

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 768**

51 Int. Cl.:

**H02P 21/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.02.2016 PCT/EP2016/052672**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16155922**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2016 E 16703774 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2020 EP 3248282**

54 Título: **Procedimiento para la reducción de ruidos de un motor eléctrico**

30 Prioridad:

**30.03.2015 DE 102015205691**

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

**07.09.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**KÖLLENSPERGER, PETER y  
TSOUMAS, IOANNIS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 781 768 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento para la reducción de ruidos de un motor eléctrico

5 La invención se refiere a un procedimiento para la reducción de ruidos de un motor alimentado por un convertidor. La invención se refiere además a un dispositivo de regulación para la reducción de tales ruidos de un motor alimentado por un convertidor, así como un sistema de accionamiento con dicho dispositivo de regulación, un convertidor y un motor.

Una parte esencial de los ruidos emitidos por motores es de origen electromagnético. A este respecto se generan ondas de fuerza radial en motores mediante ondas armónicas del flujo magnético dentro del motor que se forman mediante la distribución distorsionada del devanado de estator y de inducido, así como mediante las oscilaciones del entrehierro debido al ranurado de estator y del rotor.

10 Las ondas de fuerza radial excitan el paquete de chapas. Se forman vibraciones que se transmiten como ruido estructural y se expanden como ruido a través de la carcasa circundante. La carcasa actúa como elemento de transmisión y amplifica el nivel del ruido emitido en la gama de sus frecuencias propias.

15 Para reducir los ruidos de motor se intenta habitualmente o bien modificar u optimizar el diseño mecánico del motor o minimizar armónicas de tiempo limitadas por el convertidor mediante el procedimiento de modulación, así como evitar armónicas de tiempo limitadas por el convertidor con frecuencias cerca de puntos de resonancia del motor.

El documento DE10336068 divulga un motor alimentado mediante convertidor con regulación de flujo.

La invención se basa en el objetivo de reducir adicionalmente los ruidos de motor de motores alimentados mediante convertidor.

El objetivo se resuelve mediante un procedimiento según la reivindicación 1.

20 Este objetivo se resuelve adicionalmente mediante un dispositivo de regulación según la reivindicación 8. El objetivo se resuelve adicionalmente mediante un sistema de accionamiento que comprende dicho dispositivo de regulación, un convertidor y un motor.

En las reivindicaciones dependientes se indican configuraciones ventajosas de la invención.

25 La invención se basa en el conocimiento de que en caso de accionamientos de régimen de revoluciones variable que se alimentan mediante convertidores, adicionalmente a las ondas de fuerza radial que ya se han mencionado anteriormente se forman ondas de fuerza adicionales. Las ondas de fuerza radial, que provocan una generación de ruido se provocan mediante la interacción de la oscilación fundamental del flujo magnético con sus armónicas de tiempo. El producto de la oscilación fundamental del flujo magnético con la o las oscilaciones armónicas del flujo magnético es determinante para la generación de ruido de un motor en caso de un funcionamiento de convertidor. Esta o estas dependen de parámetros que resultan de la modulación de convertidor, como por ejemplo del tipo de modulación (patrón de impulso), del grado de modulación y de la frecuencia de pulso.

30 Para explicar con más exactitud la formación de ondas de fuerza radial en teoría se toma el caso simplificado de que para la generación del flujo magnético en la tensión de estator están presentes la oscilación fundamental y dos oscilaciones armónicas. En este caso se describe el vector espacial de la tensión de estator con la siguiente ecuación

$$\vec{u} = \vec{u}_1 + \vec{u}_{h1} + \vec{u}_{h2} =$$

$$35 U_1 \cdot e^{j(\omega_1 t + \varphi_1)} + U_{h1} \cdot e^{j(\omega_{h1} t + \varphi_{h1})} + U_{h2} \cdot e^{-j(\omega_{h2} t + \varphi_{h2})} .$$

La inducción magnética en el entrehierro de un motor asíncrono puede representarse como vector rotacional. Suponiendo que la tensión de estator está desconectada la inducción magnética

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_{h1} + \vec{B}_{h2} =$$

$$-jB_1 \cdot e^{j(\omega_1 t + \varphi_1)} - jB_{h1} \cdot e^{j(\omega_{h1} t + \varphi_{h1})} + jB_{h2} \cdot e^{-j(\omega_{h2} t + \varphi_{h2})}$$

40 con  $B_1 \sim \frac{U_1}{\omega_1}$  y  $B_{h1,2} \sim \frac{U_{h1,2}}{\omega_{h1,2}}$ . La proyección del vector de giro  $\vec{B}$  sobre el eje en el lugar  $p\phi_x$  proporciona la distribución de inducción magnética  $B(t, \phi_x)$  a lo largo del entrehierro del motor:

$$B(t, \varphi_x) = \operatorname{Re}[\bar{B} \cdot e^{-jp\varphi_x}] = B_1 \cdot \operatorname{sen}[\omega_1 t + \varphi_1 - p\varphi_x] + B_{h1} \cdot \operatorname{sen}[\omega_{h1} t + \varphi_{h1} - p\varphi_x] + B_{h2} \cdot \operatorname{sen}[\omega_{h2} t + \varphi_{h2} + p\varphi_x].$$

La tensión de tracción radial (fuerza de tracción radial por unidad de superficie) en el entrehierro es proporcional al cuadrado del flujo magnético.

$$\sigma(t, \varphi_x) = \frac{B^2(t, \varphi_x)}{2\mu_0}.$$

- 5 Suponiendo que la amplitud de las oscilaciones armónicas es mucho menor que la amplitud de oscilación fundamental esta ecuación produce

$$\sigma(t, \varphi_x) \approx \frac{B_1^2(t, \varphi_x)}{2\mu_0} + \frac{B_1(t, \varphi_x)}{\mu_0} \cdot (B_{h1}(t, \varphi_x) + B_{h2}(t, \varphi_x)).$$

que con ayuda de las relaciones anteriormente mencionadas se arroja lo siguiente:

$$\begin{aligned} \sigma(t, \varphi_x) = & \frac{B_1^2}{2\mu_0} [1 - \cos(2\omega_1 t + 2\varphi_1 - 2p\varphi_x)] + \\ & + \frac{B_1 B_{h1}}{\mu_0} \left( \cos[(\omega_{h1} - \omega_1)t + \varphi_{h1} - \varphi_1] - \right. \\ & \left. \cos[(\omega_{h1} + \omega_1)t + \varphi_{h1} + \varphi_1 - 2p\varphi_x] \right) + \\ & + \frac{B_1 B_{h2}}{\mu_0} \left( \cos[(\omega_{h2} - \omega_1)t + \varphi_{h2} - \varphi_1 + 2p\varphi_x] - \right. \\ & \left. - \cos[(\omega_{h2} + \omega_1)t + \varphi_{h2} + \varphi_1] \right). \end{aligned}$$

- 10 Esta ecuación muestra la presencia de dos componentes pulsatorias con las frecuencias  $\omega_{h1} - \omega_1$ ,  $\omega_{h2} + \omega_1$  y de dos componentes de rotación con frecuencias  $\omega_{h1} + \omega_1$ ,  $\omega_{h2} - \omega_1$ . El orden espacial de las componentes de rotación es igual a  $2p$ , con  $p$  como número de pares de polo. Como puede verse en esta ecuación la amplitud de esta componente puede reducirse al reducir estas las amplitudes de las oscilaciones armónicas  $B_{h1}$  y  $B_{h2}$  o la amplitud de la armónica básica  $B_1$ .

- 15 Una modificación de la oscilación fundamental del flujo magnético se genera mediante una modificación de la corriente que forma el flujo. La corriente que forma el flujo es una corriente reactiva. La oscilación fundamental del flujo magnético puede aproximarse también mediante la relación de tensión de motor con respecto a frecuencia de motor.

- 20 De acuerdo con la invención una modificación de las oscilaciones armónicas del flujo magnético en el motor se provoca mediante un grado de modulación modificado. Este grado de modulación modificado puede seleccionarse de tal modo que este provoca oscilaciones armónicas menores en el flujo magnético del motor. Se ha demostrado que este efecto puede utilizarse para reducir el producto de oscilación fundamental y oscilación armónica del flujo magnético en el motor de modo que los ruidos de un motor alimentado por un convertidor disminuyen. Una posibilidad adicional de acuerdo con la invención de reducir oscilaciones armónicas del flujo magnético y con ello los ruidos que se forman consiste en modificar la frecuencia de pulso.

- 25 Por consiguiente, mediante una modificación del flujo magnético en el motor los ruidos que se generan mediante el motor pueden reducirse. Así, por ejemplo, una reducción de la oscilación fundamental del flujo para el funcionamiento de carga parcial puede llevar a que el producto de oscilación fundamental y oscilación armónica o las oscilaciones armónicas del flujo magnético adopten un valor menor y por consiguiente se reduzcan los ruidos del motor. Hasta ahora la reducción de la oscilación fundamental del flujo se utilizaba solo para la disminución de pérdidas de motor en el funcionamiento de carga parcial. Por el contrario, para la disminución de la pérdida de potencia, además de una  
30 reducción de flujo también un aumento del flujo magnético y del aumento unido a ello del grado de modulación según el punto de funcionamiento dinámico del motor y/o convertidor puede llevar a una reducción de ruido. El aumento del flujo es posible, en particular, cuando el motor dispone de reservas de diseño correspondientes de modo que el hierro, en caso de un aumento del flujo magnético, no se sature. Además, la frecuencia de pulso puede aumentarse para la reducción de ruido cuando un aumento de flujo reduce la corriente de motor.

Como convertidores pueden utilizarse a este respecto convertidores que presentan un circuito intermedio, y transforman una tensión de entrada inicialmente en una tensión continua en el circuito intermedio antes de que esta se transforme de nuevo en una tensión alterna para la alimentación del motor. Igualmente también son adecuados cicloconvertidores para la aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención en los que no se genera tensión continua alguna.

5 El procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse para todo tipo de motores alimentados mediante convertidores, en particular para máquinas asíncronas y máquinas síncronas.

10 En una configuración ventajosa de la invención el flujo magnético en el motor se modifica dependiendo de un par de la carga en el motor. Ha resultado especialmente ventajoso para el procedimiento llevar a cabo la modificación del flujo magnético cuando el motor y/o convertidor se encuentra por debajo de su máxima potencia. Este estado se denomina también funcionamiento de carga parcial. Los grados de libertad que resultan entonces, como por ejemplo reservas térmicas, pueden utilizarse entonces para una reducción de ruido que no necesariamente aumentan las pérdidas totales del motor y/o convertidor. No obstante puede tolerarse un aumento de las pérdidas en el convertidor y/o motor en beneficio de una emisión de ruido menor.

15 En una configuración ventajosa de la invención el par de la carga se averigua a partir de corrientes de salida del convertidor. Dado que la regulación de convertidor conoce estas magnitudes y el modelo matemático del motor, estos pueden utilizarse también de manera sencilla para la reducción de los ruidos de motor. Para ello la reducción de los ruidos de motor se lleva a cabo por medio de la modificación del flujo mediante la propia regulación de convertidor. Dado que esta conoce los valores necesarios de las corrientes de salida de convertidor, puede llevarse a cabo de manera sencilla también la modificación de flujo. A este respecto, para la regulación puede recurrirse ventajosamente también a magnitudes adicionales que describen el estado del convertidor.

Como alternativa la modificación del flujo puede determinarse también mediante un dispositivo de regulación independiente. Se transmiten valores correspondientes, como por ejemplo las corrientes de salida de convertidor y/o valores teóricos de flujo, entonces entre la regulación de convertidor y el dispositivo de regulación independiente.

25 En una configuración ventajosa de la invención el flujo magnético se modifica dependiendo del régimen de revoluciones del motor por medio de la tensión y/o de la corriente en el motor. A este respecto el régimen de revoluciones puede averiguarse por medio de un dispositivo de medición adecuado, como por ejemplo un transmisor de régimen de revoluciones del motor. Asimismo, a partir de magnitudes conocidas por el convertidor y su regulación de convertidor, como por ejemplo la tensión de salida o la corriente de salida, es posible deducir el régimen de revoluciones del motor. Esto puede suceder en el caso sencillo a partir de la frecuencia de una de estas magnitudes. Esta frecuencia se diferencia del régimen de revoluciones de moto en el caso una máquina asíncrona mediante el resbalamiento. Sin embargo, para la realización del procedimiento se ha demostrado que el valor de la frecuencia ya es suficientemente exacto. Como alternativa, a partir de las magnitudes de la regulación de convertidor, así como un modelo de motor correspondiente puede calcularse el régimen de revoluciones del motor.

35 En caso de una característica de carga conocida en la que el par en el árbol de motor depende esencialmente del régimen de revoluciones, puede renunciarse a una averiguación del par de la carga del motor. A partir de una señal de régimen de revoluciones puede determinarse con suficiente precisión las relaciones de carga y con ello también el estado de funcionamiento del motor y/o convertidor para poder llevar a cabo medidas correspondientes para la modificación del flujo sin hacer funcionar el motor en estados de funcionamiento no permitidos, como por ejemplo sobrecarga o saturación.

40 En una configuración ventajosa de la invención el par de la carga se averigua por medio de una curva característica dependiendo del régimen de revoluciones del motor. Las máquinas de carga especiales como bombas o compresores tienen una característica determinada que puede indicarse en forma de una curva característica. Con ayuda de esta curva característica y el régimen de revoluciones de motor o bajo carga correspondiente puede determinarse exactamente el par de la carga del motor. A partir de esto puede averiguarse el estado de funcionamiento del motor y/o convertidor para llevar a cabo una modificación de flujo correspondiente para la reducción de ruido.

La curva característica puede averiguarse a este respecto fuera de línea y depositarse en un equipo de regulación. Como alternativa o complemento la curva característica puede averiguarse también durante el funcionamiento del motor y almacenarse dado el caso.

50 En una configuración ventajosa de la invención la frecuencia de pulso del convertidor se modifica. En el margen de carga parcial la potencia restante del convertidor puede utilizarse para aumentar la frecuencia de pulso. Si bien esta medida provoca más pérdidas en el convertidor. No obstante esta, en la potencia restante del convertidor, por ejemplo en el margen de carga parcial o mediante un diseño debidamente mayor del convertidor, puede utilizarse para un aumento de la frecuencia de pulso. Al mismo tiempo también en el funcionamiento a plena carga, puede llevarse a cabo por ejemplo un aumento de flujo siempre y cuando el motor no se sature por ello. La reducción de las corrientes de motor unida a esto puede utilizarse para un aumento de la frecuencia de pulso. Esto repercute en una disminución de las oscilaciones armónicas del flujo magnético de modo que también se reducen los ruidos originados. Dado que la potencia restante, entre otros, depende también del par de la carga del motor ha resultado ser favorable llevar a cabo también el aumento de la frecuencia de pulso dependiendo del par de la carga del motor.

Una frecuencia de pulso más alta provoca una mejor adaptación de las corrientes a un transcurso sinusoidal. Por ello pueden reducirse oscilaciones armónicas en la corriente y con ello en el flujo magnético del motor. Las pérdidas del convertidor más elevadas unidas a esto pueden tolerarse en beneficio de ruidos del motor más bajos.

5 En una configuración ventajosa de la invención la tensión de circuito intermedio del convertidor se modifica. La relación entre tensión de salida del convertidor y tensión de circuito intermedio se denomina grado de modulación del convertidor. Según el grado de modulación y frecuencia de pulso se generan oscilaciones armónicas de diferente altura en la tensión de salida y con ello también en la corriente de salida, lo que provoca el flujo magnético en el motor. Mediante la modificación de la tensión de circuito intermedio, tanto de un aumento como de una reducción, en caso de 10 una misma tensión de salida del convertidor se modifica el grado de modulación. Mediante una modificación adecuada de la tensión de circuito intermedio por consiguiente puede ajustarse un grado de modulación mediante el convertidor o su regulación de convertidor que genere solo pocas oscilaciones armónicas. Este grado de modulación contribuye por tanto a la reducción de ruido del motor.

A continuación la invención se describe y se explica con más detalle mediante los ejemplos de realización representados en las figuras. Muestran:

- 15 FIG 1 una sección transversal a través de un motor
- FIG 2 la estructura de un sistema de accionamiento
- FIG 3 la estructura de un sistema de accionamiento con regulación
- FIG 4 la dependencia de las oscilaciones armónicas de la fuerza de tracción radial  $\zeta$  en distintas gamas de 20 frecuencia (multiplicidad de la frecuencia de pulso) del grado de modulación a para un procedimiento de modulación (modulación de vector espacial) típico y
- FIG 5 un ejemplo de realización para la modificación de flujo magnético, frecuencia de pulso y tensión de circuito intermedio dependiendo del régimen de revoluciones del motor.

La FIG 1 muestra fragmentos de una sección transversal a través del motor 1. El motor 1 presenta un estator 14 y un rotor 13. Entre estator 14 y rotor 13 se encuentra el entrehierro 15. La fuerza 16 de tracción radial está representada con su oscilación fundamental y sus oscilaciones armónicas en forma de flechas en esta figura. Esta distribución de la fuerza 16 de tracción radial a lo largo del perímetro provoca una deformación 17 radial del estator 14. La modificación temporal de la fuerza 16 de tracción radial en el motor 1 provoca una modificación temporal de la deformación 17 radial. La deformación 17 radial lleva por consiguiente a una vibración de la carcasa de motor, de modo que se forman tanto sonido 11 aéreo como también ruido 12 estructural, que pueden percibirse como ruidos. La deformación 17 radial pasa desde las chapas de estator del estator 14 a la carcasa del motor 1 y allí se expande como sonido 11 aéreo a través del aire. Si no está presente ninguna carcasa entonces la deformación 17 radial pasa directamente desde las chapas de estator como sonido 11 aéreo al aire. El ruido 12 estructural se transmite por un lado a través de la sujeción del motor 1 como también a través del árbol del motor.

La FIG 2 muestra la estructura de un sistema 4 de accionamiento. Este sistema 4 de accionamiento presenta una red 5 de distribución de energía, un convertidor 2, un motor 1, así como una carga 7 conectada al motor 1. El convertidor 2 está conectado de manera trifásica con la red 5 de distribución de energía. El motor 1 está conectado de manera trifásica con la salida del convertidor 2. La carga 7 está conectada a través del árbol del motor con el motor 1. El convertidor 2 presenta un rectificador 22 y un inversor 23. El rectificador 22 y el inversor 23 están conectados entre sí a través del circuito intermedio 24. El rectificador 22 tiene la función de transformar la tensión alterna de la red 5 de 40 distribución de energía en una tensión continua. A partir de esta tensión continua mediante el inversor 23 en la salida del convertidor 2 se genera una tensión  $U_s$ . Como alternativa, no se representa en este ejemplo de realización, también la transformación de la tensión de la red de distribución de energía puede llevarse a cabo directamente en la tensión de salida del convertidor sin emplear un circuito intermedio. Este tipo de convertidores se denominan cicloconvertidores. También para estos puede aplicarse el procedimiento de acuerdo con la invención. Con ayuda de amplitud y frecuencia de la tensión  $U_s$  en el motor 1 se ajusta el punto de funcionamiento dinámico deseado. Una regulación 25 de convertidor correspondiente que lleva a cabo el ajuste de punto de funcionamiento dinámico y corrige desviaciones, no se muestra en la FIG 2 por simplicidad. Una magnitud característica adicional para el convertidor 2, en particular el inversor 23, es la frecuencia de pulso  $f_p$  con la cual el inversor 23 conecta de este modo su conmutador no representado explícitamente en esta figura, por ejemplo empleando una modulación por ancho de pulso para generar la tensión  $U_s$  correspondiente en la salida del convertidor 2. Mediante la tensión  $U_s$  se generan corrientes 21 de salida del convertidor 2 que crean en el motor 1 tanto el flujo magnético  $\Phi$  como el par motor M. Este par motor M se transmite a través de un árbol a la carga 7. El objetivo de una regulación 25 de convertidor no representada con más detalle en este caso es regular, por ejemplo el régimen de revoluciones n y par M del motor 1 con el fin de alcanzar un punto de funcionamiento dinámico estable.

La FIG 3 muestra la estructura de un sistema 4 de accionamiento incluyendo una regulación 25 de convertidor, así como un dispositivo 3 de regulación para modificar el flujo magnético  $\Phi$  y/o la frecuencia de pulso  $f_p$  y/o la tensión de circuito intermedio  $U_{zk}$ . Para evitar repeticiones se remite a la descripción con respecto a la FIG 2, así como a las referencias introducidas en ella. Adicionalmente a las componentes que están representados en la FIG 2 el sistema 4 de accionamiento de la FIG 3 presenta un medio 6 para el registro del régimen de revoluciones n. La señal para el régimen de revoluciones n se transmite del medio 6 para el registro del régimen de revoluciones n a la regulación de convertidor 25 y a la entrada 31 del dispositivo 3 de regulación.

El dispositivo 25 de regulación puede estar dispuesto tanto en el convertidor 2 como fuera del convertidor 2. El dispositivo 3 de regulación puede estar dispuesto igualmente en el convertidor 2 o fuera del convertidor 2. Además el dispositivo 3 de regulación puede integrarse también en la regulación 25 de convertidor y representar, por consiguiente, una parte de la regulación 25 de convertidor. El objetivo de la regulación 25 de convertidor es generar un valor teórico para la tensión de salida del convertidor 2. Para ello puede recurrirse en particular a magnitudes como la tensión  $U_{zk}$  de circuito intermedio, las corrientes  $I_s$  de salida del convertidor de corriente y el régimen de revoluciones  $n$  del convertidor de corriente. El dispositivo 3 de regulación sirve además para la reducción de los ruidos ocasionados por el motor 1. Para ello dependiendo del régimen de revoluciones  $n$  el valor teórico del flujo magnético  $\Phi$  se modifica de tal modo que los ruidos del motor 1 se reducen. Como ya se ha descrito esto se lleva a cabo ajustando el flujo magnético  $\Phi$  de tal modo que la oscilación fundamental del flujo magnético multiplica con las oscilaciones armónicas del flujo magnético  $\Phi$  un valor lo más bajo posible. Además, la frecuencia de pulso  $f_p$  así como la tensión  $U_{zk}$  de circuito intermedio pueden modificarse de tal modo que también estas reducen el producto descrito anteriormente de oscilación fundamental y oscilación armónica del flujo magnético. Para ello se transmiten valores teóricos correspondientes del dispositivo 3 de regulación a la regulación 25 de convertidor. La regulación 25 de convertidor entonces mediante el acceso a las acciones de conmutación de los conmutadores (semiconductores de potencia) del inversor 23 puede ajustar el punto de funcionamiento dinámico correspondiente con flujo magnético  $\Phi$  modificado y, dado el caso, con frecuencia  $f_p$  de pulso modificada. Mediante el acceso a las acciones de conmutación del rectificador 22 puede ajustarse una tensión  $U_{zk}$  de circuito intermedio modificada. Por consiguiente mediante el convertidor 2 puede llevarse a cabo una modificación del flujo magnético  $\Phi$ , de la frecuencia  $f_p$  de pulso y de la tensión  $U_{zk}$  de circuito intermedio. Esta posibilidad de contacto modifica las magnitudes físicas correspondientes en el motor 1 y convertidor 2.

La FIG 4 muestra la relación entre las oscilaciones armónicas de la fuerza  $\zeta$  de tracción radial en distintos intervalos de frecuencia (múltiplo de la frecuencia de pulso) del grado de modulación  $a$  para un procedimiento de modulación habitual (modulación de vector espacial). A este respecto, al menos hasta el régimen de revoluciones nominal, el grado de modulación  $a$  y el régimen de revoluciones  $n$  son proporcionales entre sí. El shuntado se inicia entonces por encima del régimen de revoluciones nominal. Se distingue que dependiendo del grado de modulación se intensifican o debilitan distintas oscilaciones armónicas en el múltiplo de la frecuencia de pulso. A este respecto existen gamas de frecuencia, en las que un aumento del grado de modulación (mediante, por ejemplo, disminución de la tensión de circuito intermedio) provoca una reducción de las oscilaciones armónicas de la fuerza de tracción radial  $\zeta$  (por ejemplo para las oscilaciones armónicas en la frecuencia de pulso duplicada). Si, por ejemplo, el motor 1 es sensible en la gama de la frecuencia de pulso duplicada, el grado de modulación  $a$  debe aumentarse para provocar una reducción de ruido. Si el motor es sensible en la gama de la frecuencia de pulso simple el grado de modulación  $a$  debe mantenerse tan bajo como sea posible. A esto se une también una reducción de la generación de ruido del motor 1.

La FIG 5 muestra un ejemplo de realización para el procedimiento para la reducción de ruidos de un motor 1. En esta aplicación se conoce el par de la carga  $M$  dependiendo del régimen de revoluciones  $n$ . Debido al par motor  $M$  relativamente bajo en caso de regímenes de revoluciones  $n$  bajos, el flujo  $\Phi$  se disminuye en caso de regímenes de revoluciones bajo. Solo en caso de regímenes de revoluciones altos alcanza su valor 100 %. La corriente menor unida con el flujo magnético  $\Phi$  bajo da además la posibilidad de aumentar la frecuencia de pulso  $f_p$  sin sobrecargar el convertidor 2, en particular térmicamente. En el ejemplo de realización la frecuencia de pulso en caso de regímenes de revoluciones pequeños asciende a 200 %. Con carga ascendente y con ello también pérdidas más elevadas, tanto en el convertidor 2 como el motor 1, la frecuencia  $f_p$  de pulso se reduce de nuevo. En caso de un régimen de revoluciones máximo en el que debe suministrarse también el par máximo  $M$  mediante el motor, tanto el flujo magnético  $\Phi$  como la frecuencia  $f_p$  de pulso se encuentran en el valor teórico de 100 %. Además, como se representa en este caso en este ejemplo de realización, también la tensión de  $U_{zk}$  circuito intermedio a través del régimen de revoluciones  $n$  puede adaptarse para alcanzar una reducción de ruido del motor 1.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para la reducción de ruidos de un motor (1) alimentado por un convertidor (2), en donde el flujo magnético ( $\Phi$ ) en el motor (1) se modifica de tal modo que el producto de oscilación fundamental del flujo magnético ( $\Phi$ ) se reduce con una oscilación armónica del flujo magnético ( $\Phi$ ), en donde para la modificación de las oscilaciones armónicas del flujo magnético ( $\Phi$ ) se modifica el grado de modulación y/o la frecuencia de pulso ( $f_p$ ) del convertidor (2).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde el flujo magnético ( $\Phi$ ) en el motor (1) se modifica dependiendo de un par de la carga (M) en el motor (1).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, en donde el par de la carga (M) se averigua a partir de corrientes ( $i_s$ ) de salida del convertidor (2).
- 10 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el flujo magnético ( $\Phi$ ) en el motor (1) se modifica dependiendo del régimen de revoluciones (n) del motor (1) por medio de la tensión ( $U_s$ ) y/o de la corriente ( $i_s$ ) en el motor (1).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en donde el par de la carga (M) se averigua por medio de una curva característica dependiendo del régimen de revoluciones (n) del motor (1).
- 15 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el grado de modulación se aumenta de tal modo que se aumenta el flujo magnético ( $\Phi$ ).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la tensión ( $U_{zk}$ ) de circuito intermedio del convertidor (2) se modifica.
- 20 8. Dispositivo (3) de regulación para la reducción de ruidos de un motor (1) alimentado mediante un convertidor (2) que está configurado para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el dispositivo (3) de regulación puede conectarse con el convertidor (2) de tal modo que puede transmitirse un valor teórico para el flujo magnético ( $\Phi$ ) del motor (1) y que puede transmitirse un valor teórico para la frecuencia ( $f_p$ ) de pulso y/o para la tensión ( $U_{zk}$ ) de circuito intermedio.
- 25 9. Dispositivo (3) de regulación según la reivindicación 8, en donde el dispositivo (3) de regulación presenta una entrada (31), a la que puede alimentarse una señal a través del régimen de revoluciones (n) del motor (1).
10. Sistema (4) de accionamiento que presenta
- un dispositivo (3) de regulación según una de las reivindicaciones 8 a 9,
  - un convertidor (2) y
  - un motor (1),
- 30 en donde el motor (1) por medio del convertidor (2) puede conectarse con una red (5) de distribución de energía, en donde el dispositivo (3) de regulación está conectado con el convertidor (2) para transmitir al menos un valor teórico al convertidor (2) y en donde el dispositivo (3) de regulación está conectado con un medio (6) para el registro del régimen de revoluciones (n) del motor (1).

35

FIG 1

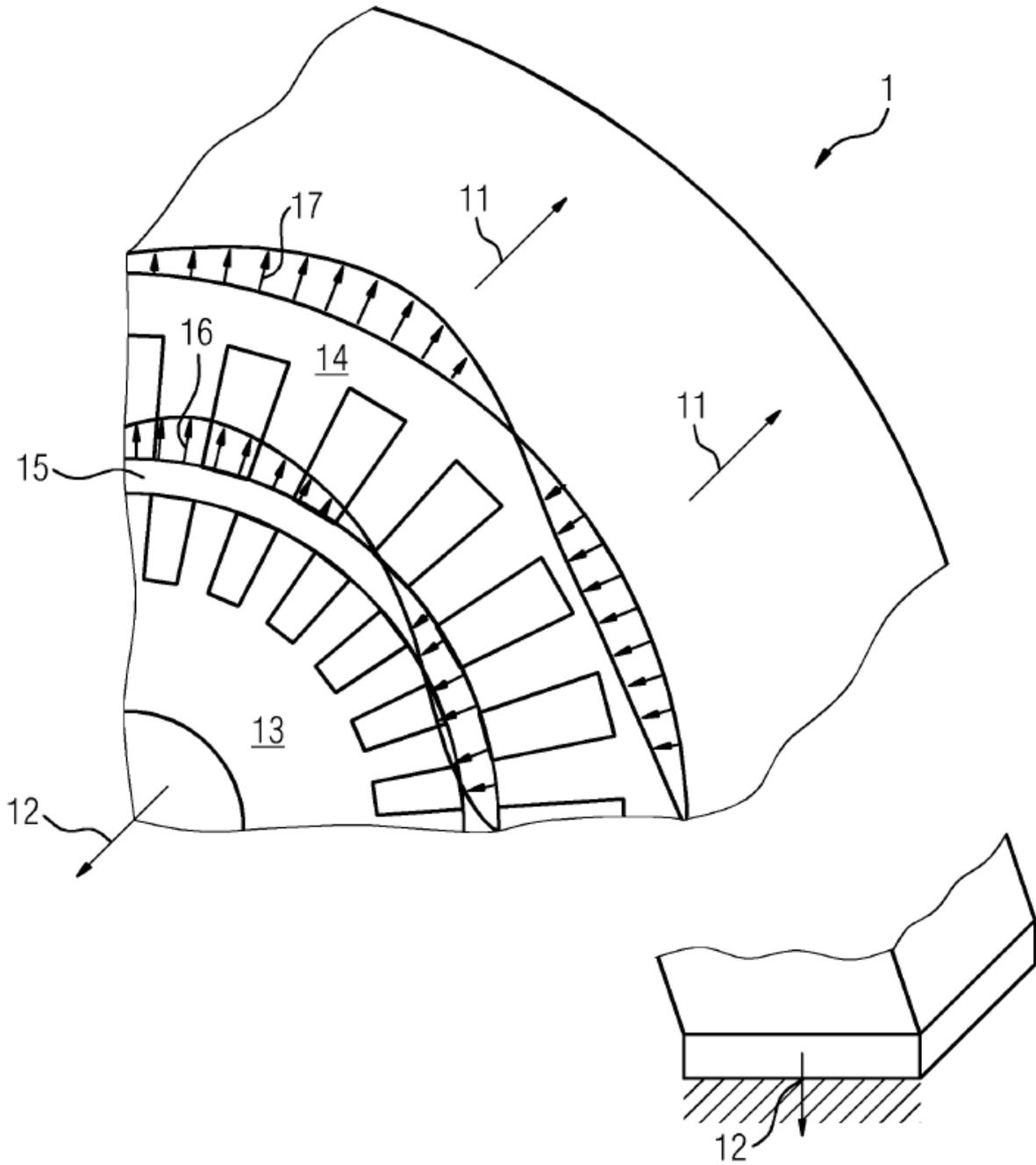


FIG 2

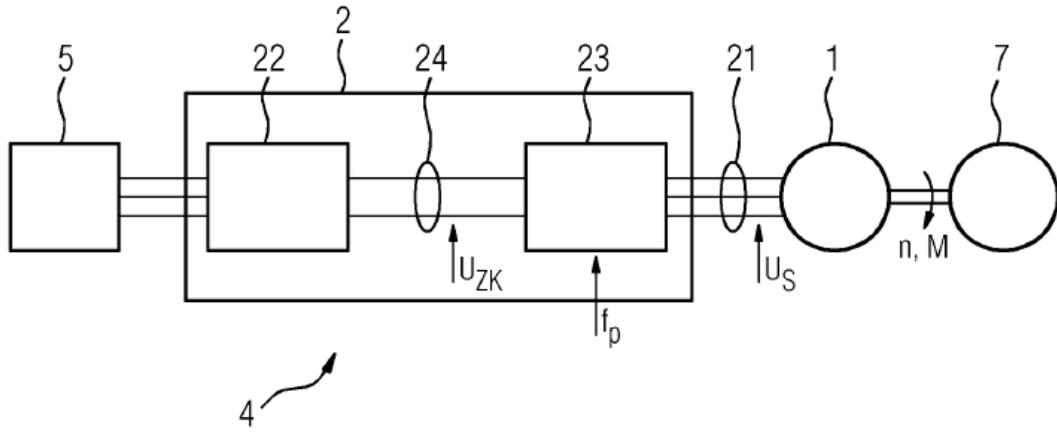


FIG 3

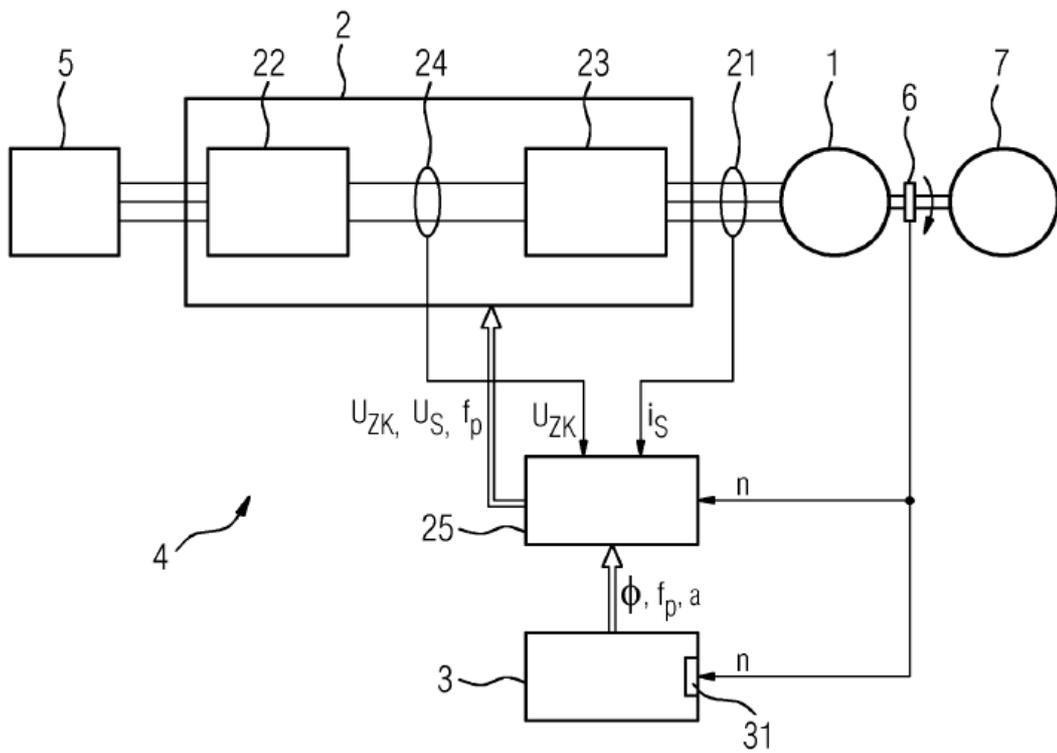


FIG 4

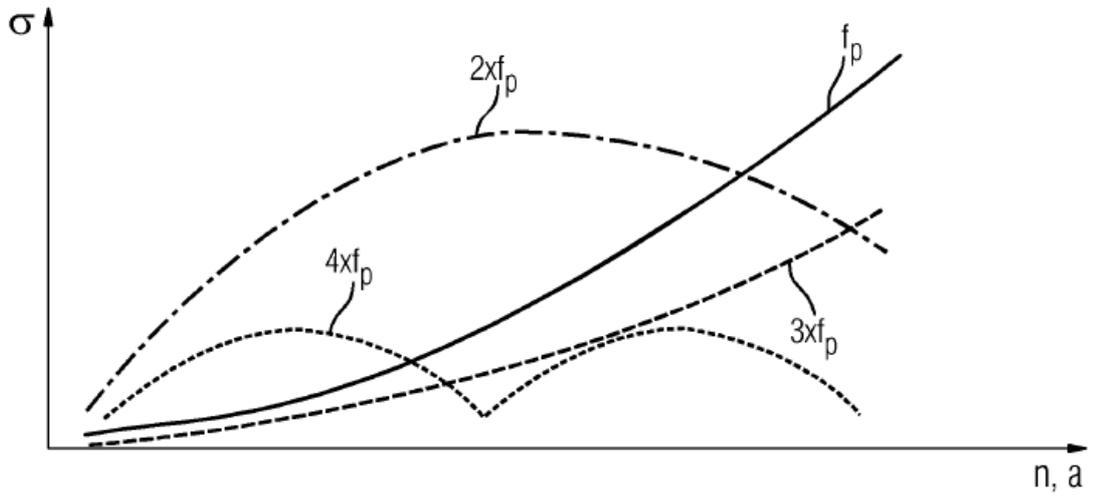


FIG 5

