

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 812 555**

51 Int. Cl.:

B66B 1/30 (2006.01)

H02P 6/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2009** **PCT/FI2009/050359**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2009** **WO09144362**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2009** **E 09754015 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020** **EP 2281334**

54 Título: **Determinación del movimiento de una máquina síncrona**

30 Prioridad:

30.05.2008 FI 20080387

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

17.03.2021

73 Titular/es:

KONE CORPORATION (100.0%)

**Kartanontie 1
00330 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**STOLT, LAURI y
KAUPPINEN, TUUKKA**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 812 555 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 del movimiento de una máquina síncrona

La invención se refiere a un método para determinar el movimiento de una máquina síncrona como se define en el preámbulo de la reivindicación 1, un aparato para determinar el movimiento de una máquina síncrona como se define en el preámbulo de la reivindicación 4, y también una disposición para determinar el movimiento de un aparato de transporte como se define en el preámbulo de la reivindicación 7.

En la regulación de un motor síncrono, la posición del rotor se identifica convencionalmente con un codificador absoluto de medición, tal como un resolutor como se ha descrito en el documento US 5.796.228 A. Sin embargo, como la precisión de medición de un resolutor es extremadamente pequeña o debido a un error de instalación o a las tolerancias de precisión de instalación como tales, se ha propuesto adicionalmente una corrección de fase calculada. Después de que el motor síncrono alcance una velocidad constante, la corriente y la tensión de accionamiento son medidas para calcular un valor de corrección de fase mediante el que la posición del rotor es corregida. Además, los documentos JP 2007312535 y JP3397013 muestran la adaptación de la posición de un rotor comparando los resultados de dos dispositivos de detección de la posición del rotor para emitir una señal de accionamiento en la que la segunda detección de posición es medida basándose en la tensión inducida de la corriente suministrada al motor. Además, un resolutor, como también otros sensores absolutos, generalmente debe instalarse en el árbol del motor, lo que debido a la construcción del motor podría ser incómodo. Un sensor absoluto instalado en el árbol también puede aumentar la longitud axial del motor.

Recientemente, también se han desarrollado diferentes identificaciones de posición sin sensores, que se basan en, p. ej., medición de la inductancia del circuito magnético del motor, así como en la estimación de la tensión de alimentación del motor.

El principio básico en la medición de la inductancia de un circuito magnético es que se suministra una excitación al motor como pulsos de tensión o pulsos de corriente y la respuesta causada por ellos se mide para determinar la inductancia. La inductancia varía en función del ángulo eléctrico al menos en cierta medida, en cuyo caso la posición entre el rotor y el estator puede determinarse a partir de la variación de la inductancia. La determinación de la inductancia se puede realizar dependiendo del método para un rotor bloqueado en su posición o también para un rotor giratorio.

En los métodos mencionados anteriormente, la precisión para determinar la posición del rotor varía. Especialmente en motores eléctricos de rotor sólido, la variación de la inductancia es en general extremadamente pequeña, en cuyo caso aumenta la inexactitud de la información de posición determinada. La variación en la inductancia es normalmente pequeña también, p. ej., en los tipos de motores de imanes permanentes en los que los imanes permanentes se fijan a la superficie del rotor como imanes de superficie.

Para medir la inductancia, la señal de excitación suministrada al motor se suma a la tensión de alimentación real del motor. Siendo ese el caso, la señal de excitación reduce el valor máximo de la amplitud de la tensión de alimentación del motor. Esto podría conducir a una reducción del intervalo de velocidad de funcionamiento del motor, p. ej., cuando se alimenta al motor con un convertidor de frecuencia que tiene un circuito de tensión intermedio.

La tensión de alimentación del motor se puede estimar, p. ej., sobre la base de la medición de la corriente del estator y de la tensión del estator. La precisión de la estimación de la tensión de la fuente disminuye a medida que disminuye la velocidad del motor, y la estimación a velocidad cero normalmente no es posible.

La publicación US 5057759 describe una determinación del ángulo del rotor y de la velocidad angular de rotor del rotor de un motor de corriente alterna por medio de un observador de estado. Además, el documento JP 9047066 A muestra un controlador para una máquina síncrona, determinando un error de detección de posición de polo. Basado en este error la posición de polo real cuando es detectada es corregida. Esto se hace utilizando una forma de onda de tensión inducida. El documento DE 10315754 a su vez muestra una determinación de la posición del rotor de una máquina síncrona con un sensor de posición incremental. Esto se consigue porque se aplica una corriente al rotor o estator de manera sinusoidal oscilante que tiene una pequeña amplitud, de modo que hay una correlación de fase entre la corriente y pequeños movimientos mecánicos oscilantes del rotor por medio de la cual la posición del rotor puede ser determinada.

El objeto de esta invención es resolver los problemas presentados anteriormente en la descripción de la técnica anterior, así como los problemas descritos en la descripción de la invención a continuación. En este caso, en esta invención se describe una determinación del movimiento de una máquina síncrona que es más precisa que la técnica anterior. En la determinación solo se puede usar un sensor incremental en la realimentación de medición acerca del movimiento del rotor. La invención también describe una determinación del movimiento de un aparato de transporte utilizando la determinación antes mencionada del movimiento de una máquina síncrona, en cuyo caso también el movimiento de un aparato de transporte también se puede determinar con mayor precisión que antes.

El método para determinar el movimiento de una máquina síncrona según la invención se caracteriza por lo que se describe en el parte de caracterización de la reivindicación 1. El aparato para determinar el movimiento de una máquina síncrona según la invención se caracteriza por lo que se describe en la parte de caracterización de la reivindicación 4. La disposición según la invención para determinar el movimiento de un aparato de transporte se caracteriza por lo que se describe en la

parte de caracterización de la reivindicación 7. Otras características de la invención se caracterizan por lo que se describe en las otras reivindicaciones. Algunas realizaciones de la invención también se tratan en la sección descriptiva de la presente solicitud. En el método según la invención para determinar el movimiento de una máquina síncrona un convertidor de frecuencia está dispuesto para suministrar energía entre la máquina síncrona y una red de electricidad, el convertidor de frecuencia comprende un puente de carga que está conectado al devanado del estator de la máquina síncrona, un control del convertidor de frecuencia está dispuesto para controlar los conmutadores de estado sólido del puente de carga, para formar una amplitud variable y una tensión de control de frecuencia variable sobre las fases del devanado del estator de la máquina síncrona. Un codificador está dispuesto mediante una rueda de fricción al reborde del rotor de la máquina síncrona, en cuyo caso cuando el rotor gira, el árbol giratorio del codificador fijado a la rueda de fricción gira mediante la rueda de fricción, en donde el codificador comprende una salida para la señal de movimiento que expresa el movimiento del rotor de la máquina síncrona, el control comprende una entrada para la señal de movimiento del codificador. La señal de movimiento del codificador es leída. El control mide una corriente del devanado del estator de la máquina síncrona. El error de posición del rotor de la máquina síncrona es determinado sobre la base de la corriente del devanado del estator medida, así como sobre la base de la tensión del estator determinada a partir de la referencia de conmutación de los conmutadores de estado sólido del puente de carga. La señal de movimiento leída del codificador es corregida por el control sobre la base de la determinación antes mencionada del error de posición del rotor de la máquina síncrona. Un circuito de corrección de una señal de codificador, en donde la señal de codificador es la señal de movimiento leída del codificador escalada por una relación de transmisión entre la rueda de fricción del codificador y el reborde del rotor de la máquina síncrona, funciona de la siguiente manera: El error de posición es filtrado con un filtro pasa bajos. Sobre la base del error de posición filtrado la señal de codificador es corregida sumando de manera repetida un término de corrección, que es proporcional a la magnitud del error de posición, sobre la señal de codificador, en donde el circuito de corrección de la señal de codificador comprende un factor de escalado, cuyo valor es determinado como una función de la velocidad del rotor. El valor del factor de escalado es determinado como cero en el entorno de velocidad cero del rotor, en donde, cuando el valor del factor de escalado es cero, la señal de codificador antes mencionada no es corregida con el circuito de corrección de tal modo que el circuito de corrección de la señal de codificador está dispuesto para corregir la señal de codificador solo cuando la velocidad del rotor difiere de cero en más de un valor límite establecido.

Dado que generalmente se produce un error acumulativo en la señal de movimiento de un sensor incremental, el uso de un sensor incremental en aplicaciones que tienen requisitos exigentes de precisión ha sido convencionalmente incómodo. Estos tipos de aplicaciones que requieren precisión incluyen, p. ej., el control vectorial de un motor síncrono o la medición y monitorización del movimiento de un aparato de transporte. Como la señal de movimiento de lectura del sensor incremental se corrige de acuerdo con la invención sobre la base de la determinación del error de posición del rotor de la máquina síncrona, también se puede utilizar un sensor incremental en estas aplicaciones que requieren precisión.

Según la invención, el error de posición del rotor de la máquina síncrona puede determinarse sobre la base de al menos una magnitud eléctrica de la máquina síncrona, en cuyo caso la determinación antes mencionada del error de posición puede realizarse sin un sensor absoluto separado, y la disposición de medición se simplifica.

El sensor incremental según la invención se puede instalar, p. ej., mediante una rueda de fricción sobre la superficie de cualquier parte móvil de la máquina síncrona. El sensor se puede instalar, p. ej., al reborde del rotor de una máquina síncrona, o por ejemplo al reborde de la polea de tracción de una máquina de ascensor. En este caso, la disposición de fijación del sensor es más simple y más eficiente en cuanto a espacio que en aquellas soluciones de la técnica anterior en las que un sensor absoluto se fija concéntricamente en el árbol de la máquina síncrona.

En una realización de la invención, se determina el error de posición del rotor de la máquina síncrona, utilizando la información sobre la tensión fuente de la máquina síncrona transportada por la al menos una magnitud eléctrica de la máquina síncrona mencionada anteriormente. En una realización de la invención, se determina el error de posición del rotor de la máquina síncrona, utilizando la información acerca de la tensión fuente de la máquina síncrona, cuya información es transportada por la corriente y tensión de la máquina síncrona.

En una realización de la invención, la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona se determina en base a la determinación antes mencionada del error de posición del rotor de la máquina síncrona.

El aparato según la invención para determinar el movimiento de una máquina síncrona comprende un convertidor de frecuencia dispuesto para alimentación de corriente entre la máquina síncrona y una red de electricidad, comprendiendo el convertidor de frecuencia un puente de carga que está conectado al devanado del estator de la máquina síncrona, un control del convertidor de frecuencia dispuesto para controlar los conmutadores de estado sólido del puente de carga, para formar una tensión de control de amplitud variable y frecuencia variable a las fases del devanado del estator de la máquina síncrona. Un codificador está comprendido dispuesto mediante una rueda de fricción al reborde del rotor de la máquina síncrona, en cuyo caso cuando el rotor gira, el árbol giratorio del codificador fijado a la rueda de fricción gira mediante la rueda de fricción, en donde el codificador comprende una salida para la señal de movimiento que expresa el movimiento del rotor de la máquina síncrona, comprendiendo el control una entrada para la señal de movimiento del codificador. También hay comprendida una entrada para la señal de movimiento del codificador, estando el control dispuesto para medir una corriente del devanado del estator de la máquina síncrona, una determinación del error de posición del rotor de la máquina síncrona, que está dispuesta para determinar el error de posición del rotor sobre la base de corriente del

devanado del estator medida así como sobre la base de la tensión del estator determinada a partir de la referencia de conmutación de los conmutadores de estado sólido del puente de carga, y una corrección de la señal de movimiento del codificador, que está dispuesta para corregir la señal de movimiento leída del codificador por el control sobre la base de la determinación antes mencionada del error de posición del rotor de la máquina síncrona. El aparato comprende además un

5 circuito de corrección de una señal de codificador, en donde la señal de codificador es la señal de movimiento leída del codificador escalada por una relación de transmisión entre la rueda de fricción del codificador y el reborde del rotor de la máquina síncrona, dispuesta para funcionar de la siguiente manera: el error de posición es filtrado con un filtro pasa bajos, sobre la base del error de posición filtrado la señal de codificador es corregida sumando de manera repetida un término de corrección, que es proporcional a la magnitud del error de posición, sobre la señal de codificador, en donde el circuito de

10 corrección de la señal de codificador comprende un factor de escalado, cuyo valor es determinado como una función de la velocidad del rotor, y el valor del factor de escalado es determinado como cero en el entorno de velocidad cero del rotor, en donde, cuando el valor del factor de escalado es cero, la señal de codificador antes mencionada no es corregida con el circuito de corrección de tal modo que el circuito de corrección de la señal de codificador está dispuesto para corregir la señal de codificador solo cuando la velocidad del rotor difiere de cero en más de un valor límite establecido.

15 En una realización de la invención, el aparato comprende una determinación del error de posición del rotor de la máquina síncrona, que está dispuesta para determinar el error de posición del rotor de la máquina síncrona utilizando la información acerca de la tensión fuente de la máquina síncrona transportada por la antes mencionada al menos una magnitud eléctrica de la máquina síncrona. En una realización de la invención, se determina el error de posición del rotor de la máquina síncrona, utilizando la información acerca de la tensión fuente de la máquina síncrona, cuya información es transportada

20 por la corriente y tensión de la máquina síncrona.

En una realización de la invención, el aparato comprende una determinación de la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona, que está dispuesta para determinar la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona sobre la base de la determinación antes mencionada del error de posición del rotor de la máquina síncrona.

25 La disposición según la invención para determinar el movimiento de un aparato de transporte comprende un motor síncrono para mover el aparato de transporte, un convertidor de frecuencia dispuesto para suministrar energía entre el motor síncrono y una red de electricidad, comprendiendo el convertidor de frecuencia un puente de carga que está conectado al devanado del estator del motor síncrono, un control del convertidor de frecuencia dispuesto para controlar los conmutadores de estado sólido del puente de carga, para formar una amplitud variable y una tensión de control de

30 frecuencia variable a las fases del devanado del estator del motor síncrono, un codificador proporcionado mediante una rueda de fricción al reborde del rotor de la máquina síncrona, en cuyo caso cuando el rotor gira, el árbol giratorio del codificador fijado a la rueda de fricción gira mediante la rueda de fricción, en donde el codificador comprende una salida para la señal de movimiento que expresa el movimiento del rotor del motor síncrono, comprendiendo el control una entrada para la señal de movimiento del codificador. También está comprendido el control dispuesto para medir una corriente del devanado del estator del motor síncrono, una determinación del error de posición del rotor del motor síncrono, que está

35 dispuesta para determinar el error de posición del rotor sobre la base de corriente del devanado del estator medida así como sobre la base de la tensión del estator determinada a partir de la referencia de conmutación de los conmutadores de estado sólido del puente de carga, y una corrección de la señal de movimiento del codificador, que está dispuesta para corregir la señal de movimiento leída del codificador por el control sobre la base de la determinación antes mencionada del error de posición del rotor del motor síncrono. La disposición comprende además un circuito de corrección de una señal de codificador, en donde la señal de codificador es la señal de movimiento leída del codificador escalada por una relación de transmisión entre la rueda de fricción del codificador y el reborde del rotor del motor síncrono, dispuesto para funcionar de la siguiente manera: el error de posición es filtrado con un filtro pasa bajos, sobre la base del error de posición filtrado la señal de codificador es corregida sumando de manera repetitiva un término de corrección, que es proporcional a la

40 magnitud del error de posición, a la señal de codificador, en donde el circuito de corrección de la señal de codificador comprende un factor de escalado, cuyo valor es determinado como una función de la velocidad del rotor, y el valor del factor de escalado es determinado como cero en el entorno de velocidad cero del rotor, en donde, cuando el valor del factor de escalado es cero, la señal de codificador antes mencionada no es corregida con el circuito de corrección de tal modo que el circuito de corrección de la señal de codificador está dispuesto para corregir la señal de codificador solo cuando la

45 velocidad del rotor difiere de cero en más de un valor límite establecido.

50

Cuando el movimiento del aparato de transporte se determina según la invención sobre la base de la señal de movimiento corregida del sensor incremental, la precisión de la determinación del movimiento del aparato de transporte, tal como la precisión de la determinación de un cambio en la posición del aparato de transporte mejora. Al mismo tiempo, p. ej., la precisión de parada del aparato de transporte también mejora.

55 En una realización de la invención, la disposición comprende una determinación del error de posición del rotor del motor síncrono, que está dispuesta para determinar el error de posición del rotor del motor síncrono utilizando la información acerca de la tensión fuente del motor síncrono transportado por la antes mencionada al menos una magnitud eléctrica del motor síncrono.

En una realización de la invención, la disposición comprende una determinación de la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja del aparato de transporte, que está dispuesta para determinar la distancia de

60

desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja del aparato de transporte sobre la base de la determinación antes mencionada del error de posición del rotor del motor síncrono.

Como la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona se determina sobre la base de la determinación del error de posición del rotor de la máquina síncrona, el movimiento de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona se puede restringir a un área permitida. Esto es ventajoso p. ej., en sistemas de ascensores, al accionar la cabina de ascensor a la velocidad esencialmente baja en la proximidad de un piso de parada o en una zona final del hueco del ascensor, o cuando se coloca la cabina del ascensor en algún punto de referencia del hueco del ascensor en ausencia de información de posición de la cabina del ascensor. En este caso, se puede establecer un valor límite de la distancia de desplazamiento máxima permitida para la distancia de desplazamiento de la velocidad esencialmente baja de la cabina del ascensor, y se puede impedir el movimiento de la cabina del ascensor cuando se excede el valor límite mencionado anteriormente, en cuyo caso se mejora la seguridad del sistema de ascensor. Reiniciar el viaje en este caso puede requerir la determinación del ángulo inicial del rotor con algún método de la técnica anterior, tal como sobre la base de la medición de la inductancia del circuito magnético.

En una realización de la invención, el aparato de transporte comprende una cabina de ascensor.

La máquina síncrona según la invención puede ser p. ej., un motor síncrono o un generador síncrono. En este caso, la máquina síncrona se puede magnetizar, p. ej., con un devanado de rotor o con imanes permanentes. La máquina síncrona también puede ser una máquina de corriente continua sin escobillas. La máquina síncrona puede ser giratoria o también puede preverse para funcionar según el principio del motor lineal.

En la invención, un sensor incremental significa un sensor que expresa un cambio en la posición del rotor directa o indirectamente, p. ej., sobre la base de una medición de velocidad o aceleración. Estos tipos de sensores son, p. ej., un codificador, un tacómetro y un sensor de aceleración.

En una realización de la invención, el motor síncrono está dispuesto para mover el aparato de transporte de un sistema de transporte. Este tipo de sistema de transporte puede ser, p. ej., un sistema de ascensor, un sistema de escaleras mecánicas, un sistema de pista móvil, un sistema de ascensor de accionamiento directo, un sistema de grúa o un sistema de vehículo. Si el motor síncrono está instalado en un sistema de ascensor, el accionamiento del motor también puede comprender una polea de tracción conectada al cable o correa de izado del elevador. El accionamiento del motor síncrono puede comprender un engranaje, pero también puede ser sin engranajes.

El ángulo eléctrico de la máquina síncrona se refiere al valor del ángulo determinado por la longitud del ciclo del flujo magnético que gira en la máquina síncrona. En una realización de la invención, la longitud del ciclo del flujo magnético corresponde aquí a un ángulo eléctrico de 360 grados en la máquina síncrona.

En la invención, una magnitud eléctrica de la máquina síncrona se refiere, p. ej., a la corriente, a la tensión y a la potencia de salida de la máquina síncrona, así como los valores de referencia correspondientes para ellos.

En una realización de la invención, la determinación de una magnitud eléctrica de la máquina síncrona comprende un sensor de corriente. El sensor de corriente puede comprender, p. ej., un transformador de corriente, un sensor Hall, un sensor magneto-resistivo o una resistencia de medición.

En una realización de la invención, la determinación de una magnitud eléctrica de la máquina síncrona comprende un sensor de tensión. El sensor de tensión puede comprender en este caso, p. ej., un transformador de medición, un optoaislador lineal o digital o una resistencia de medición.

En la invención, el movimiento de la máquina síncrona significa, p. ej., un cambio en la posición del rotor, y también la información de velocidad y la información de aceleración del rotor. El movimiento del aparato de transporte significa de manera correspondiente, p. ej., el cambio en la posición o ubicación del aparato de transporte, así como la información de velocidad y la información de aceleración del aparato de transporte.

En una realización de la invención, la señal de movimiento corregida del sensor incremental se usa para monitorizar el movimiento de un aparato de transporte. La mayor precisión de la señal de movimiento en este caso mejora la precisión y la fiabilidad también de la monitorización del movimiento.

El convertidor de frecuencia según la invención puede ser p. ej., un convertidor de frecuencia que tiene un circuito intermedio de corriente, un convertidor de frecuencia que tiene un circuito intermedio de tensión y un convertidor matricial.

La tensión fuente significa la tensión inducida en el devanado del estator por el movimiento del rotor magnetizado.

El conmutador de estado sólido según la invención puede ser p. ej., un transistor IGBT, un transistor MOSFET o un tiristor.

A continuación, se describirá la invención con más detalle con la ayuda de unos pocos ejemplos de sus realizaciones con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

La Fig. 1 presenta un convertidor de frecuencia, que comprende un aparato según la invención para determinar el movimiento de una máquina síncrona

La Fig. 2 presenta una disposición de control de una máquina síncrona según la invención.

5 La Fig. 3 presenta una determinación del movimiento de una máquina síncrona según la invención como un diagrama de bloques.

La Fig. 4 presenta una segunda determinación del movimiento de una máquina síncrona según la invención como un diagrama de bloques.

La Fig. 5 presenta un sistema de ascensor, en el que está dispuesta una disposición según la invención para determinar el movimiento de una cabina de ascensor.

10 La Fig. 6 presenta el factor de escala de un circuito de corrección de la señal del codificador según la invención.

La Fig. 7 presenta una determinación de la posición del rotor de una máquina síncrona.

La Fig. 8 presenta los parámetros eléctricos de la máquina síncrona durante una determinación de la posición del rotor.

La Fig. 9 presenta la amplitud de la señal de respuesta de corriente alterna en función del ángulo eléctrico de la máquina síncrona.

15 La Fig. 1 presenta un convertidor 7 de frecuencia, que comprende un aparato para determinar el movimiento de una máquina síncrona según la invención. El convertidor 7 de frecuencia está equipado para suministrar energía entre la máquina síncrona 1 y la red eléctrica 19. El convertidor de frecuencia comprende un puente de carga 5, que está conectado al devanado del estator de la máquina síncrona. El control 14 del convertidor de frecuencia está dispuesto para controlar los conmutadores de estado sólido del puente de carga 5, para formar una amplitud variable y una tensión de control de
20 frecuencia variable en las fases del devanado del estator de la máquina síncrona. Un codificador 2 está dispuesto mediante una rueda de fricción al reborde del rotor de la máquina síncrona, en cuyo caso cuando el rotor gira el árbol giratorio del codificador fijado a la rueda de fricción gira mediante la rueda de fricción. El codificador comprende una salida para la señal 3 de movimiento que expresa el movimiento del rotor de la máquina síncrona.

25 El aparato para determinar el movimiento de una máquina síncrona está integrado como parte del control 14 del convertidor de frecuencia. El control 14 comprende en este caso una entrada para la señal 3 de movimiento del codificador. El control también mide la corriente 4 del devanado del estator de la máquina síncrona. El control 14 está dispuesto para determinar el error 8 de posición del rotor de la máquina síncrona sobre la base de la corriente 4 medida del devanado del estator, así como sobre la base de la tensión 4' del estator determinada a partir de la referencia de conmutación de los conmutadores de estado sólido del puente de carga 5. El control está dispuesto además para corregir la señal 3 de movimiento leída del
30 codificador sobre la base de la determinación 9 mencionada anteriormente del error de posición del rotor de la máquina síncrona.

La relación de transmisión del codificador 2 se determina a partir de la relación del diámetro de la rueda de fricción del codificador y el diámetro del reborde del rotor de la máquina síncrona. Para que el movimiento del rotor pueda ser
35 determinado a partir de la señal 3 de movimiento del codificador, debe conocerse la relación de transmisión mencionada anteriormente. Las tolerancias de la rueda de fricción y del reborde del rotor, entre otras cosas, causan un error en la relación de transmisión; también, por ejemplo, el desgaste de la rueda de fricción provoca un cambio en la relación de transmisión. Cuando la señal 3 de movimiento del codificador se corrige de acuerdo con la invención sobre la base de la determinación 9 del error de posición del rotor, los errores de medición mencionados anteriormente causados por la variación de la relación de transmisión pueden ser compensados, en cuyo caso también el cambio en la posición del rotor
40 puede determinarse a partir de la señal 3 de movimiento con mayor precisión que en la técnica anterior.

La Fig. 2 presenta una disposición de control de una máquina síncrona según la invención. Se suministra energía a la máquina síncrona 1 de manera controlada con el convertidor 7 de frecuencia. El control del convertidor 7 de frecuencia ocurre con la regulación vectorial 20. La disposición de control de la máquina síncrona también comprende un aparato
45 9,10,12,21 para determinar el movimiento de la máquina síncrona. Se miden las corrientes 4 del estator de la máquina síncrona, y la tensión 4' del estator se estima a partir de la referencia de tensión de la tensión del estator formado por el control vectorial 20. El error de posición del rotor de la máquina síncrona se determina sobre la base de las corrientes y las tensiones del estator medidas y estimadas. La señal 3 de movimiento del sensor incremental de la máquina síncrona se lee, y la señal de movimiento leída se corrige sobre la base de la determinación 9 mencionada anteriormente del error de posición del rotor de la máquina síncrona. La señal 25 de movimiento corregida que expresa el cambio en la posición del
50 rotor de la máquina síncrona se lleva al control vectorial 20 de la máquina síncrona, y se utiliza con un método de la técnica anterior como realimentación angular del control vectorial. La señal de movimiento corregida 25 también se usa para monitorizar 22 el movimiento de la máquina síncrona.

La posición de distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona se determina 12 sobre la base de la determinación 9 del error de posición del rotor de la máquina síncrona.

La Fig. 3 presenta como un diagrama de bloques una determinación del movimiento de una máquina síncrona según la invención. La corriente trifásica 4 del estator de la máquina síncrona se mide a la frecuencia de muestreo Δ , y la corriente trifásica medida i_A, i_B, i_C se convierte en un marco de referencia de dos componentes i_α, i_β de las coordenadas del estator con la Transformación 21 de Clarke de acuerdo con la ecuación (1):

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix} \quad (1)$$

Una estimación U_A, U_B, U_C de la referencia de tensión 4' de alimentación trifásica del convertidor de frecuencia se forma para la tensión de alimentación del devanado del estator de la máquina síncrona, y la estimación se describe como un marco de referencia de dos componentes u_α, u_β de las coordenadas del estator de una manera correspondiente:

$$\begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & -1/2 & -1/2 \\ 0 & \sqrt{3}/2 & -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix} \quad (2)$$

En esta realización de la invención, se determina una estimación 9 para la posición θ del polo magnético del rotor en el sistema de coordenadas del estator utilizando la ecuación (3) presentada en la publicación "Ley de limitación de referencias basadas en el modo de deslizamiento digital para el control sin sensor de un sistema electromecánico; Sergey Rylvkin, Dimitri Izosimov y Eduardo Palomar-Lever; Conferencia Internacional sobre Control y Sincronización de Sistemas Dinámicos, Journal of Physics: Conference Series 23 (2005) 192-201":

$$\theta = -\arctan \frac{i_\alpha^{n+1} - i_\alpha^n - \frac{\Delta}{L} (u_\alpha^n - r i_\alpha^n)}{i_\beta^{n+1} - i_\beta^n - \frac{\Delta}{L} (u_\beta^n - r i_\beta^n)} \quad (3)$$

La posición θ del polo magnético del rotor se determina como un ángulo eléctrico, en cuyo caso el ángulo de posición correspondiente del rotor se obtiene dividiendo la posición determinada θ del polo magnético por el número de pares de polos del motor.

La señal 3 del codificador es una de doble canal que comprende pulsos, cuyo número n es proporcional al cambio en el ángulo de posición del árbol giratorio del codificador. El cambio $\Delta\epsilon$ en el ángulo de posición del árbol giratorio del codificador puede ser determinado a partir de la ecuación (4), donde el número de pulsos de un canal del codificador con una rotación completa 2π del árbol giratorio es R :

$$\Delta\epsilon = \frac{n * 2\pi}{R} \quad (4)$$

El codificador se instala mediante la rueda de fricción en el reborde del rotor de la máquina síncrona, en cuyo caso los cambios en las posiciones de la rueda de fricción y del rotor de la máquina síncrona se corresponden entre sí con la relación 10 de transmisión determinada por los diámetros de la rueda de fricción y del reborde del rotor. Aquí la rueda de fricción está fijada concéntricamente sobre el árbol giratorio del codificador. La señal 3 del codificador de doble canal se lee con el contador 26, que cuenta el número de pulsos que llegan. La dirección de recuento del contador se selecciona de acuerdo con la dirección de rotación del eje giratorio del codificador. La dirección de rotación del árbol giratorio se determina a partir de la señal del codificador de doble canal, sobre la base de la diferencia de fase de los patrones de pulso del primer y el segundo canal.

La señal del codificador leída con el contador 26 se escala 10 por la relación de transmisión entre la rueda de fricción del codificador y el reborde del rotor de la máquina síncrona. La señal 13 de codificador leída y escalada se compara por medio de la ecuación (3) con la información determinada 9 acerca del ángulo de posición del rotor, y sobre la base de la comparación 9, se determina el error 8 de posición del rotor de la máquina síncrona.

El circuito 29 de corrección de la señal del codificador funciona de la siguiente manera: el error 8 de posición es filtrado con un filtro 30 de paso bajo 30, y sobre la base del error de posición filtrado, la señal del codificador 13 se corrige sumando repetidamente 27 un término de corrección, que es proporcional a la magnitud del error 8 de posición, en la señal 13 del codificador. El circuito 29 de corrección de la señal del codificador comprende un factor 28 de escala, cuyo valor se determina en función de la velocidad v del rotor. El factor 28 de escala se presenta en la Fig. 6. El valor del factor de escala se determina como cero en el entorno de velocidad cero del rotor. Cuando el valor del factor de escala es cero, la señal del codificador mencionada anteriormente no se corrige con el circuito 29 de corrección. En otras palabras, el circuito 29 de corrección de la señal del codificador está dispuesto para corregir la señal 13 del codificador solo cuando la velocidad del rotor difiere de cero en más del valor límite 30 establecido. Esto se debe a que la información de posición del polo magnético del rotor determinada sobre la base de la ecuación (3) se basa en la información acerca de la tensión fuente de la máquina síncrona transmitida por las mediciones de la tensión del estator y de la corriente del estator. Como la tensión fuente es proporcional a la velocidad del rotor, la precisión de determinación de la información de posición disminuye a

medida que disminuye la velocidad del rotor. En este caso, la precisión de determinación del error de posición del rotor determinada en base a la información de posición también disminuye.

Sobre la base del error 8 de posición, se determina 12 la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona. La velocidad esencialmente baja antes mencionada de la máquina síncrona significa el intervalo de velocidad, cuando se opera en que la señal 13 del codificador no se corrige. La señal 13 del codificador no se corrige, p. ej., cuando el factor 28 de escala mencionado anteriormente recibe el valor cero. La distancia de desplazamiento significa movimiento en la dirección del reborde del rotor giratorio.

La determinación de la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja se produce en esta realización de la invención de la siguiente manera: la máquina síncrona se mueve a una velocidad a la que el circuito 29 de corrección de la señal del codificador está dispuesto para corregir la señal del codificador. En este caso, el valor del factor 28 de escala del circuito 29 de corrección se desvía de cero. El cambio θ , 13 de la posición del rotor de la máquina síncrona durante el movimiento mencionado anteriormente se determina a partir de la señal 3 del codificador. Además, se determina el error de posición θ_e 8 del rotor durante el movimiento mencionado anteriormente.

$$\theta_e = \theta_r - \theta \quad (5)$$

en cuyo caso el error S_e de transmisión se obtiene a partir de la ecuación (6):

$$S_e = \frac{\theta_e}{\theta_r} \quad (6)$$

El error de transmisión produce un error acumulativo en los datos de posición del rotor determinados a partir de la señal del codificador. Se puede establecer un valor máximo permitido para la magnitud del error, p. ej., utilizando el error $\Delta\gamma$ de ángulo máximo permitido, expresado en grados de ángulo eléctrico, de la medición de posición del rotor de la máquina síncrona como criterio. El error de ángulo antes mencionado de la medición de posición del rotor provoca en la regulación de la máquina síncrona tanto un aumento en la corriente del estator como un debilitamiento del par de la máquina síncrona. En este caso, la distancia Δl de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja se puede determinar mediante el número de pares de polos p del motor, el error de transmisión S_e del codificador, el error $\Delta\gamma$ de ángulo máximo permitido y el diámetro del rotor D_r :

$$\Delta l = \frac{\Delta\gamma * D_r}{S_e * p} \quad (7)$$

El factor K_0 de escalado de la escala 10 se corrige según la ecuación (8) por medio del error S_e de transmisión del codificador determinado según la ecuación (6), en cuyo caso el error de transmisión de la escala K corregida disminuye.

$$K = K_0(1 - S_e) \quad (8)$$

La Fig. 4 presenta como un diagrama de bloques una segunda determinación del movimiento de una máquina síncrona según la invención. La señal 3 de movimiento leída por el codificador se escala 10 para corresponder al cambio 25 en la posición del rotor. La tensión fuente de la máquina síncrona se determina 9 en base a las corrientes 4 medidas y de las tensiones 4' de alimentación de la máquina síncrona. La tensión fuente se determina cuando gira junto con el rotor en el marco de referencia d,q aplicado utilizando la Transformación de Park de la técnica anterior. La aplicación del marco de referencia se realiza mediante la señal 25 de movimiento corregida. La tensión fuente comprende un componente E_d que es proporcional al error de posición del polo magnético del rotor, y la escala 10 de la señal de movimiento del codificador se cambia en función del componente E_d de la tensión fuente que es proporcional al error de posición del polo magnético.

La Fig. 5 presenta un sistema de ascensor, en el que está dispuesta una disposición para determinar el movimiento de una cabina de ascensor según la invención. El motor 1 del ascensor es aquí un motor síncrono, cuyo rotor está magnetizado con imanes permanentes. La alimentación de corriente del motor 1 tiene lugar desde la red eléctrica 19 con un convertidor 7 de frecuencia. Una polea de tracción está integrada concéntricamente en el rotor del motor del ascensor, y el motor del ascensor está dispuesto para mover la cabina del ascensor en el hueco del ascensor a través de los cables del ascensor conectados a la polea de tracción. Un codificador 2 está adaptado mediante una rueda de fricción al reborde de la polea de tracción del motor 1 del ascensor, la señal 3 de movimiento señal de cuyo codificador es leída, y la señal de movimiento de lectura se corrige sobre la base de la determinación 9 del error de posición del rotor del motor del ascensor, usando una corrección de la señal 3 de movimiento según una de las realizaciones ejemplares descritas anteriormente.

El sistema de ascensor también comprende una determinación del movimiento de la cabina 16 de ascensor, que está dispuesta para determinar el movimiento de la cabina 16 de ascensor en base a la señal 25 de movimiento corregida mencionada anteriormente del codificador. Como el movimiento de la cabina del ascensor se transmite desde la polea de tracción del motor del ascensor a través de los cables del ascensor, el movimiento de la cabina del ascensor se determina en esta realización de la invención directamente sobre la base de la determinación del movimiento de la polea de tracción del motor del ascensor. El movimiento de la polea de tracción del motor del ascensor se determina utilizando la señal 25

de movimiento corregida del codificador 2 para la determinación. La determinación del movimiento de la polea de tracción se realiza, p. ej., según la realización de las Figs. 3 o 4.

En esta realización de la invención, el sistema de ascensor también comprende una determinación 12 de la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la cabina del ascensor. La velocidad esencialmente baja de la cabina del ascensor significa la velocidad a la cual la cabina del ascensor se mueve cuando el rotor del motor del ascensor se mueve a la velocidad esencialmente baja, según el ejemplo de realización de la Fig. 3. La distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la cabina del ascensor se determina en este caso a partir de la distancia de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja del rotor del motor del ascensor.

Como el movimiento del rotor se determina según la invención a partir de la señal de movimiento del sensor incremental, la posición inicial del rotor también debe determinarse con algún método de la técnica anterior. Uno de estos métodos se presenta, p. ej., en la publicación "Peter B. Schmidt, Michael L. Gasperi, Glen Ray, Ajith H. Wijenayake: Detección inicial del ángulo del rotor de una máquina síncrona magnética permanente de polo no saliente" IEEE Industry Application Society, Reunión anual, Nueva Orleans, Luisiana, 5-9 de octubre de 1997.

La posición inicial del rotor también se puede determinar, p. ej., en la forma presentada en la solicitud de patente FI20080318. La Fig. 7 presenta como un diagrama de bloques una determinación de la posición inicial del rotor de una máquina síncrona según la solicitud de patente FI20080318. El movimiento del rotor de la máquina síncrona 1 se impide durante la determinación de la posición inicial del rotor. El bloque 22 de conversión forma la referencia de tensión de alimentación trifásica U_R , U_S , U_T de la máquina síncrona a partir de la referencia $\hat{U}$ de amplitud, así como de la referencia θ de ángulo eléctrico de la máquina síncrona, en cuyo caso la referencia de tensión de alimentación trifásica se forma como una función de la referencia θ de ángulo eléctrico. La referencia U_R de tensión de alimentación de la fase R es en este caso de la forma: $\hat{U} \sin \theta$. El control 31 del puente de carga controla los conmutadores de estado sólido del puente 5 de carga de acuerdo con la referencia U_R , U_S , U_T de tensión de alimentación trifásica mencionada anteriormente para formar la primera señal 37 de excitación de tensión alterna trifásica para la máquina síncrona. El valor de la referencia θ de ángulo eléctrico 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 37, 38 de excitación de tensión alterna es constante. La primera señal I_R , I_S , I_T de respuesta de corriente alterna trifásica 4 producida en el devanado de la máquina síncrona por la primera señal de excitación de tensión alterna trifásica se mide en función de la referencia θ de ángulo eléctrico de la máquina síncrona. La amplitud de la primera señal 33, 35 de respuesta de corriente alterna trifásica medida se determina 32 con algún método de la técnica anterior, p. ej., 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 síncrona hace que la amplitud $\hat{I}$ de la primera señal 33, 35 de respuesta de corriente alterna medida varíe como una función $\hat{I}(\theta)$ de la referencia θ del ángulo eléctrico. La impedancia del circuito magnético también hace que se forme una diferencia de fase entre la primera señal 37 de excitación de tensión y la primera señal 33, 35 de respuesta de corriente alterna medida. Para compensar la diferencia de fase, la medición descrita anteriormente se repite suministrando una segunda señal 38 de excitación de tensión alterna en función de la referencia θ de ángulo eléctrico. La dirección de rotación de la segunda señal 38 de excitación de tensión alterna se selecciona para que sea opuesta a la dirección de rotación de la primera señal 37 de excitación de tensión alterna, en cuyo caso la diferencia de fase entre la primera señal 37 de excitación de tensión alterna y la primera señal 33, 35 de respuesta de corriente alterna, se forma para que esté en la dirección opuesta en comparación con la diferencia de fase entre la segunda señal 38 de excitación de tensión alterna y la segunda señal 34, 36 de respuesta de corriente alterna. La Fig. 8 presenta la primera señal 37 de excitación de tensión alterna de la fase R y también la segunda señal 38 de excitación de tensión alterna de la fase R, que se forman consecutivamente. La amplitud de las señales de excitación de tensión alterna es por lo demás constante, pero la amplitud de la segunda señal 38 de excitación de tensión alterna es reducida al comienzo. Esto se debe a que el cambio en la dirección de rotación de la señal de excitación de tensión alterna causa un fenómeno de cambio que afecta a la corriente del devanado de la máquina síncrona, que se intenta compensar disminuyendo transitoriamente la amplitud de la tensión de la señal 38 de excitación de tensión alterna. La Fig. 8 también presenta la amplitud de la primera señal 35 de respuesta de corriente alterna correspondiente a la primera señal 37 de excitación de tensión alterna como una función $\hat{I}(\theta)$ de la referencia de ángulo eléctrico, y asimismo la amplitud de la segunda señal 36 de respuesta de corriente alterna correspondiente a la segunda señal 38 de excitación de tensión alterna en función de la referencia del ángulo eléctrico. La Fig. 9 presenta con más detalle las amplitudes de las señales primera 33 y segunda señal 34 de respuesta de corriente alterna para la longitud del ciclo de 0 ... 360 grados de ángulo eléctrico de la referencia θ de ángulo eléctrico de la máquina síncrona. La variación en las amplitudes en función de la referencia θ del ángulo eléctrico resulta de la inductancia del circuito magnético de la máquina síncrona que varía debido a, entre otras cosas, la saturación local del circuito magnético. Aquí, la saturación local se refiere al tipo de fenómeno de saturación de un circuito magnético, que varía en relación con el ángulo eléctrico de la máquina síncrona. Este tipo de saturación local es causado, entre otras cosas, por los imanes permanentes del rotor, en cuyo caso la posición inicial de los imanes permanentes del rotor se puede determinar utilizando la saturación local. Por otro lado, una variación de la geometría del circuito magnético, tal como p. ej., una variación en la longitud del entrehierro de la máquina síncrona también causa una variación local de la inductancia del circuito magnético de la máquina síncrona. Este tipo de variación en la longitud del entrehierro ocurre p. ej., en máquinas síncronas de polo saliente. El tipo antes mencionado de variación local de la inductancia del circuito magnético causado por una variación de la geometría del circuito magnético de la máquina eléctrica también se puede utilizar para la determinación de la posición inicial del rotor.

La invención se ha descrito anteriormente con la ayuda de algunos ejemplos de su realización. Es obvio para el experto en la técnica que la invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, sino que muchas otras aplicaciones son posibles dentro del alcance de la invención definido por las reivindicaciones presentadas a continuación.

- 5 Es obvio para el experto en la técnica que, en la determinación del error de posición del rotor de una máquina síncrona según la invención, es posible determinar una estimación para la posición θ del rotor de la máquina síncrona utilizando también alguna determinación no mencionada y, en sí misma, de la técnica anterior de la posición del rotor en la que la posición del rotor se determina a partir de las magnitudes eléctricas de la máquina síncrona.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar el movimiento de una máquina síncrona (1), en cuyo método:

- 5 - un convertidor (7) de frecuencia está dispuesto para suministrar energía entre la máquina síncrona (1) y una red (19) de electricidad, el convertidor (7) de frecuencia comprende un puente (5) de carga que está conectado al devanado del estator de la máquina síncrona (1), hay dispuesto un control (14) del convertidor (7) de frecuencia para controlar los conmutadores de estado sólido del puente (5) de carga, para formar una amplitud variable y una tensión de control de frecuencia variable sobre las fases del devanado del estator de la máquina síncrona (1),
- 10 - un codificador (2) está dispuesto mediante una rueda de fricción al reborde del rotor de la máquina síncrona (1), en cuyo caso, cuando el rotor gira, el árbol giratorio del codificador (2) fijado a la rueda de fricción gira mediante la rueda de fricción, en donde el codificador (2) comprende una salida para la señal (3) de movimiento que expresa el movimiento del rotor de la máquina síncrona (1), el control (14) comprende una entrada para la señal (3) de movimiento del codificador (2),
- 15 - se lee la señal (3) de movimiento del codificador (2),
- 15 - el control (14) mide una corriente (4) del devanado del estator de la máquina síncrona (1),
- 15 - el error (8) de posición del rotor de la máquina síncrona (1) es determinado sobre la base de la corriente (4) medida del devanado del estator, así como sobre la base de la tensión (4') del estator determinada a partir de la referencia de conmutación de los conmutadores de estado sólido del puente (5) de carga,
- 20 - la señal (3) de movimiento leída del codificador (2) es corregida por el control (14) sobre la base de la determinación (9) antes mencionada del error (8) de posición del rotor de la máquina síncrona (1),

caracterizado por que:

- 25 - un circuito (29) de corrección de una señal (13) de codificador, en donde la señal (13) de codificador es la señal (3) de movimiento leída del codificador (2) escalada por una relación de transmisión entre la rueda de fricción del codificador (2) y el reborde del rotor de la máquina síncrona (1), funciona de la siguiente manera:
- 25 - el error (8) de posición es filtrado con un filtro (30) pasa bajos,
- 30 - sobre la base del error de posición filtrado la señal (13) de codificador es corregida sumando de manera repetida un término de corrección, que es proporcional a la magnitud del error (8) de posición, en la señal (13) de codificador, en donde el circuito (29) de corrección de la señal (13) de codificador comprende un factor (28) de escalado, cuyo valor es determinado como una función de la velocidad del rotor, y
- 30 - el valor del factor de escalado es determinado como cero en el entorno de velocidad cero del rotor, en donde, cuando el valor del factor de escalado es cero, la señal (13) de codificador antes mencionada no es corregida con el circuito (29) de corrección de tal modo que el circuito (29) de corrección de la señal (13) de codificador está dispuesto para corregir la señal (13) de codificador solo cuando la velocidad del rotor difiere de cero en más de un valor límite (30) establecido.

35 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que:

- se determina el error (8) de posición del rotor de la máquina síncrona (1), utilizando la información acerca de la tensión fuente de la máquina síncrona (1) transmitida por la al menos una magnitud eléctrica (4, 4') mencionada anteriormente de la máquina síncrona (1).

3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que:

- 40 - la distancia (11) de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona (1) se determina sobre la base de la determinación (9) antes mencionada del error de posición del rotor de la máquina síncrona (1).

4. Aparato para determinar el movimiento de una máquina síncrona (1), que comprende:

- 45 - un convertidor (7) de frecuencia dispuesto para suministrar energía entre la máquina síncrona (1) y una red (19) de electricidad, comprendiendo el convertidor (7) de frecuencia un puente (5) de carga que está conectado al devanado del estator de la máquina síncrona (1), un control (14) del convertidor (7) de frecuencia dispuesto para controlar los conmutadores de estado sólido del puente (5) de carga, para formar una amplitud variable y una tensión de control de frecuencia variable sobre las fases del devanado del estator de la máquina síncrona (1),

- un codificador (2) dispuesto mediante una rueda de fricción al reborde del rotor de la máquina síncrona (1), en cuyo caso cuando el rotor gira, el árbol giratorio del codificador (2) fijado a la rueda de fricción gira mediante la rueda de fricción, en donde el codificador (2) comprende una salida para la señal (3) de movimiento que expresa el movimiento del rotor de la máquina síncrona (1), comprendiendo el control (14) una entrada para la señal (3) de movimiento del codificador (2),
 - una entrada para la señal (3) de movimiento del codificador (2),
 - el control (14) dispuesto para medir una corriente (4) del devanado del estator de la máquina síncrona (1),
 - una determinación (9) del error de posición del rotor de la máquina síncrona (1), que está dispuesta para determinar el error (8) de posición del rotor sobre la base de la corriente (4) medida del devanado del estator, así como sobre la base de la tensión (4') del estator determinada a partir de la referencia de conmutación de conmutadores de estado sólido del puente (5) de carga,
 - una corrección (10) de la señal (3) de movimiento del codificador (2), que está dispuesta para corregir la señal (3) de movimiento leída del codificador (2) por el control (14) sobre la base de la determinación (9) antes mencionada del error de posición del rotor de la máquina síncrona (1),
- caracterizado por que el aparato comprende
- un circuito (29) de corrección de una señal (13) de codificador, en donde la señal (13) de codificador es la señal (3) de movimiento leída del codificador (2) escalada por una relación de transmisión entre la rueda de fricción del codificador (2) y el reborde del rotor de la máquina síncrona (1), dispuesto para funcionar de la siguiente manera:
 - el error (8) de posición es filtrado con un filtro (30) pasa bajos,
 - sobre la base del error de posición filtrado la señal (13) de codificador es corregida sumando de manera repetida un término de corrección, que es proporcional a la magnitud del error (8) de posición, en la señal (13) de codificador, en donde el circuito (29) de corrección de la señal (13) de codificador comprende un factor (28) de escalado, cuyo valor es determinado como una función de la velocidad del rotor, y
 - el valor del factor de escalado es determinado como cero en el entorno de velocidad cero del rotor, en donde, cuando el valor del factor de escalado es cero, la señal (13) de codificador antes mencionada no es corregida con el circuito (29) de corrección de tal modo que el circuito (29) de corrección de la señal (13) de codificador está dispuesto para corregir la señal (13) de codificador solo cuando la velocidad del rotor difiere de cero en más de un valor límite (30) establecido.
5. Aparato según la reivindicación 4, caracterizado por que el aparato comprende:
- una determinación (9) del error de posición del rotor de la máquina síncrona (1), que está dispuesta para determinar el error (8) de posición del rotor de la máquina síncrona (1) utilizando la información acerca de la tensión fuente de la máquina síncrona (1) transmitida por la al menos una magnitud eléctrica (4,4') de la máquina síncrona (1) mencionada anteriormente.
6. Aparato según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que el aparato comprende:
- una determinación (12) de la distancia (11) de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona (1), que está dispuesta para determinar la distancia (11) de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja de la máquina síncrona (1) sobre la base de la determinación (9) antes mencionada del error de posición del rotor de la máquina síncrona (1).
7. Disposición para determinar el movimiento de un aparato de transporte, cuya disposición comprende:
- un motor síncrono (1) para mover el aparato de transporte
 - un convertidor (7) de frecuencia dispuesto para suministrar energía entre la máquina síncrona (1) y una red (19) de electricidad, comprendiendo el convertidor (7) de frecuencia un puente (5) de carga que está conectado al devanado del estator de la máquina síncrona (1), un control (14) del convertidor (7) de frecuencia dispuesto para controlar los conmutadores de estado sólido del puente (5) de carga, para formar una amplitud variable y una tensión de control de frecuencia variable sobre las fases del devanado del estator de la máquina síncrona (1),
 - un codificador (2) dispuesto mediante una rueda de fricción al reborde del rotor de la máquina síncrona (1), en cuyo caso cuando el rotor gira, el árbol giratorio del codificador (2) fijado a la rueda de fricción gira mediante la rueda de fricción, en donde el codificador (2) comprende una salida para la señal (3) de movimiento que expresa el movimiento del rotor de la máquina síncrona (1), comprendiendo el control (14) una entrada para la señal (3) de movimiento del codificador (2),

- el control (14) dispuesto para medir una corriente (4) del devanado del estator de la máquina síncrona (1),
- una determinación (9) del error de posición del rotor de la máquina síncrona (1), que está dispuesta para determinar el error (8) de posición del rotor sobre la base de la corriente (4) medida del devanado del estator, así como sobre la base de la tensión (4') del estator determinada a partir de la referencia de conmutación de conmutadores de estado sólido del puente (5) de carga,
- una corrección (10) de la señal (3) de movimiento del codificador (2), que está dispuesta para corregir la señal (3) de movimiento leída del codificador (2) por el control (14) sobre la base de la determinación (9) antes mencionada del error de posición del rotor del motor síncrono (1),

caracterizada por que la disposición comprende

- un circuito (29) de corrección de una señal (13) de codificador, en donde la señal (13) de codificador es la señal (3) de movimiento leída del codificador (2) escalada por una relación de transmisión entre la rueda de fricción del codificador (2) y el reborde del rotor de la máquina síncrona (1), dispuesto para funcionar de la siguiente manera:
- el error (8) de posición es filtrado con un filtro (30) pasa bajos,
- sobre la base del error de posición filtrado, la señal (13) de codificador es corregida sumando de manera repetida un término de corrección, que es proporcional a la magnitud del error (8) de posición, en la señal (13) de codificador, en donde el circuito (29) de corrección de la señal (13) de codificador comprende un factor (28) de escalado, cuyo valor es determinado como una función de la velocidad del rotor, y
- el valor del factor de escalado es determinado como cero en el entorno de velocidad cero del rotor, en donde, cuando el valor del factor de escalado es cero, la señal (13) de codificador antes mencionada no es corregida con el circuito (29) de corrección de tal modo que el circuito (29) de corrección de la señal (13) de codificador está dispuesto para corregir la señal (13) de codificador solo cuando la velocidad del rotor difiere de cero en más de un valor límite (30) establecido.

8. Disposición según la reivindicación 7, caracterizada por que la disposición comprende:

- una determinación (9) del error (8) de posición del rotor del motor síncrono (1), que está dispuesta para determinar el error (8) de posición del rotor del motor síncrono (1) utilizando la información acerca de la tensión fuente del motor síncrono (1) transmitida por la al menos una magnitud eléctrica (4,4') del motor síncrono (1) antes mencionada.

9. Disposición según la reivindicación 7 u 8, caracterizada por que la disposición comprende:

- una determinación (12) de la distancia (11) de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja del aparato de transporte, que está dispuesta para determinar la distancia (11) de desplazamiento máxima permitida de la velocidad esencialmente baja del aparato de transporte sobre la base de la determinación (9) mencionada anteriormente del error de posición del rotor del motor síncrono (1).

10. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizada por que el aparato de transporte mencionado anteriormente comprende una cabina de ascensor.

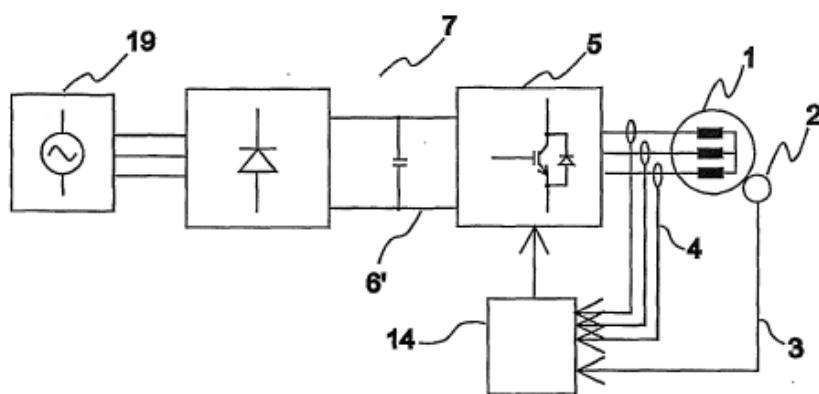


Fig. 1

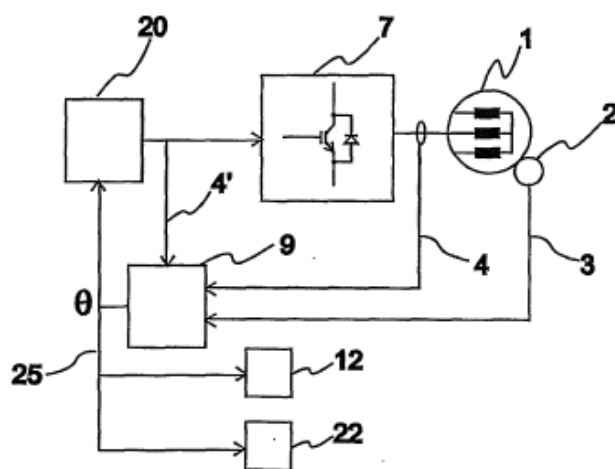
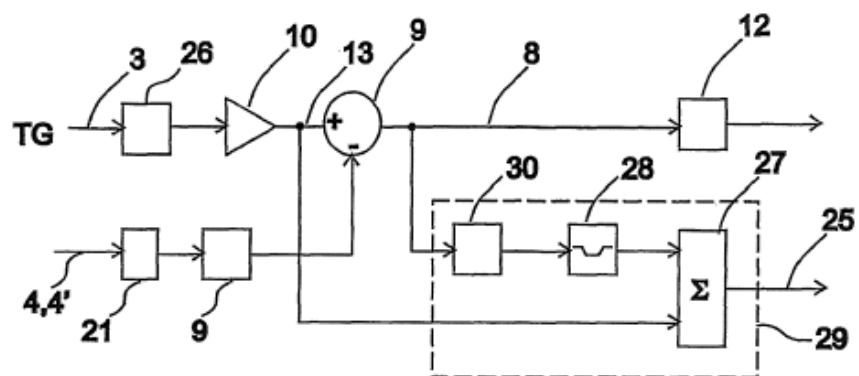
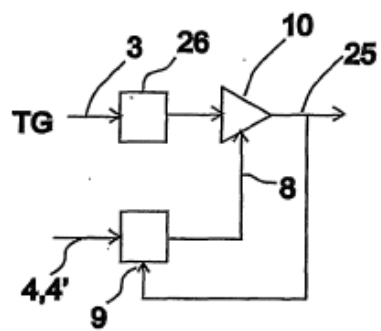


Fig. 2



Flg. 3



Flg. 4

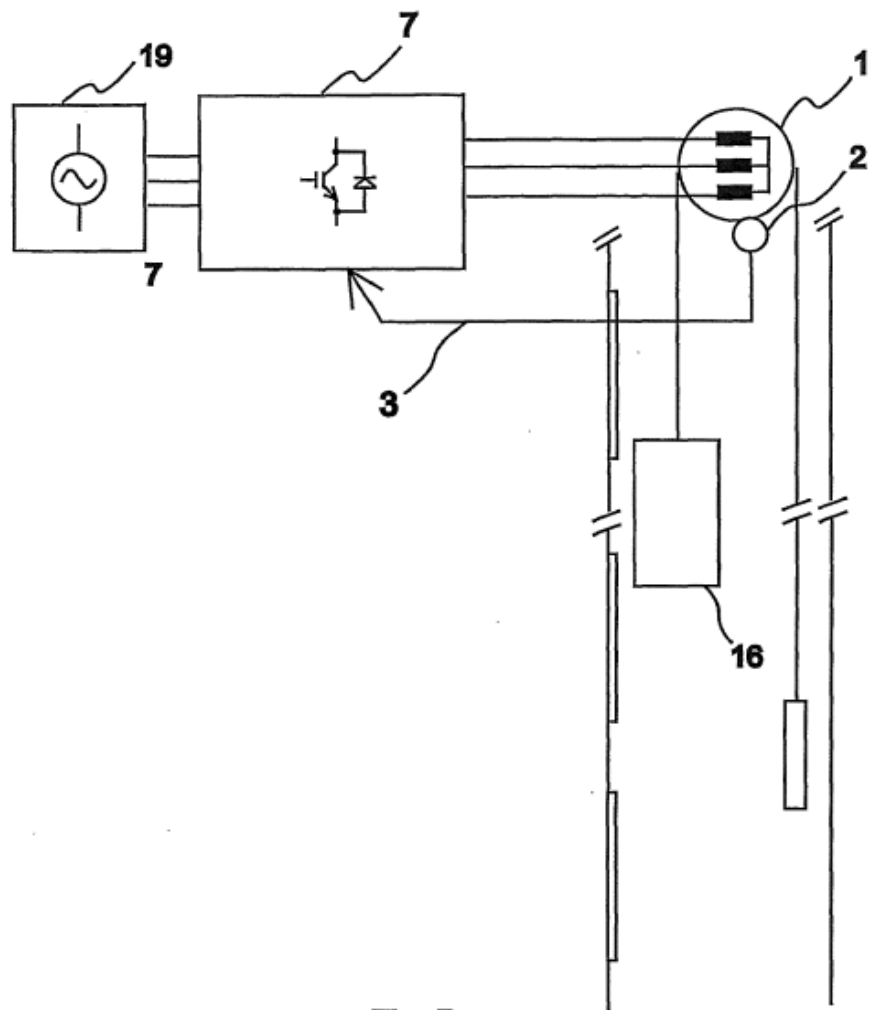


Fig. 5

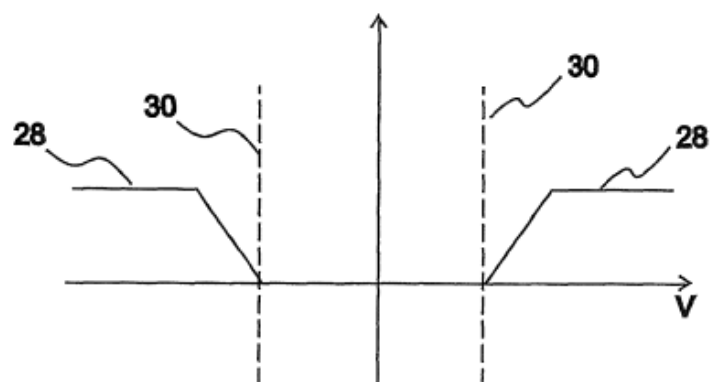


Fig. 6

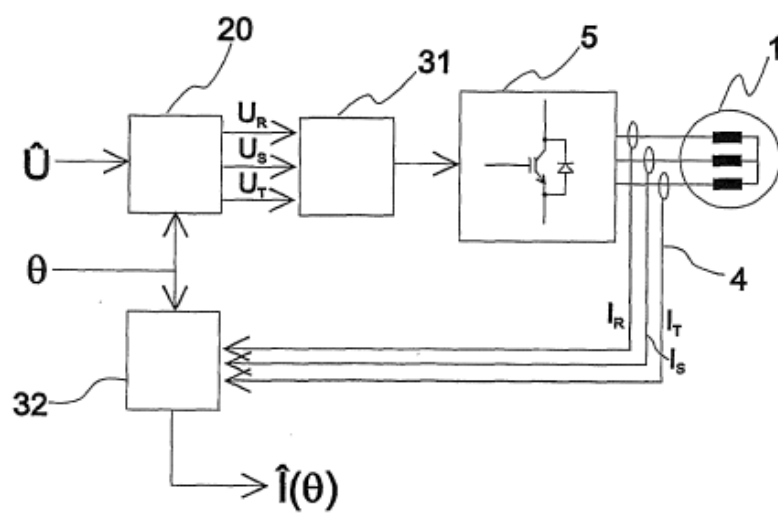


Fig. 7

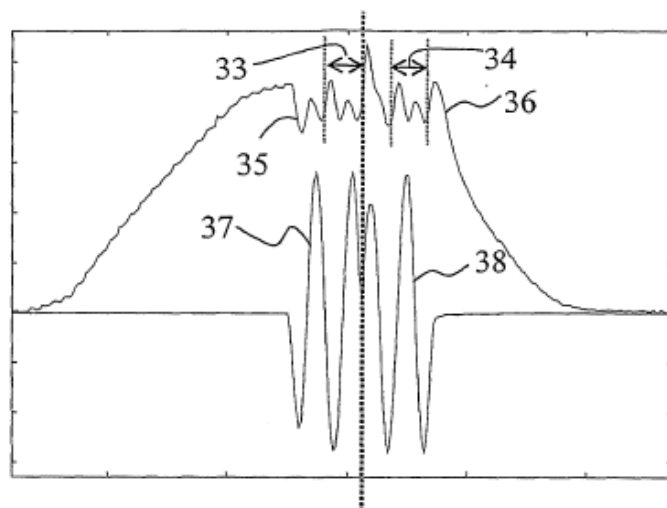


Fig. 8

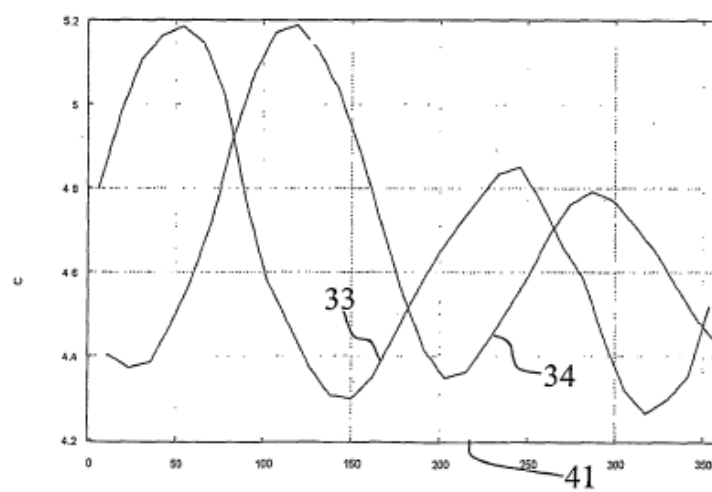


Fig. 9