

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 823 292**

51 Int. Cl.:

**H02K 11/33** (2006.01)

**G10K 11/175** (2006.01)

**B63H 23/24** (2006.01)

**H02P 6/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2017 PCT/EP2017/061908**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.12.2017 WO17207283**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2017 E 17724045 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3437174**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de una máquina eléctrica**

30 Prioridad:

**01.06.2016 DE 102016209602**

**01.06.2016 DE 102016209606**

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

**06.05.2021**

73 Titular/es:

**SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG  
(100.0%)**

**Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**MEYER, CHRISTIAN y  
WILCKE, RALF**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 823 292 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 el funcionamiento de una máquina eléctrica

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para el funcionamiento optimizado en relación con la emisión de ruido de una máquina eléctrica, la cual está prevista, en particular, para el accionamiento de vehículos, en particular, submarinos, que comprende un estator que presenta una pluralidad de bobinas y una pluralidad de convertidores para el suministro de corriente eléctrica a las bobinas. La presente invención también hace referencia a una máquina eléctrica que está prevista, en particular, para el accionamiento de vehículos, en particular, de submarinos, la cual comprende un estator que presenta múltiples bobinas y múltiples convertidores para el suministro de corriente eléctrica a las bobinas. La invención hace referencia finalmente a un vehículo, en particular, 10 un submarino con una máquina eléctrica del tipo mencionado.

Una máquina eléctrica para el mecanismo de propulsión de un submarino con una máquina síncrona excitada por imán permanente se describe, por ejemplo, en la solicitud WO 2004/068694 A1. En este caso, un devanado de estator está realizado como un devanado ondulado y presenta un gran número de fases de devanado. Cada fase de devanado es alimentada por un convertidor que solo está destinado a esa fase de devanado. Los convertidores que 15 alimentan el devanado de estator están dispuestos en dirección axial en un bastidor que porta el convertidor dentro de la máquina síncrona, que es excitada por imanes permanentes, y conforman módulos de convertidor.

En el funcionamiento de la mayoría de los vehículos, el objetivo suele ser amortiguar o incluso evitar ruidos fuertes. Este es el caso, por ejemplo, de la así denominada como marcha lenta de un submarino, en la cual los equipos del submarino, cuyo funcionamiento no es absolutamente necesario, se apagan. Durante una marcha lenta de un 20 submarino, incluso los ruidos del motor deben amortiguarse tanto como sea posible.

La solicitud DE 10 2010 043973 A1 describe un procedimiento para la generación de un ruido en un vehículo a motor accionado por un motor eléctrico.

25 La solicitud DE 103 01 272 A1 describe una máquina eléctrica para el mecanismo de propulsión de un submarino con una máquina síncrona excitada por imanes permanentes. Con poco esfuerzo, se debe lograr una alta reducción de los ruidos que surgen durante su funcionamiento y se debe garantizar un mayor grado de protección contra fallas de devanado y tierra en comparación con el estado del arte. Se propone que el devanado del estator esté diseñado como un devanado ondulado y que presente una pluralidad de fases de devanado. Cada fase de devanado del devanado ondulado es alimentada por un convertidor monofásico independiente. Los convertidores en forma de módulos convertidores se encuentran en el interior de la máquina síncrona.

30 La solicitud US 2005/125114 A1 describe un sistema de amortiguación de ruido activo para un motor de corriente continua sin escobillas en un submarino. Allí, las diferentes fases del motor son controladas de manera asimétrica por un convertidor para reducir el ruido.

35 La solicitud JP 2008 236923 A describe un procedimiento para la reducción de las corrientes de Foucault en un motor de excitación permanente, que son provocadas por fluctuaciones en la densidad de flujo magnético del motor. Allí, la corriente que genera el par motor se superpone a las fluctuaciones de la densidad de flujo magnético mediante una curva de corriente invertida.

El objeto de la presente invención consiste en garantizar el funcionamiento más silencioso posible de una máquina eléctrica o de dotar a un vehículo, en particular, un submarino, de una máquina eléctrica así de silenciosa.

40 El objeto se resuelve conforme a la presente invención, mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

El objeto también se resuelve conforme a la presente invención, mediante una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 5.

Finalmente, el objeto se resuelve conforme a la invención mediante un vehículo, en particular, un submarino con una máquina eléctrica de la clase mencionada.

45 La solicitud DE 10 2010 043973 A1 revela las siguientes características de la reivindicación 1: Un procedimiento para el funcionamiento de una máquina eléctrica que comprende un estator que presenta múltiples bobinas, así como múltiples convertidores para el suministro de energía eléctrica a las bobinas.

Las ventajas y las configuraciones preferidas enumeradas a continuación en relación con el procedimiento se pueden transferir de manera análoga a la máquina eléctrica y al vehículo.

La presente invención se basa en la idea de generar una compensación activa de ruido a través de una contrafase (push-pull) del segundo grupo de bobinas. El ruido surge por lo general en las bobinas que son alimentadas con la primera corriente eléctrica por el primer grupo de convertidores, los cuales están proporcionados para el funcionamiento de la máquina eléctrica para la generación de un par eléctrico. Para generar un campo giratorio, los convertidores del primer grupo suministran la primera corriente a las respectivas bobinas con un respectivo desplazamiento de fase.

El segundo grupo de convertidores representa convertidores que no son necesarios para el funcionamiento normal o para el funcionamiento con carga parcial de la máquina eléctrica. Según la invención, dichos convertidores se utilizan para suministrar corriente eléctrica a las bobinas a las que energizan, en particular, con la misma curva de frecuencia, pero con una curva de corriente modificado con respecto a los armónicos de la primera corriente. La curva de corriente modificada representa, en particular, la corriente eléctrica que se invierte en relación con la curva de la primera corriente.

Por "corriente modificada" se entiende en este contexto que la segunda corriente se modifica en base a la primera corriente para de modo generar una contrafase por un período de tiempo deseado, por ejemplo, a través de una inversión de la señal de corriente instantánea. La amplitud de la contrafase no es necesariamente la misma que la de los armónicos del primer grupo. Entre otras cosas, el desarrollo de la segunda corriente puede ser modificado mediante un factor; en donde el factor puede ser variable en el tiempo, es decir, que la modificación no se produce de forma continua o bien que para diferentes segmentos de tiempo se presenta una curva de corriente modificada de manera diferente. Adicional o alternativamente, la amplitud de la segunda corriente modificada también puede variar a lo largo del tiempo cambiando el factor.

El término "grupo de convertidores" se entiende en este contexto como un número de uno, dos o más convertidores que se controlan de la misma manera. Una proximidad espacial de los convertidores dentro del grupo es ventajosa, pero no absolutamente necesaria, es decir, el grupo no está definido por la distribución espacial de los convertidores, sino por su función.

La reducción activa de ruido (ANR, por sus siglas en inglés: Active Noise Reduction) o la cancelación activa de ruido (ANC, por sus siglas en inglés: Active Noise Cancellation) son conocidas y se utilizan en la industria, por ejemplo, en silenciadores de escape activos para vehículos a motor. El principio se basa en la generación de sonido para cancelar un sonido perturbador mediante interferencias destructivas. Para ello, se genera una señal que corresponde exactamente a la del sonido perturbador con polaridad opuesta. En los productos ya conocidos que se basan en este principio y que son utilizados en motores eléctricos, se colocan sensores a la configuración para calmar la estructura del motor excitado, los cuales primero absorben el ruido perturbador, y después se aplican señales de amortización de fase desplazada por medio de actuadores. De esta manera, se pueden lograr éxitos por debajo de 1 kHz, ya que, por encima de esto, el desplazamiento de fase síncrono no se puede realizar con la suficiente rapidez.

En contraste con ello, de acuerdo con la presente invención, se conoce la sincronización de las bobinas activas en acoplamiento con el primer grupo de convertidores y, por lo tanto, no es necesario determinar los parámetros de corriente inmediatos. Esto significa que se omite una alta potencia informática y la contrafase es más precisa y rápida en la fuente del ruido.

De acuerdo con una configuración preferida, la segunda corriente invertida modificada con respecto a los armónicos de la primera corriente se genera durante un funcionamiento normal o un funcionamiento con carga parcial de la máquina eléctrica, ya que no todos los convertidores son necesarios para la generación de par. Una compensación de ruido de este tipo es particularmente ventajosa durante una marcha lenta de un submarino, ya que, en este caso, la potencia total de la máquina eléctrica no es necesariamente decisiva, sino que el objetivo principal es operar el propulsor del submarino con un ruido particularmente bajo.

Según otra configuración preferida, durante un funcionamiento con carga plena, el primer grupo de convertidores y el segundo grupo de convertidores se utilizan para la generación de un par eléctrico en la máquina eléctrica. Así, las bobinas que son energizadas por el segundo grupo de convertidores ya no se utilizan para la generación de ruido de compensación, sino que en funcionamiento con plena carga dichas bobinas, al igual que las bobinas del primer grupo de convertidores, se utilizan para el funcionamiento de la máquina eléctrica consiguiendo un rendimiento particularmente alto de la máquina eléctrica.

De manera ventajosa, una parte de los convertidores está dispuesta en el interior de una carcasa de máquina y una parte de los convertidores está dispuesta en el exterior de la carcasa de máquina y el segundo grupo se conforma por convertidores en el exterior de la carcasa de máquina. En este contexto se entiende por carcasa de máquina una carcasa de la máquina eléctrica que encierra tanto un inducido como un estator. Los convertidores externos están montados allí preferentemente lo más cerca posible de la carcasa de la máquina, en particular, sobre la misma carcasa de la máquina. Los convertidores externos son en particular aquellos que no son necesarios para el

funcionamiento normal de la máquina eléctrica. Por lo tanto, preferentemente, los mismos sólo se conectan a los convertidores internos cuando la máquina eléctrica está en un modo de carga completa, o se utilizan para la compensación activa del ruido con el fin de un funcionamiento particularmente silencioso de la máquina eléctrica (por ejemplo, marcha lenta de un submarino impulsado por la máquina eléctrica).

5 En otra realización ventajosa, no todos los convertidores necesarios para el funcionamiento de la máquina eléctrica están dispuestos en el interior del inducido, sino que múltiples convertidores se montan en el exterior del inducido, aunque lo más cerca posible de la máquina eléctrica. En este caso, el diámetro de la máquina eléctrica, en particular, el diámetro de la carcasa de la máquina no aumenta con un número creciente de convertidores necesarios. Al mismo tiempo, la proximidad física de los convertidores adicionales con respecto al motor implica que  
10 no se requiera un recorrido complejo de líneas en las proximidades de la máquina eléctrica. Debido a que sólo algunos de los convertidores se externalizan, el espacio requerido por fuera de la carcasa tampoco es muy grande.

De acuerdo con una configuración preferida, los otros convertidores están dispuestos en un lado externo de la carcasa de la máquina. De esta manera se asegura que los convertidores se posicionen lo más próximos posible a la máquina eléctrica, en particular, conformando un componente de la máquina eléctrica al estar firmemente conectados con la carcasa de la máquina. Otra ventaja de esta realización consiste en que esencialmente no hay líneas eléctricas tendidas en el exterior de la máquina eléctrica. Los otros convertidores están combinados, por ejemplo, en un grupo, que está encerrado en particular por una carcasa, de tal modo que es posible un funcionamiento libre de perturbaciones del convertidor y, además, la radiación perturbadora para medio ambiente es particularmente baja. De manera alternativa, los otros convertidores se distribuyen individualmente o en varios grupos sobre la carcasa de la máquina.  
15  
20

Con respecto a una solución que especialmente economiza espacio, los otros convertidores están dispuestos según otra forma de realización preferida en el perímetro de la carcasa de la máquina. Debido a la buena accesibilidad, la circunferencia exterior de la carcasa de la máquina se utiliza de todos modos para unir componentes que se requieren para el funcionamiento de las máquinas eléctricas, por ejemplo, para la regulación y el control del convertidor, para un sistema de refrigeración del accionamiento, para sensores, etc. El espacio libre disponible en la circunferencia exterior es, por tanto, ideal para la inclusión de otros convertidores y ofrece flexibilidad en la selección de la posición exacta de los demás convertidores sin que se aumente por ello el diámetro de la carcasa de la máquina.  
25

De manera ventajosa, el dispositivo de control está configurado para operar sólo algunos de los convertidores durante el funcionamiento normal o durante un funcionamiento con carga parcial. Por funcionamiento normal, en este contexto se entiende cualquier punto en el tiempo durante el funcionamiento de la máquina eléctrica con excepción del arranque, parada y mantenimiento; por funcionamiento con carga parcial debe entenderse el funcionamiento con potencia reducida. El dispositivo de control se utiliza en este caso para controlar y/o regular el convertidor, aunque el dispositivo de control también puede realizar otras tareas en relación con el funcionamiento de la máquina eléctrica, por ejemplo, el procesamiento de datos de sensores. No todos los convertidores son necesarios en el funcionamiento normal o en el funcionamiento con carga parcial, por lo cual el número de convertidores encendidos se puede reducir al mínimo necesario. Apagar algunos de los convertidores minimiza las pérdidas eléctricas que se producen por los convertidores que no son necesarios para el funcionamiento de la máquina eléctrica. De esta manera, se puede mejorar el nivel de eficiencia de la máquina eléctrica.  
30  
35

De manera conveniente, el dispositivo de control está configurado para operar en primer lugar los convertidores dentro de la carcasa de máquina. En este caso, en particular, sólo algunos de los convertidores se operan dentro de la carcasa de la máquina durante funcionamiento con carga parcial, y en el funcionamiento normal todos los convertidores se operan dentro de la carcasa de la máquina y los otros convertidores ubicados en el exterior de la carcasa de la máquina sólo se encienden en funcionamiento con plena carga. Se entiende por funcionamiento a plena carga el funcionamiento con la máxima potencia alcanzable. La ventaja de poner en marcha primero los convertidores internos consiste en que la radiación perturbadora que generan los convertidores en su funcionamiento está protegida por la carcasa de la máquina. Solamente en el funcionamiento con carga plena se conectan los convertidores externos adicionalmente a los internos, de modo que sólo se produce radiación perturbadora adicional durante un corto período de tiempo.  
40  
45

Un ejemplo de ejecución de la invención se explica en detalle mediante dibujos. De esta manera, las figuras muestran:  
50

Figura 1: una máquina eléctrica a modo de ejemplo.

Figura 2: una primera y una segunda corriente para la contrafase de la primera corriente.

La figura 1 muestra un ejemplo de una máquina eléctrica 2, en particular, un motor eléctrico, que comprende un inducido 4, que aquí está configurado a modo de un inducido de campana; así como un estator, no representado  
55

aquí, que está dispuesto radialmente en el exterior del inducido de campana. En el sentido más amplio, el número de referencia 4 indica tanto el inducido como el estator, que están representados como una unidad. El inducido 4 y el estator están alojados en una carcasa de máquina 8. En la figura, también se muestra un eje de entrada 6 del inducido 4.

5 En el interior del inducido de campana 4 están dispuestos múltiples convertidores 10a. En el ejemplo de ejecución mostrado, dieciséis convertidores 10a están colocados alrededor de la circunferencia interior del inducido de campana 4.

10 Además, la máquina eléctrica 2 comprende, por ejemplo, otros dos o cuatro convertidores 10b, no representados aquí en detalle, los cuales están dispuestos en una carcasa 12 sobre la circunferencia exterior de la carcasa de la máquina 8. La carcasa 12 también contiene medios adecuados para la refrigeración del convertidor 10b.

15 La máquina eléctrica 2 también presenta un dispositivo de control 14, que está representado simbólicamente. El dispositivo de control 14 controla o regula el funcionamiento de la máquina eléctrica 2, entre otras, mediante el dispositivo de control 14 se determina qué convertidores 10a, 10b se encienden cuando la máquina eléctrica 2 está en funcionamiento. Está previsto que en el funcionamiento normal o en el funcionamiento con carga parcial de la máquina eléctrica 2, sólo una parte de los convertidores 10a, 10b se accionen para generar par. En particular, los convertidores 10a dentro del inducido de campana 4, que están encerrados por la carcasa de la máquina 8, se encienden primero y estos suministran a las bobinas correspondientes una primera corriente  $I_1$ , que presenta una oscilación fundamental G con superposición, en particular, armónicos O. La primera corriente  $I_1$  se puede observar en la figura 2.

20 El hecho de que sólo los convertidores 10a estén en funcionamiento implica que la radiación perturbadora de los convertidores externos 10b se minimice o evite por completo. Los otros convertidores 10b, que están situados en el exterior de la carcasa de la máquina 8, sólo se conectan en especial durante el funcionamiento con carga plena.

25 Según la figura 2, los otros convertidores 10b se utilizan en el contexto de una compensación activa de ruido para que alimenten alguna de las bobinas con corriente  $I_2$  con una curva modificada con respecto a los armónicos O de la primera corriente  $I_1$  e invertida en el ejemplo de ejecución mostrado. La segunda corriente  $I_2$ , sin embargo, puede diferir, por ejemplo, con respecto a su amplitud de la primera corriente  $I_2$ .

En el presente ejemplo de ejecución, los convertidores ubicados en el interior conforman un primer grupo de convertidores y los convertidores ubicados en el exterior conforman un segundo grupo. Sin embargo, también son posibles otras distribuciones espaciales de los convertidores del primer y segundo grupos funcionales.

30 En el funcionamiento a plena carga, como ya se ha explicado, los convertidores 10b del segundo grupo generan corriente eléctrica con los mismos parámetros que la primera corriente  $I_1$ , por lo cual también se utilizan para generar un par en la máquina eléctrica 2.

35 La compensación activa de ruido descrita no está restringida al uso de máquinas eléctricas con un inducido de campana y/o convertidores externos, sino que es aplicable a cualquier máquina eléctrica en la cual las bobinas del estator estén alimentadas eléctricamente por dos o más convertidores.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el funcionamiento silencioso de una máquina eléctrica (2), que está proporcionada, en particular, para el accionamiento de vehículos, en particular, submarinos,
- 5 que comprende un estator que presenta múltiples bobinas, así como múltiples convertidores (10a, 10b) para el suministro de corriente eléctrica a las bobinas; caracterizado por que
- una primera corriente ( $I_1$ ), que presenta una oscilación fundamental (G) con armónicos superpuestos (O), se alimenta a las bobinas asignadas con un respectivo desplazamiento de fase a través de un primer grupo de convertidores (10a) y al mismo tiempo a través de un segundo grupo de convertidores (10b) se alimenta una
- 10 segunda corriente invertida ( $I_2$ ) modificada con respecto a los armónicos (O) de la primera corriente ( $I_1$ ) a las bobinas asignadas;
- en donde mediante la curva de corriente invertida se genera una compensación activa de ruido.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
- caracterizado porque la segunda corriente ( $I_2$ ) invertida modificada con respecto a los armónicos (O) de la primera corriente ( $I_1$ ) se genera durante un funcionamiento normal o un funcionamiento con carga parcial de la máquina eléctrica (2).
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
- caracterizado porque en un funcionamiento con plena carga el primer grupo de convertidores (10a) y el segundo grupo de convertidores (10b) se utilizan para la generación de un par eléctrico en la máquina eléctrica.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
- 20 caracterizado porque una parte de los convertidores (10a) están dispuestos en el interior de una carcasa de máquina (8) y una parte de los convertidores (10b) están dispuestos en el exterior de la carcasa de máquina (8) y el segundo grupo está conformado por convertidores (10b) en el exterior de la carcasa de máquina (8).
5. Máquina eléctrica (2), que está proporcionada particularmente para el accionamiento de vehículos, en especial, de submarinos que comprende un estator que presenta múltiples bobinas, así como múltiples convertidores (10a, 10b) para el suministro de corriente eléctrica a las bobinas; caracterizada porque
- 25 un dispositivo de control (14) que está configurado para operar un primer grupo de convertidores (10a) para la alimentación de una primera corriente ( $I_1$ ) a las bobinas asociadas con un respectivo desplazamiento de fase; en donde la primera corriente ( $I_1$ ) presenta una oscilación fundamental (G) con armónicos superpuestos (O); y
- al mismo tiempo, para operar un segundo grupo de convertidores (10b) para la alimentación de una segunda corriente invertida ( $I_2$ ) modificada con respecto a los armónicos (O) de la primera corriente ( $I_1$ ) a las bobinas asociadas; en donde la curva de corriente invertida está proporcionada para una compensación activa de ruido.
- 30 6. Máquina eléctrica según la reivindicación 5,
- caracterizada porque el dispositivo de control (14) está diseñado para generar la segunda corriente invertida ( $I_2$ ) modificada con respecto a los armónicos (O) de la primera corriente ( $I_1$ ) durante un funcionamiento normal o un funcionamiento con carga parcial de la máquina eléctrica (2).
- 35 7. Máquina eléctrica (2) según la reivindicación 5 ó 6, caracterizada porque el dispositivo de control (14) está configurado para, en un funcionamiento con carga plena, operar el primer grupo de convertidores (10a) y el segundo grupo de convertidores (10b) para la generación de un par eléctrico en la máquina eléctrica (2).
8. Máquina eléctrica (2) según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizada porque una parte de los convertidores (10a) está dispuesta en el interior de una carcasa de máquina (8) y una parte de los convertidores (10b), en el exterior de la carcasa de máquina (8) y los convertidores (10b) en el exterior de la carcasa de máquina (8) conforman el segundo grupo.
- 40 9. Vehículo, en particular, un submarino con una máquina eléctrica (2) según una de las reivindicaciones 5 a 8.

FIG 1

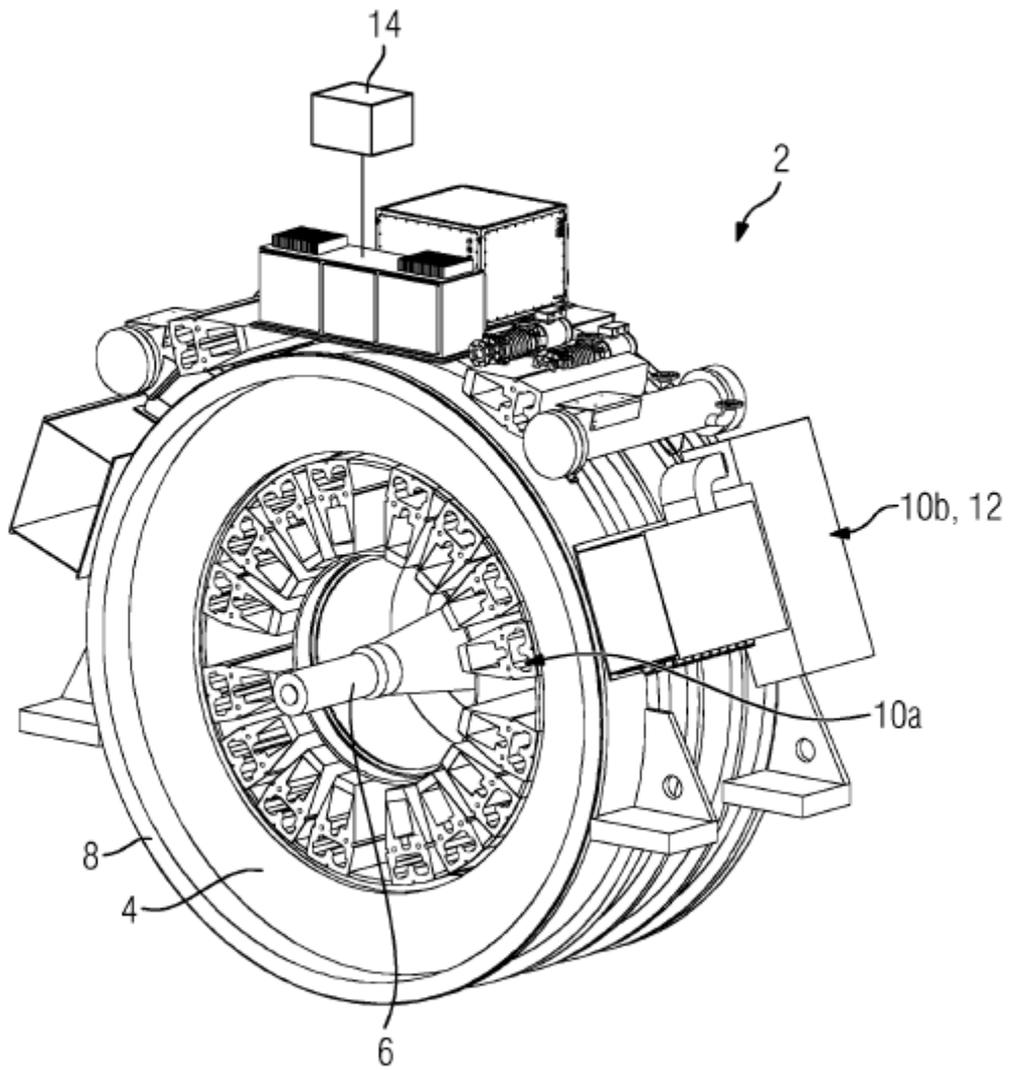


FIG 2

