

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 772 973**

51 Int. Cl.:

H02K 1/28 (2006.01)

H02K 1/30 (2006.01)

H02K 7/00 (2006.01)

H02K 11/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2016 PCT/EP2016/077311**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17108261**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2016 E 16795302 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019 EP 3350904**

54 Título: **Máquina sincrónica de régimen permanente, con desacoplamiento de rotor automático en el cortocircuito de enrollamiento**

30 Prioridad:

23.12.2015 EP 15202269

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

09.07.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ADAM, CHRISTOPH;
JANSEN, ANDRE y
KÖRNER, OLAF**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 772 973 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

Máquina sincrónica de régimen permanente, con desacoplamiento de rotor automático en el cortocircuito de enrollamiento

La presente invención parte de una máquina sincrónica de régimen permanente,

- 5 - presentando la máquina sincrónica un estator en el que está dispuesto un enrollamiento de estator,
- presentando la máquina sincrónica un rotor que puede rotar en torno a un eje de rotación y en el que están dispuestos imanes permanentes,
- estando unido el rotor con un eje de motor por medio de un equipo de unión,
10 - estando configurado el equipo de unión de tal modo que une el rotor de manera resistente al giro con el eje de motor, de tal forma que se transmite al eje de motor un par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator e imanes permanentes.

La presente invención parte, además, de un vehículo terrestre, presentando el vehículo terrestre varios accionamientos de marcha que presentan en cada caso una máquina sincrónica y accionan por medio de la máquina sincrónica en cada caso al menos una rueda del vehículo terrestre.

- 15 En los vehículos terrestres -esto se cumple en particular en el caso de los vehículos sobre raíles, pero no se restringe necesariamente a los vehículos sobre raíles- a menudo están presentes muchos inversores y motores eléctricos que accionan en cada caso una rueda o un juego de ruedas. Si falla un inversor o un motor eléctrico individual, el vehículo terrestre sigue siendo accionado sin el inversor que ha fallado o el motor eléctrico que ha fallado. Si el motor eléctrico es una máquina sincrónica de régimen permanente, y un motor eléctrico de este tipo
20 falla con un cortocircuito de enrollamiento, es decir, si se produce un cortocircuito en el enrollamiento de estator, en el estado de la técnica se desactiva el correspondiente inversor y se desconecta el motor eléctrico. Tras la desactivación del inversor deja de alimentarse tensión exterior al motor eléctrico que ha fallado. A través del contacto rueda-carril o en general el contacto rueda-tierra, sin embargo, el rotor sigue siendo puesto en rotación por el vehículo en movimiento. Los imanes permanentes dispuestos en el rotor inducen por ello tensión en el enrollamiento de estator. La tensión inducida impulsa una corriente residual a través del punto de falla en el que se ha producido el cortocircuito. De esta manera, se producen a menudo arcos eléctricos y/ elevadas pérdidas térmicas. Como consecuencia, se puede sobrecalentar y quemar el aislamiento del enrollamiento del estator. También el cobre del enrollamiento puede llegar a fundirse en determinadas circunstancias. Además de estas consecuencias ya negativas por sí mismas, puede generarse humo (en sí inocuo), pero que, por ejemplo, en un vehículo sobre raíles, puede
25 despertar una considerable preocupación entre los pasajeros.
30

Por ello, resulta ventajoso en el caso de un cortocircuito del enrollamiento desconectar el rotor (más exactamente, la parte activa del rotor) de la rueda que rota, de tal modo que deje de rotar la parte activa. De este modo, debido a la ausencia de rotación no se induce tensión en el enrollamiento de estator, de tal modo que no se produce ningún otro daño más allá del cortocircuito del enrollamiento.

- 35 Se conocen acoplamientos de seguridad para el desacoplamiento del motor de marcha del tren de tracción en caso de fallo. Estos se activan, sin embargo, generalmente de manera independiente (activamente).

- Por el documento DE 10 2013 104 558 A1 se conoce un tren de tracción para un vehículo sobre raíles que comprende un eje de juego de ruedas y una rueda grande para la transmisión de un par de torsión desde la unidad de accionamiento al eje de juego de ruedas. En este tren de tracción, un acoplamiento de sobrecarga está unido de
40 manera resistente al giro con el eje de juego de ruedas. El acoplamiento de sobrecarga acopla la rueda grande de manera resistente al giro con el eje de juego de ruedas. El acoplamiento de sobrecarga presenta un par de acople predefinido. Al sobrepasarse el par de acople, el acoplamiento de sobrecarga libera la rueda grande con respecto al eje de juego de ruedas. En el documento DE 10 2013 104 558 A1, el eje de juego de ruedas es desconectado, por ello, del accionamiento al superarse un par de torsión que actúa mecánicamente. Para una desconexión en el caso
45 de un cortocircuito de enrollamiento este diseño no es apropiado.

El documento EP 2 385 612 A1 desvela un acoplamiento de sobrecarga.

El objetivo de la presente invención consiste en diseñar una máquina sincrónica de régimen permanente de tal modo que en el caso de un cortocircuito de enrollamiento se impida de manera sencilla y fiable una transmisión de par de torsión desde el eje de motor al rotor de la máquina sincrónica de régimen permanente.

- 50 El objetivo se resuelve por medio de una máquina sincrónica en régimen permanente con las características de la reivindicación 1. Diseños ventajosos de la máquina sincrónica de acuerdo con la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes 2 a 12.

De acuerdo con la invención, se diseña una máquina sincrónica en régimen permanente del tipo mencionado al principio de tal modo que,

- 5 - el equipo de unión está configurado de tal modo que une el rotor solo primeramente de manera resistente al giro con el eje de motor, de tal forma que se transmite al eje de motor un par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator e imanes permanentes, y
- el equipo de unión está configurado además de tal modo que, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator, libera automáticamente la unión resistente al giro del rotor, de tal modo que un par de torsión que actúa sobre el eje de motor deja de transmitirse al rotor.

10 Gracias a este diseño, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento, se produce una supresión automática de la unión resistente al giro del rotor con el eje de motor. Las desventajas anteriormente mencionadas, por tanto, se evitan.

El eje de motor puede ser idéntico con el eje de rotor -es decir, con el eje sobre el cual está dispuesto el rotor. Alternativamente, también puede tratarse de un eje distinto. En cualquier caso, el eje de motor es el eje por medio del cual la máquina sincrónica de régimen permanente emite un par de torsión.

15 En un posible diseño de la máquina sincrónica está previsto que,

- el rotor esté dispuesto de manera resistente al giro sobre un eje de rotor diferente del eje de motor,
- el eje de motor presente un buje que abarque el eje de rotor,
- entre el eje de rotor y el buje esté dispuesto un cojinete,
- 20 - el equipo de unión comprenda un elemento de sujeción por medio del cual el buje sea presionado en primer lugar radialmente contra el eje de rotor, de tal forma que, debido a la presión, se transmita al eje de motor el par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator e imanes permanentes, y
- el elemento de sujeción esté compuesto al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator y/o arcos eléctricos que se producen, se reduzca en tal medida que se suprima la
- 25 presión del buje contra el eje de rotor.

Este diseño presenta la ventaja de que el rotor, como es habitual, puede estar dispuesto de manera resistente al giro sobre el eje de rotor.

30 En este diseño, el elemento de sujeción puede estar configurado como vendaje que rodea el buje radialmente en el exterior. Un posible material del vendaje es una estera de fibra de vidrio o de fibra de carbono impregnada con un solidificador. La temperatura de fusión del solidificador debería situarse en este caso entre aprox. 200 °C y aprox. 300 °C, en particular entre aprox. 250 °C y aprox. 280 °C. Tales solidificadores son conocidos para los especialistas. Un ejemplo de un solidificador apropiado es en particular un solidificador cuya denominada temperatura de vidrio se sitúe en este intervalo. Se pueden elegir termoplásticos como tales solidificadores.

35 El cojinete entre el eje de rotor y el buje permite que, durante la prolongación de la marcha del vehículo terrestre y, por tanto, en particular durante la prolongación de la rotación del eje de motor, no se produzcan daños, en particular que sea posible una rotación libre del eje de motor relativamente al eje de rotor. Preferentemente, el cojinete está configurado como cojinete de emergencia. Debido al diseño como cojinete de emergencia, el cojinete puede diseñarse entre el eje de motor y el eje de rotor de manera sencilla y muy económica. El cojinete de emergencia, por el contrario, no tiene por qué garantizar un funcionamiento continuo durante días, semanas y meses. Basta con

40 poder prolongar la marcha momentánea del vehículo terrestre, por ejemplo, hasta la siguiente posibilidad de reparación.

En otro posible diseño de la máquina sincrónica está previsto que

- el rotor esté alojado de manera giratoria sobre el eje de motor,
- el equipo de unión comprenda un anillo que esté unido de manera resistente al giro en un extremo axial del rotor con el rotor,
- 45 - el equipo de unión comprenda al menos un perno que esté dispuesto parcialmente en una entalladura del anillo y parcialmente en una entalladura del eje de motor, de tal forma que se transmita al eje de motor el par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator e imanes permanentes por medio del perno,
- el equipo de unión comprenda un elemento de sujeción por medio del cual se impida en primer lugar un
- 50 desplazamiento radial del perno fuera de la entalladura del eje de motor, y
- el elemento de sujeción esté compuesto al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator y/o arcos eléctricos que se producen, se reduzca en tal medida que el perno se desplace fuera de la entalladura del eje de motor.

Este diseño tiene la ventaja de que el par de torsión aplicado por la máquina sincrónica durante el funcionamiento normal (es decir, con la unión resistente al giro establecida entre rotor y eje de motor) se transmite a través del perno. Por el contrario, sobre el elemento de sujeción actúan solo las ejercidas por el perno sobre el elemento de sujeción y fuerzas centrífugas. Estas, sin embargo, son muy reducidas.

- 5 El elemento de sujeción puede estar configurado en este caso, por ejemplo, como vendaje que rodea el anillo radialmente en el exterior. Los posibles materiales del vendaje ya se han mencionado anteriormente.

10 Preferentemente, el equipo de unión presenta al menos un resorte de compresión por medio del cual se ejerce sobre el perno una fuerza orientada radialmente hacia fuera. De esta manera se consigue que, cuando se reduce la resistencia y/o la cohesión del elemento de sujeción, el perno sea presionado por el resorte de compresión de manera activa radialmente hacia fuera. El resorte de compresión puede estar configurado -por ejemplo, mediante un diseño apropiado o mediante un tope- de tal modo que, tras presionar el perno fuera del eje de motor, no se adentre él mismo en el anillo. Alternativamente, el resorte de compresión puede estar dimensionado de tal modo que ciertamente presione el perno fuera del eje de motor y después se adentre él mismo en el anillo, pero no pueda transmitir un par de fuerza significativo, sino que, por ejemplo, sea cortado previamente.

15 Particularmente preferente es en la actualidad diseñar la máquina sincrónica de tal modo que

- el rotor esté alojado de manera giratoria sobre el eje de motor,
- el equipo de unión comprenda un primer elemento de acoplamiento que esté dispuesto de manera resistente al giro sobre el eje de motor,
- 20 - el equipo de unión comprenda un segundo elemento de acoplamiento que esté unido de manera resistente al giro con el rotor,
- el equipo de unión comprenda un elemento de sujeción que atraviese axialmente el rotor y el primer y el segundo elemento de acoplamiento, y por medio del cual en primer lugar el primer elemento de acoplamiento sea presionado axialmente contra el segundo elemento de acoplamiento de tal forma que se transmita al eje de motor el par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator e imanes permanentes por medio de la interacción del primer y del segundo elemento de acoplamiento, y
- 25 - el elemento de sujeción esté compuesto al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator debido a un sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator y/o arcos eléctricos que se producen, se reduzca en tal medida que una presión ejercida por el elemento de sujeción sobre el primer y el segundo elemento de acoplamiento se reduzca en tal medida que se posibilite un desplazamiento del primer y del segundo elemento de acoplamiento apartándose uno del otro.
- 30

35 Este diseño tiene en particular la ventaja de que la liberación del elemento de unión, es decir, la supresión de la unión resistente al giro del rotor con el eje de motor, se efectúa de manera segura, siendo la liberación independiente de en qué posición axial se ha producido el cortocircuito del enrollamiento en el que, en consecuencia, se genera el mayor desarrollo de calor. La experiencia muestra en particular que, cuando se produce un cortocircuito del enrollamiento, este se genera por regla general en una de las dos cabezas del enrollamiento.

El elemento de sujeción puede estar configurado como una cantidad de vendajes. Los posibles materiales de los vendajes ya se han mencionado anteriormente.

Alternativamente es posible que

- 40 - el elemento de sujeción esté configurado por un número de pernos que estén asegurados en los dos extremos axiales por elementos de fijación, y
- que los elementos de fijación estén compuestos de un material cuya resistencia y/o cohesión se reduzca en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator y/o arcos eléctricos que se producen.

45 Los elementos de fijación pueden estar configurados, por ejemplo, como fusibles. Los fusibles pueden estar compuestos de una soldadura blanda que presente una temperatura de solidificación apropiada. Los especialistas conocen las más variadas soldaduras blandas, presentando estas soldaduras blandas temperaturas de solidificación de entre 138 °C y 308 °C. En el marco de la presente invención son apropiadas soldaduras blandas con una temperatura de solidificación de entre 200 °C y 300 °C, en particular de entre 250 °C y 280 °C. Por ejemplo, una mezcla eutéctica de un 99,3 % estaño y un 0,7 % de cobre presenta un punto de fusión de 227 °C. Lo mismo se cumple para una mezcla eutéctica de un 99,0 % de estaño, un 0,3 % de plata y un 0,7 % de cobre. El estaño puro presenta un punto de fusión de 232 °C, una mezcla de un 89 % de estaño, un 10,5 % de antimonio y un 0,5 % de cobre, una temperatura de solidificación de 242 °C. Cada una de estas soldaduras blandas puede utilizarse como material para los fusibles. También pueden utilizarse otras soldaduras blandas con una temperatura de solidificación mayor o menor en función de las necesidades. Así mismo, pueden utilizarse plásticos apropiados, por ejemplo,

50

55

PEEK.

Preferentemente, entre el primer y el segundo elemento de acoplamiento, está dispuesto al menos un resorte de compresión por medio del cual se ejerce sobre el primer y el segundo elemento de acoplamiento una fuerza que aparta uno del otro el primer y el segundo elemento de acoplamiento. De esta manera se consigue que, cuando se reduce la resistencia y/o la cohesión del elemento de sujeción, los elementos de acoplamiento son presionados activamente por el resorte de compresión separándose uno del otro.

El cojinete por medio del cual está montado el rotor sobre el eje de motor está configurado preferentemente como cojinete de emergencia. Debido al diseño como cojinete de emergencia, el cojinete del rotor sobre el eje de motor puede diseñarse de manera sencilla y muy económica. El cojinete de emergencia, por el contrario, no tiene por qué garantizar un funcionamiento continuo durante días, semanas y meses. Basta con poder prolongar la marcha momentánea del vehículo terrestre durante un tiempo.

El objetivo se resuelve, además, mediante un vehículo terrestre con las características de la reivindicación 13. De acuerdo con la invención, se diseña un vehículo terrestre del tipo mencionado al principio de tal modo que los accionamientos presenten en cada caso una máquina sincrónica de acuerdo con la invención.

Las propiedades, características y ventajas anteriormente descritas de la invención, así como la manera en que estas se alcanzan, se entienden de manera más clara en el contexto de la siguiente descripción de los ejemplos de realización, que se explican con más detalle en conexión con los dibujos. En este sentido, en representación esquemática, muestran:

- la Figura 1 un vehículo terrestre,
- la Figura 2 una máquina sincrónica en régimen permanente,
- la Figura 3 un posible diseño de una disposición de rotor de la máquina sincrónica de la figura 2,
- la Figura 4 otro posible diseño de la disposición de rotor de la máquina sincrónica de la figura 2 y
- la Figura 5 otro posible diseño de la disposición de rotor de la máquina sincrónica de la figura 2.

De acuerdo con la figura 1, un vehículo terrestre 1 presenta varios accionamientos de marcha 2. Los accionamientos de marcha 2 accionan en cada caso al menos una rueda 3 del vehículo terrestre 1. Los accionamientos de marcha 2 presentan para accionar la correspondiente rueda 3 en cada caso una máquina sincrónica 4. La correspondiente máquina sincrónica 4 por regla general es alimentada por medio de un correspondiente inversor. Los inversores no están representados en las figuras.

Correspondientemente a la representación de la figura 1, el vehículo terrestre 1 está configurado como vehículo sobre raíles. Este diseño representa el caso habitual en el marco de la aplicación de la presente invención en un vehículo terrestre. La presente invención también puede aplicarse, sin embargo, aunque el vehículo terrestre 1 no sea un vehículo sobre raíles, por ejemplo, si el vehículo terrestre 1 está configurado como coche eléctrico y cada rueda del coche eléctrico presenta un accionamiento propio.

La máquina sincrónica 4 presenta de acuerdo con la figura 2 un estator 5. En el estator 5 está dispuesto un enrollamiento de estator 6. El enrollamiento de estator 6 presenta una parte central 6', así como dos cabezas de enrollamiento 6". La parte central 6' del enrollamiento de estator 6 es la parte del enrollamiento de estator 6 en la que se encuentra el propio estator 5. Las cabezas de enrollamiento 6" son las partes del enrollamiento de estator 6 que sobresalen axialmente sobre el estator 5.

La máquina sincrónica 4 presenta, además, un rotor 7. El rotor 7 está dispuesto sobre un eje 8. El eje 8 y, con él, el rotor 7 pueden rotar en torno a un eje de rotación 9. En algunos diseños de la presente invención -esto se explicará en relación con las demás figuras-, el eje 8 es el eje de motor 10 de la máquina sincrónica 4. En otros diseños, se trata de un eje propio, diferente del eje de motor 10. En este caso, el eje 8 se alinea con el eje de motor 10, es decir, que el eje de rotación 9 del eje 8 es el mismo que el eje de rotación del eje 8 de motor 10. En el rotor 7, están dispuestos imanes permanentes 11. La máquina sincrónica 4 está configurada, por tanto, como máquina sincrónica en régimen permanente. Los imanes permanentes 11 o su campo magnético y un campo rotatorio magnético generado por la alimentación con corriente del enrollamiento de estator 6 interactúan durante el funcionamiento de la máquina sincrónica 4 para generar un par de torsión.

Los términos "axial", "radial" y "tangencial" se refieren siempre al eje de rotación 9. "Axial" es una dirección paralela al eje de rotación 9. "Radial" es una dirección ortogonal al eje de rotación 9 hacia el eje de rotación 9 o alejándose de este. "Tangencial" es una dirección que discurre tanto ortogonalmente a la dirección axial como ortogonalmente a la dirección radial. "Tangencial" significa, por tanto, una dirección que, con posición axial constante y con distancia radial constante, está orientada circularmente alrededor del eje de rotación 9.

- En el marco del diseño de acuerdo con la figura 3, el eje 8 es un eje independiente, es decir, un eje diferente del eje de motor 10. En el marco del diseño de acuerdo con la figura 3, se designa en lo que sigue el eje 8 como eje de rotor. El rotor 7 está dispuesto de manera resistente al giro sobre el eje de rotor 8. El eje de motor 10 presenta un buje 12. El buje 12 abarca el eje de rotor 8. Entre el eje de rotor 8 y el buje 12, está dispuesto un cojinete 13.
- 5 Básicamente, el eje de rotor 8 puede rotar, por tanto, relativamente al buje 12. El cojinete 13 puede estar configurado en particular como cojinete de emergencia.
- El rotor 7 está unido (indirectamente por medio del eje de rotor 8) con el eje de motor 10 a través de un equipo de unión 14. El equipo de unión 14 comprende en el marco del diseño de acuerdo con la figura 3, en primer lugar, el buje 12. Además, el equipo de unión 14 comprende un elemento de sujeción 15. Por medio del elemento de sujeción
- 10 15, el buje 12 es presionado radialmente contra el eje de rotor 8. Debido a la presión es posible transmitir al eje de motor 10 el par de torsión que es generado por la interacción de enrollamiento de estator 6 e imanes permanentes 11. El equipo de unión 14 está configurado, por tanto, de tal modo que une el rotor 7 (primeramente) de manera resistente al giro con el eje de motor 10. El elemento de sujeción 15 en el caso normal produce una unión por fricción, en algunos casos, una unión por arrastre de forma del eje de rotor 8 con el eje de motor 10.
- 15 El elemento de sujeción 15, sin embargo, se compone al menos parcialmente -preferentemente por completo-, de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6 debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator 6 y/o arcos eléctricos que se producen, se reduce en tal medida que se suprime la presión del buje 12 contra el eje de rotor 8. Por ejemplo, el elemento de sujeción 15 puede estar configurado como vendaje de un material de este tipo que rodee el buje 12 radialmente en el exterior. Si
- 20 el vendaje se calienta debido a un cortocircuito del enrollamiento y las corrientes residuales que se generan de este modo, el vendaje pierde su resistencia.
- De esta manera, se suprime la presión, de tal modo que el eje de rotor 8 puede rotar por medio del cojinete 13 relativamente al eje de motor 10. En un posterior enfriamiento del vendaje, este se solidifica de nuevo, pero la anterior unión resistente al giro entre eje de motor 10 y eje de rotor 8 (y, por medio del eje de rotor 8, también con el
- 25 rotor 7) no se establece de nuevo de este modo. Por el contrario, queda eliminada. El equipo de unión 14 está configurado por tanto de tal modo que, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6, libera automáticamente la unión resistente al giro del rotor 7, de tal modo que un par de torsión que actúa sobre el eje de motor 10 deja de transmitirse al rotor 7.
- A continuación, en conexión con las figuras 4 y 5, se explican otros posibles diseños de la máquina sincrónica 4. En
- 30 estos diseños, el rotor 7 está alojado de manera giratoria directamente sobre el eje de motor 10. También en estos diseños, sin embargo, el rotor 7 está unido con el eje de motor 10 por medio del equipo de unión 14. El equipo de unión 14 está configurado al igual que en el diseño de acuerdo con la figura 3 de tal modo que une el rotor 7 (primeramente) de manera resistente al giro con el eje de motor 10. En este estado, es posible, por tanto, que un par de torsión que ha sido generado por la interacción de enrollamiento de estator 6 e imanes permanentes 11 se transmita al eje de motor 10. El equipo de unión 14, sin embargo, tanto en el diseño de acuerdo con la figura 4 como
- 35 en el diseño de acuerdo con la figura 5, está configurado de tal modo que, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6, libera automáticamente la unión resistente al giro del rotor 7. Así, un par de torsión que actúa sobre el eje de motor 10 deja de transmitirse al rotor 7. También en estos diseños, tras la liberación, la unión resistente al giro permanece liberada.
- 40 En el diseño de acuerdo con la figura 4, el equipo de unión 14 comprende un anillo 16 que está unido de manera resistente al giro en un extremo axial del rotor 7 con el rotor 7. El anillo 16 presenta al menos una entalladura. En la figura 4, se representan dos entalladuras de este tipo. Generalmente están presentes tres o más entalladuras. Además, el eje de motor 10 presenta para cada entalladura del anillo 16 en cada caso una correspondiente entalladura.
- 45 A continuación, se hace referencia siempre a una entalladura individual del anillo 16 y la correspondiente entalladura del eje de motor 10. Las correspondientes realizaciones se cumplen análogamente también cuando el anillo 16 y el eje de motor 10 presentan en cada caso varias entalladuras.
- Tanto la entalladura del anillo 16 como la entalladura del eje de motor 10 discurren radialmente. En la entalladura del anillo 16 se ha insertado un perno 17. El perno 17 se extiende a través de la entalladura del anillo 16 al interior de la
- 50 correspondiente entalladura del eje de motor 10. El perno 17 está dispuesto, por tanto, parcialmente en la entalladura del anillo 16 y parcialmente en una entalladura del eje de motor 10. El perno 17 produce una unión por arrastre de forma del rotor 7 con el eje de motor 10. El par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator 6 e imanes permanentes 11 se transmite, por tanto, por medio del perno 17 al eje de motor 10.
- La transmisión del par de torsión por supuesto solo es posible mientras que el perno 17 esté dispuesto en las dos
- 55 entalladuras (es decir, tanto en la entalladura del anillo 16 como en la entalladura del eje de motor 10). Además, sobre el perno 17 actúan durante la rotación del eje de motor 10 fuerzas centrífugas. El equipo de unión 14

comprende, por ello, un elemento de sujeción 18 por medio del cual se impide en primer lugar un desplazamiento radial del perno 17 fuera de la entalladura del eje de motor 10. El elemento de sujeción 18 puede estar configurado correspondientemente a la representación de la figura 4 como vendaje que rodea el anillo 16 radialmente en el exterior. Análogamente al diseño de acuerdo con la figura 3, el elemento de sujeción 18 está compuesto al menos
 5 parcialmente -preferentemente por completo- de un material cuya resistencia y/o cohesión se reduce en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6 debido a un sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator 6 y/o arcos eléctricos que se producen. Las anteriores explicaciones relativas al elemento de sujeción 15 del diseño de la figura 3 se pueden aplicar de manera análoga.

En el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6, el elemento de sujeción 18 pierde, por tanto, la
 10 capacidad de retener el perno 17. De esta manera, el perno 17 puede desplazarse fuera de la entalladura del eje de motor 10. En un posterior enfriamiento del vendaje, este se solidifica de nuevo. El perno 17, sin embargo, no es presionado de nuevo hacia el interior de la entalladura del eje de motor 10. Ciertamente, en determinadas circunstancias, puede caer de nuevo en él por el efecto de la gravedad. Sin embargo, como muy tarde en una nueva rotación del eje de motor 10, será movido de nuevo fuera de la entalladura del eje de motor 10 por las fuerzas
 15 centrífugas que se generan. Dado el caso -esto no se representa en la figura 4-, el equipo de unión 14 puede presentar, además, un resorte de compresión por medio del cual se ejerza sobre el perno 17 una fuerza orientada radialmente hacia fuera. El resorte de compresión está dispuesto en este caso dentro del eje de motor 10.

La figura 5 muestra otro diseño de la disposición de rotor de la máquina sincrónica 4. Este diseño es en la actualidad particularmente preferente. En el diseño de acuerdo con la figura 5, el equipo de unión 14 comprende un primer
 20 elemento de acoplamiento 19 y un segundo elemento de acoplamiento 20. El primer elemento de acoplamiento 19 está dispuesto de manera resistente al giro en el eje de motor 10. El segundo elemento de acoplamiento 20 está unido de manera resistente al giro con el rotor 7. El equipo de unión 14 comprende, además, un elemento de sujeción 21. El elemento de sujeción 21 atraviesa axialmente tanto el rotor 7 como el primer elemento de acoplamiento 19 y el segundo elemento de acoplamiento 20. Generalmente, en el lado del rotor 7 contrario a los
 25 elementos de acoplamiento 19, 20, está dispuesto adicionalmente un anillo de presión 22 que también es atravesado axialmente por el elemento de sujeción 21. El elemento de sujeción 21 está bajo esfuerzo de tracción. Por medio del elemento de sujeción 21, es presionado (tensado) por tanto (primeramente) el primer elemento de acoplamiento 19 axialmente contra el segundo elemento de acoplamiento 20. Al presionar el elemento de sujeción 21 los elementos de acoplamiento 19, 20 entre sí, resulta posible transmitir al eje de motor 10 el par de torsión generado por la
 30 interacción de enrollamiento de estator 6 e imanes permanentes 11. La transmisión del par de torsión se efectúa, por tanto, mediante la interacción del primer y el segundo elemento de acoplamiento 19, 20. Mediante los elementos de acoplamiento 19, 20 en el caso normal se produce una unión por fricción, en algunos casos, una unión por arrastre de forma del rotor 7 con el eje de motor 10.

Al igual que en los diseños de las figuras 3 y 4, también en el diseño de la figura 5 el elemento de sujeción 21 se
 35 compone al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6 debido a un sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator 6 y/o arcos eléctricos que se producen, se reduce en tal medida que una presión ejercida por el elemento de sujeción 21 sobre el primer y el segundo elemento de acoplamiento 19, 20 se reduce. La presión puede reducirse en particular en tal medida que el elemento de sujeción 21 permita un desplazamiento axial del primer y del segundo elemento de
 40 acoplamiento 19, 20 apartándose uno del otro. De esta manera, los elementos de acoplamiento 19, 20 dejan de estar unidos entre sí de manera resistente al giro, de tal modo que un giro del eje de motor 10 se desacopla de un giro del rotor 7. El elemento de sujeción 21 -en función del diseño- puede desplazarse fuera de los elementos de acoplamiento 19, 20, soltarse o cortarse.

En el diseño de acuerdo con la figura 5, el elemento de sujeción 21 puede estar configurado como cantidad de
 45 vendajes 23. Esto se representa para un único vendaje 23 en la parte superior de la figura 5. Para el diseño de los vendajes 23 como tales, se cumplen de manera análoga las explicaciones ofrecidas anteriormente en relación con las figuras 3 y 4.

Alternativamente, el elemento de sujeción 21 puede estar configurado por una cantidad de pernos 24 que están
 50 asegurados en los dos extremos axiales por elementos de fijación 25. Esto está representado en la parte inferior de la figura 5. Los pernos 24 se componen de acero o de otro material apropiado. La resistencia y cohesión de los pernos 24 se mantienen en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6. Los elementos de fijación 25, sin embargo, se componen de un material cuya resistencia y/o cohesión se reduce en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6 debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator 6 y/o arcos eléctricos que se producen. En particular, los elementos de fijación 25 pueden estar fijados como fusibles.

Preferentemente, correspondientemente a la representación de la figura 5, entre el primer y el segundo elemento de
 55 acoplamiento 19, 20, están dispuestos resortes de compresión 26. Por medio de los resortes de compresión 26 se puede ejercer sobre el primer y el segundo elemento de acoplamiento 19, 20 una fuerza que aparta a uno del otro el primer y el segundo elemento de acoplamiento 19, 20. De esta manera, se puede garantizar que el acoplamiento formado por los elementos de acoplamiento 19, 20 se abra de inmediato cuando los elementos de fijación 25 pierden

su resistencia o cohesión en uno u otro lado del rotor 7.

En el contexto de los diseños de las figuras 4 y 5, el rotor 7 está alojado en el eje de motor 10 por medio de un cojinete 27. El cojinete 27 está configurado preferentemente como cojinete de emergencia.

En resumen, la presente invención se refiere por lo tanto al siguiente hecho:

5 Una máquina sincrónica en régimen permanente 4 presenta un estator 5 en el que está dispuesto un enrollamiento de estator 6. La máquina sincrónica 4 presenta un rotor 7 que rota en torno a un eje de rotación 9 y en el que están dispuestos imanes permanentes 11. El rotor 7 está unido con un eje de motor 10 por medio de un equipo de unión 14. El equipo de unión 14 está configurado de tal modo que en primer lugar une el rotor 7 de manera resistente al
10 giro con el eje de motor 10, de tal forma que se transmite al eje de motor 10 un par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator 6 e imanes permanentes 11. El equipo de unión 14 está configurado además de tal modo que, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator 6, libera automáticamente la unión resistente al giro del rotor 7, de tal modo que un par de torsión que actúa sobre el eje de motor 10 deja se transmitirse al rotor 7.

15 La presente invención presenta muchas ventajas. En particular, se puede implementar de manera sencilla. Además, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento, se puede suprimir de manera sencilla y fiable la unión resistente al giro del rotor 7 con el eje de motor 10.

Aunque la invención se ha ilustrado y descrito en detalle mediante el ejemplo de realización preferente, la invención no está limitada por los ejemplos revelados y el experto puede deducir de ello otras variaciones, sin abandonar el ámbito de protección de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Máquina sincrónica en régimen permanente,

- presentando la máquina sincrónica un estator (5) en el que está dispuesto un enrollamiento de estator (6),
- presentando la máquina sincrónica un rotor (7) que puede rotar en torno a un eje de rotación (9) y en el que están dispuestos imanes permanentes (11),
- estando unido el rotor (7) con un eje de motor (10) por medio de un equipo de unión (14),
- estando configurado el equipo de unión (14) de tal modo que en primer lugar une el rotor (7) de manera resistente al giro con el eje de motor (10), de tal forma que se transmite al eje de motor (10) un par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator (6) e imanes permanentes (11),
- **caracterizada por que** el equipo de unión (14) comprende un elemento de sujeción (15) que está compuesto al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator (6) debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator (6) y/o arcos eléctricos que se producen, se reduce de tal modo que un par de torsión que actúa sobre el eje de motor (10) deja de transmitirse al rotor (7).

2. Máquina sincrónica según la reivindicación 1, **caracterizada por que**,

- el rotor (7) está dispuesto de manera resistente al giro sobre un eje de rotor (8) diferente del eje de motor (10),
- el eje de motor (10) presenta un buje (12) que abarca el eje de rotor (8),
- entre el eje de rotor (8) y el buje (12) está dispuesto un cojinete (13) y
- el equipo de unión (14) comprende un elemento de sujeción (15) por medio del cual el buje (13) es presionado en primer lugar radialmente contra el eje de rotor (8), de tal forma que, debido a la presión, se transmite al eje de motor (10) el par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator (6) e imanes permanentes (11), y
- el elemento de sujeción (15) está compuesto al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator (6) debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator (6) y/o arcos eléctricos que se producen, se reduce en tal medida que se suprime la presión del buje (13) contra el eje de rotor (8).

3. Máquina sincrónica según la reivindicación 2, **caracterizada por que** el elemento de sujeción (15) está configurado como vendaje que rodea el buje (13) radialmente en el exterior.

4. Máquina sincrónica según la reivindicación 2 o 3, **caracterizada por que** el cojinete (13) está configurado entre el eje de rotor (8) y el buje (12) como cojinete de emergencia.

5. Máquina sincrónica según la reivindicación 1, **caracterizada por que**,

- el rotor (7) está alojado de manera giratoria sobre el eje de motor (10),
- el equipo de unión (14) comprende un anillo (16) que está unido de manera resistente al giro en un extremo axial del rotor (7) con el rotor (7),
- el equipo de unión (14) comprende al menos un perno (17) que está dispuesto parcialmente en una entalladura del anillo (16) y parcialmente en una entalladura del eje de motor (10), de tal forma que se transmite al eje de motor (10) el par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator (6) e imanes permanentes (11) por medio del perno (17),
- el equipo de unión (14) comprende un elemento de sujeción (18) por medio del cual se impide en primer lugar un desplazamiento radial del perno (17) fuera de la entalladura del eje de motor (10), y
- el elemento de sujeción (18) está compuesto al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator (6) debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator (6) y/o arcos eléctricos que se producen, se reduce en tal medida que el perno (17) se desplaza fuera de la entalladura del eje de motor (10).

6. Máquina sincrónica según la reivindicación 5, **caracterizada por que** el elemento de sujeción (18) está configurado como vendaje que rodea el anillo (16) radialmente en el exterior.

7. Máquina sincrónica según la reivindicación 5 o 6, **caracterizada por que** el equipo de unión (14) presenta al menos un resorte de compresión por medio del cual se ejerce sobre el perno (17) una fuerza orientada radialmente hacia fuera.

8. Máquina sincrónica según la reivindicación 1, **caracterizada por que**,

- el rotor (7) está alojado de manera giratoria sobre el eje de motor (10),
- el equipo de unión (14) comprende un primer elemento de acoplamiento (19) que está dispuesto de manera

resistente al giro sobre el eje de motor (10),

- el equipo de unión (14) comprende un segundo elemento de acoplamiento (20) que está unido de manera resistente al giro con el rotor (7),

5 - el equipo de unión (14) comprende un elemento de sujeción (21) que atraviesa axialmente el rotor (7) y el primer y el segundo elemento de acoplamiento (19, 20), y por medio del cual en primer lugar el primer elemento de acoplamiento (19) es presionado axialmente contra el segundo elemento de acoplamiento (20) de tal forma que se transmite al eje de motor (10) el par de torsión generado por la interacción de enrollamiento de estator (6) e imanes permanentes (11) por medio de la interacción del primer y del segundo elemento de acoplamiento (19, 20), y

10 - el elemento de sujeción (21) está compuesto al menos parcialmente de un material cuya resistencia y/o cohesión, en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator (6) debido a un sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator (6) y/o arcos eléctricos que se producen, se reduce en tal medida que una presión ejercida por el elemento de sujeción (21) sobre el primer y el segundo elemento de acoplamiento (19, 20) se reduce en tal medida que se posibilita un desplazamiento del primer y del segundo elemento de acoplamiento (19, 20) apartándose uno del otro.

9. Máquina sincrónica según la reivindicación 8, caracterizada por que el elemento de sujeción (21) está configurado por un número de vendajes (23).

10. Máquina sincrónica según la reivindicación 8, **caracterizada por que,**

20 - el elemento de sujeción (21) está configurado por un número de pernos (24) que están asegurados en los dos extremos axiales por elementos de fijación (25), y

- los elementos de fijación (25) están compuestos de un material cuya resistencia y/o cohesión se reduce en el caso de un cortocircuito del enrollamiento de estator (6) debido al sobrecalentamiento que se produce del enrollamiento de estator (6) y/o arcos eléctricos que se producen.

25 11. Máquina sincrónica según la reivindicación 8, 9 o 10, **caracterizada por que** entre el primer y el segundo elemento de acoplamiento (19, 20) está dispuesto al menos un resorte de compresión (26) por medio del cual se ejerce sobre el primer y el segundo elemento de acoplamiento (19, 20) una fuerza que aparta uno del otro el primer y el segundo elemento de acoplamiento (19, 20).

12. Máquina sincrónica según una de las reivindicaciones 5 a 11, **caracterizada por que** un cojinete (27) por medio del cual está montado el rotor (7) sobre el eje de motor (10), está configurado como cojinete de emergencia.

30 13. Vehículo terrestre, presentando el vehículo terrestre varios accionamientos de marcha (2) que presentan en cada caso una máquina sincrónica (4) según una de las reivindicaciones anteriores y accionan por medio de la máquina sincrónica (4) en cada caso al menos una rueda (3) del vehículo terrestre.

FIG 1

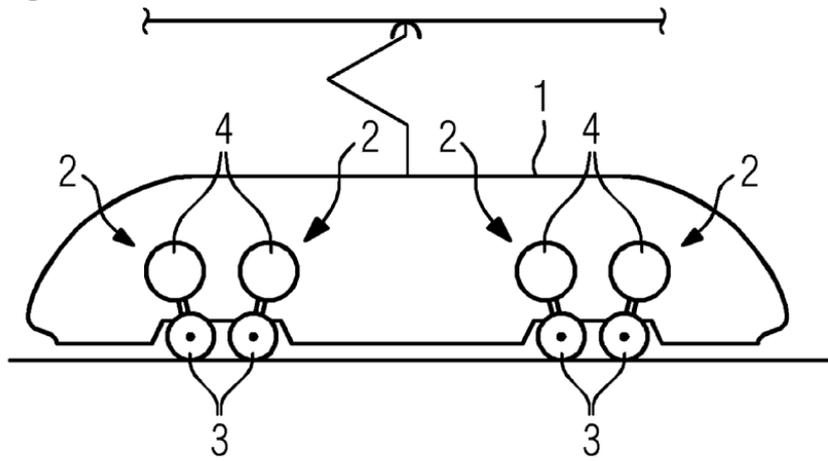


FIG 2

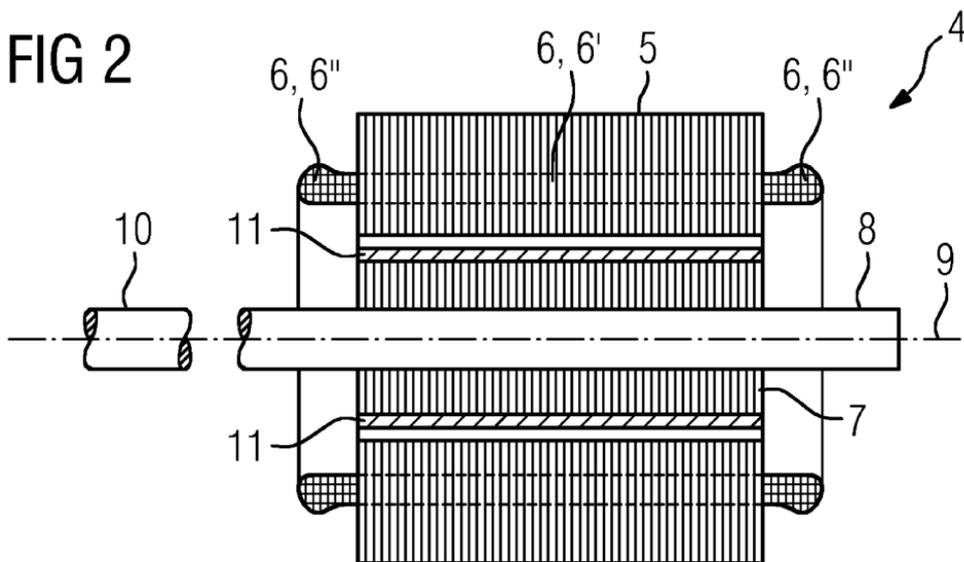


FIG 5

