplazamiento de fase antes mencionado cambia a medida que cambia la dirección de rotación de la señal de excitación de electricidad alterna. En este caso, el desplazamiento de fase entre la primera señal de excitación de electricidad alterna y la primera señal de respuesta de electricidad alterna es de dirección opuesta con respecto al desplazamiento de fase entre la segunda señal de excitación de electricidad alterna y la segunda señal de respuesta de electricidad alterna, y los mencionados desplazamientos de fase de direcciones opuestas se pueden compensar entre ellos.
40

45 Cuando el ángulo de impulsión del rotor de la máquina eléctrica se determina de acuerdo con la invención, se puede usar un sensor absoluto para regular la máquina eléctrica en lugar de un sensor incremental. En este caso, el sensor incremental no tiene que instalarse directamente en el árbol de la máquina eléctrica, sino que se puede instalar, por ejemplo, mediante tracción por fricción en una parte giratoria de la máquina eléctrica, tal como por ejemplo en conexión con la polea de tracción de la máquina de elevación del ascensor, lo que simplifica la instalación del sensor. En este caso, por ejemplo, también se puede utilizar un codificador tal como un sensor en lugar de un sensor absoluto, lo que generalmente es una solución más rentable que un sensor absoluto.

A continuación, se describe la invención más detalladamente con la ayuda de algunos ejemplos de sus realizaciones con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

50 La figura 1 presenta un convertidor de frecuencia con un circuito intermedio de tensión de acuerdo con la invención.

La figura 2 presenta un segundo convertidor de frecuencia de acuerdo con la invención.

La figura 3 presenta una determinación de la posición del rotor de una máquina eléctrica de acuerdo con la invención.

La figura 4 presenta los parámetros eléctricos de la máquina eléctrica durante una determinación de la posición del rotor de acuerdo con la invención,

La figura 5 presenta la amplitud de la señal de respuesta de corriente alterna de acuerdo con la invención, como una función del ángulo eléctrico de la máquina eléctrica.

La figura 6 presenta el circuito magnético de una máquina eléctrica de acuerdo con la invención.

La figura 7 presenta una determinación de la posición del rotor de acuerdo con la técnica anterior.

5 La figura 1 presenta un convertidor de frecuencia 1 con un circuito intermedio de tensión de acuerdo con la invención. El convertidor de frecuencia está dispuesto para suministrar energía entre la red eléctrica y el motor eléctrico 4. En esta realización de la invención, el motor eléctrico 4 es un motor síncrono permanentemente magnetizado. El convertidor de frecuencia comprende un puente de carga 2, que está conectado al motor eléctrico 4 para suministrar
10 energía entre el motor eléctrico y el puente de carga. El puente de carga 2 comprende interruptores de estado sólido controlables. La tensión de alimentación del motor eléctrico 4 se crea controlando los interruptores de estado sólido del puente de carga 2 con el control 3 del puente de carga con modulación por ancho de pulso. El convertidor de frecuencia comprende sensores de corriente 5, que están montados en conexión con los cables de alimentación del devanado de estator para medir la corriente de estator. Una determinación 6 de la posición del rotor del motor eléctrico también está dispuesta en conexión con el control 3 del puente de carga.

15 El puente de carga 2 está dispuesto para suministrar una primera señal de excitación de tensión alterna 7 al motor eléctrico 4. La señal de excitación de tensión alterna se forma con relación al ángulo eléctrico 18 de la máquina eléctrica. La amplitud de la señal de excitación de tensión alterna es básicamente constante, y la señal de excitación cambia en función del ángulo eléctrico mencionado anteriormente 18. La corriente del devanado de estator del motor eléctrico producida por la señal de excitación de tensión alterna suministrada 7 se mide con los sensores de corriente
20 5. La corriente medida forma una primera señal de respuesta de corriente alterna 9, 16 correspondiente a la primera señal de excitación de tensión alterna suministrada 7, y la posición del rotor del motor eléctrico se determina en función de la primera señal de respuesta de corriente alterna antes mencionada 9, 16.

La figura 2 presenta un segundo convertidor de frecuencia 1 de acuerdo con la invención. En esta realización de la invención, el puente de carga 2 del convertidor de frecuencia se implementa como un convertidor de matriz. La tensión
25 de alimentación del motor eléctrico 4 se forma en este caso controlando los interruptores de estado sólido del puente de carga 2 con el control 3 del puente de carga de modo que la fase del motor eléctrico 4 se conecta de manera transitoria a la fase determinada de la red eléctrica para lograr la tensión de alimentación prevista del motor eléctrico 4.

El puente de carga 2 está dispuesto para suministrar una primera señal de excitación de tensión alterna 7 al motor
30 eléctrico 4 de acuerdo con la realización de la figura 1. La corriente del devanado de estator del motor eléctrico producida por la señal de excitación de tensión alterna suministrada 7 también se mide como en la realización de la figura 1. La corriente medida forma una primera señal de respuesta de corriente alterna 9, 16 correspondiente a la primera señal de excitación de tensión alterna suministrada 7 y la posición del rotor del motor eléctrico se determina en función de la primera señal de respuesta de corriente alterna determinada antes mencionada 9, 16.

35 Los interruptores de estado sólido controlables del puente de carga 2 a los que se hace referencia en la invención pueden ser, por ejemplo, transistores IGBT, transistores MOSFET o tiristores.

La figura 3 presenta en forma de diagrama de bloques una determinación 6 de la posición del rotor de una máquina eléctrica de acuerdo con la invención. El movimiento del rotor de la máquina eléctrica 4 se impide durante la determinación de la posición del rotor. El bloque de conversión 22 forma la referencia de tensión de alimentación trifásica U_R, U_S, U_T de la máquina eléctrica a partir de la referencia de amplitud \hat{U} y también a partir de la referencia de ángulo eléctrico θ de la máquina eléctrica, en cuyo caso la referencia de tensión de alimentación trifásica se forma como una función de la referencia de ángulo eléctrico θ . La referencia de tensión de alimentación U_R de la fase R tiene en este caso la forma: $\hat{U}\sin\theta$. El control 3 del puente de carga controla los interruptores de estado sólido del puente de carga 2 de acuerdo con la referencia de tensión de alimentación trifásica U_R, U_S, U_T mencionada anteriormente para formar la primera señal de excitación de tensión alterna trifásica 7 para la máquina eléctrica. En esta realización de la invención, el valor de la referencia de ángulo eléctrico θ se cambia de manera uniforme, en cuyo caso la velocidad de rotación de la referencia de tensión de alimentación y al mismo tiempo de la señal de excitación de tensión alterna 7, 8 es constante. La primera señal de respuesta de corriente alterna trifásica I_R, I_S, I_T producida en el devanado de la máquina eléctrica por la primera señal de excitación de tensión alterna trifásica se mide 5 como una función de la referencia de ángulo eléctrico θ de la máquina eléctrica. La amplitud de la primera señal de respuesta de corriente alterna trifásica medida 9, 16 se determina 23 con algún método de la técnica anterior, por ejemplo, formando un indicador de rotación del vector de corriente para la señal de respuesta de corriente alterna trifásica. La variación de la inductancia del circuito magnético de la máquina eléctrica provoca la amplitud \hat{I} también de la primera señal de respuesta de corriente alterna medida 9, 16 para variar como una función $\hat{I}(\theta)$ de la referencia de ángulo eléctrico θ .
50 La impedancia del circuito magnético también hace que se forme una diferencia de fase entre la primera señal de excitación de tensión alterna suministrada 7 y la primera señal de respuesta de corriente alterna medida 9, 16. Para compensar la diferencia de fase, se repite la medición descrita anteriormente suministrando una segunda señal de excitación de tensión alterna 8 como una función de la referencia de ángulo eléctrico θ . La dirección de rotación de la segunda señal de excitación de tensión alterna 8 se selecciona para que sea opuesta a la dirección de rotación de la primera señal de excitación de tensión alterna 7, en cuyo caso la diferencia de fase entre la primera señal de excitación
55 60

de tensión alterna 7 y la primera señal de respuesta de corriente alterna 9, 16 se forma para que sea en la dirección opuesta si se compara con la diferencia de fase entre la segunda señal de excitación de tensión alterna 8 y la segunda señal de respuesta de corriente alterna 10, 17. La figura 4 presenta la primera señal de excitación de tensión alterna 7 de la fase R y también la segunda señal de excitación de tensión alterna 8 de la fase R, que se forman de manera consecutiva. La amplitud de las señales de excitación de tensión alterna es por lo demás constante, pero la segunda señal de excitación de tensión alterna 8 se reduce al comienzo. Esto es porque el cambio en la dirección de rotación de la señal de excitación de tensión alterna provoca un fenómeno de cambio que afecta a la corriente del devanado de la máquina eléctrica, que se intenta compensar disminuyendo de manera transitoria la amplitud de la tensión de la señal de excitación de tensión alterna 8. La figura 4 también presenta la amplitud de la primera señal de respuesta de corriente alterna 9 correspondiente a la primera señal de excitación de tensión alterna 7 como una función $\hat{I}(\theta)$ del ángulo eléctrico, y de manera similar, la amplitud de la segunda señal de respuesta de corriente alterna 10 correspondiente a la segunda señal de excitación de tensión alterna 8 como una función del ángulo eléctrico. La figura 5 presenta con más detalle las amplitudes de las señales de respuesta de corriente alterna primera 16 y segunda 17 para la longitud de ciclo de 0 ... 360 grados del ángulo eléctrico de la referencia de ángulo eléctrico θ de la máquina eléctrica. La variación en las amplitudes como una función de la referencia de ángulo eléctrico θ 18 resulta de la variación de la inductancia del circuito magnético de la máquina eléctrica debido, entre otras cosas, a la saturación local del circuito magnético. Aquí, saturación local se refiere al tipo de fenómeno de saturación de un circuito magnético, que varía con relación al ángulo eléctrico de la máquina eléctrica. Este tipo de saturación local es causado, entre otras cosas, por los imanes permanentes del rotor, en cuyo caso la posición de los imanes permanentes del rotor puede determinarse utilizando la saturación local. Por otro lado, una variación de la geometría del circuito magnético, tal como por ejemplo una variación en la longitud del entrehierro de la máquina eléctrica, también puede causar una variación local de la inductancia del circuito magnético de la máquina eléctrica. Este tipo de variación de la longitud del entrehierro se produce, por ejemplo, en máquinas eléctricas de polos salientes. La variación local de la inductancia del circuito magnético de la máquina eléctrica causada por una variación de la geometría del circuito magnético de una máquina eléctrica del tipo mencionado anteriormente también se puede utilizar para determinar la posición del rotor de acuerdo con la invención. En este caso, el ángulo de impulsión del rotor, es decir, la posición de los polos magnéticos del rotor, se puede determinar de este modo en una situación en la que el rotor está bloqueado en su posición.

En la figura 5 también es posible detectar la diferencia de fase 32 entre los gráficos $\hat{I}(\theta)$ de las amplitudes de la primera señal de respuesta de corriente alterna 16 y la segunda señal de respuesta de corriente alterna 17, derivando dicha diferencia de fase de las direcciones de rotación de las señales de excitación de tensión alterna primera 7 y segunda 8 que son opuestas entre sí. Dado que en este caso el desplazamiento de fase entre la primera señal de excitación de tensión alterna 7 y la primera la señal de respuesta de corriente alterna 16 es en la dirección opuesta a la diferencia de fase entre la segunda señal de excitación de tensión alterna 8 y la segunda señal de respuesta de corriente alterna 17, la diferencia de fase entre las señales de respuesta de corriente alterna primera 16 y segunda 17 puede ser compensada.

La posición del rotor de la máquina eléctrica se determina a partir de las señales de respuesta de corriente alterna primera y segunda de la siguiente manera: se miden las señales de respuesta de corriente alterna primera y segunda y en función de las señales medidas, se determinan las amplitudes de las señales de respuesta de corriente alterna como una función $\hat{I}(\theta)$ de la referencia de ángulo eléctrico. Las amplitudes determinadas de las señales de respuesta de corriente alterna se registran, en cuyo caso los gráficos 16, 17 de las amplitudes de las señales de respuesta de corriente alterna se forman como una función de la referencia de ángulo eléctrico de acuerdo con la figura 5. El valor del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo de la amplitud se determina a partir de los gráficos de la amplitud de las señales de respuesta de corriente alterna primera 16 y segunda 17. Esto ocurre de manera que se identifica el valor de la amplitud de la señal de respuesta de corriente alterna medida máxima, y se forma un ajuste de curva 27, por ejemplo, un ajuste parabólico, por ejemplo, con el método de mínimos cuadrados, mediante los puntos de medición del entorno del valor máximo. Después de esto, se resuelve el valor 25 del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del ajuste parabólico 27. El valor 25, 26 del ángulo eléctrico se resuelve por separado para los gráficos primero 16 y segundo 17 de la amplitud de la señal de respuesta de corriente alterna, y el valor 28 del ángulo eléctrico que comprende la información de posición del rotor se determina como un valor promedio del valor 25 del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del gráfico 16 de la amplitud de la primera señal de respuesta de corriente alterna y el valor 26 del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del gráfico 17 de la amplitud de la segunda señal de respuesta de corriente alterna, en cuyo caso las diferencias de fase entre las señales de excitación de tensión alterna 7, 8 y las señales de respuesta de corriente alterna son compensadas. En este caso, el valor determinado 28 del ángulo eléctrico que comprende la información de posición del rotor corresponde al punto en el rotor, como se presenta en la figura 6, en el que la dirección de la magnetización 30 producida por la corriente de estator es convergente con respecto al flujo del imán de rotor 29.

La figura 7 presenta una determinación de la posición del rotor de acuerdo con la técnica anterior. En este caso, el puente de carga 2 está dispuesto para proporcionar una señal de excitación eléctrica de tipo pulso 19 con los valores determinados del ángulo eléctrico θ de la máquina eléctrica, y el convertidor de frecuencia está dispuesto para determinar una pluralidad de señales de respuesta eléctrica de tipo pulso correspondientes a las mencionadas señales de excitación eléctrica de tipo pulso. El convertidor de frecuencia está además dispuesto para determinar un punto de

referencia 28 para la posición del rotor de la máquina eléctrica en función de las señales de respuesta eléctrica de tipo pulso antes mencionadas.

5 En una realización de la invención, un puente de carga 2 está dispuesto para suministrar una segunda señal de excitación de electricidad alterna 8 a la máquina eléctrica antes mencionada, y la segunda señal de excitación de electricidad alterna se forma con relación al ángulo eléctrico θ 18 de la máquina eléctrica. En este caso, el desplazamiento de fase 20 de la segunda señal de respuesta de electricidad alterna 10, 17 correspondiente a la segunda señal de excitación de electricidad alterna 8 se determina en función del punto de referencia 28 de la posición del rotor de la máquina eléctrica y la segunda señal de respuesta de electricidad alterna 17. El desplazamiento de fase antes mencionado 20 de la segunda señal de respuesta de electricidad alterna 10, 17 correspondiente a la segunda señal de excitación de electricidad alterna 8 se representa en la figura 5.

10 La invención se describe anteriormente con la ayuda de algunos ejemplos de su realización. Es obvio para los expertos en la técnica que las señales de excitación eléctrica primera y segunda, tales como las señales de excitación de electricidad alterna primera y segunda, pueden combinarse en la misma señal de excitación, por ejemplo, combinando las señales de excitación eléctrica primera y segunda de manera consecutiva. En este caso, las señales de respuesta eléctrica primera y segunda también se pueden determinar como una señal de respuesta eléctrica combinada en respuesta a la señal de excitación combinada.

15 Es obvio también para los expertos en la técnica que el método de acuerdo con la invención para determinar la posición del rotor de una máquina eléctrica puede realizarse usando diferentes soluciones de aparatos de medición, y que en este caso también puede utilizarse alguna otra solución de suministro de electricidad además de un convertidor de frecuencia, para suministrar la señal de excitación a la máquina eléctrica.

20

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de frecuencia (1), que comprende un puente de carga (2) y también un control (3) del puente de carga, que suministra electricidad entre el puente de carga (2) y una máquina eléctrica (4) conectada al puente de carga;

5 y el mencionado convertidor de frecuencia comprende una determinación (5) para la corriente y/o tensión de la máquina eléctrica antes mencionada, y dicho convertidor de frecuencia comprende una determinación (6) para la posición del rotor de la máquina eléctrica;

10 en donde un puente de carga (2) está dispuesto para suministrar una primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) a la máquina eléctrica antes mencionada (4), dicha primera señal de excitación de tensión o corriente alterna se forma con relación al ángulo eléctrico (18) de la máquina eléctrica, y en donde el convertidor de frecuencia está dispuesto para determinar una primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16) correspondiente a la primera señal de excitación de tensión o corriente alterna mencionada anteriormente (7), y

en donde la posición del rotor se determina en función de la primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16),

15 caracterizado por que el puente de carga (2) está dispuesto para suministrar unas señales de excitación de tensión o corriente alterna primera (7) y segunda (8) a la mencionada máquina eléctrica (4), dichas señales de excitación de tensión o corriente alterna primera y segunda se forman con relación al ángulo eléctrico (18) de la máquina eléctrica y dichas señales de excitación de tensión o corriente alterna primera (7) y segunda (8) están dispuestas para estar en direcciones opuestas en su dirección de rotación, y por que la posición del rotor se determina en función de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera (9, 16) y segunda (10,17) correspondientes a las señales de
20 excitación de tensión o corriente alterna primera (7) y segunda (8) antes mencionadas, por lo que, como el desplazamiento de fase entre la primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) y la primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (16) está en la dirección opuesta con respecto a la diferencia de fase entre la segunda señal de excitación de tensión o corriente alterna (8) y la segunda señal de respuesta de corriente o tensión alterna (17), se compensa la diferencia de fase entre las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera (16) y segunda (17),

25 en donde la posición del rotor de la máquina eléctrica se determina a partir de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera y segunda de la siguiente manera: se miden las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera y segunda, y en función de las señales medidas, se determinan las amplitudes de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna como una función $\hat{I}(\theta)$ de una referencia de ángulo eléctrico; se registran las
30 amplitudes determinadas de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna, en cuyo caso se forman gráficos (16, 17) de las amplitudes de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna como una función de la referencia de ángulo eléctrico; se determina el valor del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo de la amplitud a partir de los gráficos de la amplitud de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera (16) y segunda (17) de manera que se identifica el valor de la amplitud de la señal de respuesta de corriente o tensión alterna medida
35 máxima, y se forma un ajuste de curva (27) mediante los puntos de medición del entorno del valor máximo, en donde después se resuelve el valor (25) del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del ajuste de curva (27); el valor (25, 26) del ángulo eléctrico se resuelve por separado para los gráficos primero (16) y segundo (17) de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna y el valor (28) del ángulo eléctrico que comprende la información de posición del rotor se determina como un valor promedio del valor (25) del ángulo eléctrico correspondiente al valor
40 máximo del gráfico (16) de la amplitud de la primera señal de respuesta de corriente o tensión y el valor (26) del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del gráfico (17) de la amplitud de la segunda señal de respuesta de corriente o tensión alterna.

45 2. Convertidor de frecuencia de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) está hecha para cambiar de acuerdo con el ángulo eléctrico (18); y por que el ángulo de impulsión del rotor se determina en función de la primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16).

3. Convertidor de frecuencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el convertidor de frecuencia comprende una entrada para la señal que refleja el estado de funcionamiento de la máquina eléctrica, y por que la posición del rotor de la máquina eléctrica se determina en un estado de funcionamiento en el que se impide el movimiento del rotor.

50 4. Método para determinar la posición del rotor de un máquina eléctrica que tiene un convertidor de frecuencia (1), que comprende un puente de carga (2) y también un control (3) del puente de carga, que suministra electricidad entre el puente de carga (2) y una máquina eléctrica (4) conectada al puente de carga; comprendiendo dicho convertidor de frecuencia una determinación (5) para la corriente y/o tensión de la máquina eléctrica mencionada anteriormente, y comprendiendo dicho convertidor de frecuencia una determinación (6) para la posición del rotor de la máquina eléctrica; en donde un puente de carga (2) está dispuesto para suministrar una primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) a la máquina eléctrica mencionada anteriormente (4), por lo que
55

la primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) se forma con relación al ángulo eléctrico (18) de la máquina eléctrica, la primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) se suministra a la máquina eléctrica

(4), se determina una primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16) correspondiente a la primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) y se determina la posición del rotor en función de la primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16), caracterizado por que:

5 una primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) se forma con relación al ángulo eléctrico (18) de la máquina eléctrica, una segunda señal de excitación de tensión o corriente alterna (8) se forma con relación al ángulo eléctrico (18) de la máquina eléctrica, las señales de excitación de tensión o corriente alterna primera (7) y segunda (8) están dispuestas para tener direcciones opuestas en su dirección de rotación, las señales de excitación de tensión o corriente alterna primera (7) y segunda (8) se suministran a la máquina eléctrica, se determina una primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16) correspondiente a la primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7), y se determina una segunda señal de respuesta de corriente o tensión alterna (10, 17) correspondiente a la segunda señal de excitación de tensión o corriente alterna (8), la posición del rotor se determina en función de la primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16) y la segunda señal de respuesta de corriente o tensión alterna (10, 17), por lo que, como el desplazamiento de fase entre la primera señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) y la primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (16) es en la dirección opuesta con respecto a la diferencia de fase entre la segunda señal de excitación de tensión o corriente alterna (8) y la segunda señal de respuesta de corriente o tensión alterna (17), se compensa la diferencia de fase entre las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera (16) y segunda (17),

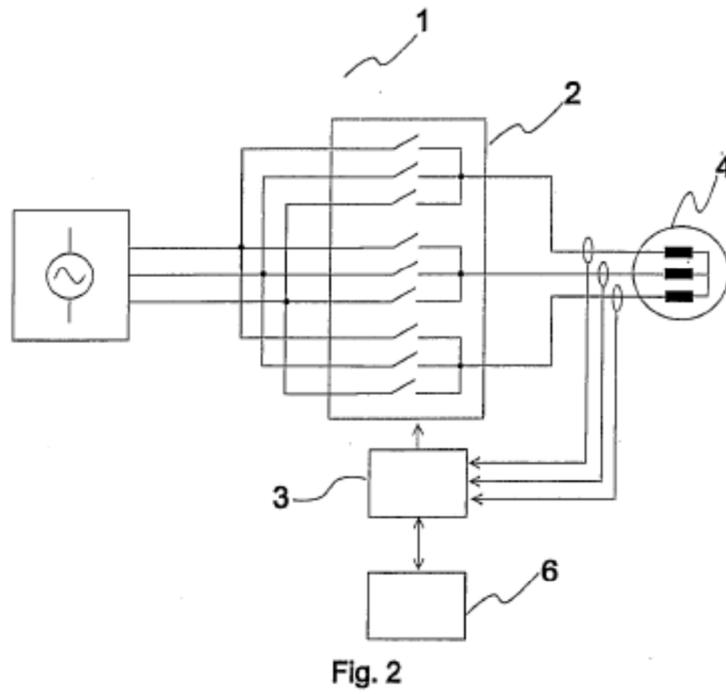
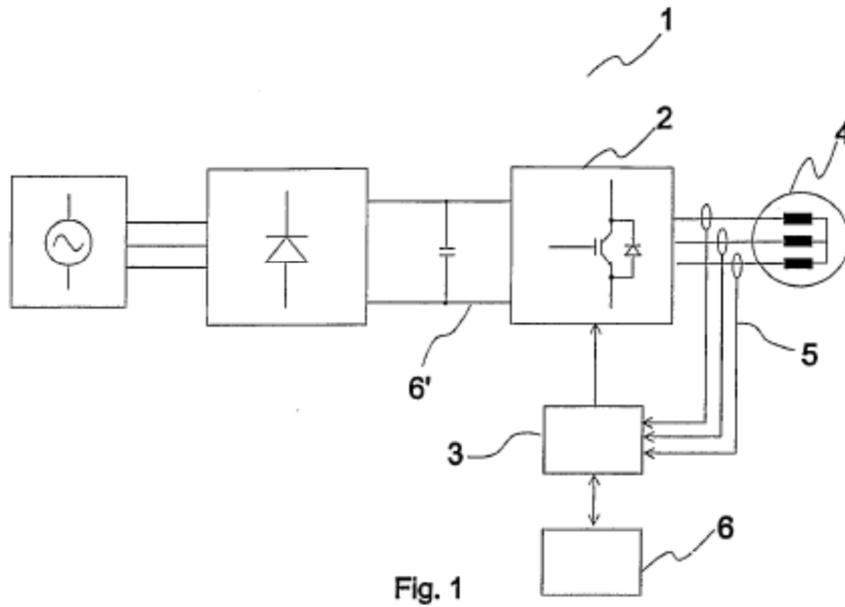
la posición del rotor de la máquina eléctrica se determina a partir de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera y segunda de la siguiente manera: se miden las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera y segunda, y en función de las señales medidas, se determinan las amplitudes de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna como una función $I(\theta)$ de una referencia de ángulo eléctrico; se registran las amplitudes determinadas de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna, en cuyo caso se forman gráficos (16, 17) de las amplitudes de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna como una función de la referencia de ángulo eléctrico; se determina el valor del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo de la amplitud a partir de los gráficos de la amplitud de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna primera (16) y segunda (17) de manera que se identifica el valor de la amplitud de la señal de respuesta de corriente o tensión alterna medida máxima, y se forma un ajuste de curva (27) mediante los puntos de medición del entorno del valor máximo, en donde después se resuelve el valor (25) del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del ajuste de curva (27); el valor (25, 26) del ángulo eléctrico se resuelve por separado para los gráficos primero (16) y segundo (17) de la amplitud de las señales de respuesta de corriente o tensión alterna y el valor (28) del ángulo eléctrico que comprende la información de posición del rotor se determina como un valor promedio del valor (25) del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del gráfico (16) de la amplitud de la primera señal de respuesta de corriente o tensión y el valor (26) del ángulo eléctrico correspondiente al valor máximo del gráfico (17) de la amplitud de la segunda señal de respuesta de corriente o tensión alterna.

35 5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que:

la señal de excitación de tensión o corriente alterna (7) está hecha para cambiar de acuerdo con el ángulo eléctrico (18), el ángulo de impulsión del rotor se determina en función de la primera señal de respuesta de corriente o tensión alterna (9, 16).

6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, caracterizado por que:

40 el movimiento del rotor de la máquina eléctrica (4) se impide durante la determinación de la posición del rotor.



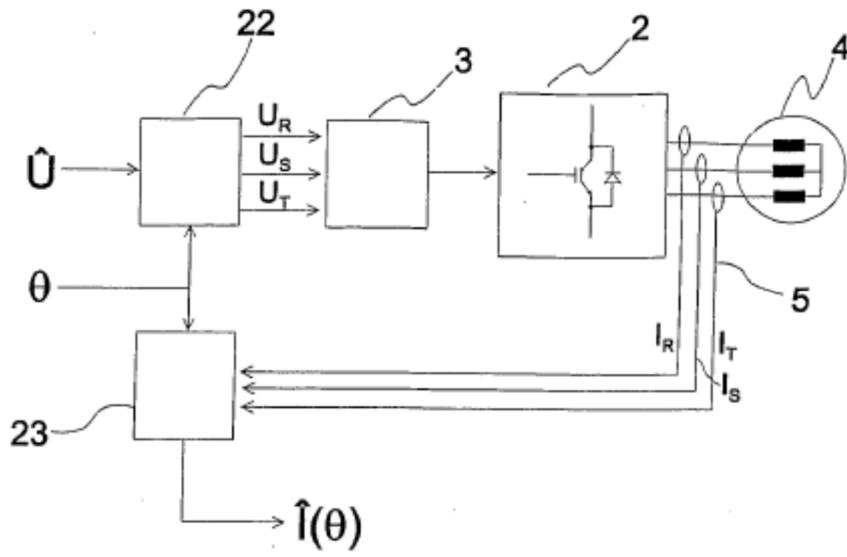


Fig. 3

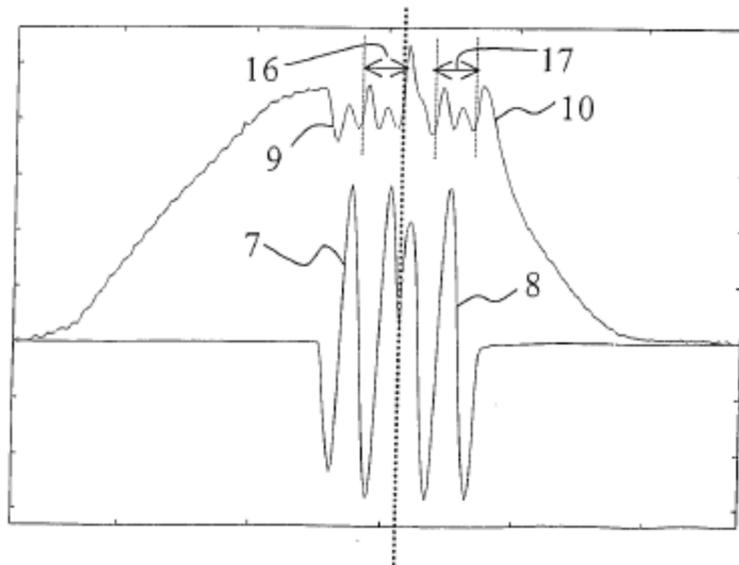


FIG. 4

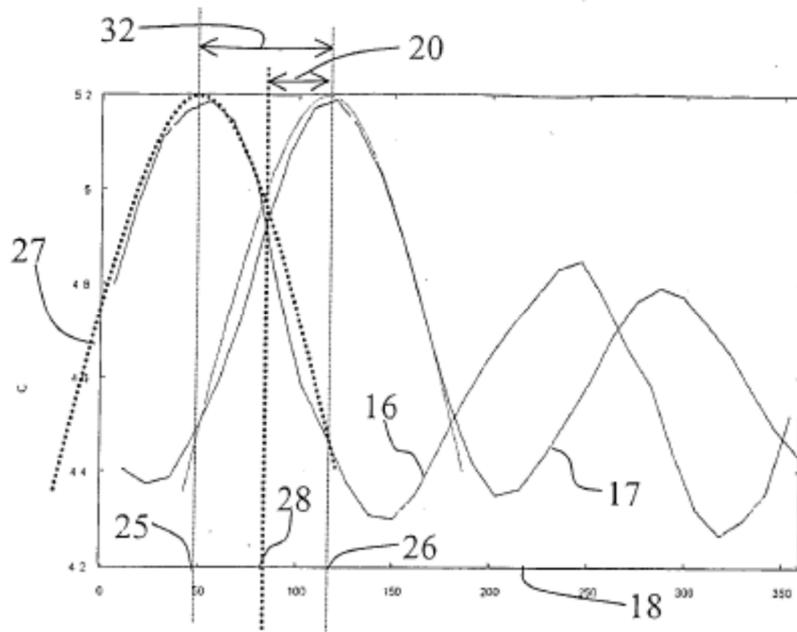


FIG. 5

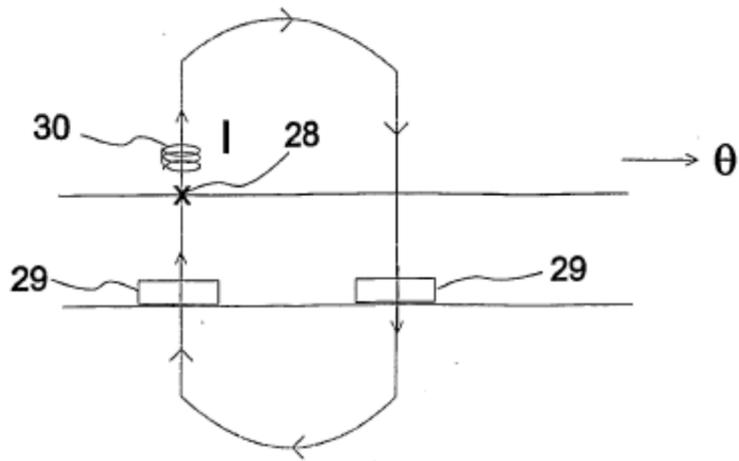


Fig. 6

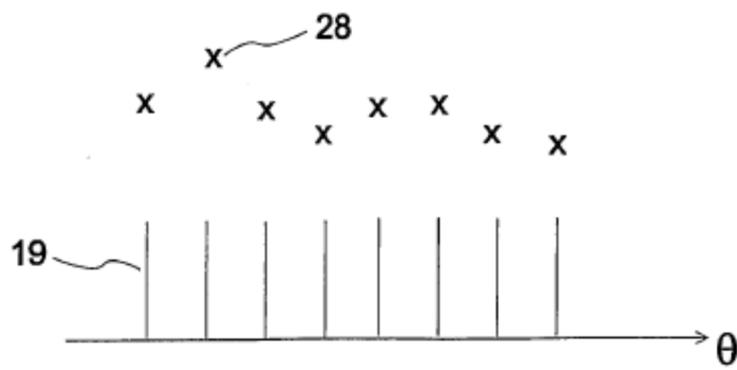


Fig. 7